

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	(3)
Abstract.....	(4)
กิตติกรรมประกาศ.....	(5)
สารบัญ.....	(6)
รายการรูป.....	(8)
1. บทนำ.....	1
บทนำต้นเรื่อง.....	1
การตรวจเอกสาร.....	2
วัตถุประสงค์.....	3
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
คลื่นรูปไซน์.....	4
การแทนลักษณะสัญญาณซึ่งเป็นคาบด้วยอนุกรมฟูรีเยร์และการแปลงฟูรีเยร์.....	6
วิธีการฟาสฟูรีเยร์ทรานส์ฟอร์ม.....	8
คลื่นนิ่งในท่ออากาศ.....	10
รูปแบบการสั่นของสาย.....	15
คลื่นนิ่งในสองมิติ.....	16
3. วิธีวิจัย.....	18
การพัฒนาและสร้างชุดทดลองหาสเปกตรัมความถี่ของเสียง.....	19
พัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์สเปกตรัมความถี่ของเสียง.....	22
การทดสอบชุดทดลองเพื่อหาสเปกตรัมความถี่ของเสียง.....	30
การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์สเปกตรัมความถี่ของเสียงเครื่องดนตรีไทย.....	32
4. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	35
ผลการทดสอบชุดทดลองการหาสเปกตรัมความถี่ของเสียง.....	35
ผลที่ได้จากการศึกษาสเปกตรัมความถี่ของเสียงเครื่องดนตรีไทย.....	43
วิเคราะห์ผลการทดสอบชุดทดลองการหาสเปกตรัมความถี่ของเสียง.....	51
วิเคราะห์สเปกตรัมความถี่ของเสียงเครื่องดนตรีไทย.....	51

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5. สรุป.....	60
เอกสารอ้างอิง.....	64
ภาคผนวก.....	65
ภาคผนวก ก ตัวโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี.....	65
ภาคผนวก ข ตัวโปรแกรมภาษาซี.....	70
ภาคผนวก ค วิธีการใช้ชุดทดลองและ โปรแกรมวิเคราะห์ความถี่ของเสียง.....	96
ภาคผนวก ง ตำแหน่งของไมโครโฟนขณะบันทึกเสียง.....	99
ภาคผนวก จ สเปกตรัมความถี่ของเสียงซอด้วงกรณีซิงด้วยสายลาวด.....	101
ภาคผนวก ฉ การตอบสนองต่อความถี่ของลำโพง.....	103
ภาคผนวก ช การตอบสนองต่อความถี่ของไมโครโฟนของชุดทดลอง.....	104
ภาคผนวก ซ การตอบสนองต่อความถี่ของไมโครโฟนของ เครื่องวัดระดับความเข้มเสียง.....	105
ภาคผนวก ญ รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงเครื่องดนตรีไทย.....	106
ภาคผนวก ฎ ความถี่ของโน้ตสากล.....	124
ประวัติผู้เขียน.....	125

## รายการรูป

รูปที่	หน้า
1 การเคลื่อนที่ของคลื่นรูปไซน์ไปทางขวาด้วยอัตราเร็ว $v$ .....	4
2 สัญญาณซึ่งมีลักษณะเป็นคาบ.....	6
3 รูปแบบคลื่นซึ่งถูกสุ่ม $N$ ครั้ง โดยแต่ละครั้งใช้เวลาห่างกัน $S$ .....	9
4 ภาคตัดขวางของท่อปลายเปิด แสดงรูปแบบการกระจัดของโมเลกุลอากาศ .....	12
5 ภาคตัดขวางของท่อปลายปิด แสดงรูปแบบการกระจัดของโมเลกุลอากาศ .....	14
6 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับการกระจัดในคลื่นเสียง .....	14
7 รูปแบบการสั่นของสาย ซึ่งถูกตรึงไว้สองด้าน .....	15
8 รูปแบบการสั่นที่เป็นไปได้ของแผ่นบางซึ่งมีจุดยึดที่ขอบ.....	17
9 วงจรของชุดทดลองการหาสเปกตรัมความถี่ของเสียง.....	21
10 แผนผังการทำงานของวงจรแหล่งจ่ายไฟสำหรับชุดทดลอง .....	23
11 ลำดับการแปลโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี .....	24
12 แผนผังลำดับงานของโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี .....	24
13 แผนผังลำดับงานของโปรแกรมภาษาซี .....	25
14 แสดงการต่ออุปกรณ์เพื่อทดสอบรับคลื่นเสียงความถี่เดียวจากเครื่องกำเนิดสัญญาณ .....	31
15 แสดงการต่ออุปกรณ์เพื่อทดสอบรับคลื่นเสียงความถี่เดียวจากส้อมเสียง .....	31
16 แสดงการต่ออุปกรณ์เพื่อทดสอบรับคลื่นเสียงสองความถี่จากเครื่องกำเนิดสัญญาณ .....	32
17 วิธีการทดสอบการกำทอนของอากาศภายในกะลาของซอ.....	34
18 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงจากเครื่องกำเนิดสัญญาณรูปไซน์ ความถี่ 100 Hz ขนาด 5 Vp-p อัตราการสุ่ม 16,667 Hz .....	36
19 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงจากเครื่องกำเนิดสัญญาณรูปไซน์ ความถี่ 100 Hz ขนาด 5 Vp-p อัตราการสุ่ม 1,754 Hz .....	36
20 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงจากเครื่องกำเนิดสัญญาณรูปไซน์ ความถี่ 200 Hz ขนาด 5 Vp-p อัตราการสุ่ม 16,667 Hz.....	37
21 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงจากเครื่องกำเนิดสัญญาณรูปไซน์ ความถี่ 200 Hz ขนาด 5 Vp-p อัตราการสุ่ม 1,754 Hz .....	37

## รายการรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
22 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงจากสี่อิมเสียงความถี่ 256 Hz อัตราสุ่ม 50,000 Hz .....	38
23 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงจากสี่อิมเสียงความถี่ 256 Hz อัตราสุ่ม 1,754 Hz .....	39
24 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงจากสี่อิมเสียงความถี่ 512 Hz อัตราสุ่ม 50,000 Hz .....	39
25 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงจากสี่อิมเสียงความถี่ 512 Hz อัตราสุ่ม 1,754 Hz .....	40
26 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงจากเครื่องกำเนิดเครื่องที่ 1 สัญญาณรูปไซน์ ความถี่ 100 Hz ขนาด 5 Vp-p และเครื่องที่ 2 สัญญาณรูปไซน์ ความถี่ 200 Hz 5 Vp-p ผสมกัน .....	41
27 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงจากเครื่องกำเนิดเครื่องที่ 1 สัญญาณรูปไซน์ ความถี่ 100 Hz ขนาด 5 Vp-p และเครื่องที่ 2 สัญญาณรูปไซน์ ความถี่ 300 Hz 5 Vp-p ผสมกัน .....	41
28 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงจากเครื่องกำเนิดเครื่องที่ 1 สัญญาณรูปไซน์ ความถี่ 100 Hz ขนาด 5 Vp-p และเครื่องที่ 2 สัญญาณรูปไซน์ ความถี่ 400 Hz 5 Vp-p ผสมกัน .....	42
29 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงจากเครื่องกำเนิดเครื่องที่ 1 สัญญาณรูปไซน์ ความถี่ 100 Hz ขนาด 5 Vp-p และเครื่องที่ 2 สัญญาณรูปไซน์ ความถี่ 500 Hz 5 Vp-p ผสมกัน .....	42
30 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงซออุคันที่ 1 สายทุ้ม อัตราสุ่ม 16,667 Hz .....	43
31 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงซออุคันที่ 1 สายเอก อัตราสุ่ม 54,347 Hz .....	43
32 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงซออุคันที่ 2 สายทุ้ม อัตราสุ่ม 54,347 Hz .....	44

## รายการรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
33 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงซอู้คันที่ 2 สายเอก อัตราสุม 54,347 Hz .....	44
34 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงซอู้คันที่ 3 สายทุ้ม อัตราสุม 54,347 Hz .....	45
35 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงซอู้คันที่ 3 สายเอก อัตราสุม 54,347 Hz .....	45
36 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงซอู้คันที่ 4 สายทุ้ม อัตราสุม 54,347 Hz .....	46
37 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงซอู้คันที่ 4 สายเอก อัตราสุม 54,347 Hz .....	46
38 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงซอด้วงคันที่ 1 สายทุ้ม อัตราสุม 54,347 Hz .....	47
39 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงซอด้วงคันที่ 1 สายเอก อัตราสุม 54,347 Hz .....	47
40 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงซอด้วงคันที่ 2 สายทุ้ม อัตราสุม 54,347 Hz .....	48
41 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงซอด้วงคันที่ 2 สายเอก อัตราสุม 54,347 Hz .....	48
42 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงซอด้วงคันที่ 3 สายทุ้ม อัตราสุม 54,347 Hz .....	49
43 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงซอด้วงคันที่ 3 สายเอก อัตราสุม 54,347 Hz .....	49
44 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงซอด้วงคันที่ 4 สายทุ้ม อัตราสุม 54,347 Hz .....	50
45 รูปแบบคลื่นและสเปกตรัมความถี่ของเสียงซอด้วงคันที่ 4 สายเอก อัตราสุม 54,347 Hz .....	50

## รายการรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
46 ความถี่กำทอนของซอฮู้.....	52
47 ความถี่กำทอนของซอด้วง.....	53
48 กราฟความถี่กำทอนของซอฮู้กับความถี่ฮาร์โมนิกต่างๆของสายทุ้มและสายเอก ของซอฮู้.....	61
49 กราฟความถี่กำทอนของซอด้วงกับความถี่ฮาร์โมนิกต่างๆของสายทุ้มและสายเอก ของซอด้วง.....	62