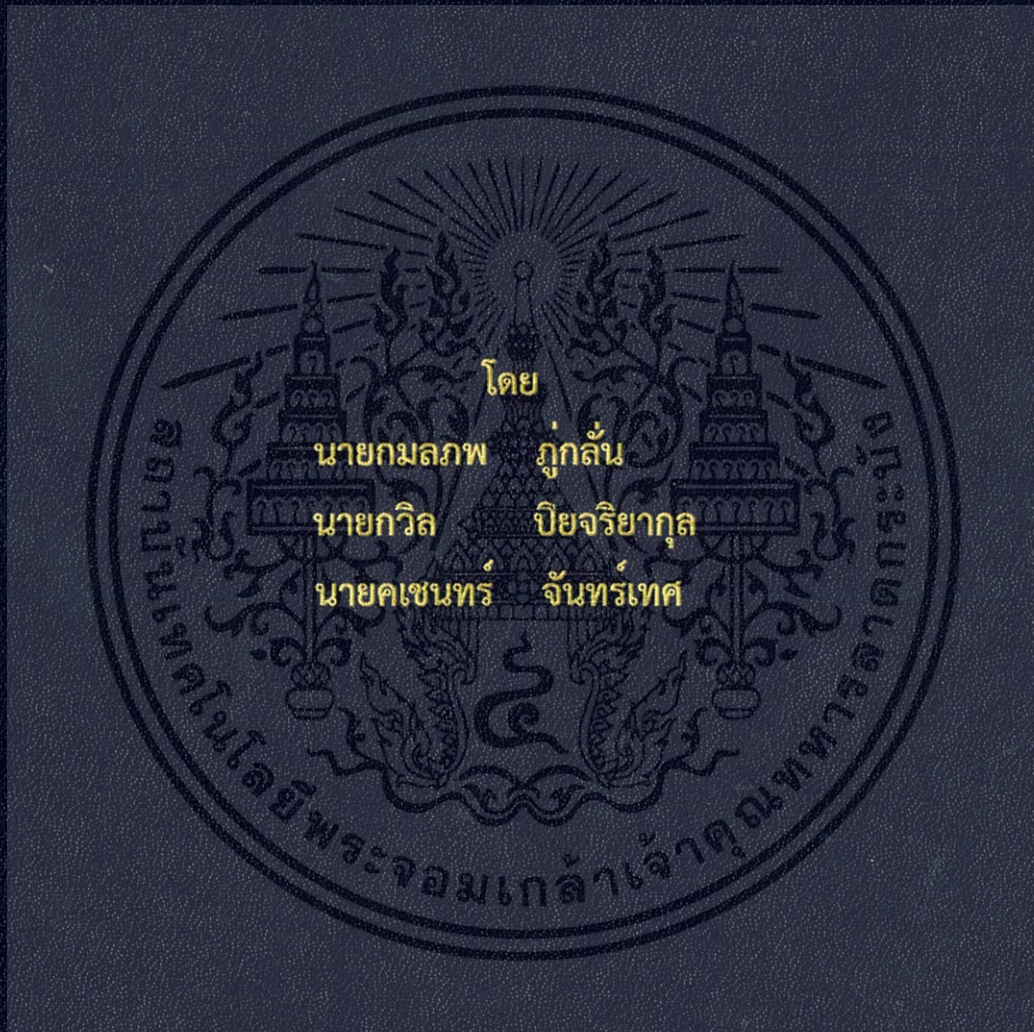


ลำโพงลดทอนเสียงรบกวนในห้องนอนจากเครื่องปรับอากาศ
ACTIVE NOISE CANCELLING SPEAKER IN BEDROOM FROM AIR
CONDITIONER



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

ลำโพงลดทอนเสียงรบกวนในห้องนอนจากเครื่องปรับอากาศ
ACTIVE NOISE CANCELLING SPEAKER IN BEDROOM FROM AIR
CONDITIONER



โดย
นาย กมลภพ ภู่อ้วน 54010012
นาย กวีล ปิยะจริยากุล 54010074
นาย ศเชนทร์ จันท์เทศ 54010147

อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.ดร. สุทธิชัย นพนาศิพงษ์

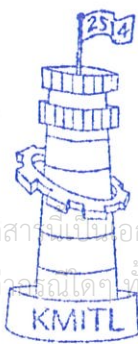
ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

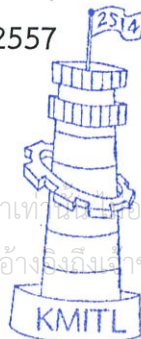


ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว


.....
อาจารย์ที่ปรึกษา

7/5/58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่าในรูปแบบใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว


.....
กรรมการผู้ตรวจชิ้นงาน

7/5/58

วิศวกรรมโทรคมนาคม
Telecommunications Engineering

ปริญญาบัตรปีการศึกษา 2557

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ลำโพงลดทอนเสียงรบกวนในห้องนอนจากเครื่องปรับอากาศ

ACTIVE NOISE CANCELLING SPEAKER IN BEDROOM FROM AIR CONDITIONER

ผู้จัดทำ

1. นายกมลภพ ภู่อ้วน 54010012
2. นายกวีล ปิยจริยากุล 54010074
3. นายคเชนทร์ จันท์เทศ 54010147


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.ดร.สุทธิชัย นพนาศิพงษ์)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ บิดา และ มารดา ที่คอยให้คำปรึกษาในปัญหาทุกๆด้าน อีกทั้งยังคอยสนับสนุน อุปการะ และเป็นกำลังใจสำคัญในการทำโครงการนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. สุทธิชัย นพนาศิพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้คำปรึกษา และแนะนำแนวทางในการดำเนินงานต่างๆ รวมทั้งอนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ และสถานที่ในการทดลองและจัดทำที่จำเป็นในโครงการนี้ ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี



นายกมลภพ ภู่อ้วน
 นายกวีล ปิยจริยากุล
 นายคเชนทร์ จันทรเทศ
 ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำโพงลดทอนเสียงรบกวนในห้องนอนจากเครื่องปรับอากาศ
ACTIVE NOISE CANCELLING SPEAKER IN BEDROOM
FROM AIR CONDITIONER

โดย	นาย กมลภพ ภู่อ้วน	54010012
	นาย กวีล ปิยจริยากุล	54010074
	นาย คเชนทร์ จันทร์เทศ	54010147

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. สุทธิชัย นพนาศิพงษ์

บทคัดย่อ

ห้องนอนควรต้องเป็นห้องที่ปราศจากเสียงรบกวนต่างๆ ซึ่งเครื่องปรับอากาศก็เป็นแหล่งกำเนิดเสียงรบกวนอีกแหล่งหนึ่งที่ส่งผลเสียต่อสุขภาพ ดังนั้นปริญญาานิพนธ์ชิ้นนี้จัดทำขึ้นเพื่อออกแบบลำโพงลดทอนสัญญาณเสียงรบกวนจากภายนอก โดยได้ศึกษางานวิจัยที่มีมาก่อน ออกแบบสัญญาณที่สามารถลดทอนเสียงรบกวนจากภายนอก ศึกษาคุณสมบัติต่างๆ และออกแบบลำโพง ออกแบบระบบลดทอนเสียงรบกวนการสร้างสัญญาณลดทอนเสียงรบกวน จัดทำชิ้นงาน ทำการทดสอบประสิทธิภาพในด้านของการลดทอนเสียงรบกวนจากเครื่องปรับอากาศ

ABSTRACT

The bedroom should have a room free of distractions. The air conditioning is another source of noise. That adversely affect health Therefore, this project is designed to study the noise reduction. To research that has come before and design an anti-noise system. Design a noise reducing signal. Study a characteristic and design a speaker for use in this project. Design an Active Noise Cancellation to generate a noise reducing signal. Apply in to a component and test a performance in reducing noise from air conditioning

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1	
บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
บทที่ 2	
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 คลื่นเสียงและคุณสมบัติของคลื่นเสียง	2
2.2 การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล	9
2.3 การควบคุมเสียงรบกวน	10
2.4 วงจรกรองแบบปรับตัวได้	11
2.5 อัลกอริทึมแบบค่าเฉลี่ยกำลังสองน้อยที่สุด	13
2.6 ลำโพง	14
2.7 วงจรขยายสัญญาณ	16
2.8 การแบ่งการทำงานของวงจขยายตามคลาส	19
บทที่ 3	
การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์	23
3.1 การออกแบบ	23
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	33
3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	33

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง	35
4.1 การทดลองการลดทอนเสียงรบกวนบนโปรแกรม MATLAB	35
4.2 การจำลองระบบ ACTIVE NOISE CANCELLATION ในห้องทดลองที่มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม	39
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	53
5.1 สรุปผล	53
5.2 ข้อเสนอแนะ	53
บรรณานุกรม	54



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบของคลื่น	2
2.2 คลื่นความถี่สูงและความถี่ต่ำ	3
2.3 การสะท้อนของเสียง	4
2.4 การหักเหของเสียง	4
2.5 การแทรกสอดของเสียง	4
2.6 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดระดับความเข้มของเสียง	6
2.7 ระดับเสียงสูง - ต่ำ	8
2.8 หลักการของ ACTIVE NOISE CANCELLATION	11
2.9 ไดอะแกรมของ ADAPTIVE FILTER รูปแบบทั่วไป	12
2.10 ไดอะแกรมของ FXLMS	13
2.11 อัลกอริทึมแบบ LMS	14
2.12 ส่วนประกอบของลำโพง	15
2.13 โครงสร้างของลำโพง	16
2.14 ออปแอมป์	17
2.15 การต่อไฟเลี้ยงบวกและลบให้แก่ออปแอมป์	17
2.16 บล็อกไดอะแกรมโดยทั่วไปของระบบที่มี NFB	19
2.17 วงจรขยายแรงดันแบบกลับขั้วสัญญาณ (ก) และวงจรเทียบเท่า (ข)	19
2.18 วงจรขยายคลาส เอ	20
2.19 วงจรขยายคลาส บี	20
2.20 วงจรขยายคลาส เอบี	21
2.21 วงจรขยายคลาส ดี	22
3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบ ACTIVE NOISE CANCELLING	24
3.2 ระบบ ACTIVE NOISE CANCELLATION บน SIMULINK	25
3.3 SCHEMATIC ของแหล่งจ่ายไฟ	26

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.4 PCB ของแหล่งจ่ายไฟ	27
3.5 SCHEMATIC ของวงจรขยายสัญญาณ	27
3.6 PCB ของวงจรขยายสัญญาณ	27
3.7 วงจรลำโพง	28
3.8 ขนาดของตู้ลำโพงที่ออกแบบ	29
3.9 ตู้ลำโพงที่ออกแบบ	29
3.10 ลำโพงลดทอนเสียงรบกวน	30
3.11 สัญญาณเสียงรบกวนจากเครื่องปรับอากาศ	30
3.12 การจำลองสัญญาณรบกวนจากเครื่องปรับอากาศ	31
3.13 องค์ประกอบความถี่ของสัญญาณรบกวนจากเครื่องปรับอากาศ	31
3.14 การออกแบบห้องทดลองที่มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม	32
3.15 ภาพจำลองห้องทดลองที่มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม	33
4.1 BLOCK SIMULINK ของโปรแกรม MATLAB ในการทดลองการปรับค่า μ	35
4.2 สัญญาณรบกวนเกาส์เซียนที่ถูกลดทอนด้วยค่า $\mu = 0.001$ ในเวลา 5 วินาที	36
4.3 สัญญาณรบกวนเกาส์เซียนที่ถูกลดทอนด้วยค่า $\mu = 0.005$ ในเวลา 5 วินาที	36
4.4 สัญญาณรบกวนเกาส์เซียนที่ถูกลดทอนด้วยค่า $\mu = 0.01$ ในเวลา 5 วินาที	37
4.5 สัญญาณไซน์ 300 HZ ที่ถูกลดทอนด้วยค่า $\mu = 0.001$ ในเวลา 5 วินาที	37
4.6 สัญญาณไซน์ 300 HZ ที่ถูกลดทอนด้วยค่า $\mu = 0.005$ ในเวลา 5 วินาที	38
4.7 สัญญาณไซน์ 300 HZ ที่ถูกลดทอนด้วยค่า $\mu = 0.01$ ในเวลา 1.2 วินาที	38

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
4.8	ระบบ ANC บนโปรแกรม MATLAB SIMULINK ที่ใช้ในการทดลอง	39
4.9	ห้องทดลองปรับปรุงสภาพแวดล้อม	39
4.10	ตำแหน่งการจัดเก็บผลการทดลองสำหรับจุดอ้างอิง 1	40
4.11	กราฟของค่า SPL ที่ได้จากการทดลองลดทอนเสียงในห้องทดลองในจุดอ้างอิงที่ 1	42
4.12	ตำแหน่งการจัดเก็บผลการทดลองสำหรับจุดอ้างอิง 2	43
4.13	กราฟของค่า SPL ที่ได้จากการทดลองลดทอนเสียงในห้องทดลองในจุดอ้างอิงที่ 2	45
4.14	ตำแหน่งการจัดเก็บผลการทดลองสำหรับจุดอ้างอิง 3	46
4.15	กราฟของค่า SPL ที่ได้จากการทดลองลดทอนเสียงในห้องทดลองในจุดอ้างอิงที่ 3	48
4.16	ตำแหน่งการจัดเก็บผลการทดลองสำหรับจุดอ้างอิง 4	49
4.17	กราฟของค่า SPL ที่ได้จากการทดลองลดทอนเสียงในห้องทดลองในจุดอ้างอิงที่ 4	51

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
2.1	เปรียบเทียบปริมาณต่างๆเกี่ยวกับเสียง	7
2.2	การเปรียบเทียบคุณลักษณะของออปแอมป์ในอุดมคติกับออปแอมป์ ในทางปฏิบัติ	18
3.1	ค่าพารามิเตอร์ของดอกลำโพงที่ออกแบบ	26
4.1	ผลของค่า SPL ในการทดลองทดลองเสียงในห้องทดลองจุดอ้างอิง 1	41
4.2	ผลของค่า SPL ในการทดลองทดลองเสียงในห้องทดลองจุดอ้างอิง 2	44
4.3	ผลของค่า SPL ในการทดลองทดลองเสียงในห้องทดลองจุดอ้างอิง 3	47
4.4	ผลของค่า SPL ในการทดลองทดลองเสียงในห้องทดลองจุดอ้างอิง 4	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ห้องนอนเป็นห้องที่ทุกคนใช้เป็นที่พักผ่อน ดังนั้นห้องนอนควรต้องเป็นห้องที่ปราศจากสิ่งรบกวนต่างๆ ทั้งจากภายนอกและจากภายในห้องนอน สำหรับเสียงจากภายในห้องนอนนั้นมีปัจจัยที่ทำให้เกิดเสียงรบกวนหลายปัจจัย และหนึ่งในนั้นคือเครื่องปรับอากาศ ซึ่งเสียงรบกวนจากเครื่องปรับอากาศมีเสียงดังเพียงพจนกลายเป็นเสียงรบกวน ทำให้ไม่สามารถพักผ่อน ส่งผลเสียต่อสุขภาพ ดังนั้นจึงมีศึกษาวิธีการและวิจัยที่ช่วยลดทอนเสียงรบกวนจากเครื่องปรับอากาศโดยการใช้ทฤษฎีเกี่ยวกับคลื่นเข้ามาศึกษา

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการลดทอนสัญญาณรบกวนจากสภาพแวดล้อม
2. ศึกษาการออกแบบลำโพงและวงจรภายใน
3. ศึกษาการประมวลผลสัญญาณทางดิจิทัล

1.3 ขอบเขตของโครงการ

ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่มีมาก่อนแล้วออกแบบสมการที่ลดทอนเสียงรบกวนจากเครื่องปรับอากาศ นำสมการที่ออกแบบมาประยุกต์ใช้ในโปรแกรม matlab จากนั้นออกแบบวงจร และลำโพงสำหรับลดทอนเสียงที่เกิดจากสมการ ทดลองประสิทธิภาพของการลดทอนเสียงด้วยระบบที่ออกแบบขึ้น

บทที่ 2

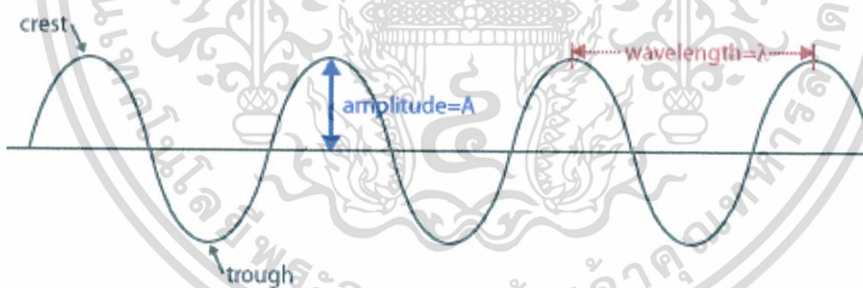
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 คลื่นเสียงและคุณสมบัติของคลื่นเสียง

เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของแหล่งกำเนิด และจะมีการถ่ายโอนพลังงานผ่านตัวกลางมายังผู้ฟังในลักษณะของคลื่นเสียง เป็นคลื่นตามยาว

หากพิจารณาลักษณะของคลื่นเสียงที่เดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นอากาศ แหล่งกำเนิดเสียงจะเกิดการสั่นแล้วมีการถ่ายโอนพลังงานไปยังโมเลกุลของอากาศ ทำให้โมเลกุลของอากาศเกิดการสั่นและจะมีการถ่ายโอนพลังงานให้แก่โมเลกุลที่อยู่ถัดกันไปโดยลักษณะที่เป็นส่วนอัดและส่วนขยายจะถ่ายโอนไปเรื่อยๆ จนถึงการรับรู้ของผู้ฟัง โดยคลื่นเสียงเกิดจากการสั่นของวัตถุและเสียงจะถ่ายทอดให้กับอนุภาคที่อยู่รอบๆ ตัวก่อนกำเนิด แล้วจะถ่ายทอดผ่านโมเลกุลของอากาศ ต่อกันเป็นทอดๆ มายังหูของผู้ฟัง ทำให้แก้วหูสะเทือน การสั่นจะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณส่งยังสมองให้รับรู้และจำแนกเสียงต่างๆ ได้

2.1.1 องค์ประกอบของคลื่น



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของคลื่น

สันคลื่น (Crest) เป็นตำแหน่งสูงสุดของคลื่น หรือเป็นตำแหน่งที่มีการกระจัดสูงสุดในทางบวก

ท้องคลื่น (trough) เป็นตำแหน่งต่ำสุดของคลื่น หรือเป็นตำแหน่งที่มีการกระจัดสูงสุดในทางลบ

