



การศึกษาคุณลักษณะของตัวลดเสียง

Acoustical Characteristic of Single Side Branch Resonator

นางสาวเสาวคนธ์ ทิพย์โอสธ

นายอริคม จุลละสร

นายอนุรักษ์ ผ่านภูวงษ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42448
วัน, เดือน, ปี 23 พ.ค. 2545

.b.....
.i.....

การศึกษาคุณลักษณะของตัวลดเสียง
Acoustical Characteristic of Single Side Branch Resonator

โดย
นางสาวเสาวคนธ์ ทิพย์โอสถ
นายอิทธิม จุลละสร
นายอนุรักษ์ ผ่านภูวงษ์

อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ. อัครเดช สันธูภัก
อ. พงษ์ศักดิ์ คำมูล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

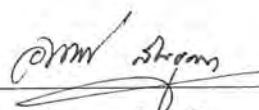
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาคุณลักษณะของตัวลดเสียง

Acoustical Characteristic of Single Side Branch Resonator

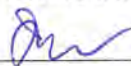
ผู้จัดทำ

- | | |
|------------------------------|-----------------------|
| 1. นางสาว เสาวคนธ์ ทิพย์โอสถ | รหัสประจำตัว 40010924 |
| 2. นาย อธิคม จุลละสร | รหัสประจำตัว 40010933 |
| 3. นาย อนรรักษ์ ผ่านภูวงษ์ | รหัสประจำตัว 40010924 |



(รศ.อัศวเดช สิตินุกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษา



(อ. พงษ์ศักดิ์ คำมูล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

การศึกษาคุณลักษณะของตัวคลื่นเสียง

นางสาวเสาวคนธ์ ทิพย์โอสถ 40010924

นายอริคม จุลละสร 40010933

นายอนรรักษ์ ผ่านภูวงษ์ 40010945

รศ. อัครเดช สีนุรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. พงษ์ศักดิ์ คำมูล อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

เพื่อศึกษาคุณลักษณะของตัวคลื่นเสียงแบบ Single Side-Branch ในย่านความถี่ 0 — 3600 Hz โดยศึกษากรณีที่ท่อนำเสียงเป็นท่อกลม และ สี่เหลี่ยม ที่มีพื้นที่หน้าตัดภายในเท่ากัน และ Side Branch เป็นทั้งท่อกลมและสี่เหลี่ยมที่มีพื้นที่หน้าตัดภายในเท่ากัน โดยการ เปลี่ยนแปลงปริมาตรของ Side Branch และใส่ความเร็วลมเข้าไปในท่อนำเสียง เพื่อนำผลที่ได้จากการทดลอง มาเปรียบเทียบกับ ทฤษฎีและหาช่วงที่ทำการลดเสียงได้ดีที่สุด

Acoustical Characteristic of Single Side Branch Resonator

Sanwakhon Tipayaosot

Athikhom Chullasorn

Anurak Phanbhuvongse

Assoc. Prof. Akradech Sindhuphak Advisor

Pongsak Kamool Advisor

Abstract

This research for studying the acoustical characteristic of side branch resonators at frequency range , 0 - 3600 Hz . We study in case of round nominate duct and rectangular nominate ducts which have equal inner cross-sectional area . And in case of round and rectangular side brance types which equal inner cross-sectional area. We change a volume of the side branch resonator.

Then put the wind velocity inside the dominate ducts . Results from the experiments are compared with theorizes. Finally; find the best interval of sound absorbability.

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
สารบัญ	III
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูปภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	I
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.2 ประโยชน์ที่ได้รับ	1
1.3 มลพิษทางเสียง	2
1.4 อันตรายของเสียงต่อสุขภาพ	3
1.5 มาตรการตามกฎหมายต่อมลพิษเสียง	3
1.6 การควบคุมแก้ไขมลพิษเสียง	4
1.7 หลักการเก็บเสียงของเครื่องจักร เครื่องยนต์	4
1.8 แบบของหม้อเก็บเสียงหรือหม้อพักไอเสีย	5
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน	9
2.1 ทฤษฎีพื้นฐานของเสียง	9
2.2 การเคลื่อนที่ของเสียง	9
2.3 ลักษณะของเสียงในอากาศ	9
2.4 การแผ่คลื่นเสียงของ Plane Wave	9
2.5 การสะท้อน	12
2.6 ระดับความดังของเสียง	12
2.7 ทฤษฎีพื้นฐานการคำนวณหาค่า Transmission Loss (TL)	12
2.8 การวัดค่าความเร็วลมด้วย Pitot tube	14
บทที่ 3 อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง	15
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ทำการทดลอง	15
3.2 แหล่งกำเนิดเสียง	15
3.3 ส่วนที่ใช้ในการทดลอง	16
3.4 ส่วนแสดงผล	16
3.5 วิธีทำอุปกรณ์การทดลอง	20

3.6 การประกอบอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยโครงการ	20
3.7 รายละเอียดของการทดลองและวิธีทำการทดลองวิจัยโครงการ	21
บทที่ 4 ผลการทดลอง	26
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและเสนอแนะ	47
กิตติกรรมประกาศ	48
บรรณานุกรม	49

ภาคผนวก ก.ผลของท่อ Side Branch วงกลมที่ต่ออนุกรมเข้ากับท่อนำเสียงวงกลมโดยไม่คิด ความเร็วลมที่ระยะความสูง 3,4,5,6,7,8,9 เซนติเมตร	50
ภาคผนวก ข.ผลของท่อ Side Branch วงกลมที่ต่อขนานเข้ากับท่อนำเสียงวงกลมโดยไม่คิด ความเร็วลมที่ระยะความสูง 3,4,5,6,7,8,9 เซนติเมตร	54
ภาคผนวก ค.ผลของท่อ Side Branch ที่เหลี่ยมที่ต่ออนุกรมเข้ากับท่อนำเสียงวงกลมโดย ไม่คิด ความเร็วลมที่ระยะความสูง 3,4,5,6,7,8,9 เซนติเมตร	58
ภาคผนวก ง.ผลของท่อ Side Branch ที่เหลี่ยมที่ต่ออนุกรมเข้ากับท่อนำเสียงสี่เหลี่ยมโดยไม่คิด ความเร็วลมที่ระยะความสูง 3,4,5,6,7,8,9	62
ภาคผนวก จ.ผลของท่อ Side Branch ที่เหลี่ยมที่ต่อขนานเข้ากับท่อนำเสียงสี่เหลี่ยมโดยไม่คิด ความเร็วลมที่ระยะความสูง 3,4,5,6,7,8,9 เซนติเมตร	66
ภาคผนวก ฉ. ผลของท่อ Side Branch วงกลมที่ต่ออนุกรมเข้ากับท่อนำเสียงวงกลมโดยไม่คิด ความเร็วลมที่ระยะความสูง 3,4,5,6,7,8,9 เซนติเมตร	70

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ระดับเสี่ยงในกิจกรรมต่างๆ	2
1.2 ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงที่มีความปลอดภัย	3
3.1 แสดงค่าอัตราเมื่อตัวของโบวเวอร์ที่ต่อกับท่อวงกลมและสี่เหลี่ยม เปรียบเทียบกับความเร็วลม	25

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 ส่วนต่างๆ ของระบบท่อไอเสีย	4
1.2 การหมุนวนในห้องของหม้อพักไอเสียเนื่องจากแผ่นกั้นปิดกั้นการไหลของแก๊ส	5
1.3 หลักการแยกเสียงและหม้อพักไอเสียแบบแยกเสียง	6
1.4 หม้อพักไอเสียแบบดูดซับเสียง	7
1.5 หม้อเก็บเสียงมีตัวปรับเสียงก้อง	7
2.1 แสดงคุณลักษณะของ Side Branch Resonator	12
3.1 แผนผัง ของการทดลองโครงการ	15
3.2 Oscillator	15
3.3 Amplifier	16
3.4 Driver Unit	16
3.5 ท่อ นำเสียง ทั้งแบบวงกลมและสี่เหลี่ยม	17
3.6 Side Branch แบบวงกลมและสี่เหลี่ยมแบบต่าง ๆ ที่เป็นลูกสูบสามารถปรับความสูงได้	18
3.7 sound Calibrator	19
3.8 FFT Analyzer	19
3.9 Microphone และ Pre-amplifier	19
3.10 การประกอบอุปกรณ์การทดลอง	20
3.11 ความยาวของ ท่อนำเสียง	21
3.12 แสดงการต่อ sidebranch แบบท่อลูกสูบวงกลมและสี่เหลี่ยม	21
3.13 แสดงการต่อ side branch แบบขนานทั้งแบบวงกลมและสี่เหลี่ยม	22
3.14 รถที่ใช้ในการเลื่อนแกน x ด้านหนึ่งต่อเข้ากับไมโครโฟนและอีกด้านต่อเข้ากับ probe tube	22
3.15 Davis Curve	24
4.1 Side Branch ชนิดกลมขนาน($m=2, n=1, L_b = 0.06 \text{ m}$) บนท่อนำเสียงกลม	29
4.2 Side Branch ชนิดกลมขนาน($m=2, n=1, L_b = 0.07 \text{ m}$) บนท่อนำเสียงกลม	30
4.3 Side Branch ชนิดกลมขนาน ($m=2, n=1, L_b = 0.08 \text{ m}$) บนท่อนำเสียงกลม	31
4.4 Side Branch ชนิดเหลี่ยมขนาน($m=2, n=1, L_b = 0.06 \text{ m}$) บนท่อนำเสียงเหลี่ยม	32
4.5 Side Branch ชนิดเหลี่ยมขนาน($m=2, n=1, L_b = 0.07 \text{ m}$) บนท่อนำเสียงเหลี่ยม	33
4.6 Side Branch ชนิดเหลี่ยมขนาน ($m=2, n=1, L_b = 0.08 \text{ m}$) บนท่อนำเสียงเหลี่ยม	34
4.7 Side Branch ชนิดกลมอนุกรม($m=1, L_b = 0.06 \text{ m}$) บนท่อนำเสียงเหลี่ยม	35

4.8 Side Branch ชนิดกลมอนุกรม ($m = 1$, $n=1$ $L_b = 0.07$ m) บนท่อน้ำเสียงเหลี่ยม	36
4.9 Side Branch ชนิดกลมอนุกรม ($m = 1$, $n=1$ $L_b = 0.08$ m) บนท่อน้ำเสียงเหลี่ยม	37
4.10 Side Branch ชนิดกลมอนุกรม ($m = 1$, $n=1$ $L_b = 0.06$ m) บนท่อน้ำเสียงกลม	38
4.11 Side Branch ชนิดกลมอนุกรม ($m = 1$, $n=1$ $L_b = 0.07$ m) บนท่อน้ำเสียงกลม	39
4.12 Side Branch ชนิดกลมอนุกรม ($m = 1$, $n=1$ $L_b = 0.08$ m) บนท่อน้ำเสียงกลม	40
4.13 Side Branch ชนิดเหลี่ยมอนุกรม ($m = 1$, $n=1$ $L_b = 0.06$ m) บนท่อน้ำเสียงเหลี่ยม	41
4.14 Side Branch ชนิดเหลี่ยมอนุกรม ($m = 1$, $n=1$ $L_b = 0.07$ m) บนท่อน้ำเสียงเหลี่ยม	42
4.15 Side Branch ชนิดเหลี่ยมอนุกรม ($m = 1$, $n=1$ $L_b = 0.08$ m) บนท่อน้ำเสียงเหลี่ยม	43
4.16 Side Branch ชนิดเหลี่ยมอนุกรม ($m = 1$, $n=1$ $L_b = 0.06$ m) บนท่อน้ำเสียงกลม	44
4.17 Side Branch ชนิดเหลี่ยมอนุกรม ($m = 1$, $n=1$ $L_b = 0.07$ m) บนท่อน้ำเสียงกลม	45
4.18 Side Branch ชนิดเหลี่ยมอนุกรม ($m = 1$, $n=1$ $L_b = 0.08$ m) บนท่อน้ำเสียงกลม	46

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบัน มลภาวะทางเสียงมีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของเราเป็นอย่างยิ่ง โดยเสียงเหล่านี้มักเกิดจาก ยานพาหนะ และเครื่องจักร ในโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้เป็นอันตรายต่อมนุษย์เป็นอย่างยิ่ง ถ้าเกิดอยู่ในสภาวะนั้นเป็นเวลานานๆ ซึ่งเหตุผลเหล่านี้ทำให้เราต้องหาอุปกรณ์ในการลดเสียง ในที่นี้จะทำการลดเสียงโดยใช้ Side Branch Resonator โดยความถี่ที่เราศึกษาอยู่ในช่วง $0 - 3600$ Hz ซึ่งในการศึกษานี้ จะใช้ความรู้จากทฤษฎีคลื่นพื้นฐานเชิงเส้นมิติเดียว ในการทดลองจะทำการทดลองเพื่อหาค่า Transmission Loss (TL) ในย่านความถี่ต่าง ๆ โดยที่ค่า TL นี้ก็คือระดับของเสียงที่ถูกทำให้ลดลง ผลของการทดลองนี้ จะมีคุณประโยชน์ ต่อการนำไปพัฒนาในการออกแบบอุปกรณ์ในการลดเสียง เพื่อให้เหมาะสมกับย่านความถี่นั้น ๆ

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.1.1 เพื่อหาผลที่เกิดจากการใช้ตัวลดเสียงแบบ Side Branch ในช่วงความถี่ตั้งแต่ $0 - 3600$ Hz โดยมีความเร็วลมเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย โดยมีการต่อแบบขนาน อนุกรม และมีการเปลี่ยนแปลงขนาดของตัวลดเสียง
- 1.1.2 เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองกับทางทฤษฎีว่ามีความแตกต่างกันเพียงใด
- 1.1.3 เพื่อนำผลที่ดีที่สุด มาจัดทำตัวลดเสียงสำหรับใช้ในชีวิตประจำวัน

1.2 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1.2.1 ทำให้ทราบทฤษฎีพื้นฐานของเสียง
- 1.2.2 ทำให้ทราบถึงผลกระทบในการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของ Side Branch
- 1.2.3 ทำให้ทราบวิธีการลดเสียงในรูปแบบต่างๆ
- 1.2.4 ใช้ในการลดเสียงดังในระบบท่อระบายอากาศ เช่น ท่อลม , ท่อไอเสียและท่อไอคิของเครื่องยนต์ เป็นต้น
- 1.2.5 ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการออกแบบอุปกรณ์ลดเสียงดัง รูปแบบต่างๆ ในอนาคต

1.3 มลพิษทางเสียง

เป็นพลังงานรูปหนึ่งที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุแล้วทำให้ตัวกลาง ซึ่งปกติคืออากาศสั่นสะเทือนไปด้วย การสั่นสะเทือนของอากาศทำให้เกิดความดันเป็นคลื่นส่งต่อไปจากแหล่งกำเนิด เมื่อคลื่นเสียงกระทบหูเราจะได้ยินเสียง

ลักษณะของเสียงแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. ความถี่ ซึ่งจะบอกความสูงต่ำของเสียง วัดจากจำนวนคลื่นของเสียงที่ผ่านอากาศในหนึ่งหน่วยเวลา เช่น ต่อ 1 วินาที เรียกว่า Hertz (เฮิรตซ์) หรือ Hz ความถี่ที่ดีที่สุดสำหรับมนุษย์อยู่ระหว่าง 2000-4000 Hz แต่ความถี่ที่สามารถได้ยินได้ อยู่ระหว่าง 16-20000 Hz เสียงที่ต่ำมาก เช่น 20 Hz บางคนอาจไม่ได้ยิน และสูงมากก็อาจไม่ได้ยินเช่นกัน หรือทำให้ปวดหูได้

2. ความดัง หรือขนาดของเสียงขึ้นอยู่กับความดันอากาศอันเกิดจากพลังงานของเสียง นิยมวัดเป็น decibel (เดซิเบล) หรือ db เสียงอาจทำให้กระจกสั่นได้ เพราะความดันของอากาศอันเกิดจากพลังงานของเสียง เช่น เวลาที่เครื่องบิน บินผ่านจะรู้สึกที่บ้านสั่น

ตามปกติเสียงที่ดังเกิน 75 db เป็นเสียงที่ควรหลีกเลี่ยงหรือป้องกันเพื่อไม่ให้เกิดอันตรายต่อระบบประสาทหู เสียงดังระดับ 130 db จะทำให้ปวดหูได้

ความดัง (db)	กิจกรรม
10	เสียงกระซิบแผ่ว ๆ
20	เสียงสนทนาเบา ๆ
30	เสียงสนทนาตามปกติ
40	เสียงการจราจรเบา ๆ
50	เสียงพิมพ์ดีด เสียงสนทนาดัง ๆ
60	เสียงในสำนักงานที่วุ่นวาย
70-90	เสียงจราจรตามปกติ รถไฟ เครื่องจักร
100	เสียงเจาะชุดถนน เครื่องกลึง เครื่องปั่น
120	เสียงเรือหางยาว
140	เสียงเครื่องบิน

ตารางที่ 1.1 ระดับเสียงในกิจกรรมต่างๆ

เสียงในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป จะดังประมาณ 70-90 db แต่ในโรงงานบางประเภท เช่น โรงงานผลิตและแปรรูปโลหะ โรงเลื่อย โรงงานทอผ้า จะมีระดับเสียงสูงกว่าโรงงานปกติโดยอยู่ที่ระดับ 90-100 db

โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในโรงงานท่อผ้าที่ใช้กระสวยอัตโนมัติจะมีเสียงดังมากอาจทำให้แก้วหูแตกได้

1.4 อันตรายของเสียงต่อสุขภาพ

มลพิษเสียงเป็นผลร้ายต่อสุขภาพของคนทำงานในโรงงาน หรือผู้ที่อยู่รอบโรงงาน เพราะทำให้ประสาทเครียด เมื่อได้ยินเสียงรบกวนอยู่ตลอดเวลา ขาดสมาธิ ระบบหูเสื่อม ความดันโลหิตสูง ปวดหู หูตึงหรือหูหนวกได้

อันตรายของเสียงขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 ประการคือ

1. ขนาดของเสียง หรือความดังของเสียง องค์การอนามัยโลกกำหนดระดับเสียง เกิน 85 db เป็นอันตรายและควรหลีกเลี่ยง
2. ระยะเวลาที่ได้รับเสียง ยิ่งได้รับเสียงเป็นเวลานานขึ้นก็ยิ่งเป็นอันตรายมากขึ้นจึงควรกำหนดเวลาไม่ได้รับเสียงดังนานเกินไป เช่น

แหล่งกำเนิดเสียง	ความดัง (db)	ระยะเวลาไม่เกิน (ชม)
เครื่องดูดฝุ่น	83	12
โรงงานทั่วไป	85	8
รถจักรยานยนต์	88	4
ตะโกน	91	2
ดนตรีแสดงสด	94	1

ตารางที่ 1.2 ระยะเวลาในการรับเสียงที่ระดับความดังต่าง ๆ ที่ไม่ควรเกิน

3. ความถี่ของเสียง ความถี่ยิ่งสูงยิ่งมีอันตรายมากกว่าเสียงที่มีความถี่ต่ำ เพราะทำให้ปวดหู และมีผลต่อประสาทส่วนอื่นได้

1.5 มาตรการตามกฎหมายต่อมลพิษเสียง

ในเรื่องของเสียงมีมาตรฐานกระทรวงมหาดไทย ว่าด้วยเสียงในสถานที่ทำงาน ที่กำหนดให้สถานที่ทำงานที่มีเสียงดังไม่เกิน 80 db เท่านั้นที่จะให้คนทำงานเกิน 8 ชม. ได้ ถ้าเสียงดังกว่านั้นแต่ไม่เกิน 91 db จะทำงานเกิน 8 ชม. ไม่ได้

เหมือนหินถูกกำหนดให้เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่ต้องควบคุมระดับเสียง ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โดยกำหนดค่าระดับเสียงสูงสุดไม่เกิน 115 db ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 8 ชม. ไม่เกิน 75 db และค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชม. ไม่เกิน 70 db

