

การศึกษาประสิทธิภาพการลดเสียงรบกวนโดยการสร้างความถี่
มาหักล้างกับความถี่เดิมแบบฟีดแบคคอนโทรล

A STUDY OF PERFORMANCE OF NOISE REDUCTION
USING ANTIPHASE FREQUENCY TYPE FEEDBACK CONTROL



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2542

ISBN 974 - 622 - 643 - 6

๑๖๑

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 35182
วัน, เดือน, ปี..... 23 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**A STUDY OF PERFORMANCE OF NOISE REDUCTION
USING ANTIPHASE FREQUENCY TYPE FEEDBACK CONTROL**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

1999

ISBN 974 – 622 – 643 – 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 1999

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

เอกสาร **KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG** ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาประสิทธิภาพการลดเสียงรบกวนโดยการสร้างความถี่ มาหักล้างกับความถี่เดิมแบบฟีดแบคคอนโทรล
นักศึกษา	นายสมชาย ทองพร
รหัสประจำตัว	35624003
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
พ.ศ.	2542
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ. อัครเดช สินธุภัค

บทคัดย่อ

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการลดเสียงรบกวนของระบบการหักล้างเฟสของเสียงรบกวนแบบ การควบคุมป้อนกลับ (Feedback Control) หรือการควบคุมแบบปรับตัวเองได้ (Active Noise Control) หรือ ANC System ซึ่งเป็นระบบที่มีการประมวลผลสัญญาณเสียงด้วยชุดบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวเปรียบเทียบกับสัญญาณเสียงรบกวนที่ปล่อยออกไป และชุดบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการชดเชยสัญญาณเสียงที่จะนำไปหักล้างเฟสกับสัญญาณเสียงรบกวนอีกครั้ง การชดเชยสัญญาณเสียงของชุดบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการสร้างคลื่นเสียงให้มีความถี่ อัมพลิจูด ความเร็วเสียง และความยาวคลื่นเท่ากับคลื่นเสียงรบกวน แล้วยังทำให้เฟสเลื่อน (Shift Phase) ออกไป 180 องศา ซึ่งจะทำให้เกิดการหักล้างเฟสของคลื่นเสียงทั้งคู่อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดในการทดลองจะทำการเปลี่ยนแปลงความถี่ของคลื่นเสียงรบกวนที่ป้อนเข้าไปในชุดการทดลอง จากความถี่ 100 Hz ไปจนถึงค่าความถี่ 1000 Hz เพื่อหาข้อสรุปว่าค่าความถี่ช่วงใดจะมีผลต่อบริเวณพื้นที่ที่มีการหักล้างเฟสมากที่สุด ผลการทดลองพบว่าเมื่อลดความถี่และระยะห่างของลำโพงบริเวณพื้นที่ที่มีการหักล้างและประสิทธิภาพการลดเสียงจะเพิ่มขึ้น และสามารถลดเสียงรบกวนได้ดีในย่านความถี่ต่ำ โดยจะต้องเป็นเสียงรบกวนที่มีการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้น หรือมีความถี่คงที่สม่ำเสมอ

Thesis Title	A Study Of Performance Of Noise Reduction Using Antiphase Frequency Type Feedback Control.
Student	Mr. Somchai Tongporn
Student ID.	35624003
Degree	Master of Engineering
Programme	Mechanical Engineering
Year	1999
Thesis Advisor	Assoc.Prof. Akradech Sindhuphak

ABSTRACT

This thesis studies of the performance of noise reduction for the phase cancellation by using antiphase frequency type feedback control or Active Noise Control or ANC System. This system has the signal processing works by microcontroller board. An acoustic signal which it is feedback into the microcontroller board is the comparator of noise released and the microcontroller board will do the acoustic signal compensation for phase cancel of noise again. The acoustic signal compensation of microcontroller board creates the wave which its frequency, amplitude, velocity of sound and wavelength value is equal to the noise wave adding with the ability of marking the shift phase about 180 degrees in order to be the highest efficient in phase cancellation of both wave. In the experiment, we change values of noise wave from 100 Hz to 1000 Hz frequency input to the lab equipment, for concluding of which frequency interval is the most effected to zone cancellation. The result finding, though the frequency and distance of speaker decrease, the zone cancellation and performance of noise reduction will be increase. It is also good for reducing noise in low frequency bandwidth, but there must be the noise with linear motion wave or still be consistent frequency.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทางด้านวิศวกรรมเสียง การควบคุมเสียง การลดเสียงรบกวนจาก รศ. อัครเดช ตินธุกต์ ซึ่งเป็น อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ที่มอบทุนการศึกษาในการศึกษาและทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณนักศึกษาปริญญาโท และนักศึกษาปริญญาตรีทุกท่าน ที่ช่วยเหลือในการสร้างชุดทดลอง รวมทั้งเจ้าหน้าที่ที่เข้ามาช่วยการสร้างห้องเก็บเสียง จนสำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้นและยังให้กำลังใจต่อผู้วิจัยอย่างใกล้ชิดตลอดมา

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สมชาย ทองพร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VII
รายการสัญลักษณ์	X
ประมวลศัพท์	XII
ประมวลคำย่อ	XIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 แนะนำวิทยานิพนธ์	1
1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะ ได้รับความจากการวิจัย	8
1.3 วัตถุประสงค์ในการวิจัย	8
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	9
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
2.1 ผลงานการวิจัยที่ผ่านมา	10
บทที่ 3 ทฤษฎีการหักล้างเฟสของสนามเสียง	12
3.1 บทนำ	12
3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการกำจัดเสียงรบกวน	13
3.3 เงื่อนไขทั่วไปสำหรับการกำจัดเสียงรบกวน	17
บทที่ 4 การออกแบบและการสร้างเครื่องกำเนิดคลื่นเสียงหักล้าง	22
4.1 ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดคลื่นเสียงหักล้าง	22
4.2 วงจรเครื่องกำเนิดคลื่นเสียงหักล้าง	23
บทที่ 5 การทดลอง	31
5.1 อุปกรณ์การทดลองและเครื่องมือวัด	31
5.2 วิธีการดำเนินการทดสอบ	32
บทที่ 6 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล	33
6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d คงที่ และค่า f เปลี่ยนแปลง	33
6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d คงที่ และค่า f เปลี่ยนแปลง	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d คงที่ และค่า f เปลี่ยนแปลง.....	36
6.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d คงที่ และค่า f เปลี่ยนแปลง.....	37
6.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d คงที่ และค่า f เปลี่ยนแปลง.....	39
6.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ ของมุมมองศาลาโพงกับค่า f โดยให้ค่า γ ของมุมลำโพงคงที่ และค่า f เปลี่ยนแปลง.....	40
6.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ ของมุมมองศาลาโพงกับค่า f โดยให้ค่า γ ของมุมลำโพงคงที่ และค่า f เปลี่ยนแปลง.....	42
6.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f และค่า θ โดยให้ค่า f คงที่, ค่า d เปลี่ยนแปลง, และค่า θ เปลี่ยนแปลง.....	44
6.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f และค่า θ โดยให้ค่า f คงที่, ค่า d เปลี่ยนแปลง, และค่า θ เปลี่ยนแปลง.....	47
6.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f และค่า θ โดยให้ค่า f คงที่, ค่า d เปลี่ยนแปลง, และค่า θ เปลี่ยนแปลง.....	50
6.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f และค่า θ โดยให้ค่า f คงที่, ค่า d เปลี่ยนแปลง, และค่า θ เปลี่ยนแปลง.....	53
6.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f และค่า θ โดยให้ค่า f คงที่, ค่า d เปลี่ยนแปลง, และค่า θ เปลี่ยนแปลง.....	56
6.13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f และค่า θ โดยให้ค่า f คงที่, ค่า d เปลี่ยนแปลง, และค่า θ เปลี่ยนแปลง.....	59
บทที่ 7 การวิจารณ์หรืออภิปรายผล.....	62
7.1 การวิจารณ์ผลการทดลอง.....	62
บทที่ 8 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	64
8.1 สรุปผลการทดลอง.....	64
8.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป.....	64
บรรณานุกรม.....	65
ภาคผนวก.....	66
ก. แผนผัง Flow Chart การเขียนโปรแกรมมอนิเตอร์ของเครื่องหักล้างเฟส	67
ข. การเขียนโปรแกรมการทำงานของเครื่องหักล้างเฟส (โปรแกรมมอนิเตอร์)	68
ค. ตัวอย่างความเร็วเสียง	70

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ง. ตัวอย่างของเสียงที่สัมพันธ์กับระดับความดังของเสียง	71
จ. ระดับเสียงกับระยะเวลาในการฟัง	72
ฉ. ระดับความเข้มของเสียงจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ	72
ช. บันทึกผลการทดลอง	73
ประวัติผู้เขียน	98



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ลักษณะความดังของเสียง.....	5
6.1 ผลการทดลองศึกษาค่าความถี่ที่มีอิทธิพลต่อการ หักล้างเสียงหรือประสิทธิภาพการหักล้างเสียง.....	73
6.2 ผลการทดลองศึกษาค่าความถี่ที่มีอิทธิพลต่อการ หักล้างเสียงหรือประสิทธิภาพการหักล้างเสียง.....	75
6.3 ผลการทดลองศึกษาค่าความถี่ที่มีอิทธิพลต่อการ หักล้างเสียงหรือประสิทธิภาพการหักล้างเสียง.....	77
6.4 ผลการทดลองศึกษาค่าความถี่ที่มีอิทธิพลต่อการ หักล้างเสียงหรือประสิทธิภาพการหักล้างเสียง.....	79
6.5 ผลการทดลองศึกษาค่าความถี่ที่มีอิทธิพลต่อการ หักล้างเสียงหรือประสิทธิภาพการหักล้างเสียง.....	81
6.6 ผลการทดลองศึกษาค่าความถี่ที่มีอิทธิพลต่อการ หักล้างเสียงหรือประสิทธิภาพการหักล้างเสียง.....	82
6.7 ผลการทดลองศึกษามุมองศาลำโพงที่มีอิทธิพลต่อการ หักล้างเสียงหรือประสิทธิภาพการหักล้างเสียง.....	84
6.8 (a) ผลการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง.....	86
6.8 (b) ผลการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง.....	87
6.9 (a) ผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง.....	88
6.9 (b) ผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง.....	89
6.10(a) ผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง.....	90
6.10(a) ผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง.....	91
6.11(a) ผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง.....	92
6.11(b) ผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง.....	93
6.12(a) ผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง.....	94
6.12(b) ผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง.....	95
6.13(a) ผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง.....	96
6.13(b) ผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง.....	97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.1 แสดงแผนภาพของระบบ Active Noise Control	13
3.2 แสดง Block Diagram ของระบบ Active Noise Control	15
3.3 แสดงสภาวะเงื่อนไขของแอมพลิจูดและเฟสของการหักล้างเฟส	19
3.4 แสดงค่าพิสัยระหว่างผลต่างของเฟสกับส่วนประกอบของคลื่นสำหรับการหักล้าง	20
4.1 แสดงวงจรการทำงานของ Automatic Gain Control	23
4.2 แสดงวงจรการทำงานของ Embedded Controller (1)	24
4.3 แสดงวงจรการทำงานของ Embedded Controller (2)	25
4.4 แสดงวงจรการทำงานของ Embedded Controller (3)	26
4.5 แสดงส่วนประกอบของ A/D	27
4.6 แสดงส่วนประกอบของ Eprom Emulator	28
4.7 แสดงวงจรการทำงานของเครื่องกำเนิดคลื่นเสียงหักล้างเฟส	30
6.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d คงที่และค่า f เปลี่ยนแปลง	33
6.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d คงที่และค่า f เปลี่ยนแปลง	34
6.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d คงที่และค่า f เปลี่ยนแปลง	36
6.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d คงที่และค่า f เปลี่ยนแปลง	37
6.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า f คงที่และค่า d เปลี่ยนแปลง	39
6.6 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ ของมุมมองศาลาโพงกับค่า f โดยให้ค่า γ ของ มุมมองศาลาโพงคงที่ และค่าความถี่เปลี่ยนแปลง	40
6.7 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ ของมุมมองศาลาโพงกับค่า f โดยให้ค่า γ ของ มุมมองศาลาโพงคงที่ และค่าความถี่เปลี่ยนแปลง	42
6.8(a) แสดงการบันทึกผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง	44
6.8(b) แสดงการบันทึกผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง	45
6.9(a) แสดงการบันทึกผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง	47
6.9(b) แสดงการบันทึกผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง	48
6.10(a) แสดงการบันทึกผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง	50
6.10(b) แสดงการบันทึกผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง	51
6.11(a) แสดงการบันทึกผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง	53
6.11(b) แสดงการบันทึกผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
6.12(a) แสดงการบันทึกผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง	56
6.12(b) แสดงการบันทึกผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง	57
6.13(a) แสดงการบันทึกผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง	59
6.13(b) แสดงการบันทึกผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง	60



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสัญลักษณ์

A	=	amplitude
c	=	velocity of sound
d	=	distance
f	=	frequency
K	=	field cancellation factor
k	=	angular wave number
O	=	observation point
O(t)	=	the primary wave and secondary wave in a combined signal at fixed point O
P(t)	=	α function of time (t) of primary wave from primary source
P(t) หรือ P(r, t)	=	field of acoustic wave at a distance (r) from S_p to fixed point O
$P_o(t)$	=	primary source (S_p) emit a wave P(t) propagation through a distance r_g from S_p to at point O
r	=	radial or distance
r_g	=	distance from primary source (SP) to observation point (O)
r_h	=	distance from secondary source (SS) to observation point (O)
S	=	source
S(t)	=	function of time (t) of secondary wave from secondary source
$S_o(t)$	=	secondary source (S_s) emit a wave S(t) propagation through a distance r_h from S_s to at point O
S_p	=	primary source
S_s	=	secondary source
t	=	time
t_g	=	the times at which the primary wave reach the observation point (O)
t_h	=	the times at which the secondary wave reach the observation point (O)
T	=	period
θ	=	phase of wave

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

ω	=	radial frequency
λ	=	wavelength
α	=	ratio of the secondary wave to the primary wave power at the observation point
β	=	cross – spectral density factor (cosinusoidal factor)
Σ	=	summation of primary and secondary wave
τ	=	relative time delay between primary and secondary wave
$\gamma = \frac{1 + \alpha}{2\sqrt{\alpha}}$	=	phase condition for cancellation
$\xi = \frac{1}{2}\sqrt{\alpha}$	=	phase condition for cancellation
$G_{pp}(\omega)$	=	auto power spectral density of the primary wave $P(t)$
$G_{ss}(\omega)$	=	auto power spectral density of the secondary wave $S(t)$
$G_{P_0O}(\omega)$	=	auto power spectral density of the primary wave $P_0(t)$
$G_{S_0O}(\omega)$	=	auto power spectral density of the secondary wave $S_0(t)$
$G_{CO}(\omega)$	=	auto power spectral density of the observed wave $O(t)$
$P(j\omega)$	=	frequency domain of signal $P(t)$
$P_0(j\omega)$	=	frequency domain of signal $P_0(t)$
$S(j\omega)$	=	frequency domain of signal $S(t)$
$S_0(j\omega)$	=	frequency domain of signal $S_0(t)$
$O(j\omega)$	=	frequency domain of signal $O(t)$
$H(j\omega)$	=	transfer characteristics of the acoustic paths from S_p and S_s
$G(j\omega)$	=	transfer characteristics of the acoustic paths from S_p and S_s
$C(j\omega)$	=	frequency dependent transfer function
$H_c(\omega)$	=	amplitude of secondary signal $S(t)$ is derived from the primary signal $P(t)$
$\theta_c(\omega)$	=	phase of secondary signal $S(t)$ is derived from the primary signal $P(t)$

ประมวลศัพท์

active noise control	= การควบคุมเสียงรบกวนแบบปรับตัวเองได้
acoustic wave	= คลื่นเสียง
amplitude	= ความดังเสียง
angular wave number	= เลขคลื่น, เลขเชิงมุม
complex number	= จำนวนเชิงซ้อน
cancellation	= การหักล้าง
delay time	= เวลาล่าช้า
distance	= ระยะทาง, ระยะห่างของ S_p และ S_s
frequency	= ความถี่
frequency domain	= สิ่งที่เกี่ยวข้องกับความถี่
frequency dependent	= เป็นผลของค่าความถี่
non – dispersive	= การแพร่แบบไม่กระจายของคลื่นเสียงในการเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นอากาศ
out of phase	= เฟสต่างกัน
phase cancellation	= การหักล้างเฟส
primary source	= แหล่งกำเนิดเสียงปฐมภูมิ (คลื่นเสียงรบกวน)
propagation medium	= การแพร่ของคลื่นเสียงในตัวกลางอากาศ
radian frequency	= ความถี่เชิงมุม
secondary source	= แหล่งกำเนิดเสียงทุติยภูมิ (คลื่นหักล้างเสียงรบกวน)
transfer characteristics	= คุณลักษณะการถ่ายโอน
transfer function	= ฟังก์ชันถ่ายโอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมวลคำย่อ

AC	=	alternative current
A/D	=	analog to digital
ANC	=	active noise control
AGC	=	automatic gain control
D/A	=	digital to analog
dB	=	decibel
DC	=	direct current
FFT	=	fast fourior transform
MCU	=	microcontroller unit
SPL	=	sound pressure level



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนะนำวิทยานิพนธ์

ปัญหามลพิษทางเสียงในประเทศไทย เกิดขึ้นในทำนองเดียวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมด้านอื่น ๆ คือ เกิดขึ้นพร้อมกับความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การนำเอาเครื่องจักร เครื่องยนต์มาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม การใช้ยานพาหนะที่ขับเคลื่อนด้วยกำลังเครื่องยนต์ การก่อสร้างอาคารโดยอาศัยเครื่องมือกลขนาดใหญ่ ล้วนแต่ก่อให้เกิดเสียงดังทั้งสิ้น

เสียงที่ก่อให้เกิดมลพิษ ได้แก่ เสียงจากยานพาหนะต่าง ๆ บนท้องถนน เสียงจากเครื่องบิน เสียงจากการก่อสร้างและโรงงานอุตสาหกรรม และเสียงอื่นที่ก่อกวนโครมภายในอาคารบ้านเรือน

มลพิษทางเสียง หมายถึง เสียงรบกวนต่าง ๆ ทั้งที่มีระดับสูง จนอาจเป็นอันตรายต่อแก้วหูและเสียงรบกวนทั่วไป ที่ก่อให้เกิดความรำคาญ

1.1.1 ความหมายและความสำคัญของเสียง

เสียง คือ พลังงานอย่างหนึ่งที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของโมเลกุลของอากาศ ผ่านอากาศไปสู่อวัยวะรับเสียง คือ หู ในที่ไม่มีอากาศเสียงจะไม่สามารถผ่านไปได้ ถ้าพูดกันก็จะไม่ได้ยินเสียงนับว่าเป็นสิ่งแวดล้อมที่มองไม่เห็น สัมผัสจับต้องไม่ได้ สัมผัสได้โดยทางโสตประสาทเท่านั้น เสียงจะดังหรือค่อยขึ้นอยู่กับระดับพลังงานในการสั่นสะเทือน ซึ่งมีหน่วยที่ใช้วัดเป็นเดซิเบล (decibel : dB) ส่วนระดับความถี่ของคลื่นเสียง วัดเป็นรอบต่อวินาที (cycle per second : cps) หรือคิดเป็นหน่วย เรียกว่า เฮิรตซ์ (hertz : Hz) คนปกติจะทนความดังของเสียงได้ประมาณ 120 เดซิเบล ถ้าเกินกว่านี้จะทำให้หูหนวก ข้อกำหนดขององค์การอนามัยโลก เสียงในระดับปลอดภัยเมื่อสัมผัสวันละ 1 ชั่วโมง ต้องไม่เกิน 85 เดซิเบล ส่วนระดับความถี่ของคลื่นเสียงที่มนุษย์รับฟังได้อยู่ในช่วง 20 – 20,000 Hz

ในแง่สุขภาพอนามัย แบ่งเสียงออกเป็น 2 แบบ คือ

1. เสียงอึกทึก (noise) หมายถึง เสียงที่เราไม่ต้องการเป็นเสียงที่ไม่มีความไพเราะนุ่มนวล มีผลกระทบกระเทือนทางด้านจิตใจ สมาธิในการทำงาน อาจทำให้อาการเสื่อม และทำให้หูหนวกได้

2. เสียงสพอารมณ์ (sound) ได้แก่ เสียงที่ทำให้เกิดความสบายใจ มีความสุขสามารถปฏิบัติงานได้ดี

ในปัจจุบันได้มีการนำเอาเสียงมาใช้ประโยชน์ ในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านความบันเทิงเรี...

ด้านความรู้ต่าง ๆ โดยการบันทึกเสียง ด้านการอุตสาหกรรม โดยการนำความสั่นสะเทือนของคลื่น...
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียงมาตรฐานกำหนด หรือความชำรุดของโลหะนำมาใช้ตรวจหาแหล่งทรัพยากรได้พิภพ ในทาง การแพทย์มีการนำคลื่นเสียงสูงมาใช้ช่วยการไหลของโลหิต ทำลายเนื้อเยื่อเป็นพิษที่งอกออกมาจาก ผิวหนังในแง่ของการได้ยินเสียงรบกวน จะทำให้เกิดความหูหนวก หูตึง และเกิดอาการทาง ประสาทได้

1.1.2 แหล่งกำเนิดมลพิษทางเสียง

แหล่งกำเนิดมลพิษทางเสียงส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมที่มนุษย์กระทำขึ้น ซึ่งแยกออกได้ เป็น 2 ประเภท คือ

1. ประเภทเคลื่อนที่ แหล่งกำเนิดเสียงประเภทนี้ ได้แก่ ยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์ ชนิดต่าง ๆ ที่แล่นไปตามถนนที่มีร้านค้าและบ้านเรือน ซึ่งมีคนอยู่อาศัยขังรถมีจำนวนมาก ระดับ เสียงก็ย่อมมีมากตามไปด้วย โดยเฉพาะถนนที่มีตึกหรือห้องแถวสองข้างถนน เสียงจะสะท้อนกลับ ไปกลับมา เป็นการเพิ่มระดับเสียงให้สูงขึ้นไปอีก รถบรรทุกสิบล้อที่วิ่งเร็ว ๆ หลาย ๆ คัน พร้อมกัน ในเวลากลางคืน ระดับเสียงและการสั่นสะเทือนจะทำให้คนในตึกแถวนอนไม่หลับ บางครั้งระดับ เสียงอาจถึงขั้นอันตราย คือ ถึง 120 เดซิเบล โดยเฉพาะเสียงจากรถยนต์เครื่องยนต์ชนิดต่าง ๆ ในระยะ ห่าง 3 เมตร จะมีระดับเสียงประมาณ 98 เดซิเบล ส่วนเสียงเครื่องบินชนิดต่าง ๆ บางช่วงระดับเสียง สูงถึงระหว่าง 100 – 140 เดซิเบล ซึ่งเป็นระดับเสียงที่เป็นอันตรายต่อการได้ยินเป็นอันมาก

2. ประเภทไม่เคลื่อนที่ แหล่งกำเนิดเสียงประเภทนี้ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เสียงจากบ้านเรือนเป็นเสียงที่เกิดจากการสนทนา การตะโกน การทะเลาะวิวาท วิทยุโทรทัศน์เครื่อง ขยายเสียง เครื่องดูดฝุ่น เครื่องทำความเย็น เสียงจากการก่อสร้าง ซ่อมแซม รั้วอาคาร เสียงจากการ ใช้เครื่องขยายเสียงโฆษณา เสียงจากสถานเริงรมย์ ฯลฯ

สำหรับเสียงประเภทไม่เคลื่อนที่นี้ เสียงที่นับว่ามีอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องมาก คือ ระดับเสียงที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ระดับเสียงของโรงงานแต่ละประเภทจะแตก ต่างกัน โรงงานประเภทเดียวกันแต่คนละแผนกก็ได้รับเสียงแตกต่างกัน เสียงจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉลี่ยจะมีระดับเสียงที่รบกวนมากที่สุด ระหว่าง 60 – 120 เดซิเบล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพ แวดล้อมในโรงงานและชนิดของเครื่องจักรที่ใช้เช่น ถ้าโรงงานหลังคาต่ำ พื้นที่ไม่กว้างพอจะทำให้ เสียงดังมาก ฝาผนังพื้นเพดานถ้าบุด้วยวัสดุที่ดูดเสียงได้ดี จะทำให้ลดความดังของเสียงลงได้ ชนิด ของเครื่องจักรแต่ละประเภท มีความแตกต่างกันมาก เช่น เครื่องทอผ้าจะมีเสียงดังประมาณ 90 – 120 เดซิเบล เครื่องกรอผ้าประมาณ 82 – 95 เดซิเบล เครื่องกำเนิดไฟฟ้าประมาณ 95 – 120 เดซิ- เบล โรงงานตีเหล็กประมาณ 98 – 110 เดซิเบล เป็นต้น

1.1.3 ผลกระทบจากมลพิษทางเสียง

เสียงดังก่อให้เกิดอันตรายหลายอย่างทั้งต่อระบบการได้ยิน ต่อจิตใจและต่อสุขภาพโดยทั่วไปอันตรายที่เกิดขึ้นจะรุนแรงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความดัง ลักษณะความถี่ และระยะเวลาที่ได้รับฟังความไวของหูต่อเสียง ซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล เป็นที่ยอมรับกันว่าเสียงที่ดังเกินกว่า 85 เดซิเบล ต่อ 8 ชั่วโมง ใน 1 วัน นั้นเป็นอันตรายต่อการได้ยิน

อันตรายที่เกิดจากมลพิษทางเสียง แบ่งออกได้เป็น 4 ประการ คือ

1. อันตรายต่อระบบการได้ยิน เกิดขึ้นเนื่องจากอวัยวะรับเสียงของเรานั้นเป็นอวัยวะที่ละเอียดอ่อนมาก และมีการเคลื่อนไหวสันสะท้อนอยู่ตลอดเวลาที่ได้ยินเสียง หรือมีเสียงมากกระทบไม่ว่าเสียงนั้นจะดังหรือค่อยเพียงใด เสียงยิ่งดังมาก ก็ยิ่งทำให้เกิดการสันสะท้อนของอวัยวะรับเสียงมากขึ้น เสียงที่ดังมากเกินไปและดังอยู่นานจะทำให้เกิดการฉีกขาดทำลายเซลล์ประสาทและปลายประสาททำให้เกิดอาการหูตึง หูหนวกได้ อาจสรุปผลที่เกิดขึ้นได้ 3 แบบ คือ

1.1 ทำให้เกิดหูตึง หรือหูอื้อชั่วคราว เนื่องจากเสียงที่ดังนั้นยังไม่ดังมากพอ หรือนานพอที่จะทำให้เกิดการทำลายของปลายประสาท และเซลล์ประสาทอย่างถาวร ดังนั้นการสูญเสียการได้ยินชนิดนี้อาจจะกลับคืนเป็นปกติได้ ถ้าได้พักจากการฟังเสียงดังอาจคืนดีหลังจากพัก 2-3 ชั่วโมงแล้วก็ได้

1.2 ทำให้เกิดหูตึง หูหนวกอย่างถาวรเนื่องจากเสียงที่ได้รับนั้นดังมากเกินไป จนถึงขั้นจะได้พักเป็นเวลานานแล้วก็ตาม

1.3 อันตรายอย่างเฉียบพลันทำให้เกิดอาการหูหนวกไปทันทีทันใด หลังจากได้รับเสียงดังมากทันที เช่น เสียงระเบิด เสียงประทัด เสียงฟ้าผ่า เนื่องจากแรงสันสะท้อนมากจนเกิดการฉีกทำลายไม่แต่เพียงปลายประสาท และเซลล์ประสาทเท่านั้น แต่อาจทำให้แก้วหูฉีกขาดไปด้วย

2. อันตรายต่อสุขภาพร่างกายและจิตใจ

2.1 การรบกวนการหลับนอน ถือเป็นเรื่องจำเป็นอย่างยิ่งอันหนึ่งของชีวิตและจำเป็นต่อสุขภาพ แม้ว่าคนหลาย ๆ คน อาจปรับตัวได้ และสามารถนอนหลับได้ในที่ซึ่งเสียงดังก็ตาม แต่บางคนก็ไม่ปรับตัวได้เลย ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะเฉพาะของบุคคลนั้น และขึ้นกับลักษณะของเสียงที่รบกวนนั้นด้วย

2.2 ความรำคาญจากเสียง เสียงที่ไม่พึงปรารถนาอาจก่อให้เกิดความหงุดหงิดไม่สบายใจ เกิดความเครียดทางประสาท เป็น โรคจิต โรคประสาทได้ง่าย

2.3 ผลต่อสุขภาพร่างกาย แม้ว่าผลต่อสุขภาพร่างกายจะยังไม่อาจพิสูจน์ได้อย่างแน่ชัด แต่มีข้อมูลที่เชื่อถือได้ว่า เสียงที่ดังมากเกินไปเป็นอันตรายต่อสุขภาพอย่างแน่นอน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหลายอย่าง เช่น ความดันโลหิตสูง หัวใจเต้นแรง กล้ามเนื้อเกร็งผิดปกติ หลอดเลือดบริเวณมือและเท้าหดตัว ซึ่งถ้าเป็นอยู่นาน อาจทำให้เกิดอาการชาได้ มีกรดในกระเพาะ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารมาก อาการดังกล่าวนี้อาจทำให้เกิดโรคแผลในกระเพาะอาหาร โรคหัวใจ และโรคต่อมไทรอยด์ เป็นพิษ (thyroxicosis) ได้

ผลทางด้านจิตใจ เสียงที่ดังมากเกินไป อาจกระตุ้นอาการทางประสาท ซึ่งอาจมีแฝงอยู่ในคน ๆ นั้น ให้ปรากฏขึ้นได้

3. เสียงรบกวนการทำงานและประสิทธิภาพของการทำงาน

จากการศึกษาพบว่า เสียงที่ดังติดต่อกันตลอดเวลาจะรบกวนประสิทธิภาพการทำงานน้อยกว่าเสียงที่ดังมาก ๆ แต่เป็นครั้งคราวและเสียงสูงจะรบกวนมากกว่าเสียงต่ำ โดยทั่วไปแล้วผลจากเสียงอาจไม่ทำให้เกิดการทำงานช้าลง แต่จะทำให้เกิดอุบัติเหตุและเกิดความผิดพลาดในการทำงานเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในที่มีเสียงดังรบกวนการทำงานมากเกินไป อย่างไรก็ตาม เสียงที่ดังอาจทำให้คนที่อ่อนแอ และง่วงนอนรู้สึกกระปรี้กระเปร่าขึ้นได้

4. เสียงรบกวนต่อการติดต่อสื่อสาร

เสียงดังอาจขัดขวางการได้ยินสัญญาณอันตรายต่าง ๆ ได้ อาจทำให้เกิดอันตราย เกิดความไม่สะดวกในการพูดจา ติดต่อสื่อสาร ไม่สะดวกในการปฏิบัติงาน สำหรับในเรื่องการสื่อสารนี้เสียงที่ดังตลอดเวลาจะรบกวนมากกว่าเสียงที่ดังเป็นครั้งคราว

หูและการได้ยิน

หูแบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ

1. หูส่วนนอก
2. หูส่วนกลาง
3. หูส่วนใน

เมื่อคนเราได้ยินเสียง คลื่นเสียงจะผ่านเข้ามาในช่องหู กระทบเข้าแก้วหู เชื่อมแก้วหูมีหน้าที่ปรับหรือกรองเสียงหรือลดระดับเสียงให้ปลอดภัย แล้วจึงปล่อยเสียงผ่านเข้าไปในหูส่วนกลาง การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากความดังของเสียงจะทำให้แก้วหูเกิดการสั่นสะเทือน และเคลื่อนไหว การเคลื่อนไหวของแก้วหูจะถูกส่งต่อไปยังหูส่วนกลาง โดยผ่านกระดูกชั้นเล็ก ๆ 3 ชั้น กระดูกชั้นแรกคือ