แอมพลิจูด (Amplitude) เป็นระยะการกระจัดมากที่สุด ทั้งค่าบวกและค่าลบ

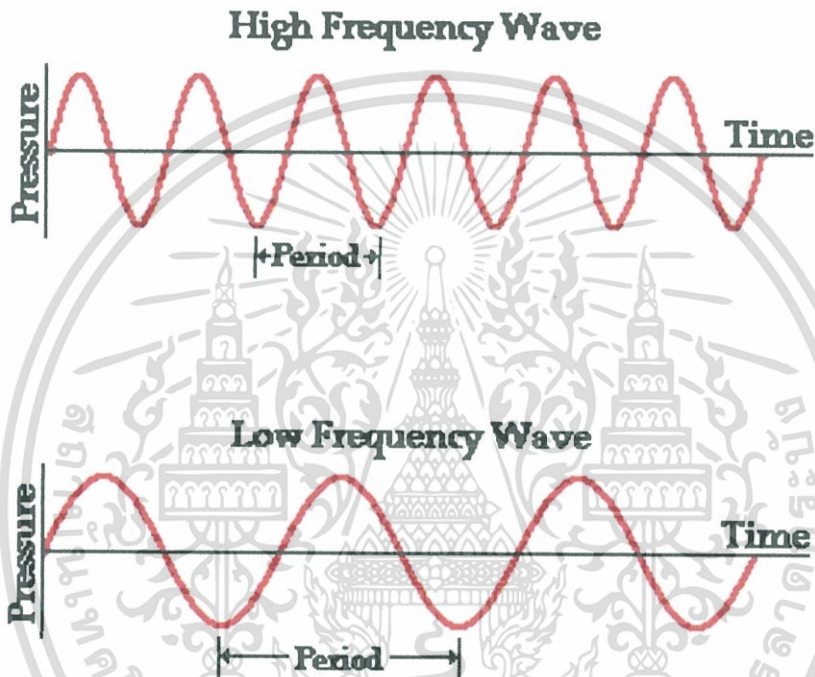
ความยาวคลื่น (wavelength) เป็นความยาวของคลื่นหนึ่งลูกมีค่าเท่ากับระยะระหว่างสันคลื่นหรือท้องคลื่นที่อยู่ถัดกันความยาวคลื่นแทนด้วยสัญลักษณ์ λ มีหน่วยเป็นเมตร (m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ (frequency) หมายถึง จำนวนลูกคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งใด ๆ ในหนึ่งหน่วยเวลา แทนด้วยสัญลักษณ์ f มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที (s^{-1}) หรือ เฮิรตซ์ (Hz)

คาบ (period) หมายถึง ช่วงเวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งใด ๆ ครบหนึ่งลูกคลื่น แทนด้วยสัญลักษณ์ T มีหน่วยเป็นวินาทีต่อรอบ (s)

อัตราเร็วของคลื่น (wave speed) หาได้จากผลคูณระหว่างความยาวคลื่นและความถี่ หรือ

$$v = f\lambda$$


รูปที่ 2.2 คลื่นความถี่สูงและความถี่ต่ำ

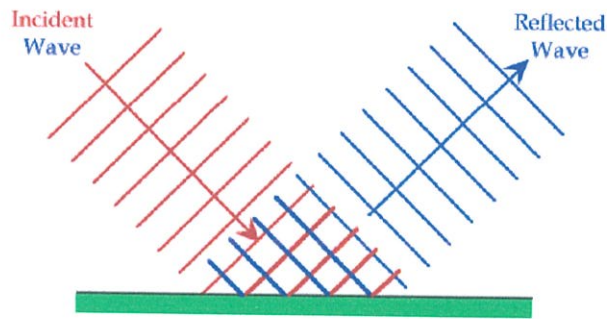
2.1.2 คุณสมบัติของคลื่นเสียง

เนื่องจากเสียงก็เป็นคลื่นชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับคลื่นน้ำ คลื่นในเส้นเชือก หรือ คลื่นในสปริง ดังนั้น เสียงจึงต้องมีคุณสมบัติของคลื่นครบทั้ง 4 ข้อ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน

2.1.2.1 การสะท้อน

เกิดจากคลื่นเคลื่อนที่ไปกระทบสิ่งกีดขวางแล้วเปลี่ยนทิศกลับสู่ตัวกลางเดิม ตัวอย่างที่แสดงให้เห็นว่าเสียงสามารถสะท้อนได้ ได้แก่ การที่เราตะโกนบริเวณหน้าผาแล้วมีเสียงสะท้อนกลับมา หรือ การสะท้อนของคลื่นโซนาร์

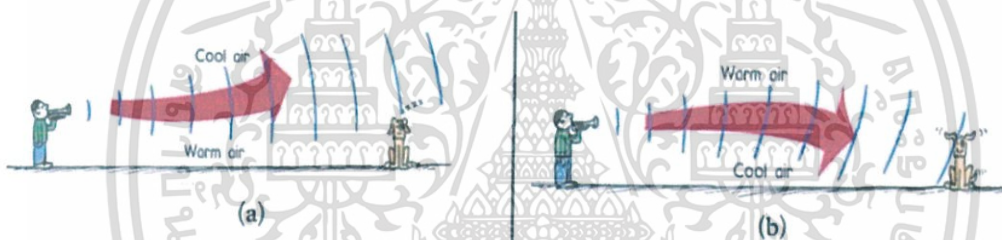
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การสะท้อนของเสียง

2.1.2.2 การหักเห

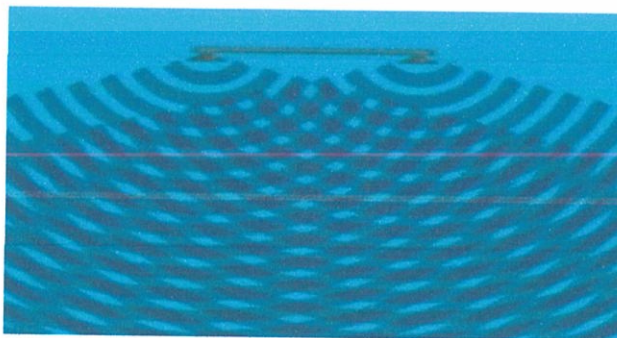
เสียงจะเกิดการหักเห เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จะตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลาง เช่น ถ้าบริเวณ พื้นดินอากาศร้อนกว่าด้านบน เสียงจะเดินทางเป็นเส้นโค้งงอ ดังรูป (a) แต่ถ้าบริเวณพื้นดินอากาศเย็นกว่าด้านบน เสียงจะเดินทางเป็นเส้นโค้งงอลง ดังรูป (b)



รูปที่ 2.4 การหักเหของเสียง

2.1.2.3 การแทรกสอด

การแทรกสอดหมายถึงการรวมกันหรือการรบกวนกันของคลื่น เกิดจากคลื่นสองขบวนเคลื่อนที่มาพบกัน แล้วเกิดการซ้อนทับกัน



รูปที่ 2.5 การแทรกสอดของเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.4 การเลี้ยวเบน

เกิดจากคลื่นเคลื่อนที่ไปพบสิ่งกีดขวาง แล้วเคลื่อนที่อ้อมไปด้านหลังของสิ่งกีดขวาง ตัวอย่างที่แสดงให้เห็นว่าเสียงสามารถเลี้ยวเบนได้ ได้แก่ การที่คนพูดคุยกันอยู่ในห้องแล้วคนที่อยู่นอกห้องสามารถได้ยินเสียงการพูดคุยกดังกล่าวได้

2.1.3 การจำแนกประเภทของคลื่นเสียง

ถ้าจำแนกประเภทของคลื่นเสียงโดยใช้ความถี่และการได้ยินของมนุษย์เป็นเกณฑ์จะจำแนกคลื่นเสียงได้เป็น 3 ประเภท

2.1.3.1 คลื่นใต้เสียง (Infra sound or infrasonic)

เสียงที่มีความถี่ต่ำกว่าเสียงที่มนุษย์ได้ยิน คือเป็นเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 20 Hz มนุษย์ไม่สามารถได้ยินเสียงประเภทนี้ เสียงประเภทนี้ได้แก่ เสียงจาก แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด ก่อสร้าง หรือจากรถบรรทุก ฯลฯ

2.1.3.2 เสียงที่มนุษย์ได้ยิน (Sound) หมายถึงเสียงทุกเสียงที่มนุษย์ได้ยิน เสียงประเภทนี้มีความถี่อยู่ระหว่าง 20 -20,000 Hz

2.1.3.3 คลื่นเหนือเสียง (Ultrasound or Ultrasonic) หมายถึงเสียงที่มีความถี่สูงกว่าเสียงที่มนุษย์ได้ยิน เป็นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20,000 Hz มนุษย์ไม่สามารถได้ยินเสียงประเภทนี้ได้ แต่ค้างคาว ปลาโลมา และสัตว์อีกหลายชนิดได้ยินเสียงนี้

2.1.4 ความดังของเสียง (Loudness)

ความดังของเสียง เป็นปริมาณที่แสดงถึงพลังงานของเสียง เสียงดัง คือเสียงที่มีพลังงาน เสียงค่อย คือเสียงที่มีพลังงานน้อย ในทางวิทยาศาสตร์ จะใช้ปริมาณที่เรียกว่า ระดับความเข้มของเสียง เป็นตัวบอกความดังของเสียง

โดยหน่วยพื้นฐานที่ใช้ในการวัดความดังเสียงคือ เดซิเบล (dB) ซึ่งเป็นการวัดที่อาศัยอัตราส่วนทางลอการิทึมของสัญญาณเสียงสองสัญญาณ โดยมีการตั้งชื่อหน่วยพื้นฐานว่าเบล (Bel) เพื่อให้เกียรติแก่ อเล็กซานเดอร์ เกรแฮม เบล นักวิทยาศาสตร์ผู้ประดิษฐ์โทรศัพท์เป็นคนแรก ซึ่งการหาค่าระดับ เดซิเบล หาได้จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$dB_{SPL} = 20 \log \frac{P}{P_0} \quad (2.1)$$

$$dB_{SPL} = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (2.2)$$

โดย P_0 คือ ค่าแรงดันเสียงต่ำสุดที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ มีค่าเท่ากับ 2×10^{-5} นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2)

I_0 คือ ความเข้มเสียงต่ำสุดที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ มีค่าเท่ากับ 10^{-12} วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

ความดังน้อยที่สุดที่มนุษย์สามารถได้ยินมีค่าประมาณ 0 เดซิเบล ความดังระดับนี้เรียกว่า “ ซีดเริ่มของการได้ยิน ” (Threshold of hearing) ความดังขนาดนี้ประมาณเท่ากับความดังของเสียงของนาฬิกาที่ระยะห่าง 6 เมตร

ความดังของเสียงที่มากที่สุดเท่าที่มนุษย์สามารถทนฟังได้มีค่าประมาณ 120 เดซิเบล ความดังระดับนี้เรียกว่า “ ซีดเริ่มต้นของการเจ็บปวด ” (Threshold of pain)

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดระดับความเข้มของเสียง (ความดัง) เรียกว่า Sound Level Meter มีลักษณะดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดระดับความเข้มของเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

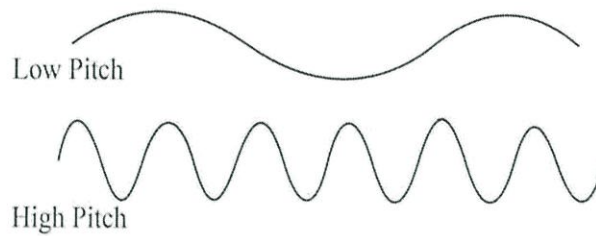
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบปริมาณต่างๆเกี่ยวกับเสียง

ตารางเปรียบเทียบปริมาณต่างๆเกี่ยวกับเสียง		
ตัวอย่าง	ระดับความเข้มของเสียง (เดซิเบล)	ความดันเสียง (Pa)
ระยะ 30 เมตร จาก เครื่องบินเจ็ต	140	200
ขีดเริ่มของการเจ็บปวด แก้วหู	130	
เสียงฟ้าผ่า	120	20
เลื่อยไฟฟ้า	110	
ดิสโก้เทค	100	2
เครื่องเจาะถนน	90	
เสียงบริเวณริมถนน	80	0.2
เสียงเครื่องยนต์	70	
การสนทนาทั่วไป	60	0.02
สำนักงานที่เงียบ	50	
เสียงกระซิบ	40	0.002
ห้องนอนในเวลา กลางคืน	30	
เสียง Background ใน ห้องอัดเสียง	20	0.0002
ใบไม้ร่วง	10	
ขีดเริ่มของการได้ยิน	0	0.00002

2.1.5 ระดับเสียง (Pitch)

ระดับเสียง (Pitch) หมายถึง ความถี่สูง-ต่ำของเสียง หรือความทุ้ม-แหลมของเสียง สิ่งที่ทำให้เกิดเสียงดังกล่าวคือความถี่ในการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียง ถ้าแหล่งกำเนิดเสียงสั่นด้วยความถี่สูงเสียงก็จะแหลม และถ้าแหล่งกำเนิดเสียงสั่นด้วยความถี่ต่ำเสียงก็จะทุ้ม ดังรูปที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ระดับเสียงสูง - ต่ำ

2.1.6 คุณภาพเสียง (Timbre)

แหล่งกำเนิดเสียงที่ต่างกันแต่ให้กำเนิดเสียงที่มีระดับเดียวกัน เช่น ไวโอลิน และ ขลุ่ย เล่นโน้ตเดียวกันจะให้เสียงที่มีความถี่เท่ากัน ซึ่งเราสามารถแยกออกได้ว่าเสียงใดเป็นเสียงไวโอลิน เสียงใดเป็นเสียงขลุ่ย แสดงว่านอกจากระดับเสียงแล้ว ยังมีสิ่งอื่นที่ทำให้เสียงที่ได้ยินแตกต่างกัน เป็นผลให้สามารถแยกประเภทของแหล่งกำเนิดเสียงได้

ความถี่ของเสียงต่ำสุดที่เกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงใดๆ เรียกว่าความถี่มูลฐานของแหล่งกำเนิดนั้น สำหรับความถี่อื่นที่เกิดขึ้นพร้อมกับความถี่มูลฐาน แต่มีความถี่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่มูลฐาน เรียกว่า ฮาร์โมนิกของความถี่มูลฐาน เช่น ความถี่ของเสียงที่มีค่าเป็น 3 เท่าของความถี่มูลฐาน เรียกว่า ฮาร์โมนิกที่ 3 เป็นต้น

2.1.7 ความดันและระดับความดันเสียง (Sound Pressure and Sound Pressure Level)

ความดันของคลื่นเสียงที่เปลี่ยนไปจากความดันบรรยากาศปกติ หน่วยอาจใช้เป็น นิวตัน/ตารางเมตร (N/m^2) หรือ Pascal (Pa) ความดันเสียงต่ำสุดที่หูคนหนุ่มสาวปกติสามารถได้ยินที่ความถี่ 1 KHz คือ $2 \times 10^{-5} N/m^2$ ค่าความดันอ้างอิงในการตรวจวัดระดับความดันเสียงซึ่งมีหน่วยในการวัดเสียงเป็นเดซิเบล (dB) ความดันเสียง $2 \times 10^{-5} N/m^2 = 0$ เดซิเบล

2.1.8 เสียงรบกวน (Acoustic Noise)

เสียงรบกวน หรือ Acoustic Noise คือ เสียงรบกวนที่หูของมนุษย์นั้นได้ยิน โดยปัญหาของเสียงรบกวนของสภาพแวดล้อมในปัจจุบันนั้นเป็นที่น่าสนใจมากขึ้นด้วยเหตุผลมากมาย เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การเพิ่มขึ้นของการใช้เครื่องมือโรงงาน เช่น เครื่องยนต์ เครื่องเป่า พัดลม หม้อแปลงไฟฟ้า คอมเพรสเซอร์ และ มอเตอร์
2. จำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นในสังคมที่อยู่อาศัย
3. จำนวนการใช้ไฟฟ้าและคมนาคม ซึ่งส่งผลให้มีการขยายพื้นที่และการก่อสร้าง

เสียงรบกวนนั้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ประเภทแรกคือเสียงรบกวนที่เกิด ความหนาแน่นของอากาศแบบสุ่ม ซึ่งเสียงรบกวนประเภทนี้จะมีพลังงานในหลายย่านความถี่ จะแสดงในลักษณะของ broadband noise ยกตัวอย่างเช่น เสียงจากเครื่องบินเจ็ท และเสียงกระแทกจากการระเบิดขนาดใหญ่ อีกประเภทหนึ่งของเสียงรบกวน เรียกว่า narrowband noise ซึ่งเสียงรบกวนประเภทนี้จะมีพลังงานในความถี่ใดความถี่หนึ่ง โดยเสียงรบกวนประเภทนี้ส่วนมากจะมาจากการทำงานของเครื่องจักรที่เป็นรอบ ยกตัวอย่างเช่น การทำงานของ เครื่องยนต์จุดระเบิดในรถยนต์ หรือการทำงานของคอมเพรสเซอร์ในท่อของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งเสียงรบกวนประเภทนี้มีมากในอุตสาหกรรมโรงงาน

2.2 การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (Digital Signal Processing)

การประมวลผลสัญญาณดิจิทัลนั้นสามารถแปลความหมายได้เป็น 2 นัยน์ คือ

(ก) การประมวลผลของสัญญาณใดๆ ที่อยู่ในรูปแบบของสัญญาณอนาล็อก โดยก่อนที่เราจะนำมาประมวลผลต้องผ่านการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลก่อน

(ข) การประมวลผลของสัญญาณที่อยู่ในรูปแบบสัญญาณดิจิทัล เช่น คอมพิวเตอร์ หรือระบบควบคุมดิจิทัล โดยสัญญาณเหล่านี้เป็นสัญญาณดิจิทัลอยู่แล้ว จึงไม่ต้องแปลงรูปสัญญาณอีก

สาเหตุหลักที่ทำให้การประมวลผลสัญญาณดิจิทัลได้รับความสนใจมากขึ้นเนื่องมาจาก เทคโนโลยีในการสร้างวงจรรวม หรือ ไอซี (Integrated Circuit) สามารถที่จะสร้างวงจรที่ผลิตลงบนสารกึ่งตัวนำขึ้นเดียวกันได้ และสามารถผลิตได้เป็นจำนวนมากต่อครั้ง ทำให้ราคาต่อวงจรถูกลงเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะวงจรรวมที่ถูกนำมาสร้างเป็นไมโครโพรเซสเซอร์ ที่มีผู้สนใจนำมาทำเป็นตัวประมวลผลสัญญาณมากขึ้น อีกทั้งการประมวลผลสัญญาณดิจิทัลยังมีความน่าเชื่อถือ และความแม่นยำในการคำนวณดีกว่าการประมวลผลของสัญญาณอนาล็อกมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ข้อได้เปรียบเสียเปรียบของการประมวลผลสัญญาณดิจิทัล