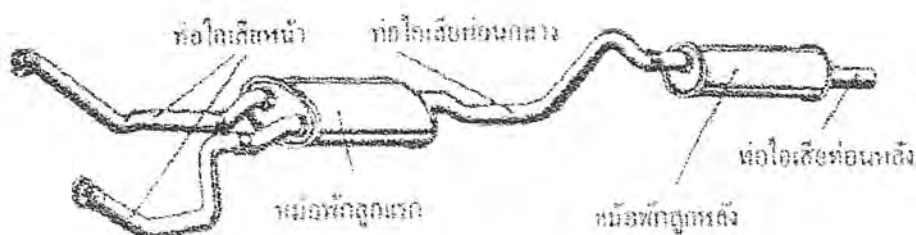
1.6 การควบคุมแก้ไขมลพิษเสียง

มลพิษเสียงเกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์ สามารถควบคุมแก้ไขได้ด้วยการไม่ทำเสียงดัง พยายามลดระดับเสียงในการปฏิบัติงาน หรือป้องกันเสียงดังเพื่อไม่ให้ทำอันตรายต่อระบบประสาทดังนี้ คือ

1. ลดเสียงที่แหล่งกำเนิด ได้แก่การใช้เครื่องลดเสียง (Acoustic cover) สำหรับเครื่องยนต์ เครื่องจักร ไม่ใช้เครื่องจักรจนเต็มขีดกำลังความสามารถ เลือกใช้เครื่องจักรที่ไม่มีเสียงดัง ใช้เครื่องดักเสียงที่ต่อระบายอากาศ (Silencer)
2. จำกัดเวลาในการทำงานในที่ที่มีเสียงดัง เพื่อไม่ให้มีผลเสียแบบถาวรต่อระบบประสาท
3. ใช้แนวคักเสียง (Acoustic barrier) เช่น แนวคันไม้ แนวกำแพง ฉาก ม่านหนา วัสดุดูดเสียงซึ่งเป็นวัสดุพรุนดูดเสียงได้ใช้บุผนังหรือกำแพง เพื่อสกัดกั้นเสียงไม่ให้ผ่านทะลุไปบริเวณนอกเขต
4. ลดเสียงสะท้อน
5. ลดการกระทบกระแทก
6. ลดการสั่นสะเทือน
7. ลดการรบกวน ใช้เครื่องป้องกันหู

1.7 หลักการเก็บเสียงของเครื่องยนต์

เสียงดังที่เกิดขึ้นเกิดบริเวณท่อไอเสีย ดังนั้นจึงมีการออกแบบตัวลดเสียงภายในบริเวณท่อไอเสียเรียกว่า หม้อเก็บเสียง จะทำให้เสียงดังเรียบไม่เป็นห้วงจังหวะมีใช้หลายแบบ

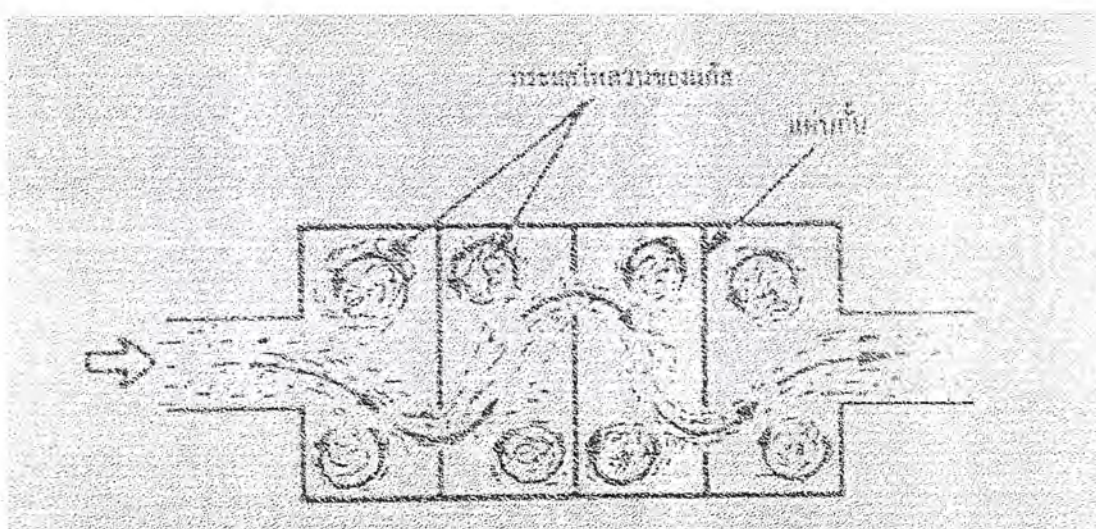


รูปที่ 1.1 ส่วนต่างๆ ของระบบท่อไอเสีย

1.8 แบบของหม้อเก็บเสียงหรือหม้อพักไอเสีย

1.8.1 หม้อเก็บเสียงแบบสะท้อนเสียง (Reflection — pattern Silencer)

หม้อเก็บเสียงแบบสะท้อนเสียงภายในหม้อเก็บเสียงประกอบด้วยห้องหลายๆ ห้องจัดวางกันเป็นลำดับและต่อกันด้วยท่อที่มีการคำนวณขนาดอย่างรอบคอบ กระแสไหลเป็นห่วงๆ ของแก๊สไอเสียจะถูกขัดขวางหลาย ๆ ครั้งจากห้องที่วางต่อกันเป็นลำดับ การดูดซับเสียงเป็นการอาศัยหลักการของจังหวะการสะท้อนเสียงในแต่ละห้องทำให้เสียงดังออกจากผิวหน้าที่ไปชนและโดยการเก็บกักบรรจุเสียงในห้องแต่ละห้องแล้วปล่อยเสียงที่ความดังลดลงออกไป หม้อเก็บเสียงแบบนี้เหมาะสำหรับดักเก็บเสียงที่มีความถี่ต่ำ การดูดซับคลื่นความถี่ต่ำของเสียงทำได้โดยแผ่นกั้นที่ติดแน่นกันไว้เพื่อให้เกิดเป็นบริเวณหมุนเวียนของแก๊สอันเป็นสาเหตุทำให้เกิดการต้านการไหลของแก๊สในหม้อพักไอเสีย

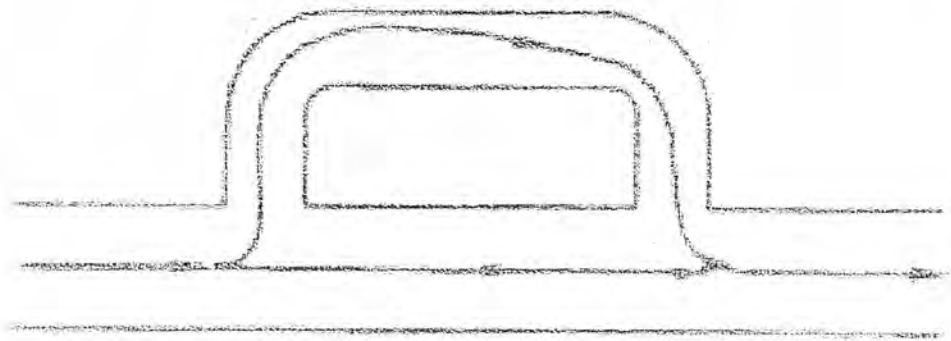


รูปที่ 1.2 การหมุนวนในห้องของหม้อพักไอเสียเนื่องจากแผ่นกั้นปิดกั้นการไหลของแก๊ส

แผ่นกั้นเป็นตัวลดการไหลอย่างอิสระของแก๊ส ดังนั้นถ้าออกแบบไม่ถูกต้องจะเป็นสาเหตุให้เกิดความดันกลับขึ้นในระบบท่อไอเสีย ความดันกลับไอเสียนี้ลดกำลังเครื่องยนต์เพราะว่าแก๊สไอเสียบางส่วนที่ถูกปิดกั้นจะตกค้างในกระบอกสูบที่เรียกว่าแก๊สไอเสียตกค้าง (Exhaust Gas Residual) จะขัดขวางของที่จะเติมแก๊สไอเสียเข้าไปบรรจุสูบใหม่ กลายเป็นระบบไอเสียที่ด้อยคุณภาพอันจะสามารถเป็นเหตุให้ลดประสิทธิภาพบรรจุสูบ กำลังเครื่องยนต์ต้องเกิดการสูญเสียไปอันเกิดจากการทนรับทั้งจากการสูญเสียปริมาตรบรรจุสูบอันเกิดจากการยึดจองที่ของแก๊สไอเสียตกค้าง และจากความร้อนแก๊สเผาไหม้ซึ่งเป็นแก๊สที่มีอุณหภูมิสูงไปเผาไอเสียใหม่ที่กำลังเอามาถึงในห้องสูบทำให้แก๊สไอเสียมีความหนาแน่นต่ำลงอันเป็นการลดมวลของไอเสียไปด้วย

การออกแบบระบบไอเสียที่ดีหรือปรับแต่งอย่างประณีต ระบบท่อไอเสียสามารถจะปรับปรุงกำลังเครื่องยนต์โดยใช้ความดันที่เป็นหว่ง ๆ ทั้งลบและบวกซึ่งไหลกลับหลังและไปข้างหน้าที่ปลายด้านหน้าของท่อไอเสีย ให้เกิดการเริ่มการไหลของไอดีใหม่เข้าไปในกระบอกสูบระหว่างช่วงวาล์วโอเวอร์แลป ความยาวท่อไอเสียที่เหมาะสมจะทำให้หว่ง ๆ ความดันลบ (Negative Pressure Pulse) เกิดขึ้นในห้องสูบชั่วขณะที่วาล์วไอดีเปิด อันหมายความว่าเกิดการถ่ายเทไอเสียและไอดีเพื่อการบรรจุสูบที่มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น การช่วยถ่ายเทของไอเสียลักษณะนี้จะเป็นได้เพียงเฉพาะความเร็วรอบที่แน่นอนที่จุดใดจุดหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นการออกแบบท่อไอเสียจึงต้องทำการปรับแต่งให้เกิดการส่งเสริมช่วยถ่ายเทในขณะที่ต้องการให้เครื่องยนต์ถ่ายกำลังเครื่องยนต์สูงสุดเท่านั้น

1.8.2 หม้อเก็บเสียงแบบแยกเสียง (Interference — pattern Silencer)



รูปที่ 1.3 หลักการแยกเสียงและหม้อพักไอเสียแบบแยกเสียง

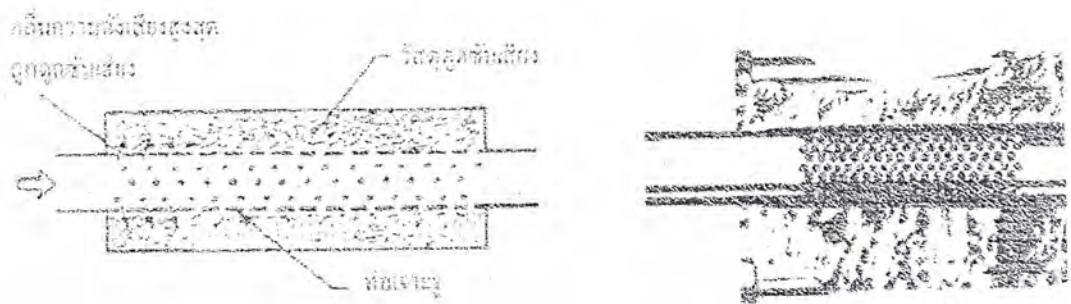
ในหม้อเก็บเสียงแบบแยกกระแสไหลของไอเสียจะถูกแบ่งแยกออกเป็นท่อเล็ก ๆ หลาย ๆ ท่อแล้วนำกลับร่วมเข้าด้วยกันอีก เพื่อทำการห้ามหรือลดเสียงที่เกิดจากการระเบิดเผาไหม้ในห้องสูบของไอเสียที่รุนแรงให้ลดต่ำลง อย่างไรก็ตามจำนวนของท่อทางไหลแยกที่มีจำนวนมากและส่วนต่อของท่อไอเสียที่สมบูรณ์ทั้งระบบจะทำให้ไม่เกิดการประหยัด

1.8.3 หม้อเก็บเสียงแบบดูดซับเสียง (Absorbion — pattern Silencer)

หม้อเก็บเสียงแบบนี้มีความต้านทานการไหลออกของไอเสียต่ำกว่า ใช้งานสำหรับระบบท่อไอเสียที่ไม่ต้องการความดันกลับ (Back Pressure) มาก ๆ ประกอบไปด้วยช่องแยกกันหลาย ๆ ช่องมีท่อไอเสียเป็นท่อตรงที่เจาะรูโดยรอบใส่ผ่านไปในแต่ละช่องแยก และหุ้มท่อที่เจาะรูด้วยวัสดุ

รูปที่ 1.4 หม้อพักไอเสียแบบดูดซับเสียง

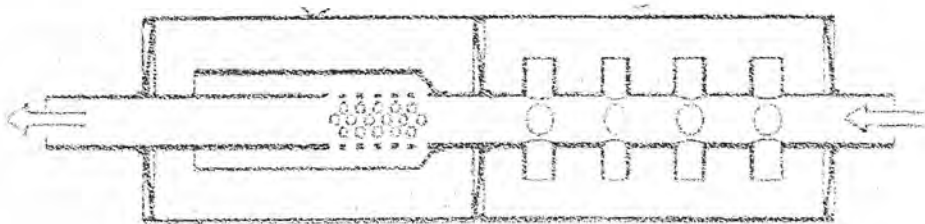
รูปที่ 1.4 หม้อพักไอเสียแบบดูดซับเสียง



รูปที่ 1.4 หม้อพักไอเสียแบบดูดซับเสียง

หม้อพักไอเสียแบบนี้จะดูดซับเสียงความถี่สูงของไอเสีย การดูดซับคลื่นความถี่สูงเป็นไปได้โดยวัสดุดูดซับเสียง (Sound — absorbing Material) ซึ่งเกิดจากเหตุที่การค่อยลดหรือหน่วงคลื่นเสียงเบา ๆ เมื่อคลื่นเสียงกลับออกมาจากห้องแต่ละห้องเสียงก็จะถูกลดความถี่จากการผ่านของแก๊สที่ไหลผ่านท่อที่เจาะรู ดังนั้นการกระทำตรงกันข้ามของคลื่นทั้งสองจึงทำให้ส่วนสูง ๆ ของความถี่สูงลดต่ำเรียบลง

1.8.4 หม้อเก็บเสียงมีตัวปรับเสียงกิ่ง (Silencer With Branch Resonators)



รูปที่ 1.5 หม้อเก็บเสียงมีตัวปรับเสียงกิ่ง

หม้อเก็บเสียงมีตัวปรับเสียงก้องใช้ลดความดังของเสียงโดยเฉพาะ โดยไม่มีผลกระทบต่อความต้านทานการไหลของไอเสียมากนัก นำมาใช้ติดตั้งในระบบท่อไอเสียที่เสียงมีสภาวะของระดับเสียงสูงมากๆ ประกอบด้วยห้อง 2 ห้อง ติดตั้งท่อเป็นท่อตรงผ่านตลอด ห้องแรกเจาะรูและทำเป็นท่อเล็กๆ ออกไปทั้ง 4 ด้านโดยรอบเพื่อปล่อยให้เสียงหลุดออกไปสะท้อนอยู่ในห้องแรกทำให้เสียงดังส่วนหนึ่งลดลง ห้องที่สองเจาะรูเล็กๆ รอบๆ ท่อผ่านและหุ้มรูเจาะนั้นด้วยท่อใหญ่อีกทีหนึ่ง

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1 ทฤษฎีพื้นฐานของเสียง

เสียงเกิดได้จาก มีพลังงานกลไปรบกวนแหล่งกำเนิดเสียง ทำให้วัตถุที่เป็นแหล่งกำเนิดเสียงเกิดการสั่น

2.2 การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง

พลังงานเสียงจะถ่ายโอนจากแหล่งกำเนิดเสียง ไปอีกที่หนึ่งได้โดยคลื่นเสียงจะต้องอาศัยตัวกลางในตัวกลางแต่ละชนิดที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่าน คลื่นเสียงจะมีอัตราเร็วไม่เท่ากัน

2.3 ลักษณะของเสียงในอากาศ

2.3.1 ขณะที่คลื่นเสียงผ่านจะประกอบด้วย

2.3.1.1 ส่วนอัด อนุภาคของอากาศจะอยู่ชิดกันมากกว่าปกติ และความดันอากาศมากกว่าปกติ

2.3.1.2 ส่วนขยาย อนุภาคของอากาศจะอยู่ห่างกันมากกว่าปกติ และความดันอากาศน้อย

2.3.2 คลื่นเสียงเป็นคลื่นตามยาว เนื่องจากอนุภาคของตัวกลาง มีการเคลื่อนที่ไปมา ในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของเสียง

2.3.3 ความถี่ของคลื่นเสียงจะมีค่าเท่ากับความเร็วในการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียง

2.3.4 ความยาวคลื่น คือ ความยาวของคลื่นเสียง 1 ลูก (อัด - ขยาย)

2.3.5 เมื่ออากาศมีอุณหภูมิคงที่ เสียงทุกความถี่จะมีอัตราเร็วเท่ากัน แต่ถ้าความถี่มาก ความยาวคลื่นจะน้อย

2.3.6 ถ้าอากาศมีอุณหภูมิ 0°C เสียงจะมีอัตราเร็ว 331 m/s แต่เมื่ออุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงไป อัตราเร็วของเสียงจะเร็วขึ้น

$$v = 331 + 0.6t \quad (2.1)$$

2.4 การแผ่คลื่นเสียงของ Plane Wave

โดยทั่วไปแล้ว คลื่นเสียงจะมีลักษณะที่ซับซ้อนและไม่สามารถวิเคราะห์ได้ง่าย เราจึงพิจารณาคำเสียงในรูปแบบของ Plane wave ซึ่งเป็นการพิจารณาในมิติเดียวของคลื่นเสียง เพื่อลดความยุ่งยากซับซ้อน ในการวิเคราะห์ปัญหาของคลื่นเสียง

การแผ่คลื่นเสียงในท่อโดยมีผนังของท่อเป็นตัวบังคับและจำกัดการเคลื่อนที่ กำหนดให้ การแผ่คลื่นเสียงเป็นไปในทิศทางบนแกน x

จากสมการ Wave Equation

$$\nabla^2 \phi = \left(\frac{1}{c^2}\right) \frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} \quad (2.2)$$

เราจะได้

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} = \left(\frac{1}{c^2}\right) \frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} \quad (2.3)$$

จากสมการ (2.3) เราแทนค่าต่างๆ ลงในสมการจะได้

$$\phi = f(ct \pm x) \quad (2.4)$$

โดยที่ ϕ อธิบายการแผ่กระจายของคลื่นเสียงในทิศทางในแกน x ในขณะเวลา t ใด ๆ หรือแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า x ตามเวลา t

ถ้าเรากำหนดให้ $\text{argument}(ct \pm x)$ คงที่ ในขณะที่เวลาเพิ่มขึ้น ค่าของระยะ x จะลดลงในขณะที่คลื่นเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว c เมื่อใช้เครื่องหมายบวก แต่ถ้าระยะ x เพิ่มขึ้น เครื่องหมายในวงเล็บจะเป็นลบ ในทำนองเดียวกันนี้ คลื่นเสียงที่เคลื่อนที่ ในทิศทางบวก x ในขณะเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว c เครื่องหมายในวงเล็บจะเป็นลบ โดยในขณะที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่ในทิศทางลบ x เครื่องหมายในวงเล็บจะเป็นบวก

สมการ (2.4) เป็นสมการของ acoustic potential function จาก acoustic potential function และ wave equation

$$u = -\nabla \phi \quad (2.5)$$

$$p = \rho \frac{\partial \phi}{\partial t} \quad (2.6)$$

จะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ ที่สำคัญระหว่าง acoustic pressure และ particle velocity สำหรับ plane wave

จากสมการ (2.4) และ (2.5) จะได้

$$u = \pm f'(c \pm x) \quad (2.7)$$

และจากสมการ (2.4) และ (2.6) จะได้

$$p = \rho c f(ct \pm x) \quad (2.8)$$

ดังนั้น

$$\frac{p}{u} = \pm \rho c \quad (2.9)$$

ในสมการ (2.9) เครื่องหมายบวก จะใช้เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ในทิศทาง x ในขณะที่เครื่องหมายลบ จะใช้เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ในทิศทางลบ x

ปริมาณ ρc จะปรากฏเป็นประจำเมื่อเราพิจารณาการแผ่ของคลื่นเสียง ปริมาณ ρc นี้เรียกว่า characteristic impedance และเป็นหนึ่งในสามชนิดของ impedance ที่ใช้อธิบาย และใช้ในการศึกษาคลื่นเสียง

ทุกๆ ฟังก์ชัน $f(ct \pm x)$ เราสามารถใช้การวิเคราะห์แบบ fourier ได้ โดยพิจารณาว่าเป็นผลรวมของ simple harmonic function ในสมการ wave equation จะได้สมการ

$$\phi = Ae^{j(\alpha \pm ks + \beta)} \quad (2.10)$$

เครื่องหมายลบ จะใช้เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ในทิศทางบวก x ในขณะที่เครื่องหมายบวก จะใช้เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ในทิศทางลบ x

