สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การสร้างชุดทดลองเพื่อวัดคุณสมบัติเบื้องต้นของลำโพง

A DESIGN FOR MEASURING LOUDSPEAKER PROPERTIES

นายธนัญชัย สุดฟุ้ง
นายวิษณุ ยาผา

ปพ.
ธ211ก
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72914
วัน,เดือน,ปี 25 มิ.ย. 2550

.b 11727629
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างชุดทดลองเพื่อวัดคุณสมบัติเบื้องต้นของลำโพง

A DESIGN FOR MEASURING LOUDSPEAKER PROPERTIES

โดย

นายธนัญชัย สุดฟุ้ง

นายวิษณุ ขาผา

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สยาม สงวนรัมย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A DESIGN FOR MEASURING LOUDSPEAKER PROPERTIES

THANUNCHAI SUDFUNG

VISANU YAPHA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การสร้างชุดทดลองเพื่อวัดคุณสมบัติเบื้องต้นของลำโพง

A DESIGN FOR MEASURING LOUDSPEAKER PROPERTIES

คณะผู้จัดทำ

1. นายธนัญชัย สุดฟุ้ง รหัสประจำตัว 47015360
2. นายวิษณุ ยาผา รหัสประจำตัว 47015373

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์สยาม สงวนรัมย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างชุดทดลองเพื่อวัดคุณสมบัติเบื้องต้นของลำโพง

นายธนัญชัย สุดฟุ้ง 47015360
นายวิษณุ ยาผา 47015373
อาจารย์สยาม สงวนรัมย์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดคุณสมบัติของลำโพงในห้องไร้เสียงสะท้อนของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อประกอบวิชาการสั่นสะเทือนเชิงกล อุปกรณ์จัดทำขึ้นคือลำโพงซับวูฟเฟอร์แบบตู้เปิดที่มีดอกลำโพงขนาด 10 นิ้ว และมีชุดวงจรขยายสัญญาณความถี่ต่ำรวมอยู่ในชุดเดียวกัน การวัดสัญญาณความดังของเสียงที่ออกจากลำโพงในความถี่ต่างๆ (Sound level meter) ถูกวัดโดยมิเตอร์วัดความดังของเสียงแบบมือถือ ลำโพงซับวูฟเฟอร์เป็นอุปกรณ์ขยายสัญญาณถูกนำมาวัดคุณสมบัติพื้นฐานต่าง ๆ ได้แก่ การตอบสนองความถี่ (Frequency response) ความไว (Sensitivity) และ อิมพิแดนซ์ (Impedance) การตอบสนองความถี่และความไวอ่านค่าได้จากมิเตอร์วัดความดัง ในขณะที่อิมพิแดนซ์วัดได้จากค่าความต้านทานในเชิงของไฟกระแสสลับจากวงจรวัดอิมพิแดนซ์ที่จัดทำขึ้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A DESIGN FOR MEASURING LOUDSPEAKER PROPERTIES

THANUNCHAI SUDFUNG
VISANU YAPHA
SAYAM SANGUANRUM Advisor

ABSTRACT

This project focused on a design for measuring loudspeaker properties. A subwoofer loudspeaker with 10-inch driver is constructed to examine its frequency response by hand-held sound level meter. After that its impedance is observed by a specific circuit. Sensitivity could be calculated from frequency response directly.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ก็เพราะด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเรื่องเสียงจากอาจารย์สยาม สงวนรัมย์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งทางผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ของอาจารย์สยาม สงวนรัมย์ มากในครั้งนี้

ขอขอบคุณพ่อ แม่ เพื่อน ๆ ที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์และผู้ช่วยศาสตราจารย์พงษ์ศักดิ์ คำมูล ที่ให้ความช่วยเหลือด้านอุปกรณ์เพื่อใช้ในโครงงานครั้งนี้

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุนนัติ พิณโสภณ ที่ช่วยให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อโครงงานนี้

คุณค่าและประโยชน์ของที่พึงจะมีสำหรับปริญญานิพนธ์นี้ขอมอบแด่ ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV-V
สารบัญรูปภาพ	VI
สารบัญตาราง	VII
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.2 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงานนี้	1
บทที่ 2 ทฤษฎีที่ใช้ในการทดลอง	2
2.1 ที่มาของเดซิเบล	2
2.2 การนำหน่วยเดซิเบลมาใช้กับเครื่องเสียง	3
2.3 หน่วยเดซิเบลกับอัตราขยายแรงดัน	3
2.4 หน่วยเดซิเบลกับการวัดประสิทธิภาพของลำโพง	5
2.5 ย่านความดัง	6
2.6 การใช้เดซิเบลในการหาการตอบสนองความถี่	6
2.7 การคิดอัตราขยายเป็นเดซิเบล	7
2.8 ความชันเป็นเดซิเบลต่ออ็อกเตฟ	7
บทที่ 3 อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจร	9
3.1 ทรานซิสเตอร์	9
3.2 วงจรเรียงกระแส	11
3.2.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น	11
3.2.2 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น	13
3.3 ซีเนอร์ไดโอด	14
3.4 วงจรออสซิลเลเตอร์	17
3.5 วงจรออปแอมป์	18
3.5.1 วงจรขยายสัญญาณแรงดัน	20
3.5.2 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.5.3 วงจรกรองความถี่	23
บทที่ 4 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง	25
4.1 อุปกรณ์พื้นฐานและเครื่องมือวัด	25
4.1.1 ห้องปฏิบัติการไร้เสียงสะท้อน	25
4.1.2 เครื่องวัดระดับความดังเสียง	25
4.1.3 อุปกรณ์วัดค่าอิมพิแดนซ์	26
4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	26
4.2.1 เครื่องกำเนิดสัญญาณ	26
4.2.2 ลำโพง	27
4.2.3 ตู้ลำโพง	27
4.2.4 วงจรแอ็กทีฟฟิลเตอร์	28
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง	29
5.1 การทดลองการตอบสนองความถี่ของลำโพงแบบไม่มีวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์	29
5.1.1 การทดลองการตอบสนองความถี่ที่ 0 องศา	30
5.1.2 การทดลองการตอบสนองความถี่ที่ 15 องศา	30
5.1.3 การทดลองการตอบสนองความถี่ที่ 30 องศา	31
5.2 การทดลองการตอบสนองความถี่ของลำโพงแบบมีวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์	32
5.2.1 การทดลองการตอบสนองความถี่ต่ำผ่านที่ 50 เฮิรตซ์	32
5.2.2 การทดลองการตอบสนองความถี่ต่ำผ่านที่ 120 เฮิรตซ์	32
5.3 การทดลองค่าความไวของการตอบสนองความถี่	32
5.4 การทดลองเพื่อวัดค่าอิมพิแดนซ์	32
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	48
6.1 สรุปผลการทดลอง	48
6.2 ข้อเสนอแนะ	48
ภาคผนวก	49
บรรณานุกรม	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2-1 ผลการตอบสนองความถี่ทางอุดมคติ	7
2-2 แสดงความชันเป็น 12 เดซิเบลต่ออ็อกเตฟ	8
3-1 แสดงทรานซิสเตอร์แบบต่าง ๆ	9
3-2 แสดงทรานซิสเตอร์แบบเอ็นพีเอ็น (npn) และแบบพีเอ็นพี (pnp)	9
3-3 แสดงวงจรอิมิตเตอร์ร่วม	10
3-4 วงจรคอลเล็กเตอร์ร่วม	10
3-5 วงจรเบสร่วม	11
3-6 การต่อวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น	11
3-7 แสดงการเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น	12
3-8 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นโดยต่อหม้อแปลงคับปลิง	12
3-9 วงจรเรียงกระแสแบบมีแทปกลาง (1)	13
3-10 วงจรเรียงกระแสแบบมีแทปกลาง (2)	13
3-11 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์	14
3-12 กราฟของซีเนอร์ไดโอดและสัญลักษณ์	15
3-13 วงจรรักษาระดับแรงดันแบบซีเนอร์	16
3-14 วงจรออสซิลเลเตอร์	17
3-15 แสดงสัญลักษณ์ของออปแอมป์	18
3-16 แสดงตัวถังและคำแหน่งขาของไอซีออปแอมป์	18
3-17 แสดงการต่อแหล่งจ่ายกับไอซีออปแอมป์	19
3-18 แสดงการต่อวงจรขยายแบบเปิดลูป	20
3-19 วงจรขยายแรงดันกลับเฟส	20
3-20 วงจรขยายแรงดันไม่กลับเฟส	21
3-21 แสดงวงจรบัฟเฟอร์	21
3-22 วงจรขยายผลรวมของสัญญาณ	22
3-23 แสดงวงจรขยายผลต่างของสัญญาณ	22
3-24 วงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบใช้ไฟเลี้ยง 2 ชุด	23
3-25 แสดงวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-1 ห้องปฏิบัติการไร้เสียงสะท้อน	25
4-2 เครื่องวัดระดับความดังเสียง	25
4-3 อุปกรณ์วัดค่าอิมพิแดนซ์	26
4-4 เครื่องกำเนิดสัญญาณ	26
4-5 ลำโพงที่ใช้เป็นต้นกำเนิดเสียง	27
4-6 ตู้ลำโพงแบบเปิด	27
4-7 วงจรแอ็กทีฟฟิลเตอร์ชับวูฟเฟอร์ ด้านหน้าและด้านหลัง	28
5-1 แสดงการจัดวางอุปกรณ์ทดลองการตอบสนองต่อความถี่	29
5-2 แสดงการจัดวางอุปกรณ์ทดลองการตอบสนองต่อความถี่ที่ 15 องศา	30
5-3 แสดงการจัดวางอุปกรณ์ทดลองการตอบสนองต่อความถี่ที่ 30 องศา	31
5-4 แสดงวงจรที่ใช้วัดค่าอิมพิแดนซ์	33
5-5 แสดงการตอบสนองความถี่ของลำโพงเปล่าแบบไม่มีการต่อวงจรกรองโลว์พาสฟิลเตอร์	45
5-6 แสดงค่าอิมพิแดนซ์ของลำโพงที่ความถี่ต่างๆ	46
5-7 แสดงการตอบสนองความถี่ของลำโพงพร้อมต่อวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 ตารางเชิงตัวเลข $dB = 20\log V_2/V_1$	4
5-1 แสดงค่าการตอบสนองความถี่ที่ 0 องศา (ไม่มีการต่อวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์)	35
5-2 แสดงค่าการตอบสนองความถี่ที่ 15 องศา (ไม่มีการต่อวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์)	37
5-3 แสดงค่าการตอบสนองความถี่ที่ 30 องศา (ไม่มีการต่อวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์)	39
5-4 แสดงค่าการตอบสนองความถี่พร้อมการต่อวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์ที่ 50 Hz	40
5-5 แสดงค่าการตอบสนองความถี่พร้อมการต่อวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์ที่ 120 Hz	41
5-6 แสดงค่าความต้านทานกระแสสลับ (อิมพิแดนซ์) ในช่วงความถี่ต่างๆ	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1

1.บทนำ

ในการกำหนดคุณภาพของเสียงที่ดีนั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งเพียงอย่างเดียว แต่ทุก ๆ องค์ประกอบจะต้องเข้ากันได้เป็นอย่างดีถึงจะทำให้เสียงที่ออกมานั้นมีความดังชัดเจน แต่จุดประสงค์หลักในการออกแบบเครื่องเสียงก็คือความสมดุลของระบบเสียงซึ่งจะสังเกตได้จากระดับของเสียงที่ดังชัดเจนครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการได้ทั้งหมด

การทราบคุณสมบัติต่าง ๆ ของลำโพงช่วยให้เราสามารถออกแบบอุปกรณ์กำเนิดเสียงซึ่งประกอบด้วยชุดขยายสัญญาณและลำโพงที่ดีได้

ปัจจัยที่มีผลต่อระดับความดังของเสียงอีกประการหนึ่งก็คือ การสะท้อนของเสียงที่มาส่วนต่าง ๆ ของห้องหรือแม้แต่เพดานของห้องแล้วมาถึงด้วยเวลาที่แตกต่างกันทำให้ความชัดเจนของการได้ยินลดลงและเป็นเหตุผลว่าทำไมเราต้องมีการเรียนรู้ถึงการกระจายและทิศทางของเสียงที่ออกมาว่าเป็นอย่างไร เพื่อที่จะจัดให้การกระจายหรือทิศทางของเสียงเป็นไปอย่างเหมาะสม

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.1.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆ ของลำโพง

1.1.2 ทดลองเพื่อหาทิศทางและการกระจายตัวของเสียงเมื่ออยู่ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในห้องเก็บเสียง

1.2 ขอบเขตของโครงงาน

1.2.1 ทดสอบเฉพาะลำโพงซับวูฟเฟอร์ 100 วัตต์

1.2.2 ทดลองเพื่อดูค่าการตอบสนองต่อความถี่ของลำโพงและวิธีการวัดหาค่าอิมพีแดนซ์

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงานนี้

1.3.1 เพื่อนำไปพัฒนาระบบเสียงและปรับปรุงระบบเสียงกับลำโพงได้

1.3.2 เป็นต้นแบบในการทดลองคุณสมบัติของลำโพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่ใช้ในการทดลอง

เสียงเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุผ่านตัวกลาง ซึ่งการสั่นสะเทือนของอากาศทำให้เกิดความดันที่เป็นคลื่นส่งผ่านออกไปจากแหล่งกำเนิด เมื่อเสียงตกกระทบเข้าหูของเราก็จะได้ยินเป็นเสียง

ส่วนความถี่ของเสียงที่หูมนุษย์ได้ยินอยู่ระหว่าง 20-20,000 เฮิรตซ์ [1]

ความถี่ของเสียงแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. เสียงที่มีความถี่สูง
2. เสียงที่มีความถี่ปานกลาง
3. เสียงที่มีความถี่ต่ำ

ความไวในการรับสัญญาณอินพุต (Input sensitivity)

เป็นขนาดแรงดันของสัญญาณอินพุตที่จะทำให้สัญญาณเอาต์พุตมีค่าสูงสุด หรือขนาดแรงดันของสัญญาณอินพุตที่ทำให้ได้กำลังเอาต์พุตสูงสุด

การตอบสนองต่อความถี่ (Frequency response)

การตอบสนองต่อความถี่เป็นคุณสมบัติข้อสำคัญของเครื่องขยายเสียง ซึ่งโดยปกติเครื่องขยายควรจะขยายสัญญาณความถี่สูงที่หูมนุษย์ได้ยินโดยตลอดตั้งแต่ความถี่ 20 – 20,000 เฮิรตซ์

ส่วนเงื่อนไขในการวัดนั้นใช้ขนาดสัญญาณอินพุตเท่ากันที่ความถี่ตอบสนองสูงสุดและต่ำสุด แรงดันสัญญาณเอาต์พุตจะต้องตกลงไม่เกิน 3 เดซิเบล หรือจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 0.707 เท่าของค่าความถี่สูงสุดที่ความถี่ขนาดกลาง หรือกำลังต้องไม่ตกลงเกินครึ่งหนึ่ง ($p = \frac{v^2}{R}$)

การวัดระดับความดังของเสียงมีหน่วยเป็นเดซิเบล (dB) ใช้วัดระดับความดังของเสียงโดยเทียบกับระดับมาตรฐาน เสียงที่เป็นระดับมาตรฐานในระดับหูของคนปกติจะรับได้มีค่าระหว่าง 0-120 เดซิเบล เป็นช่วงของระดับเสียงจากค่าต่ำสุดที่คนเราจะได้ยินเสียงที่ทำให้เกิดความเจ็บปวดในหูได้ ทั้งนี้ความดังของเสียงก็ขึ้นอยู่กับการได้ยินของผู้ฟังด้วยว่าดังหรือไม่ เป็นความรู้สึกของผู้ฟังแต่ละคน

2.1 ที่มาของเดซิเบล เดซิเบลมาจากหน่วยวัด "ระดับความเข้มของเสียง" โดยใช้หูมนุษย์เป็นเกณฑ์ซึ่งหูคนเราจะไม่ได้ยินเสียงดังเพิ่มขึ้นตามกำลังของต้นกำเนิดเสียง แต่จะแปรตามลอการิทึมของความเข้มเสียง

$$\beta = 10 \log\left(\frac{I}{I_o}\right) dB \qquad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นถ้า $I = I_O$ จะได้ $\beta = 0$ เดซิเบล นั่นคือเสียงที่เบาที่สุดที่หูมนุษย์ได้ยินมี "ระดับความเข้ม" 0 เดซิเบล

เสียงที่เบาที่สุดที่หูมนุษย์ได้ยินคือมีความเข้ม 10^{-16}วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร และเสียงดังที่สุดที่หูมนุษย์ได้ยิน (ทนได้) มีความเข้ม 10^{-4}วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร เสียงเบาที่สุดที่หูมนุษย์ได้ยิน (Theshold of hearing) มีระดับความเข้ม 0 เดซิเบลและเสียงที่ดังที่สุดที่หูมนุษย์จะทนได้มีระดับความเข้ม 120 เดซิเบล[1]

2.2 การนำหน่วยเดซิเบลมาใช้กับเครื่องเสียง

ค่าเดซิเบลนี้ถูกนำมากำหนดหน่วยต่างๆที่ใช้กับเครื่องเสียง เช่น อัตราการขยาย,อัตราส่วนสัญญาณต่อคลื่นรบกวน,อัตราแยกสัญญาณซ้ายขวา,ย่านความดัง (Dynamic Range) ประสิทธิภาพของลำโพงฯลฯ โดยอัตราการขยายนั้นในภาคพรีแอมป์ ซึ่งเป็นภาคขยายแรงดันจึงคิดแต่เฉพาะอัตราการขยายแรงดันตามสมการ

จาก $\beta = 10\log\left(\frac{I}{I_O}\right)$

และ $I = P/A$ (2)

จะได้ $\beta = 10\log\left(\frac{P}{P_O}\right)$ (3)

สมการกำลังงานทางไฟฟ้า $P = \frac{V^2}{R}$ (4)