ข้อได้เปรียบของการประมวลผลสัญญาณดิจิทัล

1. เหมาะสำหรับอุปกรณ์ที่อยู่ในรูปดิจิทัล เช่น ผลลัพธ์จากคอมพิวเตอร์ หรือไมโครโพรเซสเซอร์ เป็นต้น
2. อุปกรณ์ทางดิจิทัลมีความแม่นยำ ความแน่นอน และความน่าเชื่อถือสูง ซึ่งต่างจากระบบการประมวลผลทางอนาล็อกที่อาจคลาดเคลื่อนได้จากสภาพแวดล้อมจึงทำให้มีความน่าเชื่อถือไม่มากนัก
3. สัญญาณดิจิทัลมีความไวต่อสัญญาณรบกวนน้อยกว่าสัญญาณอนาล็อก เนื่องจากระดับสัญญาณของสัญญาณดิจิทัลจะมีเพียง 2 ระดับเท่านั้น คือ 0 และ 1
4. ระบบการประมวลผลสัญญาณดิจิทัลทำได้ง่าย เนื่องจากขั้นตอนในการประมวลผลสัญญาณจะมีเพียงการบวก ลบ คูณ หาร และการเปลี่ยนตำแหน่งตัวเลขเท่านั้น

ข้อเสียเปรียบของการประมวลผลสัญญาณดิจิทัล

1. ตัวประมวลผลไม่สามารถทำงานที่ความถี่สูงมากๆ ได้
2. การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล ความถูกต้องบางส่วนของสัญญาณจะขาดหายไปเนื่องจากการตัดทิ้ง และการปิดเศษ
3. ข้อมูลข่าวสารของสัญญาณดิจิทัลจะต้องการแถบความกว้างของความถี่ที่สูงกว่าแบบอนาล็อก เช่น ความถี่ของการสุ่มจะต้องมากกว่า ความถี่ของสัญญาณที่ถูกสุ่มอย่างน้อย 2 เท่า

2.3 การควบคุมเสียงรบกวน (Noise Control Technique)

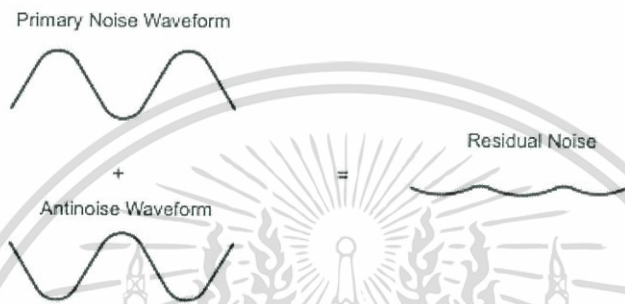
วิธีที่ใช้ในการควบคุมเสียงรบกวน ปัจจุบันจะแบ่งออกเป็น 2 วิธีหลักๆ คือ

2.3.1. การควบคุมระดับเสียงรบกวนแบบพาสซีฟ (Passive Noise Control)

วิธีการควบคุมระดับเสียงรบกวนแบบนี้มักใช้ได้ดีกับการควบคุมสัญญาณเสียงที่มีความถี่ค่อนข้างสูง โดยอาศัยวัสดุที่มีคุณสมบัติในการลดทอนทางอคูสติก เช่น แผ่นอคูสติก วอลล์เปเปอร์ หรือพรม มาใช้ในการดูดซับเสียง แต่ข้อเสียของวิธีการควบคุมเสียงแบบนี้คือ หากต้องการที่จะควบคุมเสียงรบกวนที่มีความถี่ต่ำจำเป็นต้องใช้วัสดุลดทอนทางอคูสติกที่มีความหนาค่อนข้างมากจึงสามารถลดทอนเสียงได้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การควบคุมระดับเสียงรบกวนแบบแอคทีฟ (Active Noise Control)

วิธีการควบคุมระดับเสียงรบกวนแบบนี้จะอาศัยตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัลมาทำการสังเคราะห์สัญญาณเสียงที่มีความสามารถในการหักล้างกับสัญญาณเสียงรบกวนนั้นๆ ได้ เพื่อให้ผลรวมของสัญญาณรบกวนและสัญญาณหักล้างมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งวิธีการลดทอนเสียงแบบนี้ เหมาะกับการลดทอนสัญญาณเสียงที่มีความถี่ต่ำ โดยวิธีการควบคุมเสียงรบกวนแบบนี้ได้ถูกค้นพบโดย ลอร์ด เรย์ลีย์ (Lord Rayleigh) เมื่อ 120 ปีที่ผ่านมา



รูปที่ 2.8 หลักการของ Active Noise Cancellation

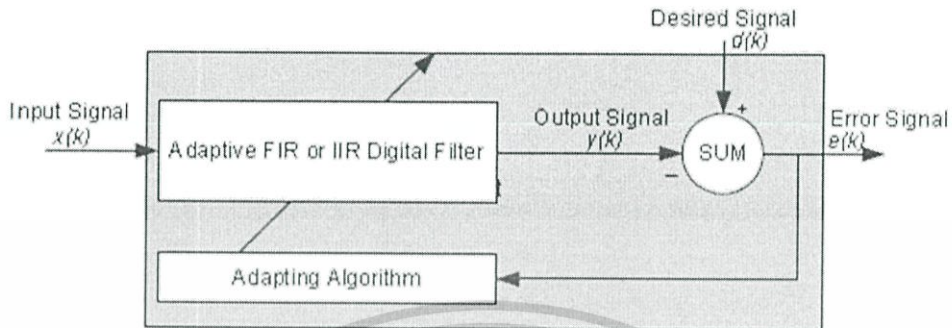
เนื่องจากเสียงต่างๆ ในธรรมชาติมีความสลับซับซ้อน และมีความถี่ที่แตกต่างกันมากมาย ดังนั้นอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการควบคุมระดับเสียงแบบนี้จึงต้องมีความสามารถในการตรวจจับสัญญาณเสียง วิเคราะห์ และแยกแยะสัญญาณเสียงที่สามารถหักล้างกับสัญญาณรบกวนนั้นๆ ได้อย่างเหมาะสมอีกด้วย โดยอุปกรณ์ที่ได้รับความนิยมในการประมวลผลสัญญาณเพื่อสร้างสัญญาณหักล้าง คือ วงจรกรองสัญญาณแบบปรับตัวได้

2.4 วงจรกรองแบบปรับตัวได้ (Adaptive filter)

วงจรกรองสัญญาณแบบปรับตัวได้เป็นวงจรกรองสัญญาณประเภทหนึ่ง ที่มีความสามารถในการปรับตัวตามสัญญาณได้ โดยวงจรกรองสัญญาณชนิดนี้มีพื้นฐานมาจากวงจรกรองสัญญาณเชิงเลขทั่วไป แต่แตกต่างกันที่วงจรกรองสัญญาณแบบปรับตัวได้จะมีค่าสัมประสิทธิ์ที่เปลี่ยนแปลงตามสัญญาณขาเข้า โดย

วงจรกรองสัญญาณชนิดนี้จะมีพื้นฐานมาจากวงจรกรองสัญญาณเชิงเลขทั่วไป แต่แตกต่างกันที่วงจรกรอง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลระบบระบบสารสนเทศมีการอัปเดต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณแบบปรับตัวได้นี้จะมีค่าสัมประสิทธิ์ที่เปลี่ยนแปลงตามอินพุตที่เข้ามาซึ่งมีหลายวิธีโดยวิธีที่เราจะใช้คือ Filtered X Least Mean Square Algorithm(FxLMS) Algorithm เพราะมีประสิทธิภาพและควมเสถียรภาพสูง



รูปที่ 2.9 แสดงไดอะแกรมของ Adaptive filter รูปแบบทั่วไป

โดยจากรูปแสดงให้เห็นขั้นตอนการทำงานซึ่งแบ่งได้ 3 ขั้นตอนคือ

1. ขั้นตอนการหาสัญญาณผิดพลาด Error Signal ; $e(k)$

$$e(k) = d(k) - y(k) \quad (2.3)$$

โดย

$d(k)$ คือ สัญญาณรบกวน

$y(k)$ คือ สัญญาณที่สร้างขึ้น

2. ขั้นตอนการกรองสัญญาณ สัญญาณที่ได้คือ Output Signal ; $y(k)$

$$y(k) = \text{Filter}\{x(k), w(k)\} \quad (2.4)$$

เมื่อ $x(k) = [x(k), x(k-1), \dots, x(k-p)]$; p แทนอันดับตัวกรอง

และ $w(k) =$ สัมประสิทธิ์ตัวกรอง

3. ขั้นตอนการปรับสัมประสิทธิ์ตัวกรอง Filter coefficient ซึ่งขึ้นอยู่กับ Adaptive Algorithm

ในที่นี้คือ FxLMS ได้ดังนี้

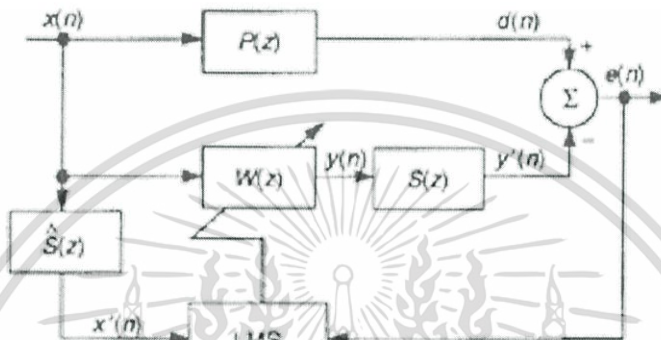
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$w(n+1) = w(n) + \mu e(n) f(n) \quad (2.5)$$

โดย μ คือ adaption step-size

$$\text{โดยที่ } f(n) = \sum_{q=0}^{Q-1} s_q x(n-q)$$

เมื่อ s_q คือค่า Amplitude ใน Secondary Path ที่เวลา q



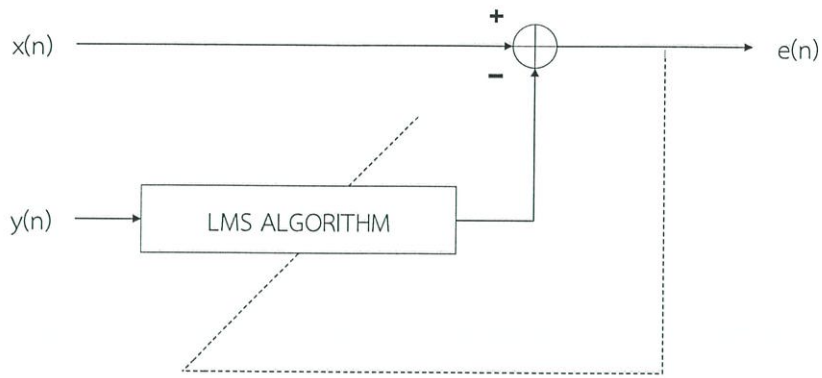
รูปที่ 2.10 แสดงไดอะแกรมของ FxLMS

จากขั้นตอนที่กล่าวมาทั้งหมดสามารถสรุปในไดอะแกรมดังรูปที่ 2 ถ้าสังเกต $S(z)$ คือ Secondary Path Function ที่ใช้เป็นสัญญาณอ้างอิง เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพให้ดีขึ้นจาก LMS ปกติที่จะตัดส่วนนี้ออกไปเป็นจินตภาพ ทำให้ค่าของ $W(z)$ มีความเสถียรภาพยิ่งขึ้น

2.5 อัลกอริทึมแบบค่าเฉลี่ยกำลังสองน้อยที่สุด (Least Mean Square Algorithm)

อัลกอริทึมนี้เป็นอัลกอริทึมที่ถูกนำเสนอโดย Widrow และ Hoff ในปี 1960 ซึ่งอัลกอริทึมนี้ได้ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายเพราะมีความสะดวกต่อการใช้งาน มีความถูกต้องสูง และใช้งานได้ดีภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ที่หลากหลาย ซึ่งโครงสร้างของวงจรกรองปรับตัวได้ที่ใช้อัลกอริทึมนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 อัลกอริทึมแบบ LMS

อัลกอริทึมแบบค่าเฉลี่ยกำลังสองน้อยที่สุด จะไม่มีอิทธิพลของค่า Cross - correlation และ Auto - correlation อัลกอริทึมนี้จึงไม่ค่อยมีความยุ่งยากในการออกแบบมากเท่าไรนัก เพราะฉะนั้น อัลกอริทึมนี้ จึงได้ถูกนำไปใช้ในการออกแบบวงจรกรองสัญญาณแบบปรับตัวได้มากกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ

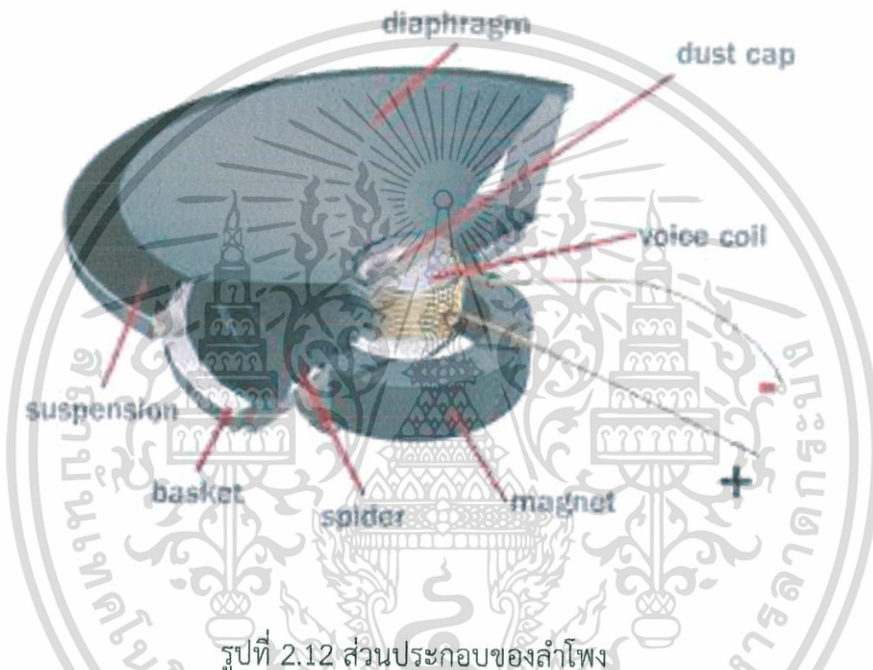
2.6 ลำโพง

เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าเชิงกลอย่างหนึ่ง ทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นเสียง ตัวลำโพง ประกอบด้วย โครงลำโพงและ จะมีแม่เหล็กถาวรติดอยู่ พร้อมเหล็กปะกับบน-ล่าง ซึ่งจะมีแกนโพลขึ้นมา ด้านบนทำให้เกิดเป็นช่องว่างแคบๆ เป็นวงกลมเราเรียกว่าช่องแก็ปแม่เหล็ก (Magnetic Gap) ซึ่งแรงแม่เหล็ก ทั้งหมดจะถูกส่งมารวมกันอย่างหนาแน่นที่ตรงนี้ ถ้าแม่เหล็กมีขนาดเล็กก็ให้แรงน้อย (วัตต์ต่ำ) ขนาดใหญ่ก็มีแรงมาก (วัตต์สูง)

หลักการทำงานของลำโพง เมื่อมีการป้อนสัญญาณไฟฟ้าให้กับขดลวดเสียงของลำโพงหรือมีการนำลำโพงไปต่อ กับ เครื่องขยายสัญญาณเสียงจะมีสัญญาณเสียงออกมาที่ลำโพงหลักการคือ เมื่อมีสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้ามาจะเกิดเส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้นโดยรอบ อำนาจของเส้นแรงแม่เหล็กจะดูดและผลักกับเส้นของแม่เหล็กถาวรตามสัญญาณไฟฟ้าที่ได้ จากความถี่เสียง ซึ่งมีความถี่เสียงตั้งแต่ 20 Hz - 20 KHz ที่มีการเปลี่ยนแปลงเฟสตลอดเวลาทำให้กรวยกระดาษที่ยึดติดกับขดลวดเสียงเกิด การเคลื่อนที่ตูด และผลักอากาศ จึงเกิดเป็นคลื่นเสียงขึ้น ส่วนสำคัญที่สุดของเครื่องเล่นเหล่านี้ก็คือลำโพง โดยหน้าที่สำคัญที่สุดของลำโพงคือ เปลี่ยนสัญญาณทางไฟฟ้าที่ได้มาจากเครื่องขยายเป็นสัญญาณเสียง ลำโพงที่ดีจะต้องสร้างเสียงให้เหมือนกับต้นฉบับเดิมมากที่สุด โดยมีการผิดเพี้ยนน้อยที่สุด เสียงเป็นคลื่นตามยาว เสียงแหลมและทุ้มขึ้นกับความถี่ ส่วนเสียงดังหรือค่อยขึ้นอยู่กัขนาดแอมพลิจูดของคลื่นนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการทำงานของลำโพง การทำงานของคอยล์เสียงใช้หลักการของแม่เหล็กไฟฟ้า โดยได้จากกฎของแอมแปร์ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปในขดลวดหรือคอยล์ ภายในคอยล์จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นซึ่งจะเหนี่ยวนำให้แท่งเหล็กที่สอดอยู่ เป็นแม่เหล็กไฟฟ้าปกติแม่เหล็กจะมีขั้วเหนือและขั้วใต้ ถ้านำแม่เหล็กสองแท่งมาอยู่ใกล้ๆกัน โดยนำขั้วเดียวกันมาชิดกันมันจะผลักกัน แต่ถ้าต่างขั้วกันมันจะดูดกันด้วยหลักการพื้นฐานนี้ จึงติดแม่เหล็กถาวรล้อมคอยล์เสียงและแท่งเหล็กไว้ เมื่อมีสัญญาณทางไฟฟ้าหรือสัญญาณเสียงที่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับป้อนสัญญาณให้ กับคอยล์เสียงขั้วแม่เหล็กภายในคอยล์เสียงจะเปลี่ยนทิศทางการสลับที่ เข้ามา ทำให้คอยล์เสียงขยับขึ้นและลงซึ่งจะทำให้ใบลำโพงขยับเคลื่อนที่ขึ้นและลง ด้วยไปกระทบกับอากาศเกิดเป็นคลื่นเสียงขึ้น