เมื่อ ϕ = Potential function

β = Arbitrary constant of integral

ω = Angular Velocity

c = Sound Velocity

k = Wave Number

p = Acoustic Pressure

t = Time

u = Fluid Particle Velocity

2.5 การสั่นพ้อง (Resonance)

คือปรากฏการณ์ที่มีแรงกระทำทำให้วัตถุสั่น โดยความถี่ของแรงที่มากระทำเท่ากับ ความถี่ธรรมชาติของวัตถุนั้นทำให้วัตถุนั้นมีการสั่น มีแอมพลิจูดมากที่สุด

การสั่นพ้องของเสียงในท่อ เมื่อทำให้อากาศในท่อสั่นโดยมีความถี่เท่ากับความถี่ธรรมชาติจะเกิดการสั่นพ้องของเสียงทำให้มีเสียงดังออกมาจากท่อเสียงที่ดังออกมามีได้หลายความถี่ โดยที่เสียงที่ดังออกมาจะมีเฟสตรงข้ามกันกับเสียงที่เข้ามา

$$2.6.1 \text{ Sound-power level (SPL) } = 10 \log_{10} \frac{W}{W_{ref}} \quad \text{Db} \quad (2.11)$$

2.6 ระดับความดังของเสียง

$$W_{ref} = 10^{-12} \text{ watt}$$

$$I_{ref} = 10^{-12} \text{ watt/m}^2$$

$$2.6.2 \text{ Sound-intensity level (IL) } =$$

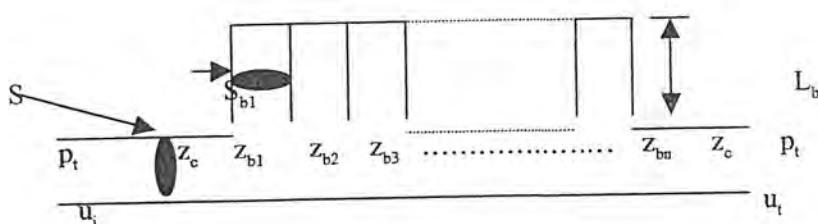
$$10 \log_{10} \frac{I}{I_{ref}} \quad \text{Db} \quad (2.12)$$

$$2.6.3 \text{ Sound-pressure level (SPL) } =$$

$$10 \log_{10} \frac{p^2}{p_{ref}^2} = 20 \log_{10} \frac{p}{p_{ref}} \quad \text{Db} \quad (2.12)$$

2.7 ทฤษฎีพื้นฐานการคำนวณหาค่า Transmission Loss (TL)

ในการคำนวณหาค่า TL นี้เป็นการหาค่า C ในสมการเมตริกซ์พื้นฐาน ซึ่งเป็นสมการที่ใช้ในการคำนวณตัวลดเสียงแบบ Side Branch จำนวน n ชุด แต่ในโครงงานนี้จะทดลองเพียงชุดเดียว



รูปที่ 2.1 แสดงคุณลักษณะของ Side Branch Resonator

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{Zb_0} & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{Zb_1} & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \cdots \begin{bmatrix} \frac{1}{Zb_n} & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{Zb_0} & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

เมื่อ A, B, C, D เท่ากับ 4 terminal constant

Zb = Characteristic impedance ของ silencer

$$Zb = j \frac{\rho C}{Sb} \cot kLb \quad (2.14)$$

ถ้าพื้นที่หน้าตัดของ silencer เท่ากัน

$$Sb = Sb_1 = Sb_2 \cdots Sb_n$$

$$\text{และ } Zb = Zb_1 = Zb_2 \cdots Zb_n$$

n = จำนวน Side Branch

แทนค่า Zb ในสมการ (1) คำนวณค่าคงที่ C ได้

$$C = \frac{2S}{\rho C} + \sum Zb \quad (2.15)$$

และจากสมการ (C) ;

$$TL = 10 \log \left| \frac{C}{\frac{2S}{\rho C}} \right|^2 \quad (2.16)$$

แทนค่า C

$$TL = 10 \log \left(1 + \frac{n^2 m^3}{4} \tan^2 kLb \right) \quad (2.17)$$

$$\text{เมื่อ } m = \text{expansion ratio} = \frac{Sb}{S}$$

S = พื้นที่หน้าตัดภายในของท่อนำเสียง

$$K = 2\pi/\lambda$$

S_b = พื้นที่หน้าตัดภายในของ Side Branch

L_b = ระยะความยาวของ Side Branch

TL = ค่า Transmission Loss

2.8 การวัดค่าความเร็วลมด้วย Pitot tube

สำหรับความเร็วลมที่จะให้เข้าไปที่ท่อनाเสียงสำหรับความเร็วลมจะได้จากพัคลมโดยการหาความเร็วลมเปรียบเทียบการ

ความเร็วของพัคลม ซึ่งใช้ Pitot tube ความความดันของลมภายในท่อแล้วนำไปแทนสูตรหาค่าความเร็วลม จากสมการ ที่ 2.18

$$\begin{aligned} u &= c \sqrt{2gh} \\ &= c \sqrt{2g \left(\frac{P_s - P_0}{\gamma} \right)} \end{aligned} \quad (2.18)$$

โดยที่

$$P_s - P_0 = \Delta P \quad \text{หน่วย Pa ; } 1 \text{ bar} = 10135 \text{ Pa}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\gamma = 11.55 \text{ N/m}^2 \text{ ที่ } 27^\circ \text{C}$$

$$\gamma = 11.62 \text{ N/m}^2 \text{ ที่ } 25^\circ \text{C}$$

$$C = 1 \text{ (ค่าคงที่ของ Pitot tube กำหนดมา)}$$

บทที่ 3

อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3.1 แผนผัง ของการทดลองโครงงาน

3.2 แหล่งกำเนิดเสียง ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

3.2.1 oscillator หรือ function Generator คือตัวกำเนิดสัญญาณความถี่ทำหน้าที่หลักในการส่งเสียงในรูปของสัญญาณความถี่ ในการทดลองใช้ของ IWATSU รุ่น SG-4111 FG 11 MHz



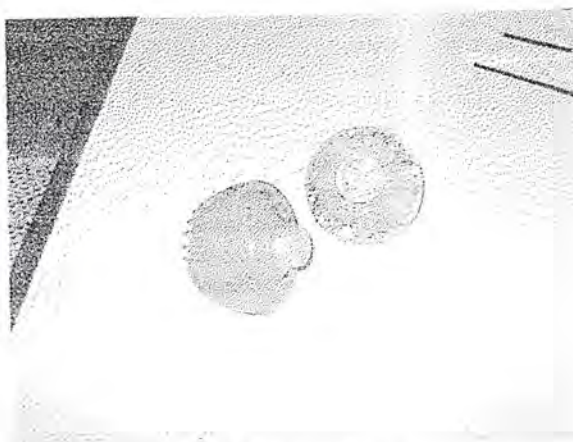
รูปที่ 3.2 Oscillator

3.2.2 Amplifier ทำหน้าที่รับสัญญาณความถี่ที่ได้จาก oscillator แล้วขยายให้สัญญาณมีแอมพลิจูดมากขึ้นในการทดลองใช้ของ P.S Stereo รุ่น Mono Amplifier 55 W



รูปที่ 3.3 Amplifier

3.2.3 Driver Unit ตัวกำเนิดเสียงตามความถี่ที่เปลี่ยนแปลง หรือทำหน้าที่เป็นลำโพงนั่นเอง การทดลองนี้ใช้ของ TOA Electricity CO., LTD. Model TU — 50, Power 50 W



รูปที่ 3.4 Driver Unit

3.3 ส่วนที่ใช้ทำการทดลอง ประกอบด้วยส่วนดังต่อไปนี้

3.3.1 ห้องเก็บเสียงประกอบด้วย Glass wool เป็นไฟเบอร์ใยแก้วซึ่งมีประสิทธิภาพในการดูดซับคลื่นเสียงไม่ให้เกิดเสียงสะท้อนกลับ จะติดตั้งใน Anechoic Room ในส่วนท้ายสุดของ ท่อทำหน้าที่ไม่ให้เสียงสะท้อนกลับมาเมื่อทำการทดลอง

3.3.2 Main Duct or Nominate Duct เป็นท่อนำเสียงหลักใช้ในการเดินทางของเสียงและจะต้องไม่มีการสะท้อนของเสียงในท่อนี้ ในการทดลองเราจะใช้ท่อแยกเป็น 2 ชนิด

1. ท่อที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 52 mm
2. ท่อที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 46 x 46 mm

ในการทำการทดลองนี้จะใช้ท่อยาวประมาณ 4500 mm และจากขนาดของท่อทั้งสอง จะประมาณว่ามีพื้นที่หน้าตัดของท่อทั้งวงกลมและสี่เหลี่ยมจะมีพื้นที่หน้าตัดเท่ากันเพื่อที่จะนำมาเปรียบเทียบกันในแต่ละลักษณะว่าจะมีผลต่อการลดเสียงหรือไม่

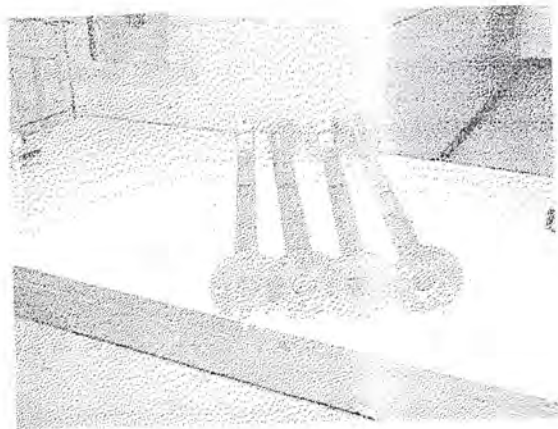
3.3.3 ท่อ side branch Rasonator เป็นท่อเล็กที่ใช้ในการทำการดูดซับเสียงในการวิจัยครั้งนี้ เราจะทำการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาตรของ side branch ซึ่งหมายความว่า จะเปลี่ยนแปลงค่าของความสูง ในที่นี้เราจะทำอุปกรณ์ในรูปแบบของลูกสูบซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงค่าตามความสูงได้เพียง อุปกรณ์เพียงตัวเดียว

ในการทดลองเราจะใช้ ท่อ side branch แยกเป็น 2 ชนิด

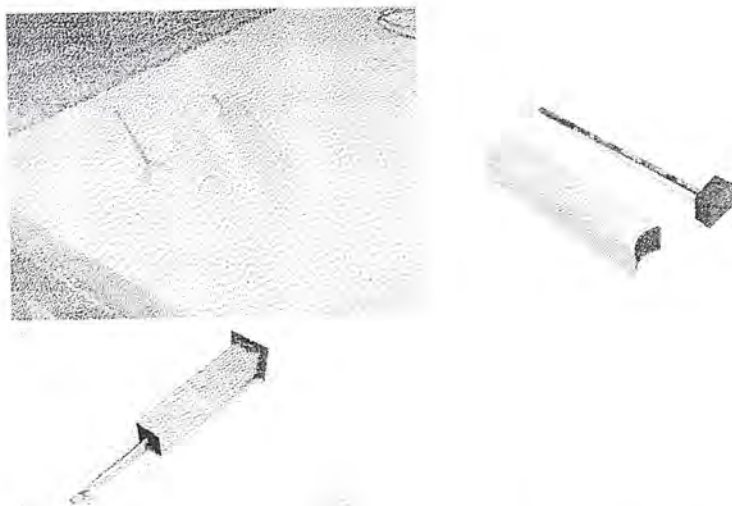
- 1 แบบลูกสูบที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปวงกลมขนาด 40.5 mm
- 2 แบบลูกสูบที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 36 x 36 mm

ในการทดลองจะทำการเปลี่ยนแปลงค่าความสูงที่ใช้โดยเริ่มจาก 30 mm จนถึง 90 mm โดยจะเปลี่ยนแปลงความสูงทีละ 10 mm และลูกสูบทั้ง 2 ชนิดมีพื้นที่หน้าตัดเท่ากันเพื่อที่จะนำมาเปรียบเทียบกันในแต่ละลักษณะว่าจะมีผลต่อการลดเสียงหรือไม่

3.3.4 probe tube เป็นท่อเล็กขนาดยาวพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกประมาณ 7 mm ทำหน้าที่เป็นท่อที่ใช้วัดเสียงภายในท่อหลัก เนื่องจากการวัดเสียงในแต่ละตำแหน่งของท่อนั้นต้องใช้อุปกรณ์ที่มีลักษณะเล็กและสามารถที่จะวัดได้ในทุกตำแหน่งในท่อในทางทฤษฎีแล้ว probe tube จะต้องอยู่ตรงกึ่งกลางของท่อหลักพอดีแต่ในทางปฏิบัติแล้วทำไม่ได้



รูปที่ 3.5 ท่อ Nominate duct ทั้งแบบวงกลมและสี่เหลี่ยม



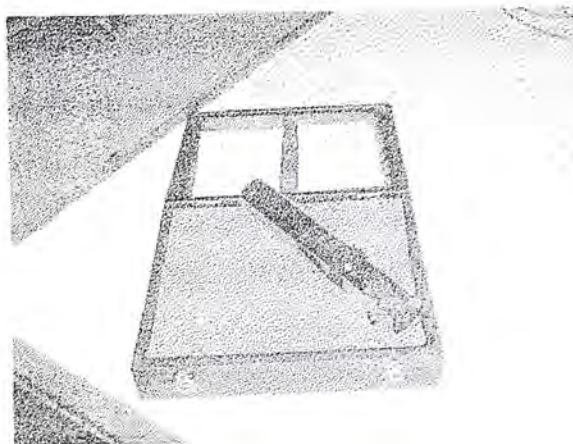
รูปที่ 3.6 Side Branch แบบวงกลมและสี่เหลี่ยมแบบต่าง ๆ ที่เป็นลูกสูบสามารถปรับความสูงได้

3. มอเตอร์และโบลเวอร์และอุปกรณ์สำหรับการกำเนิดความเร็วลมภายในท่อ
ในการทำการทดลองนั้นนอกจากจะทำการทดลองแบบปกติแล้วนั้น ในการทำการวิจัยครั้งนี้ จะทำการใส่ความเร็วลมเข้าไปในท่อด้วยซึ่งความเร็วลมนั้นจะใช้ค่าที่ 0 m/s 5 m/s 10 m/s 20 m/s 30 m/s 40 m/s ในการทำการวัดความเร็วลมเราใช้ pitot tube ในการวัดความเร็วโดยใช้ รัศบีความแตกต่างของความสูงของของเหลวแล้วนำไปแทนค่าสมการที่ทฤษฎี

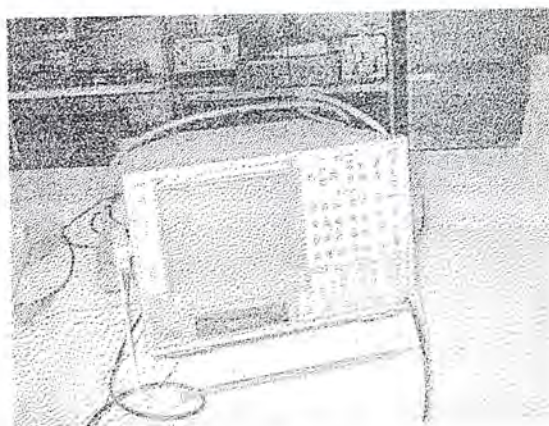
3.4 ส่วนแสดงผลประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- 3.4.1 FFT Analyzer เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่แสดงผลที่ได้จากการทดลองในรูปของกราฟ ของความเข้มเสียงกับความถี่ในหน่วยของ db (Desibel) ในการทดลองนี้ใช้ของ ONO SOKKI รุ่น CF-350
- 3.4.2 Microphone เป็นตัวตรวจจับความเข้มเสียงภายในท่อจะต่อร่วมกับรูดเล็กที่สามารถเลื่อนเข้าเลื่อนออกในแนวแกนราบและต่อเข้ากับ probe tube ในการทดลองนี้ใช้ของ Bruel & Kjaer
- 3.4.3 Pre Amplifier ไมโครโฟนจะตรวจจับเสียงในรูปของสัญญาณไฟฟ้าและจะขยายสัญญาณไฟฟ้านั้นโดย Pre Amplifier ในการทดลองเราใช้ของ Bruel & Kjaer ,Type 2804 ชนิด Condenser Microphone Type 4165

ในการที่จะทดลองนี้เราจะมีตัวเทียบเสียง คือ Sound Calibrator ที่ใช้เทียบค่าสำหรับการวัด เพื่อให้ผลการทดลองเป็นไปตามความถูกต้องโดยจะใช้อุปกรณ์ที่ส่งสัญญาณเสียง 124 db



รูปที่ 3.7 sound Calibrator



รูปที่ 3.8 FFT Analyzer



รูปที่ 3.9 Microphone และ Pre-amplifier

3.5 วิธีทำอุปกรณ์การทดลอง

3.5.1 ท่อนำเสียงมี 2 ลักษณะคือ

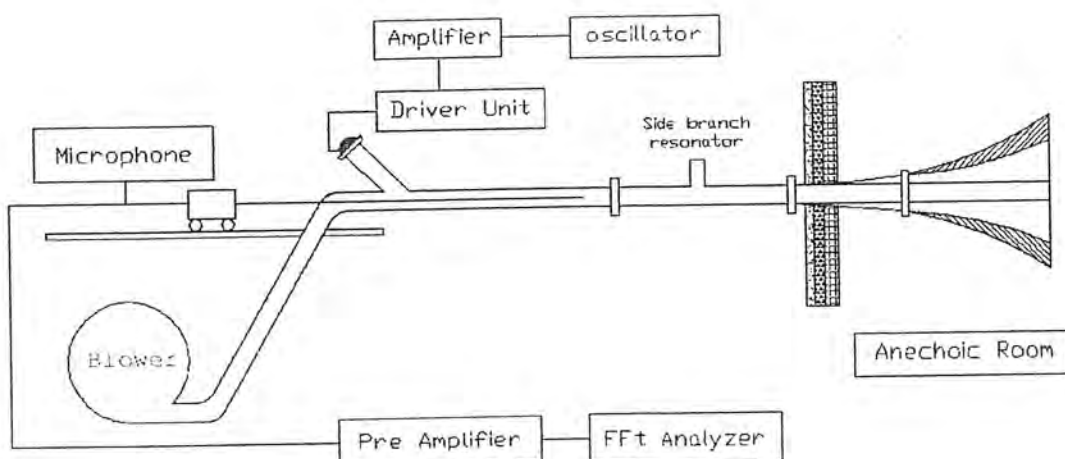
1. ท่อนำเสียงวงกลม อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองคือท่อเหล็กที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 52 mm ซึ่งหาซื้อได้ตามร้านค้าทั่วไปนำมาตกแต่งขนาดและรายละเอียดด้วยเครื่องมือต่าง ๆ เช่น เครื่องกลึง ตววนไฟฟ้า เครื่องตัดเหล็กและ เครื่องเจียรนัย
2. ท่อนำเสียงสี่เหลี่ยม อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองคือท่อเหล็กสี่เหลี่ยมจตุรัส ขนาด 46 x 46 mm หาซื้อได้ตามร้านค้าทั่วไปนำมาตกแต่งและดัดแปลงเช่นเดียวกับท่อวงกลม

3.5.2 ท่อ Side branch มี 2 ลักษณะ

1. ท่อ side branch วงกลม อุปกรณ์ที่ใช้เป็นท่อ พีวีซี ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 40.5 mm ถูกสุบทำด้วยขอลูมิเนียม กลึงให้ได้ขนาดเป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน เท่ากับท่อ
2. ท่อ Side branch สี่เหลี่ยม อุปกรณ์ที่ใช้ทำด้วยท่ออลูมิเนียมขนาด 36 x 36 mm หาซื้อได้ทั่วไป ถูกสุบทำด้วยยางแข็ง กัดด้วยเครื่องกัดให้ได้ขนาดเท่ากับขนาดของท่อ