ตารางที่ 1.1 ลักษณะความดังของเสียง

ความดังของเสียง	เสียงพูดและการได้ยิน	สิ่งที่ทำให้เกิดเสียงทั่ว ๆ ไป
140	ชั้นที่ทำให้ปวดหู	เสียงสัญญาณภัยขนาดใหญ่ระยะ 100 ฟุต
130	ทำให้ระคายหู	เสียงเครื่องบินระยะไกล
120	สะเทือนแก้วหู	เสียงเครื่องบินระยะใกล้
110	ชั้นดังเกินความต้องการ	เสียงเครื่องขนดีในโรงงาน
100	เสียงตะโกนข้างหูระยะ 1 ฟุต	เสียงรถไฟระยะใกล้ ๆ วิทยุดังมาก ๆ เสียงดนตรีบรรเลงดังมาก ๆ
90 – 80	เสียงตะโกนดังมาก ๆ	“ “ “
70 – 60	เสียงสนทนาธรรมดา ๆ	เสียงในตลาด สถานที่จอแจ
50 – 40	เสียงพูดค่อย ๆ	เสียงวิทยุค่อย ๆ ในบ้าน
30 – 20	เสียงกระซิบ	เสียงนาฬิกาเดินพอได้ยิน
10	เสียงแผ่วเบา	เสียงนอกบ้านยามสัจ
0	เสียงดังที่มนุษย์สามารถได้ยินได้	(Good Hearing)

เยื่อแก้วหู กระดูกชั้นที่ 2 คือ กระดูกทั่ง ซึ่งอยู่ระหว่างกระดูกฉ้อน และกระดูกโกลน กระดูกชั้นที่ 3 คือ กระดูกโกลน ซึ่งเป็นส่วนนำเสียงไปสู่หูส่วนใน หรือ คอเคลีย ภายในหูส่วนในจะเต็มไปด้วยของเหลวที่เคลื่อนไหวได้ เนื่องจากสันสะท้อนของปลายกระดูกโกลน การเคลื่อนไหวของของเหลวในหูส่วนในจะกระตุ้นเซลล์เล็ก ๆ ที่มีขน (Hair cells) ของคอเคลียซึ่งมีอยู่ประมาณ 20,000 เซลล์ ทำหน้าที่เปลี่ยนการสันสะท้อนให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าและส่งต่อไปยังปลายประสาทของเซลล์ขน เพื่อส่งต่อไปตามเส้นประสาทของการได้ยิน ไปสู่ประสาทส่วนกลางในสมอง และทำให้เกิดการได้ยินและแปลออกมาให้เข้าใจ

ถ้าหูได้รับเสียงดังมาก ๆ จนเกินไป นอกจากจะทำให้เยื่อแก้วหูขาดได้แล้ว ยังทำให้เกิดความผิดปกติหรือความพิการ และไม่ได้ยินเกิดขึ้น ถึงแม้ว่าสมัยนี้การแพทย์จะเจริญก้าวหน้าถึงกับมีการผ่าตัดเปลี่ยนแปลงเยื่อแก้วหูใหม่ แต่การทำก็ต้องเสียค่าใช้จ่ายมากและถ้าความพิการนี้ เกิดขึ้นกับปลายประสาทที่เกี่ยวกับการได้ยินแล้ว ไม่มีทางที่จะรักษาให้หาย ซึ่งเป็นสิ่งที่ทุก ๆ คนควรคำนึงให้มากในข้อนี้

เสียงที่ดังเกินขอบเขตจัดว่าเป็นอันตรายต่อหูอย่างอันตรายดังกล่าวนี้อาจเปรียบเทียบกับโรคจากการประกอบอาชีพอื่น ๆ เป็นต้นว่า จากสารที่เป็นพิษ เช่น ตะกั่ว แมงกานีส โครเมียม ดีดีที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์หรือจากเชื้อโรคที่เป็นพิษ การที่ต้องทำงานในที่ที่มีเสียงดังมาก ๆ ไม่เพียงแต่จะมีผลต่อระบบการได้ยินให้เสียหรือเสื่อมลงเท่านั้น แต่ยังก่อให้เกิดความเหนื่อยชา ความต้านทานของร่างกายเสื่อมโทรมลง ทำให้ความดันโลหิตสูงขึ้น ประสิทธิภาพในการทำงานลดลงและการติดต่อประสานงานล่าช้า ตลอดจนก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่ายขึ้น สำหรับนายจ้างเสียงดังก็ก่อให้เกิดความเสียหายแก่โรงงานอย่างมากมาย เช่น ต้องเสียเงินค่าทดแทนเนื่องจากผู้ปฏิบัติหน้าที่การ พุหนวก หรือหูตึง หรือเกิดอุบัติเหตุอันสืบเนื่องจากมีเสียงเป็นต้นเหตุและในแง่ความเสียหายที่เกิดขึ้นแก่ประชาชนส่วนรวม การทำงานที่มีเสียงดัง เช่น เสียงจากโรงงานทอผ้า เสียงจากโรงเลื่อยไม้ เสียงจากโรงโม่หิน เป็นต้น ก่อให้เกิดความเดือดร้อน รำคาญแก่ราษฎรที่อยู่ใกล้เคียง ดังที่ได้รับร้องเรียนอยู่เสมอ ซึ่งบางครั้งอาจมีผลต้องทำให้ต้องย้ายโรงงานก็ได้

ลักษณะของเสียงอึกทึก (Noise Nuisance)

เสียงอึกทึกมีอยู่ด้วยกัน 5 แบบ คือ

- ก. เสียงทุ้มที่เกิดขึ้นนาน ๆ ติดต่อกัน เช่น เสียงจากเครื่องยนต์ เสียงจากเครื่องทอผ้า
- ข. เสียงแหลมเล็กที่เกิดขึ้นนาน ๆ เช่น เสียงของเลื่อยวงเดือน
- ค. เสียงที่เกิดจากการกระทบในชั่วเวลาสั้น ๆ เช่น เสียงที่เกิดจากหมอนทุบเสียงเคาะถังเหล็ก เป็นต้น
- ง. เสียงที่เกิดจากการกระทบที่ดังมากเป็นจังหวะหรือเป็นครั้งคราว เช่น เสียงเครื่องเจาะถนน
- จ. เสียงที่เกิดดังขึ้นเป็นพัก ๆ เช่น เสียงของการจราจร เสียงเครื่องบิน เป็นต้น

อาการที่เกิดขึ้นเนื่องจากเสียงดังอึกทึก

อาการที่เกิดขึ้นเมื่อคนเราได้รับฟังเสียงดังมาก ๆ แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

1. อาการที่เกิดขึ้นกับหูโดยตรง เมื่อคนเราได้รับฟังเสียงดังมาก ๆ เป็นเวลานาน ๆ ติดต่อกัน อาจทำให้เกิดอาการหูตึงหรือหูหนวก คือ ทำให้ไม่ได้ยิน การพูดคุยแบบธรรมดา ซึ่งทั้งนี้ก็มีข้อพิจารณาว่า ถ้าบุคคลนั้นไม่ได้ยินต่ำกว่า 10 วัน ถือว่าเป็นหูหนวกชั่วคราว แต่ถ้าไม่ได้ยินตั้งแต่ 10 วันขึ้นไป ถือว่าเป็นหูหนวกถาวร ข้อพิจารณาดังกล่าวนี้อาจไม่แน่นอน การพิจารณาที่แน่นอนควรจะได้มีการตรวจสภาพการได้ยินของหูด้วย เครื่องมือทดสอบสภาพการได้ยิน (Audiometer) ซึ่งเป็นเครื่องตัดสินที่แน่นอนที่ดีที่สุด

นอกจากจะทำให้เกิดการหูหนวกแล้ว ยังอาจทำให้มีอาการปวดหู หูอื้อ มีเสียงดังในหู เมื่ออยู่ที่เงียบ ๆ ได้

2. อาการที่ไม่เกิดขึ้นกับหูโดยตรง ได้แก่ ทำให้เกิดความอ่อนเพลียพลีขแรง ทั้งทางร่างกายและจิตใจ เกิดการปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน เกิดความหงุดหงิด ซึ่งบางทีก็เป็นสาเหตุให้เกิดโรคประสาทได้ การแสดงออกของบุคคลเปลี่ยนไป เช่น เกิดการรำคาญ เสียบุคลิกลักษณะลดความมั่นใจ

ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคยซึ่งกันและกัน เสียสมาธิ เสียขวัญ นอกจากนี้ประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานลดลง จึงทำให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น พுகันไม่ได้ขึ้น ทำให้ส่งงานผิดพลาดได้ง่าย เพิ่มอัตราการเกิดอุบัติเหตุ

ในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีข้อกำหนดมาตรฐานระดับเสียงภายในชุมชน แต่ได้กำหนดมาตรฐานระดับเสียงสำหรับชวดยานพาหนะทางบกและทางน้ำไว้เท่ากับ 85 เดซิเบล เมื่อวัดที่ระยะ 7.5 เมตร จากปลายท่อไอเสีย นอกจากนี้ยังกำหนดมาตรการป้องกันมลพิษทางเสียงโดยเร่งรัดให้มีการออกแบบอุปกรณ์ลดเสียง และให้ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากเสียงสำหรับผู้ที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมที่ก่อให้เกิดเสียงเกินมาตรฐาน

1.1.4 ประเภทของเสียงรบกวน และแหล่งกำเนิดเสียงรบกวน

ซึ่งสามารถแบ่งแยกออกตามแหล่งกำเนิดเสียงรบกวน

- 1.1.4.1 เสียงรบกวนจากโรงงาน เช่น เสียงรบกวนที่เกิดจากเครื่องสูบน้ำ, เสียงเครื่องจักรกล เครื่องสูบลและเครื่องอัด, หม้อไอน้ำ, หอสิ่งทอเย็บ ฯลฯ
- 1.1.4.2 เสียงรบกวนจากการจราจร เช่น เสียงจากรถยนต์, มอเตอร์ไซด์, รถไฟ, เครื่องบิน, เฮลิคอปเตอร์, เรือยนต์ ฯลฯ
- 1.1.4.3 เสียงรบกวนจากการก่อสร้าง เช่น เสียงรบกวนที่เกิดจากรถปรับหน้าดิน, เครื่องขุดเจาะ, การขนย้ายวัสดุ, ตัดและตีโลหะ ฯลฯ
- 1.1.4.4 เสียงรบกวนจากเพื่อนบ้านข้างเคียง เช่น เสียงจากลำโพงวิทยุ, การพูดคุย, การเล่นเกมดนตรี ฯลฯ
- 1.1.4.5 เสียงรบกวนจากภายในบ้าน เช่น เสียงจากพัดลมระบายอากาศ, พัดลม, เครื่องปรับอากาศ, ตู้เย็น, เครื่องจักรที่ใช้สูญญากาศ ฯลฯ

1.1.5 ชนิดของเสียงรบกวนจากเครื่องจักรกล แบ่งได้ตามสาเหตุดังต่อไปนี้

- 1.1.5.1 เสียงรบกวนจากท่อไอเสียเครื่องยนต์
- 1.1.5.2 เสียงรบกวนจากเครื่องเป่าลม
- 1.1.5.3 เสียงรบกวนจากเครื่องบินไอพ่น, เครื่องยนต์แก๊สเทอร์ไบน์
- 1.1.5.4 เสียงรบกวนจากมอเตอร์ไฟฟ้า
- 1.1.5.5 เสียงรบกวนจากดัลลูปปืน
- 1.1.5.6 เสียงรบกวนจากฟันเฟือง
- 1.1.5.7 เสียงรบกวนจากล้อรถไฟ

1.1.6 วิธีการในการลดเสียงรบกวนนั้นกระทำได้ 2 ลักษณะดังนี้

(1) การลดเสียงรบกวนที่แหล่งกำเนิดเสียง โดยกระทำตามวิธีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 การปรับปรุงแก้ไขโครงสร้างของเครื่องจักร เพื่อให้เกิดเสียงน้อยลงคือ การปรับปรุงจุดจับยึดเครื่องจักร เพื่อให้การสั่นสะเทือนลดลง

1.2 การเปลี่ยนแปลงบางส่วนของเครื่องจักร คือ พยายามลดชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวของเครื่องจักรให้น้อยลง

1.3 การใช้ตัวหน่วง (damper) เพื่อลดการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรให้น้อยลง

1.4 การสร้างเครื่องกักเสียงรบกวนแบบความถี่หักล้างเฟสเพื่อนำไปหักล้างเฟสกับความถี่ของเสียงรบกวนที่มาจากแหล่งกำเนิดเสียงรบกวน

(2) การลดเสียง โดยการทําาระหว่างแหล่งกำเนิดเสียง และแหล่งรับเสียง โดยใช้หลักการดังต่อไปนี้

2.1 การลดเสียงรบกวนโดยใช้วัสดุกันเสียง (Barrier material)

2.2 การลดเสียงรบกวนโดยใช้วัสดุดูดซับเสียง (Absorption material)

2.3 การลดเสียงรบกวนโดยใช้ตัวลดเสียง (Silencer or Muffler)

1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.2.1 สามารถนำไปใช้ในการลดเสียงรบกวนภายในห้องบันทึกเสียง, ห้องโดยสารรถยนต์ ห้องที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ และห้องที่ติดตั้งเครื่องจักรกลประเภท NC/CNC, CAD/CAM

1.2.2 ทำให้ทราบถึงการเกิดสภาวะ Pressure node และ Pressure Antinode ของคลื่นนิ่ง (Standing Wave) 2 คลื่นที่ต่างเฟสกัน โดยอาศัยหลักการรวมกันของคลื่นเสียง 2 คลื่นที่มีเฟสต่างกัน 180 องศา หรือเฟสตรงข้าม (Out of Phase)

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.3.1 เพื่อศึกษาแนวทางการลดเสียงรบกวนโดยนำเอาทฤษฎีของคลื่นเสียงที่เกิดจากแหล่งกำเนิด 2 แหล่ง ที่มีขนาดแอมพลิจูดเท่ากันแต่มีเฟสต่างกัน 180 องศา และนำมาหักล้างเฟสกัน

1.3.2 เพื่อศึกษาเทคนิคการลดเสียงรบกวนโดยการนำเอาวงจรหน่วงเวลา (Delay – Line) มาปรับเฟสและซดเซชสัญญาณความถี่ทั้ง 2 เฟสที่ต่างกัน และให้คาบเวลา (Period) เคลื่อนที่เท่ากัน และเฟสต่างกัน 180 องศา องศาพอดี

1.3.3 เพื่อศึกษาแนวทางการลดเสียงรบกวนและการควบคุมเสียงรบกวนประเภทความถี่ต่ำที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรกล

1.3.4 เพื่อศึกษารูปร่างของคลื่นเสียงรบกวนที่ถูกหักล้างเฟส ณ ตำแหน่งต่าง ๆ บนมุมกระจายเสียงของ Polar diagram

1.3.5 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการลดเสียงรบกวน แบบการหักล้างเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

1.4.1 จำลองกระบวนการของการสร้างความรู้มาหักล้างเฟสกับความถี่เดิมแบบการควบคุมป้อนกลับด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

1.4.2 ออกแบบและคำนวณการสร้างเครื่องกำเนิดความถี่แบบกลับเฟสที่ให้คลื่นเสียงเสมือนกับเสียงที่ได้จากแหล่งกำเนิดเสียง จะต่างกันตรงที่จะให้เฟสกลับกันกับสัญญาณความถี่ของเสียงรบกวน และมีความต่างเฟส 180 องศา

1.4.3 ออกแบบวิธีการลดเสียงรบกวน โดยใช้แบบการควบคุมป้อนกลับ หรือการควบคุมแบบปรับตัวเองได้



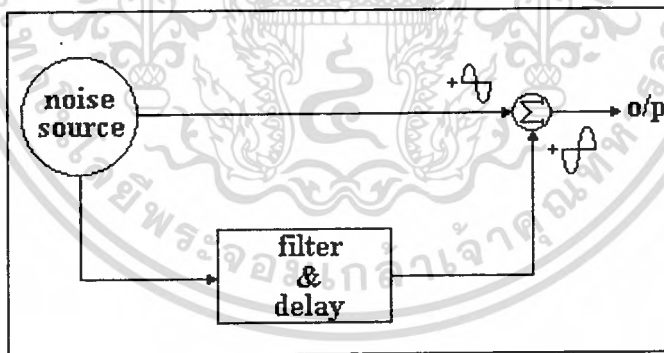
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผลงานการวิจัยที่ผ่านมา

การสร้างความถี่มาหักล้างเฟสกับความถี่เดิม คือ การลดเสียงรบกวนของเครื่องจักรกล เครื่องปรับอากาศ เครื่องยนต์ เครื่องกลไฟฟ้า โดยวิธีการนำสัญญาณความถี่ของคลื่นเสียงรบกวนเอามา กลับเฟส แล้วนำสัญญาณความถี่ของคลื่นเสียงรบกวนที่กลับเฟสเรียบร้อยแล้วเอาไปหักล้างเฟส กับสัญญาณความถี่ของคลื่นเสียงรบกวนเดิมด้วยวิธีการ (Electronics Feedback Control) แนวความคิดในการลดเสียงรบกวนมีหลักการโดยการรับสัญญาณจากแหล่งกำเนิดเสียง จากนั้นก็นำเอา มาฟิลเตอร์และตัวหน่วง เพื่อที่จะนำเอาสัญญาณรบกวนที่เป็นคาบเวลามาทำการกรอง และหน่วง สัญญาณ เพราะเนื่องจากสัญญาณที่รับเข้ามานั้นไม่สามารถส่งออกไปได้ทันที ถ้าส่งออกไปก็จะ ทำให้เฟสของสัญญาณรบกวนและสัญญาณที่กลับเฟสไม่ต่างกัน 180 องศา ทำให้หักล้างกัน ไม่หมด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ ช่วยในการหน่วงเวลา (Delay line) มาใช้ในการปรับเฟสของ สัญญาณทั้งสองให้ต่างกันเท่ากับ 180 องศาพอดี จากนั้นจะอาศัยหลักการรวมกันของคลื่นเสียงโดย นำคลื่นทั้งสองมารวมกันและสังเกตผลที่ได้ดังรูปที่ 2.1 ข้างล่างนี้



รูปที่ 2.1 Block Diagram สำหรับ Noise Cancellation

ซึ่งในการศึกษาการลดเสียงรบกวนของเครื่องจักรกล เครื่องยนต์ เครื่องปรับอากาศและอุปกรณ์ เครื่องกลไฟฟ้า โดยวิธีทาง Acoustic theory และ Vibration theory นี้ได้มีผู้ศึกษาวิจัยดังต่อไปนี้ คือ

นายบรรณวิทย์ มุลสิน, นายประสุด สุขประเสริฐ, นายมานะชัย อิมเอิบปฐม และนาย รังสฤษดิ์ สัตยวาท ได้ศึกษาการลดระดับเสียงรบกวนในเครื่องปรับอากาศ โดยทำการวัดระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียงของอุปกรณ์ส่วนประกอบที่ละชิ้นส่วน แล้วนำมาเปรียบเทียบโดยควบคุมตัวแปรและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ของเครื่องปรับอากาศ ผลการทดลองพบว่าเสียงรบกวนของเครื่องปรับอากาศมีสาเหตุมาจากการใช้ blower ที่มีคุณภาพไม่ดีพอและเสียงของการไหลของสารทำความเย็นใน capillary tube ใน Fancoil unit, เสียงที่เกิดจากการสั่นกระพือของ casing, เสียงรบกวนเนื่องจากความไม่สมดุลขณะมอเตอร์หมุนและการเดินเครื่องของคอมเพรสเซอร์ เมื่อทราบสาเหตุต่าง ๆ ของเสียงรบกวนจากเครื่องปรับอากาศ จึงใช้วัสดุประเภทดูดซับเสียงและการสั่นสะเทือนนำไปตามจุดที่คาดว่ามีการสั่นสะเทือน แล้วเสริมความแข็งแรงของชิ้นส่วนด้วยวัสดุที่แข็งแรงและมีน้ำหนักมากพอสมควร ผลของการปรับปรุงที่ได้ คือ ค่าระดับความดังของเสียงจะลดลงประมาณ 5% เมื่อเทียบกับเครื่องปรับอากาศตัวเดิมก่อนการปรับปรุง โดยเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นประมาณ 1,000 บาท ต่อเครื่อง [5]

นายนิพนธ์ คงประเสริฐ, นายเกียรติชาย บริบาลบรรพลเขตต์ และนายชัชวาล โอภาณะมาศ ได้ศึกษาการหาประสิทธิภาพของเครื่องดับเสียงแบบ Helmholtz Resonator เมื่อไม่มีอากาศไหลผ่านและเมื่อมีอากาศไหลผ่าน โดยทำการหาคุณสมบัติของท่อนำคลื่นเสียง, หาประสิทธิภาพของ muffler และหาประสิทธิภาพของ Helmholtz Resonator จากผลการทดลองพบว่า muffler สามารถที่ลดความดังของเสียงได้มาก และมีค่า Transmission Loss สูง [4]

นายบุญเลิศ ปิยะกุลภิญโญ, นายปรเมศวร์ พิมพบุตร และนายพรเทพ ลีพหากาญจน ได้ศึกษาการหาประสิทธิภาพของเครื่องลดเสียงแบบ side branch resonator เมื่อไม่มีอากาศไหลผ่านและมีอากาศไหลผ่าน โดยทำการหาประสิทธิภาพของห้องเก็บเสียงแบบ Anechoic Room และการหาประสิทธิภาพ Expansion chamber muffler เปรียบเทียบกับ side branch resonator ด้วยวิธีการทดลองหาค่าสูงสุดของเสียงที่ทางเข้าและทางออก เมื่อไม่มีอากาศไหลผ่านและมีอากาศไหลผ่าน แล้วนำค่าที่ได้ไปป้อนเข้าสู่โปรแกรมเพื่อหาค่า Transmission Loss (TL) ผลการทดลองพบว่าห้องเก็บเสียงที่ใช้ทดลองสามารถดูดซับเสียงได้ประมาณ 98% และ muffler สามารถลดเสียงได้ที่ความถี่หลาย ๆ ช่วงความถี่ ส่วน side branch resonator ที่มีขนาดใหญ่มากขึ้น ค่า TL ที่วัดได้ จะมีค่าสูงมากขึ้น และ side branch resonator ที่มีจำนวนท่อเท่ากัน แต่ระยะทางต่างกันจะให้ค่า TL สูงสุดเท่ากันแต่เกิดขึ้นที่ความถี่ไม่เท่ากัน กรณีมีอากาศไหลผ่านจะทำให้มีค่า TL ลดลงและประสิทธิภาพในการลดเสียงลดลง [6]

บทที่ 3

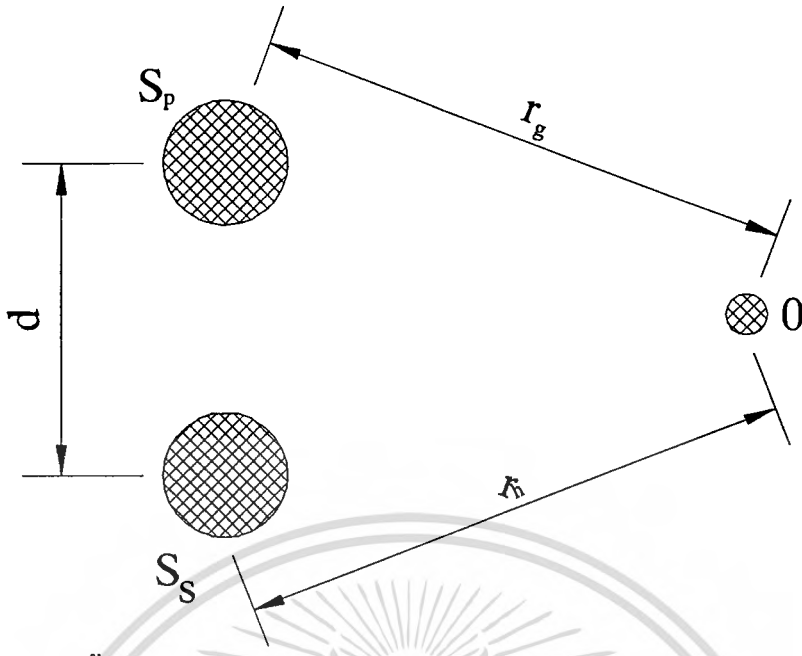
ทฤษฎีการหักล้างเฟสของสนามเสียง

3.1 บทนำ

การกำจัดเสียงรบกวนแบบแอคทีฟ (Active Noise Control : ANC) ใช้หลักการการรวมกันของคลื่นเสียง (Acoustic Wave) เพื่อให้เกิดการแทรกสอดแบบหักล้าง หลักการดังกล่าวสามารถทำให้เกิดเป็นจริงได้ โดยการสร้างคลื่นเสียงเพื่อทำการแทรกสอดกับเสียงรบกวน โดยให้เกิดการแทรกสอดกันแบบหักล้างเพื่อลดระดับของเสียงรบกวน มีหลายปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงานของสัญญาณรบกวน ซึ่งได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างเสียงที่สร้างขึ้นกับเสียงรบกวน ความเป็นอิสระทางกายภาพของแหล่งกำเนิดเสียงทั้งสอง และคุณสมบัติของตัวกลาง

เพื่อให้การกำจัดเสียงรบกวนได้ผลในตำแหน่งของตัวกลางที่ต้องการ จะต้องมีเงื่อนไขคือ คลื่นเสียงทั้งสองแหล่งต้องเป็นแบบโคเฮเรนต์ (Coherent) และมีเฟสตรงข้ามกัน ณ ตำแหน่งดังกล่าว ในการสร้างระบบต้องใช้คลื่นสองคลื่นที่มีความถี่เดียวกันที่มีความต่างเฟสคงที่ ซึ่งจะทำให้คลื่นเสียงทั้งสองแทรกสอดกันแบบหักล้าง หากคลื่นทั้งสองไม่สัมพันธ์กับเงื่อนไขดังกล่าวนี้ การกำจัดเสียงรบกวนจะไม่มีเสถียรภาพ แต่อย่างไรก็ตามถ้าคลื่นทั้งสองมีลักษณะโคเฮเรนต์ แต่ไม่กลับเฟสกันจะทำให้เกิดการเพิ่มระดับเสียงรบกวน

ประเด็นที่กล่าวมาข้างต้นสามารถวิเคราะห์และพิสูจน์ได้โดยการวิเคราะห์ตัวแปรในกระบวนการกำจัดเสียงรบกวนในตัวกลางแบบสามมิติ การวิเคราะห์จะยึดตามระบบที่ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดเสียงสองแหล่งซึ่งอยู่ในตัวกลางแบบเชิงเส้นภายใต้เงื่อนไขคงที่หรือการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขอย่างช้า ๆ



รูปที่ 3.1 ไดอะแกรมพื้นฐานของการกำจัดเสียงรบกวนแบบแอกทีฟ

การวิเคราะห์ในบทนี้ จะใช้ระบบที่ออกแบบสำหรับช่วงเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นในระบบโดยทั่ว ๆ ไป ในข้างต้นจำเป็นต้องกำหนดเงื่อนไขสำหรับการกำจัดเสียงรบกวน สำหรับคลื่นเสียงแบบโทนเดี่ยว การวัดปริมาณการกำจัดสัญญาณรบกวนอยู่ในเทอมของแอมพลิจูดและตัวแปรเฟสของคลื่นเสียง สำหรับเสียงรบกวนในย่านความถี่เสียงทั่วไป ระดับการกำจัดสัญญาณรบกวนยังมีความสัมพันธ์กับความถี่ด้วย ลักษณะทางเรขาคณิตมีความเกี่ยวข้องกับความเป็นอิสระซึ่งกันและกันระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงและจุดที่ต้องการกำจัดเสียงรบกวน ซึ่งจะนำไปสู่การอธิบายการกำจัดสัญญาณรบกวนแบบสามมิติ ซึ่งมีประโยชน์ในการตัดสินใจเลือกรูปทรงของส่วนประกอบที่ใช้ในระบบได้อย่างเหมาะสมสำหรับการกำจัดเสียงรบกวน [2]

3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการกำจัดเสียงรบกวน

ในส่วนนี้เราปรับปรุงการกำจัดเสียงรบกวน ซึ่งอยู่ในเทอมของแอมพลิจูดและตัวแปรเฟสของคลื่นเสียง

กำหนดให้ (Primary) แหล่งกำเนิดเสียง S_p กำเนิดคลื่นเสียง $p(t)$ เป็นฟังก์ชันของเวลาในตัวกลางเชิงเส้น การแพร่ผ่านตัวกลางทำให้เกิดสนาม $p(r,t)$ ที่ระยะทาง r จาก S_p ที่จุดอ้างอิง O ในตัวกลาง ระยะทาง r_s จากแหล่งกำเนิดแรก ซึ่งคลื่นเสียง $p(t)$ ทำให้เกิดสนาม $P(r_s,t)$ หรือเขียนอยู่ในรูปที่ง่ายคือ $P_o(t)$ ซึ่งเป็นฟังก์ชันของเวลาเท่านั้น แสดงดังรูปที่ 3.1 ให้แหล่งกำเนิดที่สอง S_s ซึ่งจะทำให้เกิดคลื่น S_s ที่จุด O คลื่นจากแหล่งกำเนิด S_p และ S_s จะทำให้เกิดคลื่น $O(t)$ ที่จุด $O(t)$ ให้ความหนาแน่นของพลังงานแทนด้วยสัญลักษณ์ดังนี้ (ω = ความถี่ในหน่วยของเรเดียนต่อวินาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 G_{pp}(\omega) &= \text{ความหนาแน่นของพลังงานจากคลื่นเสียงที่หนึ่ง } P(t) \\
 G_{ss}(\omega) &= \text{ความหนาแน่นของพลังงานจากคลื่นเสียงที่สอง } S(t) \\
 G_{ppo}(\omega) &= \text{ความหนาแน่นของพลังงานจากคลื่นเสียงที่หนึ่ง } P_o(t) \\
 G_{sso}(\omega) &= \text{ความหนาแน่นของพลังงานจากคลื่นเสียงที่สอง } S_o(t) \\
 \text{และ } G_{cco}(\omega) &= \text{ความหนาแน่นของพลังงานจากคลื่นเสียงที่สังเกต } O(t)
 \end{aligned}$$

การลดลงของเสียงรบกวนที่จุดสังเกต O จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อความหนาแน่นของพลังงานของการรวมคลื่นมีค่าน้อยกว่าคลื่นเสียงที่หนึ่งเท่านั้น

$$G_{cco}(\omega) < G_{ppo}(\omega) \quad (3.1)$$

ถ้าคลื่นเสียงที่สอง ใช้สำหรับการลดเสียงจากแหล่งกำเนิดที่หนึ่ง จะต้องเป็นไปตามความสัมพันธ์

$$G_{cco}(\omega) < G_{ppo}(\omega)$$

สำหรับการอธิบายในเชิงปริมาณของปรากฏการณ์การกำจัดสนามของคลื่นเสียงที่หนึ่ง เราจะกำหนดให้ K เป็นอัตราส่วนระหว่างการลดลงของความหนาแน่นพลังงาน $G_{ppo}(\omega) - G_{cco}(\omega)$ กับความหนาแน่นพลังงานของเสียงที่หนึ่ง ($G_{ppo}(\omega)$) ซึ่งเกิดขึ้นที่จุดที่กำหนด O

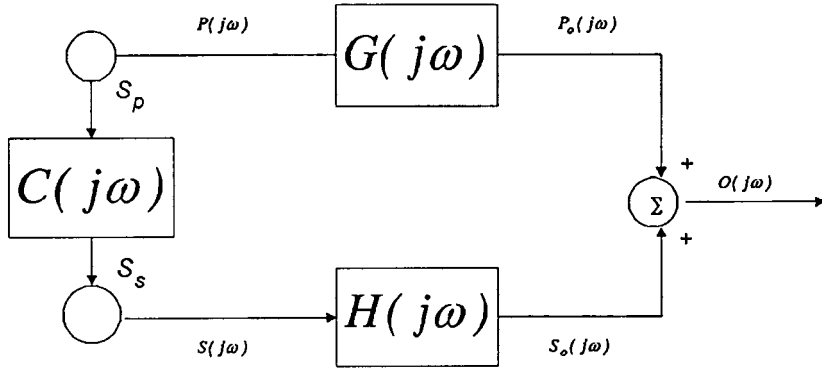
$$K = \frac{G_{ppo}(\omega) - G_{cco}(\omega)}{G_{ppo}(\omega)} \quad (3.2)$$