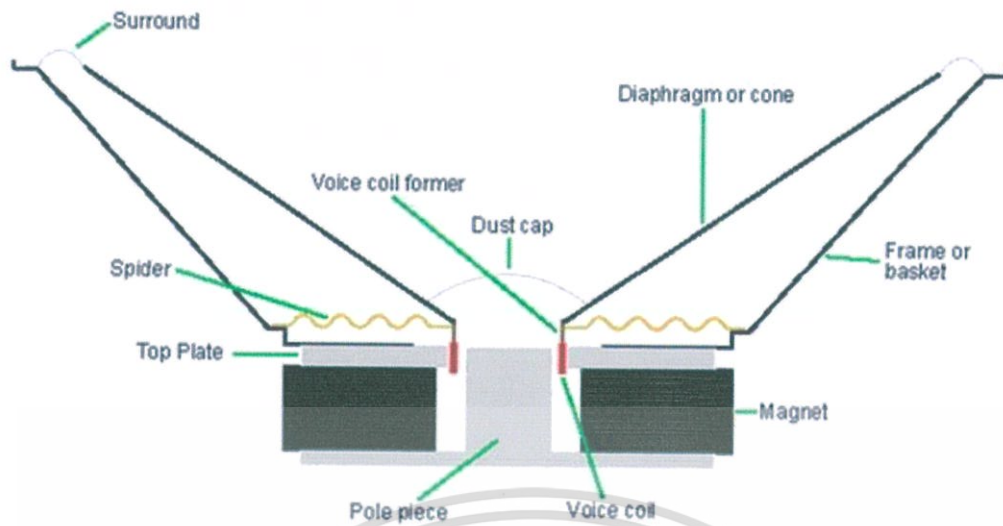


รูปที่ 2.12 ส่วนประกอบของลำโพง

2.6.1 โครงสร้างและการทำงานของลำโพง

ลำโพงที่มีการใช้และรู้จักกันอย่างแพร่หลายคือ ลำโพง ชนิด Direct-radiator ซึ่งเป็นลำโพงแบบมีไดอะแฟรมเป็นตัวแผ่กระจายคลื่นพลังงานเสียงไปในตัวกลางที่เป็นอากาศ โครงสร้างของลำโพงประกอบไปด้วย 3 ส่วนสำคัญ คือ 1) ส่วนแม่เหล็กถาวรและวอยซ์คอยล์ 2) สปินเดอร์ (Spider) และเซอร์ราวนด์ (Surround) และ 3) ไดอะแฟรมและดัสท์-แคป (Dust cap) ดังรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 โครงสร้างของลำโพง

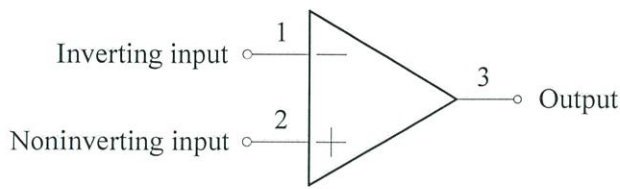
2.7 วงจรขยายสัญญาณ

วงจขยายสัญญาณ (Amplifier) ในปัจจุบันนั้น มีมากมายหลายแบบมาก โดยในแต่ละวงจรก็มีการนำอุปกรณ์ที่ต่างกันไปมาทำการสร้างเป็นวงจขยายสัญญาณ แต่ในที่นี้จะขอกล่าวถึงวงจขยายสัญญาณที่สร้างด้วยออปแอมป์ ซึ่งจะขอกล่าวถึงพื้นฐานของวงจขยายสัญญาณ

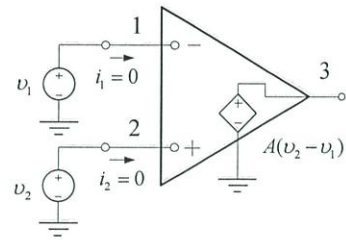
2.7.1 ออปแอมป์เบื้องต้น

ตัวขยายสัญญาณเชิงดำเนินการ (Operational Amplifier) หรือเรียกสั้นๆว่า OP AMP เป็นวงจขยายสัญญาณที่มีอัตราขยายแรงดันสูง ตอบสนองความถี่ได้กว้างตั้งแต่ DC จนถึงความถี่สูงหลายเมกะเฮิร์ตซ์ และมีความสามารถในการกำจัดสัญญาณรบกวน สัญลักษณ์ของออปแอมป์ แสดงไว้ในรูปที่ 2.13 (ก) โดยแรงดันที่ขา output เทียบกับกราวด์ในวงจจะขึ้นอยู่กับผลต่างของแรงดันที่ขา inverting input และขา noninverting input ซึ่งรูปที่ 2.13 (ข) แสดงวงจเทียบเท่าของ ออปแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



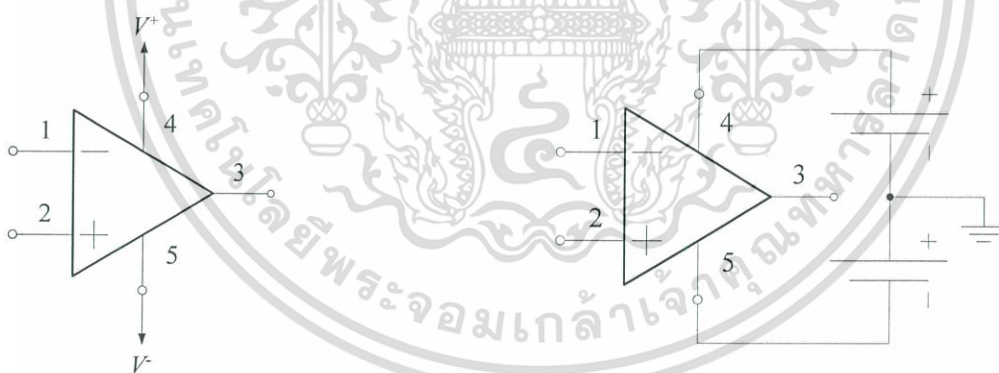
(ก) สัญลักษณ์ของออปแอมป์



(ข) วงจรเทียบเท่า

รูปที่ 2.14 ออปแอมป์

เพื่อให้ออปแอมป์ สามารถทำงานกับไฟ DC และ AC ได้จะต้องให้ไฟเลี้ยงบวกและลบดังรูปที่ 3 ออปแอมป์ ตัวแรกออกแบบโดยนาย C. A. Lovell ในห้องทดลองของ Bell Lab เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนปืนใหญ่ในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 โดยที่วงจรภายในสร้างขึ้นจากหลอดสุญญากาศจำนวนมาก ต่อมาในปี ค. ศ. 1948 นาย George Philbrick สามารถออกแบบ ออป-แอมป์ ให้มีขนาดกะทัดรัด ทำให้ ออปแอมป์ ได้รับความนิยมใช้ในงานคำนวณโดยเป็นส่วนหนึ่งของ Analog Computer เพื่อใช้ในการบวก การลบ การอินทิกรัล และการสเกล ซึ่งเป็นที่มาของชื่อ Operational amplifier



รูป 2.15 การต่อไฟเลี้ยงบวกและลบให้แก่ออปแอมป์

ในต้นทศวรรษที่ 1960 ได้มีการใช้ทรานซิสเตอร์แทนหลอดสุญญากาศ ทำให้ขนาดของตัว ออปแอมป์ ลดเหลือเพียงแผ่นวงจรมินิเล็ก ๆ จึงทำให้มีการใช้งานออปแอมป์แพร่หลายมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นงานปรับแต่งสัญญาณ การใช้งานในเครื่องมือวัดและทดสอบ และระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

จากความก้าวหน้าในการผลิตวงจรรวม (Integrated Circuit: IC) วงจรทั้งหมดของออป-แอมป์ สามารถผลิตรวมไว้บนแผ่นซิลิกอนขนาดจิ๋ว ซึ่งจะถูกระบุในตัวถังพลาสติกแบบ DIP 8 ขา ไอซีออปแอมป์ยุคเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรกคือ เบอร์ 709 ของบริษัท Fairchild ในปี ค. ศ. 1965 และไอซีออปแอมป์ยุคที่สอง คือ เบอร์ 741 ในปี ค. ศ. 1968 โดยออปแอมป์ 741 ยังคงได้รับความนิยมจนถึงปัจจุบัน ราคาของไอซีออปแอมป์นั้นพอกๆ กับทรานซิสเตอร์หนึ่งตัว

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของออปแอมป์ในอุดมคติกับออปแอมป์ในทางปฏิบัติ

		อุดมคติ	ออปแอมป์ 741
1. อัตราขยายแรงดัน	A_{OL}	∞	200,000 V/V
2. ความต้านทานขาออก	R_o	0	75 Ω
3. ความต้านทานขาเข้า	R_i	∞	2 M Ω
4. แบนด์วิธ	BW	∞	1 MHz

2.7.2. การใช้งานออปแอมป์แบบเปิดวงรอบ (Open Loop)

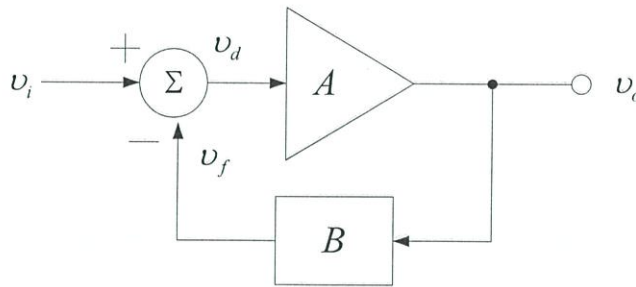
เนื่องจากออปแอมป์มีอัตราขยายแรงดันสูงมาก ดังนั้นเมื่อแรงดันที่ขาอินพุตแบบไม่กลับขั้ว (Non-inverting input: NI) มีค่ามากกว่าแรงดันที่ขาอินพุตแบบกลับขั้ว (inverting input: INV) แรงดันที่ขาเอาต์พุตจะเป็น บวก $+\infty$ แต่เนื่องจากไฟเลี้ยง V^+ ที่จำกัด ดังนั้นแรงดันที่ขาเอาต์พุตของจะประมาณเท่ากับไฟเลี้ยงบวก V^+ นี้ ในทำนองเดียวกันหาก แรงดันที่ขา INV สูงกว่าของ NI แรงดันเอาต์พุตของออปแอมป์จะเท่ากับ V^- ดังนั้นออปแอมป์จึงสามารถนำมาใช้เป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Voltage Comparator) ได้

2.7.3 การใช้งานออปแอมป์แบบที่มีการป้อนกลับ (Closed Loop)

การป้อนกลับแบบลบ (Negative Feedback: NFB) ทำให้เราสามารถประยุกต์ใช้งานออปแอมป์ได้หลากหลาย อาทิเช่น วงจรขยายสัญญาณ วงจรอินทิเกรเตอร์ วงจรดิฟเฟอเรนเชียล-อินพุต วงจรกรองสัญญาณ ฯลฯ เพื่อความเข้าใจในการวิเคราะห์และออกแบบวงจรที่ใช้ออปแอมป์แบบที่มีการป้อนกลับ เราจึงควรพิจารณาผลที่เกิดจากการป้อนกลับแบบลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3.1 ผลของการป้อนกลับแบบลบ

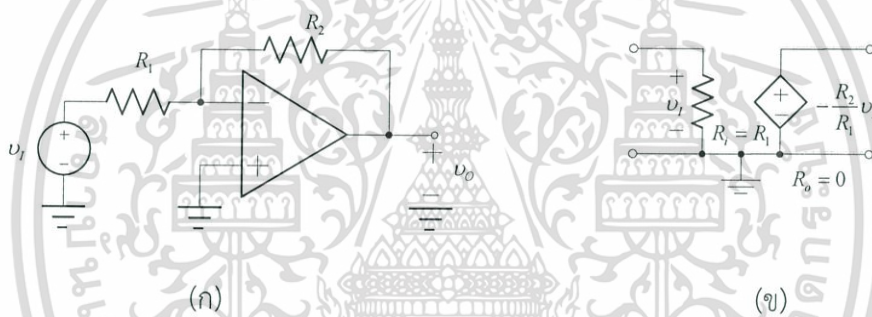


รูปที่ 2.16 บล็อกไดอะแกรมโดยทั่วไปของระบบที่มี NFB

2.7.3.2 โครงสร้างแบบกลับขั้วสัญญาณ (Inverting Configuration)

เป็นโครงสร้างที่นำสัญญาณเข้าที่ขาอินพุท INV ของออปแอมป์

วงจรขยายแรงดันแบบกลับขั้วสัญญาณ (Inverting Amplifier)



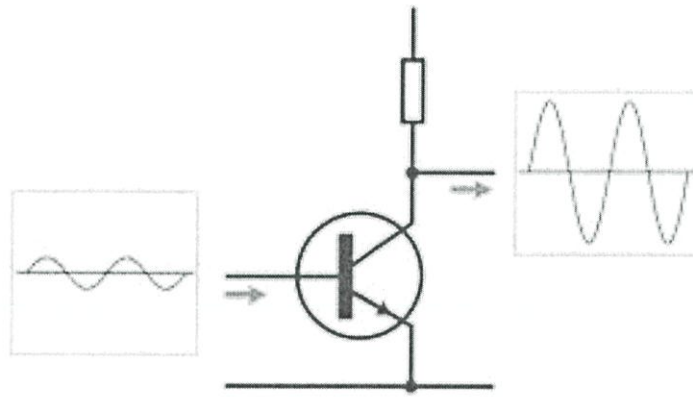
รูปที่ 2.17 วงจรขยายแรงดันแบบกลับขั้วสัญญาณ (ก) และวงจรเทียบเท่า (ข)

2.8 การแบ่งการทำงานของวงจรขยายตามคลาส

2.8.1 Class A

การทำงานของภาคขับ และการไบอัส กระแสตรงจะต้องตั้งไว้ที่ระดับหนึ่งที่สามารถขับกระแส ออกได้ตลอดเวลา มุมของการนำกระแสมีค่า 360 องศา ซึ่งที่มุมการนำแสด หมายถึงมุมของภาคขับครบรอบที่ใช้ในการขับวงจรเพื่อให้ได้กระแสออก มีหน่วยเป็นองศา สำหรับคลื่น Sine ที่ครบรอบหมายถึงมีมุม 360 องศา อุปกรณ์ชนิด Active ใน คลาสเอ จะเป็นเหมือนตัวต้านทานที่เปลี่ยนค่า แรงดันออกเป็นค่ามาจากกระแสที่มีการเปลี่ยนแปลงไหลผ่านความต้านทานโหลด คลาสเอ นี้จะให้ความเป็นลิเนียร์สูงสุด แต่ประสิทธิภาพต่ำมากที่สุด ประมาณ 50% แต่ในทางปฏิบัติจริงๆ จะทำการขับได้เพียง 25 ถึง 30%

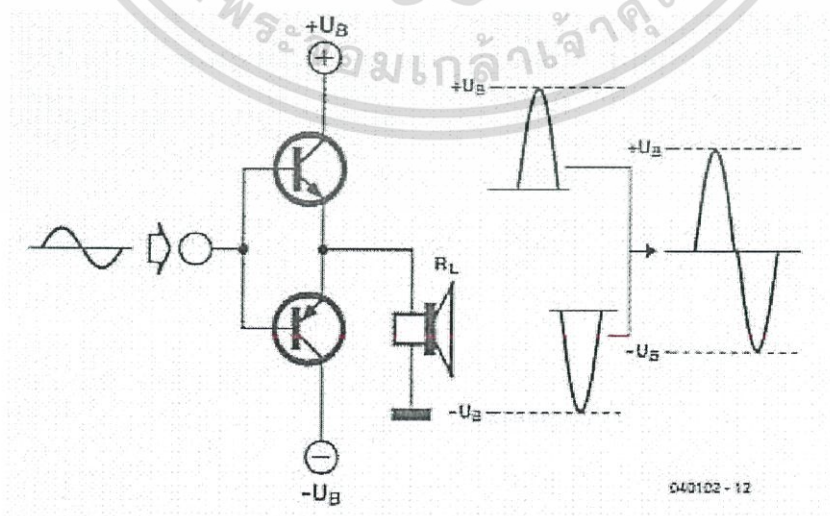
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 วงจรขยายคลาส เอ

2.8.2 วงจรขยายคลาส บี

วงจรขยายสัญญาณ คลาส บี จะขยายครึ่งหนึ่งของวงรอบคลื่นอินพุตเท่านั้น ดังนั้นจึงสร้างการบิดเบือนเป็นจำนวนมาก แต่ ประสิทธิภาพจะดีขึ้นอย่างมากและจะดีกว่าแอมป์คลาส เอ คลาส บี มีประสิทธิภาพสูงสุดตามทฤษฎีของ $\pi/4$ (กล่าวคือ 78.5%) เป็นเพราะตัวขยายสัญญาณจะปิดโดยสิ้นเชิง ครึ่งหนึ่งของเวลาจึงไม่สามารถ กระจายความร้อนในช่วงนั้น ตัวขยายคลาส B ดังกล่าวที่เป็นตัวเดียวไม่ค่อยพบในทางปฏิบัติ ในทางปฏิบัติ วงจรใช้ตัวขยายคลาส บี คือขั้นตอน push-pull เช่นการจัดเป็นคู่เสริมอย่างง่าย มากที่แสดงด้านล่าง ที่นี้อุปกรณ์เสริมหรือกิ่งเสริมที่ใช้ในการขยายในแต่ละครึ่งของสัญญาณ ขาเข้า แล้ว จะถูกรวมกันใหม่ที่ขาออก การจัดเป็นคู่แบบนี้จะให้ประสิทธิภาพที่ดีเยี่ยม

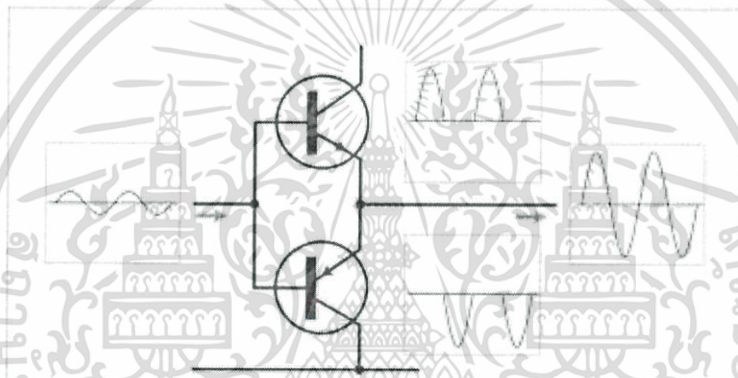


รูปที่ 2.19 วงจรขยายคลาส บี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 วงจรขยายคลาส เอบี