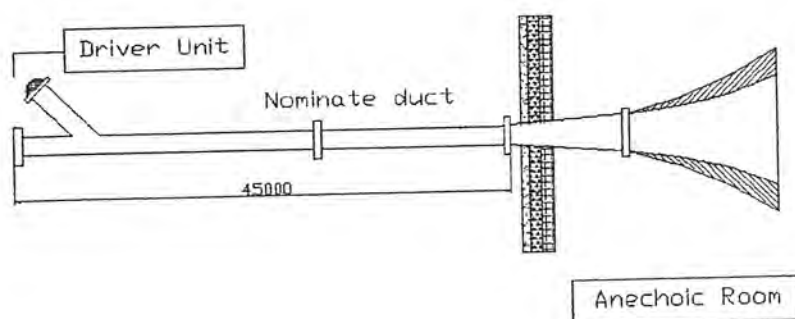
3.6 การประกอบอุปกรณ์ที่ใช้ทำการวิจัยโครงการ

ลักษณะของการทดลองทำการวิจัยนั้น ผู้ทำการทดลองได้ทำแบบจำลองของอุปกรณ์ในการลดเสียงแบบทฤษฎีของการลดเสียง Side branch resonator ดังรูปที่ 3.10



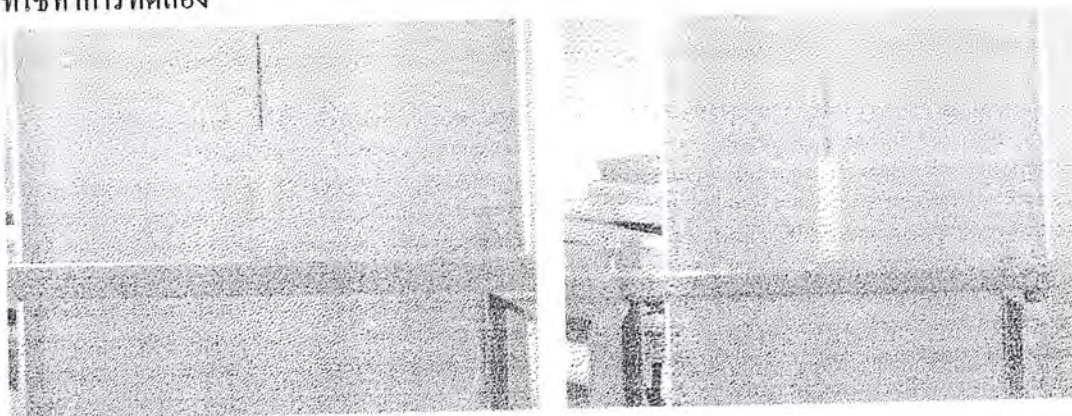
รูปที่ 3.10 การประกอบอุปกรณ์การทดลอง

3.6.1 ท่อนำเสียงที่เราใช้นั้นเราใช้ท่อนำเสียงทั้งแบบพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลมและสี่เหลี่ยม เพื่อนำมาเปรียบเทียบกัน แล้วนำมาต่อที่ความยาวที่เท่ากัน คือ 4.5 เมตรนับตั้งแต่ driver unit จนถึง กำแพงกันห้องเก็บเสียง (Anechoic room) ส่วนกลางของท่อเราจะทำการเจาะรูเพื่อนที่จะสามารถ ใส่ ท่อ side branch ได้

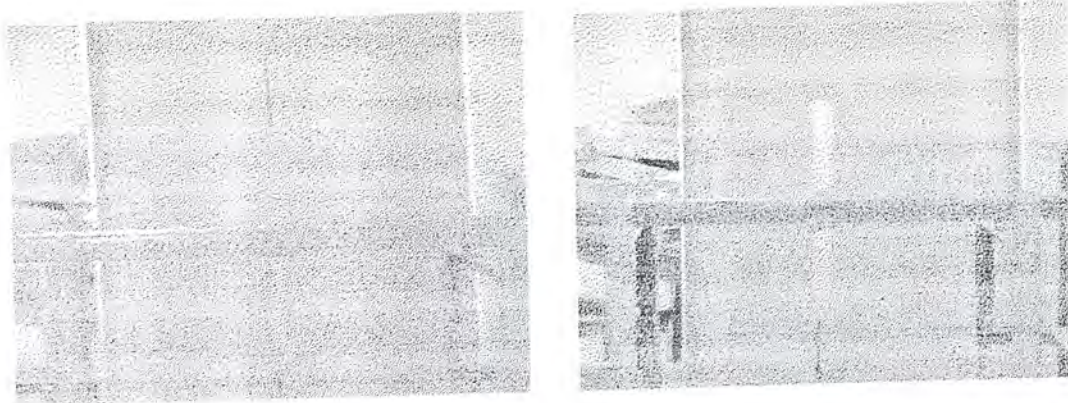


รูปที่ 3.11 ความยาวของ ท่อ Nominate duct

3.6.2 การต่อ side branch resonator เราจะต่อเป็นท่อขึ้นออกมาจากท่อหลัก (Nominate duct) เพื่อทำการวัดความเข้มเสียงที่ท่อ side branch สามารถที่จะดูดกลืนไปได้ในแต่ละช่วงความถี่ที่ใช้ทำการทดลอง



รูปที่ 3.12 แสดงการต่อ sidebranch แบบท่อถูกสูบบวงกลมและสี่เหลี่ยม



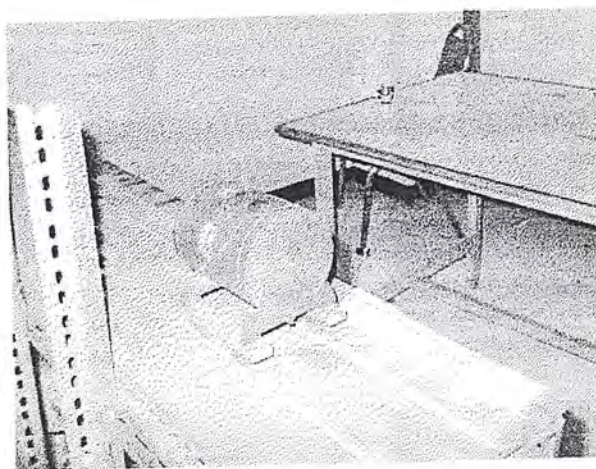
รูปที่ 3.13 แสดงการต่อ side branch แบบขนานทั้งแบบวงกลมและสี่เหลี่ยม

ในการทดลองเราจะเปลี่ยนแปลงค่าความยาวของ branch เริ่มตั้งแต่ 3 cm 4 cm 5 cm 6 cm 7 cm 8 cm และ 9 cm

3.6.3 Driver unit เป็นตัวส่งสัญญาณเสียงนำไปประกอบดังรูป 3.10 แล้วต่อเข้ากับ Amplifier และ Oscillator

3.6.4 microphone ต่อเข้ากับ Preamplifier เพื่อขยายสัญญาณเสียงจากไมโครโฟนแล้วต่อเข้ากับ FFT Analyzer ทำการตั้งค่าเครื่อง FFT Analyzer ตามคู่มือแล้วเทียบกับ Sound Calibrator

3.6.5 probe tube ต่อเข้ากับรถลากซึ่งสามารถเลื่อนเข้าเลื่อนออกในแนวแกน x ได้ส่วนอีกด้านของรถจะต่อเข้ากับไมโครโฟน ก่อนที่จะทำการทดลองจะต้องจัดระยะให้ตัว probe tube ที่อยู่ใน Nominate Duct อยู่ในระยะก่อนที่จะผ่าน ท่อ side branch และหลังผ่านให้เป็นค่าที่ระยะที่แน่นอน ลักษณะรถลากจะเป็นดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 รถที่ใช้ในการเลื่อนแกน x ด้านหนึ่งต่อเข้ากับไมโครโฟนและ อีกด้านต่อเข้ากับ probe tube

3.6.6. ปลายของท่อนำเสียงต่อเข้ากับห้องเก็บเสียง (Anechoic room) เพื่อป้องกันการสะท้อนกลับของเสียงถ้าเสียงสามารถสะท้อนกลับออกมาจะทำให้ผลของการทดลองนั้นผิดพลาดได้ จึงจำเป็นที่ต้องส่งสัญญาณเสียงไปแล้วนั้นเสียงจะไม่สามารถสะท้อนกลับออกมาได้

การตั้งค่าเครื่อง FFT Analyzer ทำได้ดังนี้

1. DISPLY : ที่ CH B กด Spec
2. FREQ : กด up หรือ down เพื่อให้ X — axis = 5;10 kHz
3. CARCH : ที่ cursor กด on และ EU ; EU = engineering unit setting
4. กด NEXT เลือก MENU >>
 7. COND -> 1. AUTO ON
5. กด NEXT เลือก MENU B ->
 7. COND -> 4. SEARCH -> 7. S — CORSOR (LINE) -> 8. RETURN
6. กด NEXT เลือก MENU B >>
 2. UNIT -> 4. CH B EU -> 6. SET CH B -> EU/V -> 7. SET (0.9110E+6) -> 8. RETURN
7. กด NEXT เลือก MENU B >>
 1. DISPLAY -> 1. FORMAT -> 3. GRID ON -> 8. RETURN
8. กด NEXT เลือก MENU A >>
 - 3.MODE -> 6. SP ONLY -> 5. OA DISPLAY -> 8. RETURN
9. กด NEXT เลือก MENU A >>
 - 2.AVERAGE -> 7. CONTROL -> 2. SUM -> 1. CONTINUE -> 8. RETURN

3.7 รายละเอียดของการทดลองและวิธีการทดลองวิจัยโครงงาน

3.7.1 Oscillator สร้างสัญญาณความถี่ที่กำหนด 0—3600 Hz ส่งไปยัง Amplifier เพื่อขยายสัญญาณให้มีกำลังสูงอีก จากนั้นสัญญาณจะออกมาเข้าที่ Driver Unit เพื่อแปลงพลังงานให้เป็นพลังงานไฟฟ้าความถี่เสียง ส่งเข้าระบบ

3.7.2 การรับสัญญาณเสียงจากระบบ โดยใช้ Microphone เป็นตัวรับสัญญาณแล้วผ่าน Pre Amplifier แสดงผลใน FFT Analyzer ในรูปของกราฟความเข้มเสียง (db) กับความถี่ (Hz)

3.7.3 การวัดสัญญาณความเข้มเสียงนั้น จะทำได้โดยเลื่อนปลายของ probe tube เข้าไปเรื่อยๆ ตามตำแหน่งแกน X โดยตรวจจับความเข้มเสียงที่มากที่สุดที่จับได้ก่อนที่จะผ่าน ท่อ branch แล้วทำการอ่านค่าที่ได้จาก FFT Analyzer แล้วทำการตรวจจับความเข้มเสียงที่มากที่สุดที่จับได้บริเวณหลังท่อ branch อ่านค่าที่ได้จาก FFT Analyzer

3.7.4. การวัดสัญญาณเสียงในระบบโดยการนำ Microphone ไปติดตั้งกับ Probe Tube

3.7.5. ความถี่ที่ใช้ในการทดลองตั้งแต่ 0 ถึง 3600 Hz

3.7.6. บันทึกการทดลองแล้วนำผลที่ได้จากการทดลองหาค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่สูงที่สุดที่ทำการวัดที่บริเวณก่อนท่อ Branch กับค่าที่สูงที่สุดที่บริเวณหลังท่อ Branch

3.7.7. การทดลองนั้น จะแยกเป็น 2 กรณีคือ ท่อแบบไม่มีความเร็วลมเข้ามาเกี่ยวข้องและแบบมีความเร็วลม โดยทำการทดลองดังนี้

1. ท่อ Nominate duct กลมต่อเข้ากับ ท่อ Side branch กลมที่มีความยาว ต่าง ๆ
2. ท่อ Nominate duct กลมต่อเข้ากับ ท่อ Side branch กลม 2 อันแบบขนานที่มีความยาว

ต่าง ๆ

3. ท่อ Nominate duct กลมต่อเข้ากับ ท่อ Side branch สี่เหลี่ยมที่มีความยาวต่าง ๆ
4. ท่อ Nominate duct สี่เหลี่ยมต่อเข้ากับ ท่อ side branch สี่เหลี่ยมที่มีความยาวต่าง ๆ
5. ท่อ Nominate duct สี่เหลี่ยมต่อเข้ากับ ท่อ side branch สี่เหลี่ยม 2 อันแบบขนานที่มีความยาวต่าง ๆ

ยาวต่าง ๆ

6. ท่อ Nominate duct สี่เหลี่ยมต่อเข้ากับ ท่อ side branch กลมที่มีความยาวต่าง ๆ

3.7.8 ค่า Transmission จากทางทฤษฎีนั้น สามารถนำค่าผลต่างที่ได้ไปหักออกจากค่าของ Davis Curve แล้วจึงนำค่าที่ได้นี้ซึ่งเป็นค่า TL ไปเขียนกราฟเปรียบเทียบกับกราฟทางทฤษฎี โดยกราฟ Davis นั้นมีลักษณะดังรูปที่ 3.15

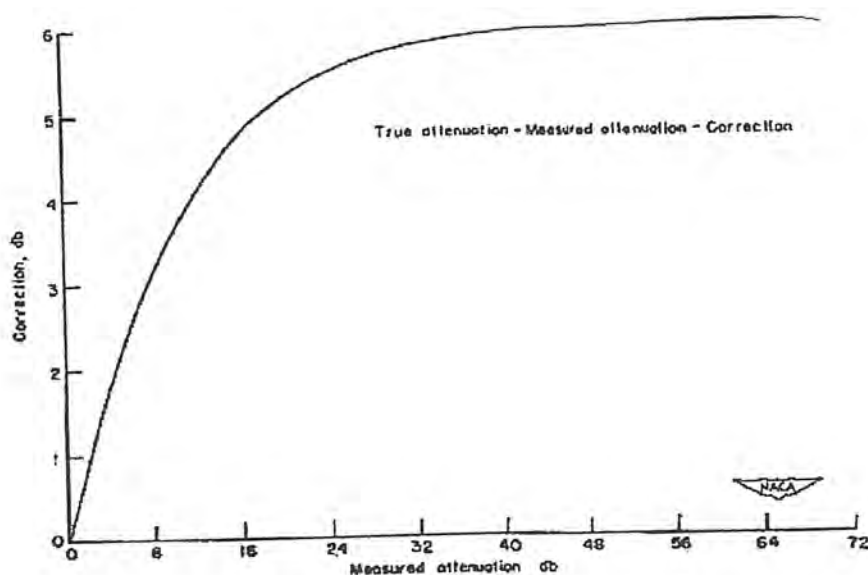


Figure 7.- Corrections to measured attenuation.

รูปที่ 3.15 Davis Curve

3.7.9. ทดลองเปรียบเทียบกับกรณีที่มีความเร็วลมด้วย โดยทำการเปิดโบลเวอร์ ทดลองกรณีที่อยู่ในท่อมีความเร็วลม 0, 5, 10, 20, 30, 40 m/s จากการวัดความเร็วลมโดย pitot tube นั้นสามารถแสดงเป็นค่าของกำลังมอเตอร์ที่ใช้ ขับ โบลเวอร์ได้ดังต่อไปนี้

ความเร็วลม	กำลังมอเตอร์โบลเวอร์ของท่อ วงกลม	กำลังมอเตอร์โบลเวอร์ของท่อสี่ เหลี่ยม
0 m/s	0 %	0 %
5 m/s	5 %	4.9 %
10 m/s	12 %	9.8 %
20 m/s	31 %	28.43 %
30 m/s	46 %	40.97 %
40 m/s	64 %	53.78 %

ตารางที่ 3.1 แสดงค่ากำลังมอเตอร์ของท่อวงกลมและสี่เหลี่ยมเปรียบเทียบกับความเร็วลม

บทที่ 4

ผลการทดลอง

กราฟผลการทดลองประกอบด้วย แกนนอนเป็นค่าความถี่ในช่วง 0 - 3600 Hz และแกนตั้งเป็นค่า Transmission Loss (TL) ที่ค่าความถี่ต่างๆ โดยเส้นกราฟเป็นส่วนที่แสดงผลตามทฤษฎีที่ความเร็วลมเท่ากับศูนย์ และจุดในกราฟเป็นผลที่ได้มาจากการทดลอง ซึ่งมีอยู่ 6 ชุด ขึ้นอยู่กับความเร็วลมที่นำเข้าไปในท่อนำเสียง โดยจะแสดงแยกตามสี

ตารางเล็กๆ ในกราฟเป็นส่วนของตัวแปรที่เปลี่ยนแปลง Side Branch ดังที่กล่าวไว้ตอนต้น โดย

m = จำนวนแถวของ Side Branch ในโครงงานนี้ ใช้ 1 และ 2 แถว

N_0 = จำนวนของตัว Side Branch ต่อแถว ในโครงงานนี้ใช้ 1 ตัว

L_b = ความยาวของ Side Branch (0.03 , 0.04 , 0.05 , 0.06 , 0.07 , 0.08 , 0.09 เมตร)

S_b = ขนาดพื้นที่หน้าตัดภายในของ Side Branch (0.001257 ตารางเมตร)

S = ขนาดพื้นที่หน้าตัดภายในของ ท่อนำเสียง (0.002124 ตารางเมตร)

F_r = ความถี่ที่มีค่า Transmission Loss สูงสุด

U = ความเร็วลมในท่อนำเสียง จะแสดงโดยการแยกตามสี

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 การนำท่อ Side Branch ชนิดกลมคู่ ($m=2$) มาต่อบนท่อนำเสียงกลม

รูปที่ 4.1 $S_b = 0.06 \text{ m}$

สามารถลดเสียงได้ดีมาก เมื่อไม่มีลมจะลดเสียงได้ดีที่สุด แต่ถ้ามีความเร็วลมในท่อมากขึ้นก็จะทำให้ความสามารถในการลดเสียงได้ลดลง

รูปที่ 4.2 $S_b = 0.07 \text{ m}$

สามารถลดเสียงได้ดี พอๆ กับ รูปที่ 4.2 และมีพฤติกรรมในลักษณะเดียวกัน เมื่อมีความเร็วลมเกิดขึ้น

รูปที่ 4.3 $S_b = 0.08 \text{ m}$

สามารถลดเสียงได้ดี พอๆ กับ รูปที่ 4.1 , 4.2 แต่จะสามารถลดเสียงได้ดีอีกความถี่หนึ่งด้วย แต่ประสิทธิภาพของช่วงความถี่หลังจะด้อยกว่าช่วงแรก

4.1.2 การนำท่อ Side Branch ชนิดเหลี่ยมคู่ ($m=2$) มาต่อบนท่อนำเสียงเหลี่ยม

รูปที่ 4.4 $S_b = 0.06 \text{ m}$

สามารถลดเสียงได้ดีพอสมควร แต่ที่นำสังเกตคือ ค่าที่ลดเสียงได้สูงสุด จะไม่อยู่ภายในเส้นโค้งที่ได้จากทฤษฎี

รูปที่ 4.5 $S_b = 0.07 \text{ m}$

สามารถลดเสียงได้ดีเช่นกัน และ ค่าที่ลดเสียงได้สูงสุด เอียงออกมาจากเส้นทางทฤษฎีเล็กน้อย

รูปที่ 4.6 $S_b = 0.08 \text{ m}$

มีลักษณะเดียวกับกับรูปที่ 4.4, 4.5 แต่จะลดเสียงได้ที่ 2 ช่วงความถี่ แต่ช่วงหลังประสิทธิภาพจะน้อยกว่าช่วงแรก

4.1.3 การนำ Side Branch ชนิดกลมเดี่ยว ($m=1$) มาต่อบนท่อนำเสียงเหลี่ยม

รูปที่ 4.7 $L_b = 0.06 \text{ m}$

สามารถลดเสียงได้ดี แต่จะดีกว่า Side Branch ชนิดกลมคู่และความเร็วลมจะมีผลต่อการลดเสียงเช่นกัน

รูปที่ 4.8 $L_b = 0.07 \text{ m}$

สามารถลดเสียงได้ดี เช่นเดียวกับ รูปที่ 4.7

รูปที่ 4.9 $L_b = 0.08 \text{ m}$

สามารถลดเสียงได้ดี และสามารถลดเสียงได้ที่ 2 ช่วงความถี่ แต่ช่วงหลังจะมีประสิทธิภาพน้อยกว่าช่วงแรก

4.1.4 การนำ Side Branch ชนิดกลมเดี่ยว ($m=1$) มาต่อบนท่อนำเสียงกลม

รูปที่ 4.10 $L_b = 0.06 \text{ m}$

สามารถลดเสียงได้ดีใกล้เคียงกับกรณี 4.1.3 และ ความเร็วลมจะมีผลต่อการลดเสียงเช่นกัน