หรือ

$$K = 1 - \frac{G_{cco}(\omega)}{G_{ppo}(\omega)} \quad (3.3)$$

ข้อสำคัญคือสนามของเสียงที่หนึ่งที่จุดนี้ต้องลดลง

การอธิบายโดเมนของความถี่ (Frequency-Domain) ในรูปที่ 3.1 แสดงดังไดอะแกรมในรูปที่ 3.2 ซึ่งให้ $P(j\omega), P_o(j\omega), S(j\omega), S_o(j\omega)$ และ $O(j\omega)$ แทน $P(t), P_o(t), S(t), S_o(t)$ และ $O(t)$



รูปที่ 3.2 แสดง Block Diagram ของระบบ Active Noise Control

ในโดเมนของความถี่ $C(j\omega)$ เป็น Transfer Function ซึ่งขึ้นกับความถี่ ซึ่งมีแอมพลิจูด $H_c(\omega)$ และเฟส $\theta_c(\omega)$

$$C(j\omega) = H_c(\omega)e^{j\theta_c(\omega)} \quad (3.4)$$

$G(j\omega)$ และ $H(j\omega)$ เป็น Transfer Characteristic ของตัวกลางจากจุด S_p และ S_s ไปยังจุดสังเกตด้วยระยะทาง r_g และ r_h โดยสมมติว่าตัวกลางเป็นแบบเชิงเส้น จะได้ว่า

$$G(j\omega) = \frac{A}{r_g} e^{-j2\pi\frac{r_g}{c}} \quad (3.5)$$

$$H(j\omega) = \frac{A}{r_h} e^{-j\omega\frac{r_h}{c}}$$

λ คือความยาวคลื่น, C คือความเร็วของเสียงในตัวกลาง, และ A เป็นค่าคงที่, อัตราส่วนของ $\frac{2\pi}{\lambda}$ คือ เลขคลื่น (Wave Number) แทนด้วย k

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{c} \quad (3.6)$$

อัตราส่วน $\frac{r_g}{c}$ และ $\frac{r_h}{c}$ ในสมการ (3.5) มีค่าขึ้นอยู่กับเวลา t_g และ t_h ซึ่งเป็นเวลาที่คลื่นเสียงที่หนึ่งและคลื่นเสียงที่สองใช้ในการเดินทางไปยังจุดสังเกตด้วยระยะทาง r_g และ r_h

$$t_g = \frac{r_g}{c} \quad (3.7)$$

$$t_h = \frac{r_h}{c}$$

จากรูปที่ 3.2

$$P_o(j\omega) = G(j\omega)P(j\omega)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$S(j\omega) = C(j\omega)P(j\omega) \quad (3.8)$$

$$S_o(j\omega) = H(j\omega)S(j\omega)$$

และความหนาแน่นของพลังงาน คือ

$$\begin{aligned} G_{pp}(\omega) &= |P(j\omega)|^2 \\ G_{ss}(\omega) &= |S(j\omega)|^2 = \alpha_s G_{pp}(\omega) \\ G_{ppo}(\omega) &= |S_o(j\omega)|^2 \\ G_{sso}(\omega) &= |P_o(j\omega)|^2 \\ G_{cco}(\omega) &= |P(j\omega) + S_o(j\omega)|^2 \end{aligned} \quad (3.9)$$

α_s เป็นอัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของพลังงานของคลื่นที่สองและคลื่นเสียงที่หนึ่ง หรือ อัตราส่วนของพลังเสียงที่สองกับพลังเสียงที่หนึ่ง ก่อนการแพร่ออกไปในตัวกลาง

$$\alpha_s = \frac{G_{ss}(\omega)}{G_{pp}(\omega)} \quad (3.10)$$

จากสมการ (3.4), (3.5), (3.8) และ (3.9) ความหนาแน่นของพลังงาน $P_o(t)$ และ $S_o(t)$ สามารถเขียนได้เป็น

$$\begin{aligned} G_{ppo}(\omega) &= \frac{A^2}{r_g^2} G_{pp}(\omega) \\ G_{sso}(\omega) &= \alpha_s \frac{A^2}{r_h^2} G_{pp}(\omega) \end{aligned} \quad (3.11)$$

และความหนาแน่นของพลังงาน $O(t)$ คือ

$$G_{cco}(\omega) = |G(j\omega)P(j\omega) + H(j\omega)C(j\omega)P(j\omega)|^2$$

เขียนอยู่ในรูปที่ง่ายขึ้น

$$G_{cco} = G_{ppo}(\omega) + G_{sso}(\omega) + 2\sqrt{G_{ppo}(\omega)G_{sso}(\omega)} \cos\left[\omega \frac{\Delta r}{c} + \theta_c(\omega)\right] \quad (3.12)$$

โดย $\Delta r = r_g - r_h$ แทนค่า $G_{cco}(\omega)$ จากสมการ (3.12) ลงในสมการ (3.3) และเขียนอยู่ในรูปที่ง่ายจะได้

$$K = -\frac{G_{sso}(\omega)}{G_{ppo}(\omega)} - 2\sqrt{\frac{G_{sso}(\omega)}{G_{ppo}(\omega)}} \cos\left[\omega \frac{\Delta r}{c} + \theta_c(\omega)\right] \quad (3.13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสาร GFDL สำหรับใช้ฟรีโดยไม่มีการคิดค่าลิขสิทธิ์ใดๆ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าอัตราส่วนของความหนาแน่นพลังงานของคลื่นที่สองกับคลื่นที่หนึ่ง ที่จุดสังเกต α และ Cross-Spectral Density Factor ซึ่งนิยามโดยเทอม Cosine ในสมการที่ (3.12) และ (3.13) ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ β

$$\alpha = \frac{G_{sso}(\omega)}{G_{ppo}(\omega)} \quad (3.14)$$

$$\beta = \cos \left[\omega \frac{\Delta r}{c} + \theta_c(\omega) \right]$$

ดังนั้นสมการ (3.13) สามารถเขียนได้เป็น

$$K = -2\beta\sqrt{\alpha} - \alpha \quad (3.15)$$

ซึ่งจากสมการจะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่าง Cross-Power Spectral Density Factor ซึ่งแสดงอยู่ในรูปของเฟสสัมพันธ์ของคลื่น, อัตราส่วนของความหนาแน่นพลังงาน ซึ่งอยู่ในรูปของแอมพลิจูดสัมพันธ์ของคลื่น และระดับของการลดเสียงรบกวน ซึ่งพิจารณาจาก Cancellation Factor K [2]

3.3 เงื่อนไขทั่วไปสำหรับการกำจัดเสียงรบกวน

เงื่อนไขทั่วไปสำหรับการกำจัดสนามของเสียงจะได้กล่าวถึงในส่วนนี้ ซึ่งจะได้อธิบายพื้นฐานเพื่อใช้ในการสร้างระบบ ANC

ซึ่งตามสมการ (3.1) และ (3.3) ให้เกิดการกำจัดเสียงรบกวน Field Cancellation Factor ต้องมีค่าอยู่ระหว่างศูนย์กับหนึ่ง

$$0 < K \leq 1 \quad (3.16)$$

เมื่อค่า K เป็นศูนย์แสดงว่าไม่เกิดการกำจัดเสียงรบกวน และเป็นหนึ่ง แสดงว่าการกำจัดเสียงรบกวนเป็นไปอย่างสมบูรณ์

แทนค่า K จากสมการ (3.15) ลงในสมการ (3.16) และเขียนอยู่ในรูปอย่างง่าย

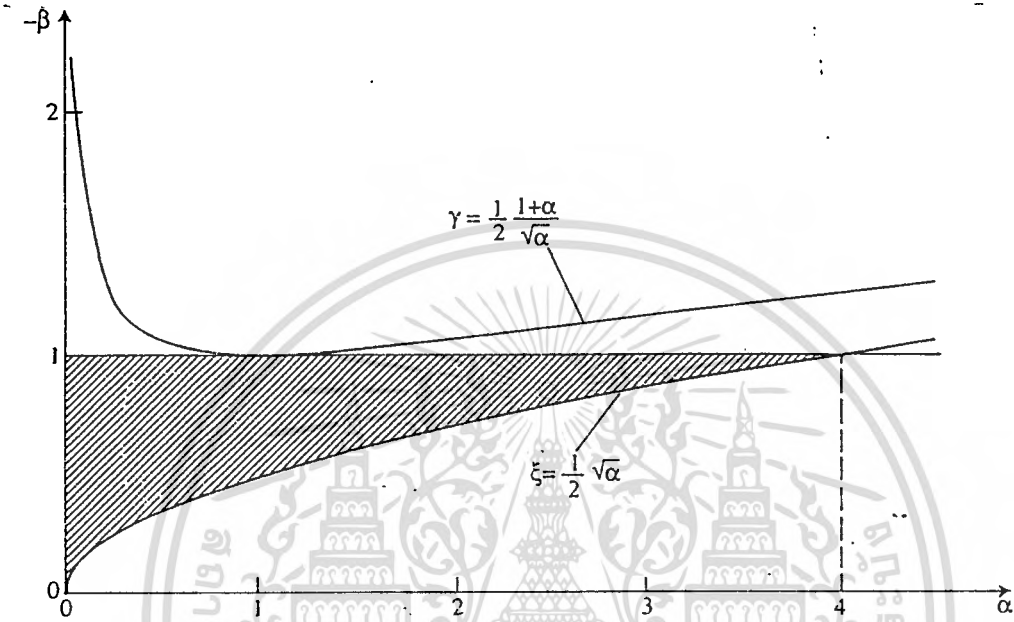
$$\frac{\sqrt{\alpha}}{2} < -\beta \leq \frac{1+\alpha}{2\sqrt{\alpha}} \quad (3.17)$$

เมื่อ α เป็นอัตราส่วนของกำลังเสียงซึ่งมีค่าเป็นจำนวนจริงบวก ทั้งสองสมการมีค่าเป็นบวก ซึ่งสมการจะเป็นจริงได้ก็ต่อเมื่อค่า Cross-Spectral Density Factor เป็นลบ

$$\beta < 0 \quad (3.18)$$

ซึ่งเป็นเงื่อนไขสำหรับการกำจัดเสียงรบกวน

ดังสมการ (3.17) $-\beta$ มีค่าอยู่ระหว่างฟังก์ชัน $\zeta = \sqrt{\alpha}/2$ และ $\gamma = (1+\alpha)/2\sqrt{\alpha}$ แสดง
 ดังรูป 3.3



รูปที่ 3.3 เงื่อนไขแอมพลิจูดและเฟสสำหรับการกำจัดเสียงรบกวน

แต่อย่างไรก็ตามค่า β มีขอบเขตอยู่ที่ไม่เกิน 1

$$|\beta| \leq 1 \quad (3.19)$$

ดังนั้นสมการ (3.17) จะกลายเป็น

$$\frac{\sqrt{\alpha}}{2} < -\beta \leq 1 \quad (3.20)$$

เงื่อนไขของแอมพลิจูดสำหรับการกำจัดเสียงรบกวน คือ

$$0 < \frac{\sqrt{\alpha}}{2} < -\beta \quad (3.21)$$

รวมเงื่อนไขแอมพลิจูดและเฟสเข้าด้วยกัน แสดงดังส่วนที่แรเงาในรูปที่ 3.3 ยกกำลังสองสม

การ (3.21) จะได้ช่วงที่เป็นไปได้ของอัตราส่วนกำลัง คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$0 < \alpha < 4\beta^2 \quad (3.22)$$

แทนค่า α จากสมการ (3.14) ลงในสมการ (3.22) จะได้

$$0 < G_{cco}(\omega) < 4\beta^2 G_{ppo}(\omega) \quad (3.23)$$

จะสังเกตได้ว่า ถ้า β อยู่ที่ยึดจำกัดบน (เท่ากับหนึ่ง) ดังนั้นสมการ (3.22) และ (3.23) จะแสดงให้เห็นถึงการเกิดการกำจัดเสียงรบกวนที่จุดสังเกต ถ้าความหนาแน่นพลังงานของคลื่นเสียงที่สองมีค่าน้อยกว่าสี่เท่าของความหนาแน่นพลังงานของคลื่นเสียงที่หนึ่งหรือในกรณีที่คล้ายกัน ถ้าพลังงานรวมของคลื่นเสียงที่สองมีค่าไม่เกินสี่เท่าของพลังงานรวมของคลื่นเสียงที่หนึ่ง

แทนค่า β จากสมการ (3.14) ลงในสมการ (3.20) จะได้

$$\frac{\sqrt{\alpha}}{2} < -\cos[\omega\tau + \theta_c(\omega)] < 1; \quad 0 < \alpha < 4 \quad (3.24)$$

τ คือ เวลาหน่วงสัมพัทธ์ (Relative Time Delay) ระหว่างคลื่นที่หนึ่ง และคลื่นที่สอง ซึ่งมีความถี่เดียวกัน เมื่อเคลื่อนที่ถึงจุดสังเกต

$$\tau = \frac{\Delta r}{c} = t_g - t_h \quad (3.25)$$

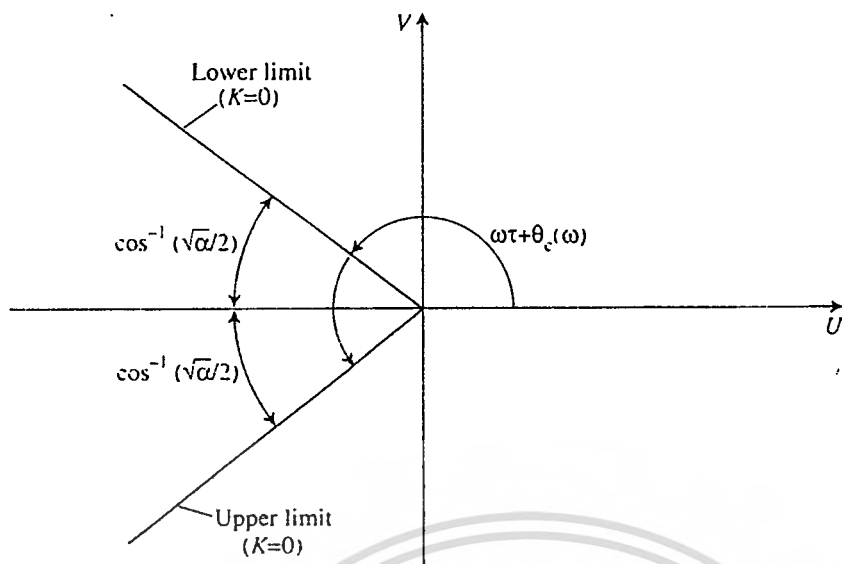
ดังสมการ (3.24) การกำจัดเสียงรบกวนจะเกิดขึ้นที่จุดสังเกต ถ้าความต่างเฟส $\omega\tau + \theta_c(\omega)$ ระหว่างคลื่นเสียงที่หนึ่งและสองเป็นไปตามความสัมพันธ์

$$(2n+1)\pi - \cos^{-1} \frac{\sqrt{\alpha}}{2} < (2n+1)\pi + \cos^{-1} \frac{\sqrt{\alpha}}{2}$$

$$\text{สำหรับ } n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \text{ และ } 0 < \alpha < 4 \quad (3.26)$$

แสดงดังรูปที่ 3.4 สังเกตได้ว่าความต่างเฟสที่วัดได้เป็นค่าบวก

ความสัมพันธ์ที่ได้ทำการปรับปรุงมาแล้วนั้น เป็นเงื่อนไขทั่วไปที่จำเป็นสำหรับการกำจัดเสียงรบกวน ซึ่งอยู่ในรูปเทอมแอมพลิจูดสัมพัทธ์และเฟสสัมพัทธ์ของคลื่น ซึ่งจะได้เป็นพื้นฐานในการสร้างระบบ ANC



รูปที่ 3.4 ช่วงของความต่างเฟสของคลื่นองค์ประกอบสำหรับการกำจัดเสียงรบกวน

ในระบบ 2 มิติของแกน u, v จะได้ค่าระยะห่างของแหล่งกำเนิดเสียงทั้ง 2 แหล่งคือ แกน r_g และ r_n ดังสมการข้างล่างนี้

$$r_g = \left[\left(u - \frac{d}{2} \right)^2 + v^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.27)$$

$$r_h = \left[\left(u + \frac{d}{2} \right)^2 + v^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

แทนค่าจากสมการ (3.11) ลงในสมการ (3.14) จะได้รูปสมการอย่างง่ายดังนี้

$$\alpha = a^2 \alpha_s \quad (3.28)$$

ซึ่ง a คือ จำนวนจริงบวก

$$a = \frac{r_g}{r_n} \quad (3.29)$$

ปัจจัยหรือองค์ประกอบในการหักล้างเฟส โดยที่ $\beta < 0$ ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$\alpha = \beta^2 \quad (3.30)$$

ซึ่งกำหนดให้ค่า K_{max} คือ ค่าสูงสุดขององค์ประกอบในการหักล้าง

$$K_{max} = \beta^2 \quad (3.31)$$

โดยที่สมการ (3.30), (3.3) มีค่าสูงสุดของกลุ่มเส้นโค้งในสมการ (3.15)

$$K = \alpha \quad \text{for } 0 < \alpha \leq 1 \quad (3.32)$$

แก้สมการที่ (3.15) สำหรับค่า $-\beta$ แล้วนำไปแทนค่าลงในสมการ (3.20) และจัดรูปได้ดังนี้

$$0 < K \leq 2\sqrt{\alpha} - \alpha \quad (3.33)$$

สมมติให้ Factor ของการหักล้างเสียง คือ ค่า K เป็นอัตราส่วนของ Spectrum ที่หักล้างคือ

$$K = \frac{G_{ppo}(\omega) - G_{cco}(\omega)}{G_{ppo}(\omega)} \quad \text{จาก Carlson A.B. (1975) [1]}$$

$$K = -2\beta\sqrt{\alpha} - \alpha \quad \text{จาก Leitch R.R. and Tokhi, M.O. (1992) [2]}$$

จะพบว่าระยะห่างของลำโพงและความถี่เป็นองค์ประกอบของ Factor การหักล้างเสียง

ประสิทธิภาพการหักล้างเสียงรบกวนจากทฤษฎี $\eta = 100 \cdot K$ (3.34)

ประสิทธิภาพการหักล้างเสียงรบกวนจากการทดลอง $\eta = 100 \frac{I_a - I_b}{I_a}$ (3.35)

เมื่อ $I_a = 10^{\frac{X}{10}}$ ระดับความเข้มเสียงก่อนการหักล้าง (dB)

เมื่อ $I_b = 10^{\frac{X}{10}}$ ระดับความเข้มเสียงหลังการหักล้าง (dB)

$X =$ ระดับเสียงที่วัดได้ (dB) [3]

บทที่ 4

การออกแบบและการสร้างเครื่องกำเนิดคลื่นเสียงหักล้าง

4.1 ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดคลื่นเสียงหักล้าง (Source Secondary : S_2)

อุปกรณ์ชิ้นส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการสร้างวงจรเครื่องกำเนิดคลื่นเสียงหักล้างมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

4.1.1 Clampling คือวงจรที่เอาไว้ใช้ยกระดับสัญญาณเสียงให้สูงขึ้นตามค่าที่ต้องการ เพราะว่าวงจร Automatic Gain Control ที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นเป็นระดับสัญญาณบวกกับ Ground แต่สัญญาณจาก Function Generator นั้นเป็นไฟบวก, ลบ, Ground จึงต้องยกระดับแรงดันให้สูงขึ้น

4.1.2 Buffer ทำหน้าที่นำสัญญาณที่ได้จากวงจร Clampling มาส่งให้ภาค Automatic Gain Control เพราะถ้าไม่มีวงจร Automatic Gain Control จะดึงกระแสไฟจาก Function Generator ทำให้เกิดสัญญาณผิดเพี้ยนหรือตกลง ทำให้ไม่ได้สัญญาณที่ต้องการเพราะจะต้องเอาสัญญาณนี้ไปป้อนให้กับ Power Amp ต่อไป

4.1.3 Automatic Gain Control (AGC) จะเป็นตัวควบคุมระดับแรงดันสัญญาณของวงจรที่จะไปหักล้าง โดยจะถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

4.1.4 Inverting Amplifier จะทำหน้าที่ขยายและกลับเฟสสัญญาณคลื่นเสียงเพื่อจะนำไปหักล้างกับสัญญาณเสียงจาก Function Generator

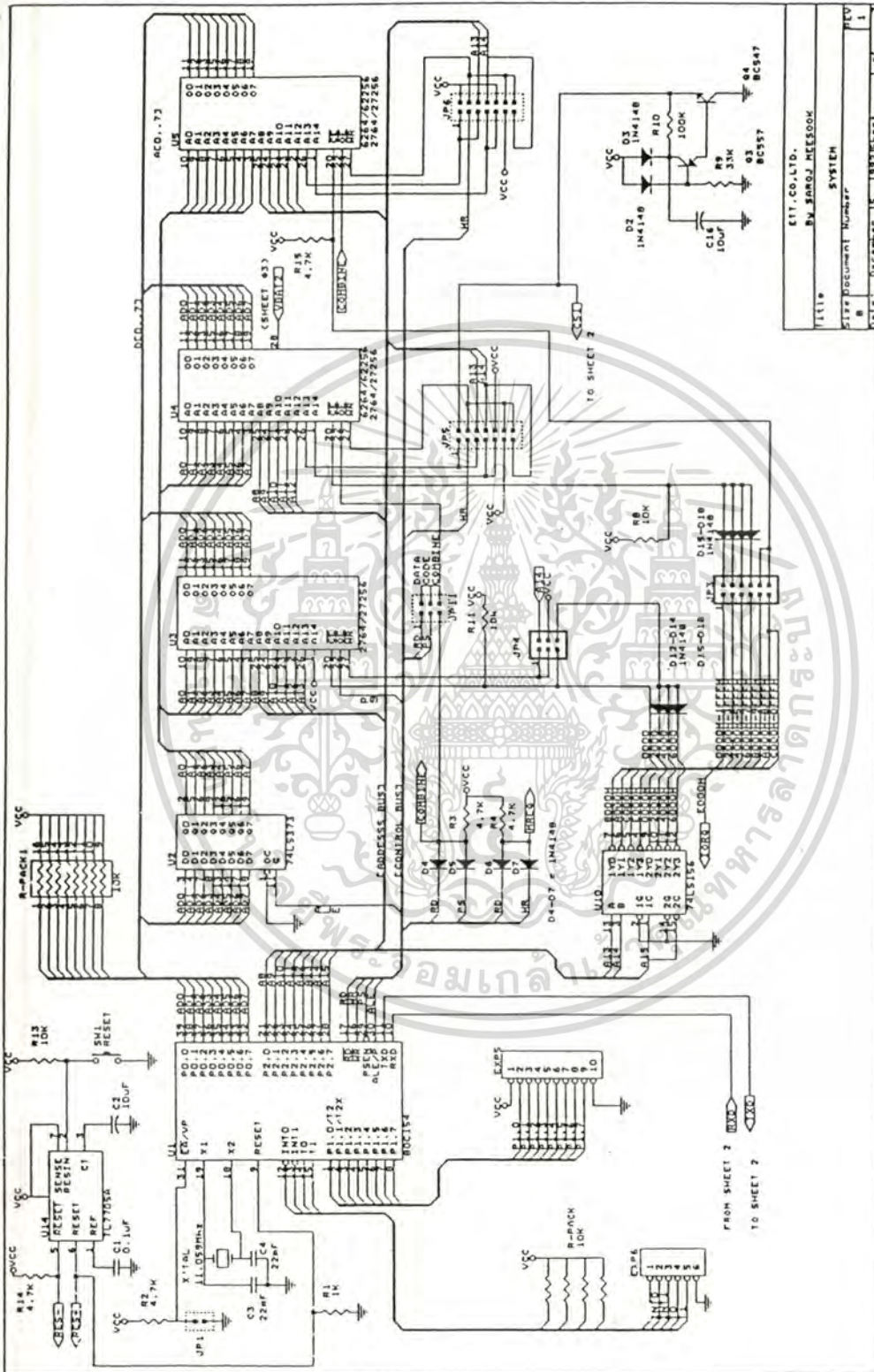
4.1.5 Amplifier ทำหน้าที่ขยายสัญญาณคลื่นเสียงเพื่อส่งออกไปที่หัวลำโพง และขยายสัญญาณที่ออกจากไมโครโฟนให้มีระดับสัญญาณที่แรงขึ้นก่อนเข้าไปยังตู้ FFT Analyzer

4.1.6 Rectifier ทำหน้าที่แปลงชนิดกระแสไฟจากไฟฟ้ากระแสสลับ(AC) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ที่ได้จากไมโครโฟน โดยจะต้องผ่าน Amplifier เพื่อยกระดับแรงดันสัญญาณให้สูงขึ้นเสียก่อนแล้วจึงทำการแปลงชนิดกระแสไฟฟ้า

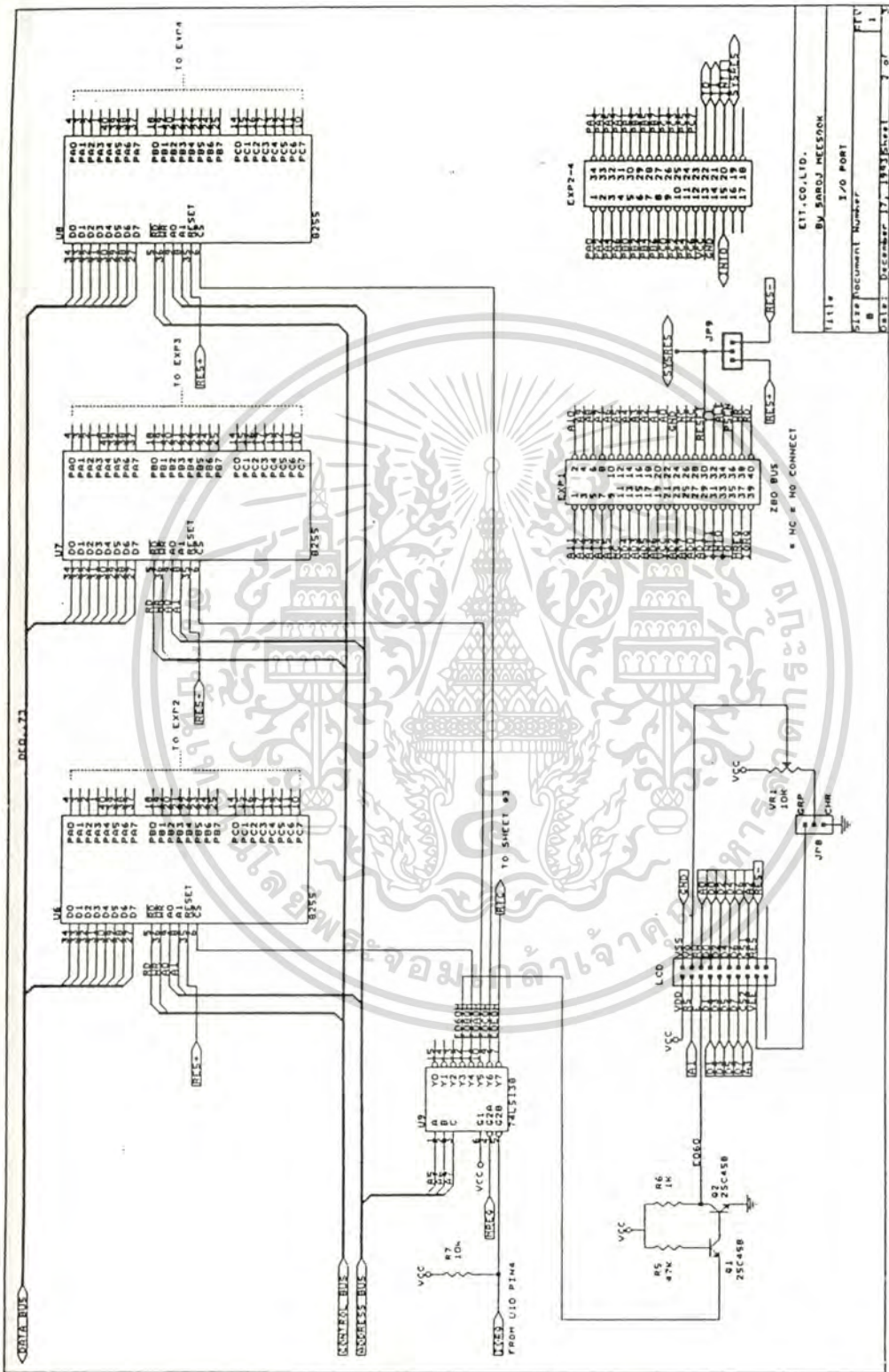
4.1.7 Power Supply ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดในวงจรทดลอง

4.1.8 Embedded Controller หรือ Microcontroller ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมสัญญาณคลื่นเสียงที่จะนำไปหักล้างโดยจะทำการสร้างสัญญาณคลื่นเสียงให้มีค่าอัมพลิจูด ความถี่ ความยาวคลื่น ความเร็วคลื่น และมีเฟสต่างกัน 180 องศา กับสัญญาณคลื่นเสียงที่จะถูกหักล้างกัน โดยทำการวิเคราะห์สัญญาณที่ได้จาก A/D หลังจากนั้นจะควบคุมการทำงานของ Automatic Gain Control

4.2.2 วงจร Embedded Controller (วงจรส่วนที่ 2)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับนักเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



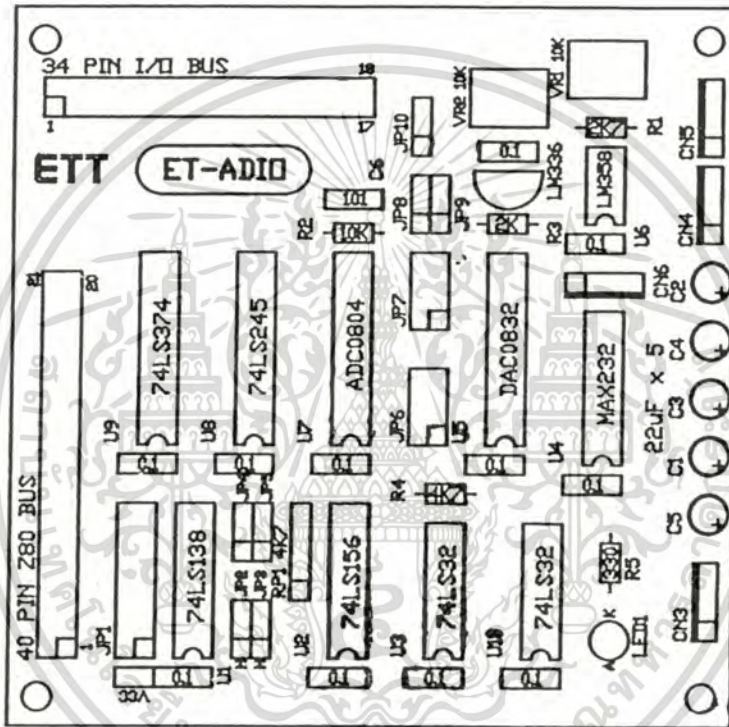
ETI. CO., LTD.
By SAROJ MEESOM
Title I/O PORT
Step Document Number
DATE December 17, 1991
Page 1 of 1

รูปที่ 4.3 แสดงวงจรการทำงานของ Embedded Controller
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 แผนผังส่วนประกอบของวงจร Adio Board หรือ A/D (ส่วนวงจรที่ 3)

