# สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อ…….…….…….……..…….
(3)
Abstract……...……..……..…….……..……..
(4)
กิตติกรรมประกาศ……...…….…….……..……
(5)
สารบาญ…….….…….……..…….….
(6)
รายการตาราง…….……..…….…….….(8)
รายการภาพประกอบ……..…….…….…….….(9)
ตัวย่อและสัญลักษณ์……...…….……..……(12)

บทที่
1 บทนำ…….…….……...…….…….…..1
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย…….……..……1
1.2 การตรวจเอกสาร……....…….……...…….……2
1.3 วัตถุประสงค์……...…….……..…..……...…….3
1.4 ขอบเขตการวิจัย ……...…….…….……..…….3
1.5 ขั้นตอนและวิธีการวิจัย…….…….…….……...…….3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ…….…..……..…..……...4
2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับคลื่นเสียง…….…….…….……...…….…….……5
2.1 คลื่นเสียง…….…….…….……...5
2.1.1 การเกิดคลื่นเสียงและการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง….……...……5
2.1.2 ความยาวคลื่นเสียง……..…….…....6
2.1.3 อัตราเร็วของคลื่นเสียง……..……6
2.2 คุณสมบัติของคลื่นเสียง…….……..…..……..9
2.2.1 การสะท้อนของคลื่นเสียง……...…….…..……...…….9

2.2.1.1 กฎของการสะท้อน……..……9
2.2.1.2 เงื่อนไขการเกิดคลื่นสะท้อน……..……9
2.2.2 การหักเหของคลื่นเสียง…….……..……..….10
2.2.3 การเลี้ยวเบนของคลื่นเสียง……..…..……11

**สารบาญ (ต่อ)**

**หน้า**

2.2.4 การแทรกสอดของคลื่นเสียง…….……..……...11
2.3 ความเข้มของคลื่นเสียง……..…..…….……..…….12
2.4 คลื่นนิ่งของคลื่นเสียง……13
2.5 การเกิดคลื่นนิ่งของคลื่นเสียงภายในท่ออากาศ...…….……...…….....15
2.5.1 การเกิดคลื่นนิ่งของคลื่นเสียงภายในท่อปลายเปิดทั้งสองด้าน.....16
2.5.2 การเกิดคลื่นนิ่งของคลื่นเสียงภายในท่อปลายหนึ่ง
เปิดปลายหนึ่งปิด……...19
3 วิธีการวิจัยและการออกแบบวงจรขยายสัญญาณคลื่นเสียงภายในท่อ……..…23
3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย……..……..….23
3.1.1 การออกแบบ และสร้างแบบจำลองระดับของของเหลว……24
3.1.2 การออกแบบเครื่องขยายสัญญาณคลื่นเสียงภายในท่อ……25
3.2 วงจรขยายสัญญาณไมโครโฟน…….....26
3.3 วงจรกรองความถี่ต่ำแบบพาสซีฟ……....27
3.4 วงจรขยายหรือลดทอนสัญญาณ……..27
3.5 วงจรแสดงสถานะการจำกัดสัญญาณ……..……29
3.6 วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย……...……30
4 วิธีการทดลองและการวิเคราะห์…….….33
4.1 การวัดและการบันทึกข้อมูลสัญญาณคลื่นเสียง……...33
4.2 การประมวลสสัญญาณคลื่นเสียงโดยใช้โปรแกรม MATLAB……35
4.3 แสดงตัวอย่างที่ได้ในแต่ละขั้นตอนของการประมวลผลสัญญาณคลื่นเสียง…...43
5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายและข้อเสนอแนะ……...……...…….……61
บรรณานุกรม……...…….……...63
ภาคผนวก……...…….……..65

ประวัติผู้เขียน……...…….…….....70

**รายการตาราง**

**ตาราง** **หน้า**

2-1 แสดงอัตราเร็วของคลื่นเสียงในตัวกลางชนิดต่างๆ……...8

2-2 แสดงผลการคำนวณความถี่คลื่นนิ่งของคลื่นเสียงที่ความถี่ฮาร์โมนิกส์ต่างๆ ในแต่ละระดับช่องว่างอากาศภายในท่อปลายเปิดทั้งสองข้าง.....18

2-3 แสดงผลการคำนวณความถี่คลื่นนิ่งของคลื่นเสียงที่ความถี่ฮาร์โมนิกส์ต่างๆ ในแต่ละระดับช่องว่างอากาศภายในท่อปลายหนึ่งเปิดปลายหนึ่งปิด……..…..22