การดำเนินงานคลาส เอบี แต่ละอุปกรณ์จะดำเนินงานเช่นเดียวกับในคลาส บี มากกว่าครึ่งหนึ่งของรูปคลื่น แต่ยังสามารถขยายขนาดเล็กๆ ในรูปคลื่นอีกครั้งหนึ่ง ผลก็คือพื้นที่ที่อุปกรณ์ทั้งสองเกือบจะปิดพร้อมกัน ผลที่ได้คือ เมื่อคลื่นจากทั้งสองอุปกรณ์นี้จะถูกนำมารวมกัน ทางเลือกที่ถูกต้องของกระแสหนึ่ง หรือกระแสที่ไหลขณะที่ไม่มีสัญญาณขาเข้า จะทำให้เกิดความแตกต่างอย่างมากในขนาดของการบิดเบือน ดังนั้น แรงดันไบอัสที่ใช้เพื่อตั้งค่ากระแสหนึ่งนี้มักจะต้องถูกปรับด้วยอุณหภูมิของทรานซิสเตอร์เอาต์พุต คลาส เอบี เสียสละประสิทธิภาพบางส่วนเหนือกว่าคลาส บี เพื่อให้ได้ความเป็นเชิงเส้น ประสิทธิภาพจึงน้อยกว่า 78.5 %



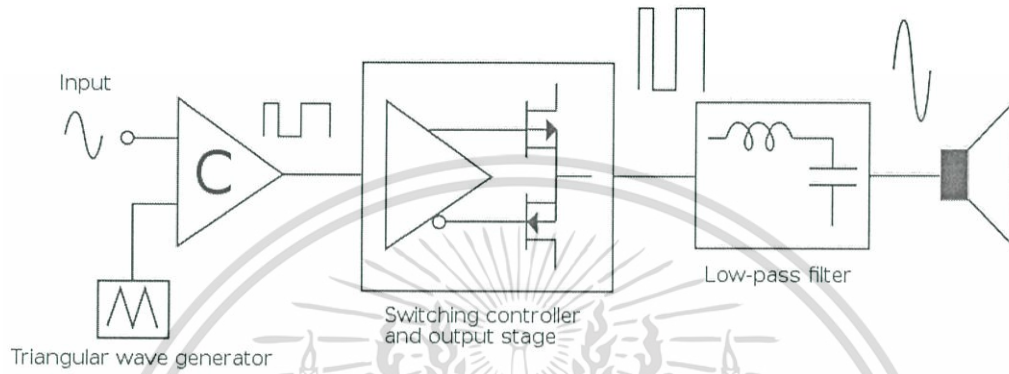
รูปที่ 2.20 วงจรขยายคลาส เอบี

2.8.4 วงจรขยายคลาส ดี

ในแอมป์คลาส ดี สัญญาณอินพุตจะถูกแปลงเป็นพัลส์เรียงลำดับที่มีแรงดันขาออกสูงกว่า ค่ากำลังงานโดยเฉลี่ยตามเวลาของพัลส์เหล่านี้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของ สัญญาณขาเข้า ความถี่ของพัลส์เอาต์พุตปกติจะเป็นสิบเท่าหรือมากกว่าความถี่ที่สูงที่สุด ของสัญญาณขาเข้า พัลส์ที่ขาออกประกอบด้วยชิ้นส่วนที่มีสเปกตรัมไม่ถูกต้อง ซึ่งจะต้องถูกถอดออกโดยตัวกรองพาสซีฟแบบ low-pass สัญญาณที่ถูกกรองแล้วนี้จะเป็นแบบจำลองของขาเข้าที่ถูกขยาย ข้อได้เปรียบหลักของแอมป์คลาส ดี ก็คือประสิทธิภาพพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะพัลส์ขาออกมีแอมพลิจูดคงที่ อุปกรณ์ที่ใช้ในการสลับจะถูกสลับให้ เปิด หรือ ปิด อย่างสมบูรณ์ แทนที่จะทำงานอยู่ในโหมดเชิงเส้น อุปกรณ์จะทำตัวเป็นตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานต่ำสุดใน ขณะ ที่ เปิด อย่างสมบูรณ์ และทำให้มีการกระจายความร้อนน้อยที่สุด



รูปที่ 2.21 วงจรขยายคลาส ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำปริญญาานิพนธ์

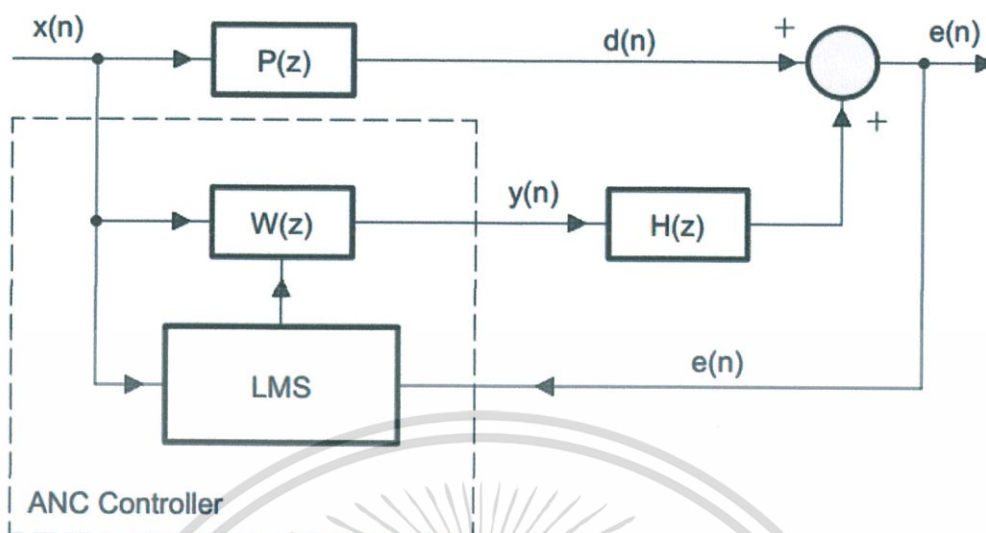
ในการออกแบบระบบ ANC (Active Noise Cancelling) เป็นหลักการการนำการแทรกสอดของเสียงที่มีความแตกต่างของค่าเฟส (Phase) ที่แตกต่างกันมาสอดแทรกซึ่งกันและกัน จะส่งผลให้ขนาดของเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นมีค่าลดลง

3.1 การออกแบบ

3.1.1 ระบบ Active Noise Cancelling

เนื่องจากสัญญาณรบกวนเป็นสัญญาณที่มีความเป็นคาบ(หรือใกล้เคียงความเป็นคาบ) และอุปกรณ์ที่ทำงานเป็นรอบ เช่น มอเตอร์ ซึ่งจะสร้างความถี่ซึ่งเกิดจากการสั่นสะเทือนของโครงสร้าง โดยความถี่ที่ได้นั้นจะมีค่าความถี่ต่ำ อยู่ในช่วง 150 – 350 Hz เพียงเท่านั้น จึงศึกษาการทำงานของระบบ Active Noise Cancellation ซึ่งมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการลดทอนสัญญาณเสียงในความถี่ต่ำ

หลักการระบบ Active Noise Cancellation คือการลดทอนสัญญาณเสียงรบกวน โดยกระบวนการ LMS จะทำหน้าที่เป็น adaptive notch filter เพื่อที่จะทำการลดทอนเสียงรบกวนหลัก (Primary Noise) ที่อยู่ในเสียงรบกวน ซึ่งข้อดีของวิธีการนี้คือสามารถควบคุมแบนวิดธ์ได้ง่าย โดยจะสามารถลดทอนเสียงรบกวนเฉพาะที่ไม่ต้องการได้ ซึ่งจะเกิดประสิทธิภาพกับสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงของความถี่น้อย



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบ Active Noise Cancelling

จากบล็อกไดอะแกรมดังกล่าว เมื่อแปลง Z-transform ของสัญญาณค่าความผิดพลาด จะมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$E(z) = D(z) + Y(z) = X(z)[P(z) + W(z)] \quad (3.1)$$

เมื่อค่า $E(z)$ คือค่าสัญญาณความผิดพลาด

$X(z)$ คือค่าสัญญาณอินพุต

$P(z)$ คือค่า อะคูสติฟาร์ท

$W(z)$ คือค่า เปลี่ยนแปลงของตัวกรอง

โดยอัลกอริทึมของ LMS คือ

$$w(n+1) = w(n) - \mu e(n) x(n) h(n) \quad (3.2)$$

โดยค่า μ คือค่า step size ของอัลกอริทึมซึ่งแสดงถึงความเสถียรและการเปลี่ยนแปลงของอัลกอริทึม และ ค่า $h(n)$ คือผลตอบสนองอิมพัลส์ของ $H(z)$ สามารถหาได้จาก

$$w_i(n+1) = w_i(n) - \mu e(n) x'(n-i) \quad \text{เมื่อ } i = 0, 1, \dots, N-1 \quad (3.3)$$

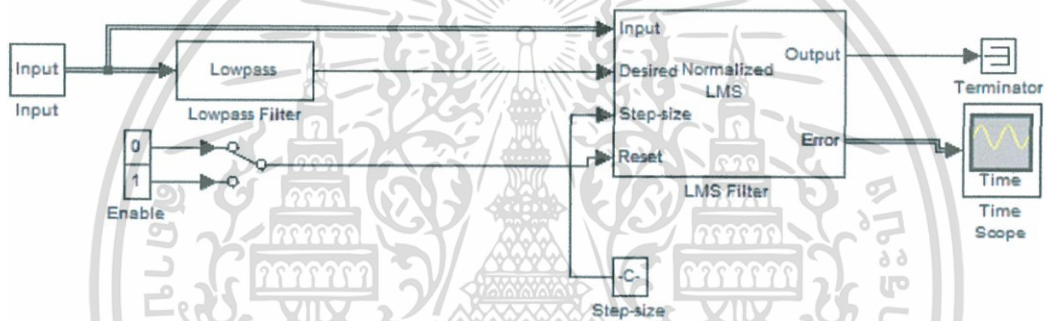
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ

$$w(n+1) = w(n) - \mu e(n) x'(n) \quad (3.4)$$

3.1.2 การออกแบบระบบ Active Noise Cancellation บนโปรแกรม Matlab

ในการออกแบบระบบ Active Noise Cancellation บนโปรแกรมประมวลผลทางดิจิทัล Matlab โดยใช้งานในส่วนของบล็อก Simulink ที่มีบล็อกของอัลกอริทึม LMS ในการออกแบบ และจำลองระบบลดทอนเสียงรบกวน



รูปที่ 3.2 ระบบ Active Noise Cancellation บน Simulink

จากรูปที่ 3.2 บล็อกของระบบลดทอนเสียงรบกวนที่ได้ออกแบบในโปรแกรม Matlab Simulink โดยบล็อกที่สำคัญคือ บล็อก LMS filter ที่มีการนำสัญญาณรบกวนเข้าทั้งสองพอร์ต โดยในพอร์ตอินพุตคือพอร์ตที่นำสัญญาณรบกวนจากแหล่งเข้าสู่ระบบ พอร์ต Desired คือพอร์ตที่นำสัญญาณเสียงรบกวนผ่านวงจรกรองผ่านความถี่ต่ำ เพื่อกรองเฉพาะความถี่ต่ำที่ต้องการเพื่อทำการประมวลผลสัญญาณและสร้างสัญญาณที่มีค่าเฟสที่แตกต่างกัน 180 องศาเพื่อหักล้างซึ่งกันและกันและแสดงผลในพอร์ตของเอาต์พุต พอร์ตของ Step-size คือค่า μ ช่วงค่าที่ใช้ในการปรับค่าน้ำหนักการทำงานของ LMS Filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 การออกแบบลำโพง

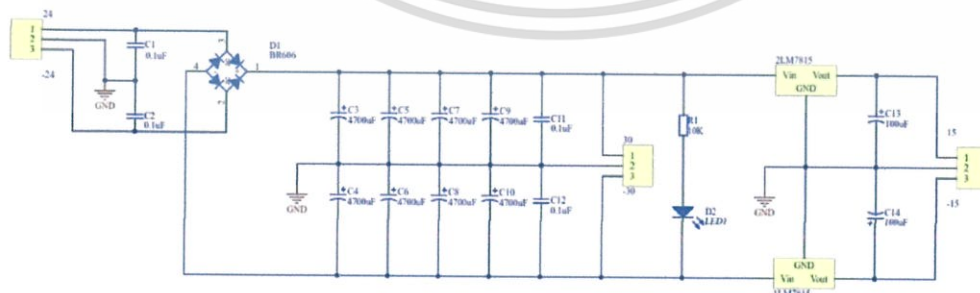
การออกแบบลำโพงที่ใช้ในระบบ Active Noise Cancellation ในการออกแบบลำโพงลดทอนเสียงรบกวนได้มีการกำหนดค่าของพารามิเตอร์ของลำโพง เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในช่วงความถี่ต่ำ โดยมีการกำหนดค่าดังนี้

ตารางที่ 3.1 ค่าพารามิเตอร์ของดอกลำโพงที่ออกแบบ

ค่าขนาดของดอกลำโพง	12 นิ้ว
ผลตอบสนองความถี่ของลำโพง	38 – 800 Hz
ค่ากระแสสูงสุดเฉลี่ย	2.79 A
ค่าแรงดัน	35 v
ค่ากำลังสูงสุด	153.125 W
ค่าอิมพีแดนซ์	4 Ω
คลาสของวงจรขยาย	AB

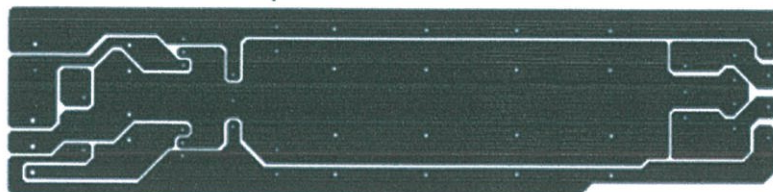
ในการออกแบบลำโพงลดทอนเสียงจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน นั่นคือส่วนของวงจรลำโพงและตู้ลำโพง โดยวงจrlำโพงประกอบด้วย แหล่งจ่ายไฟ ใช้แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับมาเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อใช้ในวงจรภายในลำโพง และวงจรขยายสัญญาณ เพื่อใช้ในขยายสัญญาณจากที่ได้จากระบบลดทอนเสียง เพื่อใช้กับลำโพงที่ได้ออกแบบ

ในส่วนของแหล่งจ่ายไฟ โดยในวงจรมีไอซีเบอร์ LM7815 2 ตัว ทำหน้าที่แปลงแรงดันให้เหมาะสมกับวงจร



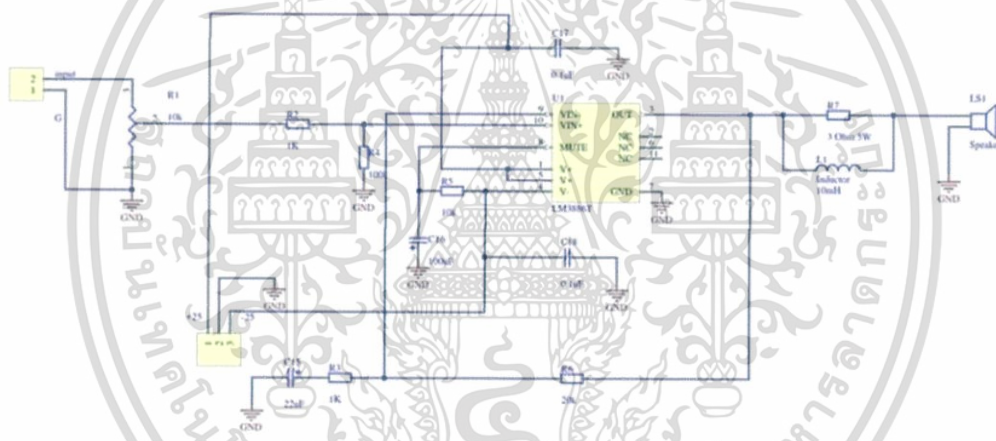
รูปที่ 3.3 Schematic ของแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

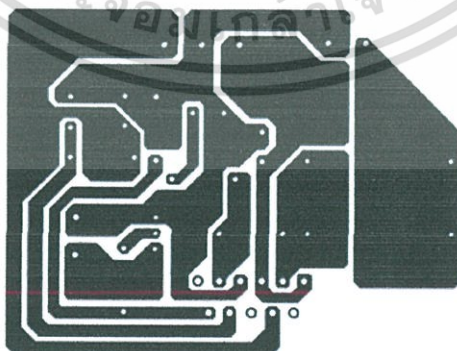


รูปที่ 3.4 PCB ของแหล่งจ่ายไฟ

ในส่วนของวงจรขยายสัญญาณ ทำงานด้วยไอซีเบอร์ LM 3886T โดยไอซีตัวนี้ ทำงานตัวแรงดัน 35 v จึงได้ทำการปรับแรงดันจากภาคของแหล่งจ่ายไฟ โดยทำหน้าที่ขยายสัญญาณในวงจรที่ได้รับมาจากระบบ โดยวงจรมันจะต่อเข้ากับดอกกล้ำโพง



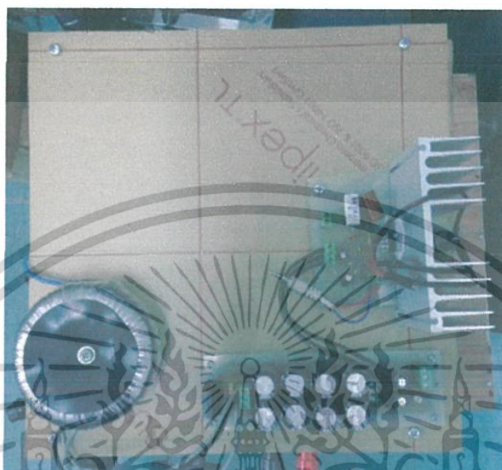
รูปที่ 3.5 Schematic ของวงจรขยายสัญญาณ



รูปที่ 3.6 PCB ของวงจรขยายสัญญาณ

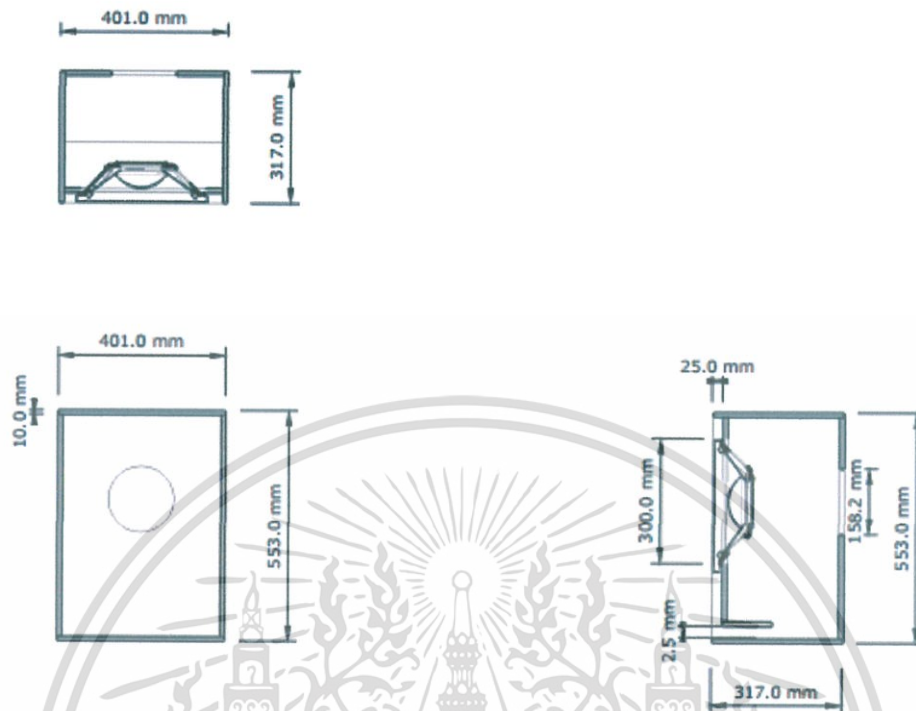
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำแหล่งจ่ายไฟและวงจรขยายสัญญาณมาประกอบรวมกัน จะได้วงจรสำหรับใช้กับลำโพงลดทอนเสียง โดยมีอัตราขยายที่ประมาณ 21 เท่า เพื่อให้สามารถใช้กับแหล่งกำเนิดเสียงรบกวนที่มีเสียงดังได้