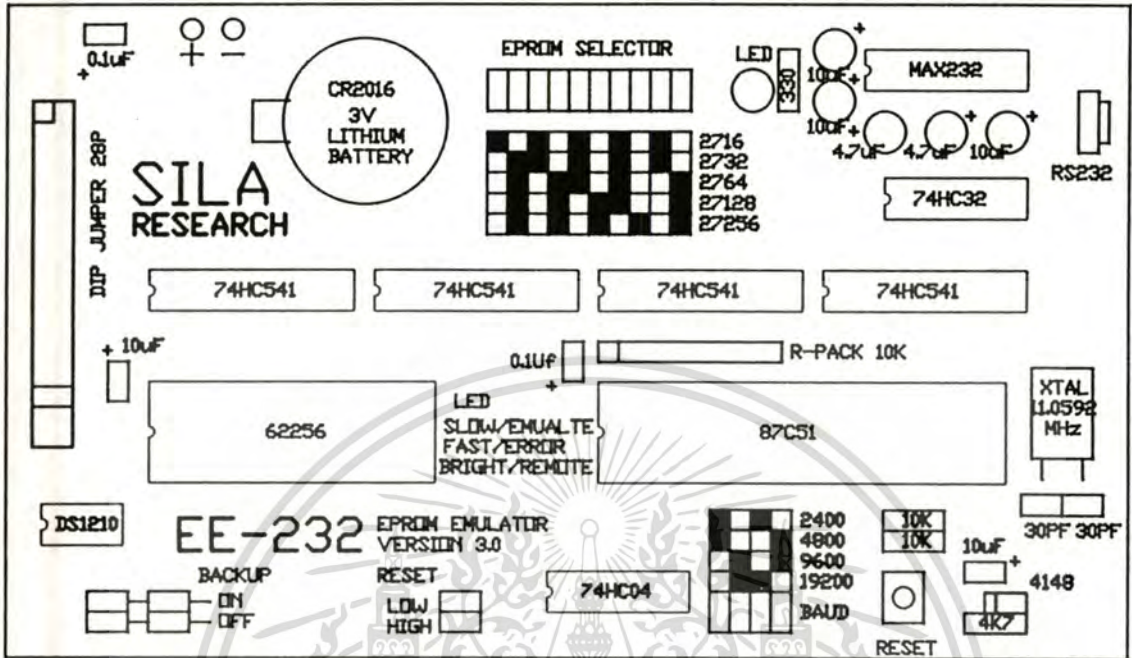
ส่วนประกอบที่สำคัญ ๆ ของ ET-Adio Board

- มีภาคอินพุทแบบดิจิตอล จำนวน 8 บิต
- มีภาคเอาต์พุทแบบดิจิตอล จำนวน 8 บิต
- มีภาคอินพุทแบบอนาลอกขนาด 8 บิต หรือ 10 บิต จำนวน 1 แชนแนล
- มีภาคเอาต์พุทแบบอนาลอกขนาด 8 บิต หรือ 12 บิต จำนวน 1 แชนแนล
- มีวงจรถอดรหัสตำแหน่งของพอร์ตใช้งานได้อย่างอิสระถึง 256 พอร์ต



รูปที่ 4.5 แสดงส่วนประกอบของ A/D

4.2.4 แผนผังส่วนประกอบวงจร Eprom Emulator (ส่วนวงจรที่ 4)



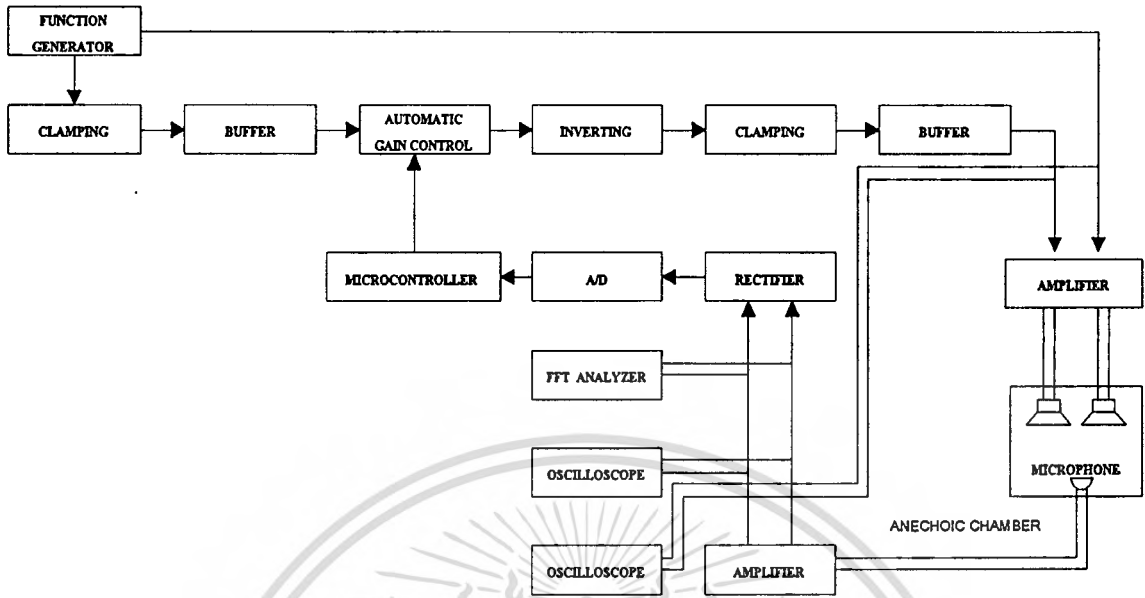
รูปที่ 4.6 แสดงส่วนประกอบของ Eprom Emulator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของ EE-232

- สามารถจำลองเป็นตัว Eprom ได้ 5 เบอร์ คือ 2716 2732 27(C)64 27(C)128 27(C)256
- ความเร็วในการสื่อสารทางพอร์ตอนุกรม สามารถเลือกได้ 4 ค่า คือ 2400 4800 9600 และ 19200 โดยตั้งค่าได้จากตัว Jumper
- ไฟล์ที่ใช้ในการโหลดข้อมูล ใช้ไฟล์มาตรฐานแบบ Intel-Hex File ซึ่งมีระบบตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล (Checksum) ทุกครั้งที่มีการโหลด
- มีขั้วต่อแบบปากคีบสำหรับเป็นสัญญาณ Reset ให้กับบอร์ดเป้าหมาย ซึ่งสามารถเลือกได้ทั้งแบบ Active High และ Active Low
- การใช้งานมี 2 โหมดหลักคือ การโหลดข้อมูลปกติ และ Remote Editor ซึ่งประกอบด้วยชุดคำสั่งในการใช้งานถึง 12 คำสั่ง ใช้งานได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ
- ไฟเลี้ยงดึงจาก Dip Jumper 28 Pin ได้เลย ซึ่งทั้งบอร์ดจะกินกระแสเพียง 40 mA เท่านั้น
- มีระบบ Backup ข้อมูลใน Ram ด้วย Lithium Battery 3 V สามารถเก็บข้อมูลได้นานถึง 4 ปี และสามารถตั้งให้ ON หรือ OFF ได้
- มี LED บอกระดับสถานะของการทำงานในแต่ละโหมด
- มี Test Point เป็นขั้วไฟ +5V และ GND สะดวกสำหรับการทดลองต่าง ๆ
- ตัวบอร์ดมีขนาดเล็กเพียง 5.5 x 3.2 นิ้ว เท่านั้น มีความคล่องตัวในการใช้งานสูง

4.2.5 วงจรเครื่องกำเนิดคลื่นเสียงหักล้างเฟส



รูปที่ 4.7 แสดงวงจรการทำงานของเครื่องกำเนิดคลื่นเสียงหักล้างเสียง

หลักการทํางานของชุดทดลองจะทํางานโดยอาศัยแหล่งกำเนิดเสียงจาก Function Generator เป็นตัวกำเนิดคลื่น Sine Wave ที่มีคาบเวลาคงที่สม่ำเสมอ สัญญาณคลื่นเสียงที่จะเข้าสู่ชุดตัวควบคุมจะถูกแบ่งสัญญาณออกเป็นสองส่วนเสียก่อน ซึ่งสัญญาณส่วนที่สองจะต้องเข้าทำการกลับเฟส รูปคลื่นสัญญาณเสียง และทำให้เฟสเลื่อนออกไปมีมุมเฟสต่างกัน 180 องศา (Out of Phase) กับอีกคลื่นส่วนสัญญาณเสียงที่ไม่ได้กลับเฟสโดยคาบเวลาค้นสัญญาณเสียงที่กลับเฟสจะต้องมีคาบเวลาที่ทันกันไม่ล้ำหน้าและด้าหลังเกินไป ซึ่งจะเป็นแบบ Real Time ที่จะทำให้เกิดประสิทธิภาพการหักล้างเฟสสูงสุด จากนั้นสัญญาณคลื่นเสียงทั้งคู่ที่มีเฟสตรงข้ามกันจะปล่อยเข้าสู่ห้องเก็บเสียงเพื่อทำการทดลองตามวิธีการทดลอง ภายในห้องเก็บเสียงจะมีไมโครโฟนติดตั้งไว้ทำการตรวจจับคลื่นเสียงที่หักล้างกัน ถ้ามีการหักล้างไม่หมดในกรณีเกิดการผิดเพี้ยนของค่าความต้านทานและกำลังเสียงของลำโพงทั้งสองตัว ตัวควบคุม (Controller) จะทำการชดเชย (Compensate) ในส่วนของแอมพลิจูดความยาวคลื่น ความถี่ ความเร็ว และการเลื่อนเฟสให้ต่างกัน 180 องศา ทุกครั้งเมื่อมีค่าคลาดเคลื่อนในการทดลองเกิดขึ้น

บทที่ 5

การทดลอง

5.1 อุปกรณ์การทดลองและเครื่องมือวัด มีดังต่อไปนี้

5.1.1 Function Generator ทำหน้าที่ในการสร้างรูปคลื่นสัญญาณเสียง Sine Wave ซึ่งเป็นสัญญาณเสียงที่มีการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้น และกำเนิดคลื่นเสียงตั้งแต่ค่าความถี่ 20 Hz ถึง 20 KHz

5.1.2 Microcontroller Unit (MCU) ทำหน้าที่วิเคราะห์ระดับแรงดันสัญญาณที่ได้จาก A/D และยังควบคุมระดับแรงดันสัญญาณที่วงจร Automatic Gain Control (AGC)

5.1.3 Oscilloscope ใช้เป็นเครื่องมือวัดในการอ่านระดับแรงดันสัญญาณภายในวงจรทดลอง ในการใช้งานจะเลือกใช้ช่องสัญญาณทั้ง 2 ช่องเพื่อดูการเปรียบเทียบสัญญาณแรงดันทั้ง 2 สัญญาณที่ป้อนเข้ามา เพื่อความสมดุลของแรงดันสัญญาณทั้งคู่

5.1.4 FFT Analyzer ทำหน้าที่วิเคราะห์รูปคลื่นสัญญาณเสียงที่หักล้างเฟสกัน เพื่อหาค่าความดังของเสียง และวิเคราะห์องค์ประกอบของสัญญาณเสียงที่ป้อนเข้ามา โดยจะใช้หลักการแปลงฟูเรียร์อย่างรวดเร็ว

5.1.5 Microphone ทำหน้าที่ในการใช้ป้อนสัญญาณเสียงที่ทำการทดลองหาประสิทธิภาพการหักล้างเฟส โดยจะอ่านค่าปริมาณการหักล้างคลื่นเสียงจาก FFT Analyzer ซึ่งอาศัยหลักการแปลงพลังงานกลไปเป็นพลังงานไฟฟ้าที่อยู่ในรูปสัญญาณไฟฟ้าความถี่เสียง

5.1.6 Loud Speaker ทำหน้าที่ส่งกระจายคลื่นเสียงออกมา โดยอาศัยหลักการแปลงสัญญาณไฟฟ้าความถี่เสียงไปเป็นพลังงานกลที่อยู่ในรูปความถี่เสียง

5.1.7 Amplifier ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือในการขยายสัญญาณไฟฟ้าในรูปความถี่เสียงให้มีระดับแรงดันสัญญาณเสียงที่แรงเพิ่มขึ้น ก่อนที่จะส่งสัญญาณเสียงออกทางลำโพง และเข้าสู่ FFT Analyzer

5.1.8 Regulator Power Supply ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (DC) ไปเป็นไฟเลี้ยงให้กับ Amplifier ชนิดที่ใช้งานจะเป็นแบบปรับค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าได้

5.1.9 Anechoic Chamber ทำหน้าที่เป็นห้องเก็บเสียง ดูดกลืนเสียงหรือจับเสียงรบกวนเพื่อป้องกันการหักเห การสะท้อนของคลื่นเสียง ซึ่งจะทำให้คลื่นเสียงนิ่งอย่างรวดเร็วไม่มีการขีดยึดของคลื่นเสียง

5.2 วิธีการดำเนินการทดสอบ

ในการทดลองเราจะมีการติดตั้งอุปกรณ์ดังรูปที่ 4.7 เพื่อใช้ในการทดลองลดระดับเสียง โดยมีลำโพงจำนวน 2 ตัว ทำหน้าที่เป็น S_1 และ S_2 และมีไมโครโฟนเป็นเครื่องมือวัดเสียงสัญญาณหักล้างเฟส โดยจะอาศัย Function Generator เป็นแหล่งกำเนิดเสียงที่มีองค์ประกอบคลื่นเสียงและมีการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้น (Linear) เป็นคลื่นเสียงแบบ Sine Wave

การทดลองนี้จะวัดปริมาณการหักล้างเฟสบริเวณรอบ ๆ ลำโพงทั้งสอง โดยวางไมโครโฟนห่างจากลำโพงให้มีรัศมี 0.50 m. ซึ่งเป็นรัศมีที่คงที่ สำหรับการทดลองจะแบ่งออกเป็น 5 วิธี ดังต่อไปนี้

5.2.1 การทดลองศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่าง d กับค่า f โดยให้ค่า d คงที่ (0.05, 0.10, 1.00 และ 2.00 m.) และค่า f เปลี่ยนแปลง (ทดลองที่ค่าความดังของเสียง 40, 50 และ 60 dB ตามลำดับ)

5.2.2 การทดลองศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d เปลี่ยนแปลงและค่า f คงที่ (ทดลองที่ค่าความถี่ของเสียง 200, 500 และ 800 Hz ตามลำดับ)

5.2.3 การทดลองศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า θ กับค่า f โดยให้ค่า θ ของลำโพงคงที่และค่า f เปลี่ยนแปลง (ลำโพงทำมุม 45° และ 90°) และค่า d เปลี่ยนแปลง (ทดลองที่ค่าความดังของเสียง 40, 50 และ 60 dB ตามลำดับ)

5.2.4 การทดลองศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d เปลี่ยนแปลง (0.05, 0.10 และ 0.20 m.) ค่า f คงที่ (500 Hz) และค่า θ ของไมโครโฟนเพิ่มขึ้นทีละ 15 องศา จาก 0-180 องศา

5.2.5 การทดลองศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d คงที่ (0.05 m.) และค่า f ที่เปลี่ยนแปลง (200, 500 และ 800 Hz)

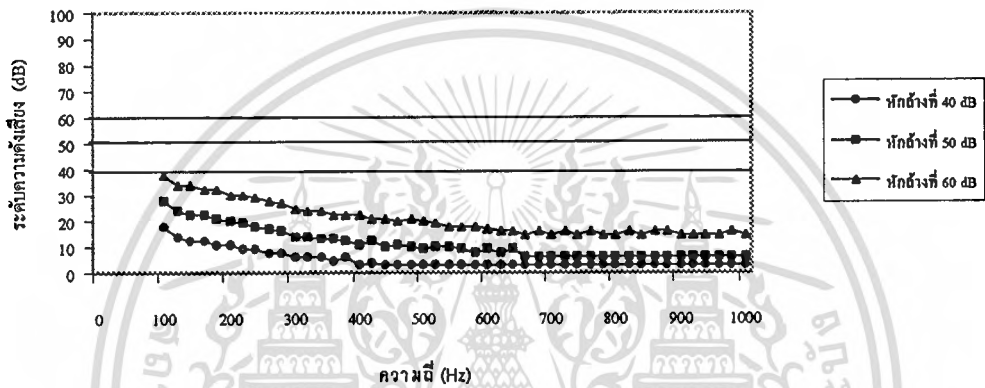
บทที่ 6

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

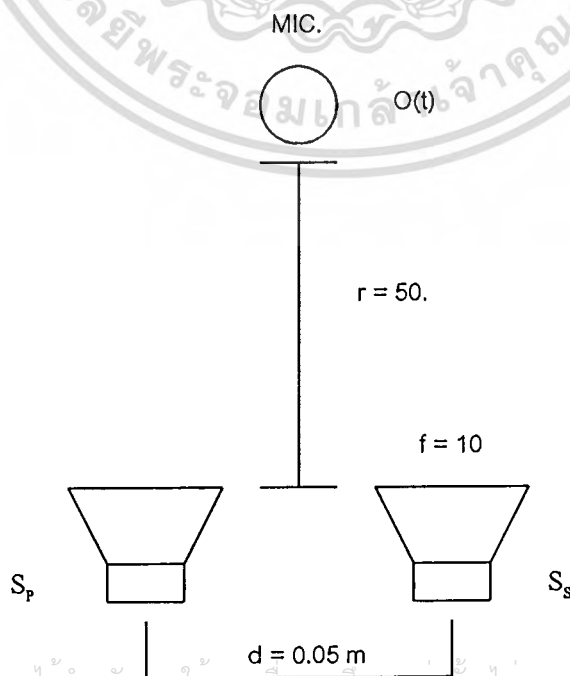
จากการทดลองศึกษาเครื่องหักล้างเฟสเสียงรบกวนได้ให้ผลการทดลองออกมาดังนี้

6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d คงที่ และค่า f เปลี่ยนแปลง

จากวิธีการทดลองที่ 5.2.1 บันทึกผลการทดลองในรูปที่ 6.1 ได้ดังนี้ (ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 6.1 แสดงในภาคผนวก)



รูปที่ 6.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d คงที่ และค่า f เปลี่ยนแปลง ($d = 0.05$, $f = 100 - 1,000$ Hz)



การวิเคราะห์ข้อมูลกรณีศึกษาค่าความถี่เปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อการหักล้างเฟส

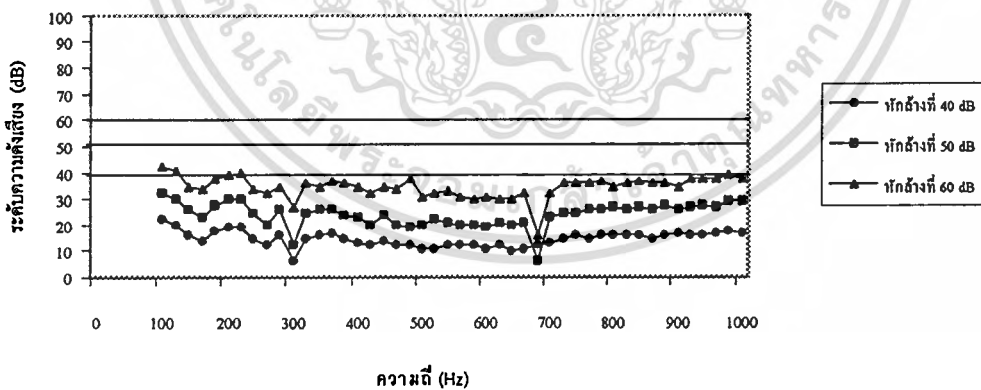
6.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d คงที่ และค่า f เปลี่ยนแปลง ($d = 0.05$ m.), ($f = 100 - 1,000$ Hz) จากวิธีการทดลอง 5.2.1 และการทดลองที่ 6.1

จากผลการทดลองที่ 6.1 พบว่าความถี่ช่วง $100 - 1,000$ Hz โดยระยะห่างลำโพง 0.05 m. ระดับความดังเสียงหลังจากการหักล้างเฟสกันจะอยู่เหลือในระดับ $5-6$ dB จากระดับความดังเสียง 40 dB เมื่อเพิ่มค่าความถี่สูงขึ้นมาจะมีการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการหักล้างเฟสเพิ่มมากขึ้น จะเห็นได้ว่าระดับความดังของเสียงจากการหักล้างอยู่ในระดับใกล้เคียงกับระดับความดังเสียงจากแหล่งกำเนิด 50 และ 60 dB จะให้ผลการหักล้างที่คล้ายกัน เป็นไปตามสมการ (3.13), (3.14), (3.15)

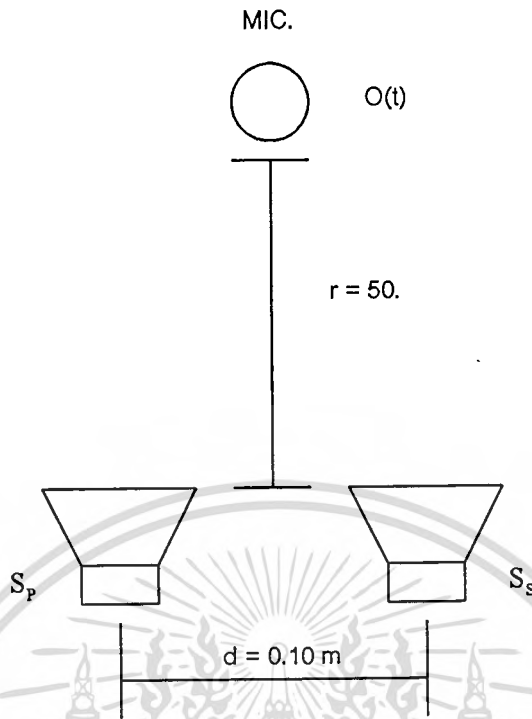
ประสิทธิภาพการหักล้างเสียงรบกวนที่เหมาะสมที่สุดจะอยู่ในย่านความถี่ต่ำ ๆ ถ้าหากค่าความถี่สูงไปมากกว่า 100 Hz ประสิทธิภาพในการหักล้างเสียงรบกวนจะต่ำ ซึ่งแสดงว่าค่าความถี่สูงจะไม่มีผลต่อการหักล้างเสียงรบกวน

6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d คงที่ และค่า f เปลี่ยนแปลง

จากวิธีการทดลองที่ 5.2.1 บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 6.2 ได้ดังนี้ (ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 6.2 แสดงในภาคผนวก)



รูปที่ 6.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d คงที่ และค่า f เปลี่ยนแปลง ($d = 0.10$ m., $f = 100 - 1,000$ Hz)



การวิเคราะห์ข้อมูลกรณีศึกษาค่าความถี่เปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อการหักล้างเฟส

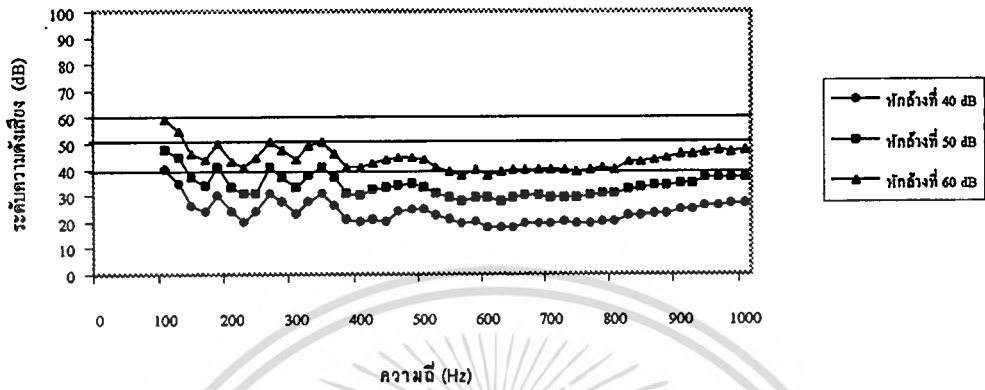
6.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า r โดยให้ค่า d คงที่ และค่า r เปลี่ยนแปลง ($d = 0.10 \text{ m}$), ($f = 100 - 1,000 \text{ Hz}$) จากวิธีการทดลอง 5.2.1 และการทดลองที่ 6.2

จากผลการทดลองที่ 6.2 พบว่าความถี่ช่วง $100 - 1,000 \text{ Hz}$ กับการทดลองที่ระยะห่างลำโพง 0.10 m . ระดับความดังเสียงหลังการหักล้างเฟสกันจะอยู่เหลือในระดับ $13 - 16 \text{ dB}$ จากระดับความดังเสียงจากแหล่งกำเนิด 40 dB เมื่อให้ค่าความถี่เพิ่มขึ้นไป จะมีการเปลี่ยนแปลงต่อประสิทธิภาพต่อการหักล้างเล็กน้อย จะเห็นได้ว่าระดับความดังเสียงจากการหักล้างจะอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน และระดับความดังเสียงจากแหล่งกำเนิด 50 และ 60 dB จะให้ผลการหักล้างเสียงที่คล้ายกันแต่ระดับความดังเสียงที่หักล้างแล้ว จะมีระดับที่สูงกว่า 10 dB และ 20 dB ตามลำดับ เป็นไปตามสมการ (3.13), (3.14), (3.15)

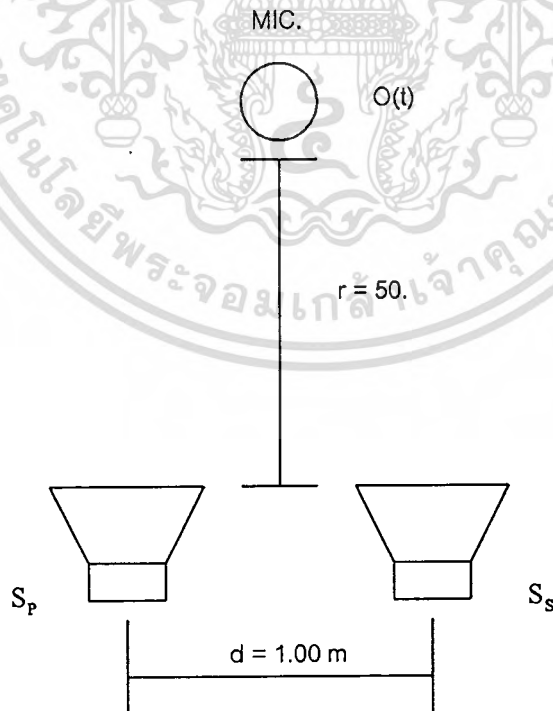
ในการทดลองการหักล้างเสียงรบกวนช่วงย่านความถี่ต่ำประสิทธิภาพการหักล้างเสียงรบกวนของชุดทดลองจะมีประสิทธิภาพการหักล้างเสียงรบกวนได้ดี เมื่อความถี่สูงขึ้นเรื่อย ๆ ประสิทธิภาพการหักล้างเสียงรบกวนจะต่ำซึ่งไม่เหมาะสมกับการหักล้างเสียงรบกวนในย่านความถี่สูง และอาจมีสาเหตุมาจากแหล่งกำเนิดเสียงรบกวน และแหล่งกำเนิดเสียงที่จะไปหักล้างมีระยะห่างของแหล่งกำเนิดเพิ่มมากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการหักล้างเสียงรบกวนมีความสามารถในการลดเสียงรบกวนต่ำลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d คงที่ และค่า f เปลี่ยนแปลง
จากวิธีการทดลองที่ 5.2.1 บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 6.3 ได้ดังนี้
(ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 6.3 แสดงในภาคผนวก)



รูปที่ 6.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d คงที่ และค่า f เปลี่ยนแปลง ($d = 1.00 \text{ m}$, $f = 100 - 1,000 \text{ Hz}$)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลกรณีศึกษาค่าความถี่เปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อการหักล้างเฟส

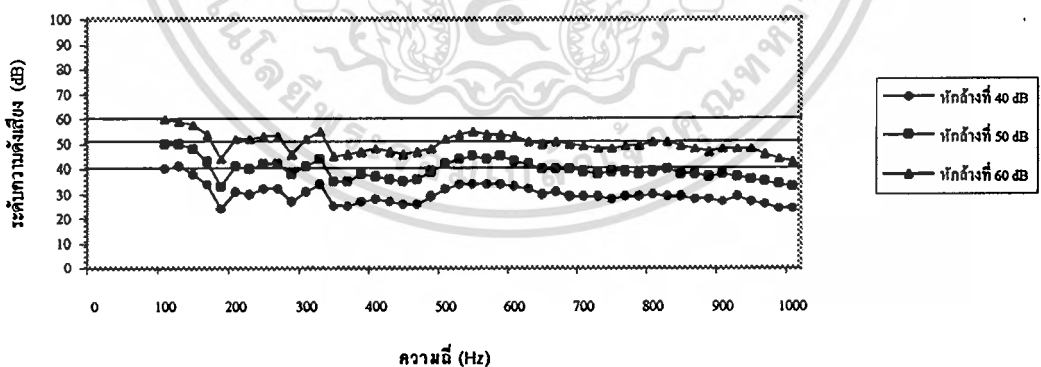
6.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d คงที่ และค่า f เปลี่ยนแปลง ($d = 1.00 \text{ m.}$), ($f = 100 - 1,000 \text{ Hz}$) จากวิธีการทดลอง 5.2.1 และการทดลองที่ 6.3

จากผลการทดลองที่ 6.3 จะพบว่าที่ระยะห่างลำโพง 1.00 m. และความถี่ช่วง $100 - 1,000 \text{ Hz}$ ระดับความดังเสียงหลังการหักล้างเฟสกันจะอยู่เหลือในระดับ $20 - 25 \text{ dB}$ จากระดับความดังเสียงจากแหล่งกำเนิด 40 dB เมื่อเพิ่มค่าความถี่ขึ้นไปประสิทธิภาพการหักล้างเฟสจะลดลง ส่วนระดับความดังเสียง 50 และ 60 dB จะให้ผลการหักล้างเสียงที่คล้ายกันเป็นไปตามสมการ (3.13), (3.14), (3.15)

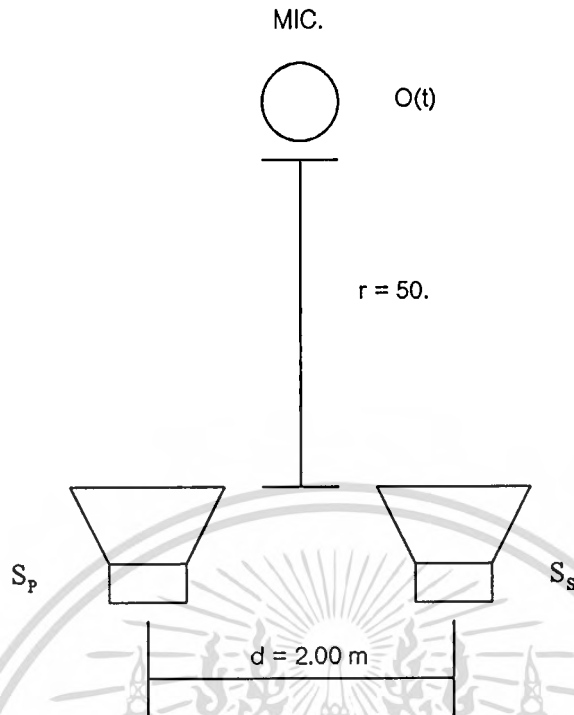
การทดลองเพิ่มระยะห่างของลำโพงทั้งสองออกจากกันมากขึ้นเรื่อย ๆ จะทำให้ประสิทธิภาพในการหักล้างเสียงรบกวนของแหล่งกำเนิดเสียงรบกวนและแหล่งกำเนิดเสียงที่จะไปหักล้างมีการหักล้างน้อยลง เพราะสนามเสียงในการหักล้างมีสนามเสียงที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้จุดตัดกันของคลื่นเสียงมีน้อยลง ทำให้ปริมาณการหักล้างน้อยลง

6.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d คงที่ และค่า f เปลี่ยนแปลง

จากวิธีการทดลองที่ 5.2.1 บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 6.4 ได้ดังนี้
(ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 6.4 แสดงในภาคผนวก)



รูปที่ 6.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d คงที่ และค่า f เปลี่ยนแปลง ($d = 0.10 \text{ m.}$, $f = 100 - 1,000 \text{ Hz}$)



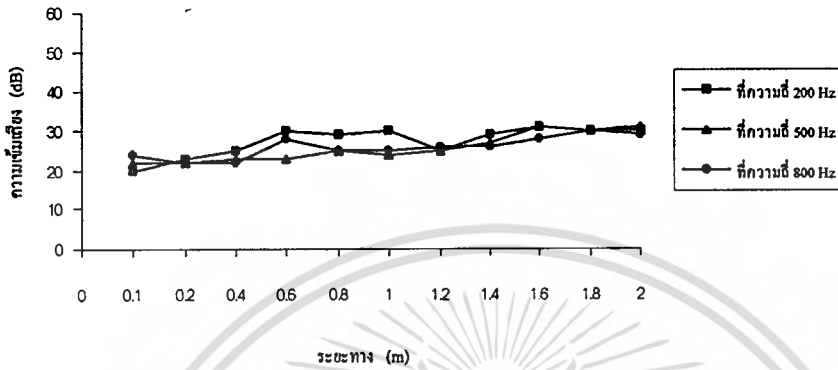
การวิเคราะห์ข้อมูลกรณีศึกษา ค่าความถี่เปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อการหักล้างเฟส