4-1 แสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างระดับของเหลวจริงกับระดับของเหลวที่ได้ จากการวิเคราะห์ และค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (% Error)……..59

**รายการภาพประกอบ**

**ภาพประกอบ** **หน้า**


2-1 แสดงส่วนอัดและส่วนขยายของคลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านอากาศ……...……5

2-2 แสดงการสะท้อนของคลื่นเสียง……...……..9

2-3 แสดงการหักเหของคลื่นเสียงผ่านรอยต่อของตัวกลาง 2 ชนิด……...…...10

2-4 แสดงการเลี้ยวเบนของคลื่นเสียง……...……11

2-5 แสดงการแทรกสอดของคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิด 2 แหล่ง……...……..11

2-6 แสดงหน้าคลื่นทรงกลมและระยะรัศมีของคลื่นเสียง.……...……..12

2-7 แสดงการเกิดคลื่นนิ่งของคลื่นเสียง…….……13

2-8 (ก) แสดงความถี่ฮาร์โมนิกส์ที่ 1 ของคลื่นนิ่งภายในท่อปลายเปิดทั้งสองข้าง..16

2-8 (ข) แสดงความถี่ฮาร์โมนิกส์ที่ 2 ของคลื่นนิ่งภายในท่อปลายเปิดทั้งสองข้าง..16

2-8 (ค) แสดงความถี่ฮาร์โมนิกส์ที่ 3 ของคลื่นนิ่งภายในท่อปลายเปิดทั้งสองข้าง..16

2-9 (ก) แสดงความถี่ฮาร์โมนิกส์ที่ 1 ของคลื่นนิ่งภายในท่อปลายหนึ่งเปิด
ปลายหนึ่งปิด……...…….……..……19

2-9 (ข) แสดงความถี่ฮาร์โมนิกส์ที่ 2 ของคลื่นนิ่งภายในท่อปลายหนึ่งเปิด
ปลายหนึ่งปิด……...…..……..19

2-9 (ค) แสดงความถี่ฮาร์โมนิกส์ที่ 3 ของคลื่นนิ่งภายในท่อปลายหนึ่งเปิด
ปลายหนึ่งปิด……..…...…….……..19

3-1 แผนผังแสดงวิธีการดำเนินงานวิจัย……...…….……23

3-2 การออกแบบจำลองระดับของของเหลว……..……...24

3-3 แผนผังการทำงานของเครื่องขยายสัญญาณคลื่นเสียงภายในท่อ……..25

3-4 แผนผังวงจรขยายสัญญาณไมโครโฟน……...…….26

3-5 แผนผังวงจรกรองความถี่ต่ำแบบพาสซีฟ …….……..…...27

3-6 แผนผังวงจรขยายหรือลดทอนสัญญาณคลื่นเสียง...…….……..……...28

3-7 แผนผังวงจรแสดงสถานะการจำกัดสัญญาณคลื่นเสียง…….…….……29

3-8 แผนผังวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย……..…….……30

3-9 การสร้างแบบจำลองระดับของของเหลว…..……..……30

3-10 เครื่องขยายสัญญาณคลื่นเสียงภายในท่อ…….……..……..31

3-11 แสดงภายในเครื่องขยายสัญญาณคลื่นเสียงภายในท่อ……...….31

**รายการภาพประกอบ (ต่อ)**

**ภาพประกอบ** **หน้า**


3-12 แผนผังวงจรของเครื่องขยายสัญญาณคลื่นเสียงภายในท่อ……..…..…..32

4-1 แสดงการติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์…….33

4-2 แผนผังการแปลงสัญญาณคลื่นเสียงเป็นสัญญาณดิจิตอล……34

4-3 สัญญาณคลื่นเสียงที่อ่านจากไฟล์ข้อมูล……..……..……..35

4-4 สัญญาณคลื่นเสียงในโดนเมนเวลา……..……..…….36

4-5 สัญญาณคลื่นเสียงที่ผ่านการเลือกช่วงเวลาที่ต้องการ……..…..…….37

4-6 แสดงคุณสมบัติการตอบสนองความถี่ของวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำ…….38

4-7 สัญญาณคลื่นเสียงที่ผ่านวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำแล้ว…….38