ให้ $R = R_O$

จะได้ $\beta = 10\log\left(\frac{V}{V_O}\right)^2$ (5)

หรือ $\beta = 20\log\left(\frac{V}{V_O}\right)$

2.3 หน่วย เดซิเบลกับอัตราขยายแรงดัน

จะได้สมการ $\beta = 20\log\left(\frac{V_2}{V_1}\right)dB$ (6)

โดยค่า β เมื่อวัดเป็นเดซิเบล เทียบกับ $\frac{V_2}{V_1}$ จะได้ค่าตามตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V_2/V_1	dB
1.001152	0.01
1.002305	0.02
1.003460	0.03
1.004616	0.04
1.005773	0.05
1.006932	0.06
1.008092	0.07
1.009253	0.08
1.010416	0.09
1.011579	0.1
1.023293	0.2
1.035142	0.3
1.047129	0.4
1.059254	0.5
1.071519	0.6
1.083927	0.7
1.096478	0.8
1.109175	0.9
1.122018	1.0
1.258925	2.0
1.412538	3.0
1.584893	4.0
1.778279	5.0
1.995262	6.0
2.238721	7.0
2.511886	8.0
2.818383	9.0
3.162278	10.0
10.00000	20.0
31.62278	30.0
100.0000	40.0
316.2278	50.0
1000.000	60.0
3162.278	70.0
10000.00	80.0
31622.78	90.0
10^5	100.0
3.162278×10^5	110.0
10^6	120.0
3.162278×10^6	130.0
10^7	140.0
3.162278×10^7	150.0
10^8	160.0

ตารางที่ 2-1 ตารางเชิงตัวเลข $dB = 20\log V_2/V_1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง (1) ต้องการทราบค่า V_2/V_1= 875,000 จะมีค่าเดซิเบลเท่าใด

ให้หาค่า V_2/V_1 ค่าต่ำกว่าและอยู่ถัดค่า 875,000 ซึ่งจะได้ค่า 316,228 เทียบเป็น 110 เดซิเบล

$$\frac{875000}{316228} = 2.767$$

ทำนองเดียวกันหาค่าที่ต่ำกว่า 2.767 ได้ค่า 2.5119 ซึ่งเทียบเป็น 8 เดซิเบล แล้วหารกันจะได้

$$\frac{2.767}{2.5119} = 1.1016$$

ต่อไป ค่าที่ต่ำกว่า 1.1016 เป็น 1.0965 ซึ่งเทียบเป็น 0.8 เดซิเบล แล้วหารกันจะได้

$$\frac{1.1016}{1.0965} = 1.0047$$

ค่าที่ได้นี้คิดจำนวนที่ใกล้ที่สุดคือ 1.004616 ซึ่งเทียบเป็นเดซิเบล แล้วจะเป็น 0.04 เดซิเบล

ดังนั้นนำทุกค่ามารวมกันจะได้เป็น 110+8+0.8+0.04 = 118.48 เดซิเบล

ตัวอย่าง (2) ออปแอมป์มีอัตราขยายแรงดัน 98 เดซิเบล จะหาอัตราของ V_2/V_1 เป็นเท่าใด

จากตาราง จะเห็นว่าค่า 90 เดซิเบล ตรงกับ 31623

และค่า 8 เดซิเบล ตรงกับ 2.5119

ฉะนั้นค่า 90+8 เดซิเบล = 31623×2.5119 = 79343

หรือ 98 เดซิเบล ตรงกับ 79343

2.4 หน่วยเดซิเบลกับการวัดประสิทธิภาพของลำโพง

ประสิทธิภาพของลำโพงมีหน่วยเป็นเดซิเบลต่อวัตต์ต่อเมตร โดยป้อนสัญญาณที่มีกำลัง 1 วัตต์เข้าลำโพงแล้ววัดความดังจากลำโพงที่ระยะห่างจากลำโพง 1 เมตร เช่น ลำโพงมีประสิทธิภาพ 88 เดซิเบลต่อวัตต์ต่อเมตร (ประสิทธิภาพของลำโพงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ความไวของการตอบสนอง) หมายความว่าเมื่อป้อนกำลัง 1 วัตต์ เข้าลำโพงแล้ววัดระดับความเข้มของเสียง ที่หน้าลำโพงห่างเป็นระยะทาง 1 เมตรจะวัดระดับความเข้มของเสียงได้ 88 เดซิเบล ถ้าทำ 88 เดซิเบลเป็นเปอร์เซนต์ จะคิดได้จากข้อกำหนดที่ว่าเสียงเบาที่สุดที่หูมนุษย์ได้ยินประมาณ 10^{-16} วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร (ค่าจริงประมาณ 1.26×10^{-16} วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร)

คำนวณ 88 เดซิเบลเป็นความเข้มในหน่วยวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร จากสมการ

$$\beta = 10\log\left(\frac{I}{I_o}\right)$$

$$88 = 10\log\left(\frac{I}{1.26\times10^{-16}}\right)$$

จะได้ $I = 7.95\times10^{-8}$ วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร

เสียงกำลัง 1วัตต์ ที่ระยะ 1 เมตร (100 เซนติเมตร) โดยคิดว่าเสียงกระจายออกรอบทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หา พ.ท.ผิวทรงกลมรัศมี 1 เมตร (100 เซนติเมตร)

$A = 4\pi(100)^2$

ดังนั้น ความเข้มที่ระยะ 100 เซนติเมตร $I_1 = \frac{1}{4\pi(100)^2}$ วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร

$I_1 = 7.95\times10^{-6}$ วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร

I_2 เทียบกับ I_1 เป็น % จะได้เป็น

$$\frac{I_2}{I_1}\times100 = \frac{7.95\times10^{-8}}{7.95\times10^{-6}}\times100 = 1\%$$

ทำนองเดียวกันลำโพงที่มีความไว 78 เดซิเบลต่อวัตต์ต่อเมตร และ 98 เดซิเบลต่อวัตต์ต่อเมตร จะมีประสิทธิภาพ 0.1% และ 10% ตามลำดับโดยสามารถอธิบายได้ว่าลำโพงที่มีความไวเท่ากับ 78 เดซิเบลต่อวัตต์ต่อเมตรและ 98 เดซิเบลต่อวัตต์ต่อเมตร มีค่าต่างกันเพียง 20 เดซิเบล แต่ให้ประสิทธิภาพต่างกันถึง 100 เท่า นั่นคือถ้าใช้เพาเวอร์แอมป์ขนาด 1 วัตต์ ขับลำโพงที่มีความไว 98 เดซิเบลต่อวัตต์ต่อเมตร จะได้เสียงดังเท่ากับใช้เพาเวอร์แอมป์ขนาด 100 วัตต์ ขับลำโพงที่มีความไว 78 เดซิเบลต่อวัตต์ต่อเมตร

2.5 ย่านความดัง (เดซิเบล)

ช่องกว้างของเสียงที่เบาที่สุดและเสียงที่ดังที่สุดที่หูเราได้ยิน เช่น ไดนามิกเรนจ์ 100 เดซิเบล คือเสียงที่เบาที่สุดประมาณ 0 เดซิเบล และเสียงดังสุดประมาณ 100 เดซิเบล และตัวอย่างของเครื่องเล่นซีดีจะให้ย่านความดังประมาณ 80 เดซิเบล นั่นคือถ้าเราเปิดเสียงดังมากให้เสียงดังสุดเป็น 100 เดซิเบล เสียงเบาที่สุดจะประมาณ 20 เดซิเบล อย่างไรก็ตามการแสดงดนตรีสดจะให้ย่านความดังที่กว้างที่สุด นี่คือเหตุหนึ่งที่เสียงจากเครื่องเสียงจะให้ความรู้สึกต่างจากการฟังเสียงจากการแสดงสด

2.6 การใช้เดซิเบล ในการหาการตอบสนองความถี่

การตอบสนองความถี่จะใช้จุดตัดที่รูปกราฟลาดต่ำลงกว่าปกติ 3 เดซิเบล (กรณีที่กำหนดให้ค่าปกติเป็น 0 เดซิเบลค่าที่ต่ำลงจะเป็น -3 เดซิเบล โดยคิดจากสมการระดับความเข้มของเสียง)

$$\beta = 10\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

หรือ $$\beta = 20\log\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

หลักการคิดการตอบสนองความถี่จะคิดจากจุดตัดที่ความถี่ต่ำ (f_{CL}) ไปจนถึงจุดตัดที่ความถี่สูง (f_{CH}) โดยทั้ง f_{CL} และ f_{CH} จะเป็นความถี่ที่อัตราการขยายแรงดันลดลงครึ่งหนึ่งคือ

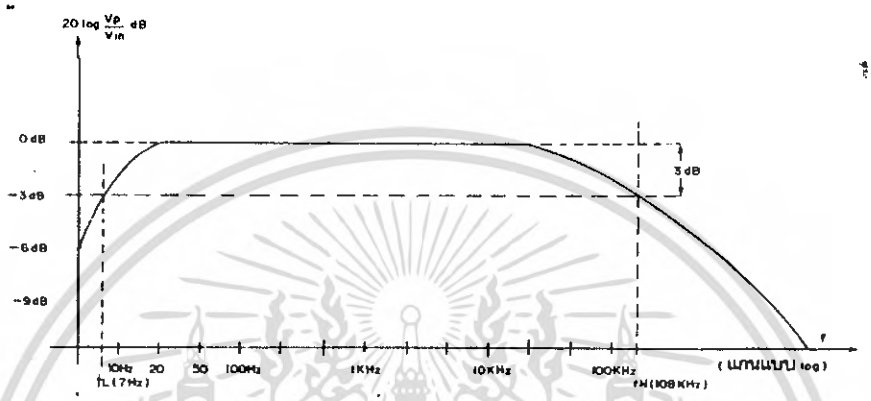
$$P_2 = 0.5P_1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ $\beta = 10\log\left(\frac{0.5P_1}{P_1}\right)$

$\beta = -3.01 \ dB$

ถ้าคิดเป็นแรงดันจะได้ V_2=0.707V_1 ดังแสดงในรูป



รูป 2-1 ผลการตอบสนองความถี่ทางอุดมคติ

2.7 การคิดอัตราขยายเป็นเดซิเบล

จากสมการ

$$\beta = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

จะได้สมการ

$$\beta = 20\log\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

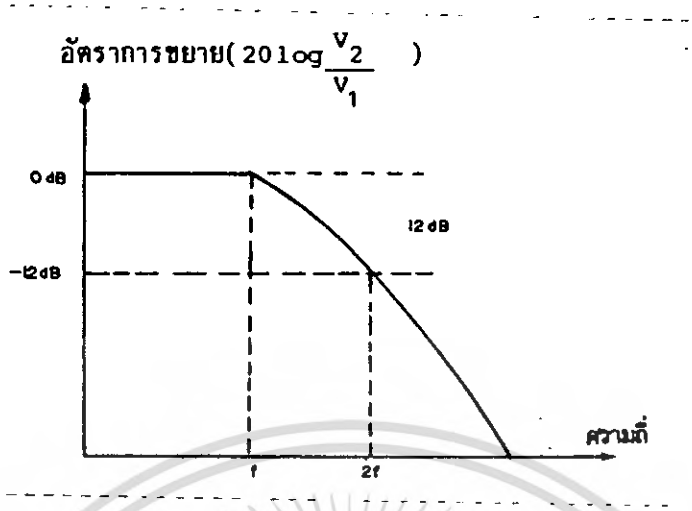
2.8 ความชันเป็นเดซิเบลต่ออ็อกเตฟ (Octave)

ในเครื่องเสียงจะใช้หน่วยความชันเป็นเดซิเบลต่ออ็อกเตฟ

ความชันเดซิเบลต่ออ็อกเตฟหมายถึง ความชันในช่วงความถี่ที่เปลี่ยนไป 2 เท่า

บางทีค่าความชันนี้จะบอกในรูปของ เดซิเบลต่อดีเคด (dB/decade) ในช่วงความถี่ที่เปลี่ยนไป 10 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



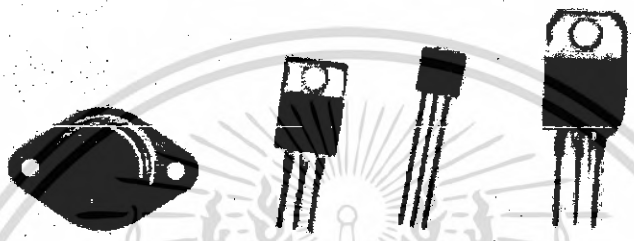
รูป 2-2 แสดงความชันเป็น 12 เดซิเบลต่ออ็อกเตฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจร

3.1 ทรานซิสเตอร์

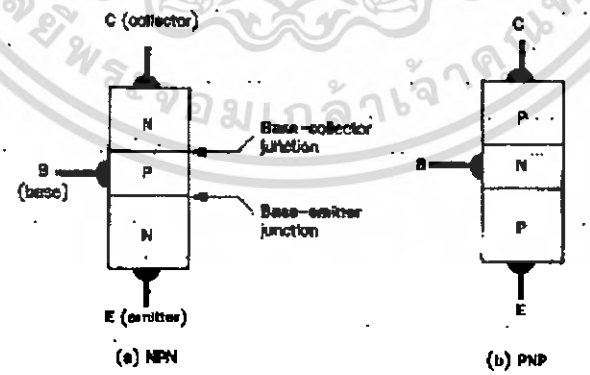
เป็นอุปกรณ์อิเลกทรอนิกส์ซึ่งมีอยต่อของสารกึ่งตัวนำชนิดพีเอ็นจำนวน 2 ตำแหน่งจึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า "ทรานซิสเตอร์รอยต่อไบโพลาร์" (Bipolar junction transister)



รูป 3-1 แสดงทรานซิสเตอร์แบบต่างๆ

ประเภทของทรานซิสเตอร์ (Type of transister)

ทรานซิสเตอร์แบ่งตามโครงสร้างได้เป็น 2 ประเภท คือ ทรานซิสเตอร์แบบเอ็นพีเอ็น (npn) ซึ่งประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น จำนวน 2 ชิ้น ต่อเชื่อมกับสารกึ่งตัวนำชนิดพี จำนวน 1 ชิ้น และแบบพีเอ็นพี (pnp) ซึ่งประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิดพี จำนวน 2 ชิ้น ต่อเชื่อมกับสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น จำนวน 1 ชิ้น



รูป 3-2 แสดงทรานซิสเตอร์แบบ เอ็นพีเอ็นและพีเอ็นพี

การจัดโครงสร้างของทรานซิสเตอร์พื้นฐาน

โครงสร้างของทรานซิสเตอร์มีจำนวนทั้งหมด 3 ขั้ว จึงจัดโครงสร้างให้อยู่ในรูปวงจรได้ 3 แบบ คือ

(1) วงจรอิมิตเตอร์ร่วม

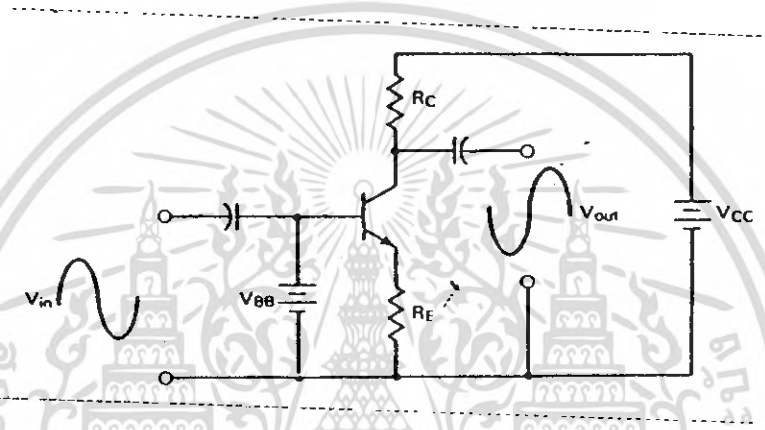
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) วงจรคอลเลกเตอร์ร่วม

(3) วงจรเบสร่วม

(1) วงจรอิมิตเตอร์ร่วม

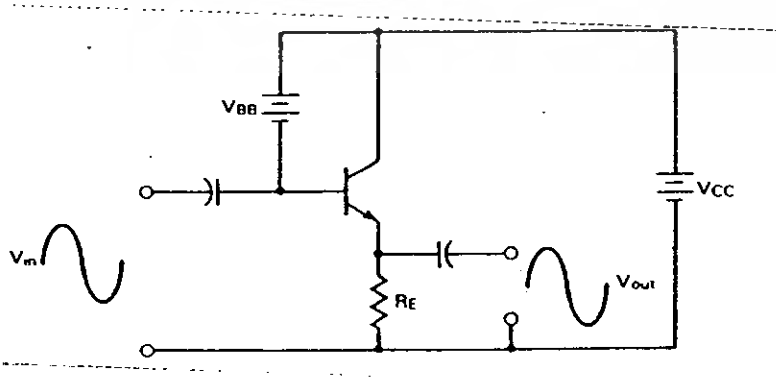
วงจรอิมิตเตอร์ร่วม (Common emitter) เป็นวงจรที่มีการจ่ายอินพุตให้กับขั้วเบสและมีเอาต์พุตออกมาจากขั้วคอลเล็กเตอร์ มีอัตราขยายกระแสและอัตราขยายแรงดันไฟฟ้าสูงโดยมีการเลื่อนเฟสแรงดันกระแสสลับ อินพุตไปยังเอาต์พุตเป็นมุม 180 องศา



รูป 3-3 แสดงวงจรอิมิตเตอร์ร่วม

(2) วงจรคอลเล็กเตอร์ร่วมหรือวงจรตามสัญญาณอิมิตเตอร์

วงจรคอลเล็กเตอร์ร่วมหรือวงจรตามสัญญาณอิมิตเตอร์ (Common collector or Emitter follower) เป็นวงจรที่มีการจ่ายอินพุตให้กับขั้วเบสและมีเอาต์พุตออกมาจากขั้วอิมิตเตอร์ มีอัตราการขยายกระแสไฟฟ้าสูง แต่อัตราการขยายแรงดันไฟฟ้าต่ำ แรงดันอินพุตกับแรงดันกระแสสลับเอาต์พุตจะร่วมเฟสกัน