6.4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d คงที่ และค่า f เปลี่ยนแปลง ($d = 2.00 \text{ m}$), ($f = 100 - 1,000 \text{ Hz}$) จากวิธีการทดลอง 5.2.1 และการทดลองที่ 6.4

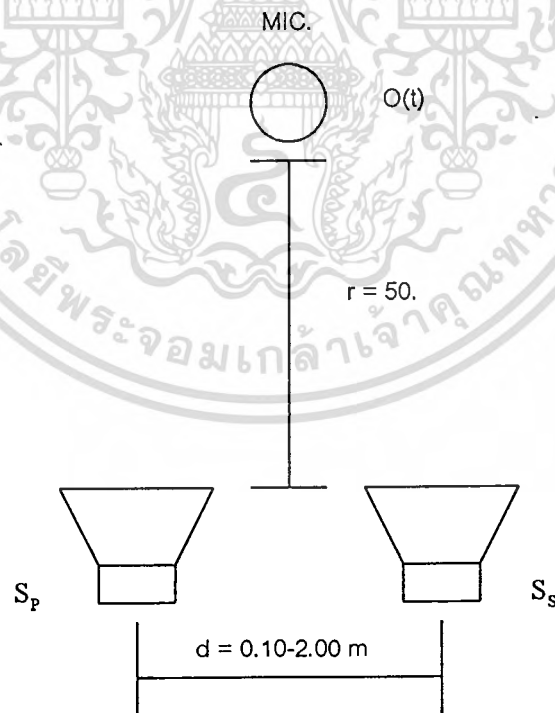
จากผลการทดลองที่ 6.4 จะพบว่าระยะห่างลำโพง 1.00 m . และความถี่ช่วง $100 - 1,000 \text{ Hz}$ ระดับความดังเสียงหลังการหักล้างเฟสกันจะอยู่เหลือในระดับ $20 - 25 \text{ dB}$ จากระดับความดังเสียงจากแหล่งกำเนิด 40 dB เมื่อเพิ่มค่าความถี่ขึ้นไปประสิทธิภาพการหักล้างเฟสจะลดลงเล็กน้อย ส่วนระดับความดังเสียง 50 และ 60 dB จะให้ผลการหักล้างเสียงเช่นเดิม เป็นไปตามสมการ (3.13), (3.14), (3.15)

การทดลองมีการเพิ่มระยะห่างของลำโพงทั้งสองเป็น 2.00 เมตร ทำให้ระยะห่างของแหล่งกำเนิดเสียงรบกวนและแหล่งกำเนิดเสียงที่จะไปหักล้างมีระยะห่างเพิ่มมากขึ้น และทำให้สนามเสียงของการหักล้างเฟสมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงไป การหักล้างในย่านความถี่ต่ำที่เคยหักล้างได้ดีก็เริ่มมีค่าประสิทธิภาพในการหักล้างต่ำลงพร้อมกับปริมาณในการหักล้างเฟสของสนามเสียงก็น้อยลง

6.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า r โดยให้ค่า r คงที่ และค่า d เปลี่ยนแปลง จากวิธีการทดลองที่ 5.2.2 บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 6.5 ได้ดังนี้ (ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 6.5 แสดงในภาคผนวก)



รูปที่ 6.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า r โดยให้ค่า r คงที่ และค่า d เปลี่ยนแปลง ($d = 0.10 - 2.00$ m.) ($f = 200, 500$ และ 800 Hz)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

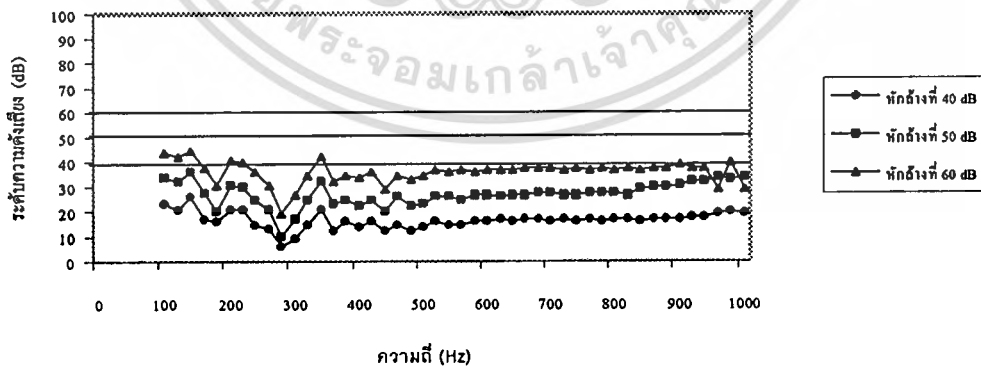
การวิเคราะห์ข้อมูลกรณีศึกษาค่าระยะทางหรือระยะห่างของลำโพงที่มีผลต่อการหักล้าง

6.5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d เปลี่ยนแปลงและค่า f คงที่ ($f = 200, 500$ และ 800 Hz), ($d = 0.00 - 2.00$ m.) จากวิธีการทดลอง 5.2.2 และการทดลองที่ 6.5

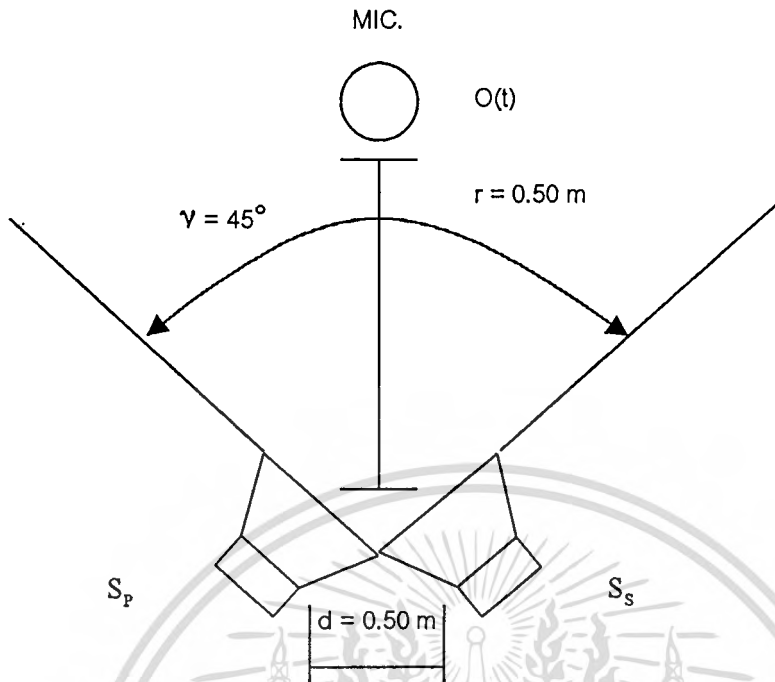
จากผลการทดลองที่ 6.5 จะพบว่าความถี่ 200 Hz และระยะทาง 0.10 - 2.00 m.) ระดับความดังเสียงหลังจากการหักล้างเฟสกันจะอยู่ในระดับ 20 - 25 dB เมื่อเพิ่มค่าระยะทางมากขึ้นประสิทธิภาพการหักล้างจะลดลง ส่วนที่ความถี่ 500 และ 800 Hz ก็เช่นกัน เป็นไปตามสมการ (3.13), (3.14), (3.15)

การทดลองเพิ่มระยะห่างของลำโพงทั้งสองเพิ่มมากขึ้นจนถึง 2.00 เมตร ทำให้สนามเสียงของการหักเฟสของแหล่งกำเนิดเสียงรบกวนและแหล่งกำเนิดเสียงที่จะไปหักล้างเฟสกัน จะมีประสิทธิภาพในการหักล้างต่ำลง ส่วนปริมาณการหักล้างเสียงรบกวนก็น้อยลงเช่นกัน แม้จะมีการทดลองที่ค่าความถี่ต่าง ๆ แล้วนำมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งผลการหักล้างเสียงรบกวนก็จะออกมาเหมือนกันคือ เมื่อมีการเพิ่มระยะห่างของลำโพงมากขึ้นเท่าใดก็ตาม ประสิทธิภาพการหักล้างจะต่ำลง

6.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ ของมุมมองลำโพง กับค่า f โดยให้ค่า γ ของมุมมองลำโพงคงที่ และค่า f เปลี่ยนแปลง ($f = 100 - 1,000$ Hz) ($\gamma = 45^\circ$) จากวิธีการทดลองที่ 5.2.3 บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 6.6 ได้ดังนี้ (ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 6.7 แสดงในภาคผนวก)



รูปที่ 6.6 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ ของมุมมองลำโพงกับค่า f โดยให้ค่า γ ของมุมมองลำโพงคงที่ และค่าความถี่ f เปลี่ยนแปลง ($\gamma = 45^\circ, f = 100 - 1,000$ Hz)



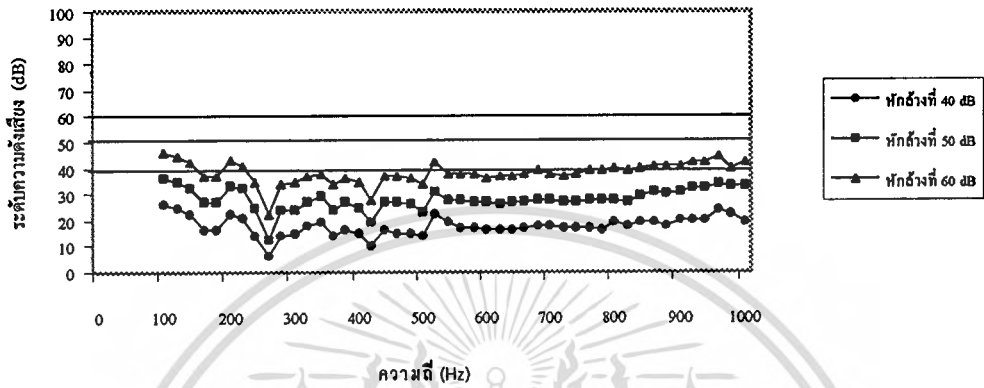
การวิเคราะห์ข้อมูลกรณีศึกษาค่ามุมของลำโพงที่มีผลต่อการหักล้าง

6.6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ มุมมองของลำโพงกับค่า r โดยให้ค่า γ ของลำโพงคงที่ และค่า r เปลี่ยนแปลง ($\gamma = 45^\circ$), ($r = 100-1,000$ Hz) จากวิธีการทดลอง 5.2.3 และการทดลองที่ 6.6

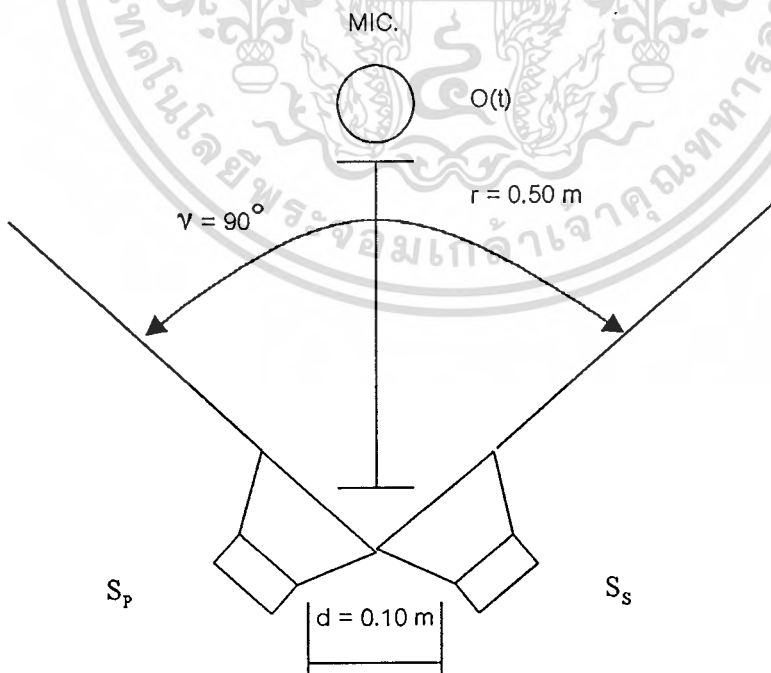
จากผลการทดลองที่ 6.6 จะพบว่าในช่วงค่าความถี่ 200 – 400 Hz จะมีการหักล้างเฟสของเสียงค่อนข้างมาก และในช่วง 800 – 1,000 Hz จะมีการหักล้างเฟสของเสียงลดลง เป็นไปตามสมการ (3.13), (3.14), (3.15)

ถ้ามีการเพิ่มค่าความถี่มากขึ้น ประสิทธิภาพในการหักล้างเสียงรบกวนจะมีค่าต่ำหรือมีการหักล้างไม่หมด ค่าความถี่ที่เหมาะสมในการทดลองการหักล้างเฟสเสียงรบกวนจะอยู่ในช่วงย่านความถี่ต่ำ ๆ ซึ่งถือเป็นย่านความถี่ที่เหมาะสมที่สุดของประสิทธิภาพการหักล้างเสียงรบกวน

6.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ ของมุมมองลำโพง กับค่า f โดยให้ค่า γ ของมุมมองลำโพงคงที่ และค่า f เปลี่ยนแปลง ($f = 100 - 1,000$ Hz) ($\gamma = 90^\circ$) จากวิธีการทดลองที่ 5.2.3 บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 6.7 ได้ดังนี้ (ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 6.7 แสดงในภาคผนวก)



รูปที่ 6.7 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ ของมุมมองลำโพงกับค่า f โดยให้ค่า γ ของมุมมองลำโพงคงที่ และค่าความถี่ f เปลี่ยนแปลง ($\gamma = 90^\circ$, $f = 100 - 1,000$ Hz)



การวิเคราะห์ข้อมูลกรณีศึกษาค่ามุมของลำโพงที่มีผลต่อการหักล้าง

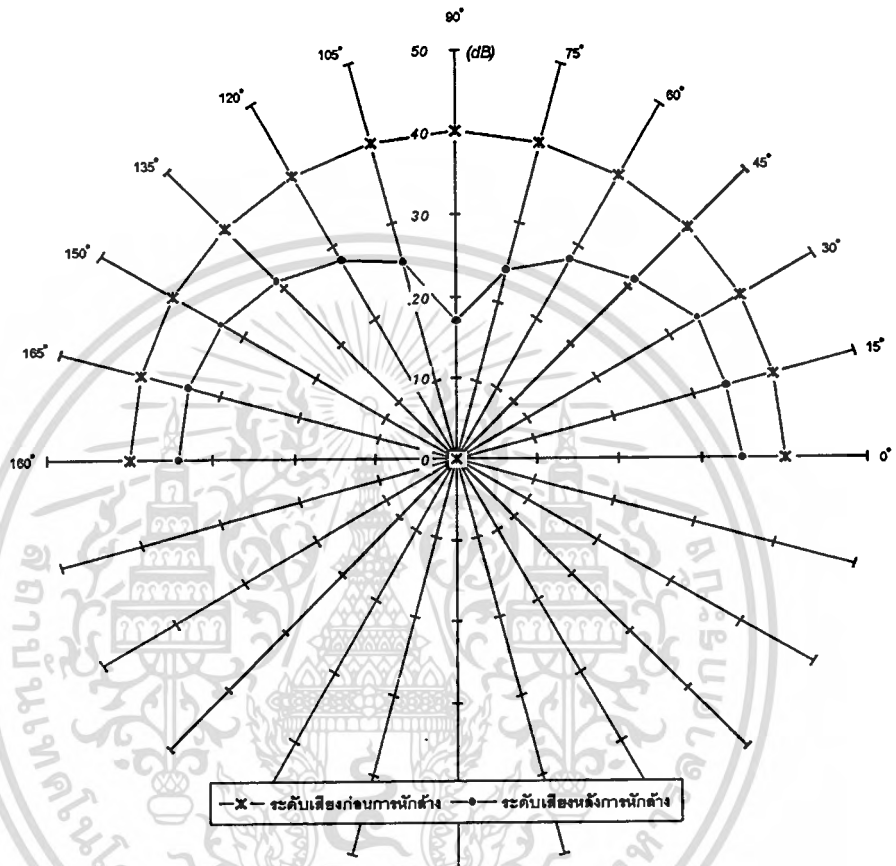
6.7.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ มุมองศาของลำโพงกับค่า r โดยให้ค่า γ ของลำโพงคงที่ และค่า r เปลี่ยนแปลง ($\gamma = 90^\circ$), ($r = 100-1,000$ Hz) จากวิธีการทดลอง 5.2.3 และการทดลองที่ 6.7

จากผลการทดลองที่ 6.7 จะพบว่าในช่วงความถี่ 200 – 400 Hz จะมีการหักล้างเฟสของเสียงค่อนข้างมาก และในช่วง 800 – 1,000 Hz จะมีการหักล้างเฟสของเสียงลดลง เป็นไปตามสมการ (3.13), (3.14), (3.15)

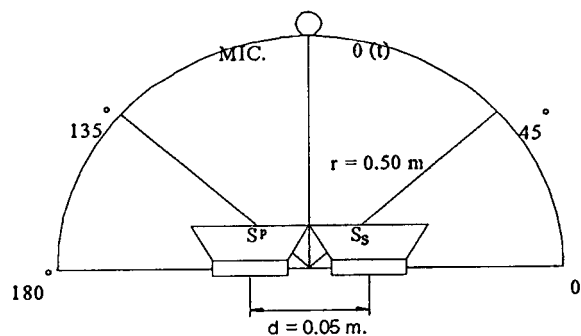
มุมของแหล่งกำเนิดเสียงรบกวนและแหล่งกำเนิดเสียงที่จะไปหักล้างเสียงรบกวนจะไม่มีผลต่อการหักล้างเสียงรบกวน เพราะการหักล้างที่มีประสิทธิภาพสูงและมีปริมาณการหักล้างของสนามเสียงที่มีค่ามาก แหล่งกำเนิดทั้งสองควรจะอยู่ในแนวขนานกัน และมีระยะห่างของลำโพงน้อยที่สุด ซึ่งจะทำให้การหักล้างเสียงรบกวนมีค่าการหักล้างเฟสกันในปริมาณที่สูงแม้จะมีการเพิ่มค่าความถี่ขึ้นเท่าใดก็ตาม ประสิทธิภาพและปริมาณการหักล้างเฟสกันก็ยังคงหักล้างกันได้ดี

6.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า r โดยให้ค่า r คงที่, ค่า d เปลี่ยนแปลง, ค่า θ เปลี่ยนแปลง

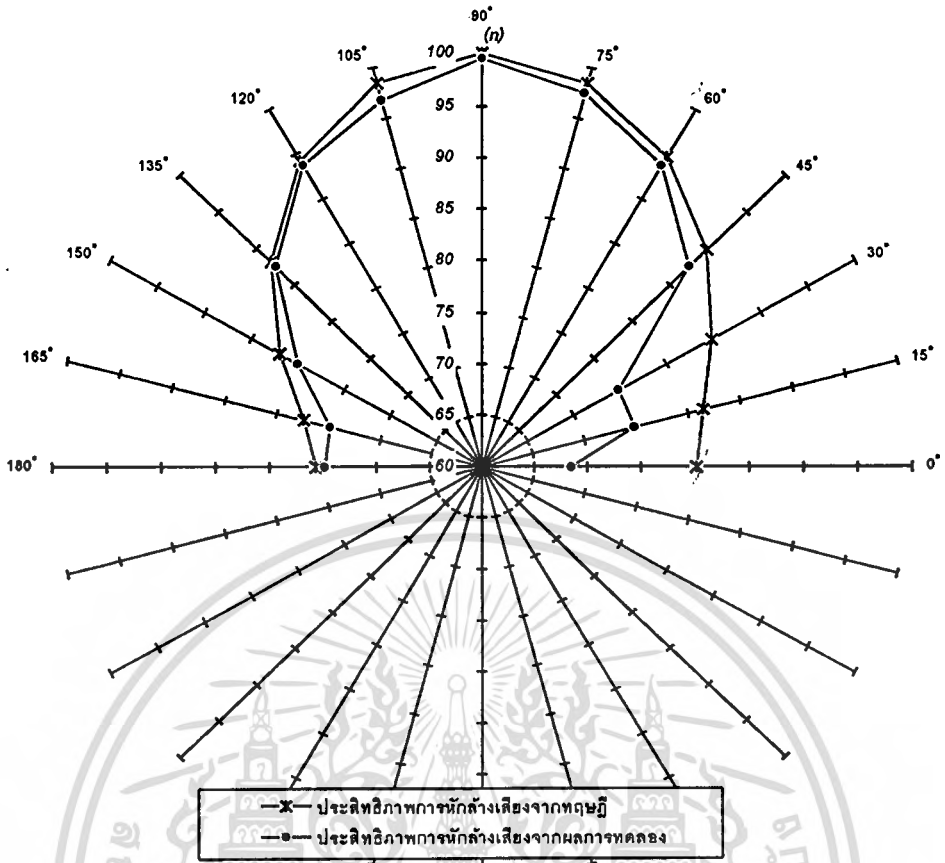
จากวิธีการทดลองที่ 5.2.4 บันทึกผลการทดลองในรูปที่ 6.8 (a), 6.8 (b) ได้ดังนี้
(ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 6.8 แสดงในภาคผนวก)



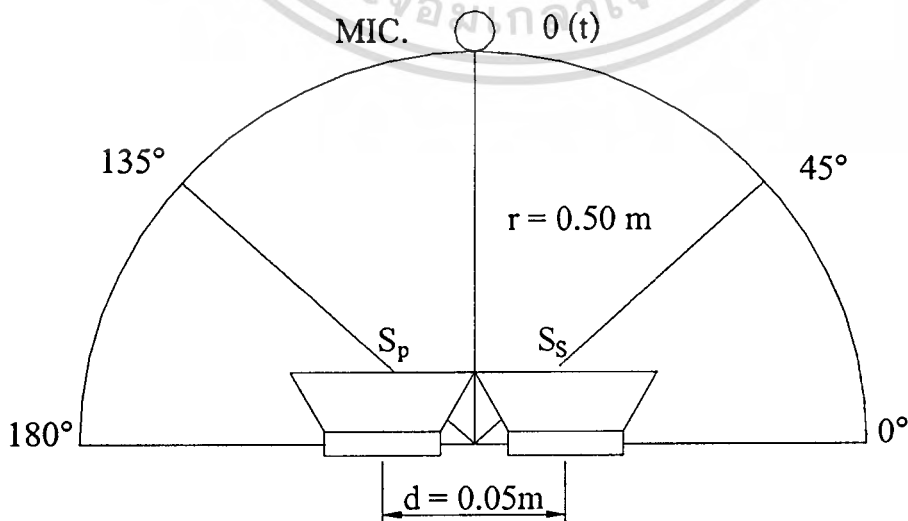
รูปที่ 6.8 (a) กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างระดับความดังเสียงก่อนการหักล้างกับระดับความดังเสียงหลังการหักล้าง ซึ่งได้มาจากการทดลองที่ 5.2.4 และผลการทดลองตามตารางที่ 6.8 (a)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.8 (b) กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าประสิทธิภาพการหักล้างเสียงจากทฤษฎีกับค่าประสิทธิภาพการหักล้างเสียงจากการทดลอง ซึ่งได้มาจากการทดลองที่ 5.2.4 และผลการทดลองตามตารางที่ 6.8 (b)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลกรณีศึกษาตำแหน่งที่มีการหักล้างเฟสมากที่สุด และผลของการเปลี่ยนแปลงค่าระยะทาง (d) ที่มีต่อการหักล้าง

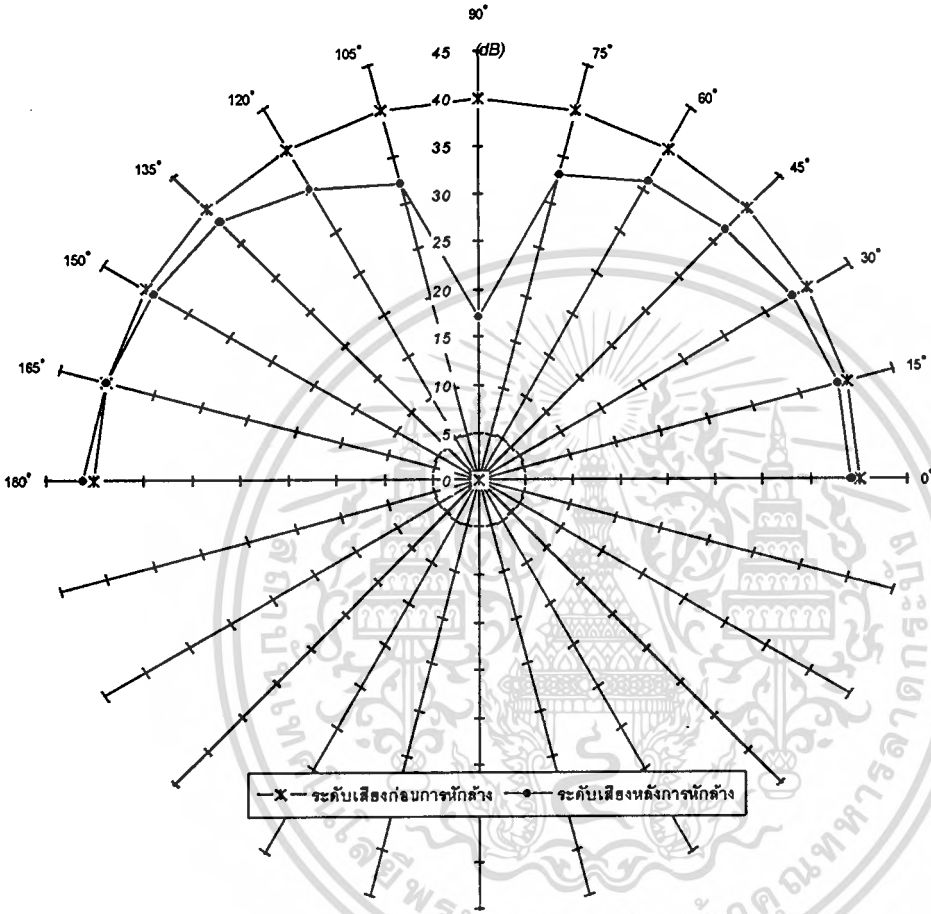
6.8.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า r โดยให้ค่า d เปลี่ยนแปลง และค่า r คงที่ ($d = 0.05, 0.10$ และ 0.20 m.), ($f = 500$ Hz) จากวิธีการทดลอง 5.2.4

จากผลการทดลองที่ 6.8 เมื่อระยะห่างของลำโพงเท่ากับ 0.05 m. ที่ความถี่ 500 Hz จะให้ระดับเสียงหลังการหักล้างบริเวณรอบ ๆ ลำโพงในรัศมี 0.50 m. มีค่าต่ำ เมื่อเทียบกับระยะห่างของลำโพงเท่ากับ 0.10 และ 0.20 m.

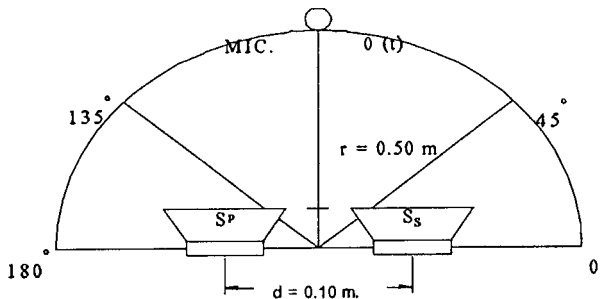
ในการทดลองการหักล้างเสียงรบกวนโดยการเพิ่มระยะห่างของลำโพงทั้งสอง ซึ่งระยะที่เหมาะสมที่สุดจะเป็นระยะห่างน้อยที่สุดของลำโพงที่แนบชิดกัน ลำโพงตัวแรกทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดเสียงรบกวน ส่วนอีกตัวจะทำหน้าที่เป็นตัวหักล้างเสียงรบกวน ซึ่งปริมาณในการหักล้างเฟสและประสิทธิภาพการหักล้างสูงสุดจะอยู่ในตำแหน่ง 90 องศา เป็นตำแหน่งที่ตั้งฉากกับแหล่งกำเนิดเสียงทั้งสอง เมื่อมีการเพิ่มระยะห่างของลำโพงมากขึ้น ประสิทธิภาพก็จะต่ำลง การหักล้างเสียงรบกวนจะทำการหักล้างกันได้ดีในช่วงย่านความถี่ต่ำและระยะห่างของลำโพงน้อยที่สุด

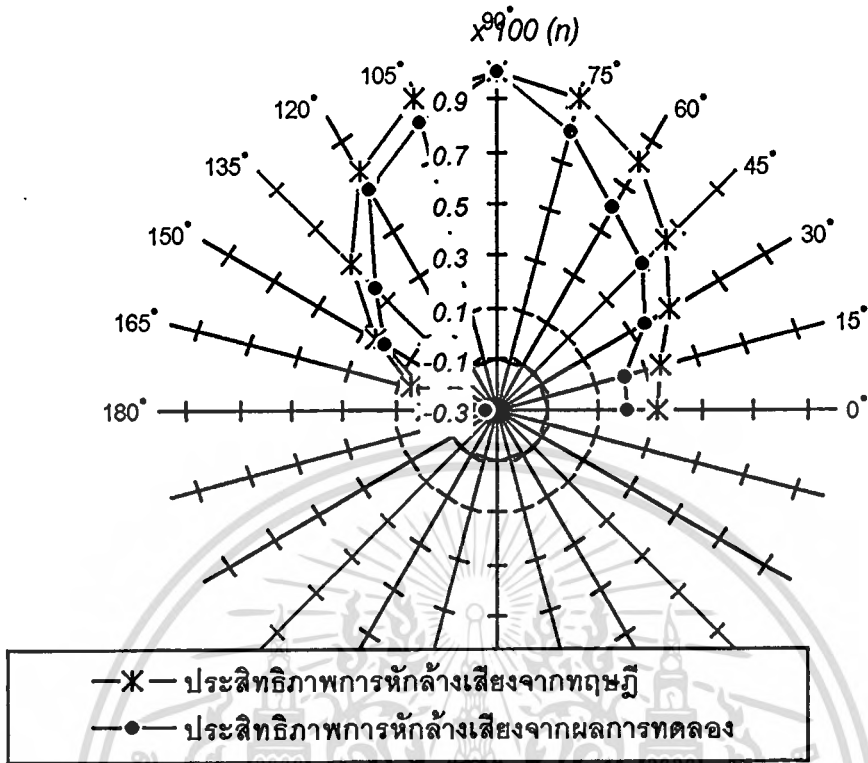
6.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า r และค่า θ โดยให้ค่า r คงที่, ค่า d เปลี่ยนแปลง และ ค่า θ เปลี่ยนแปลง

จากวิธีการทดลองที่ 5.2.4 บันทึกผลการทดลองในรูปที่ 6.9 (a), 6.9 (b) ได้ดังนี้
(ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 6.9 แสดงในภาคผนวก)

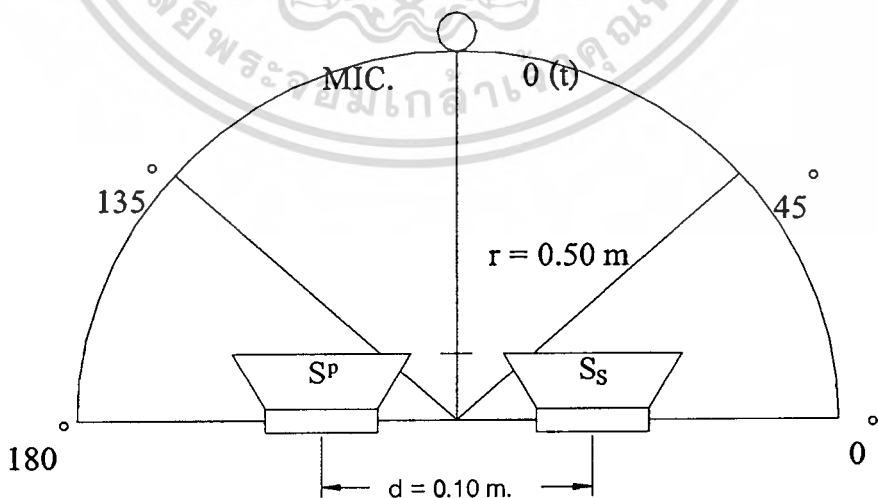


รูปที่ 6.9 (a) กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างระดับความดังเสียงก่อนการหักล้างกับระดับความดังเสียงหลังการหักล้าง ซึ่งได้มาจากการทดลองที่ 5.2.4 และผลการทดลองตามตารางที่ 6.9 (a)