4-8 สัญญาณคลื่นเสียงที่ผ่านการนอร์มอลไลซ์……..……...39

4-7 แสดงข้อมูลของสัญญาณคลื่นเสียงที่ผ่านการแปลงฟูเรียร์……..……..40

4-10 แสดงผลที่ได้จากการประมวลสัญญาณคลื่นเสียงที่ระดับช่องว่างอากาศ
ภายในท่อ 30 เซนติเมตร หรือที่ระดับของเหลว 190 เซนติเมตร……..…..41

4-11 (ก) สัญญาณคลื่นเสียงที่อ่านจากไฟล์ข้อมูล……..…..……...43

4-11 (ข) สัญญาณคลื่นเสียงในโดเมนเวลา……..……44

4-11 (ค) สัญญาณคลื่นเสียงที่ผ่านการเลือกช่วงเวลาที่ต้องการ…….44

4-11 (ง) สัญญาณคลื่นเสียงที่ผ่านวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำ……...45

4-11 (จ) สัญญาณคลื่นเสียงที่ผ่านการนอร์มอลไลซ์……...…….45

4-11 (ฉ) สัญญาณคลื่นเสียงที่ผ่านการแปลงฟูเรียร์……..……..46

4-12 (ก) สัญญาณคลื่นเสียงที่อ่านจากไฟล์ข้อมูล……....……..47

4-12 (ข) สัญญาณคลื่นเสียงในโดเมนเวลา……...……...48

4-12 (ค) สัญญาณคลื่นเสียงที่ผ่านการเลือกช่วงเวลาที่ต้องการ…….48

4-12 (ง) สัญญาณคลื่นเสียงที่ผ่านวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำ……...49

4-12 (จ) สัญญาณคลื่นเสียงที่ผ่านการนอร์มอลไลซ์……...…….49

4-12 (ฉ) สัญญาณคลื่นเสียงที่ผ่านการแปลงฟูเรียร์……..……..50

4-13 (ก) สัญญาณคลื่นเสียงที่อ่านจากไฟล์ข้อมูล……...……..……..51

4-13 (ข) สัญญาณคลื่นเสียงในโดเมนเวลา……...……...52

4-13 (ค) สัญญาณคลื่นเสียงที่ผ่านการเลือกช่วงเวลาที่ต้องการ…….52

**รายการภาพประกอบ (ต่อ)**

**ภาพประกอบ** **หน้า**

4-13 (ง) สัญญาณคลื่นเสียงที่ผ่านวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำ……...53
4-13 (จ) สัญญาณคลื่นเสียงที่ผ่านการนอร์มอลไลซ์……...…….53
4-13 (ฉ) สัญญาณคลื่นเสียงที่ผ่านการแปลงฟูเรียร์……..……..54
4-14 (ก) สัญญาณคลื่นเสียงที่อ่านจากไฟล์ข้อมูล……..……...……..55
4-14 (ข) สัญญาณคลื่นเสียงในโดเมนเวลา……...……...56
4-14 (ค) สัญญาณคลื่นเสียงที่ผ่านการเลือกช่วงเวลาที่ต้องการ……..……...56
4-14 (ง) สัญญาณคลื่นเสียงที่ผ่านวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำ……...57
4-14 (จ) สัญญาณคลื่นเสียงที่ผ่านการนอร์มอลไลซ์……....57
4-14 (ฉ) สัญญาณคลื่นเสียงที่ผ่านการแปลงฟูเรียร์……..……..58
4-15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับของเหลวจริงกับ
ระดับของเหลวที่ได้จากการวิเคราะห์……..…….60
4-16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับของเหลวจริงกับ
ค่าเปอร์เซนต์ความผิดพลาด……..……..60

# ตัวย่อและสัญลักษณ์

| | | |
|---|---|---|
| cm | = | centimetre |
| $^{\circ}C$ | = | degree Celsius |
| C | = | capacitor |
| D | = | diode |
| GND | = | ground |
| Hz | = | hertz |
| IN | = | input |
| K | = | kelvin |
| k | = | kilo |
| $kg/m^3$ | = | kilogram per cubic meter |
| kHz | = | kilo heartz |
| LED | = | lighe emitting diode |
| m | = | meter |
| m/s | = | meter per second |
| M | = | mega |
| $N/m^2$ | = | newton per square meter |
| nF | = | nano farad |
| OUT | = | output |
| pF | = | pico farad |
| Pa | = | pascal |
| PVC | = | polyvinyl chloride |
| R | = | resistor |
| s | = | second |
| sw | = | swith |
| uF | = | micro farad |
| V | = | volts |
| VR | = | variable resistor |