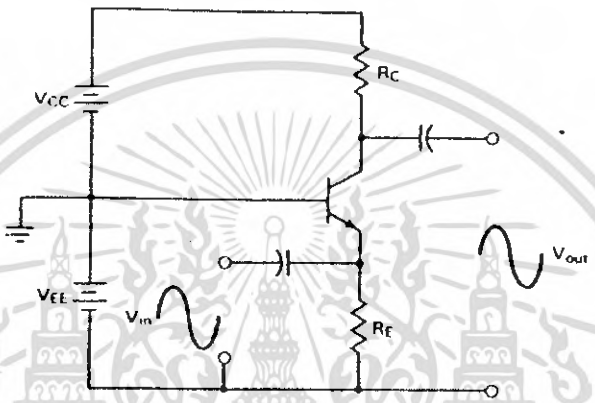


รูป 3-4 วงจรคอลเล็กเตอร์ร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) วงจรเบสร่วม

วงจรเบสร่วม (Common base) เป็นวงจรที่มีการจ่ายอินพุตให้กับขั้วอิมิตเตอร์และมีเอาต์พุตออกมาจากขั้วคอลเล็กเตอร์ ใช้มากในงานที่ต้องการความถี่สูง , มีอัตราขยายกระแสไฟฟ้าต่ำ , อัตราขยายแรงดันไฟฟ้าสูงและแรงดันกระแสสลับ อินพุตกับแรงดันกระแสสลับเอาต์พุตจะร่วมเฟสกัน



รูป 3-5 วงจรเบสร่วม

3.2 วงจรเรียงกระแส

แบ่งได้เป็น 2 แบบคือ

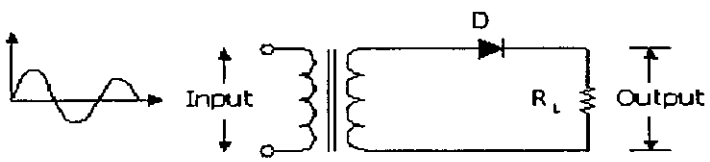
1.แบบเรียงกระแสครึ่งคลื่น

2.แบบเรียงกระแสเต็มคลื่น

3.2.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half-wave rectifier)

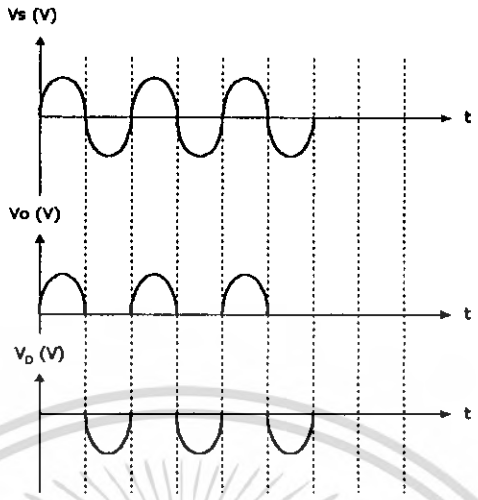
แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในประเทศไทยนั้นมีค่า 220 โวล์ต ความถี่ 50 เฮิรตซ์ การนำเอาไฟฟ้ากระแสตรงไปใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต้องใช้วงจรเรียงกระแส เมื่อแรงดันไฟสลับ 220 โวล์ต เข้าสู่วงจร จากทฤษฎีวงจรเบื้องต้นความสัมพันธ์ระหว่างค่ายอดและค่าอาร์เอ็มเอส คือ

$$Vrms = \frac{V_P}{\sqrt{2}} \qquad (7)$$



รูป 3-6 การต่อวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3-7 แสดงการเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

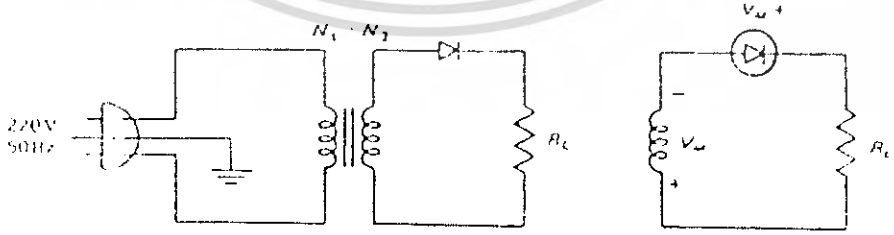
ค่าเฉลี่ยและความถี่เอาต์พุต

วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นผลิตสัญญาณเอาต์พุตเป็นรูปครึ่งคลื่น ค่าเฉลี่ยหรือค่าไฟตรงของสัญญาณครึ่งคลื่น คือ

$$V_{DC} = \frac{V_P}{\pi} \qquad (8)$$

หม้อแปลงและค่ายอดของแรงดันย้อนกลับสูงสุด

ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่จะมีหม้อแปลงเป็นตัวส่งผ่านสัญญาณอยู่ทางอินพุต หม้อแปลงจะทำหน้าที่ยกระดับแรงดันขึ้นหรือลงตามความต้องการข้อได้เปรียบประการหนึ่งของหม้อแปลงไฟฟ้าคือ การทำหน้าที่แยกเครื่องมือที่ใช้งานไม่ให้ต่อโดยตรงกับไฟบ้านทำให้ลดอันตรายได้ส่วนหนึ่ง



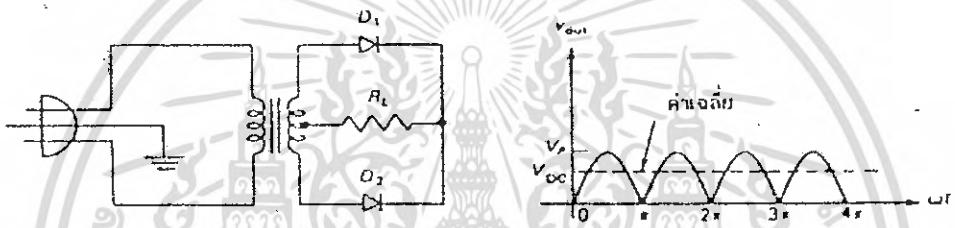
รูป 3-8 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นโดยต่อหม้อแปลงคัปปลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

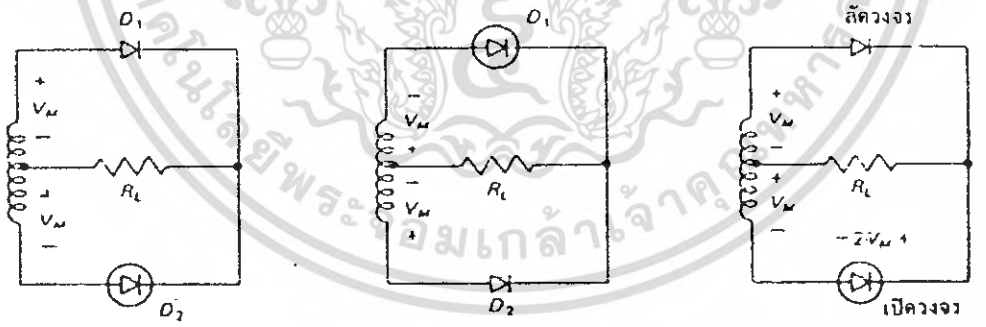
3.2.2 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full-wave rectifier)

3.2.2.1วงจรเรียงกระแสแบบมีแทปกลาง (Center tap.rectifier)

เมื่อแรงดันด้านทุติยภูมิอยู่ในช่วงซีกบวกไดโอดตัวบนจะถูกไบอัสตรงขณะที่ไดโอดตัวล่างถูกไบอัสกลับ ดังนั้นกระแสจะไหลผ่านไดโอดตัวบน ตัวต้านทานที่เป็นโหลดและขดลวดครึ่งบน เมื่อแรงดันทางขดลวดทุติยภูมิเป็นช่วงซีกลบกระแสจะไหลผ่านไดโอดตัวล่าง ตัวต้านทานโหลดและขดลวดครึ่งล่าง สิ่งที่เป็นพิเศษคือไม่ว่าแรงดันจะอยู่ในช่วงซีกใดก็ตามกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานที่เป็นโหลดจะมีทิศทางเดียวกันตลอดทำให้แรงดันตกคร่อมโหลดเป็นสัญญาณเต็มคลื่น



รูป 3-9 วงจรเรียงกระแสแบบมีแทปกลาง(1)



รูป 3-10 วงจรเรียงกระแสแบบมีแทปกลาง(2)

ค่าเฉลี่ยและความถี่เอาต์พุต

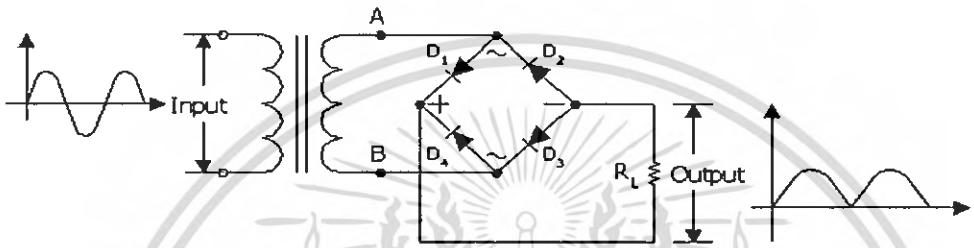
ค่าเฉลี่ยของสัญญาณเต็มคลื่นจะมีค่าเป็น 2 เท่าของสัญญาณครึ่งคลื่น

$$V_{DC} = \frac{2V_P}{\pi} \qquad (9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.2 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Bridge rectifier)

เป็นแบบที่นิยมใช้มากที่สุด เมื่อแรงดันของขดทุติยภูมิอยู่ในช่วงซีกบวก ไดโอด D_2 และ D_3 เกิดกระแสไหลผ่านโหลดไปทางซ้าย เมื่อแรงดันเปลี่ยนเป็นช่วงซีกลบ ไดโอด D_1และD_4 จะถูกไบอัสตรงเกิดกระแสไหลผ่านโหลดไปทางซ้ายทำให้แรงดันที่ตกคร่อมโหลดเป็นสัญญาณเต็มคลื่น



รูป 3-11 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์

ค่าแรงดันเฉลี่ยที่โหลด คือ

$$V_{DC} = \frac{2V_P}{\pi}$$

ความถี่เอาต์พุตเป็น 2 เท่าของความถี่อินพุต

$$f_{OUT} = 2f_{IN}$$

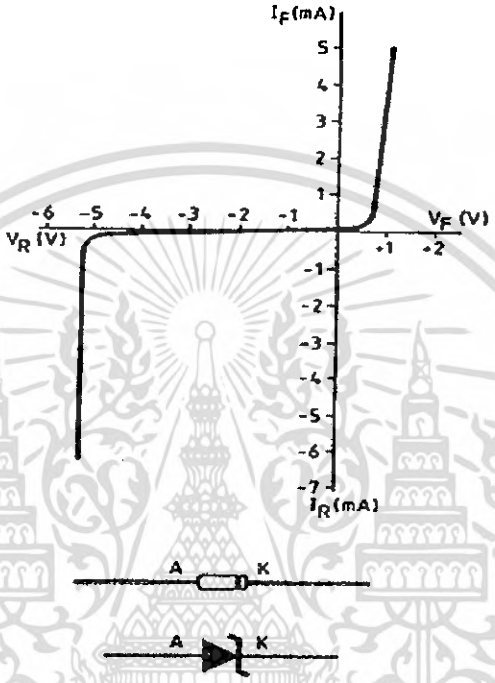
3.3 ซีเนอร์ไดโอด (Zener diode)

การเบรกดาวน์ (Breakdown) เกิดขึ้นได้ใน 2 กรณีคือ อะวาลานซ์หรือซีเนอร์อะวาลานซ์เกิดเมื่อไดโอดถูกไบอัสกลับด้วยแรงดันที่สูงพอ พาหะข้างน้อยมีความเร็วสูงพอที่จะชนวาเลนซ์อิเล็กตรอนให้หลุดออกไปนอกเชลล์ได้ อิเล็กตรอนอิสระเหล่านี้ความเร็วเพียงพอที่จะไปชนวาเลนซ์อิเล็กตรอนอีกได้ผลที่เกิดขึ้นทำให้กระแสย้อนกลับที่มีค่ามากได้ผลของซีเนอร์ไม่เหมือนกับผลของอะวาเลนซ์ที่การไบอัสกลับนั้นการสร้างสนามไฟฟ้าที่มีความเข้มพอที่จะดึงวาเลนซ์อิเล็กตรอนจากเชลล์ บางที่เรียกว่า อิมิชชั่นแบบไฮฟิลด์ (High-field emission) เพราะว่าสนามไฟฟ้าเป็นตัวสร้างอิเล็กตรอนอิสระเอง

เมื่อไดโอดเบรกดาวน์ที่แรงดันต่ำกว่า 6โวล์ต ผลของซีเนอร์จะมีผลมากกว่าผลของอะวาลานซ์ แต่ที่การเบรกดาวน์ที่แรงดันสูงกว่า 6 โวล์ต ผลของอวาลานซ์มีผลมากกว่าโดยในปัจจุบันไดโอดที่ใช้งานส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า 6 โวล์ต จริง ๆ แล้วมันคืออะวาลานซ์ไดโอด ซึ่งในวงการอุตสาหกรรมเรียกว่า "ซีเนอร์ไดโอด"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟในช่วงไบอัสตรงของซีเนอร์ไดโอดจะเริ่มนำกระแสที่ 0.7 โวล์ต เหมือนไดโอดทั่วไป แต่ในช่วงไบอัสกลับนั้นจะเริ่มนำกระแสที่ค่า $V = V_Z$ ไม่ว่ากระแสจะเปลี่ยนไป ค่าแรงดันตกคร่อมมีค่าเกือบคงที่ตลอดเวลาเมื่อมีการจ่ายกระแส และกระแสนั้นมีค่าไม่มากพอที่จะทำให้ซีเนอร์ไดโอดพัง เพื่อที่อาจทำให้ซีเนอร์ไดโอดเสียหายตัวต้านทานจะถูกนำมาใช้ในการนี้



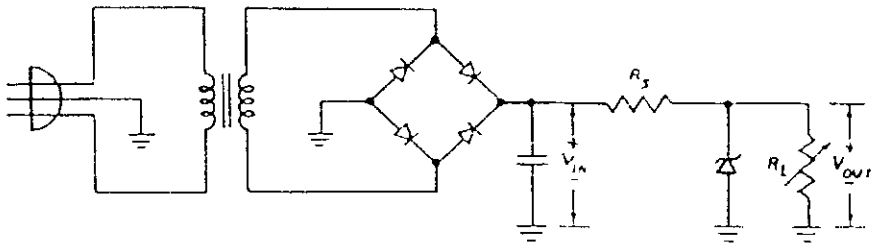
รูป 3-12 กราฟของซีเนอร์ไดโอดและสัญญลักษณ์

เนื่องจากแรงดันที่ตกคร่อมมีค่าเกือบคงที่ เราอาจเขียนวงจรสมมูลของซีเนอร์ไดโอดเป็นแหล่งจ่ายแรงดันได้ แต่ค่าแรงดันไม่คงที่ จึงต้องใส่ความต้านทานเข้าไปอนุกรมกับแหล่งจ่ายแรงดันนี้ในวงจรสมมูลด้วย ความต้านทานนี้เรียกว่า "ความต้านทานซีเนอร์"

วงจรรักษาระดับแรงดันแบบซีเนอร์

การรักษาระดับแรงดันด้วยวงจรกรองกระแสด้วยตัวเก็บประจุ ยังได้แรงดันไฟตรงที่ไม่เรียบเพียงพอเพราะแรงดันเอาต์พุตจะตกลงเมื่อกระแสไหลผ่านโหลดเพิ่มขึ้น รวมทั้งเมื่อแรงดันไฟสลับเปลี่ยน แรงดันไฟตรงเอาต์พุตก็เปลี่ยนตาม ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าววิธีที่นิยมใช้คือใช้วงจรรักษาระดับแรงดันแบบซีเนอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3-13 วงจรรักษาระดับแรงดันแบบซีเนอร์

ความต้านทานสูงสุดในการจำกัดกระแส

การทำงานของซีเนอร์ไดโอดต้องทำงานย่านเบรกดาวน์เท่านั้นจึงจะสามารถทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันได้ หรือกล่าวได้ว่ากระแสที่ไหลผ่านซีเนอร์ไดโอดจะมีค่าต่ำสุดได้เพียงค่าหนึ่ง ถ้าค่ากระแสต่ำกว่านี้แล้ว ซีเนอร์ไดโอดจะไม่ทำงานในย่านเบรกดาวน์ กรณีเช่นนี้เกิดขึ้นเมื่อแรงดันจากแหล่งจ่ายพลังงานมีค่าต่ำสุดและกระแสที่ไหลผ่านมีค่าสูงสุด จุดนี้เองกระแสที่ไหลผ่านซีเนอร์ไดโอดจะมีค่าต่ำสุดที่จะรักษาระดับแรงดันได้

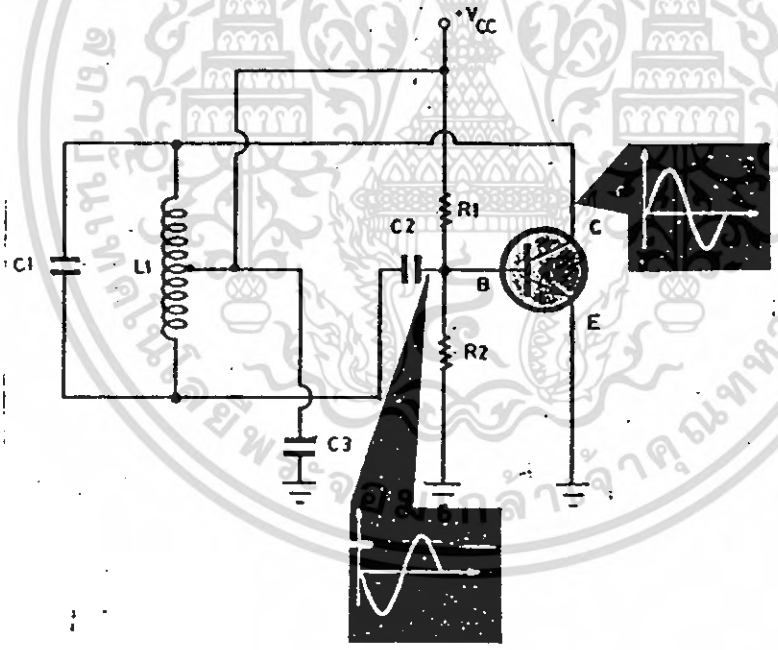
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรออสซิลเลเตอร์