รูปที่ 3.7 วงจรลำโพง

จากนั้นออกแบบตู้ลำโพงเพื่อใช้กับลำโพงลดทอนเสียง ซึ่งอ้างอิงตามคู่มือการทำตู้ลำโพง [2] โดยเหตุผลที่ต้องใช้ลำโพงขนาดใหญ่เพื่อรองรับการลดทอนเสียงสัญญาณจากเสียงลดทอนที่มีเสียงดัง และความถี่ต่ำ



รูปที่ 3.8 ขนาดของตู้ลำโพงที่ออกแบบ

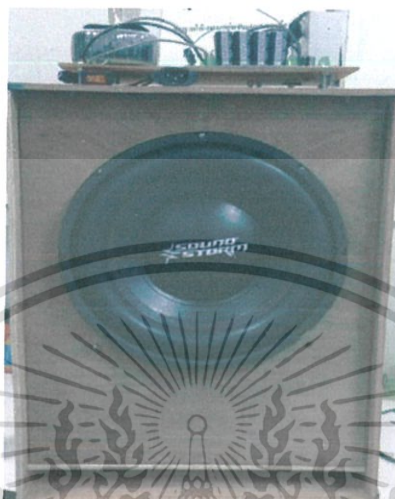
ขนาดของตู้ลำโพงที่ได้ออกแบบจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่กว่าลำโพงปกติทั่วไป เนื่องจากเน้นใช้งานในช่วงความถี่ต่ำ และต้องการเสียงดังเพื่อที่จะกลบเสียงรบกวนที่มาจาก การสั่นสะเทือนของโครงสร้าง ซึ่งมีเสียงดัง จากรูปที่ 3.8 โดยขนาดของตู้ลำโพงคือ 40.1 x 31.7 x 55.3 เซนติเมตร



รูปที่ 3.9 ตู้ลำโพงที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเมื่อนำวงจรลำโพงและดอกลำโพง ประกอบลงบนตู้ลำโพงที่ได้ออกแบบ จะได้
ลำโพงลดทอนเสียงรบกวนที่ได้ออกแบบขึ้น



รูปที่ 3.10 ลำโพงลดทอนเสียงรบกวน

3.1.4 การวิเคราะห์สัญญาณรบกวนจากเครื่องปรับอากาศ

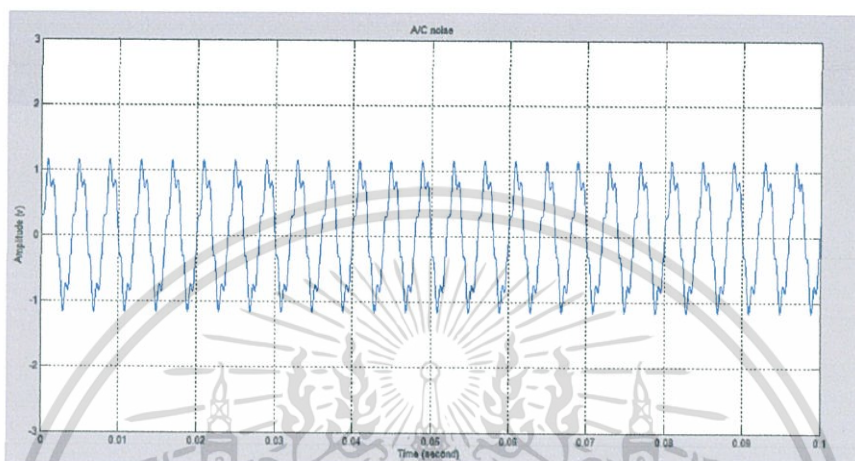
ในการลดทอนเสียงสัญญาณรบกวนจากเครื่องปรับอากาศ จำเป็นต้องวิเคราะห์องค์ประกอบของสัญญาณว่ามีความถี่ใดอยู่ในสัญญาณบ้าง เพราะเสียงรบกวนเครื่องปรับอากาศจริงๆไม่ได้ประกอบด้วยสัญญาณความถี่ต่ำเพียงอย่างเดียวเท่านั้น



รูปที่ 3.11 สัญญาณเสียงรบกวนจากเครื่องปรับอากาศ

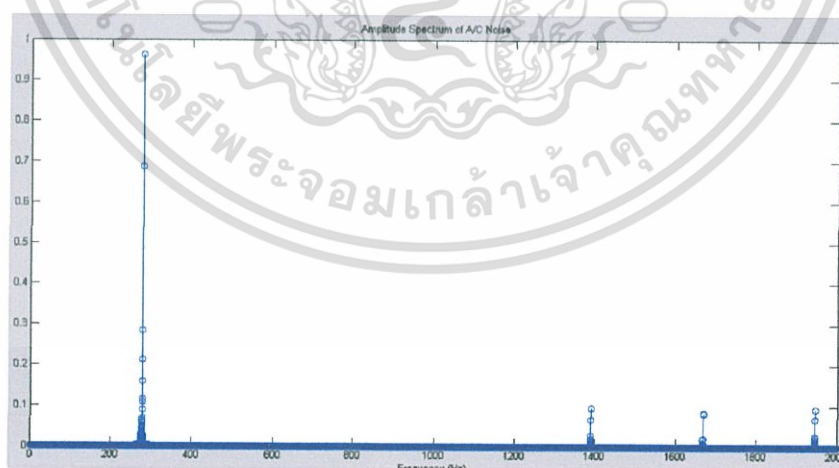
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.11 เห็นได้ว่า เสียงสัญญาณรบกวนจากเครื่องปรับอากาศจะเป็นเสียงที่มีคาบในช่วงความถี่ต่ำ แต่มีสัญญาณความถี่อื่นปนมาด้วย จึงได้ทำการศึกษาวิเคราะห์สัญญาณว่ามีคามถี่เป็นอย่างไร



รูปที่ 3.12 การจำลองสัญญาณรบกวนจากเครื่องปรับอากาศ

จากการจำลองสัญญาณรบกวนจากเครื่องปรับอากาศจะสังเกตได้ว่า สัญญาณเสียงประกอบด้วย สัญญาณความถี่ต่ำในช่วง 150 -300 Hz รวมกับสัญญาณรบกวนขนาดเล็กที่มีความถี่สูงกว่าจากแหล่งอื่นๆ



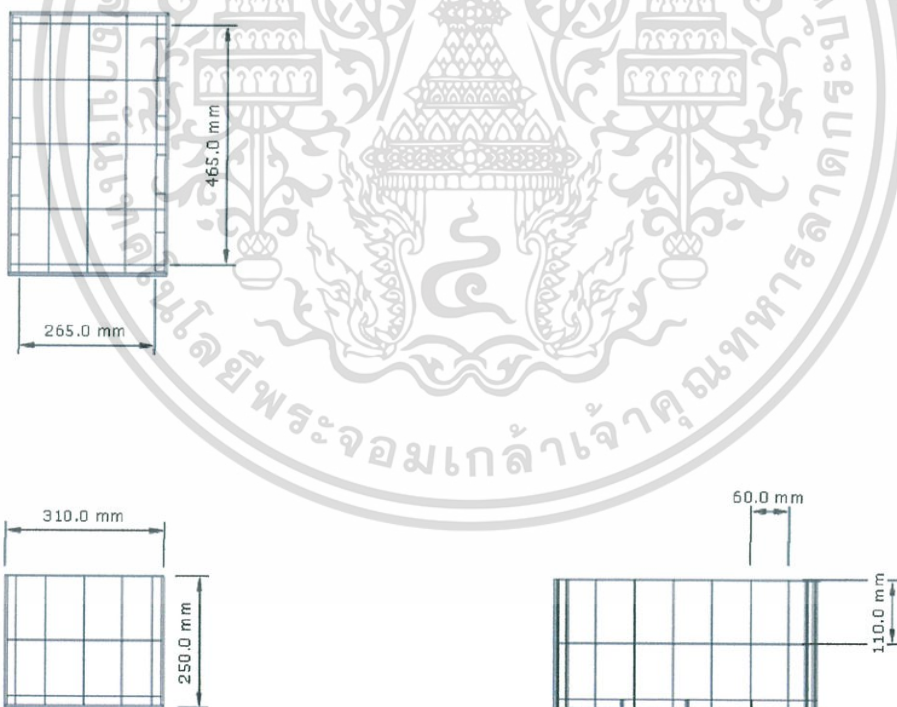
รูปที่ 3.13 องค์ประกอบความถี่ของสัญญาณรบกวนจากเครื่องปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

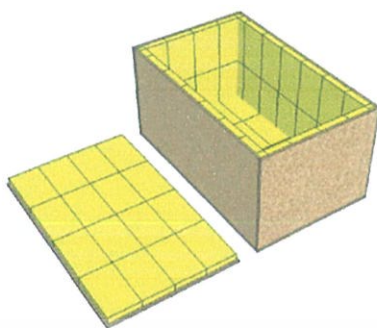
จากการดูองค์ประกอบความถี่ของสัญญาณรบกวนจากเครื่องปรับอากาศ จะสังเกตได้ว่าที่ความถี่ในช่วง 150 -350 Hz มีขนาดที่สูง แต่ก็ยังมีความถี่ช่วงอื่นปะปนมาด้วย โดยในช่วงความถี่ที่ปะปนมา จะมีช่วงความถี่ตั้งแต่ 1000 Hz เป็นต้นไป ซึ่งอาจจะมาจากเสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอก แต่สัญญาณเสียงที่เราต้องการจะลดทอนจะเป็นสัญญาณเสียงความถี่ต่ำ ซึ่งมาจากการสั่นสะเทือนของโครงสร้างเครื่องปรับอากาศ

3.1.5 การออกแบบพื้นที่การจัดเก็บผลการทดลอง

ในการทดลองความสามารถในการกำจัดเสียงรบกวนของระบบไม่สามารถทำการทดลองภายในห้องปิดได้ เพราะห้องทดลองที่ใช้มีขนาดเล็กเกินไป และมีสิ่งกีดขวาง จึงอาจมีการรบกวนของเสียงสะท้อนค่อนข้างมาก ทำให้ไม่สามารถวัดผลได้ หากจะทำการปรับปรุงห้องทดลอง จำเป็นจะต้องใช้ค่าใช้จ่ายที่สูงมาก จึงได้ออกแบบห้องทดลองที่อยู่ในสภาพแวดล้อมปิด เพื่อป้องกันการรบกวนของเสียงสะท้อน ให้เป็นห้องทดลองให้อยู่สภาพคล้ายห้องที่มีการปรับปรุงสภาพแล้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 ภาพจำลองห้องทดลองที่มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

- | | |
|-------------------------------|-------|
| 1) ลำโพงลดทอนเสียงรบกวน | 1 ชุด |
| 2) คอมพิวเตอร์ | 1 ตัว |
| 3) วงจรไมค์ | 1 ชุด |
| 4) ชุดห้องทดลองสภาพแวดล้อมปิด | 1 ชุด |

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

3.3.1 การทดลองการลดทอนเสียงรบกวนบนโปรแกรม Matlab

- ทดลองปรับค่า μ ที่เหมาะสมในอัลกอริทึม LMS ในกรณีของสัญญาณรบกวนเป็นแบบเกาส์เซียน
- ทดลองปรับค่า μ ที่เหมาะสมในอัลกอริทึม LMS ในกรณีของสัญญาณรบกวนเป็นแบบสัญญาณไซน์ความถี่เดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การจำลองระบบ Active Noise Cancellation ในห้องทดลองที่มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม

- การทดลองการลดทอนเสียงรบกวนในห้องทดลองที่จุดอ้างอิงจุดที่ 1
- การทดลองการลดทอนเสียงรบกวนในห้องทดลองที่จุดอ้างอิงจุดที่ 2
- การทดลองการลดทอนเสียงรบกวนในห้องทดลองที่จุดอ้างอิงจุดที่ 3
- การทดลองการลดทอนเสียงรบกวนในห้องทดลองที่จุดอ้างอิงจุดที่ 4



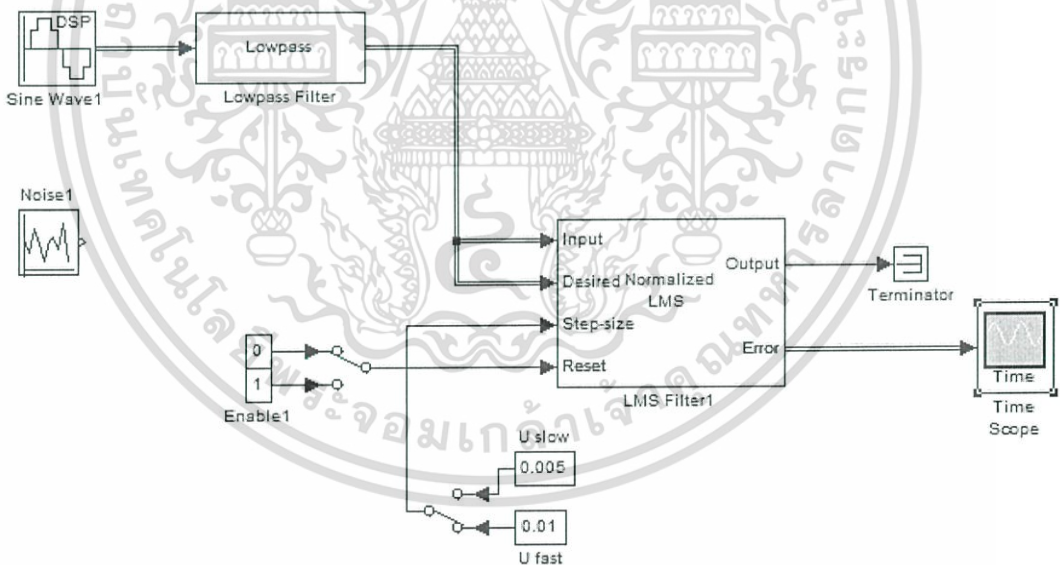
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดลองการลดทอนเสียงรบกวนบนโปรแกรม Matlab

ในการลดทอนเสียงรบกวนการปรับค่าพารามิเตอร์ μ ซึ่งเป็นค่าที่จะได้จากสมการ LMS (3.2) โดยจะได้จากการทดลองปรับเพื่อความเหมาะสมตามสภาพแวดล้อมของพื้นที่นั้นๆ แต่ในการจำลองการทำงานบนโปรแกรม Matlab นั้นแตกต่างจากลดทอนในพื้นที่จริง จึงได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่า μ ว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างไรในการลดทอนสัญญาณ โดยใช้แหล่งสัญญาณรบกวนที่แตกต่างกัน

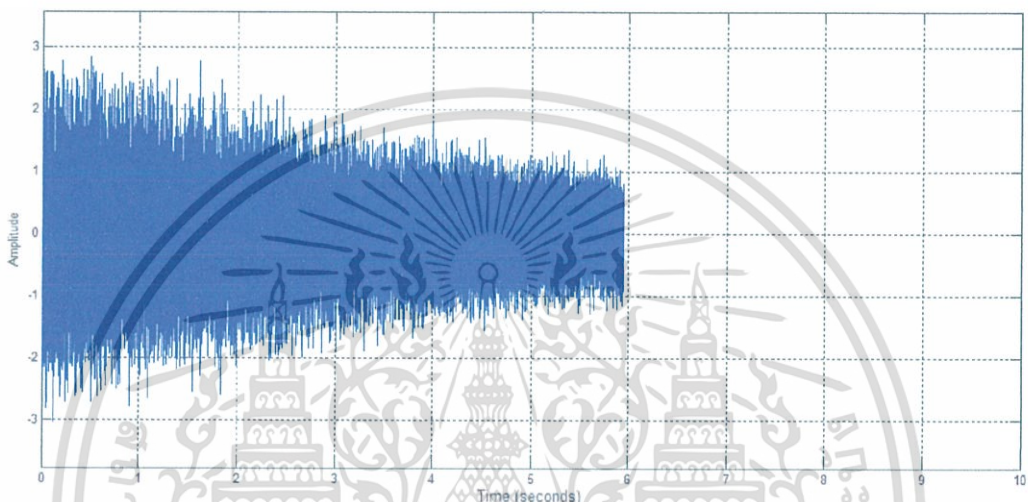


รูปที่ 4.1 Block Simulink ของโปรแกรม Matlab ในการทดลองการปรับค่า μ

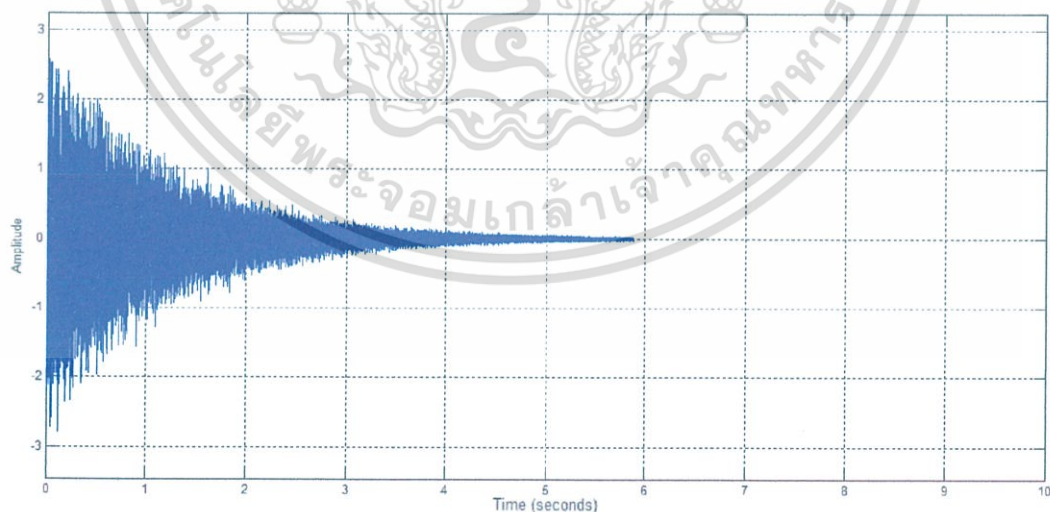
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 ทดลองปรับค่า μ ที่เหมาะสมในอัลกอริทึม LMS ในกรณีของสัญญาณรบกวนเป็นแบบเกาส์เซียน