รูปที่ 6.9 (b) กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าประสิทธิภาพการหักล้างเสียงจากทฤษฎีกับค่าประสิทธิภาพการหักล้างเสียงจากการทดลอง ซึ่งได้มาจากการทดลองที่ 5.2.4 และผลการทดลองตามตารางที่ 6.9 (b)



การวิเคราะห์ข้อมูลกรณีศึกษาตำแหน่งที่มีการหักล้างเฟสมากที่สุด และผลของการเปลี่ยนแปลงค่าระยะทาง (d) ที่มีต่อการหักล้าง

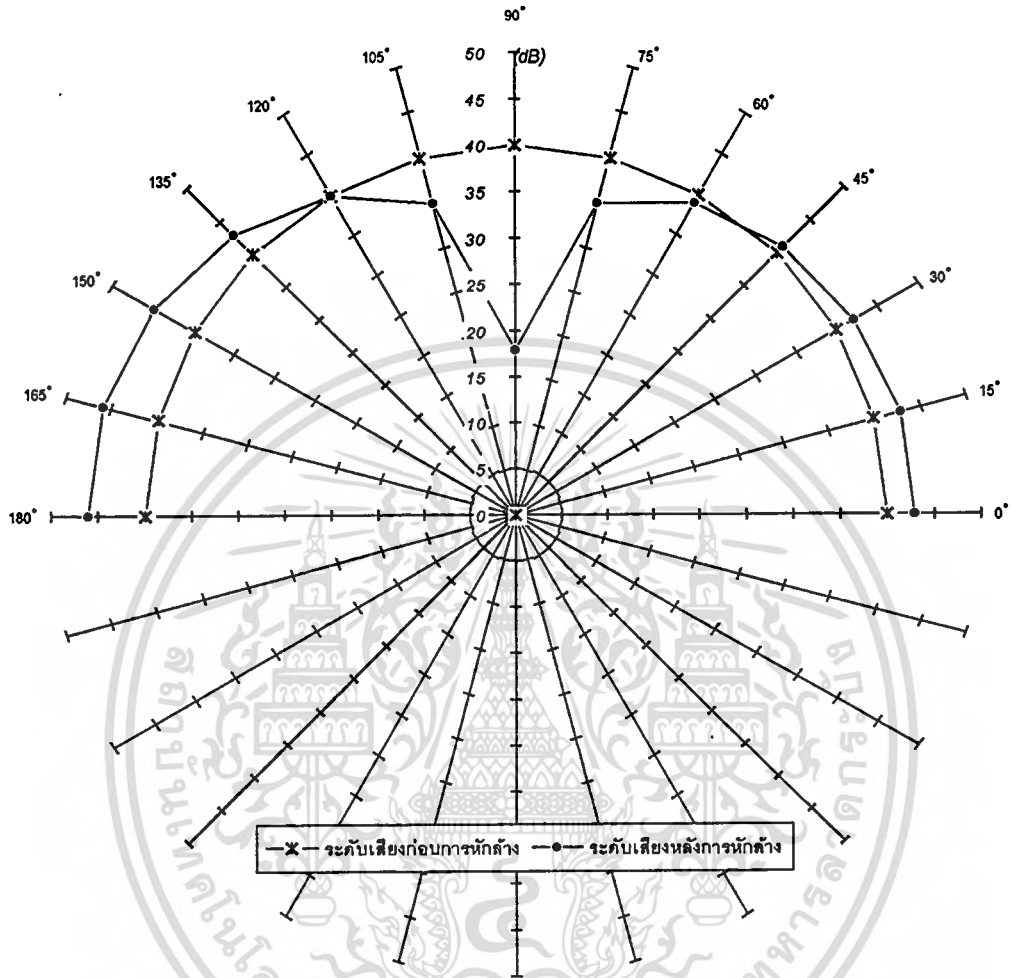
6.9.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า r และค่า θ โดยให้ค่า r คงที่, ค่า d เปลี่ยนแปลง และค่า θ เปลี่ยนแปลง ($d = 0.10 \text{ m}$, $f = 500 \text{ Hz}$, $r = 0.50 \text{ m}$, $\text{SPL} = 40 \text{ dB}$, $\theta = 0^\circ - 180^\circ$)

จากวิธีการทดลอง 5.2.4 และการทดลองที่ 6.9

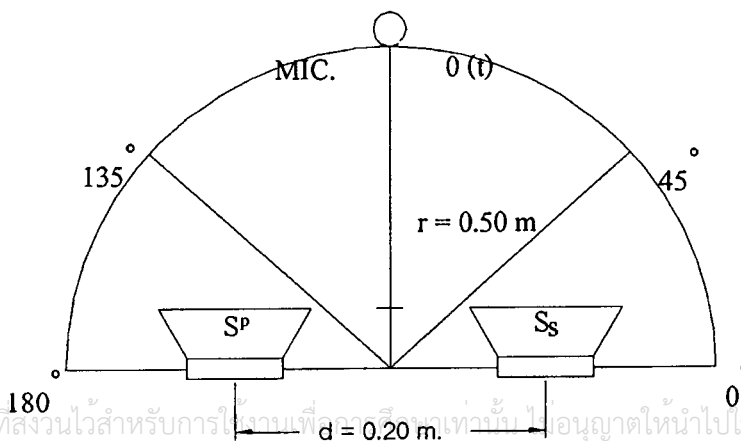
จากผลการทดลองที่ 6.9 ระยะห่างของลำโพงเท่ากับ 0.10 m. ในตำแหน่งที่มุม 165 และ 180 องศา จะเป็นบริเวณเสียงที่มีระดับเสียงหลังการหักล้างเป็นแบบเสริมกัน คือ มีระดับเสียงที่สูงกว่าระดับเสียงก่อนการหักล้างทำให้ประสิทธิภาพการหักล้างเสียงมีค่าเป็นลบ และระดับเสียงหลังการหักล้างที่ตำแหน่งอื่นๆ ที่เกิดการหักล้างเสียงมีค่าสูงกว่าระยะห่างของลำโพงเท่ากับ 0.05 m.

ตำแหน่งที่มีการหักล้างเฟสกันมากที่สุดคือตำแหน่งที่ 90 องศา ซึ่งเป็นตำแหน่งที่สนามเสียงมีการหักล้างกันมากและเป็นแนวตั้งฉากกับจุดวัดปริมาณการหักล้างเฟส เมื่อมีการเพิ่มระยะห่างของลำโพงทั้งสองมากขึ้นเรื่อย ๆ ประสิทธิภาพในการหักล้างก็จะลดลง การหักล้างเสียงรบกวนจะทำการหักล้างกันได้ดีในช่วงย่านความถี่ต่ำและระยะห่างของลำโพงน้อยที่สุด ส่วนตำแหน่งอื่นที่มีปริมาณการหักล้างเสียงรบกวนน้อยมากเนื่องจากเป็นตำแหน่งแนวตัดกันของสนามเสียงมีน้อย และรัศมีของสนามเสียงทั้งสองมีรัศมีไม่เท่ากันขณะเลื่อนตำแหน่งเครื่องมือวัดรอบตัวแหล่งกำเนิดเสียง

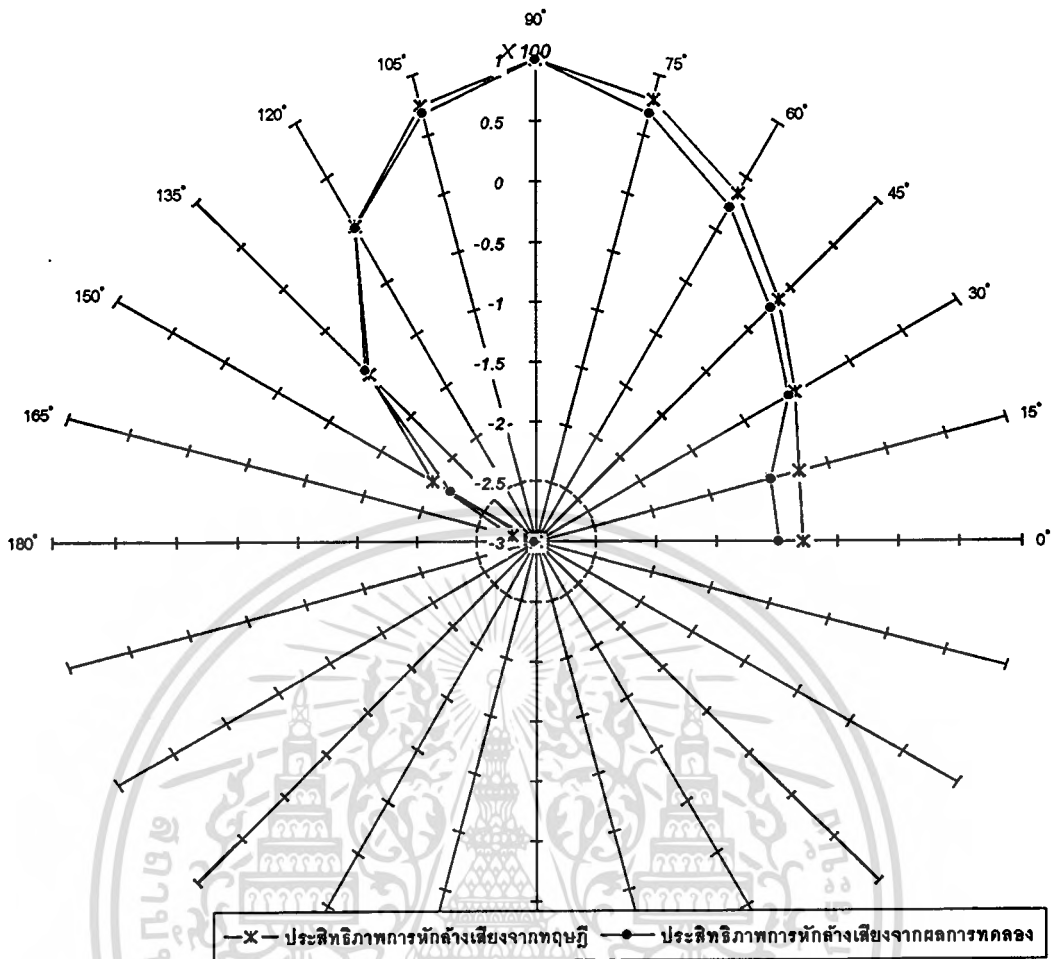
6.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า r และค่า θ โดยให้ค่า d เปลี่ยนแปลง, ค่า r คงที่ และค่า θ เปลี่ยนแปลง



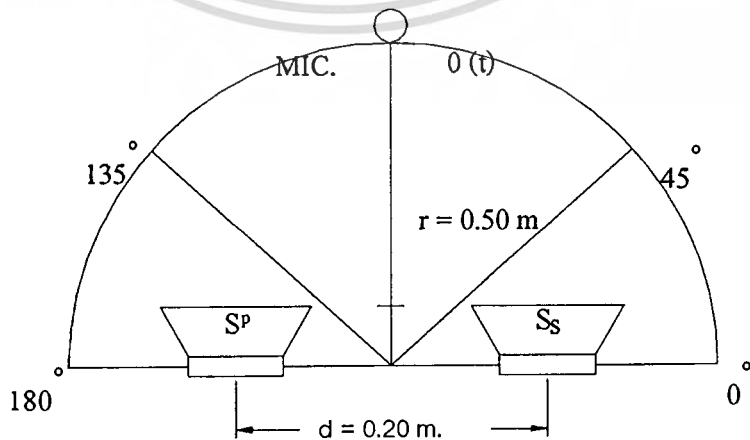
รูปที่ 6.10 (a) กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างระดับความดังเสียงก่อนการหักล้างกับระดับความดังเสียงหลังการหักล้างเฟส ซึ่งได้มาจากการทดลองที่ 5.2.4 และผลการทดลองตามตารางที่ 6.10 (a)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.10 (b) กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าประสิทธิภาพการหักล้างเสียงจากทฤษฎีกับค่าผลการทดลองตามตารางที่ 6.10 (b)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลกรณีศึกษาตำแหน่งที่มีการหักล้างเฟสมากที่สุด และผลของการเปลี่ยนแปลงค่าระยะทาง (d) ที่มีต่อการหักล้าง

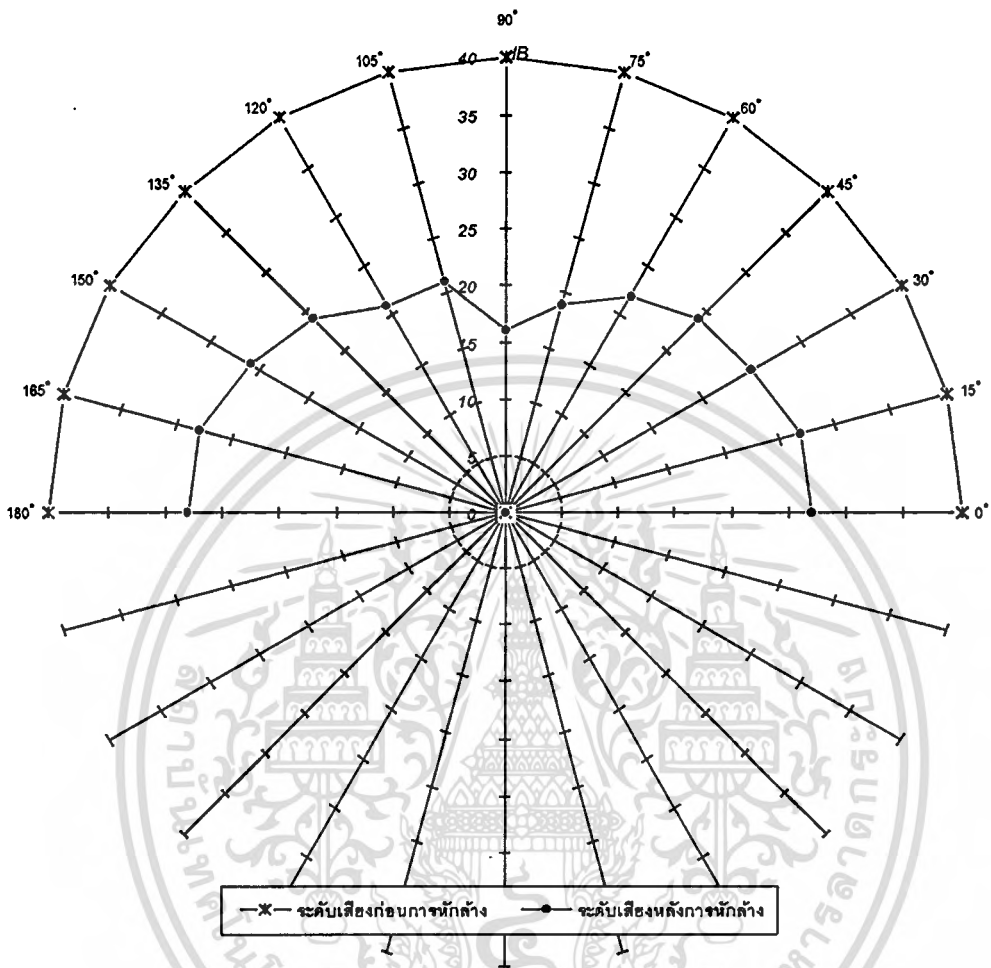
6.10.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า r และค่า θ โดยให้ค่า d เปลี่ยนแปลง, ค่า r คงที่ และค่า θ เปลี่ยนแปลง ($d = 0.20 \text{ m}$, $f = 500 \text{ Hz}$, $r = 0.50 \text{ m}$, $\text{SPL} = 40 \text{ dB}$, $\theta = 0^\circ - 180^\circ$) จากวิธีการทดลอง 5.2.4 และการทดลองที่ 6.10

จากผลการทดลองที่ 6.10 ระยะห่างลำโพง 0.20 m . จะมีระดับเสียงหลังการหักล้างรอบ ๆ ลำโพงสูงกว่าที่ระยะห่างลำโพง 0.10 m . และตำแหน่งที่ระดับเสียงเสริมกัน หรือประสิทธิภาพการหักล้างเสียงที่มีค่าเป็นลบ จะมีค่าเป็นลบมากขึ้น เทียบกับระยะห่างของลำโพง 0.10 m .

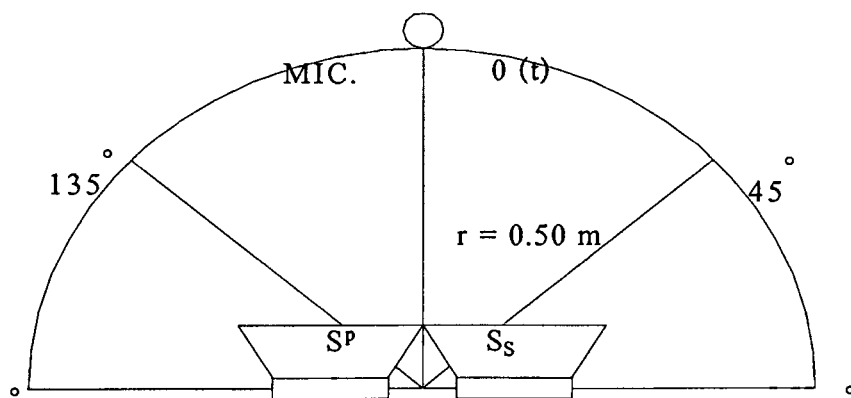
ค่าของประสิทธิภาพในการหักล้างของการทดลองจะแตกต่างจากค่าของประสิทธิภาพในการหักล้างทางทฤษฎีเพียงเล็กน้อย แต่ยังคงมีแนวโน้มเหมือนกับค่าทางทฤษฎี ซึ่งเป็นไปตามสมการ (3.13), (3.14), (3.15)

ตำแหน่งที่มีปริมาณการหักล้างเฟสกันมากที่สุดจะอยู่ที่บริเวณตำแหน่ง 90 องศา ซึ่งเป็นตำแหน่งที่เครื่องมือวัดเสียงตรงแนวตั้งฉากกับแหล่งกำเนิดคลื่นเสียงทั้งสอง และเป็นแนวที่รัศมีของแหล่งกำเนิดเสียงทั้งสองมีค่ารัศมีเท่ากันสำหรับการเดินทางของคลื่นเสียงในตัวกลางอากาศที่จะเคลื่อนที่ไปยังจุดวัดปริมาณการหักล้างเสียงรบกวน เมื่อเพิ่มระยะห่างของลำโพงทั้งสองมากขึ้นประสิทธิภาพการหักล้างเสียงรบกวนก็จะลดลง การหักล้างเสียงรบกวนจะมีประสิทธิภาพสูงสุดและปริมาณการหักล้างกันมากในช่วงระยะห่างของลำโพงที่มีระยะน้อยที่สุดหรือแนบชิดกัน

6.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า r และค่า θ โดยให้ค่า d คงที่, ค่า r เปลี่ยนแปลง และค่า θ เปลี่ยนแปลง



รูปที่ 6.11 (a) กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างระดับความดังเสียงก่อนการหักล้างกับระดับความดังเสียงหลังการหักล้าง ซึ่งได้มาจากการทดลองที่ 5.2.5 และผลการทดลองตามตารางที่ 6.11 (a)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในชั้นเรียนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลกรณีศึกษาตำแหน่งที่มีการหักล้างเฟสมากที่สุด และผลของการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ที่มีต่อการหักล้าง

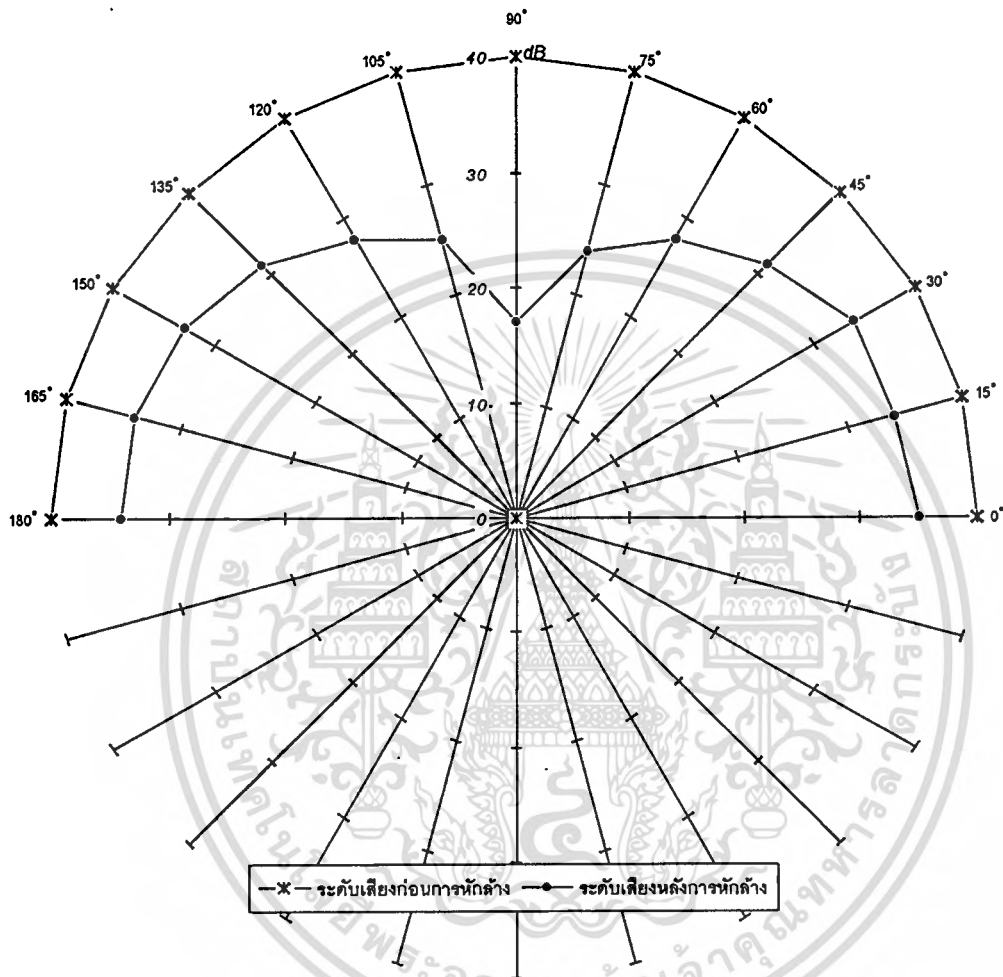
6.11.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า f เปลี่ยนแปลง และค่า d คงที่ ($d = 0.05$ m., $f = 200$ Hz, $r = 0.05$ m., $SPL = 40$ dB, $\theta = 0^\circ$ - 180°), จากวิธีการทดลอง 5.2.5 และการทดลองที่ 6.11

จากผลการทดลองที่ 6.11 กำหนดให้ค่าความถี่ 200 Hz ที่ระยะห่างของลำโพง 0.05 m. จะให้ระดับเสียงหลังการหักล้างบริเวณรอบ ๆ ลำโพงทั้ง 2 ตัว มีค่าระดับเสียงต่ำ หรือมีประสิทธิภาพในการหักล้างสูง

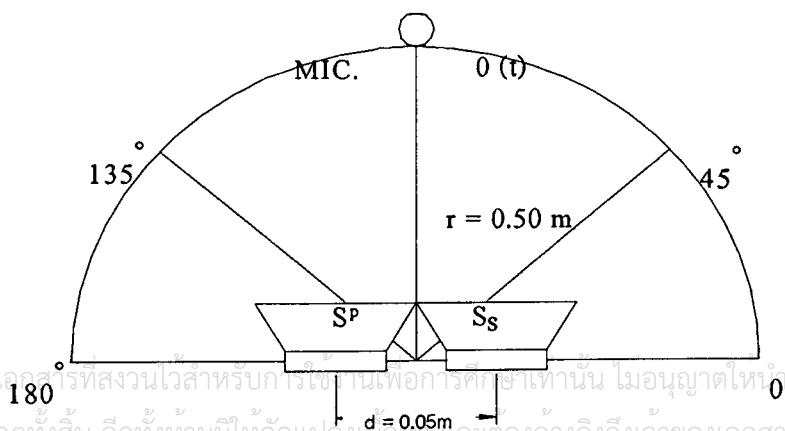
การหักล้างเสียงรบกวนจะสามารถทำการหักล้างกันในทุกตำแหน่งองศาโดยจะมีปริมาณการหักล้างเฟสกันที่ตำแหน่ง 90 องศา มากที่สุด เพราะเป็นตำแหน่งที่แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงทั้งสองมีแนวตั้งฉากกับไมโครโฟนที่ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือวัดเสียง โดยรัศมีของแหล่งกำเนิดเสียงทั้งสองที่จะปล่อยคลื่นเสียงออกไปหักล้างกันบริเวณจุดสังเกตหรือจุดวัดปริมาณการหักล้างเฟสกัน มีระยะความยาวของรัศมีเท่ากัน ประสิทธิภาพการหักล้างเสียงรบกวนสูงสุด จะอยู่ในช่วงย่านความถี่ต่ำและมีระยะห่างของลำโพงที่น้อยที่สุด

6.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า r และค่า θ โดยให้ค่า d คงที่, ค่า r เปลี่ยนแปลงและค่า θ เปลี่ยน

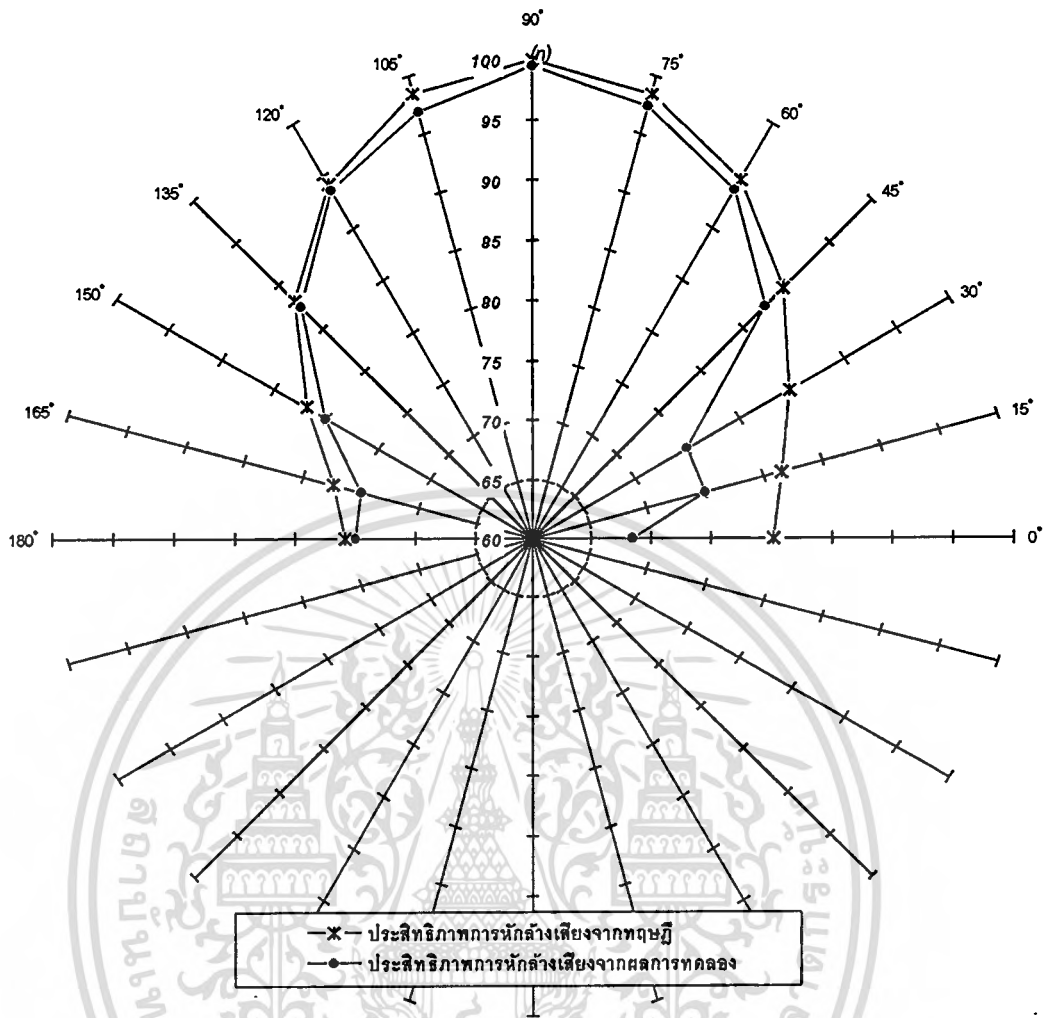
จากวิธีการทดลองที่ 5.2.5 บันทึกผลการทดลองในรูปที่ 6.12 (a), 6.12 (b) ได้ดังนี้ (ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 6.12 แสดงในภาคผนวก)



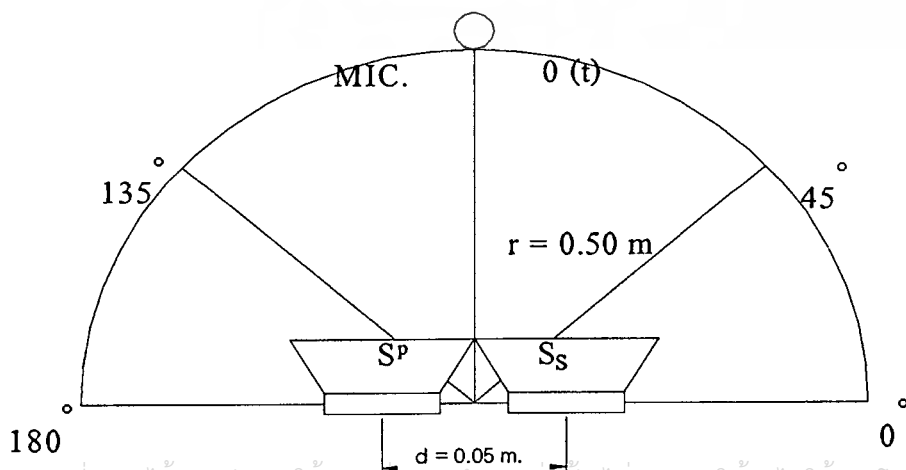
รูปที่ 6.12 (a) กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างระดับความดังเสียงก่อนการหักล้างกับระดับความดังเสียงหลังการหักล้าง ซึ่งได้มาจากการทดลองที่ 5.2.5 และผลการทดลองตามตารางที่ 6.12 (a)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.12 (b) กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าประสิทธิภาพการหักล้างเสียงจากทฤษฎีกับค่าประสิทธิภาพการหักล้างเสียงจากการทดลอง ซึ่งได้มาจากการทดลองที่ 5.2.5 และผลการทดลองตามตารางที่ 6.12 (b)



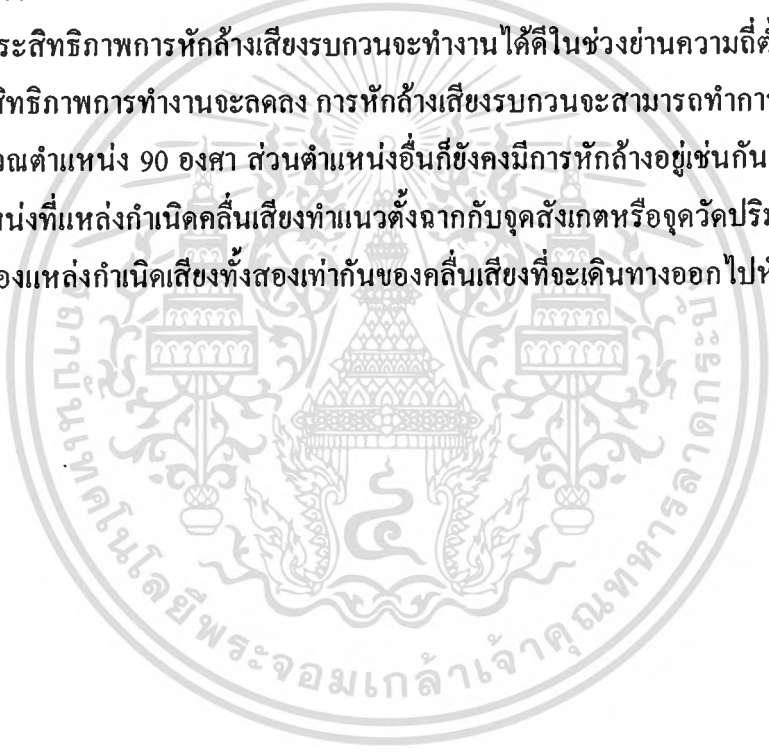
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลกรณีศึกษาตำแหน่งที่มีการหักล้างเฟสมากที่สุด และผลของการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ที่มีต่อการหักล้าง