ในการวัดคุณสมบัติของเครื่องขยายเสียงจะต้องใช้เครื่องกำเนิดความถี่ เพราะเครื่องกำเนิดความถี่จะสร้างสัญญาณความถี่เสียงได้ทั้ง คลื่นรูปไซน์ (Sine wave) และคลื่นรูปสี่เหลี่ยม (Square wave) ซึ่งเครื่องกำเนิดความถี่จะให้ความถี่ที่คงที่

วงจรออสซิลเลเตอร์เป็นวงจรขยายชนิดป้อนกลับ ถ้าให้สัญญาณขนาดเล็ก ๆ ป้อนเข้ามาทางอินพุตของวงจรขยาย สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะกลับเฟสแล้วมาเสริมกับอินพุตของวงจรขยาย ทำให้อินพุตมีขนาดเพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้เอาต์พุตที่ได้มีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย เมื่อป้อนกลับเข้ามาเสริมอีกก็จะทำให้เอาต์พุตที่ได้ใหญ่ขึ้นอย่างไม่มีที่สิ้นสุด การเพิ่มขึ้นของสัญญาณจะถูกจำกัดที่ค่าแรงดันไฟฟ้าค่าหนึ่ง วงจรจึงให้เอาต์พุตที่ระดับแรงดันคงที่และการกำเนิดความถี่จะเกิดขึ้นตลอดเวลาเมื่อมีการป้อนแรงดันไฟตรงเลี้ยงวงจร

เครื่องกำเนิดความถี่ควรจะให้ความถี่ขั้นต่ำในย่านที่ 10 ถึง 100,000 เฮิรตซ์



รูป 3-14 วงจรออสซิลเลเตอร์

72914
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

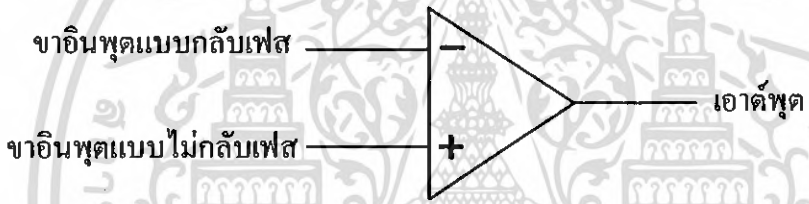
3.5 วงจรออปแอมป์ (Op-amp)

ออปแอมป์ (Op–amp , Opertional amplifier) เป็นอุปกรณ์ที่มีอินพุต 2 อินพุตและมีเอาต์พุต 1 เอาต์พุตเป็นไอซีแบบลิเนียร์ (Linear IC) มีทั้งแบบไบโพลาร์ , มอสเฟต , เจเฟต โดยออปแอมป์จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่เข้ามาทางอินพุต

ลักษณะภายในทางอุดมคติของออปแอมป์

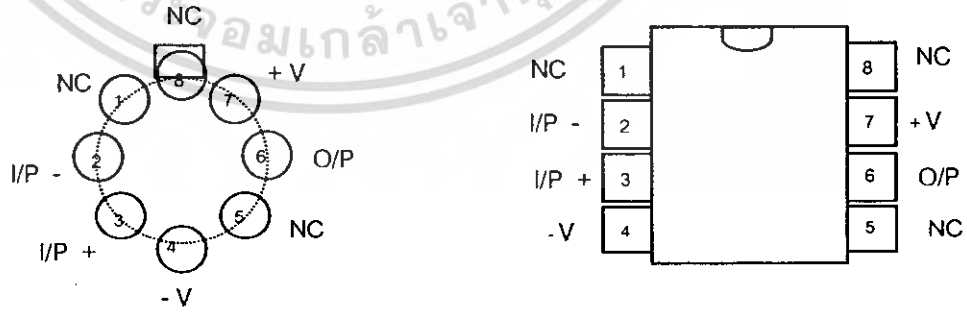
1. มีอัตราการขยายแรงดันเป็นอนันต์
2. มีค่าอินพุตอิมพิแดนซ์เป็นอนันต์
3. มีค่าเอาต์พุตอิมพิแดนซ์เป็นศูนย์
4. ตอบสนองต่อความถี่ได้ไม่จำกัด

สัญลักษณ์ของออปแอมป์



รูป 3-15 แสดงสัญลักษณ์ของออปแอมป์

ออปแอมป์มีขาใช้งาน 5 ขา แบ่งเป็นขาไฟเลี้ยงตัวมัน 2 ขา และอีก 3 ขา เป็นขาอินพุตแบบกลับเฟส (Inverting input) ขาอินพุตแบบไม่กลับเฟส (Non-inverting input) และขาเอาต์พุต



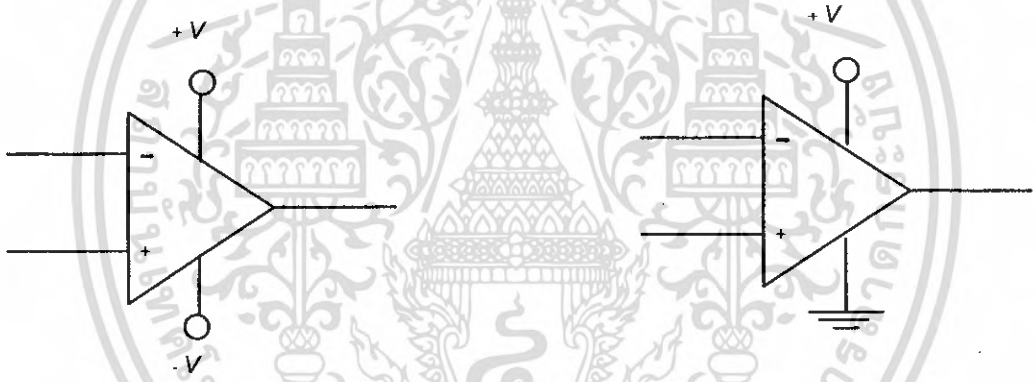
ตัวถังแบบ TO - 99 ตัวถังแบบ DIP 8

รูป 3-16 แสดงตัวถังและตำแหน่งขาของไอซีออปแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงตัวไอซีออปแอมป์

ตามปกติออปแอมป์ จะถูกออกแบบมาให้แรงดันเอาต์พุตเป็นได้ทั้งค่าบวกและค่าลบเมื่อเทียบกับกราวด์ แรงดันเอาต์พุตจะเป็นค่าบวกหรือค่าลบ มากหรือน้อย ขึ้นกับการจัดวงจร ทิศทาง และขนาดของสัญญาณอินพุต ด้วยเหตุนี้ออปแอมป์จึงมักต้องการแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง 2 ชุด โดยชุดหนึ่งจะมีแรงดันเป็นค่าบวกเทียบกับกราวด์ เรียกชื่อแหล่งจ่ายชุดนี้ว่า $+V$ (หรือ $V+$, $+Vs$, $+Vcc$) อีกชุดหนึ่งมีแรงดันเป็นค่าลบเทียบกับกราวด์ เรียกชื่อแหล่งจ่ายชุดนี้ว่า $-V$ (หรือ $V-$, $-Vs$, $-Vcc$) การที่ใช้แหล่งจ่ายถึง 2 ชุด ก็เพื่อให้แรงดันเอาต์พุตเป็นค่าบวกหรือค่าลบได้ ออปแอมป์บางหมายเลขอาจจะถูกออกแบบมาให้ใช้กับแหล่งจ่ายเพียงชุดเดียวและบางทีเราก็ต่อวงจรของออปแอมป์ที่ใช้แหล่งจ่าย 2 ชุดให้ใช้กับแหล่งจ่ายเพียงชุดเดียวได้แต่จะได้แรงดันเอาต์พุตเฉพาะค่าบวกหรือค่าลบอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น แล้วแต่ว่าแหล่งจ่ายเป็นบวกหรือลบ เทียบกับกราวด์



แบบใช้กับแหล่งจ่าย 2 ชุด แบบใช้กับแหล่งจ่าย 1 ชุด

รูป 3-17 แสดงการต่อแหล่งจ่ายกับไอซีออปแอมป์

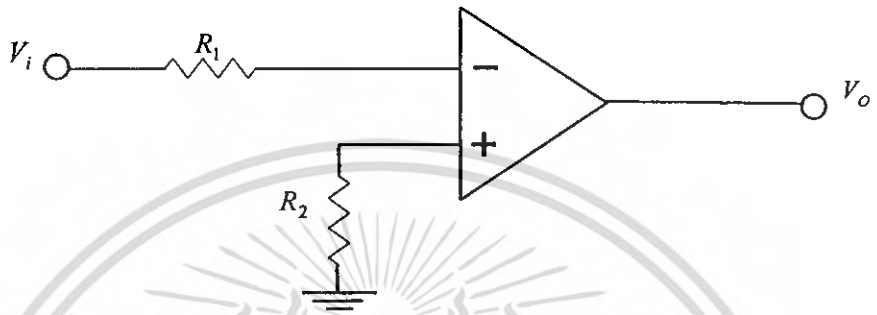
ระดับแรงดันของแหล่งจ่ายของไอซีออปแอมป์ +3 โวล์ต ถึง +18 โวล์ต แต่บางหมายเลขอาจจะใช้ต่ำถึง +1 โวล์ต และบางหมายเลขใช้ได้สูงถึง +45 โวล์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรการใช้งานพื้นฐานของไอซีออปแอมป์

3.5.1 วงจรขยายสัญญาณแรงดัน

3.5.1.1 แบบเปิดลูป (Open loop amplifier) คือการต่อวงจรที่ไม่มีการต่อสัญญาณเอาต์พุตป้อนกลับมายังอินพุต



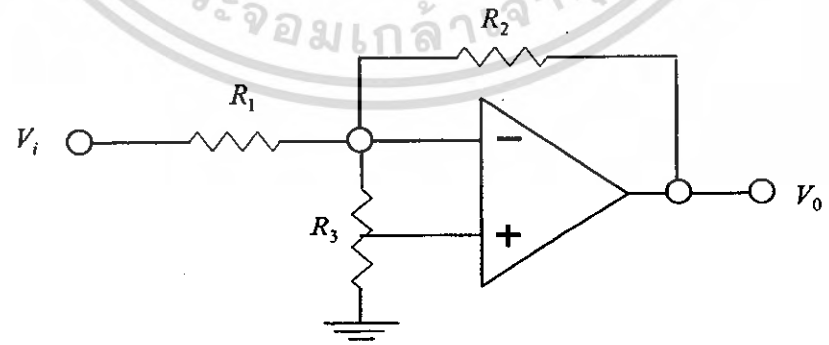
รูป 3-18 แสดงการต่อวงจรขยายแบบเปิดลูป

ในทางอุดมคติ วงจรการขยายแบบนี้จะให้ผลการขยายสัญญาณสูงมากเป็นอนันต์นั่นคือ $V_O = \infty$ แต่ในทางปฏิบัติจะเกิดการอิ่มตัวที่ประมาณ 90 % ของ V_{cc} ดังนั้น

$$V_0 = 0.9V_{cc} \tag{9}$$

3.5.1.2 แบบปิดลูป (Closed loop amplifier) คือ การต่อวงจรที่มีการต่อสัญญาณเอาต์พุต ป้อนกลับมายังอินพุตเพื่อควบคุมอัตราการขยายและผลตอบสนอง ความถี่ให้ได้ตามต้องการ

3.5.1.3 วงจรขยายแรงดันกลับเฟส (Inverting amplifier) สัญญาณเอาต์พุตจะมีเฟสตรงกันข้ามกับสัญญานอินพุต



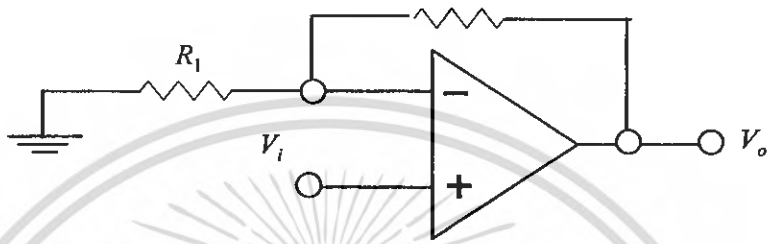
รูป 3-19 วงจรขยายแรงดันกลับเฟส

$$V_0 = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right)V_i \tag{10}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

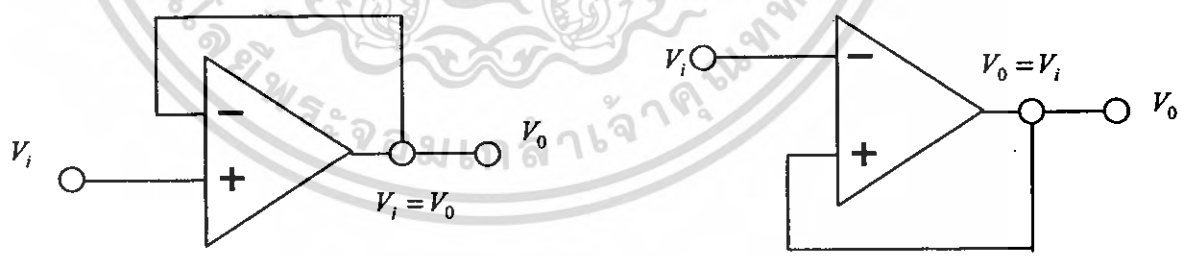
$$R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \qquad (11)$$

วงจรขยายแรงดันไม่กลับเฟส (Non-inverting amplifier) สัญญาณเอาต์พุตจะมีเฟสตรงกับสัญญาณอินพุต R_2



แสดง 3-20 วงจรขยายแรงดันไม่กลับเฟส

3.5.1.4 วงจรบัฟเฟอร์ (Buffer) หรือวงจรโวลเตจฟอลโลเวอร์ (Voltage follower) เป็นวงจรที่ให้อัตราการขยายเท่ากับ 1 ใช้เป็นตัวเชื่อมระหว่างวงจรสองวงจรเข้าด้วยกัน วงจรบัฟเฟอร์นี้จะมีค่าความต้านทานอินพุตสูง เมื่อนำไปต่อเป็นโหลดวงจรอื่นไม่ทำให้ให้แรงดันเอาต์พุตของวงจรอื่นนั้นลดลงและเมื่อนำไปขับวงจรอื่นก็สามารถจ่ายกระแสไปให้วงจรอื่นได้โดยไม่ทำให้ระดับแรงดันเอาต์พุตของมันลดลง



วงจรบัฟเฟอร์แบบไม่กลับเฟส

(Non – inverting buffer)

วงจรบัฟเฟอร์แบบกลับเฟส

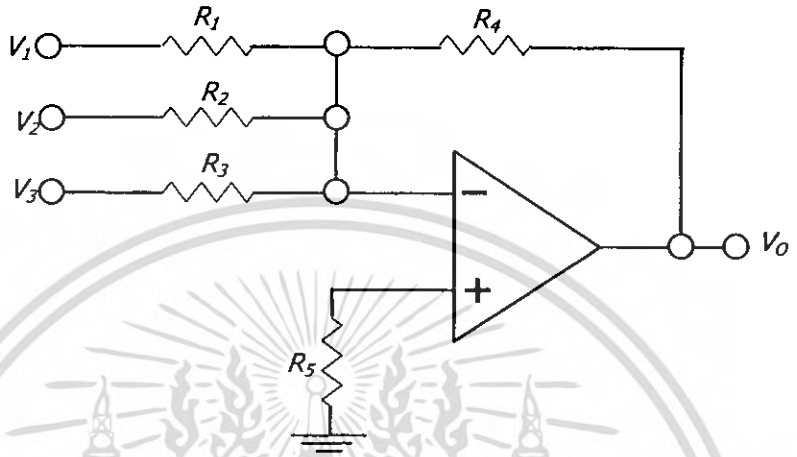
(Inverting buffer)

รูป 3-21 แสดงวงจรบัฟเฟอร์

3.5.1.5 วงจรขยายผลรวมแบบกลับเฟส (Inverting summing amplifier) เป็นวงจรขยายแบบกลับเฟสที่ใช้ในกรณีพิเศษ วงจรชนิดนี้จะให้เฟสของสัญญาณที่เอาต์พุตตรงกันข้ามกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

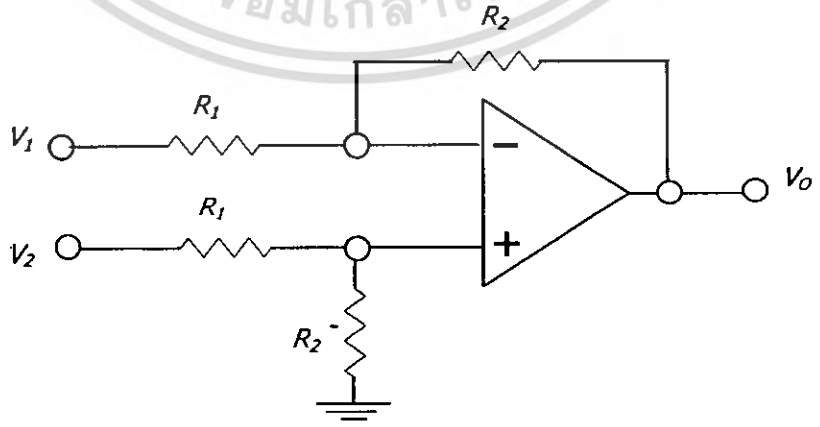
อินพุต แต่แรงดันที่ได้ที่เอาต์พุตจะมีค่าเทียบเท่ากับผลบวกทางพีชคณิตของผลที่ได้จากการขยายสัญญาณอินพุตแต่ละอินพุต