รูปที่ 4.11 $L_b = 0.07 \text{ m}$

เช่นเดียวกับรูปที่ 4.10

รูปที่ 4.12 $L_b = 0.08 \text{ m}$

เช่นเดียวกับรูปที่ 4.10, 4.11 แต่จะสามารถลดเสียงได้อีกช่วงความถี่หนึ่งด้วย

4.1.5 การนำ Side Branch ชนิดเหลี่ยมเดี่ยว ($m=1$) มาต่อบนท่อนำเสียงเหลี่ยม

รูปที่ 4.13 $L_b = 0.06 \text{ m}$

สามารถลดเสียงได้ดีใกล้เคียงกับกรณี 4.1.3 และ 4.1.4

รูปที่ 4.14 $L_b = 0.07 \text{ m}$

เช่นเดียวกับรูปที่ 4.13

รูปที่ 4.15 $L_b = 0.08 \text{ m}$

เช่นเดียวกับรูปที่ 4.13 , 4.14 แต่จะสามารถลดเสียงได้อีกช่วงความถี่หนึ่งด้วย แต่ประสิทธิภาพจะด้อยลง

4.1.6 การนำ Side Branch ชนิดเหลี่ยมเดี่ยว ($m=1$) มาต่อบนท่อนนำเสียงกลม

รูปที่ 4.16 $L_b = 0.06 \text{ m}$

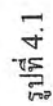
สามารถลดเสียงได้ใกล้เคียงกับกรณี 4.1.3 และ 4.1.4 , 4.1.5

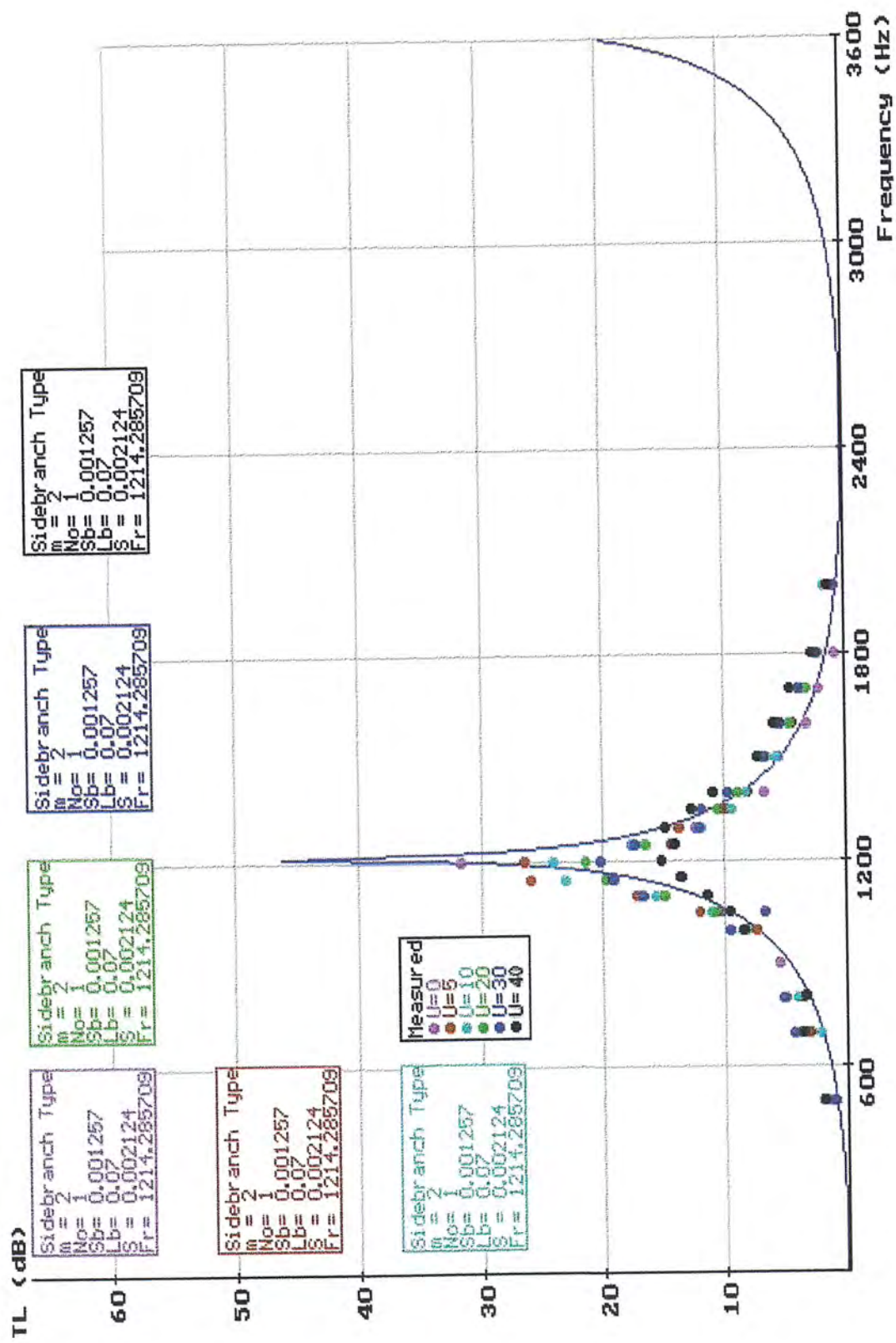
รูปที่ 4.17 $L_b = 0.07 \text{ m}$

เช่นเดียวกับรูปที่ 4.16

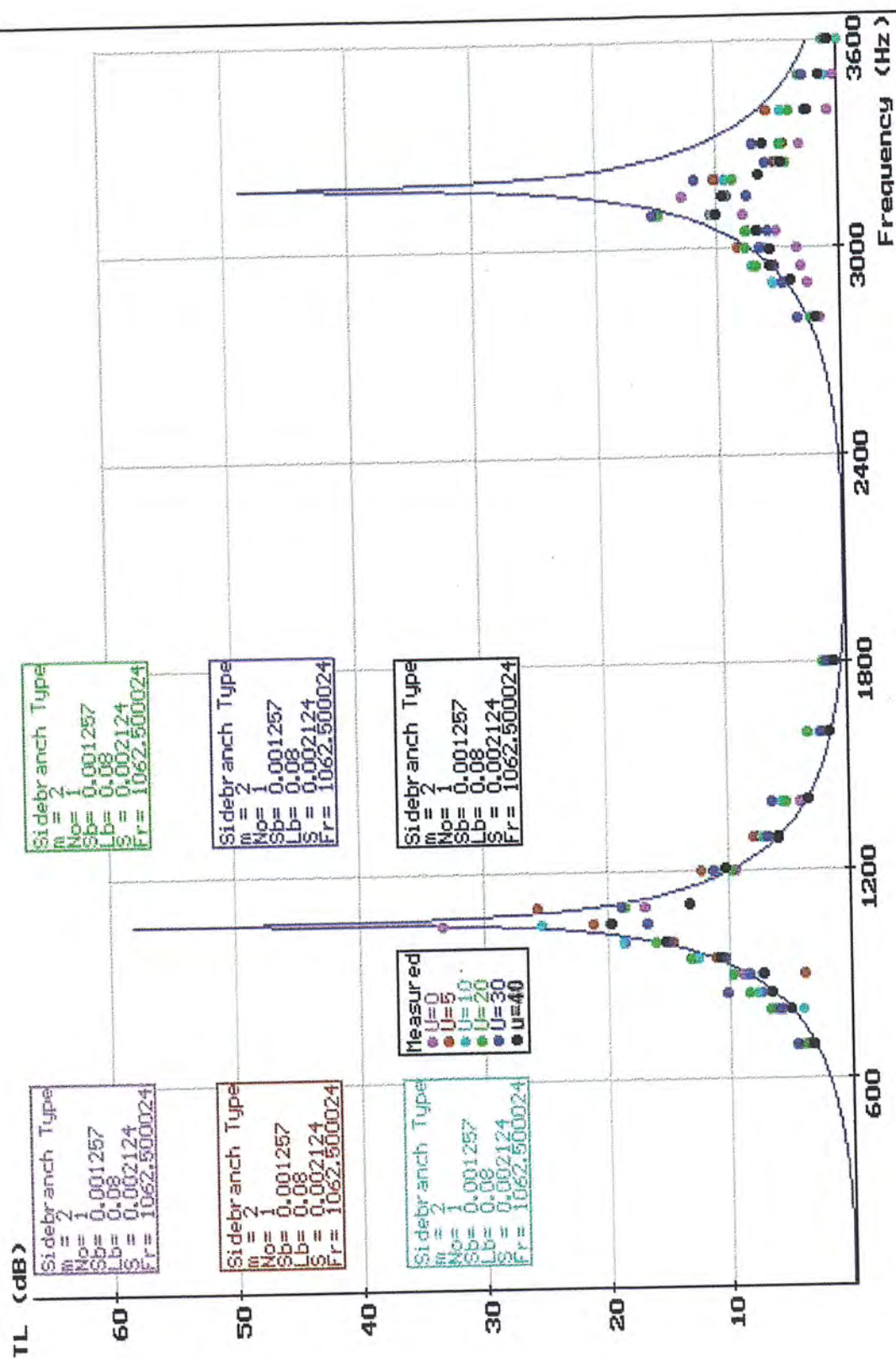
รูปที่ 4.18 $L_b = 0.08 \text{ m}$

เช่นเดียวกับรูปที่ 4.13 , 4.14 แต่จะสามารถลดเสียงได้อีกช่วงความถี่หนึ่งด้วย แต่ประสิทธิภาพจะด้อยลง