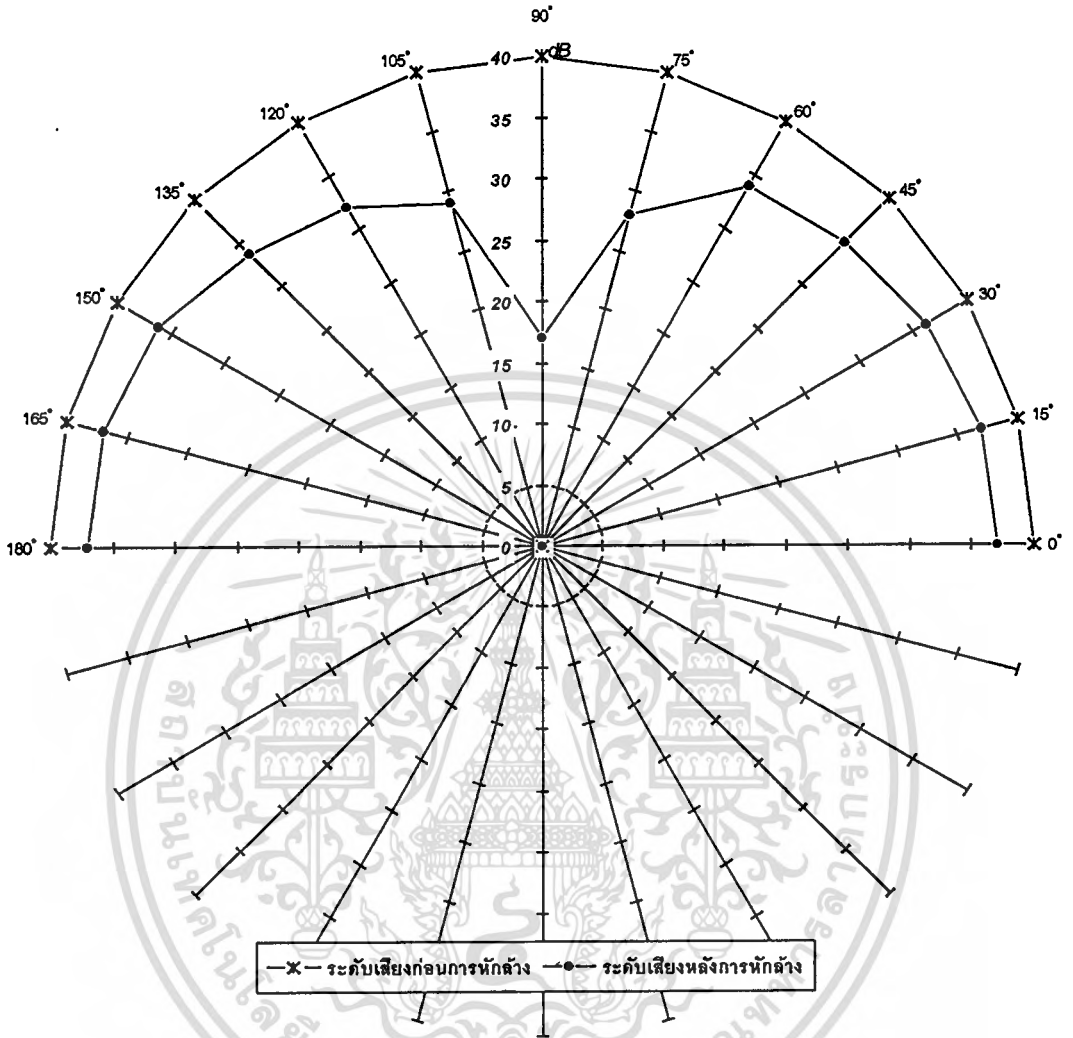
6.12.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f และค่า θ โดยให้ค่า d คงที่, ค่า f เปลี่ยนแปลง และค่า θ เปลี่ยนแปลง ($d = 0.05$ m, $f = 500$ Hz, $r = 0.5$ m., $SPL = 40$ dB, $\theta = 0^\circ - 180^\circ$) จากวิธีการทดลอง 5.2.5 และการทดลองที่ 6.12

จากผลการทดลองที่ 6.12 กำหนดให้ค่าความถี่ 500 Hz ที่ระยะห่างของลำโพง 0.05 m. จะให้ระดับเสียงหลังการหักล้างบริเวณรอบ ๆ ลำโพงทั้ง 2 ตัว มีค่าระดับเสียงต่ำลงแต่ยังไม่ต่ำกว่าที่ความถี่ 200 Hz โดยจะมีประสิทธิภาพในการหักล้างต่ำกว่าที่ค่าความถี่ 200 Hz

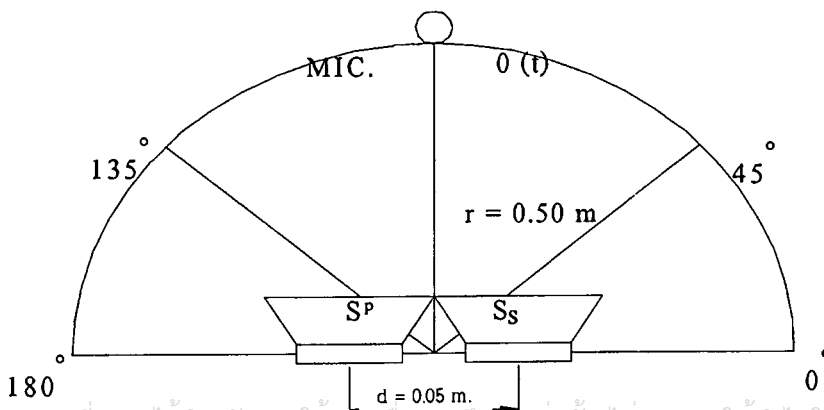
ประสิทธิภาพการหักล้างเสียงรบกวนจะทำงานได้ดีในช่วงย่านความถี่ต่ำ ถ้าหากความถี่สูงขึ้น ประสิทธิภาพการทำงานจะลดลง การหักล้างเสียงรบกวนจะสามารถทำการหักล้างกันได้มากที่สุดบริเวณตำแหน่ง 90 องศา ส่วนตำแหน่งอื่นก็ยังคงมีการหักล้างอยู่เช่นกัน ตำแหน่งที่ 90 องศาเป็นตำแหน่งที่แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงทำแนวตั้งฉากกับจุดสังเกตหรือจุดวัดปริมาณการหักล้าง และยังมีรัศมีของแหล่งกำเนิดเสียงทั้งสองเท่ากันของคลื่นเสียงที่จะเดินทางออกไปหักล้างกัน



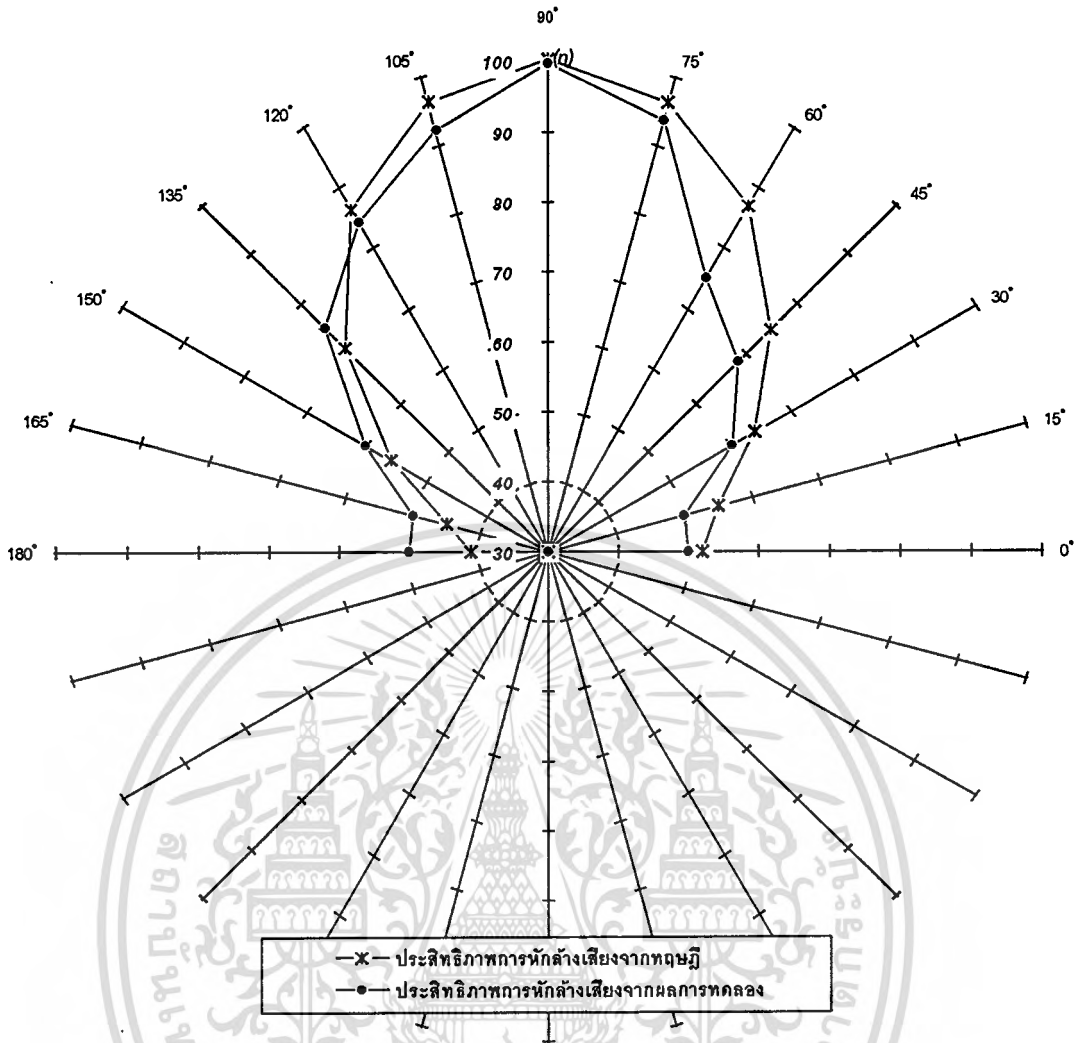
6.13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า r และค่า θ โดยให้ค่า d คงที่, ค่า r เปลี่ยนแปลง และค่า θ เปลี่ยนแปลง



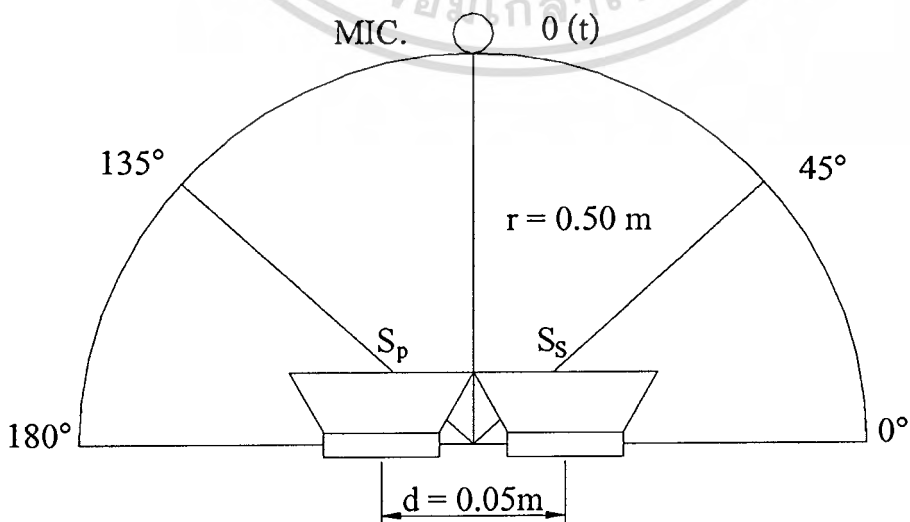
รูปที่ 6.13 (a) กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างระดับความดังเสียงก่อนการหักล้างกับระดับความดังเสียงหลังการหักล้าง ซึ่งได้มาจากการทดลองที่ 5.2.5 และผลการทดลองตามตารางที่ 6.13 (a)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.13 (b) กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าประสิทธิภาพการหักล้างเสียง จากทฤษฎีกับค่าประสิทธิภาพการหักล้างเสียงจากการทดลอง ซึ่งได้มาจากการทดลองที่ 5.2.5 และผลการทดลองตามตารางที่ 6.13 (b)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลกรณีศึกษาตำแหน่งที่มีการหักล้างเฟสมากที่สุด และผลของการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ที่มีต่อการหักล้าง

6.13.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f และค่า θ โดยให้ค่า d คงที่, ค่า f เปลี่ยนแปลง และค่า θ เปลี่ยนแปลง ($d = 0.05$ m., $f = 800$ Hz, $r = 0.5$ m., $SPL = 40$ dB, $\theta = 0^\circ - 180^\circ$) จากวิธีการทดลอง 5.2.5 และผลการทดลองที่ 6.13)

จากผลการทดลองที่ 6.13 กำหนดให้ค่าความถี่ 800 Hz ที่ระยะห่างของลำโพง 0.05 m. จะให้ระดับเสียงหลังการหักล้างมีค่าสูงขึ้นเพราะมีการรวมคลื่นแบบเสริมกัน โดยจะมีประสิทธิภาพในการหักล้างต่ำกว่าที่ค่าความถี่ 200 Hz, 500 Hz. ซึ่งเป็นไปตามสมการ (3.13), (3.14), (3.15) จากการทดลองที่ผ่านมาทำให้เราทราบว่าค่าความถี่ที่สูงขึ้น ไม่มีผลต่อการหักล้าง เมื่อความถี่สูงขึ้นประสิทธิภาพในการหักล้างจะมีโอกาสการหักล้างกันต่ำลง และสาเหตุที่ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยทดลองไม่เท่ากับทางทฤษฎี เป็นเพราะว่าในการทดลองอาจมีการผิดพลาดในการเลื่อนไมโครโฟนไปในตำแหน่งต่าง ๆ ซึ่งไม่ตรงตำแหน่งที่แท้จริง และคุณสมบัติในชุดอุปกรณ์การทดลองยังมีคุณภาพไม่ดีพอ

ตำแหน่งที่มีการหักล้างเฟสกันมากที่สุดจะอยู่ใกล้บริเวณตำแหน่ง 90 องศา ซึ่งเป็นแนวตั้งฉากของแหล่งกำเนิดคลื่นเสียงกับจุดสังเกต โดยมีรัศมีของแหล่งกำเนิดเสียงที่เท่ากันของคลื่นเสียงที่จะปล่อยออกมาหักล้างกันบริเวณจุดวัดปริมาณการหักล้าง หรือจุดสังเกต

การหักล้างจะทำการหักล้างกันได้ดีในช่วงความถี่ต่ำ ส่วนในช่วงย่านความถี่สูงกว่านี้ก็ยังหักล้างกันได้ดี แต่ประสิทธิภาพการหักล้างจะลดลงเรื่อย ๆ

บทที่ 7

การวิจารณ์หรืออภิปรายผล

7.1 การวิจารณ์ผลการทดลอง

จากวิธีการทดลองที่ 5.2.1 ของการทดลองที่ (6.2), (6.3), (6.4) และของรูปที่ 6.2, 6.3 และ 6.4 ในการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ตั้งแต่ 100 – 1,000 Hz จะพบว่าเมื่อกำหนดระยะห่างของลำโพง $d = 0.10 \text{ m}$, 1.00 m , และ 2.00 m . ประสิทธิภาพการทำงานของลำโพงหรือกำลังคลื่นเสียงที่ออกจากลำโพงทั้ง 2 ตัว จะมีประสิทธิภาพต่ำลงในย่านความถี่ต่ำตั้งแต่ 100 Hz – 350 Hz ซึ่งเป็นผลมาจากคุณสมบัติของลำโพงที่ใช้ในการทดลองไม่สามารถตอบสนองในย่านความถี่ต่ำได้ หรือ ไมโครโฟนที่ใช้เป็นเครื่องมือวัดความดังของเสียงที่หักล้างกันมีค่าความไวในการรับคลื่นเสียงต่ำเกินไป ทำให้รูปกราฟแสดงผลออกเป็นแนวเส้นสูงต่ำไม่ราบเรียบเท่าที่ควร และในการทดลองแต่ละครั้งปัจจัย เนื่องจากอุณหภูมิจะมีผลต่อความเร็วของเสียงที่จะเดินทางแพร่ผ่านอากาศที่เป็นตัวกลางในการเดินทางของคลื่นเสียงทั้ง 2 แหล่งที่จะมาหักล้างกัน

จากวิธีการทดลองที่ 5.2.3 ของการทดลองที่ (6.6), (6.7) และของรูปที่ 6.6 และ 6.7 จะพบว่าเมื่อทดลองในย่านความถี่ต่ำตั้งแต่ 100 Hz – 500 Hz รูปเส้นกราฟจะเป็นแนวสูงต่ำไม่ราบเรียบและยังมีช่วงการหักล้างสูงสุดแสดงในช่วงค่าความถี่ 250 Hz – 280 Hz ซึ่งอาจจะเป็นช่วงที่ความถี่ของเสียงที่ออกจากลำโพงทั้ง 2 ตัวมีค่าการหักล้างมากที่สุด หรือ อาจจะเป็นช่วงย่านความถี่เสียงของลำโพงที่ส่งออกไปในตัวกลางไปตรงกับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนของวัสดุที่นำมาใช้ทำห้องเก็บเสียง ซึ่งทำให้เส้นกราฟตกลงดูเหมือนว่ามีการหักล้างมากที่สุดที่ค่าความถี่นี้ รวมถึงปัญหาของค่า Frequency Response ของลำโพงและค่า Sensitivity ของไมโครโฟนที่มีคุณสมบัติการใช้งานทดลองยังไม่ดีพอ

จากวิธีการทดลองที่ 5.2.4 ของการทดลองที่ (6.8) และของรูปที่ 6.8(a) จะพบว่าตำแหน่งที่ 90 องศา เป็นตำแหน่งที่มีการหักล้างมากที่สุด อันเนื่องมาจากเป็นช่วงที่มีการตัดกันของสนามเสียงมากที่สุด และยังเป็นแนวขนานของลำโพงทั้ง 2 ตัวที่มีระยะห่างกัน 0.05 m. ของลำโพง อีกทั้งยังเป็นแนวตั้งฉากกันระหว่างไมโครโฟนกับลำโพงทั้ง 2 ตัวที่หันหน้าขนานกัน และรูปที่ 6.8(b) ในช่วงตำแหน่งที่ 0 – 45 องศา ของตำแหน่งการวางไมโครโฟน จะพบว่าเส้นกราฟจากการทดลองจะไม่เป็นแนวเส้นที่ใกล้เคียงกันกับเส้นกราฟทางทฤษฎี ซึ่งอาจจะเป็นปัญหาจากการผิดพลาดของการเคลื่อนย้ายไมโครโฟน หรือประสิทธิภาพของไมโครโฟนในส่วนของมุมไมโครโฟนเองที่มีมุม Sensitivity รอบตัวของไมโครโฟนไม่เหมือนกันทุกด้าน

จากวิธีการทดลองที่ 5.2.4 ของการทดลองที่ (6.9) และของรูปที่ 6.9(a) จะพบว่าตำแหน่งที่ 90 องศา เป็นตำแหน่งที่มีการหักล้างมากที่สุด ส่วนตำแหน่งที่ 150 – 180 องศา และ 0 – 30 องศา จะมีไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหักล้างน้อย ซึ่งจะมีผลมาจากการเพิ่มระยะทางของลำโพงที่ห่างกัน 0.10 m. ของลำโพง และรูปที่ 6.9(b) เส้นกราฟประสิทธิภาพการหักล้างจากการทดลองไม่มีแนวเส้นเข้าไปใกล้เคียงกับแนวเส้นประสิทธิภาพการหักล้างทางทฤษฎี อันเป็นผลมาจากการทดลองหัวข้อ 6.9 มีการเปลี่ยนแปลงค่าระยะทางความห่างของลำโพงทั้ง 2 ตัวเพิ่มมากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการหักล้างลดลง

จากวิธีการทดลองที่ 5.2.4 ของการทดลองที่ (6.10) และของรูปที่ 6.10(a) จะพบว่าตำแหน่งที่ 90 องศาเป็นตำแหน่งที่มีการหักล้างมากที่สุด ส่วนตำแหน่งที่ 60 – 120 องศา เป็นตำแหน่งที่มีการหักล้างกัน และตำแหน่งที่ 0 – 60 องศา กับตำแหน่งที่ 120 – 180 องศา เป็นตำแหน่งที่จะเริ่มมีการเสริมเฟสกันของคลื่นเสียงทั้ง 2 แหล่ง ซึ่งมีสาเหตุมาจากการเพิ่มระยะทางความห่างของลำโพงเพิ่มมากขึ้นทำให้สนามเสียงของการทดลองมีทั้งการหักล้างและเสริมกันของระยะห่าง 0.20 m. ของลำโพง ส่วนรูปที่ 6.10(b) มีความผิดพลาดมาจากตำแหน่งการวางไมโครโฟนและคุณสมบัติของตัวลำโพงและไมโครโฟน รวมทั้งปัญหาทางด้านกายภาพสิ่งแวดล้อม

จากวิธีการทดลองที่ 5.2.5 ของการทดลองที่ (6.11) และของรูปที่ 6.11(a) จะพบว่าจะมีการหักล้างกันทุกตำแหน่ง และตำแหน่งที่มีการหักล้างกันมากที่สุดจะเป็นตำแหน่งที่ 90 องศา และรูปที่ 6.11(b) เส้นกราฟประสิทธิภาพของการทดลองเข้าใกล้กับเส้นกราฟประสิทธิภาพของทฤษฎีแสดงว่าการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี โดยทดลองที่ความถี่ 200 Hz

จากวิธีการทดลองที่ 5.2.5 ของการทดลองที่ (6.12) และของรูปที่ 6.12(a) จะพบว่าตำแหน่งที่มีการหักล้างจะมีทุกตำแหน่ง ส่วนตำแหน่งที่มีการหักล้างมากที่สุดจะเป็นตำแหน่งที่ 90 องศา ส่วนรูปที่ 6.12(b) เส้นกราฟประสิทธิภาพการหักล้างจากการทดลองจะไม่เข้าใกล้กับเส้นกราฟทางทฤษฎี เป็นผลมาจากการผิดพลาดเรื่องคุณสมบัติของไมโครโฟน ลำโพง และการเลื่อนวางไมโครโฟนแต่ละตำแหน่ง รวมทั้งมีการเพิ่มค่าความถี่เพิ่มขึ้นเป็น 500 Hz

จากวิธีการทดลองที่ 5.2.5 ของการทดลองที่ (6.13) และของรูปที่ 6.13(a) จะพบว่าตำแหน่งที่มีการหักล้างจะมีทุกตำแหน่ง ส่วนตำแหน่งที่มีการหักล้างมากที่สุดจะเป็นตำแหน่งที่ 90 องศา ส่วนรูปที่ 6.13(b) เส้นกราฟประสิทธิภาพการหักล้างจากการทดลองจะไม่เข้าใกล้กับเส้นกราฟทางทฤษฎี ซึ่งเป็นปัญหาจากการผิดพลาดเรื่องคุณสมบัติของไมโครโฟน ลำโพง และ การเลื่อนวางไมโครโฟนแต่ละตำแหน่ง รวมทั้งมีการเพิ่มค่าความถี่เพิ่มขึ้นเป็น 800 Hz.

บทที่ 8

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

8.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการวิจัยทำให้เราทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะทางหรือระยะห่างของลำโพง ทั้ง 2 ตัว และค่าความถี่ของคลื่นเสียงที่ออกมาจากลำโพง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการหักล้างเฟสกันของสนามเสียง ของแหล่งกำเนิดเสียงทั้ง 2 แหล่งที่มีค่าความถี่, แอมพลิจูดความยาวคลื่น, ความเร็วเสียง, และมีเฟสต่างกัน 180 องศา เท่ากันพอดีถึงจะมีประสิทธิภาพการหักล้างสูงสุด

ผลจากการทดลองจะพบว่า เมื่อกำหนดให้ค่าระยะทางมีค่าคงที่ และมีการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ของคลื่นเสียงทั้ง 2 แหล่งเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการหักล้างก็จะลดลงเรื่อย ๆ ตามลำดับ และในทำนองเดียวกันเมื่อกำหนดให้ค่าความถี่ของคลื่นเสียงทั้ง 2 แหล่งมีค่าคงที่และมีการเปลี่ยนแปลงค่าระยะทางหรือระยะห่างของลำโพงของแหล่งกำเนิดคลื่นเสียงทั้ง 2 แหล่งให้ห่างเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ประสิทธิภาพการหักล้างก็จะลดลงเช่นกัน ส่วนมุมมองของลำโพงที่กระทำหันหน้าเข้าหากันมีผลต่อการหักล้างเล็กน้อย

8.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป

สำหรับงานวิจัยต่อเนื่องอนาคต ควรมีการศึกษาการหักล้างเฟสในห้องทั่วไปที่เป็นสำนักงาน อาคารปฏิบัติการ โรงงาน สำหรับการพัฒนาการหักล้างเสียงรบกวนแบบ Non - Linear ในการทดลองกับแหล่งกำเนิดเสียงรบกวนจริงที่มีความถี่อยู่หลายความถี่เข้ามาผสมกัน ในโอกาสต่อไป ควรมีการพัฒนาระบบประมวลสัญญาณเสียงระบบดิจิทัล (Digital Signal Processing : DSP) แบบสัญญาณเสียงไม่เชิงเส้น Non - Linear ในการวิจัยครั้งต่อไป

บรรณานุกรม

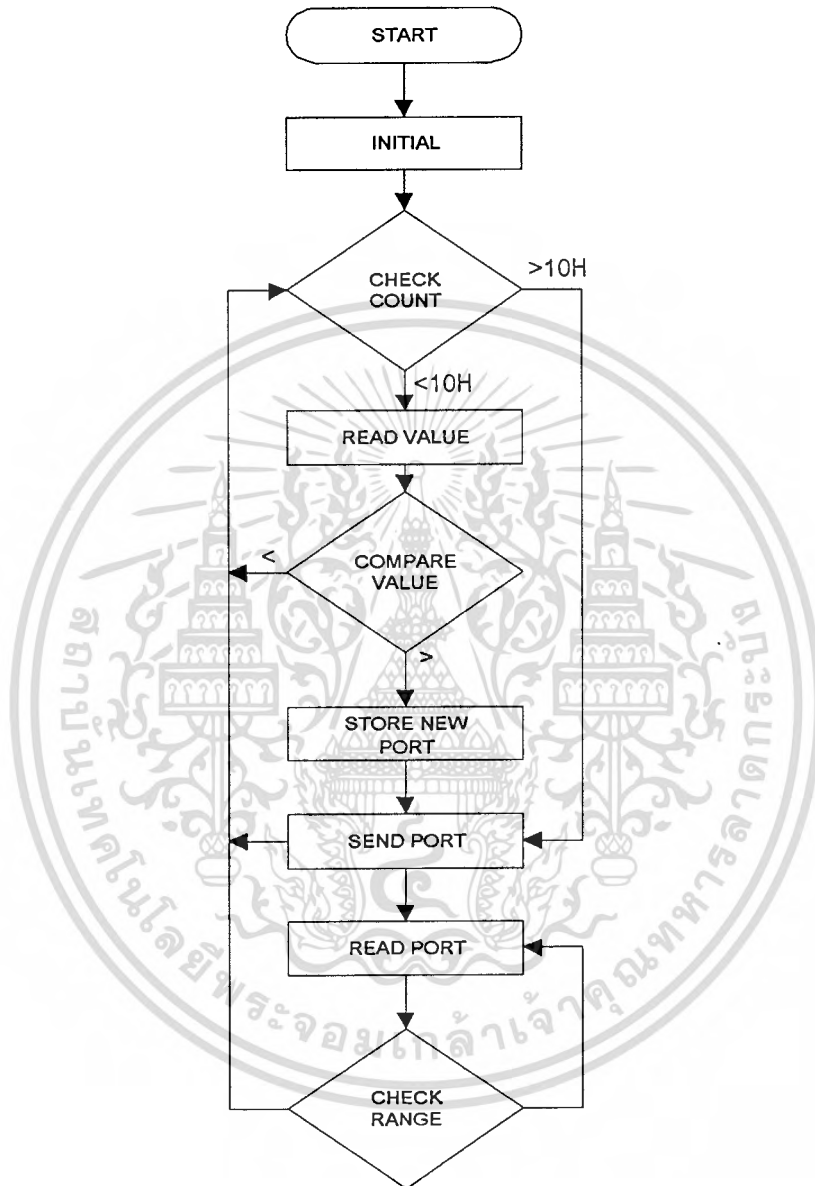
- [1] Carlson, A.B. 1975. **Communication systems**. London : McGraw-Hill.
- [2] Leitch, R.R. and Tokhi, M.O. 1992. **Active noise control**. Oxford Engineering science.
- [3] Warnaka, G.e. 1981. **Acoustic attenuators with active sound cancelling**. UK Patent.
- [4] บรรณวิทย์ มุลสิน และคณะ. 2533. การลดระดับเสียงรบกวนในเครื่องปรับอากาศ. ปรินญา
นิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [5] บุญเลิศ ปิยะกฤษฏัญญ โย และคณะ. 2534. การหาประสิทธิภาพของเครื่องลดเสียงแบบ Side
Branch Resonator ปรินญา นิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล,
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [6] นิพนธ์ คงประเสริฐ และคณะ. 2534. การหาประสิทธิภาพของเครื่องดับเสียงแบบ
Helmholtz Resonator ปรินญา นิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล,
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

แสดงแผนผัง Flow Chart การเขียนโปรแกรมมอนิเตอร์ของเครื่องหักล้างเฟส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

การเขียนโปรแกรมการทำงานของเครื่องหักล้างเฟส (โปรแกรมมอนิเตอร์)

```

;      ** PROGRAM NOISE CONTROL **
;      ** PORT    0FF72H IS    ANALOG TO DIGITAL
;      ** PORT    P1          INTERFACE WITH CURCUIT
;      ** R0      IS          KEEP MAXIMUM VALUE
;      ** R1      IS          KEEP BEST PORT NUMBER

ORG 0H

      MOV        R0,#0FFH      ; INITIAL VALUE
      MOV        P1, #0FFH
      MOV        R1, #0H
      MOV        DPTR,#0FF72H

START : INC        P1          ; INCREMENT PORT P1
      MOV        A,P1
      CJNE       A, #10H, CONTINUE ; CHECK TIMES OF PORT
      JMP        LOGPORT       ; TO BEST PORT NUMBER

CONTINUE : CALL    DELAY
      MOV        A, @DPTR      ; GET VALUE FROM A TO D
      PUSH       ACC
      CLR        C              ; CLR CARRAY FLAG
      SUBB       A, R0          ; COMPARE VALUE
      JC         SWAP          ; A < R0
      POP        ACC           ; A > R0

SWAP : POP        R0           ; KEEP NEW VALUE TO R0
      MOV        A, P1         ; KEEP PORT NUMBER TO R1
      MOV        R1, A
      JMP        START         ; REREAD VALUE ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LOGPORT :  MOV      A, R1          ; SEND BEST PORTNUMBER TO P1
           MOV      P1, A
RE_READ  :  MOV      A, @DPTR     ; RE_READ VALUE FROM A TO D
           CLR      C
           SUBB     A, R0          ; CHECK RANGE VALUE
           JNC      CHECK
           CPL      A              ; LESS THAN
           INC      A              ; 2' COMPLEMENT
CHECK :   CLR      C
           SUBB     A, #10H        ; COMPARE RANGE VALUE
           JNC      RE_READ        ; IN RANGE
           JMP      START          ; OUT RANGE

; ***** DELAY FOR READ VOLTAGE FROM MIC *****
DELAY:    MOV      R2, #8H
DLY1:     MOV      R3, #0FFH
DLY2:     MOV      R4, #0FFH
           DJNZ     R4, $           ; DECREMENT R4
           DJNZ     R3, DLY2        ; DECREMENT R3
           DJNZ     R2, DLY1        ; DECREMENT R2
           RET
END.