รูป 3-22 แสดงวงจรขยายผลรวมของสัญญาณ

$$V_0 = \left(\frac{R_4 V_1}{R_1} + \frac{R_4 V_2}{R_2} + \frac{R_4 V_3}{R_3} \right) \qquad (12)$$

3.5.1.6 วงจรขยายผลต่าง (Differrence amplifier) เป็นวงจรที่นำสัญญาณอินพุตมาหักล้างกัน

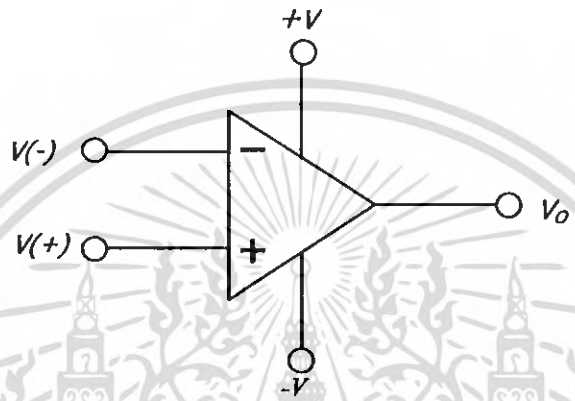


รูป 3-23 แสดงวงจรขยายผลต่างของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_0 = \frac{R_2}{R_1}(V_2 - V_1) \qquad (13)$$

3.5.2 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Comparator)



รูป 3-24 วงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบใช้ไฟเลี้ยง 2 ชุด

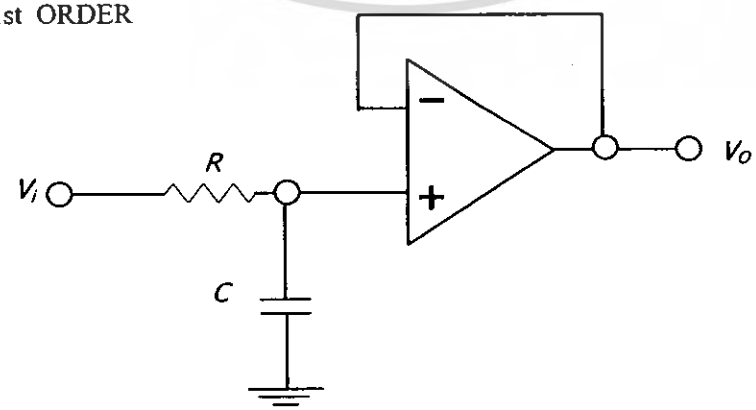
V (+) > V (-) ทำให้ Vo = + V

V (-) > V (+) ทำให้ Vo = - V

3.5.3 วงจรกรองความถี่

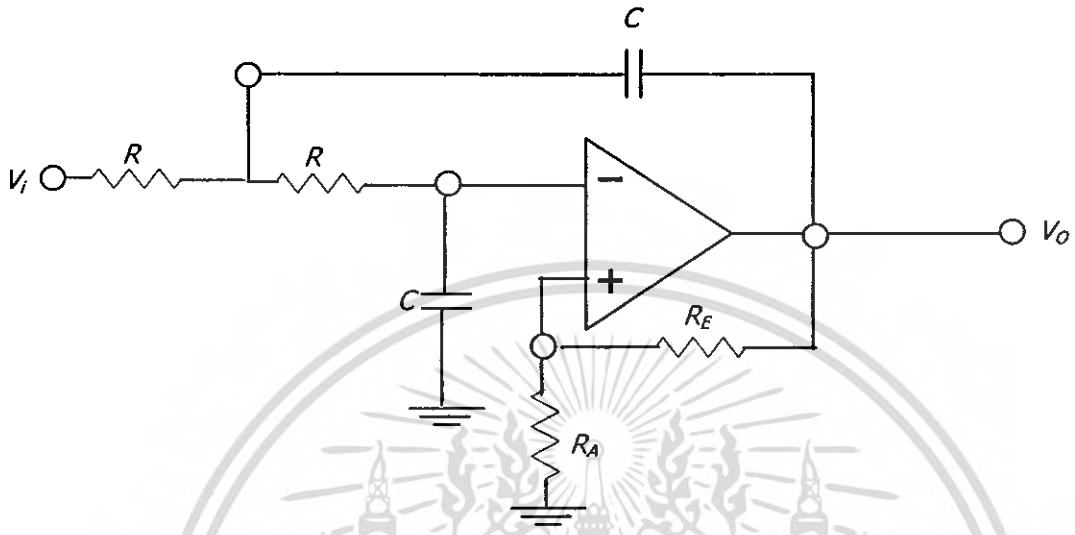
3.1 วงจรโลว์พาสฟิลเตอร์

1st ORDER



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2nd ORDER



รูป 3-25 แสดงวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์

Cut off frequency , $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$ (14)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

4.1อุปกรณ์พื้นฐานและเครื่องมือวัด

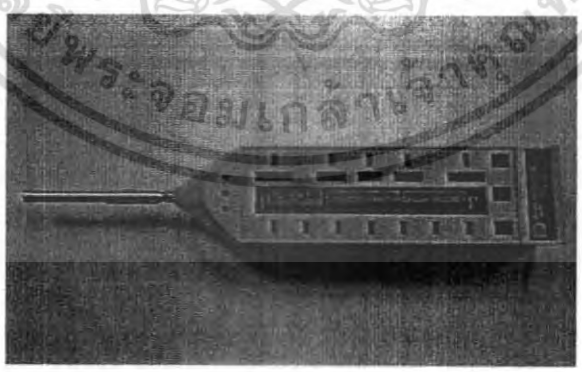
4.1.1 ห้องปฏิบัติการไร้เสียงสะท้อน

สร้างขึ้นจากไม้อัดหนา 20 มิลลิเมตร ภายในบุด้วยใยแก้วมีความหนา 50 มิลลิเมตรจำนวน 9 ชั้น เพื่อประโยชน์ในการดูดกลืนเสียงสะท้อนภายในและป้องกันเสียงรบกวนจากภายนอก

รูป 4-1 ห้องปฏิบัติการไร้เสียงสะท้อน

4.1.2 เครื่องวัดระดับความดังเสียง (Sound level meter)

ใช้เปรียบเทียบและวัดระดับเสียงในหน่วยเดซิเบลและแสดงผลการวัดแบบมิเตอร์ดิจิตอล



รูป 4-2 เครื่องวัดระดับความดังเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 วงจรวัดอิมพิแดนซ์

ค่าความต้านทานที่วัดได้จากวอยซ์คอยล์ของลำโพงปกติเป็นค่าความต้านทานกระแสตรง โดยในการใช้งานจริงของลำโพงจะมีความถี่ที่หลากหลายค่า ซึ่งค่าความต้านทานจะไม่แน่นอน เปลี่ยนไปตามความถี่เสียงที่ป้อนให้ ดังนั้นอุปกรณ์นี้จึงใช้วัดค่าความต้านทานกระแสสลับได้

ถ้าวัดความต้านทานจากคอยล์ของลำโพงโดยตรงจะได้ความต้านทานแบบกระแสตรง ซึ่งในความเป็นจริงแล้วเราจำเป็นต้องใช้งานลำโพงในลักษณะกระแสสลับตามความถี่ที่เปลี่ยนไป

รูป 4-3 อุปกรณ์วัดค่าอิมพิแดนซ์

4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

4.2.1 เครื่องกำเนิดสัญญาณ (Oscillator)

ใช้สร้างสัญญาณความถี่เดียว เพื่อให้ลำโพงได้รับความถี่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา โดยจะใช้ให้สัญญาณความถี่ที่ต่างๆกัน

รูป 4-4 เครื่องกำเนิดสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ลำโพง (Loudspeaker)

ใช้เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณเสียงที่ถูกขยายมาจากชุดวงจรแอ็กทีฟฟิลเตอร์โดยใช้ลำโพงขนาด 10 นิ้วเป็นตัวขับ

รูป 4-5 ลำโพงที่ใช้เป็นต้นกำเนิดเสียง

4.2.3 ตู้ลำโพง

สร้างขึ้นจากไม้อัดเอ็มดีเอฟ (Medium Density Fibreboard) เป็นตู้แบบเปิด และเป็นที่ติดตั้งของลำโพงและชุดวงจรแอ็กทีฟฟิลเตอร์

รูป 4-6 ตู้ลำโพงแบบเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 วงจรแอ็กทีฟฟิลเตอร์

เป็นวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์ ก่อนทำการขยายให้แรงขึ้นโดยใช้ปุ่มปรับความดัง เสียงเป็นตัวกำหนดการขยาย แล้วจึงส่งไปปรับความถี่โลว์พาสซึ่งจะปรับค่าความถี่อยู่ที่ประมาณ 50-120 เฮิรตซ์ แล้วจึงส่งเข้าวงจรเซอร์โวแอมป์เพื่อเป็นตัวขยายสัญญาณ

รูป 4-7 วงจรแอ็กทีฟฟิลเตอร์ซับวูฟเฟอร์ ด้านหน้าและด้านหลัง

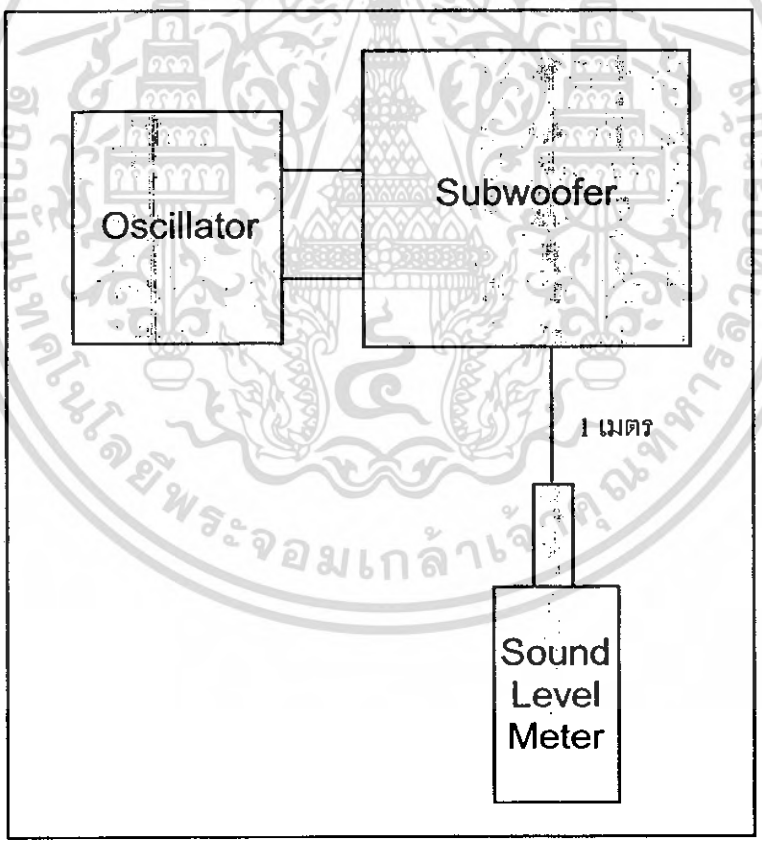
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การทดลองและผลการทดลอง

เนื่องจากการทดลองนี้ได้ใช้เครื่องวัดระดับความดังเป็นตัวรับสัญญาณเสียงจากซับวูฟเฟอร์ (Subwoofer) ซึ่งได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลองดังนี้ คือ การทดลองเพื่อหาค่าการตอบสนองต่อความถี่ (Frequency response) การทดลองค่าความไวของการตอบสนองต่อความถี่ (Sensitivity) และการทดลองเพื่อการวัดค่าอิมพิแดนซ์ (Impedance)

5.1 การทดลองการตอบสนองต่อความถี่ของลำโพงแบบไม่มีวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์

ในการทดลองจะมีซับวูฟเฟอร์เป็นตัวกำเนิดสัญญาณเสียงและจะมีเครื่องวัดระดับความดังเสียงเป็นตัวแปลงสัญญาณเสียงให้ออกมาเป็นค่าของความดัง (เดซิเบล)



รูปที่ 5-1 แสดงการจัดวางอุปกรณ์ทดลองการตอบสนองต่อความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.1 การทดลองการตอบสนองต่อความถี่ที่ 0 องศา

1. จัดอุปกรณ์ตามรูปที่ 5-1 โดยวางลำโพงซับวูฟเฟอร์กับเครื่องวัดระดับความดังเสียงให้ห่างกัน 1 เมตร ใช้กำลังไฟฟ้า 1 วัตต์

2. ปรับเครื่องกำเนิดความถี่โดยเริ่มที่ความถี่ 20 เฮิรตซ์ จนถึงย่านความถี่ที่ลำโพงสามารถตอบสนองได้ โดยแบ่งย่านปรับความถี่เป็นแบบสเกลลอการิทึมให้เหมาะสม

3. ปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เข้าลำโพงในแต่ละความถี่โดยใช้โวลต์มิเตอร์วัดความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าที่ขึ้นกับค่าความต้านทานกระแสสลับ (อิมพิแดนซ์)

$$E = \sqrt{WR} \tag{15}$$

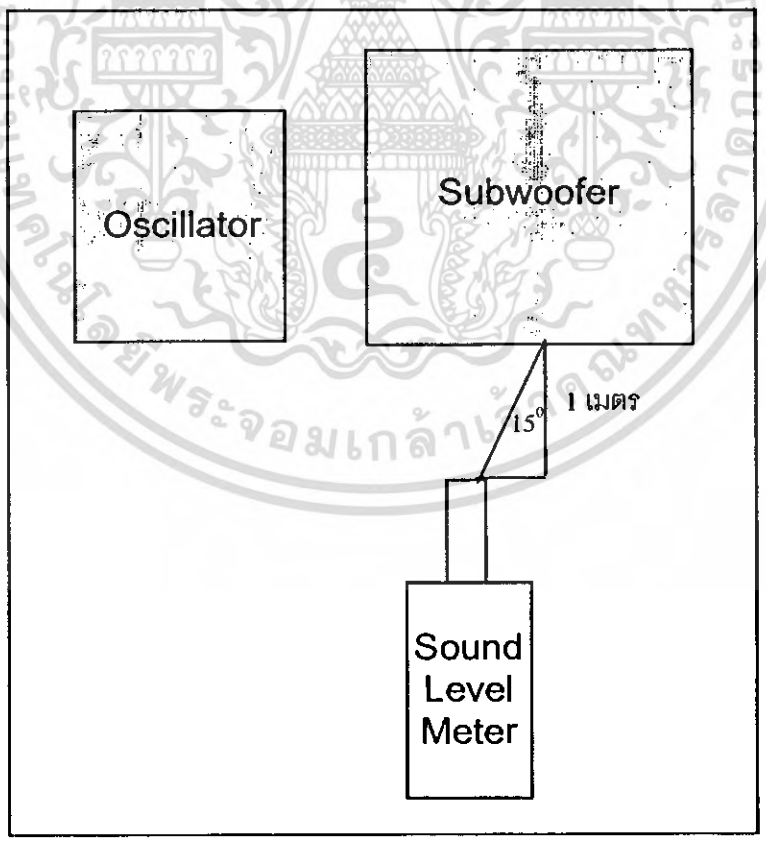
เมื่อ

W = 1 วัตต์

R = ความต้านทานกระแสสลับในแต่ละความถี่

4. บันทึกค่าที่เกิดขึ้นและนำข้อมูลไปแสดงเป็นแผนภูมิ

5.1.2 การทดลองการตอบสนองต่อความถี่ที่ 15 องศา



รูปที่ 5-2 แสดงการจัดวางอุปกรณ์ทดลองการตอบสนองต่อความถี่ที่ 15 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

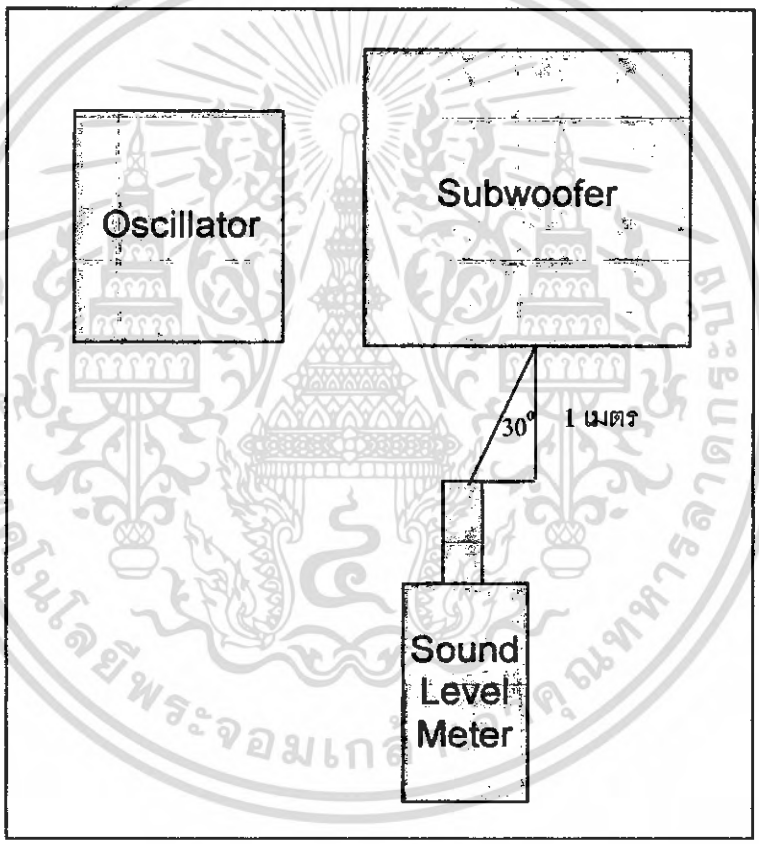
1. จัดอุปกรณ์ตามรูปที่ 5-2 โดยวางลำโพงซับวูฟเฟอร์กับเครื่องวัดระดับความดังเสียงให้ห่างกัน 1 เมตรและทำมุม 15 องศา ใช้กำลังไฟฟ้า 1 วัตต์