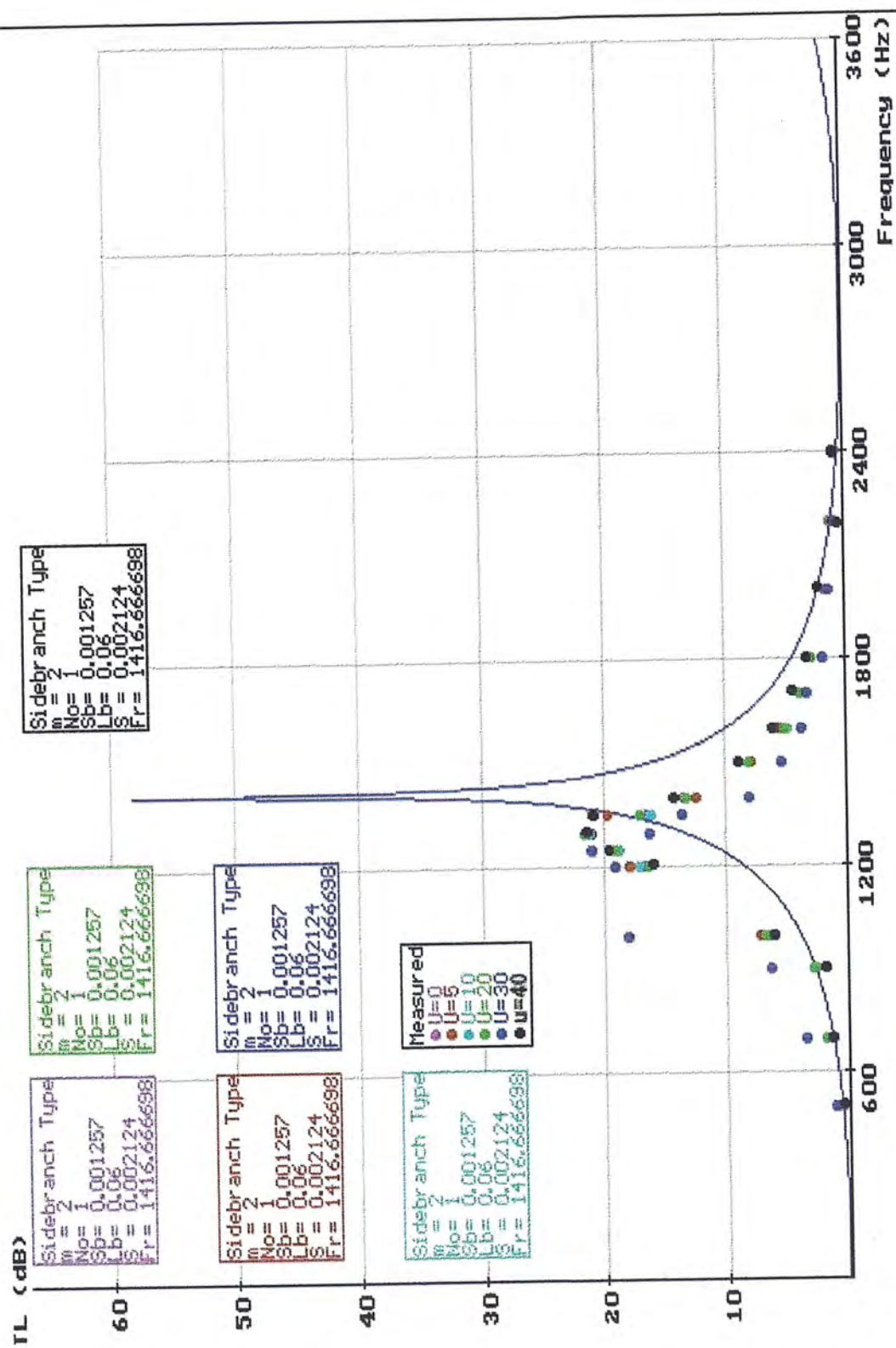




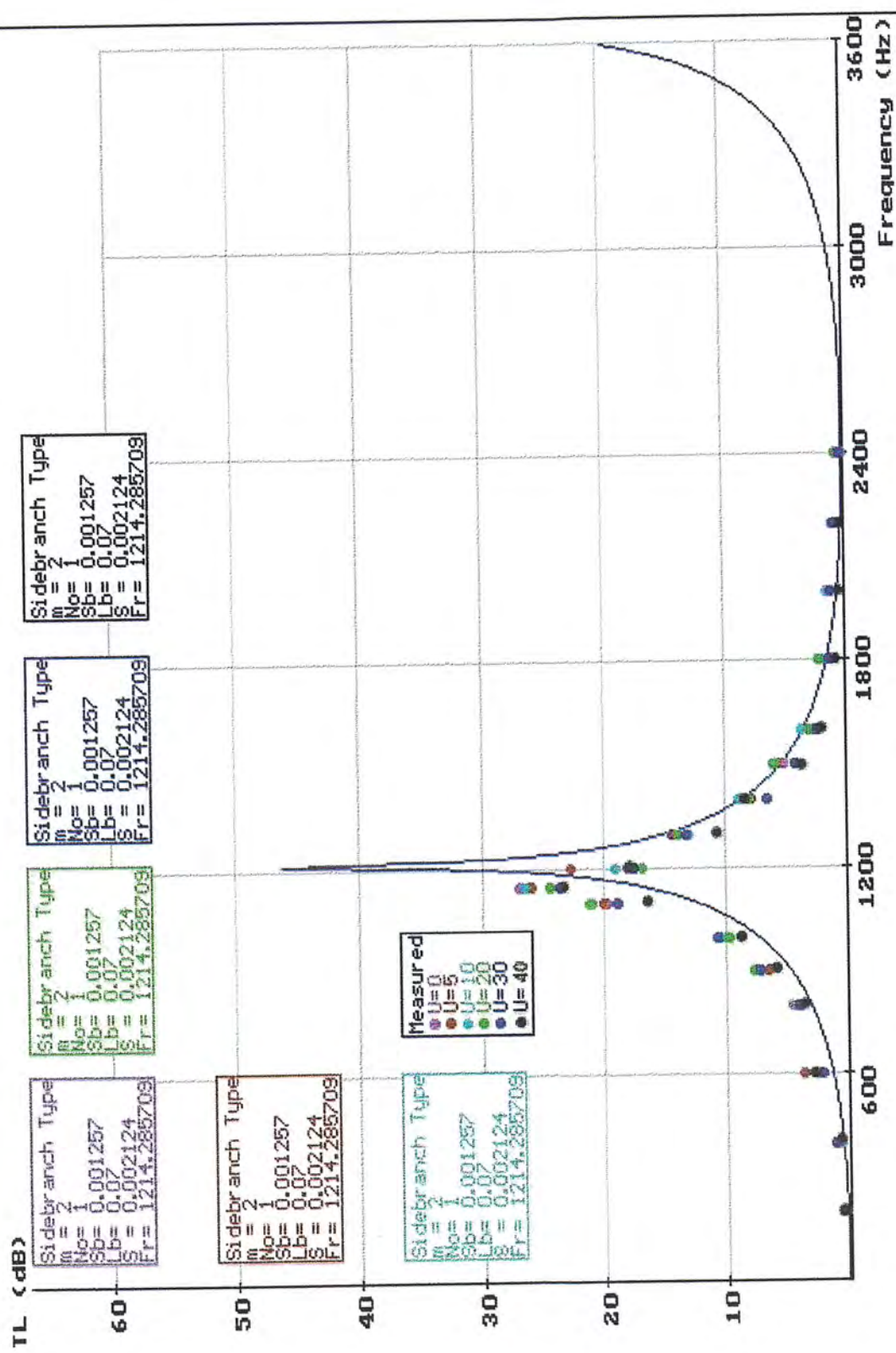
รูปที่ 4.2



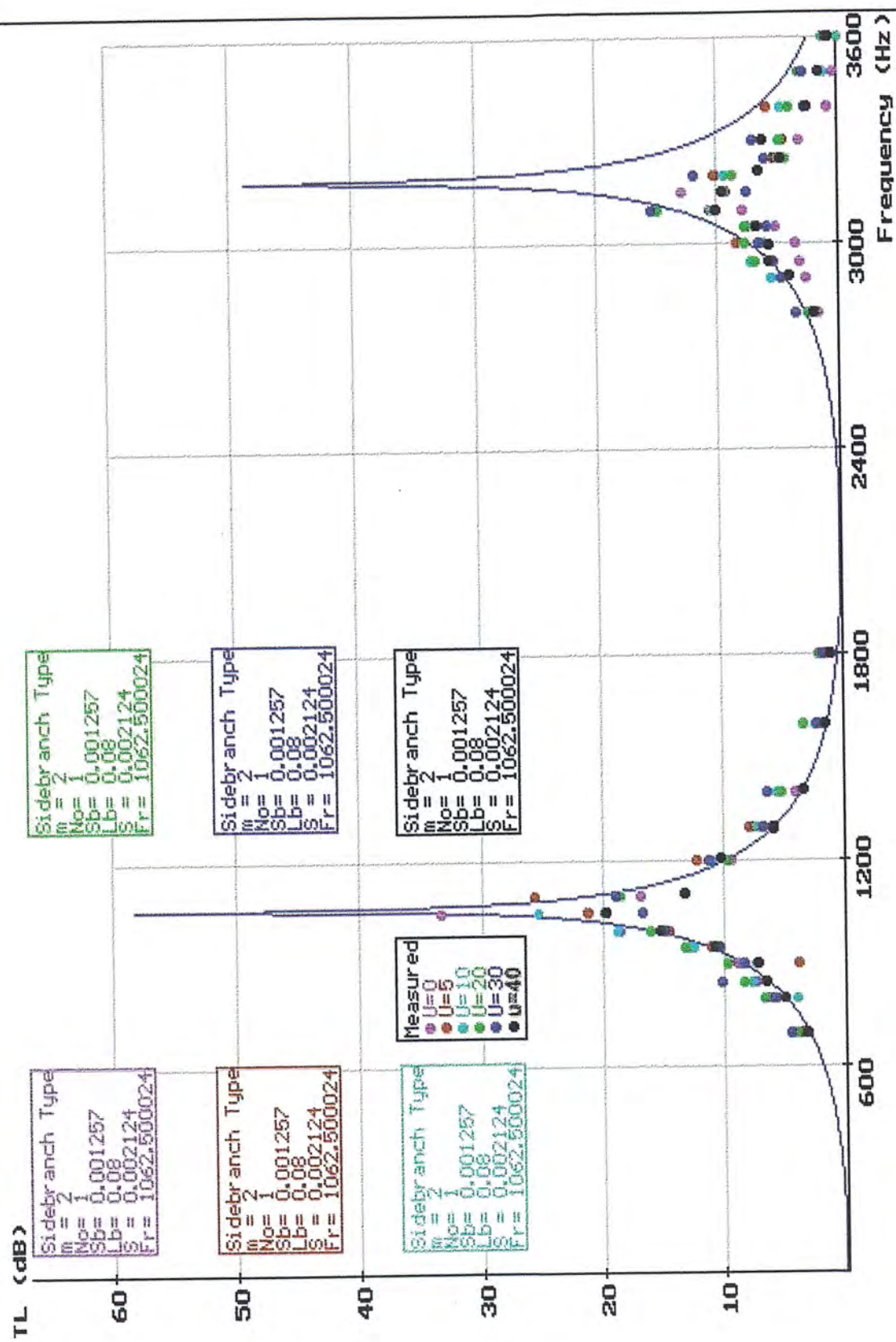
รูปที่ 4.3



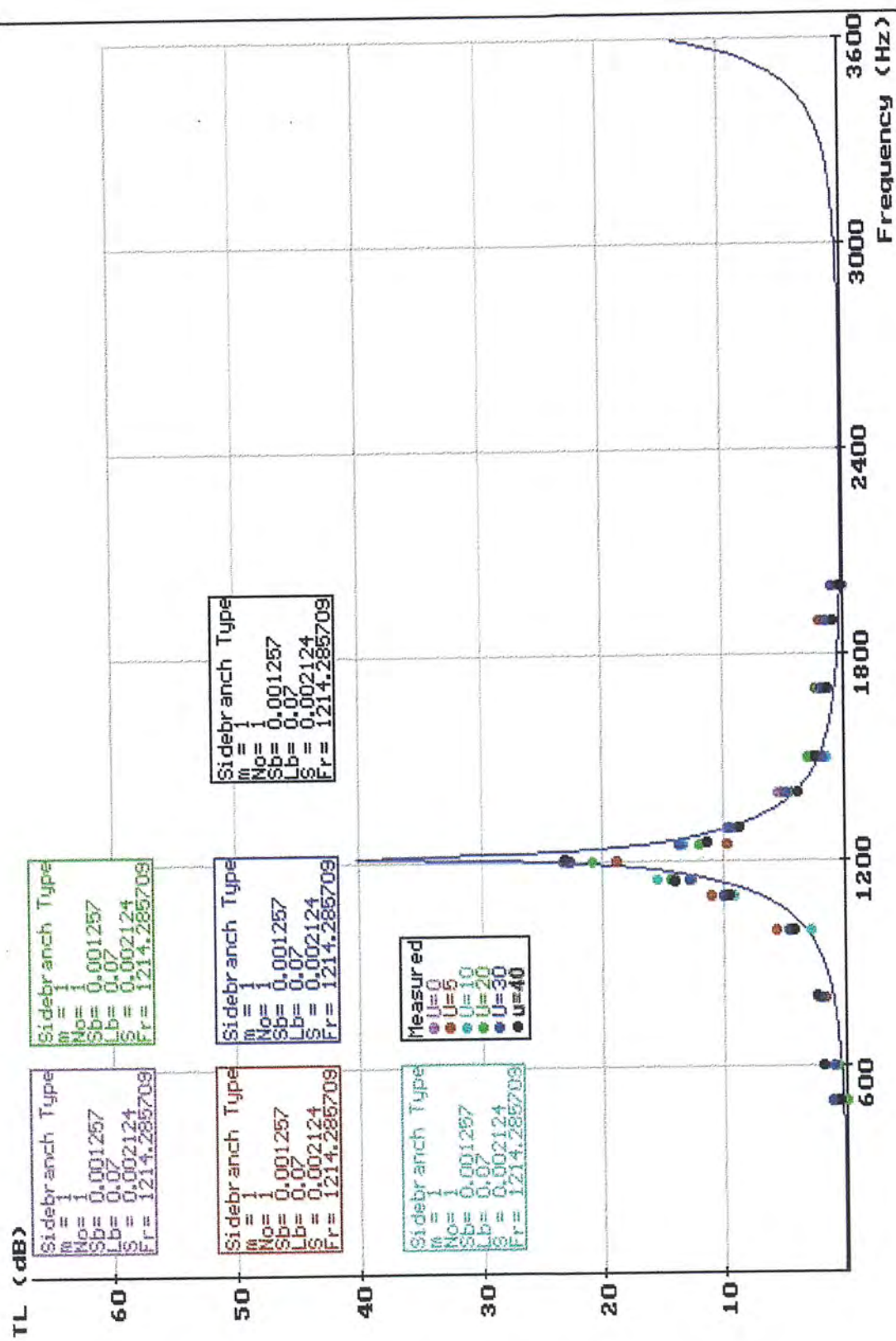
รูปที่ 4.4

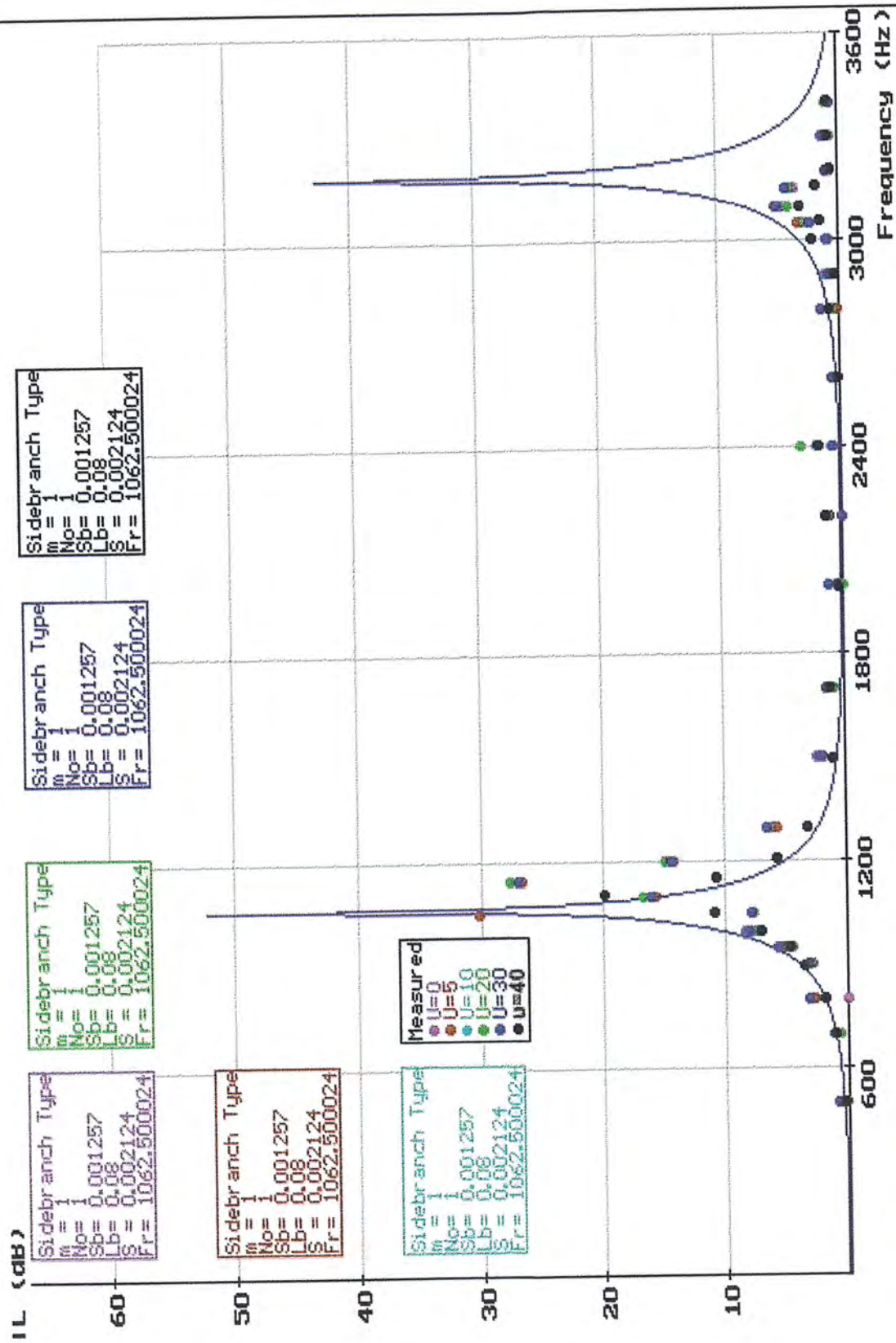


รูปที่ 4.5

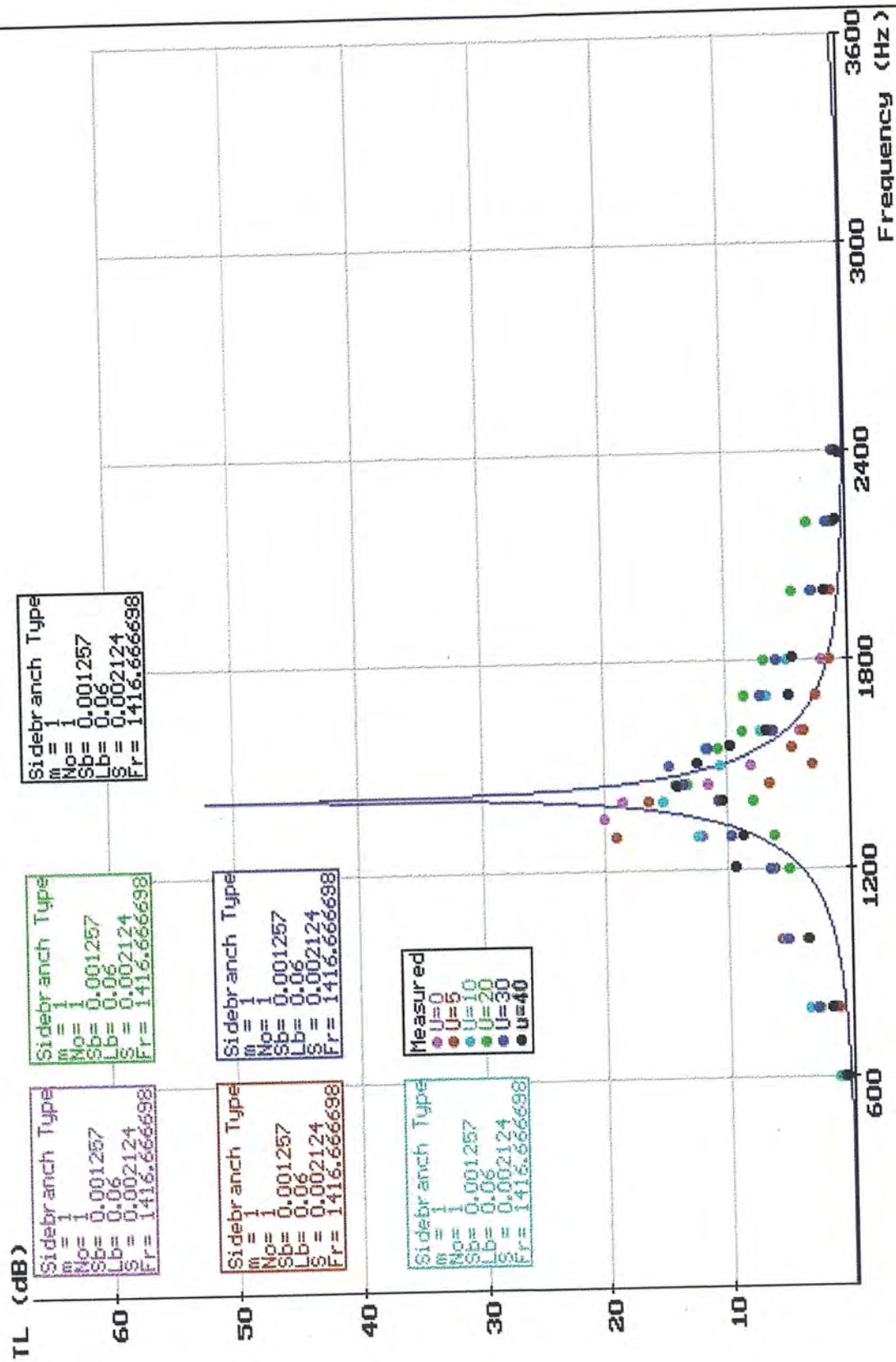


รูปที่ 4.6

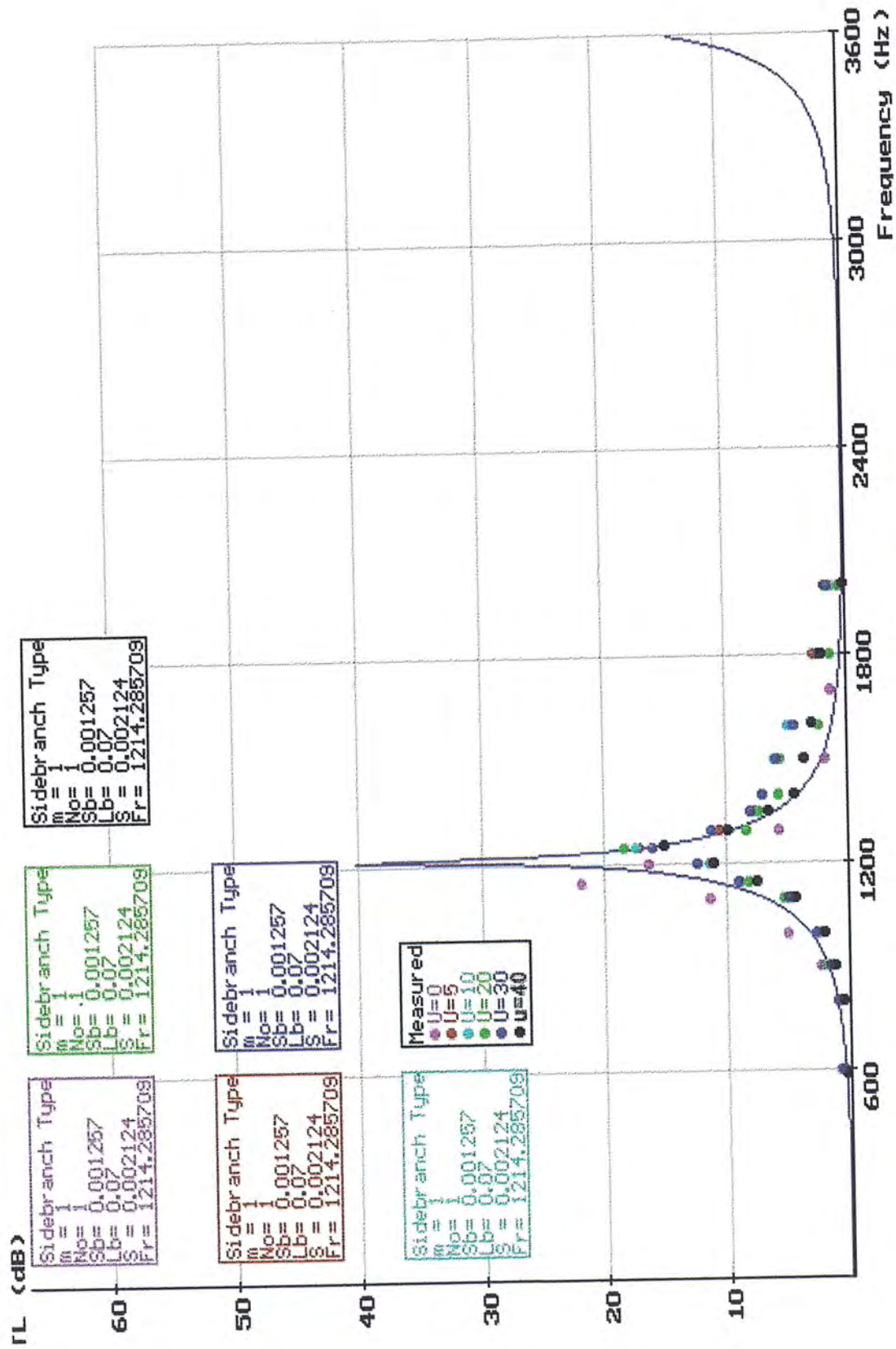




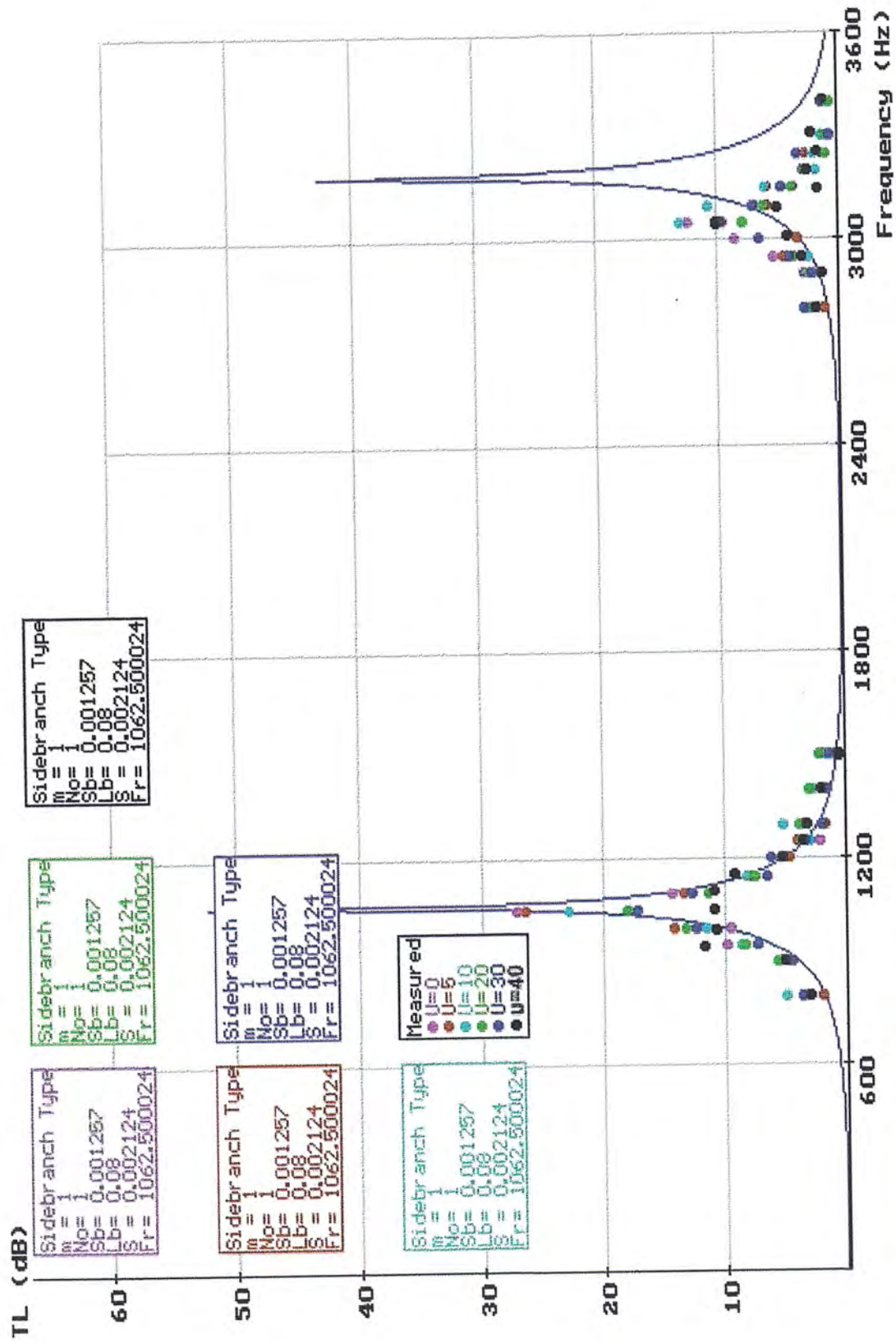
รูปที่ 4.9



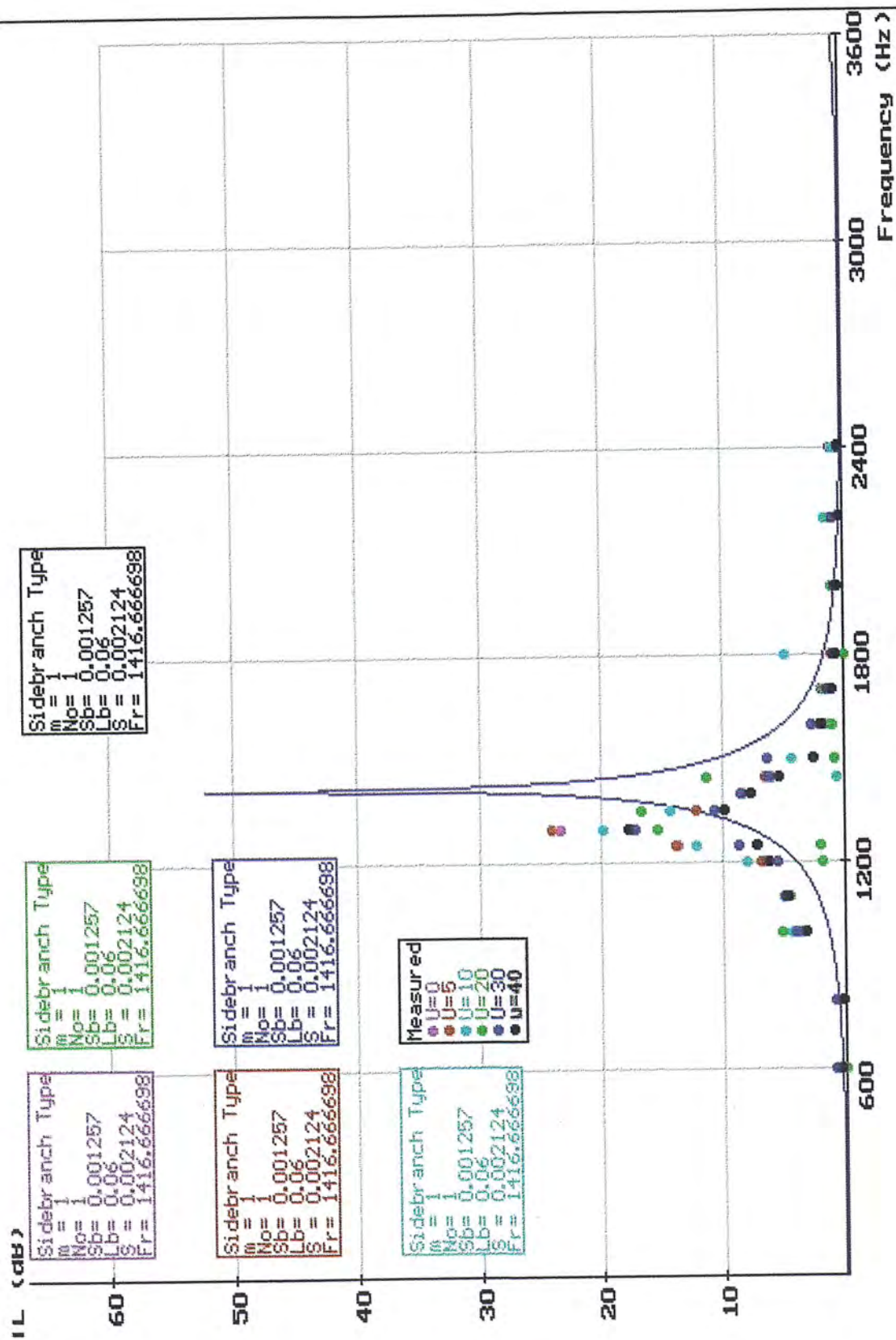
รูปที่ 4.10



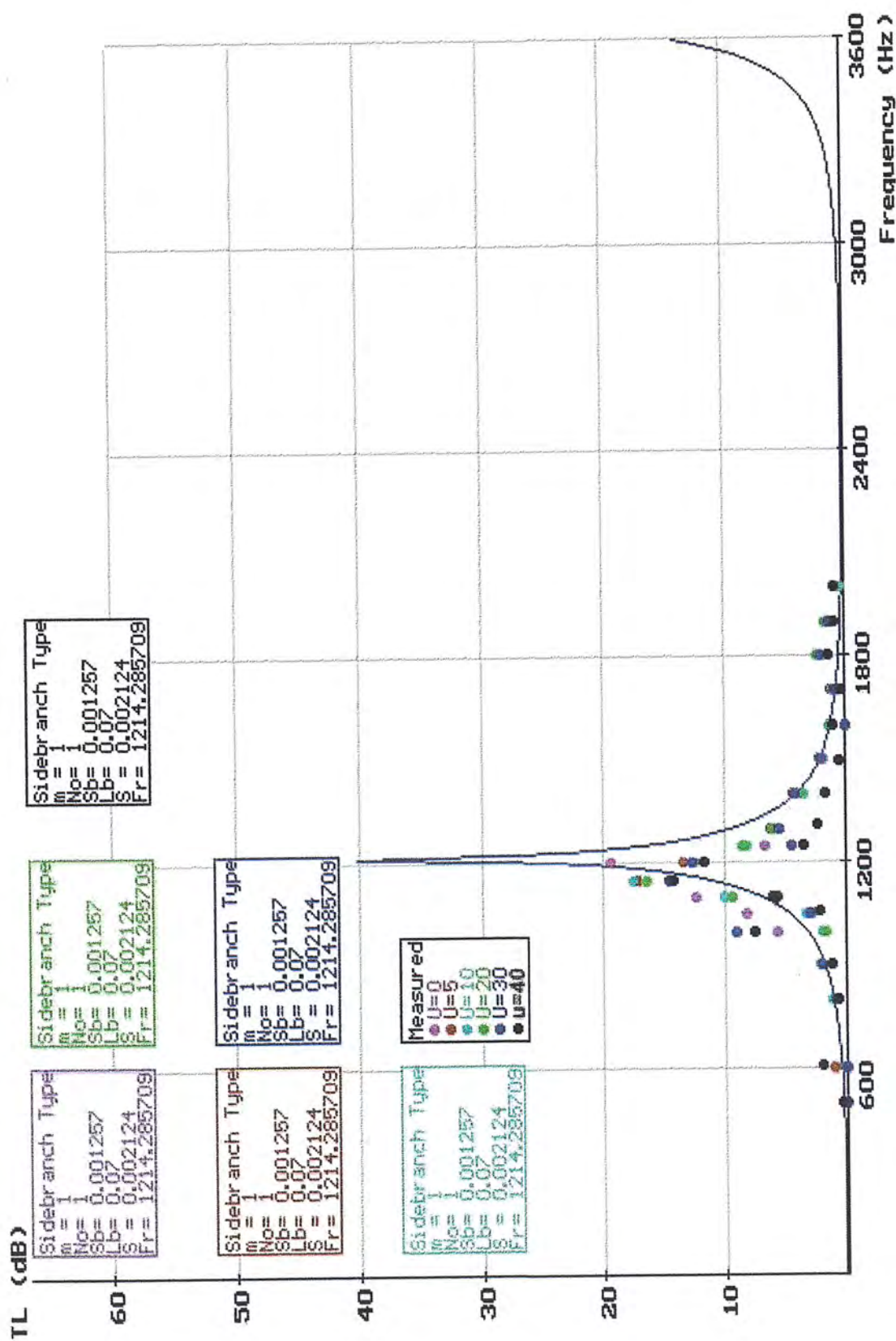
รูปที่ 4.11

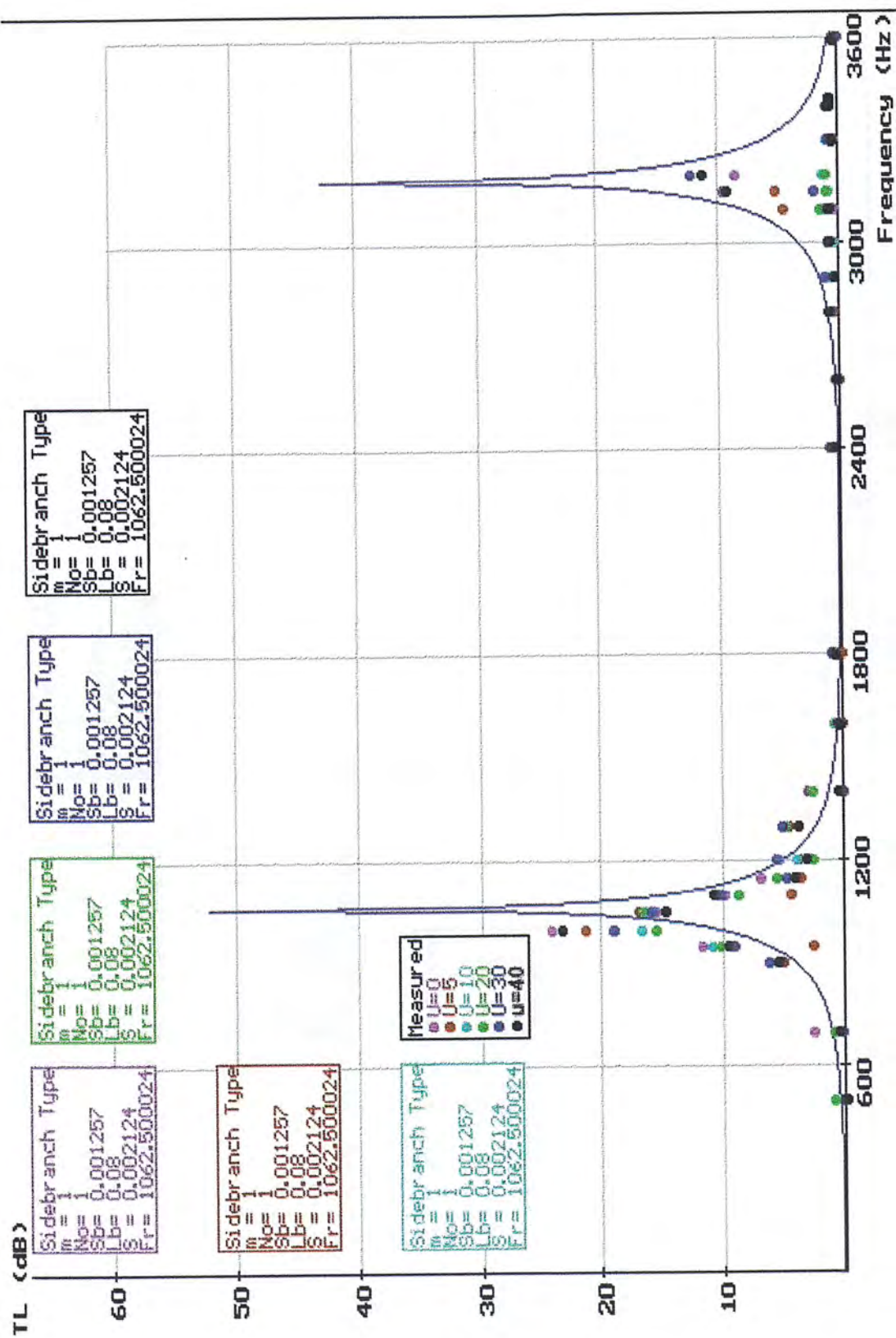


รูปที่ 4.12

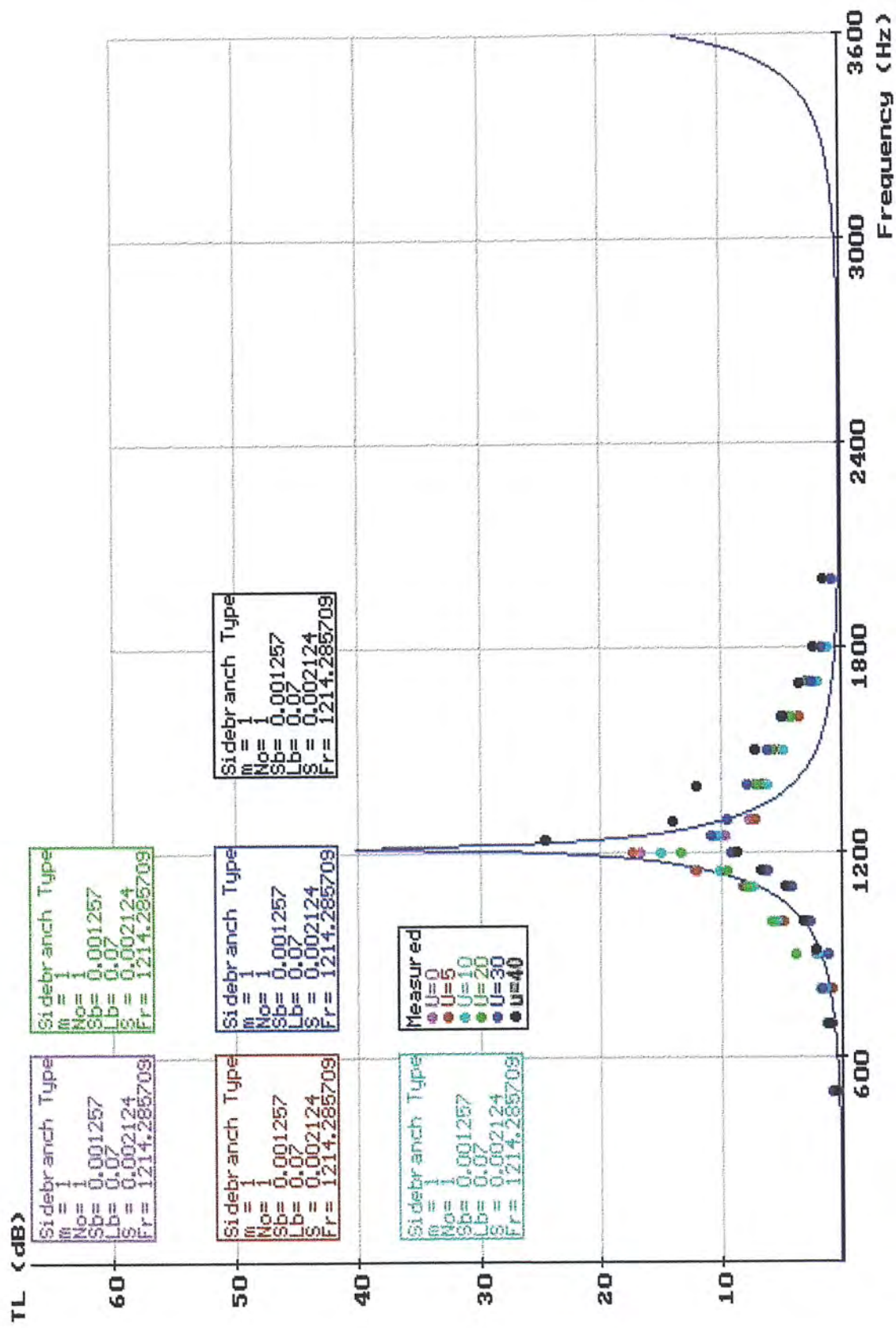


รูปที่ 4.13

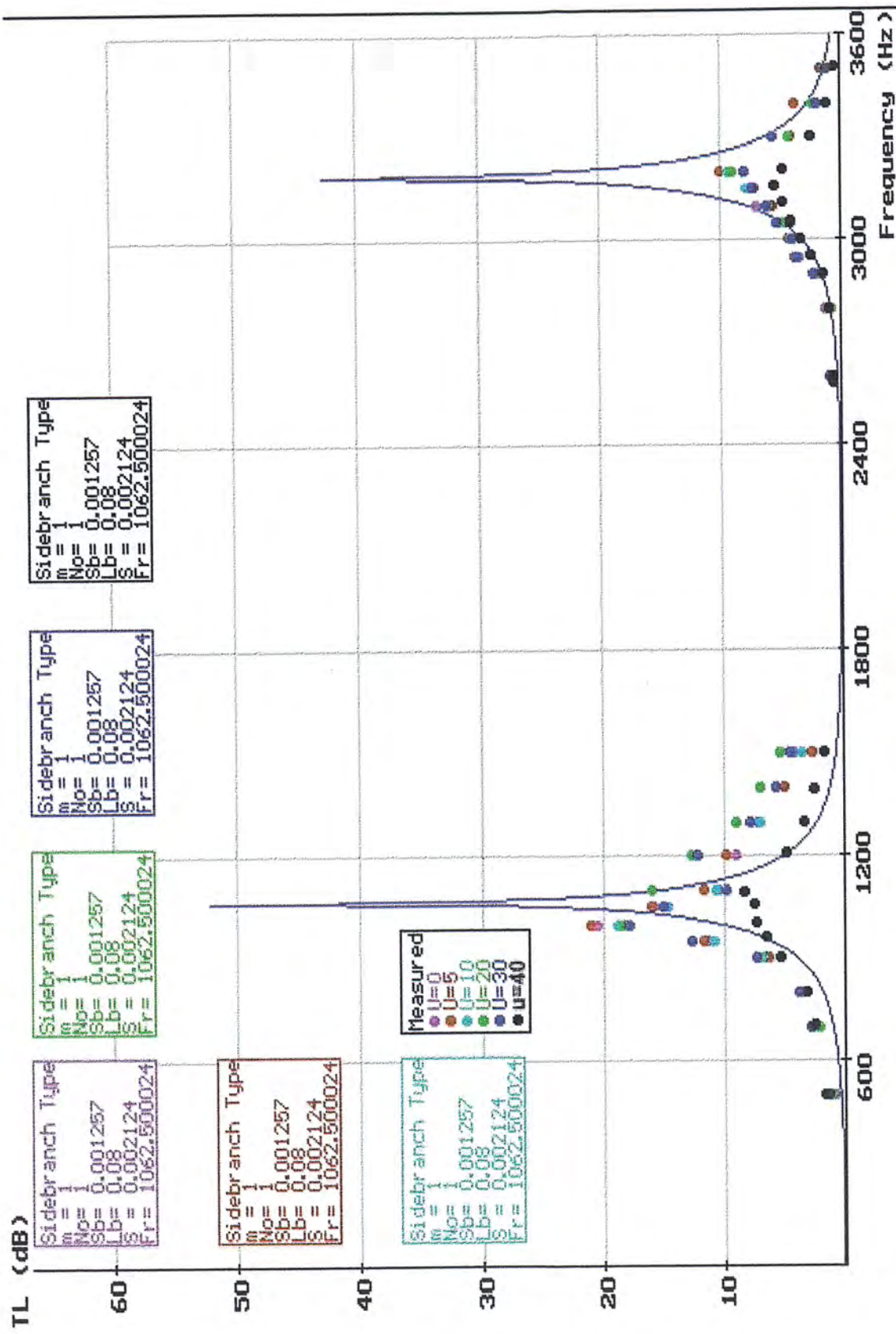




รูปที่ 4.15



รูปที่ 4.17



รูปที่ 4.18

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

- 5.1.1 ชนิดของ Side Branch และ ท่อนำเสียง ไม่มีผลต่อการลดเสียง ในย่านความถี่ที่ต่างกัน กล่าวคือไม่ว่าจะเป็นแบบวงกลมหรือสี่เหลี่ยม แต่ขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัด
 - 5.1.2 การลดเสียงจะขึ้นอยู่กับขนาดความยาวของ Side Branch
 - 5.1.3 ช่วงความยาวของ Side Branch ที่เหมาะสมสำหรับการลดเสียงจะอยู่ในช่วง 0.06 — 0.08 m
 - 5.1.4 การต่อ Side Branch แบบขนาน ($m=2$) จะลดเสียงได้ดีกว่าแบบเดี่ยว ($m=1$) ซึ่งก็หมายความว่าถ้าเพิ่มจำนวน Side branch Resonator ก็จะเพิ่มประสิทธิภาพในการลดเสียง