โดยในการปรับค่า μ มีการปรับค่าให้มีค่าเริ่มจากน้อย ไปยังค่ามาก

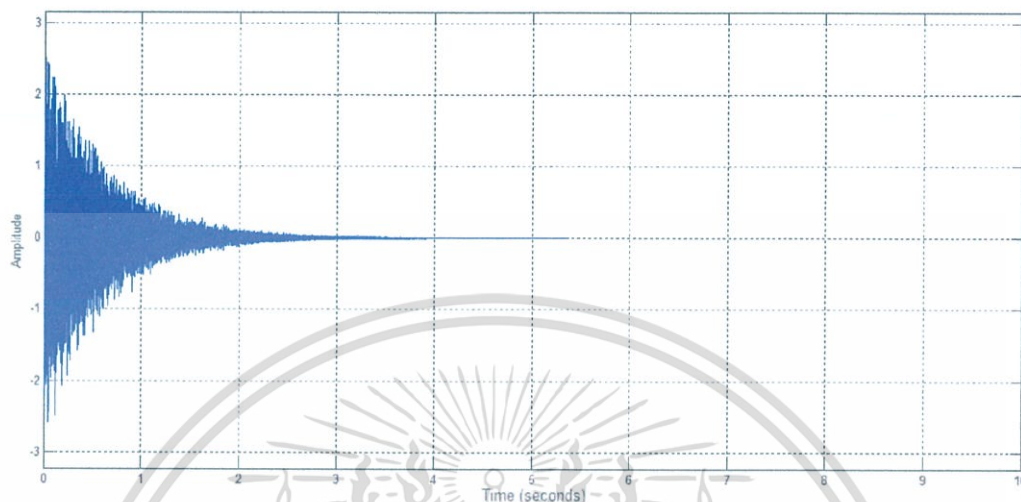


รูปที่ 4.2 สัญญาณรบกวนเกาส์เซียนที่ถูกลดทอนด้วยค่า $\mu = 0.001$ ในเวลา 5 วินาที



รูปที่ 4.3 สัญญาณรบกวนเกาส์เซียนที่ถูกลดทอนด้วยค่า $\mu = 0.005$ ในเวลา 5 วินาที

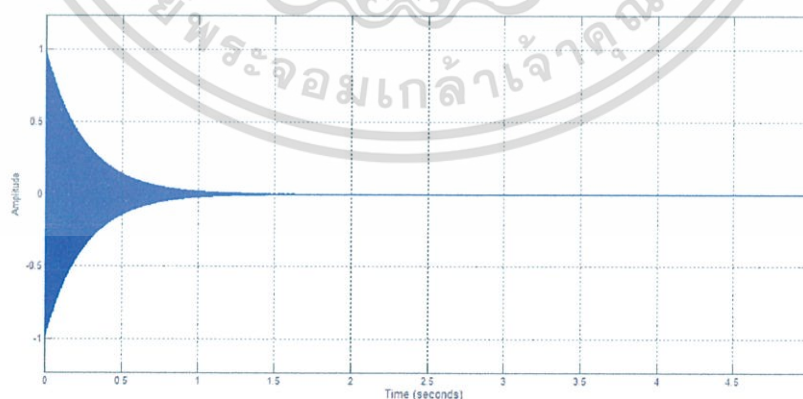
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 สัญญาณรบกวนเกาส์เซียนที่ถูกลดทอนด้วยค่า $\mu = 0.01$ ในเวลา 5 วินาที

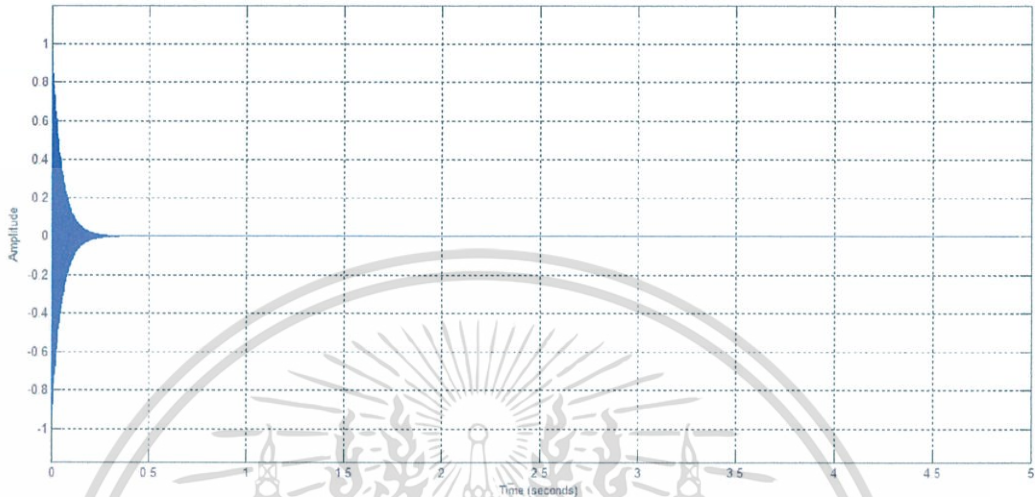
4.1.2 ทดลองปรับค่า μ ที่เหมาะสมในอัลกอริทึม LMS ในกรณีของสัญญาณรบกวนเป็นแบบไซน์

ในการทดลองการลดทอนการเปลี่ยนแปลงค่า μ ด้วยสัญญาณรบกวนแบบไซน์ที่มีความถี่ต่ำใกล้เคียงกับความถี่ของเครื่องปรับอากาศที่ 300 Hz เพื่อดูการลดทอนสัญญาณในกรณีที่สัญญาณรบกวนมีความถี่เดียว โดยมีการปรับค่าจากมากไปน้อยเช่นเดียวกัน

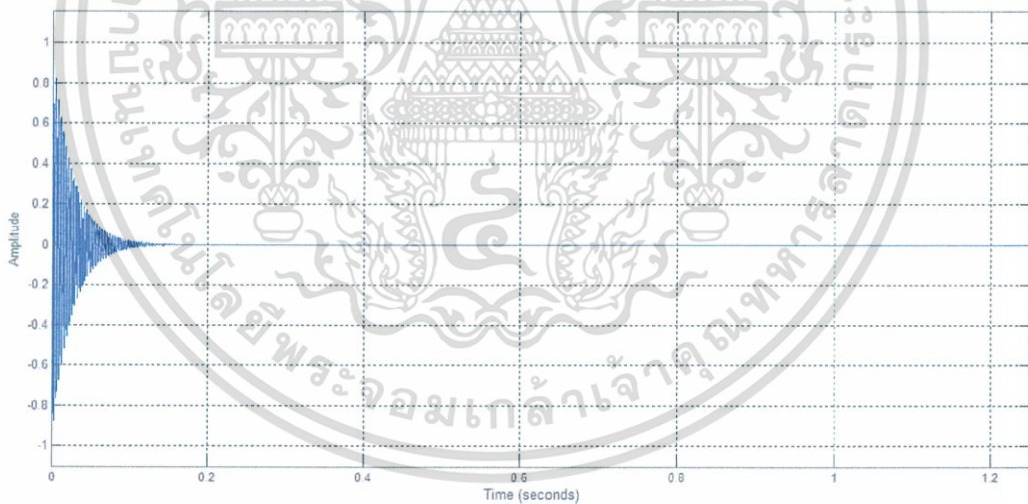


รูปที่ 4.5 สัญญาณไซน์ 300 Hz ที่ถูกลดทอนด้วยค่า $\mu = 0.001$ ในเวลา 5 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 สัญญาณไซน์ 300 Hz ที่ถูกกลทอนด้วยค่า $\mu = 0.005$ ในเวลา 5 วินาที

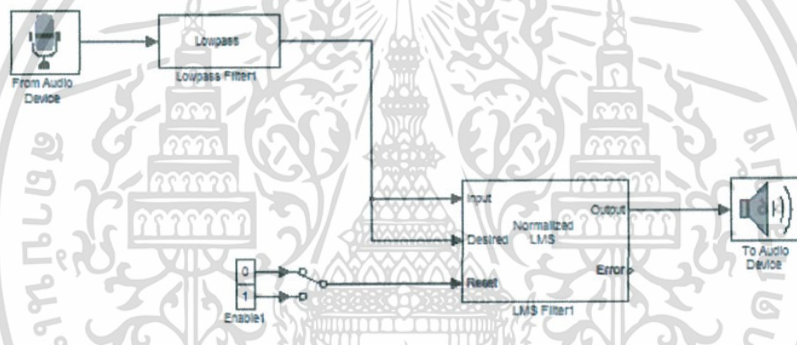


รูปที่ 4.7 สัญญาณไซน์ 300 Hz ที่ถูกกลทอนด้วยค่า $\mu = 0.01$ ในเวลา 1.2 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การจำลองระบบ Active Noise Cancellation ในห้องทดลองที่มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม

ในการจำลองระบบ ANC บนโปรแกรม Matlab Simulink ได้ออกแบบการทดลองในห้องทดลองที่มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม โดยการออกแบบพื้นที่ที่ใช้ในการทดลองให้มีขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 50 เมตร สูง 25 เซนติเมตร และทำการแบ่งพื้นที่ทดลองออกเป็น 24 ส่วนเท่าๆกัน โดยแต่ละส่วนมีขนาดกว้าง 6 เซนติเมตร ยาว 11 เซนติเมตร เมื่อทำการทดลองจะทำการปรับเปลี่ยนค่าระยะทางระหว่างลำโพงและผู้ฟัง เพื่อดูความสามารถในการลดทอนเสียงรบกวนของระบบ



รูปที่ 4.8 ระบบ ANC บนโปรแกรม Matlab Simulink ที่ใช้ในการทดลอง

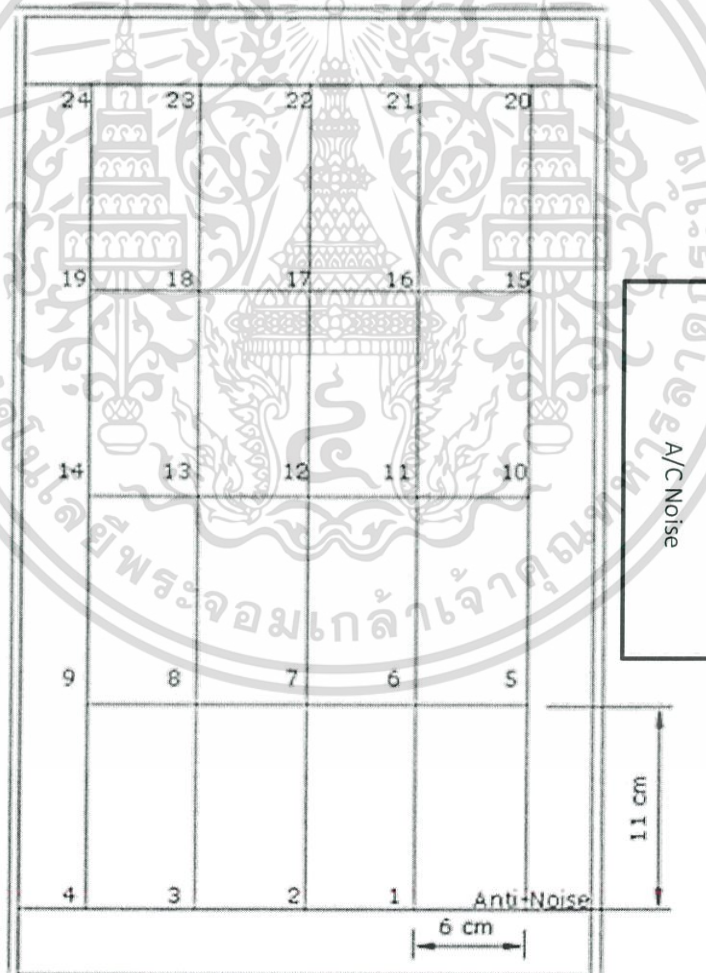


รูปที่ 4.9 ห้องทดลองปรับปรุงสภาพแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 การทดลองการลดทอนเสียงรบกวนในห้องทดลองที่จุดอ้างอิงจุดที่ 1

ในการทดลองการลดทอนเสียงรบกวนในจุดอ้างอิงจุดที่ 1 จะเป็นจุดอ้างอิงที่มีลำโพงลดทอนเสียงอยู่ในมุมของห้องทดลอง ผังเดียวกับแหล่งกำเนิดเสียงรบกวน โดยในการทดลองจะใช้ไมค์รับเสียงที่เกิดจากเสียงรบกวนเพียงอย่างเดียว และทำการเปิดระบบ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของค่า Sound Pressure Level (SPL) ในห้อง ว่ามีค่าเปลี่ยนแปลงอย่างไร หลังจากนั้นทำการย้ายตำแหน่งของไมค์รับเสียง เพื่อดูระยะต่างๆในห้องว่ามีการลดทอนเสียงทั้งก่อนและหลังเปิดระบบเป็นอย่างไร



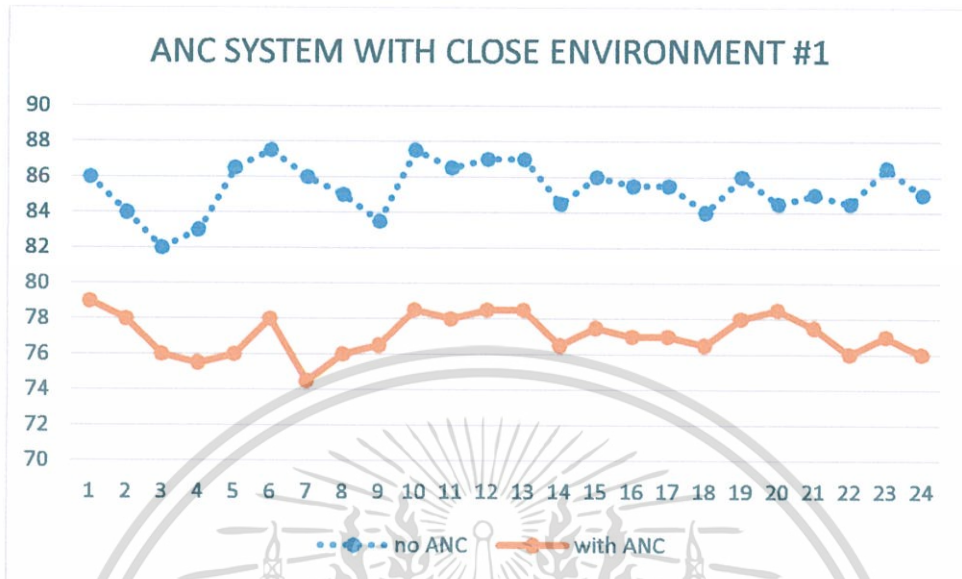
รูปที่ 4.10 ตำแหน่งการจัดเก็บผลการทดลองสำหรับจุดอ้างอิง 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลของค่า SPL ในการทดลองทดลองเสียงในห้องทดลองจุดอ้างอิง 1

ตำแหน่งอ้างอิง	ปกติ (dB)	เปิดระบบ ANC (dB)	ผลต่าง (dB)
1	86	79	7
2	84	78	6
3	82	76	6
4	83	76	8
5	86.5	76	11
6	87.5	78	10
7	86	75	12
8	85	76	9
9	83.5	77	7
10	87.5	79	9
11	86.5	78	9
12	87	79	9
13	87	79	9
14	84.5	77	8
15	86	78	9
16	85.5	77	9
17	85.5	77	9
18	84	77	8
19	86	78	8
20	84.5	79	6
21	85	78	8
22	84.5	76	9
23	86.5	77	10
24	85	76	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 กราฟของค่า SPL ที่ได้จากการทดลองลดทอนเสียงในห้องทดลองในจุดอ้างอิงที่ 1

จากรูปที่ 4.9 สังเกตได้ว่า ค่าของ SPL ที่ได้จากห้องทดลองในจุดอ้างอิงที่ 1 หลังจากเปิดระบบลดทอนเสียงจะทำให้ค่า SPL มีค่าลดลงในทุกระยะอ้างอิง นอกจากนี้ยังระยะอ้างอิงห่างไกลจากลำโพง ค่าของ SPL ที่ลดลงจะอยู่ในช่วงใกล้เคียงกันมากขึ้น โดยในจุดอ้างอิงที่ 1 ค่า SPL เฉลี่ยที่ลดลงด้วยระบบลดทอนเสียงอยู่ที่ 8 dB

4.2.2 การทดลองการลดทอนเสียงรบกวนในห้องทดลองที่จุดอ้างอิงจุดที่ 2

ในการทดลองการลดทอนเสียงรบกวนในจุดอ้างอิงจุดที่ 2 จะวางลำโพงลดทอนเสียง ฝั่งเดียวกับแหล่งกำเนิดเสียงรบกวนคล้ายกันกับจุดอ้างอิงที่ 1 แต่วางในตำแหน่งตรงข้าม เพื่อศึกษา การเปลี่ยนแปลงของ Sound Pressure Level ในห้องทดลองว่ามีการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างไร



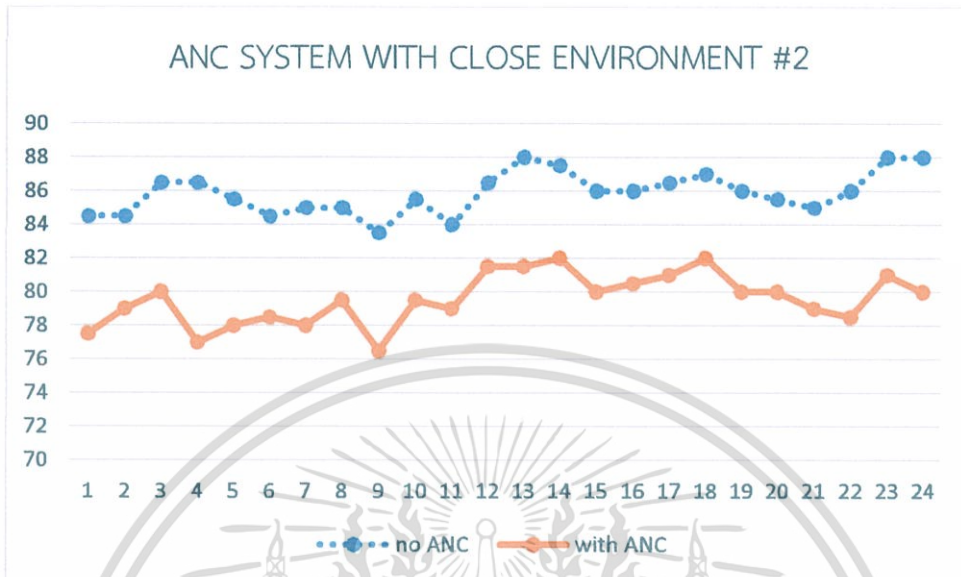
รูปที่ 4.12 ตำแหน่งการจัดเก็บผลการทดลองสำหรับจุดอ้างอิง 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลของค่า SPL ในการทดลองทดลองเสียงในห้องทดลองจุดอ้างอิง 2