2. ปรับเครื่องกำเนิดความถี่โดยเริ่มที่ความถี่ 20 เฮิรตซ์ จนถึงย่านความถี่ที่ลำโพงสามารถตอบสนองได้ โดยแบ่งย่านปรับความถี่เป็นแบบสเกลลอการิทึมให้เหมาะสม

3. ปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เข้าลำโพงในแต่ละความถี่โดยใช้โวลต์มิเตอร์วัดความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าที่ขึ้นกับค่าความต้านทานกระแสสลับ (อิมพิแดนซ์) ตามสมการที่ (15)

4. บันทึกค่าที่เกิดขึ้นและนำข้อมูลไปแสดงเป็นแผนภูมิ

5.1.3 การทดลองการตอบสนองต่อความถี่ที่ 30 องศา



รูปที่ 5-3 แสดงการจัดวางอุปกรณ์เพื่อหาค่าความไวของการตอบสนองต่อความถี่ที่ 30 องศา

1. จัดอุปกรณ์ตามรูปที่ 5-3 โดยวางลำโพงซับวูฟเฟอร์กับเครื่องวัดระดับความดังเสียงให้ห่างกัน 1 เมตรและทำมุม 30 องศา ใช้กำลังไฟฟ้า 1 วัตต์

2. ปรับเครื่องกำเนิดความถี่โดยเริ่มที่ความถี่ 20 เฮิรตซ์ จนถึงย่านความถี่ที่ลำโพงสามารถตอบสนองได้ โดยแบ่งย่านปรับความถี่เป็นแบบสเกลลอการิทึมให้เหมาะสม

3. ปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เข้าลำโพงในแต่ละความถี่โดยใช้โวลต์มิเตอร์วัดความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าที่ขึ้นกับค่าความต้านทานกระแสสลับ (อิมพิแดนซ์) ตามสมการที่ (15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เข้าลำโพงในแต่ละความถี่โดยใช้โวลต์มิเตอร์วัดความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าที่ขึ้นกับค่าความต้านทานกระแสสลับ (อิมพิแดนซ์) ตามสมการที่ (15)

4.บันทึกค่าที่เกิดขึ้นและนำข้อมูลไปแสดงเป็นแผนภูมิ

5.2 การทดลองการตอบสนองต่อความถี่ของลำโพงแบบมีวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์

5.2.1 การทดลองการตอบสนองความถี่ต่ำผ่านที่ 50 เฮิรตซ์

1. วางลำโพงซับวูฟเฟอร์กับเครื่องวัดระดับความดังเสียงให้ห่างกัน 1 เมตรและใช้กำลังไฟฟ้า 1 วัตต์ตามสมการที่ (15) และ ปรับตั้งโลว์พาสฟิลเตอร์ของวงจรแอ็กทีฟฟิลเตอร์ที่ 50 เฮิรตซ์

2. ปรับเครื่องกำเนิดความถี่โดยเริ่มจากความถี่ 10 เฮิรตซ์ จนถึงความถี่ 170 เฮิรตซ์ โดยแบ่งย่านปรับความถี่ให้เหมาะสม

3. บันทึกค่าที่เกิดขึ้นและนำข้อมูลไปแสดงเป็นแผนภูมิ

5.2.2 การทดลองการตอบสนองโลว์พาสฟิลเตอร์ที่ 120 เฮิรตซ์

1. วางลำโพงซับวูฟเฟอร์กับเครื่องวัดระดับความดังเสียงให้ห่างกัน 1 เมตรและใช้กำลังไฟฟ้า 1 วัตต์ตามสมการที่ (15) และปรับตั้งโลว์พาสฟิลเตอร์ของวงจรแอ็กทีฟฟิลเตอร์ที่ 120 เฮิรตซ์

2. ปรับเครื่องกำเนิดความถี่โดยเริ่มจากความถี่ 10 เฮิรตซ์ จนถึงความถี่ 200 เฮิรตซ์ โดยแบ่งย่านปรับความถี่ให้เหมาะสม

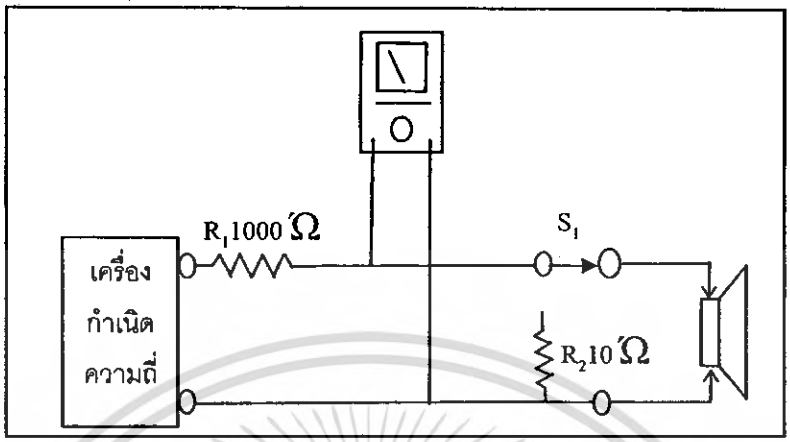
3. บันทึกค่าที่เกิดขึ้นและนำข้อมูลไปแสดงเป็นแผนภูมิ

5.3 การทดลองค่าความไวการของตอบสนองต่อความถี่

ค่าความไวได้มาจากค่าเฉลี่ยรวมของระดับความดังของเสียงในการทดลองการตอบสนองความถี่ในย่านความถี่ที่ใช้งานของลำโพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การทดลองเพื่อการวัดค่าอิมพิแดนซ์ (Impedance)



รูปที่ 5-4 แสดงวงจรที่ใช้วัดค่าอิมพิแดนซ์

การวัดค่าอิมพิแดนซ์จะต้องต่อลำโพงและเครื่องมือทดสอบดังรูป ซึ่งจะประกอบไปด้วย เครื่องกำเนิดความถี่ โวลต์มิเตอร์ ตัวต้านทาน และลำโพงซับวูฟเฟอร์

1. ต่ออุปกรณ์ต่างๆ ให้ได้ตามรูปที่ 5-4

2. โยกสวิทซ์ S_1 ไปที่ตำแหน่ง R_2 ปรับเอาต์พุตของเครื่องกำเนิดสัญญาณจนอ่านค่าแรงดันได้เท่ากับ 10 หน่วย (ซึ่งแต่ละหน่วยจะแทนอิมพิแดนซ์ 1 โอห์ม)

3.โยกสวิตซ์ S_1 กลับไปที่ตำแหน่งเดิมจากนั้นสังเกตค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเทียบอัตราส่วนกับค่าเดิมจะได้เป็นค่าความด้านทาน เปลี่ยนความถี่ที่ทดสอบโดยใช้ความถี่ที่ทดสอบตั้งแต่ 20 เฮิรตซ์ จนถึงย่านความถี่ที่ใช้งานของลำโพง

4. นำค่าที่ได้มาพลอตกราฟ และจุดที่ค่าอิมพิแดนซ์สูงสุดเป็นจะเป็นจุดเรโซแนนซ์ของลำโพง ส่วนความถี่ที่จุดนี้จะเป็นความถี่เรโซแนนซ์ของลำโพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ระดับเสียงภายในห้องทดลอง 35.5 เดซิเบล ไม่มีการต่อวงจรขยายสัญญาณโลว์พาสฟิลเตอร์

ระยะห่างของการวัด 1 เมตร ทำการทดลองที่ 0 องศา

แรงเคลื่อนไฟฟ้าป้อนเข้าลำโพง (volt)	ความถี่ (Hz)	ระดับความเข้มของเสียง (dB)
2.754	20	40
3.620	25	59
4.077	30	70
3.270	35	80
2.766	40	88.5
2.500	45	90
2.445	50	89
2.289	55	88.7
2.204	60	88.5
2.155	65	89
2.144	70	89
2.130	75	89.5
2.128	80	90
2.228	100	91
2.190	120	91
2.190	140	90
2.097	160	90
2.037	180	89
2.054	200	91
2.061	250	88.5
2.111	300	90
2.163	350	90.5
2.180	400	90
2.228	450	89.5
2.097	500	89
2.206	600	89
2.024	700	88
2.213	800	90.5
2.050	900	94
2.144	1000	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.000	1200	91
1.974	1400	91
2.121	1600	91
2.121	1800	93
2.236	2000	90
2.190	2100	88
2.121	2200	90.2
2.144	2300	85
2.144	2400	73
2.190	2500	58
2.050	2600	49
2.073	2700	45
2.121	2800	42

ตารางที่ 5-1 แสดงค่าการตอบสนองความถี่ที่ 0 องศา (ไม่มีการต่อวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ระดับเสียงภายในห้องทดลอง 35.5 เดซิเบล ไม่มีการต่อวงจรขยายสัญญาณ โลว์พาสฟิลเตอร์

ระยะห่างของการวัด 1 เมตร ทำการทดลองที่ 15 องศา

แรงเคลื่อนไฟฟ้าป้อนเข้าลำโพง (volt)	ความถี่ (Hz)	ระดับความเข้มของเสียง (dB)
2.754	20	42
3.620	25	58
4.077	30	68
3.270	35	79
2.766	40	90
2.500	45	90.5
2.445	50	89.5
2.289	55	89
2.204	60	90
2.155	65	90
2.144	70	90.3
2.130	75	90.5
2.128	80	91.5
2.228	100	90
2.190	120	88
2.190	140	87
2.097	160	86
2.037	180	91
2.054	200	91.2
2.061	250	92
2.111	300	92
2.163	350	88
2.180	400	92
2.228	450	90
2.097	500	90
2.206	600	91
2.024	700	93
2.213	800	92
2.050	900	91
2.144	1000	91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.000	1200	91
1.974	1400	90
2.121	1600	92
2.121	1800	91
2.236	2000	87
2.190	2100	93
2.121	2200	92
2.144	2300	83
2.144	2400	70
2.190	2500	51
2.050	2600	40
2.073	2700	37
2.121	2800	35

ตารางที่ 5 -2 แสดงค่าการตอบสนองความถี่ที่ 15 องศา (ไม่มีการต่อวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ระดับเสียงภายในห้องทดลอง 35.5 เดซิเบล ไม่มีการต่อวงจรขยายสัญญาณโลว์พาสฟิลเตอร์

ระยะห่างของการวัด 1 เมตร ทำการทดลองที่ 30 องศา

แรงเคลื่อนไฟฟ้าป้อนเข้าลำโพง (volt)	ความถี่ (Hz)	ระดับความเข้มของเสียง (dB)
2.754	20	38
3.620	25	58
4.077	30	70.5
3.270	35	79
2.766	40	91
2.500	45	90.7
2.445	50	90
2.289	55	89.5
2.204	60	91
2.155	65	90.5
2.144	70	90.3
2.130	75	90.5
2.128	80	91
2.228	100	91.5
2.190	120	91.5
2.190	140	93
2.097	160	91
2.037	180	92
2.054	200	93
2.061	250	91.5
2.111	300	91
2.163	350	89
2.180	400	89.5
2.228	450	91
2.097	500	93
2.206	600	92.5
2.024	700	87
2.213	800	90
2.050	900	90
2.144	1000	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.000	1200	89
1.974	1400	93
2.121	1600	90
2.121	1800	92
2.236	2000	91.4
2.190	2100	90
2.121	2200	85
2.144	2300	80
2.144	2400	65
2.190	2500	47
2.050	2600	38
2.073	2700	30
2.121	2800	30

ตารางที่ 5 -3 แสดงค่าการตอบสนองความถี่ที่ 30 องศา (ไม่มีการต่อวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ระดับเสียงภายในห้องทดลอง 35.5 เดซิเบล

ระยะห่างของการวัด 1 เมตร ต่อวงจรขยายสัญญาณโลว์พาสฟิลเตอร์ที่ 50 เฮิรตซ์

แรงเคลื่อนไฟฟ้าป้อนเข้าลำโพง (volt)	ความถี่ (Hz)	ระดับความเข้มของเสียง (dB)
2.766	10	35.5
2.766	20	45
3.620	25	70
4.077	30	73
3.270	35	82
2.766	40	91
2.500	45	92.5
2.445	50	93
2.289	55	91
2.204	60	88
2.155	65	85
2.146	70	82
2.130	75	79
2.128	80	75
2.171	90	60
2.228	100	55
2.165	110	48
2.190	120	42
2.088	130	39
2.190	140	30
2.072	150	28
2.097	160	25
2.054	170	22

ตารางที่ 5 -4 แสดงค่าการตอบสนองความถี่พร้อมการต่อวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์ที่ 50 เฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ระดับเสียงภายในห้องทดลอง 35.5 เดซิเบล

ระยะห่างของการวัด 1 เมตร ต่อวงจรขยายสัญญาณโลว์พาสฟิลเตอร์ที่ 120 เอิรตซ์

แรงเคลื่อนไฟฟ้าป้อนเข้าลำโพง (volt)	ความถี่ (Hz)	ระดับความเข้มของเสียง (dB)
2.766	10	35.5
2.766	20	62
3.620	25	75
4.077	30	78
3.270	35	82.5
2.766	40	88
2.500	45	88
2.445	50	89
2.289	55	88
2.204	60	89
2.155	65	89.5
2.146	70	90
2.130	75	90
2.128	80	90
2.171	90	90.5
2.228	100	93
2.165	110	91
2.190	120	88
2.088	130	82
2.190	140	80
2.072	150	75
2.097	160	68
2.054	170	60
2.037	180	58
2.054	190	58
2.054	200	58

ตารางที่ 5 -5 แสดงค่าการตอบสนองความถี่พร้อมการต่อวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์ที่ 120 เฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลอง

อิมพิแดนซ์

ความถี่ (Hz)	ความต้านทานกระแสสลับ (ohm)
20	7.58
25	13.10
30	16.63
35	10.69
40	7.65
45	6.25
50	5.98
60	4.86
80	4.53
100	4.96
120	4.80
140	4.80
160	4.40
180	4.15
200	4.22
220	3.00
240	4.25
260	4.25
280	4.20
300	4.46
320	4.54
340	4.60
360	4.68
380	4.75
400	4.75
420	4.82
440	4.70
460	4.40
480	4.40
500	4.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

520	4.65
540	4.23
560	4.22
580	4.87
600	4.23
620	4.25
640	4.60
660	4.60
680	4.30
700	4.10
720	4.10
740	4.00
760	4.00
780	5.20
800	4.90
820	4.90
840	4.80
860	4.70
880	4.20
900	4.20
920	4.20
940	4.30
960	4.60
980	4.50
1000	4.60
1200	4.00
1400	3.90
1600	4.50
1800	4.50
2000	5.00
2100	4.80
2200	4.50
2300	4.60
2400	4.60
2500	4.80

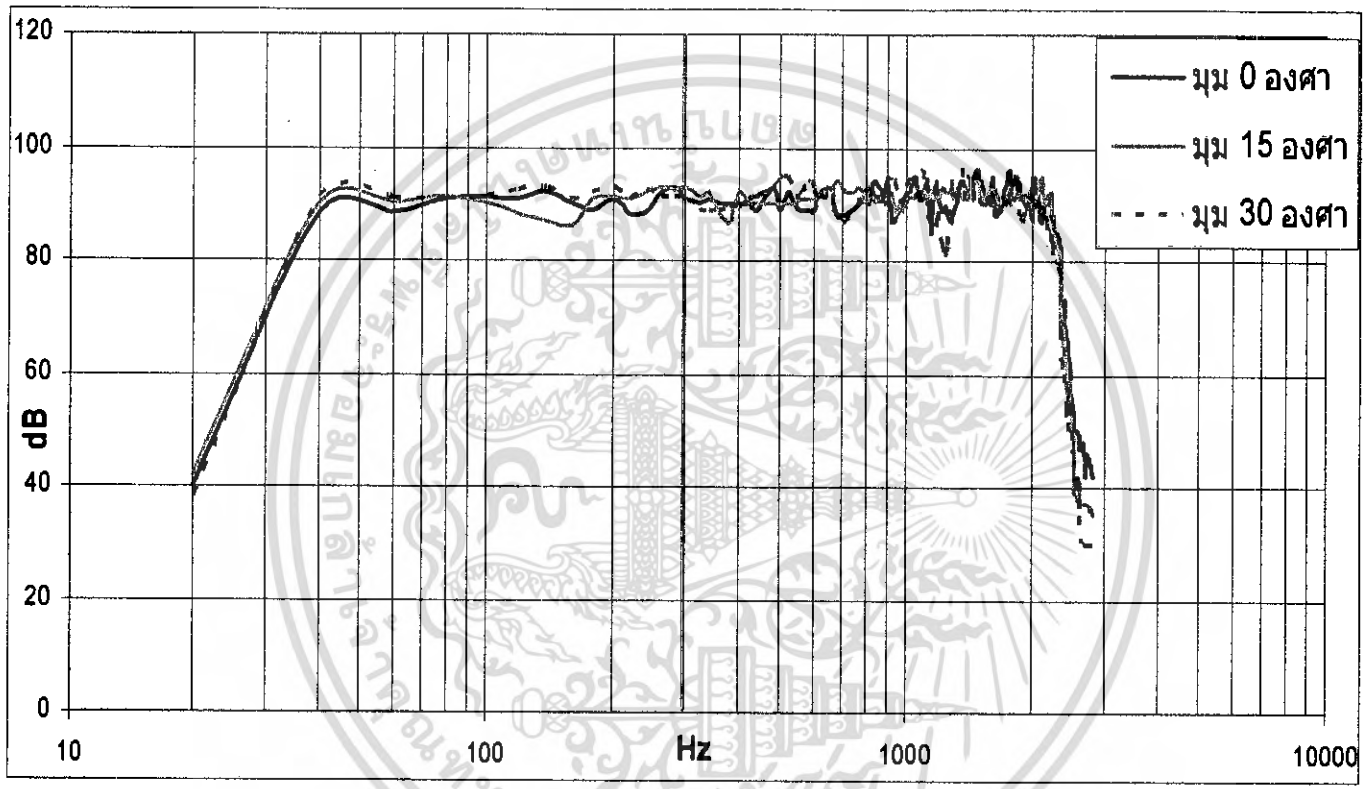
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2600	4.20
2700	4.30
2800	4.20