 - 5.1.5 ความเร็วลมจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพการลดเสียงลดลง แต่ไม่ถึงกับจะทำให้ประสิทธิภาพลดลงมาก
- ผลการทดลองอื่นๆ สามารถอ้างอิงได้จากภาคผนวก

5.2 เสนอแนะ

- 5.2.1 จากทดลอง Side Branch ชนิดเหลี่ยม จะได้ผลที่ความถี่ที่ลดเสียงได้ดีที่สุด (F_r) เบี่ยงเบนออกไปจากในทางทฤษฎีเล็กน้อย อาจเป็นเพราะวัสดุที่นำมาทำลูกสูบใน Side Branch มีความหนาแน่นไม่เพียงพอ ทำให้ประสิทธิภาพในการสะท้อนของเสียงต่อวัสดุนั้นต่ำ ทำให้การลดเสียงโดยใช้ Side Branch ผิดพลาดไปจากทฤษฎี
- 5.2.2 ในการทำการทดลองนั้นที่ความถี่ทำการทดลองที่มากกว่า 2200 Hz จะวัดความเข้มเสียงเป็น Db ได้ค่อนข้างต่ำจึงทำให้ผลต่างที่ได้ออกมาน้อย หรือแทบจะไม่ได้เลย เพราะฉะนั้นแล้วในทางทฤษฎี อุปกรณ์สามารถเก็บเสียงได้ที่ความถี่สูงกว่า 2200 Hz แต่ในทางปฏิบัติจะไม่ค่อยให้ประสิทธิภาพตามทฤษฎี
- 5.2.3 ในการเปิดลมที่ความเร็วสูง 40 m/s นั้น เสียงของมอเตอร์และ โบลเวอร์ ค่อนข้างที่จะเข้าไปรบกวนเสียงที่ได้เข้าไปเป็นอย่างมาก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการสนับสนุนค่าใช้จ่ายดำเนินการทดลอง รวมถึงให้ความอนุเคราะห์ด้านเครื่องมือ และสถานที่ทำการวิจัย และขอขอบคุณอาจารย์พงษ์ศักดิ์ คำมูล สำหรับคำแนะนำในการทำการวิจัย นายนิรุทธิ์ ร่วมกระโทก สำหรับคำแนะนำและช่วยเหลือในการทำอุปกรณ์ทดลอง