ตำแหน่งอ้างอิง	ปกติ (dB)	เปิดระบบ ANC (dB)	ผลต่าง (dB)
1	84.5	77.5	7
2	84.5	79	5.5
3	86.5	80	6.5
4	86.5	77	9.5
5	85.5	78	7.5
6	84.5	78.5	6
7	85	78	7
8	85	79.5	5.5
9	83.5	76.5	7
10	85.5	79.5	6
11	84	79	5
12	86.5	81.5	5
13	88	81.5	6.5
14	87.5	82	5.5
15	86	80	6
16	86	80.5	5.5
17	86.5	81	5.5
18	87	82	5
19	86	80	6
20	85.5	80	5.5
21	85	79	6
22	86	78.5	7.5
23	88	81	7
24	88	80	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 กราฟของค่า SPL ที่ได้จากการทดลองลดทอนเสียงในห้องทดลองในจุดอ้างอิงที่ 2

ค่าของ SPL ที่ได้จากห้องทดลองในจุดอ้างอิงที่ 2 มีผลการทดลองที่ใกล้เคียงกับจุดอ้างอิงที่ 1 โดยสังเกตได้ว่ายิ่งระยะอ้างอิงของไมค์รับเสียงห่างจากลำโพงลดทอนเสียง ค่าของ SPL ที่ได้จากห้องทดลองจะมีค่าลดลงในช่วงที่ใกล้กัน แตกต่างจากในระยะที่ใกล้กับลำโพงลดทอนเสียง ซึ่งค่า SPL ที่ลดลงมีค่าที่แตกต่างกันมาก ทั้งนี้อาจเกิดจากระยะที่ใกล้กันทั้งลำโพงลดทอนและแหล่งกำเนิดเสียง จึงอาจทำให้ค่า SPL ไม่คงที่ โดยในจุดอ้างอิงที่ 2 ค่า SPL ที่ลดลงเฉลี่ยในทุกระยะอยู่ที่ 7.5 dB

4.2.3 การทดลองการลดทอนเสียงรบกวนในห้องทดลองที่จุดอ้างอิงจุดที่ 3

จุดอ้างอิงที่ 3 ตำแหน่งของลำโพงลดทอนเสียงจะอยู่ฝั่งตรงข้ามกับแหล่งกำเนิดเสียงรบกวน ซึ่งมีระยะห่างระหว่างลำโพงลดทอนเสียงและแหล่งกำเนิดเสียงรบกวนมากกว่าจุดอ้างอิงที่ 1 และ 2 และมีการวางไมค์รับเสียงที่ระยะอ้างอิงต่างๆคล้ายกับการทดลองที่จุดอ้างอิงที่ 1 และ 2 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่า SPL ในห้องทดลองว่ามีการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างไร



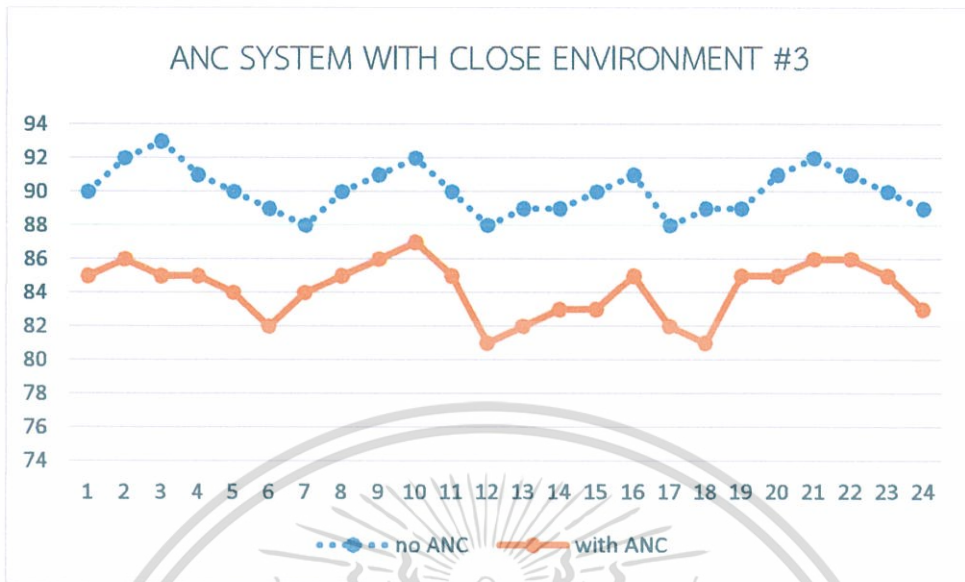
รูปที่ 4.14 ตำแหน่งการจัดเก็บผลการทดลองสำหรับจุดอ้างอิง 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลของค่า SPL ในการทดลองทดลองเสียงในห้องทดลองจุดอ้างอิง 3

ตำแหน่งอ้างอิง	ปกติ (dB)	เปิดระบบ ANC (dB)	ผลต่าง (dB)
1	90	85	5
2	92	86	6
3	93	85	8
4	91	85	6
5	90	84	6
6	89	82	7
7	88	84	4
8	90	85	5
9	91	86	5
10	92	87	5
11	90	85	5
12	88	81	7
13	89	82	7
14	89	83	6
15	90	83	7
16	91	85	6
17	88	82	6
18	89	81	8
19	89	85	4
20	91	85	6
21	92	86	6
22	91	86	5
23	90	85	5
24	89	83	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

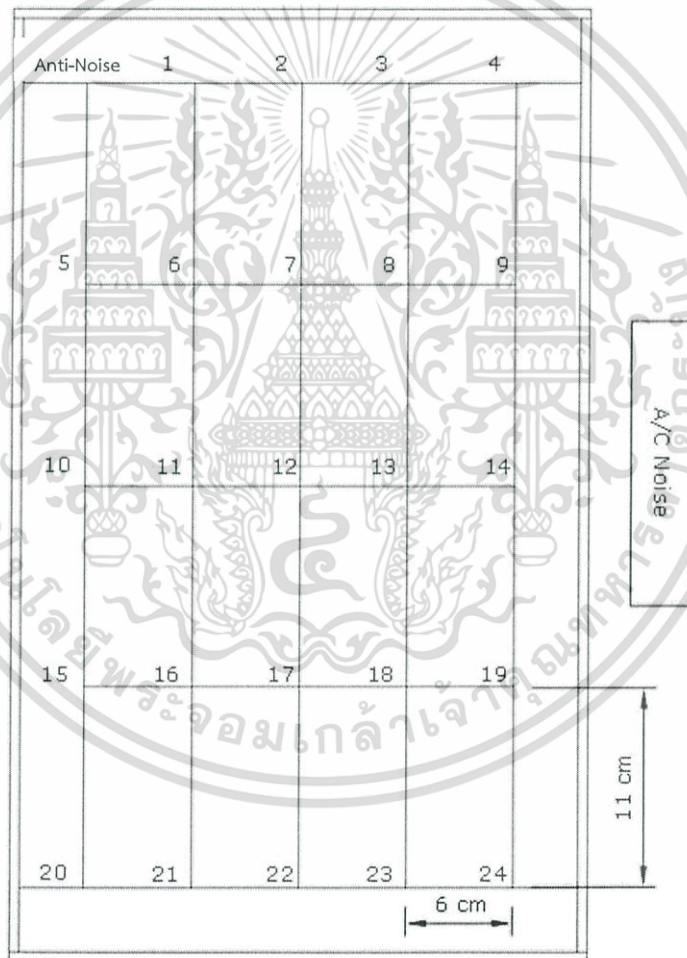


รูปที่ 4.15 กราฟของค่า SPL ที่ได้จากการทดลองลดทอนเสียงในห้องทดลองในจุดอ้างอิงที่ 3

ในการทดลองในจุดอ้างอิงที่ 3 ค่า SPL ที่ลดลงจะอยู่ในช่วงใกล้เคียงกันมากโดยระยะตำแหน่งในห้องทดลองไม่ส่งผลกระทบต่อค่า SPL เมื่อเทียบกับจุดอ้างอิงที่ 1 และ 2 ซึ่งเกิดจากระยะห่างระหว่างลำโพงลดทอนเสียงและแหล่งกำเนิดเสียงรบกวนที่ห่างกันมากกว่าระยะอ้างอิงทั้งสองจุดที่ผ่านมา โดยค่า SPL ที่ลดลงเฉลี่ยในทุกๆระยะของห้องทดลองมีค่าเท่ากับ 6 dB

4.2.3 การทดลองการลดทอนเสียงรบกวนในห้องทดลองที่จุดอ้างอิงจุดที่ 4

ตำแหน่งของลำโพงลดทอนเสียงในจุดอ้างอิงที่ 4 จะอยู่ฝั่งตรงข้ามกับแหล่งกำเนิดเสียงรบกวน และอยู่ในตำแหน่งตรงข้ามกับจุดอ้างอิงที่ 3 โดยการวางไมค์รับเสียงที่ระยะอ้างอิงต่างๆในการทดลองเป็นแบบเดียวกับการทดลองในจุดอ้างอิงอื่นๆ ทั้งนี้เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของค่า SPL ในห้องทดลองว่าระยะที่เปลี่ยนไปของลำโพงลดทอนเสียงและแหล่งกำเนิดเสียงรบกวนมีการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างไร



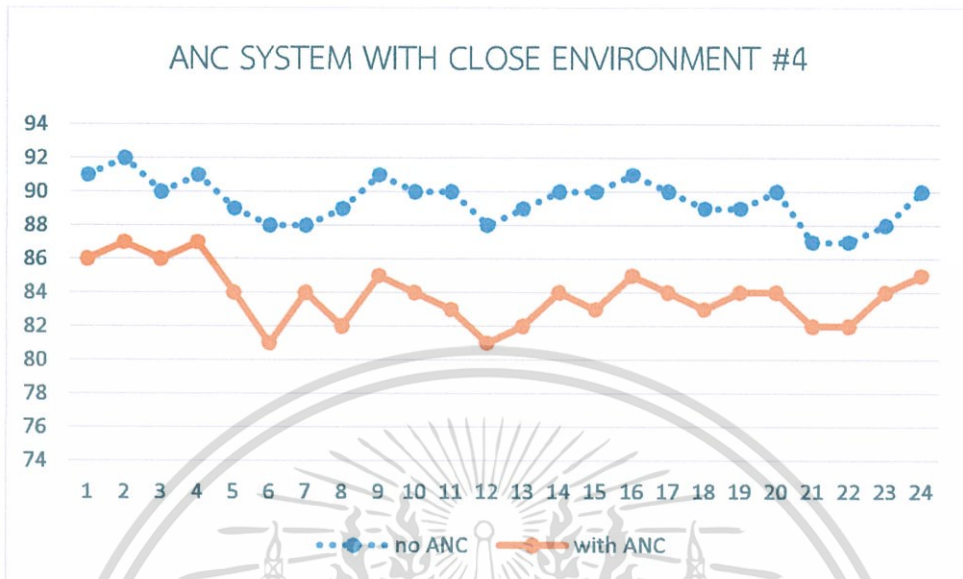
รูปที่ 4.16 ตำแหน่งการจัดเก็บผลการทดลองสำหรับจุดอ้างอิง 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลของค่า SPL ในการทดลองทดลองเสียงในห้องทดลองจุดอ้างอิง 4

ตำแหน่งอ้างอิง	ปกติ (dB)	เปิดระบบ ANC (dB)	ผลต่าง (dB)
1	91	86	5
2	92	87	5
3	90	86	4
4	91	87	4
5	89	84	5
6	88	81	7
7	88	84	4
8	89	82	7
9	91	85	6
10	90	84	6
11	90	83	7
12	88	81	7
13	89	82	7
14	90	84	6
15	90	83	7
16	91	85	6
17	90	84	6
18	89	83	6
19	89	84	5
20	90	84	6
21	87	82	5
22	87	82	5
23	88	84	4
24	90	85	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 กราฟของค่า SPL ที่ได้จากการทดลองลดทอนเสียงในห้องทดลองในจุดอ้างอิงที่ 4

ผลการทดลองจากจุดอ้างอิงที่ 4 มีการลดลงของค่า SPL เมื่อทำการเปิดระบบลดทอนเสียงรบกวน สังเกตได้ว่า ในระยะที่ไกลจากแหล่งกำเนิดเสียงรบกวนและใกล้กับลำโพงลดทอนค่าของ SPL ที่ลดลงนั้นมีค่าไม่คงที่ แต่เมื่อทิ้งระยะห่างระหว่างลำโพงลดทอนเสียงและแหล่งกำเนิดเสียงรบกวนออกไปให้มีค่าใกล้เคียงกัน ส่งผลให้ค่าที่ลดลงของ SPL มีค่าคงที่อยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน โดยค่า SPL เฉลี่ยที่ลดลงในทุกๆ ระยะของห้องทดลองมีค่าเท่ากับ 6 dB

จากการทดลองทั้ง 4 จุดอ้างอิงที่ได้จากห้องทดลองที่มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อมแล้ว พบว่าทั้ง 4 จุดอ้างอิงจะมีการลดลงของค่า Sound Pressure Level (SPL) ที่แตกต่างกัน แบ่งออกเป็น 2 ช่วง นั่นคือ ในช่วงที่ระยะไมค์รับเสียงที่ใช้อ้างอิงแทนผู้ฟังในห้อง มีระยะที่ใกล้กับลำโพงลดทอนเสียง หรือ ใกล้กับแหล่งกำเนิดเสียง จะทำให้การลดลงของค่า SPL มีค่าไม่คงที่ ลดลงมากและลดลงน้อย แต่เมื่อระยะของไมค์รับเสียงระหว่างลำโพงลดทอนและแหล่งกำเนิดเสียงรบกวนที่ระยะห่างใกล้เคียงกัน ค่าการลดลงของ SPL มีค่าใกล้เคียงไม่แตกต่างกันมาก โดยเฉพาะทั้งหมดทั้ง 4 จุดอ้างอิง ระบบสามารถลดทอนเสียงรบกวนได้ลดลง 6.5 dB ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับหลักการของการลดทอนเสียงรบกวนซึ่งควรจะลดสัญญาณเสียงรบกวนได้มากกว่านี้ โดยยังมีตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อ การลดทอนเสียงรบกวน เช่น องค์การวางลำโพงลดทอนเสียง หรือ วัสดุที่ใช้ในการดูดซับเสียงสะท้อนไม่มีคุณภาพมากพอ ซึ่งหากเทียบกับสภาพแวดล้อมจริงเป็นค่าการลดทอนที่ไม่ส่งผลกระทบต่อความดังเสียง นอกจากนี้หากจะนำไปประยุกต์ปรับใช้ในห้องใดๆ จำเป็นต้องการปรับปรุงสภาพแวดล้อมของห้อง ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงมาก



บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ในการจัดทำปริญญาญัตินี้ได้ทำออกแบบการทำงานของระบบ ANC ในรูปแบบของสัญญาณเสียงลงในโปรแกรม Matlab ด้วย Simulink ซึ่งในการทดสอบระบบที่ได้ออกแบบขึ้นสามารถลดทอนเสียงรบกวนได้ ทั้งในรูปแบบของ เสียงรบกวนความถี่เดียว และหลายความถี่ จากนั้นได้ทำการออกแบบลำโพงสำหรับลดทอนเสียง ซึ่งจะแตกต่างจากลำโพงทั่วไปที่ต้องมีผลตอบสนองความถี่ที่ต่ำ เนื่องจากเสียงรบกวนจากเครื่องปรับอากาศมาจากการสั่นสะเทือนของโครงสร้างที่เกิดขึ้นจากการทำงานของมอเตอร์ ซึ่งจะมีความถี่ในช่วง 150 -350 Hz โดยลำโพงที่ได้จัดทำขึ้นมีการทำงานที่สอดคล้องกับที่ออกแบบ โดยผลการทดลองที่ได้จากการทดลองระบบในห้องทดลองที่มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อมโดยอ้างอิงจุดทดลองทั้งหมด 4 จุด สามารถลดทอนเสียงเฉลี่ยได้ 6.5 dB ซึ่งค่าน้อยเมื่อเทียบกับหลักการของ ANC ที่ควรลดทอนได้หมด และในการทดลองในห้องทดลองที่ปรับปรุงสภาพแวดล้อม ซึ่งการนำไปปรับใช้ในห้องนอนจริงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูง และควรใช้หลักการของ Passive Noise Cancellation (PNC) ควบคู่กันกับ Active Noise Cancellation (ANC) เพื่อการลดทอนเสียงรบกวนในช่วงความถี่ทั้งต่ำและความถี่สูง เพื่อประสิทธิภาพการลดทอนเสียงรบกวนในช่วงความถี่ที่กว้าง เพื่อให้ห้องนอนมีเสียงรบกวนที่น้อยลง

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) การเลือกใช้ตัวกรองแบบดิจิตอลมีความยากและซับซ้อนกว่าตัวกรองแบบอนาล็อก ซึ่งต้องใช้โปรแกรม Matlab ช่วยในการออกแบบ ทำให้เกิดความซับซ้อนในการออกแบบระบบ
- 2) ในการทดสอบระบบที่ออกแบบในห้องนอนจริงไม่สามารถทำได้ เนื่องจากห้องนอนทั่วไปไม่มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม จึงทำให้เกิดการสะท้อนของเสียง ไม่สามารถลดทอนเสียงรบกวนได้

บรรณานุกรม

- [1] Sen M, Kuo. *Design of Active Noise Control Systems with the TMS320 Family*. USA: Texas Instrument, 1996
- [2] อรรถนพ พีรชาติ. “ออกแบบสร้างตู้ลำโพงขนาดใหญ่”. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ
- [3] กฤษดา วิศวธีรานนท์. “หลักการต่อวงจรเครื่องขยายเสียง”. พิมพ์ครั้งที่ 8 .กรุงเทพฯ
- [4] Mathworks team. “LMS Filter”. <http://www.mathworks.com/>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้