ตารางที่ 5 -6 แสดงค่าความต้านทานกระแสสลับ (อิมพิแดนซ์) ในช่วงความถี่ต่างๆ

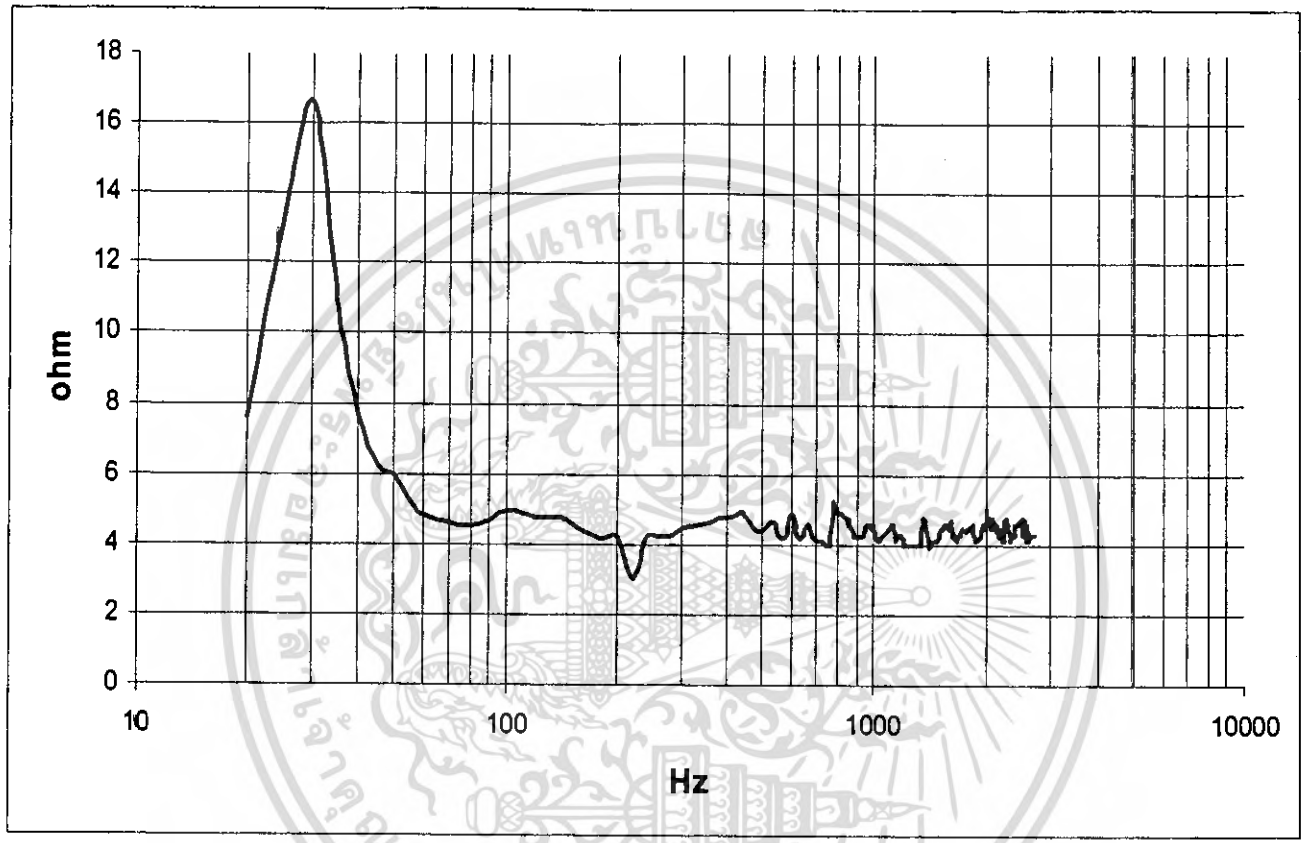
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพแสดงการตอบสนองความถี่ของลำโพงเปล่าแบบไม่มีการต่อวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์ที่มุมต่างๆ



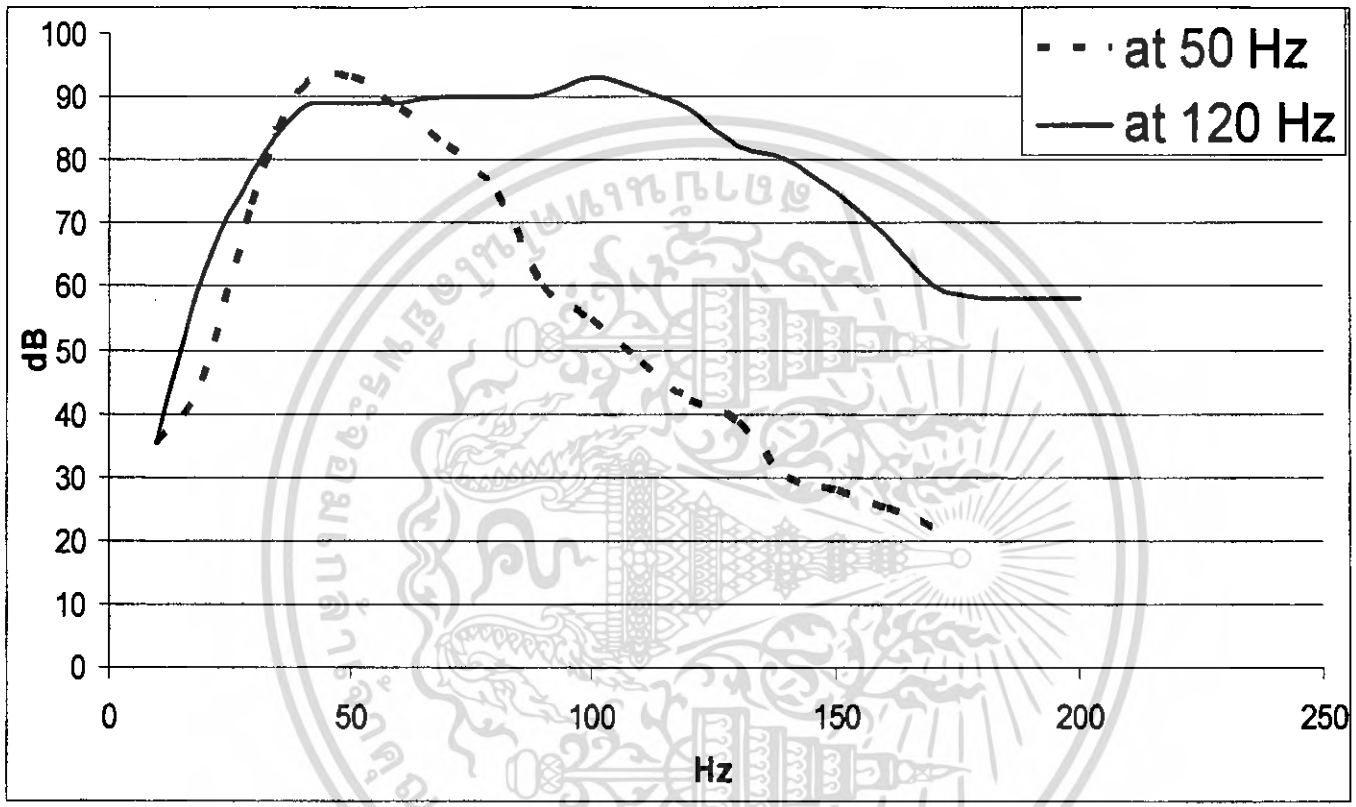
รูป 5-5 แสดงการตอบสนองความถี่ของลำโพงเปล่าแบบไม่มีการต่อวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์

แผนภาพแสดงค่าอิมพิแดนซ์ของลำโพง



รูป 5-6 แสดงค่าอิมพิแดนซ์ของลำโพงที่ความถี่ต่างๆ

แผนภาพแสดงการตอบสนองความถี่ของลำโพงพร้อมต่อวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์



รูป 5-7 แสดงการตอบสนองความถี่ของลำโพงพร้อมต่อวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อวัดคุณสมบัติเบื้องต้นของลำโพงซับวูฟเฟอร์เคดคอน รุ่นดีซี-เอส1065 ขนาด 10 นิ้ว พบว่า

- การตอบสนองความถี่ของลำโพงเปล่าอยู่ในช่วง 40 ถึง 2200 เฮิรตซ์ (± 3 dB)
- ความไวของลำโพงเปล่าคือ 88 เดซิเบล
- ค่าอิมพิแดนซ์เฉลี่ยอยู่ที่ 4.2 โอห์ม (สูงสุด 16 โอห์มที่ความถี่ 30 เฮิรตซ์และต่ำสุด 3 โอห์มที่ 210 เฮิรตซ์)
- เมื่อมีการเบนมุมในการฟังมากขึ้น การตอบสนองความถี่จะมีย่านที่แคบลงและลักษณะการตอบสนองความถี่ในช่วงต้นและปลายจะไม่ราบเรียบ
- เมื่อนำลำโพงติดตั้งในตู้พร้อมติดตั้งอุปกรณ์ขยายสัญญาณ การตอบสนองของลำโพงของลำโพงจะอยู่ในช่วงที่แคบลงเนื่องจากอุปกรณ์ขยายสัญญาณมีวงจรฟิลเตอร์ที่ให้เฉพาะความถี่ต่ำผ่าน
- การตอบสนองของลำโพง (พร้อมตู้และอุปกรณ์ขยายสัญญาณ)อยู่ในช่วง 40 ถึง 50 เฮิรตซ์ (± 3 dB) เมื่อปรับฟิลเตอร์ที่ 50 เฮิรตซ์ และอยู่ในช่วง 40 ถึง 110 เฮิรตซ์ เมื่อปรับฟิลเตอร์ที่ 120 เฮิรตซ์
- ความไวของลำโพงพร้อมตู้คือ 90 เดซิเบล

คุณสมบัติของลำโพงให้การตอบสนองความถี่ใกล้เคียงกับคุณสมบัติผู้ผลิตบอกไว้

6.2 ข้อเสนอแนะ

การวัดคุณสมบัติเบื้องต้นของลำโพงเป็นหัวใจในการพัฒนาลำโพงเพราะสร้างเสียงจากแหล่งกำเนิดที่ถูกบันทึกไว้จะมีความแม่นยำมากขึ้นเสมือนได้ฟังเสียงจากตำแหน่งที่บันทึกเสียงนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ธนิต อมรวิทยกิจเวชา และบงกช กิติศรีวรพันธุ์ , *"การลดเสียงรบกวนโดยวิธีหักล้าง* ,"ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยานิพนธ์ ปีการศึกษา 2538

[2] วิชาญ ก่องตาวงษ์, *"หลักการและเทคนิคการซ่อมสร้างเครื่องขยายทรานซิสเตอร์*,"พิมพ์ครั้งที่ 1

[3] อรรณนพ พีรชาติ, *"ออกแบบตู้ลำโพงขนาดใหญ่*," ซีเอ็ดยูเคชั่น พ.ศ.2539

[4] Davis,D. and Davis,C., "*Sound System Engineering* ," Howard W. Sam & Co.,1989

[5] Dickason. "*The Loudspeaker Design Cookbook* ," Audio Ameture Press 4th ed.,1991

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ลำโพงซับวูฟเฟอร์เคคคอน รุ่น ดีซี-เอส1065	
เส้นผ่านศูนย์กลางของลำโพงซับวูฟเฟอร์	10 นิ้ว
เส้นผ่านศูนย์กลางของวอยซ์คอยล์	2 นิ้ว
อิมพิแดนซ์	4-8 โอห์ม
กำลังขับสูงสุด	400 วัตต์
ความไว	90 เดซิเบลต่อวัตต์ต่อเมตร
การตอบสนองต่อความถี่	37-2500 เฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทความประกอบการสอบ วิชา 01054025 Project 2 ภาคเรียนที่ 2/2549

การสร้างชุดทดลองเพื่อวัดคุณสมบัติเบื้องต้นของลำโพง
(A Design for Measuring Loudspeaker Properties)

ธนัญชัย สุดฟุ้ง[1],วิษณุ ยาผา[1]

.....

สยาม สงวนรัมย์[2]

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดคุณสมบัติของลำโพงในห้องไร้เสียงสะท้อนของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อประกอบวิชาการสั่นสะเทือนเชิงกล อุปกรณ์จัดทำขึ้นคือลำโพงซับวูฟเฟอร์แบบตู้เปิดที่มีดอกลำโพงขนาด 10 นิ้วและมีชุดวงจรขยายสัญญาณความถี่ต่ำรวมอยู่ในชุดเดียวกัน การวัดสัญญาณความดังของเสียงที่ออกจากลำโพงในความถี่ต่างๆ (Sound level meter) ถูกวัดโดยมิเตอร์วัดความดังของเสียงแบบมือถือ ลำโพงซับวูฟเฟอร์เป็นอุปกรณ์ขยายสัญญาณถูกนำมาวัดคุณสมบัติพื้นฐานต่าง ๆ ได้แก่การตอบสนองความถี่ (Frequency response) ความไว (Sensitivity) และ อิมพิแดนซ์ (Impedance) การตอบสนองความถี่และความไวอ่านค่าได้จากมิเตอร์วัดความดัง ในขณะที่อิมพิแดนซ์วัดได้จากค่าความต้านทานในเชิงของไฟกระแสสลับจากวงจรวัดอิมพิแดนซ์ที่จัดทำขึ้นเอง

Abstract

This project focuses on a design for measuring loudspeaker. A subwoofer loudspeaker with 10-inch driver is constructed to examine its frequency response by hand-held sound level meter. After that its impedance is observed by a specific circuit. Sensitivity could be calculated from frequency response directly.

Keywords: acoustic engineering , loudspeaker testing

1. บทนำ

ในปัจจุบันลำโพงซับวูฟเฟอร์ที่มีคุณภาพกล่าวคือมีการตอบสนองความถี่ที่ราบเรียบล้วนมีราคาเกินหมื่นทั้งสิ้น ดังนั้นหากสามารถวัดคุณสมบัติเบื้องต้นของลำโพงได้จะทำให้การพัฒนาลำโพงที่มีคุณภาพในเชิงการค้ามีความเป็นไปได้

ปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการวักการตอบสนองความถี่ของลำโพงคือเสียงสะท้อน เนื่องจากภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังมีห้องปฏิบัติการไร้เสียงสะท้อนจึงเป็นโอกาสอันดีในการพัฒนาการทดลองเพื่อวัดคุณสมบัติดังกล่าวของลำโพง

นอกจากนี้ การวิเคราะห์สัญญาณเป็นอีกองค์ความรู้หนึ่งซึ่งวิศวกรเครื่องกลมักจะต้องพบ อีกทั้งยังเป็นกุญแจสำคัญในการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมหลาย ๆ ปัญหาเช่น ปัญหาทางเสียงและปัญหาการสั่นสะเทือน ดังนั้นโครงงานนี้จึงเป็นประโยชน์ต่อนักศึกษาวิศวกรรมเครื่องกลโดยตรง เพราะโครงงานจะถูกนำมาใช้เป็นการทดลองเชิงวิศวกรรมเพื่อให้นักศึกษาคุ้นเคยกับการวัดค่าที่ใช้ในการวิเคราะห์สัญญาณเบื้องต้น

2. วัตถุประสงค์

เพื่อออกแบบชุดทดลองลำโพงซับวูฟเฟอร์ในห้องไร้เสียงสะท้อนสำหรับหาคุณสมบัติของลำโพงเพื่อเป็นอุปกรณ์ให้ห้องปฏิบัติการสำหรับวิชา การสั่นสะเทือนการทดลองเชิงวิศวกรรม (Mechanical engineering laboratory)

[1] นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สจล. ห้อง 3Q/1 รหัส 47015360 , 47015373 ตามลำดับ

[2] อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สจล., โทร. 0 2326 4197, อีเมล kssayam@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์			
Qts	ค่า Q รวมของลำโพงที่ความถี่เรโซแนนซ์	Fl	ความถี่สูงที่มีแรงเคลื่อนทำให้ระดับความเข้มเสียงลดลง 3dB
Qms	ค่า Q ทางกลรวมของลำโพงที่ความถี่เรโซแนนซ์	Is	กระแสไฟฟ้าตกคร่อม R ที่จ่ายออกจากแหล่งกำเนิดความถี่
Qes	ค่า Q ไฟฟ้ารวมของลำโพงที่ความถี่เรโซแนนซ์	Im	กระแสไฟฟ้าตกคร่อม R ในขณะเกิดเรโซแนนซ์
r_O	อัตราส่วนระหว่าง $\frac{Is}{\mathrm{Im}}$	Vm	แรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อม R ในขณะเกิดเรโซแนนซ์
Re	ความต้านทานกระแสตรงของลำโพง	Vs	แรงเคลื่อนไฟฟ้าของเคลื่อนกำเนิดความถี่
Rs	ความต้านทานของแหล่งกำเนิดความถี่	Vb	ตู้ปริมาตรมาตรฐานเพื่อใช้หาค่า Q
Fs	ความถี่เรโซแนนซ์	Fb	ความถี่เรโซแนนซ์ในตู้ปริมาตรมาตรฐาน
Fh	ความถี่สูงที่มีแรงเคลื่อนทำให้ระดับความเข้มเสียงลดลง 3dB	Vas	ความยืดหยุ่นตัวของปริมาตรอากาศในตู้ลำโพง