```

๖๖๖

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลกรณีศึกษาตำแหน่งที่มีการหักล้างเฟสมากที่สุด และผลของการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ที่มีต่อการหักล้าง

6.12.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f และค่า θ โดยให้ค่า d คงที่, ค่า f เปลี่ยนแปลง และค่า θ เปลี่ยนแปลง ($d = 0.05 \text{ m}$, $f = 500 \text{ Hz}$, $r = 0.5 \text{ m}$, $\text{SPL} = 40 \text{ dB}$, $\theta = 0^\circ - 180^\circ$) จากวิธีการทดลอง 5.2.5 และการทดลองที่ 6.12

จากผลการทดลองที่ 6.12 กำหนดให้ค่าความถี่ 500 Hz ที่ระยะห่างของลำโพง 0.05 m. จะให้ระดับเสียงหลังการหักล้างบริเวณรอบ ๆ ลำโพงทั้ง 2 ตัว มีค่าระดับเสียงต่ำลงแต่ยังไม่ต่ำกว่าที่ความถี่ 200 Hz โดยจะมีประสิทธิภาพในการหักล้างต่ำกว่าที่ค่าความถี่ 200 Hz

ประสิทธิภาพการหักล้างเสียงรบกวนจะทำงานได้ดีในช่วงย่านความถี่ต่ำ ถ้าหากความถี่สูงขึ้น ประสิทธิภาพการทำงานจะลดลง การหักล้างเสียงรบกวนจะสามารถทำการหักล้างกันได้มากที่สุดบริเวณตำแหน่ง 90 องศา ส่วนตำแหน่งอื่นก็ยังคงมีการหักล้างอยู่เช่นกัน ตำแหน่งที่ 90 องศาเป็นตำแหน่งที่แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงทำแนวตั้งฉากกับจุดสังเกตหรือจุดวัดปริมาณการหักล้าง และยังมีรัศมีของแหล่งกำเนิดเสียงทั้งสองเท่ากันของคลื่นเสียงที่จะเดินทางออกไปหักล้างกัน

ภาคผนวก ก.

ตารางแสดงความเร็วเสียง

ตัวกลาง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเร็ว (เมตรต่อวินาที)
อากาศ	0	331.3
ไฮโดรเจน	0	1,286
ออกซิเจน	0	317.2
น้ำ	15	1,450
ตะกั่ว	20	1,230
อลูมิเนียม	20	5,100
ทองแดง	20	3,560
เหล็ก	20	5,130
แกรนิต	-	6,000
ยางวัลคาไนซ์	0	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

ตารางแสดงตัวอย่างของเสียงที่สัมพันธ์กับระดับความดังของเสียง

ระดับความดังเสียง (เดซิเบล) (Sound Pressure Level)	ตัวอย่าง
0	เสียงค่อนที่สุดที่หูสามารถรับฟังได้
20	ในห้องอัดเสียง
30	เสียงกระซิบเบา ๆ (ห่าง 5 ฟุต)
40	สถานที่ทำงานที่เงียบสงบ
50	เขตบ้านพักทั่วไป
60	เสียงสนทนาปกติ (ห่าง 3 ฟุต)
80	ในภัตตาคารที่จอแจ
100	เครื่องทอผ้าในโรงงานทอผ้า
110	โรงเลื่อยไม้
140	เครื่องบินไอพ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.

ตารางแสดงระดับเสียงกับระยะเวลาในการฟัง

ระดับความดังของเสียงที่น้อยกว่า	ระยะเวลาที่ยอมให้รับเสียงนั้น
91 เดซิเบล เอ	ไม่เกินวันละ 7 ชั่วโมง
90 เดซิเบล เอ	มากกว่า 7 ชั่วโมงและไม่เกิน 8 ชั่วโมง
80 เดซิเบล เอ	มากกว่า 8 ชั่วโมง

ภาคผนวก ฉ.

ตารางแสดงระดับความเข้มของเสียงจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ

แหล่งกำเนิด	ระดับความเข้มของเสียง (dB)
เสียงเบาที่สุดที่มนุษย์ได้ยิน	0
เสียงลมหายใจ	10
เสียงใบไม้กระทบกันเมื่อถูกลมพัด	20
เสียงคนตรีแผ่วเบา	30
เสียงพูดระหว่างคนสองคน	60
เสียงขูดขานบนถนน	70-90
เสียงเครื่องบินใบพัดขึ้นจากสนามบิน	120
เสียงเครื่องบินไอพ่นขึ้นจากสนามบิน	140

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

จากการทดลองศึกษาเครื่องหักล้างเฟสเสียงรบกวนได้ให้ผลการทดลองออกมาดังนี้

6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d คงที่ และค่า f เปลี่ยนแปลง

จากวิธีการทดลองที่ 5.2.1 บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 6.1 ได้ดังนี้

ตารางที่ 6.1 บันทึกผลการทดลองศึกษาค่าความถี่ที่มีอิทธิพลต่อการหักล้างเสียงหรือประสิทธิภาพการหักล้างเสียง

โดยให้ $d =$ คงที่ (0.05 m.)

$f =$ เปลี่ยนแปลง (100 Hz – 1,000 Hz)

$r =$ คงที่ (0.50 m.)

ความถี่ (Hz)	หักล้างที่ (40 dB)	หักล้างที่ (50 dB)	หักล้างที่ (60 dB)
100	18	28	38
120	14	24	34
140	12	22	34
160	12	22	32
180	11	21	32
200	11	20	30
220	9	19	30
240	9	18	29
260	8	17	28
280	8	16	27
300	6	14	25
320	6	14	24
340	6	13	24
360	5	13	22
380	6	12	22
400	3	11	22
420	4	12	21

ตารางที่ 6.1 (ต่อ)

ความถี่ (Hz)	หักล้างที่ (40 dB)	หักล้างที่ (50 dB)	หักล้างที่ (60 dB)
440	3	10	21
460	3	11	20
480	3	10	21
500	3	9	20
520	3	10	19
540	3	10	18
560	3	9	18
580	3	8	18
600	3	9	17
620	3	8	16
640	3	9	16
660	3	6	15
680	3	6	16
700	3	6	15
720	3	6	16
740	3	6	15
760	3	6	16
780	3	6	15
800	3	6	15
820	3	6	16
840	3	6	15
860	3	6	16
880	3	6	16
900	3	6	15
920	3	6	15
940	3	6	15
960	3	6	15
980	3	6	16
1000	3	6	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f โดยให้ค่า d คงที่ และค่า f เปลี่ยนแปลง
จากวิธีการทดลองที่ 5.2.1 บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 6.2 ได้ดังนี้

ตารางที่ 6.2 บันทึกผลการทดลองศึกษาค่าความถี่ที่มีอิทธิพลต่อการหักล้างเสียงหรือประสิทธิภาพการหักล้างเสียง

โดยให้ $d =$ คงที่ (0.10 m.)

$f =$ เปลี่ยนแปลง (100 – 1,000 Hz)

$r =$ คงที่ (0.50 m.)

ความถี่ (Hz)	หักล้างที่ (40 dB)	หักล้างที่ (50 dB)	หักล้างที่ (60 dB)
100	22	32	42
120	20	30	41
140	16	26	35
160	14	23	34
180	18	28	38
200	19	30	39
220	19	30	40
240	15	25	34
260	12	20	32
280	16	26	35
300	6	12	27
320	15	25	36
340	16	26	35
360	17	26	37
380	15	24	36
400	13	23	35
420	12	20	32
440	14	24	35
460	12	20	34
480	12	19	38
500	11	20	31
520	11	22	32

ตารางที่ 6.2 (ต่อ)

ความถี่ (Hz)	ห้ก่ล้างที่ (40 dB)	ห้ก่ล้างที่ (50 dB)	ห้ก่ล้างที่ (60 dB)
540	12	21	33
560	12	20	31
580	12	20	30
600	11	19	31
620	12	21	30
640	10	20	30
660	11	21	32
680	13	23	32
700	14	25	35
720	15	25	36
740	16	25	36
760	15	26	36
780	16	26	37
800	16	27	35
820	16	26	36
840	16	27	37
860	15	26	36
880	16	28	36
900	17	26	35
920	16	27	38
940	16	28	38
960	17	27	38
980	18	29	39
1000	17	29	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า r โดยให้ค่า d คงที่ และค่า r เปลี่ยนแปลง
จากการทดลองที่ 5.2.1 บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 6.3 ได้ดังนี้

ตารางที่ 6.3 บันทึกผลการทดลองศึกษาค่าความถี่มีอิทธิพลต่อการหักล้างเสียงหรือประสิทธิภาพการหักล้างเสียง

โดยที่ $d =$ คงที่ (1.00 m.)

$f =$ เปลี่ยนแปลง (100 – 1,000 Hz)

$r =$ คงที่ (0.50 m.)

ความถี่ (Hz)	หักล้างที่ (40 dB)	หักล้างที่ (50 dB)	หักล้างที่ (60 dB)
100	40	48	59
120	35	45	55
140	26	37	46
160	24	34	44
180	30	41	50
200	24	33	43
220	20	31	41
240	24	31	45
260	31	41	51
280	28	37	48
300	23	33	44
320	28	38	49
340	31	41	51
360	26	37	46
380	21	31	41
400	20	30	41
420	21	32	42
440	20	33	44
460	24	34	45
480	25	35	45
500	25	33	44
520	22	31	41

ตารางที่ 6.3 (ต่อ)

ความถี่ (Hz)	หักล่างที่ (40 dB)	หักล่างที่ (50 dB)	หักล่างที่ (60 dB)
540	21	29	39
560	19	28	38
580	20	29	40
600	18	29	38
620	18	28	39
640	18	29	40
660	19	30	40
680	19	30	40
700	19	29	40
720	20	29	40
740	19	29	39
760	19	30	40
780	20	31	41
800	20	31	40
820	22	32	43
840	22	33	43
860	23	34	44
880	23	34	45
900	25	35	46
920	25	35	46
940	26	37	47
960	26	37	48
980	27	37	47
1000	27	37	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า r โดยให้ค่า d คงที่ และค่า r เปลี่ยนแปลง
จากวิธีการทดลองที่ 5.2.1 บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 6.4 ได้ดังนี้

ตารางที่ 6.4 บันทึกผลการทดลองศึกษาค่าความถี่ที่มีอิทธิพลต่อการหักล้างเสียงหรือประสิทธิภาพการหักล้างเสียง

โดยให้ $d =$ คงที่ (2.00 m.)

$f =$ เปลี่ยนแปลง (100 – 1,000 Hz)

$r =$ คงที่ (0.50 m.)

ความถี่ (Hz)	หักล้างที่ (40 dB)	หักล้างที่ (50 dB)	หักล้างที่ (60 dB)
100	40	50	60
120	41	50	59
140	38	48	58
160	34	43	54
180	24	33	44
200	31	41	52
220	30	40	52
240	32	42	53
260	32	42	53
280	27	38	46
300	31	41	52
320	34	44	55
340	25	35	45
360	25	35	46
380	27	38	47
400	28	37	48
420	27	36	47
440	26	35	46
460	26	36	47
480	29	39	48
500	32	42	52
520	34	44	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นได้

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.4 (ต่อ)

ความถี่ (Hz)	หักล้างที่ (40 dB)	หักล้างที่ (50 dB)	หักล้างที่ (60 dB)
540	34	45	55
560	34	44	54
580	34	45	54
600	33	43	53
620	32	42	51
640	30	40	50
660	31	40	51
680	29	40	50
700	29	39	49
720	29	38	48
740	28	39	48
760	29	39	49
780	29	38	49
800	30	39	51
820	29	40	51
840	29	38	49
860	28	38	48
880	28	37	47
900	27	38	48
920	29	37	48
940	27	36	48
960	26	35	46
980	24	34	44
1000	24	33	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า r โดยให้ค่า f คงที่ และค่า d เปลี่ยนแปลง จากวิธีการทดลองที่ 5.2.2 บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 6.5 ได้ดังนี้

ตารางที่ 6.5 บันทึกผลการทดลองศึกษาค่าระยะทางที่มีอิทธิพลต่อการหักล้างเสียงหรือประสิทธิภาพการหักล้างเสียง

โดยให้ $f =$ คงที่ (200, 500 และ 800 Hz)

$d =$ เปลี่ยนแปลง (0.10 – 2.00 m.)

$r =$ คงที่ (0.50 m.)

SPL = คงที่ (40 dB)

ระยะทาง (m.)	ที่ความถี่ 200 Hz	ที่ความถี่ 500 Hz	ที่ความถี่ 800 Hz
0.10	20	22	24
0.20	23	22	22
0.40	25	23	22
0.60	30	23	28
0.80	29	25	25
1.00	30	24	25
1.20	25	25	26
1.40	29	27	26
1.60	31	31	28
1.80	30	30	30
2.00	30	31	29

6.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ ของมุมมองศาลาโพง กับค่า r โดยให้ค่า γ ของมุมมองศาลาโพงคงที่ และค่า r เปลี่ยนแปลง ($r = 100 - 1,000$ Hz) ($\gamma = 45^\circ$) จากวิธีการทดลองที่ 5.2.3 บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 6.6 ได้ดังนี้

ตารางที่ 6.6 บันทึกผลการทดลองศึกษามุมของศาลาโพงที่มีอิทธิพลต่อการหักล้างเสียงหรือประสิทธิภาพการหักล้างเสียง

โดยให้ $\gamma = 45^\circ$
 $d = 0.05$ m
 $f = 100 - 1,000$ Hz
 $r = 0.50$ m.
 SPL = 40, 50 และ 60 dB

ความถี่ (Hz)	หักล้างที่ (40 dB)	หักล้างที่ (50 dB)	หักล้างที่ (60 dB)
100	23	34	44
120	21	32	42
140	26	36	45
160	17	28	38
180	16	20	31
200	21	31	41
220	21	30	40
240	15	25	36
260	13	21	31
280	6	10	19
300	9	17	27
320	15	25	35
340	21	32	42
360	12	23	32
380	16	25	35
400	14	22	34
420	16	25	36
440	12	20	29
460	15	26	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.6 (ต่อ)

ความถี่ (Hz)	หักล้างที่ (40 dB)	หักล้างที่ (50 dB)	หักล้างที่ (60 dB)
480	12	22	33
500	14	23	35
520	16	26	37
540	15	26	36
560	15	25	37
580	16	27	36
600	16	27	37
620	17	26	37
640	16	27	37
660	17	27	38
680	17	28	38
700	16	28	38
720	17	27	37
740	16	27	38
760	17	28	37
780	16	28	38
800	17	28	37
820	17	27	38
840	16	29	37
860	17	31	38
880	17	30	38
900	17	31	39
920	18	32	38
940	18	32	38
960	19	34	39
980	20	33	40
1000	19	34	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ ของมุมมองลำโพง กับค่า r โดยให้ค่า γ ของมุมมองลำโพง คงที่ และค่า r เปลี่ยนแปลง ($r = 100 - 1,000$ Hz) ($\gamma = 90^\circ$)
จากวิธีการทดลองที่ 5.2.3 บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 6.7 ได้ดังนี้

ตารางที่ 6.7 บันทึกผลการทดลองศึกษามุมมองลำโพงที่มีอิทธิพลต่อการหักล้างเสียงหรือประสิทธิภาพการหักล้างเสียง

โดยให้ $\gamma = 90^\circ$
 $d = 0.10$ m.
 $f = 100 - 1,000$ Hz
 $r = 0.50$ m.
 SPL = 40, 50 และ 60 dB

ความถี่ (Hz)	หักล้างที่ (40 dB)	หักล้างที่ (50 dB)	หักล้างที่ (60 dB)
100	26	36	46
120	25	35	45
140	22	32	42
160	16	27	37
180	16	27	37
200	22	33	43
220	21	32	41
240	14	25	35
260	6	12	22
280	14	24	34
300	15	24	35
320	18	27	37
340	19	29	38
360	14	24	34
380	16	27	36
400	15	25	35
420	10	19	28
440	16	27	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.7 (ต่อ)

ความถี่ (Hz)	หักล้างที่ (40 dB)	หักล้างที่ (50 dB)	หักล้างที่ (60 dB)
460	15	27	37
480	15	26	36
500	14	23	34
520	22	31	42
540	19	28	38
560	17	28	38
580	17	27	38
600	16	27	36
620	16	26	37
640	16	27	37
660	17	27	38
680	18	28	39
700	18	28	38
720	17	27	37
740	17	27	38
760	17	28	39
780	16	28	39
800	19	28	40
820	18	27	39
840	19	29	40
860	19	31	41
880	18	30	41
900	20	31	41
920	20	32	42
940	20	32	42
960	24	34	45
980	22	33	42
1000	24	34	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า r โดยให้ค่า r คงที่, ค่า d เปลี่ยนแปลง, ค่า θ เปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 6.8 (a) แสดงการบันทึกผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียงจากวิธีการทดลองที่ 5.2.4 เพื่อทดลองหาดำแหน่งที่มีการหักล้างเฟสมากที่สุด แล้วนำผลการทดลองก่อนการหักล้างและหลังการหักล้างเอามาเปรียบเทียบกันลงบนกราฟ

โดยกำหนดให้

d	=	0.05 m.
f	=	500 Hz
r	=	0.50 m
SPL	=	40 dB (ก่อนการหักล้าง)
θ	=	$0^\circ - 180^\circ$ (degree) เปลี่ยนทีละ 15 องศา

ตำแหน่งองศาไมโครโฟน θ	ระดับเสียงก่อนการหักล้าง(dB)	ระดับเสียงหลังการหักล้าง(dB)
180°	40	34
165°	40	34
150°	40	33
135°	40	31
120°	40	28
105°	40	25
90°	40	17
75°	40	24
60°	40	28
45°	40	31
30°	40	34
15°	40	34
0°	40	35

ตารางที่ 6.8 (b) แสดงการบันทึกผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง

จากวิธีการทดลองที่ 5.2.4 โดยนำผลการทดลองของตารางที่ 6.8 (a) มาแทนค่าลงในสมการหาค่าประสิทธิภาพจากทฤษฎีและจากการทดลองแล้วนำเอาค่าที่ได้จากการแทนค่าในการเอามาเปรียบเทียบกับลงบนกราฟ

ตำแหน่งองศาไมโครโฟน	ประสิทธิภาพการหักล้างเสียงทางทฤษฎี	ประสิทธิภาพการหักล้างเสียงจากผลการทดลอง
180°	75.7	74.881
165°	77.4	74.881
150°	82	80.047
135°	88.1	87.411
120°	94.2	93.690
105°	98.5	96.838
90°	100	99.499
75°	98.5	97.488
60°	94.7	93.690
45°	89.7	87.411
30°	84.8	74.881
15°	81.4	74.881
0°	80.1	68.377

6.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า r และค่า θ โดยให้ค่า r คงที่, ค่า d เปลี่ยนแปลง และ ค่า θ เปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 6.9 (a) แสดงการบันทึกผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง

จากวิธีการทดลองที่ 5.2.4 เพื่อทดลองหาค่าตำแหน่งที่มีการหักล้างเฟสมากที่สุด แล้วนำผลการทดลองก่อนการหักล้างและหลังการหักล้างเอามาเปรียบเทียบกันลงบนกราฟ

โดยกำหนดให้ $d = 0.10 \text{ m}$.
 $f = 500 \text{ Hz}$
 $r = 0.50 \text{ m}$.
 $\text{SPL} = 40 \text{ dB}$
 $\theta = 0^\circ - 180^\circ$ (degree) เลื่อนทีละ 15 องศา

ตำแหน่งองศาไมโครโฟน θ	ระดับเสียงก่อนการหักล้าง (dB)	ระดับเสียงหลังการหักล้าง (dB)
180°	40	41
165°	40	40
150°	40	39
135°	40	38
120°	40	35
105°	40	32
90°	40	17
75°	40	33
60°	40	36
45°	40	37
30°	40	38
15°	40	39
0°	40	39

ตารางที่ 6.9 (b) แสดงการบันทึกผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง

จากวิธีการทดลองที่ 5.2.4 โดยการนำผลการทดลองของตารางที่ 6.9 (a) มาแทนค่าลงในสมการหาค่าประสิทธิภาพจากทฤษฎีและจากการทดลอง แล้วนำเอาค่าที่ได้จากการแทนค่าในสมการเอามาเปรียบเทียบลงบนกราฟ

ตำแหน่งองศาไมโครโฟน θ	ประสิทธิภาพการหักล้างเสียง ทางทฤษฎี(dB)	ประสิทธิภาพการหักล้างเสียง จากผลการทดลอง(dB)
180°	-0.02	-0.259
165°	0.05	0.000
150°	0.244	0.206
135°	0.5	0.369
120°	0.76	0.684
105°	0.94	0.842
90°	1	0.995
75°	0.94	0.800
60°	0.81	0.602
45°	0.63	0.499
30°	0.47	0.369
15°	0.36	0.206
0°	0.32	0.206

6.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f และค่า θ โดยให้ค่า d เปลี่ยนแปลง, ค่า f คงที่ และค่า θ เปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 6.10 (a) แสดงการบันทึกผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง

จากวิธีการทดลองที่ 5.2.4 เพื่อทดลองหาค่าตำแหน่งที่มีการหักล้างเฟสมากที่สุด แล้วนำผลการทดลองก่อนการหักล้างและหลังการหักล้างเอามาเปรียบเทียบกันลงบนกราฟ

โดยกำหนดให้ $d = 0.20 \text{ m.}$
 $f = 500 \text{ Hz}$
 $r = 0.50 \text{ m.}$
 $\text{SPL} = 40 \text{ dB}$
 $\theta = 0^\circ - 180^\circ \text{ (degree)}$ เลื่อนทีละ 15 องศา

ตำแหน่งองศาไมโครโฟน θ	ระดับเสียงก่อนการหักล้าง (dB)	ระดับเสียงหลังการหักล้าง (dB)
180°	40	46
165°	40	46
150°	40	45
135°	40	43
120°	40	40
105°	40	35
90°	40	18
75°	40	35
60°	40	39
45°	40	41
30°	40	42
15°	40	43
0°	40	43

ตารางที่ 6.10 (b) แสดงการบันทึกผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง

จากวิธีการทดลองที่ 5.2.4 โดยนำผลการทดลองของตารางที่ 6.10 (a) มาแทนค่าลงในสมการหาค่าประสิทธิภาพจากทฤษฎีและจากการทดลองแล้วนำเอาค่าที่ได้จากการแทนค่าในสมการเอามาเปรียบเทียบลงบนกราฟ

ตำแหน่งองศาไมโครโฟน θ	ประสิทธิภาพการหักล้างเสียง ทางทฤษฎี(dB)	ประสิทธิภาพการหักล้างเสียง จากผลการทดลอง(dB)
180°	-3	-2.981
165°	-2.8	-2.981
150°	-2	-2.162
135°	-1.02	-0.995
120°	0.015	0.000
105°	0.75	0.684
90°	1	0.994
75°	0.795	0.684
60°	0.33	0.206
45°	-0.16	-0.259
30°	-0.53	-0.585
15°	-0.74	-0.995
0°	-0.8	-0.995

6.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า f และค่า θ โดยให้ค่า d คงที่, ค่า f เปลี่ยนแปลง และค่า θ เปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 6.11(a) แสดงการบันทึกผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง

จากวิธีการทดลองที่ 5.2.5 เพื่อทดลองหาค่าตำแหน่งที่มีการหักล้างเฟสมากที่สุด และทดลองหาค่าความถี่ที่มีผลต่อการหักล้างเฟส จากนั้นนำผลการทดลองก่อนการหักล้างเฟสและหลังการหักล้างเฟสเอามาเปรียบเทียบกันลงบนกราฟ

โดยกำหนดให้ $d = 0.05 \text{ m}$.

$f = 200 \text{ Hz}$ ($f = 200, 500$ และ 800 Hz)

$r = 0.05 \text{ m}$.

SPL = 40 dB

$\theta = 0^\circ - 180^\circ$ (degree) เลื่อนทีละ 15 องศา

ตำแหน่งองศาไมโครโฟน θ	ระดับเสียงก่อนการหักล้าง (dB)	ระดับเสียงหลังการหักล้าง (dB)
180°	40	28
165°	40	28
150°	40	26
135°	40	24
120°	40	21
105°	40	21
90°	40	16
75°	40	19
60°	40	22
45°	40	24
30°	40	25
15°	40	27
0°	40	27

ตารางที่ 6.11 (b) แสดงการบันทึกผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง

จากวิธีการทดลองที่ 5.2.5 โดยนำผลการทดลองของตารางที่ 6.11 (a) มาแทนค่าลงในสมการหาค่าประสิทธิภาพจากทฤษฎี และจากการทดลองแล้วนำเอาค่าที่ได้จากการแทนค่าในสมการเอามาเปรียบเทียบลงบนกราฟ

ตำแหน่งองศาไมโครโฟน θ	ประสิทธิภาพการหักล้างเสียง ทางทฤษฎี	ประสิทธิภาพการหักล้างเสียง จากผลการทดลอง
180°	95.2	93.690
165°	95.5	93.690
150°	96.4	96.019
135°	97.64	97.488
120°	98.9	98.741
105°	99.7	98.741
90°	100	99.602
75°	99.72	99.206
60°	98.95	98.415
45°	97.95	97.488
30°	86.97	96.838
15°	96.27	94.988
0°	96.0119	94.988

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า r และค่า θ โดยให้ค่า d คงที่, ค่า r เปลี่ยนแปลงและค่า θ เปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 6.12 (a) แสดงการบันทึกผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง

จากวิธีการทดลองที่ 5.2.5 เพื่อทดลองหาตำแหน่งที่มีการหักล้างเฟสมากที่สุด และทดลองหาค่าความถี่ที่มีผลต่อการหักล้างเฟส จากนั้นนำผลการทดลองก่อนการหักล้างเฟสและหลังการหักล้างเฟส เอามาเปรียบเทียบกันลงบนกราฟ

โดยกำหนดให้

d	=	0.05 m.
f	=	500 Hz ($f = 200, 500$ และ 800 Hz)
r	=	0.50 m.
SPL	=	40 dB
θ	=	$0^\circ - 180^\circ$ (degree) เปลี่ยนทีละ 15 องศา

ตำแหน่งองศาไมโครโฟน θ	ระดับเสียงก่อนการหักล้าง (dB)	ระดับเสียงหลังการหักล้าง (dB)
180°	40	34
165°	40	34
150°	40	33
135°	40	31
120°	40	28
105°	40	25
90°	40	17
75°	40	24
60°	40	28
45°	40	31
30°	40	34
15°	40	34
0°	40	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.12 (b) แสดงการบันทึกผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง

จากวิธีการทดลองที่ 5.2.5 โดยนำผลการทดลองของตารางที่ 6.12 (a) มาแทนค่าลงในสมการหาค่าประสิทธิภาพจากทฤษฎีและจากการทดลองแล้วนำเอาค่าที่ได้จากการแทนค่าในสมการเอามาเปรียบเทียบลงบนกราฟ

ตำแหน่งองศาไมโครโฟน θ	ประสิทธิภาพการหักล้างเสียง ทางทฤษฎี(dB)	ประสิทธิภาพการหักล้างเสียง จากผลการทดลอง(dB)
180°	75.7	74.881
165°	77.4	74.881
150°	82	80.047
135°	88.1	87.411
120°	94.2	93.690
105°	98.5	96.838
90°	100	99.499
75°	98.5	97.488
60°	94.7	93.690
45°	89.7	87.411
30°	84.8	74.881
15°	81.4	74.881
0°	80.4	68.377

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d กับค่า r และค่า θ โดยให้ค่า d คงที่, ค่า r เปลี่ยนแปลง และค่า θ เปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 6.13 (a) แสดงการบันทึกผลการทดลองหาค่าตำแหน่งที่มีการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง จากวิธีการทดลองที่ 5.2.5 เพื่อทดลองหาค่าตำแหน่งที่มีการหักล้างเฟสมากที่สุดและทดลองหาค่าความถี่ที่มีผลต่อการหักล้างเฟส จากนั้นนำผลการทดลองก่อนการหักล้างเฟสและหลังการหักล้างเฟสเอามาเปรียบเทียบที่ขบกันลงบนกราฟ

โดยกำหนดให้ $d = 0.05 \text{ m.}$
 $f = 800 \text{ Hz (} f = 200, 500 \text{ และ } 800 \text{ Hz)}$
 $r = 0.50 \text{ m.}$
 $\text{SPL} = 40 \text{ dB}$
 $\theta = 0^\circ - 180^\circ \text{ (degree)}$ เปลี่ยนทีละ 15 องศา

ตำแหน่งองศาไมโครโฟน θ	ระดับเสียงก่อนการหักล้าง (dB)	ระดับเสียงหลังการหักล้าง (dB)
180°	40	37
165°	40	37
150°	40	36
135°	40	34
120°	40	32
105°	40	29
90°	40	17
75°	40	28
60°	40	34
45°	40	35
30°	40	36
15°	40	37
0°	40	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.13 (b) แสดงการบันทึกผลการทดลองการหักล้างเฟสของคลื่นเสียง

จากวิธีการทดลองที่ 5.2.5 โดยนำผลการทดลองของตารางที่ 6.13 (a) มาแทนค่าลงในสมการหาค่าประสิทธิภาพจากทฤษฎีและจากการทดลองแล้วนำเอาค่าที่ได้จากการแทนค่าในสมการเอามาเปรียบเทียบลงบนกราฟ

ตำแหน่งองศาไมโครโฟน θ	ประสิทธิภาพการหักล้างเสียง ทางทฤษฎี	ประสิทธิภาพการหักล้างเสียง จากผลการทดลอง
180°	41.2	49.881
165°	45.2	49.881
150°	56.03	60.189
135°	71	74.881
120°	86	84.151
105°	96.2	92.057
90°	100	99.499
75°	96.4	93.690
60°	86.94	74.881
45°	74.68	68.377
30°	64	60.189
15°	55	49.881
0°	52	49.881

ประวัติผู้เขียน

นายสมชาย ทองพร เกิดเมื่อวันที่ 27 มกราคม 2508 ที่จังหวัดสระบุรี สำเร็จการศึกษาด้านวิทยาศาสตรบัณฑิต จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน ปีการศึกษา 2532 และในปีการศึกษา 2532 ศึกษาต่อทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากนั้นในปีการศึกษา 2535 ศึกษาต่อระดับปริญญาโททางด้านวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปี พ.ศ. 2534 เริ่มทำงานครั้งแรกที่บริษัท KCE นิคมอุตสาหกรรม ลาดกระบัง ประเภทกิจการ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ในตำแหน่ง หัวหน้าฝ่ายผลิต ในปี พ.ศ. 2536 ทำงานที่บริษัท MAA CONSULTANT ประเภทกิจการ บริษัทวิศวกรที่ปรึกษาและควบคุมงานก่อสร้างอาคารสูง ทางงานวิศวกรรมระบบ ตำแหน่ง ผู้ตรวจสอบงานระบบทางวิศวกรรมเครื่องกล และปี พ.ศ. 2538 ทำงานที่บริษัท SEATEC CONSULTANT ประเภทกิจการ บริษัทวิศวกรที่ปรึกษาและควบคุมงานก่อสร้างอาคารสูงทางงานวิศวกรรมระบบ ตำแหน่ง ผู้ตรวจสอบงานระบบทางวิศวกรรมสุขาภิบาล และในปี พ.ศ. 2540 ทำงานที่บริษัท AES ENGINEERING ประเภทกิจการ รับเหมาก่อสร้างงานติดตั้งระบบไฟฟ้า-เครื่องกล-สุขาภิบาล ตำแหน่ง ผู้ควบคุมงานระบบวิศวกรรมสุขาภิบาล-ประปา และปัจจุบันทำงานที่บริษัท AUTO TECH ประเภทกิจการ โรงงานผลิตอะไหล่ชิ้นส่วนเครื่องปรับอากาศรถยนต์ ตำแหน่ง พนักงานขาย