3. ขอบเขตของโครงงาน

ตู้ลำโพงซับวูฟเฟอร์ที่สร้างขึ้นมานี้ได้อาศัยการออกแบบโดยใช้ค่าคุณสมบัติต่างๆของลำโพงที่ทราบได้จากการวัดทางไฟฟ้าและข้อมูลจากกระบวนการผลิต ซึ่งภายหลังจากที่ได้ประกอบลำโพงและตู้
ลำโพงเข้าด้วยกันแล้ว ยังได้จัดทำอุปกรณ์ที่ใช้วัดอิมพีแดนซ์เพื่อใช้ในการทดลองเพื่อหาค่าคุณสมบัติเบื้องต้นของลำโพงได้แก่ การตอบสนองความถี่ ความไวเสียงและอิมพีแดนซ์

4. ขั้นตอนและการดำเนินการของโครงงานในภาคการศึกษานี้

4.1 การออกแบบตู้ลำโพงและส่วนประกอบ

(1) วัสดุที่นำมาทำตู้ลำโพงเป็นไม้ MDF (Medium Density Fibreboard) เป็นไม้ที่มีคุณภาพดีที่สุด มีความหนาของเนื้อไม้ 16 มิลลิเมตร เป็นตู้ลำโพงแบบเปิด ขนาดที่ทำการออกแบบคือ 40 เซนติเมตร×35.5 เซนติเมตร×40 เซนติเมตร ซึ่งการกำหนดขนาดตู้ลำโพงได้จากตัวแปรค่า Qts ของลำโพง ซึ่งค่านี้ได้จากการวัดทางไฟฟ้า

(2) วงจรแอ็กทีฟฟิลเตอร์ซับวูฟเฟอร์ 100 วัตต์ โดยวงจรนี้มีคุณสมบัติ

- รับสัญญาณอินพุตความแรงสูง (High level) จากจุดต่อลำโพงทั้งซ้ายและทางขวาและอินพุตความแรงต่ำ (Low level) จากเทป, ซีดี,ดีวีดี,MP3
- เพิ่มการเร่ง-ลดเสียงอย่างอิสระได้จากแผงควบคุม ไม่ต้องใช้ปรีแอมป์ของเครื่องขยายเสียง
- ปรับความถี่โลว์พาสที่ 50 เฮิรตซ์ ถึง 120 เฮิรตซ์ และมีวงจรภาคป้องกันลำโพง
- กำจัดความถี่สูงโดยใช้คาปาซิเตอร์และขยายสัญญาณโดยใช้ ออปแอมป์
- แบ่งแยกวงจรระหว่างแอ็กทีฟฟิลเตอร์และวงจรภาคขยายเมนแอมป์ 100 วัตต์

4.2 การคำนวณหาขนาดของตู้ลำโพง

$$Qts = Qms \times \frac{Qes}{(Qms + Qes)} \quad (1)$$

$$Qes = \left(\frac{Qms}{r_O - 1}\right) \times \left(\frac{\mathrm{Re}}{Rs + \mathrm{Re}}\right) \quad (2)$$

$$Qms = \frac{Fs \times r_O^{0.5}}{Fh - Fl} \quad (3)$$

$$Fs = \sqrt{Fl \times Fh} \quad (4)$$

$$r_O = \frac{Is}{\mathrm{Im}} \quad (5)$$

$$Is = \frac{Vs}{(\mathrm{Re} + Rs)} \quad (6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\mathrm{Im} = \frac{Vm}{Rs} \tag{7}$$

$$Vas = Vb \times \left(\left(\frac{Fb}{Fs} \right)^2 - 1 \right) \tag{8}$$

สำหรับตู้ลำโพงแบบเปิดจะทราบปริมาตรของตู้ได้จาก

$$V_{box} = 20 \times Qts^{3.3} \times Vas \tag{9}$$

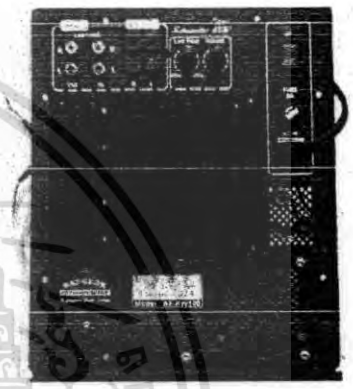
5. สรุปสิ่งที่ได้ทำในภาคการศึกษานี้

(1) ทำตู้ลำโพงซับวูฟเฟอร์พร้อมดอกลำโพงขนาด 10 นิ้วเพื่อใช้ในการทดลอง

(2) ทำอุปกรณ์วัดค่าอิมพิแดนซ์

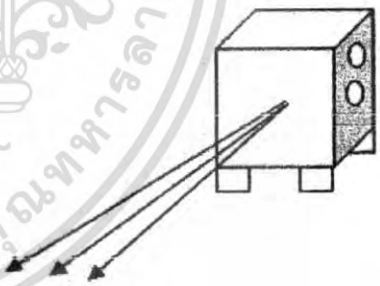
(3) ดำเนินการทดลองเพื่อหาค่าการตอบสนองความถี่ ความไวของเสียงและค่าความต้านทานของลำโพง

รูปที่ 1 ตู้ลำโพงที่ได้จัดทำขึ้น



รูปที่ 2 แผงควบคุมด้านหลังแอคทีฟฟิลเตอร์ซับวูฟเฟอร์

รูปที่ 3 อุปกรณ์วัดค่าอิมพิแดนซ์



รูป 4 การทดลองการตอบสนองความถี่ที่มุมต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลอง

6.1 ทดลองการตอบสนองความถี่ของลำโพง (Frequency response testing)

(1) ลำโพงเปล่าไม่ถูกบรรจุภายในตู้

- ติดตั้งลำโพงไว้ภายในห้องไร้เสียงสะท้อนพร้อมกับปรับตั้งความดังเครื่องขยายเสียงที่ใช้ขับลำโพงโดยใช้โวลต์มิเตอร์

- ต่อสายสัญญาณจากเครื่องกำเนิดความถี่มายังเครื่องขยายเสียง

- ปรับตั้งความถี่เสียงทดลองเริ่มต้นที่ 20 เฮิรตซ์และใช้มิเตอร์วัดความดังวางไว้ห่างจากตัวลำโพงประมาณ 1 เมตร จากนั้นปรับตั้งกำลังขยายให้เท่ากับ 1 วัตต์ โดยคิดที่ค่าอิมพีแดนซ์ของลำโพงในแต่ละความถี่หาได้จาก

$$P = \sqrt{WR} \qquad (10)$$

เมื่อ W เท่ากับ 1 วัตต์และ R เป็นค่าความต้านทานจากผลการวัดอิมพีแดนซ์

- เปลี่ยนค่าความถี่เป็นค่าอื่นๆจนถึงจนถึงย่านความถี่ที่ต้องการซึ่งลำโพงตัวนี้มีช่วงความถี่ตอบสนองประมาณ 2700 เฮิรตซ์ พร้อมกับบันทึกค่าที่วัดได้ตลอดย่านความถี่

- นำค่าที่บันทึกได้มาพล็อตกราฟจะได้กราฟการตอบสนองความถี่ของลำโพง

(2) ลำโพงถูกบรรจุภายในตู้พร้อมกับต่อวงจรแอ็กทีฟซับวูฟเฟอร์

- ติดตั้งลำโพงไว้ภายในห้องไร้เสียงสะท้อนพร้อมกับปรับตั้งความดังเครื่องขยายเสียงที่ใช้ขับลำโพงโดยใช้โวลต์มิเตอร์ วัดที่จุดต่อด้านหลังที่ถูกทำขึ้นเพิ่มเติม

- ต่อสายสัญญาณจากเครื่องกำเนิดความถี่มายังวงจรที่ถูกติดตั้งกับตู้ลำโพง

- ปรับตั้งฟิลเตอร์ของวงจรให้อยู่ที่ 50 เฮิรตซ์ ให้ความถี่เริ่มต้นที่ 20 เฮิรตซ์ จากนั้นใช้มิเตอร์วัดความดัง วางไว้ห่างจากตัวลำโพงประมาณ 1 เมตรปรับตั้งกำลังขยายให้เท่ากับ 1 วัตต์โดยคิดที่ค่าอิมพิแดนซ์ของลำโพง แล้วทำการบันทึกค่า

- ปรับตั้งฟิลเตอร์ของวงจรให้อยู่ที่ 120 เฮิรตซ์ ให้ความถี่เริ่มต้นที่ 20 เฮิรตซ์ ใช้มิเตอร์วัดความดังวางไว้ห่างจากตัวลำโพงประมาณ 1 เมตรปรับกำลังขยายให้เท่ากับ 1 วัตต์โดยคิดที่ค่าอิมพีแดนซ์ของลำโพง แล้วทำการบันทึกค่า

- นำค่าที่บันทึกได้มาพล็อตกราฟจะได้กราฟการตอบสนองความถี่ของลำโพง

6.2 ความไวเสียงของลำโพง (Sensitivity)

- ความไวของเสียงที่ได้จากลำโพงเป็นค่าเฉลี่ยโดยประมาณของการตอบสนองความถี่ที่ได้จากการทดลองในแต่ละความถี่

- ผลของความไวของเสียงจะถูกแสดงอยู่ในกราฟการตอบสนองความถี่

6.3 การวัดค่าความต้านทานของลำโพง (Impedance Testing)

- การทดลองหาค่าอิมพิแดนซ์นั้นไม่มีการใช้กำลังไฟฟ้าเพื่อขับลำโพงเป็นการวัดความต้านทานวอยซ์คอยล์ในเชิงวงจรกระแสสลับซึ่งเป็นค่าอิมพิแดนซ์ที่แท้จริงของลำโพง

- ต่อวงจรโดยให้สายสัญญาณที่มาจากเครื่องกำเนิดความถี่เข้าที่ขั้ว OSC 1และ OSC 2 ของอุปกรณ์ทดลอง จากนั้นต่อสายสัญญาณจากอุปกรณ์ทดลองจากขั้ว LOU 1 และ LOU 2 ไปยังลำโพงต่อไป

- นำเอซีโวล์ทมิเตอร์เสียบที่ขั้วMEA 1 และMEA 2

(1) โยกสวิทช์ไปที่ตำแหน่ง R ปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดความถี่ให้สูงสุด

(2) อ่านค่าจากเอซีโวลต์มิเตอร์แล้วแบ่งเป็น 10 ช่วงแต่ละช่วงจะแทนอิมพิแดนซ์ 1 โอห์ม เช่น อ่านค่าจากโวลต์มิเตอร์ได้ 100 มิลลิโวลต์ ดังนั้น 1 ช่วงจะเป็น 10 มิลลิโวลต์

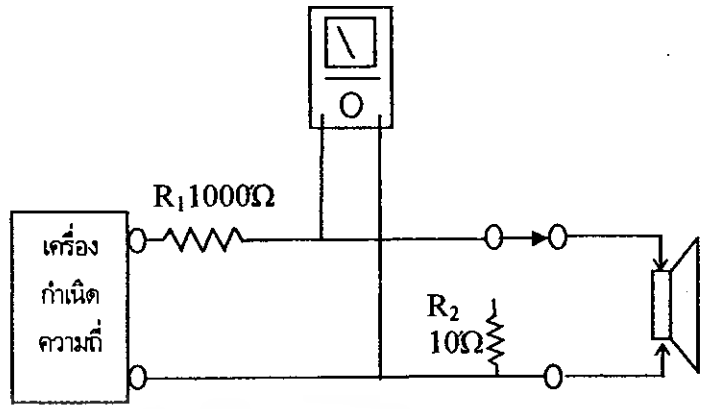
(3) โยกสวิทช์มาที่ตำแหน่ง S1 แล้วอ่านค่า หากอ่านค่าได้ 40 มิลลิโวลต์ อิมพิแดนซ์ของลำโพงจะมีค่า 4 โอห์ม

(4) เริ่มต้นจากความถี่ที่ 20 เฮิรตซ์ แล้วทำตามขั้นตอนที่ (1) ซึ่งจะทำเช่นนี้ก่อนทุกครั้งไปทุกๆย่านความถี่ที่ต้องการซึ่งการทดลองนี้ใช้ความถี่ประมาณ 500 เฮิรตซ์ และบันทึกผลการทดลองทุกค่า

- นำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟ ค่าที่ได้มาจะไม่เท่ากันในแต่ละความถี่จุดที่ค่าอิมพิแดนซ์สูงสุดจะเป็นจุดที่เรียกว่า ความถี่เรโซแนนซ์ (Resonance frequency)

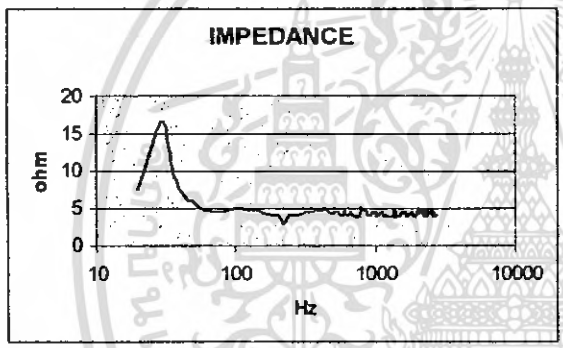
จากการทดลองค่าคุณสมบัติต่างๆของลำโพงมีผลการทดลองดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



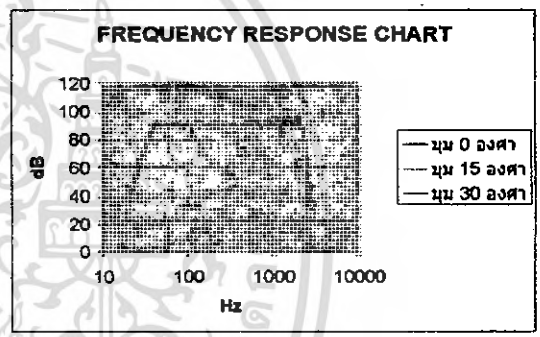
รูปที่ 5 การต่อวงจรเพื่อวัดหาค่าอิมพิแดนซ์ของวอยซ์คอยล์ลำโพง

การวัดค่าอิมพีแดนซ์

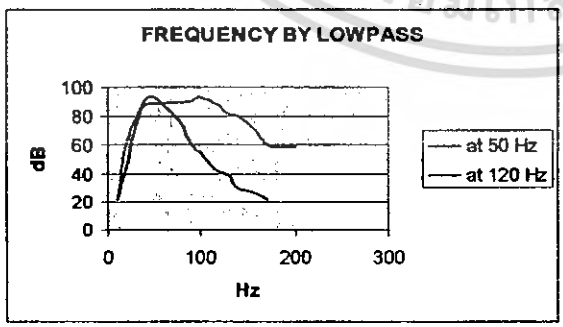


รูป 6 อิมพีแดนซ์ของลำโพงที่ความถี่ต่างๆ

การตอบสนองความถี่



รูป 7 ผลการทดลองการตอบสนองความถี่ตั้งแต่ 20-2700 เฮิรตซ์
(ลำโพงเปล่าไม่ถูกบรรจุภายในตู้)



รูป 8 ผลการทดลองการตอบสนองความถี่
(พร้อมตู้และอุปกรณ์ขยายสัญญาณ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อวัดคุณสมบัติเบื้องต้นของลำโพง deccon รุ่น DC-S10265 ขนาด 10 นิ้วพบว่า

- การตอบสนองความถี่ของลำโพงเปล่าอยู่ในช่วง 40 ถึง 2200 เฮิรตซ์ (± 3 dB)

- ความไวของลำโพงเปล่าคือ 88 เดซิเบล

- ค่าอิมพีแดนซ์เฉลี่ยอยู่ที่ 4.2 โอห์ม (สูงสุด 16 โอห์มที่ความถี่ 30 เฮิรตซ์และต่ำสุด 3 โอห์มที่ 210 เฮิรตซ์)

- เมื่อมีการเบนมุมในการฟังมากขึ้น การตอบสนองความถี่จะมีย่านที่แคบลงและลักษณะการตอบสนองความถี่ในช่วงต้นและปลายจะไม่ราบเรียบ

- เมื่อนำลำโพงติดตั้งในตู้พร้อมติดตั้งอุปกรณ์ขยายสัญญาณ การตอบสนองของลำโพงของลำโพงจะอยู่ในช่วงที่แคบลงเนื่องจากอุปกรณ์ขยายสัญญาณมีวงจรฟิลเตอร์ที่ให้เฉพาะความถี่ต่ำผ่าน

- การตอบสนองของลำโพง (พร้อมตู้และอุปกรณ์ขยายสัญญาณ) อยู่ในช่วง 40 ถึง 50 เฮิรตซ์ (± 3 dB) เมื่อปรับฟิลเตอร์ที่ 50 เฮิรตซ์ และอยู่ในช่วง 40 ถึง 110 เฮิรตซ์ เมื่อปรับฟิลเตอร์ที่ 120 เฮิรตซ์

- ความไวของลำโพงพร้อมตู้คือ 90 เดซิเบล

คุณสมบัติของลำโพงให้การตอบสนองความถี่ใกล้เคียงกับคุณสมบัติผู้ผลิตบอกไว้

8. ข้อแนะนำเพิ่มเติม

การวัดคุณสมบัติเบื้องต้นของลำโพงเป็นหัวใจในการพัฒนาลำโพงเพราะสร้างเสียงจากแหลงกำเนิดที่ถูกบันทึกไว้จะมีความแม่นยำมากขึ้นเสมือนได้ฟังเสียงจากตำแหน่งที่บันทึกเสียงนั้น

8. เอกสารอ้างอิง

[1] ธนิต อมรวิทยกิจเวชา,บงกช กิติศรีวรพันธุ์, " การลดเสียงรบกวนโดยวิธีหักล้าง",ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยานิพนธ์ ปีการศึกษา 2538

[2]วิชาญ ก่องตาวงษ์,หลักการและเทคนิคการซ่อมสร้างเครื่องขยายทรานซิสเตอร์ พิมพ์ครั้งที่1

[3]อรรณนพ พีรชาติ, "ออกแบบตู้ลำโพงขนาดใหญ่",ซีเอ็ดยูเคชั่น พ.ศ.2539

[4] Davis,D. and Davis,C., "*Sound System Engineering* ," Howard W. Sam & Co.,1989

[5] Dickason. "*The Loudspeaker Design Cookbook* ." Audio Ameture Press 4th ed.,1991

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้