_____ ผู้จัดทำ
(นางสาวเสาวคนธ์ ทิพย์โอสถ)

_____ ผู้จัดทำ
(นายอริคม จุลละสร)

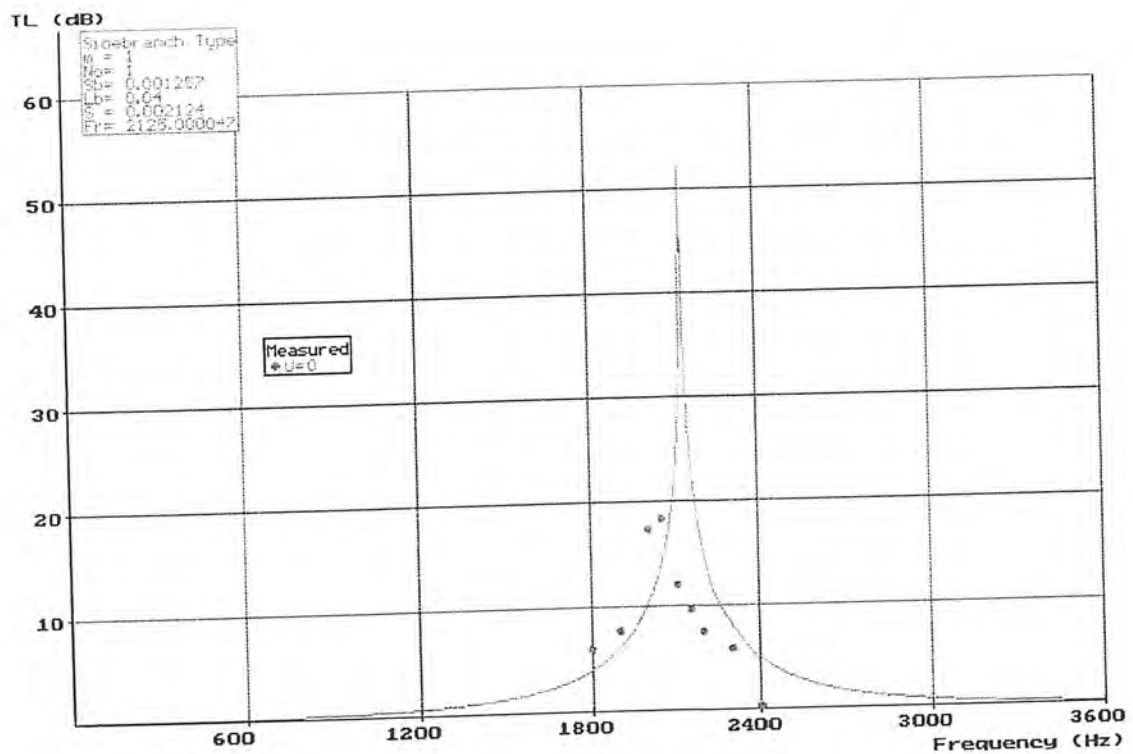
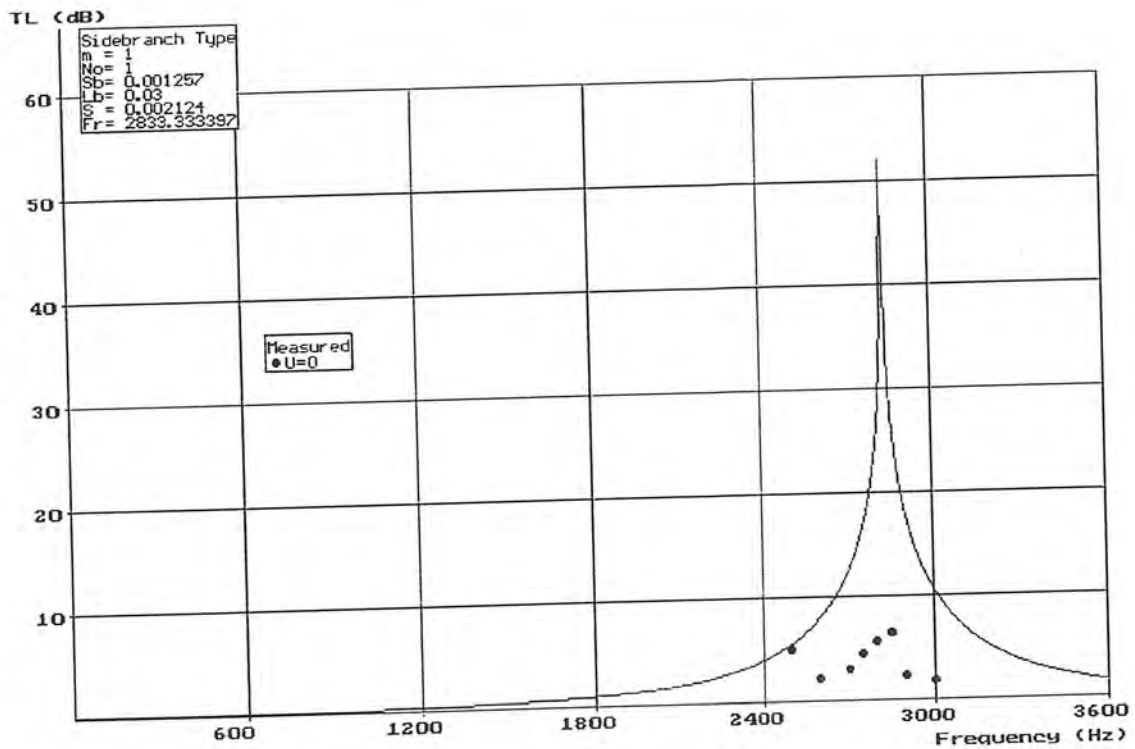
_____ ผู้จัดทำ
(นายอนุรักษ์ ผ่านภูวงษ์)

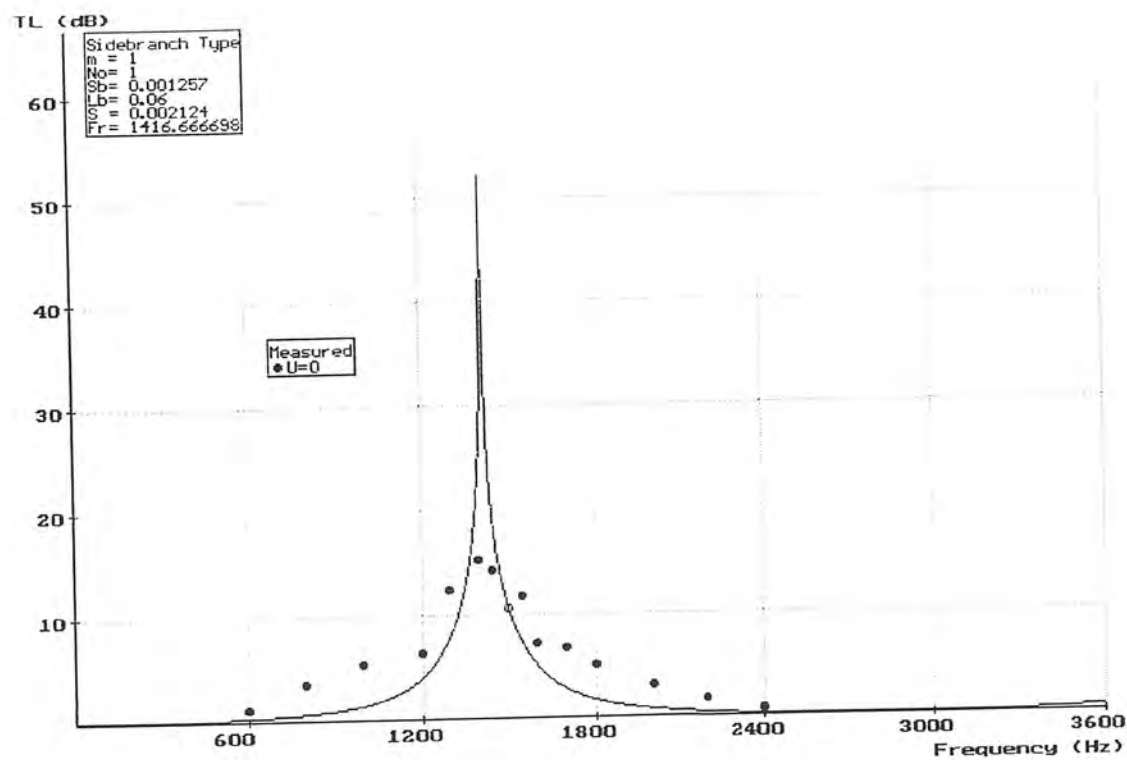
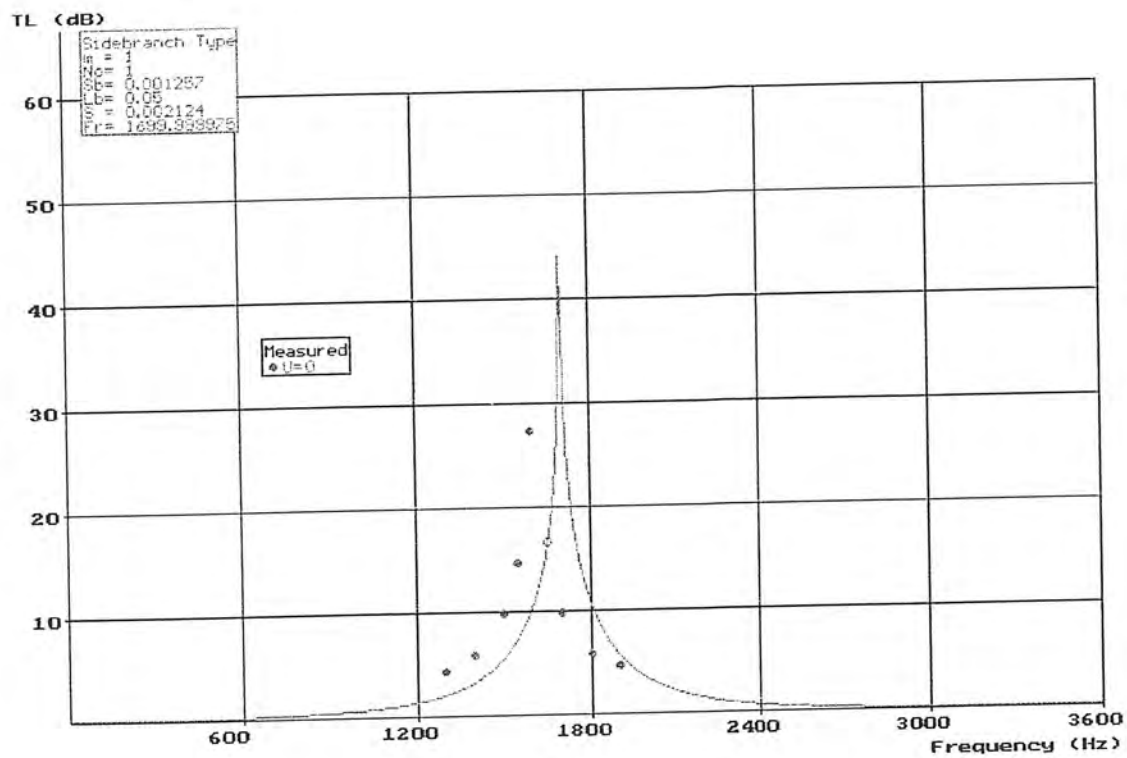
บรรณานุกรม

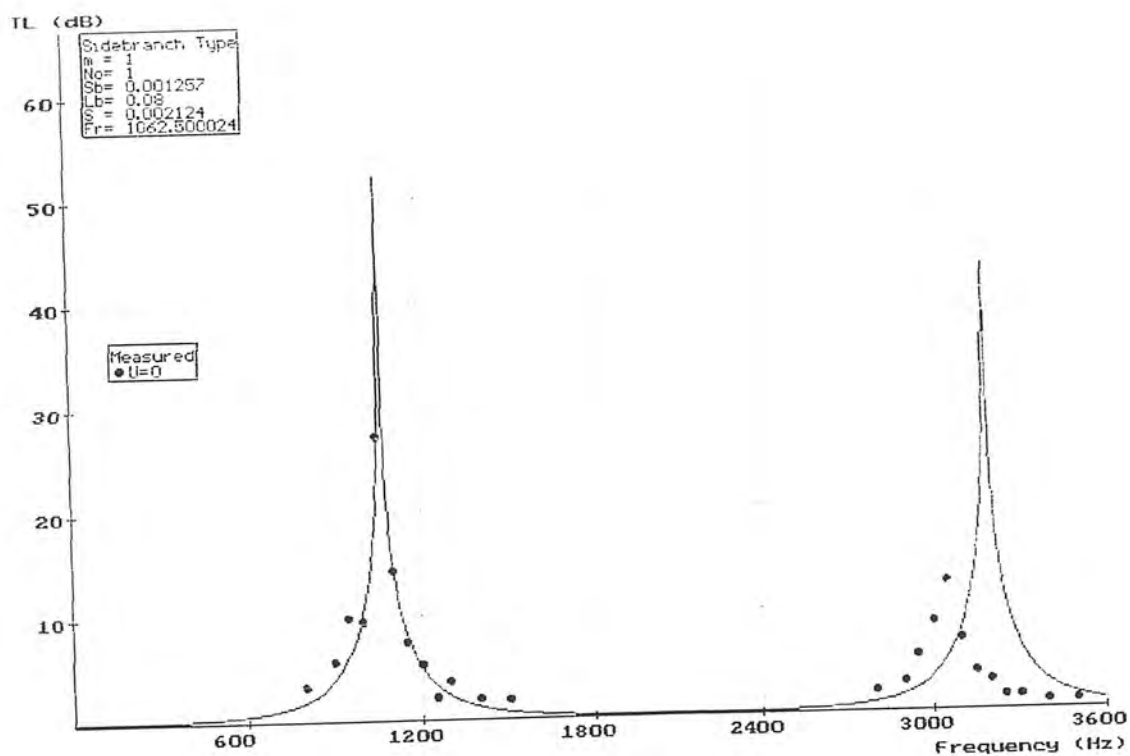
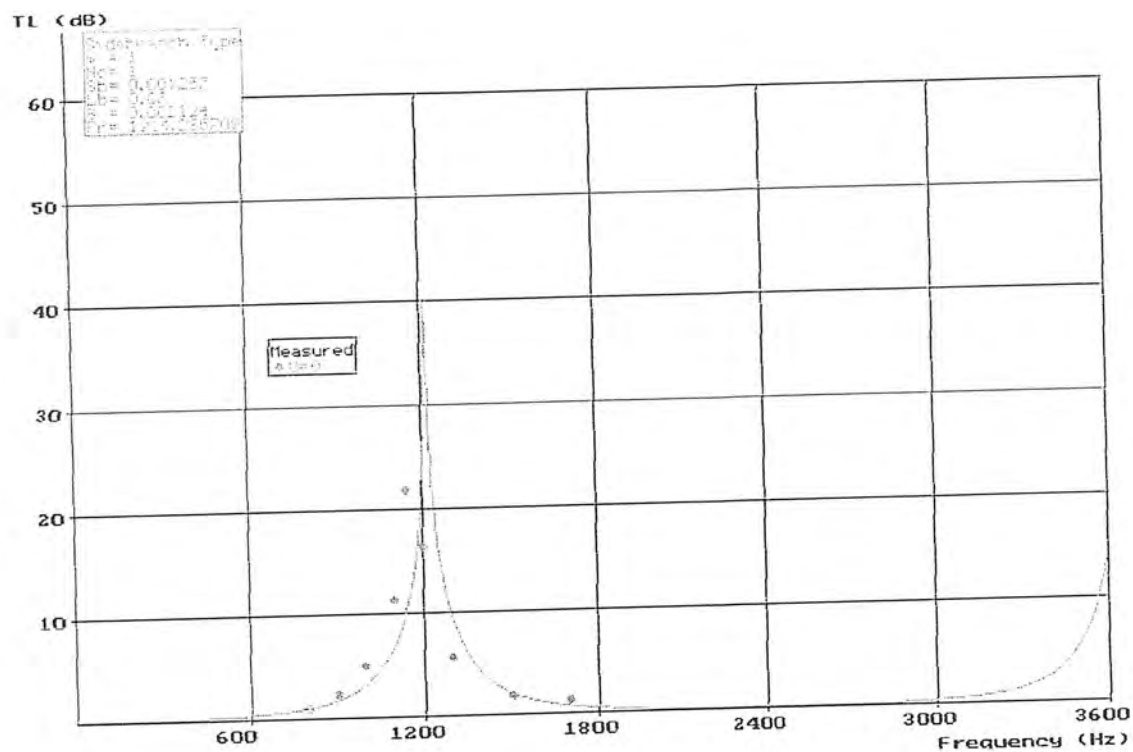
- (1) เอกสารการทำงานวิจัย Acoustical Performance of Side Branch Type Resonator at High Frequency โดย Mr. Boonchai Silapakijwongkul, Mr. Akradech Sindhuphak, Mr. Shuntaro Murakami, Mr. Minoru Meada and Mr. Sunni Hagi
- (2) Robert Resnick , David Halliday and Kenneth S. Krane , “ Physics, “ Volume 1 , John Wiley & Sons Inc , New York , 1992
- (3) Lawrence E. Kinsler , Austin R. Frey , “ Fundamental of Acoustics , “ Second Edition , John Wiley & Sons Inc , New York , 1962
- (4) R.D. Ford , “ Introduction to Acoustics, “ ELSEVIER Publishing Company Limited , New York , 1970

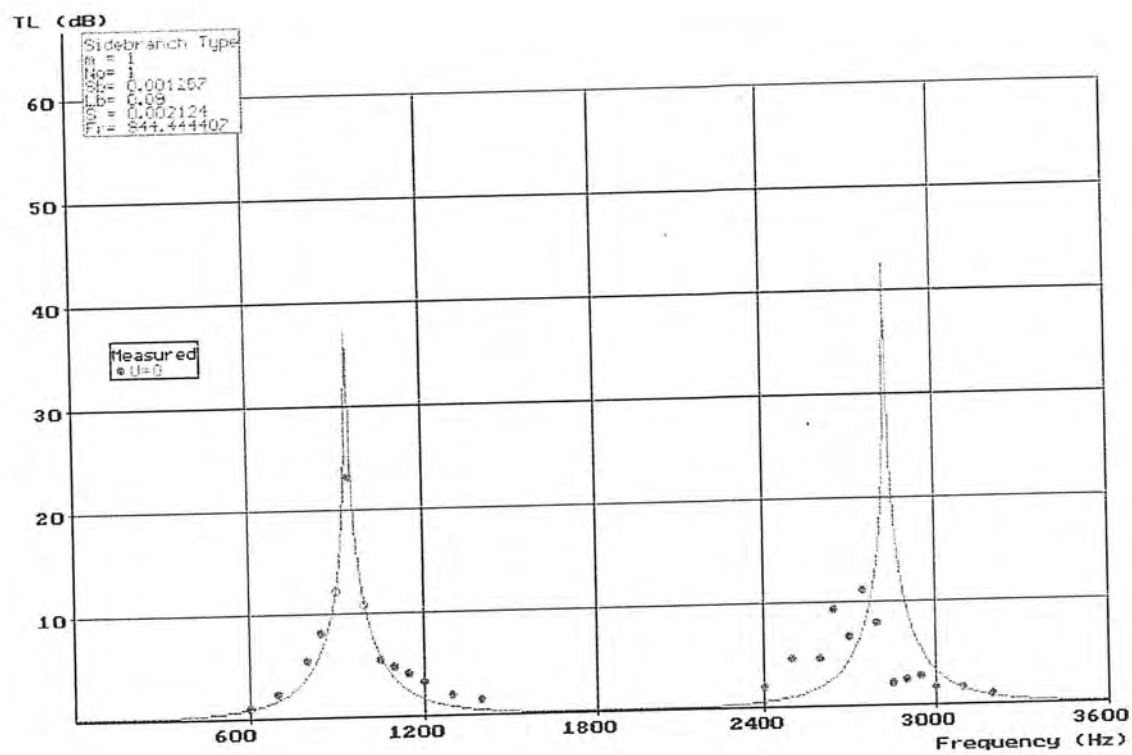
ภาคผนวก

ก. ผลของท่อ Side Branch วงกลมที่ต่ออนุกรมเข้ากับท่อนำเสียงวงกลมโดยไม่คิดความเร็วลมที่
ระยะความสูง 3,4,5,6,7,8,9 เซนติเมตร เทียบกับทางทฤษฎี

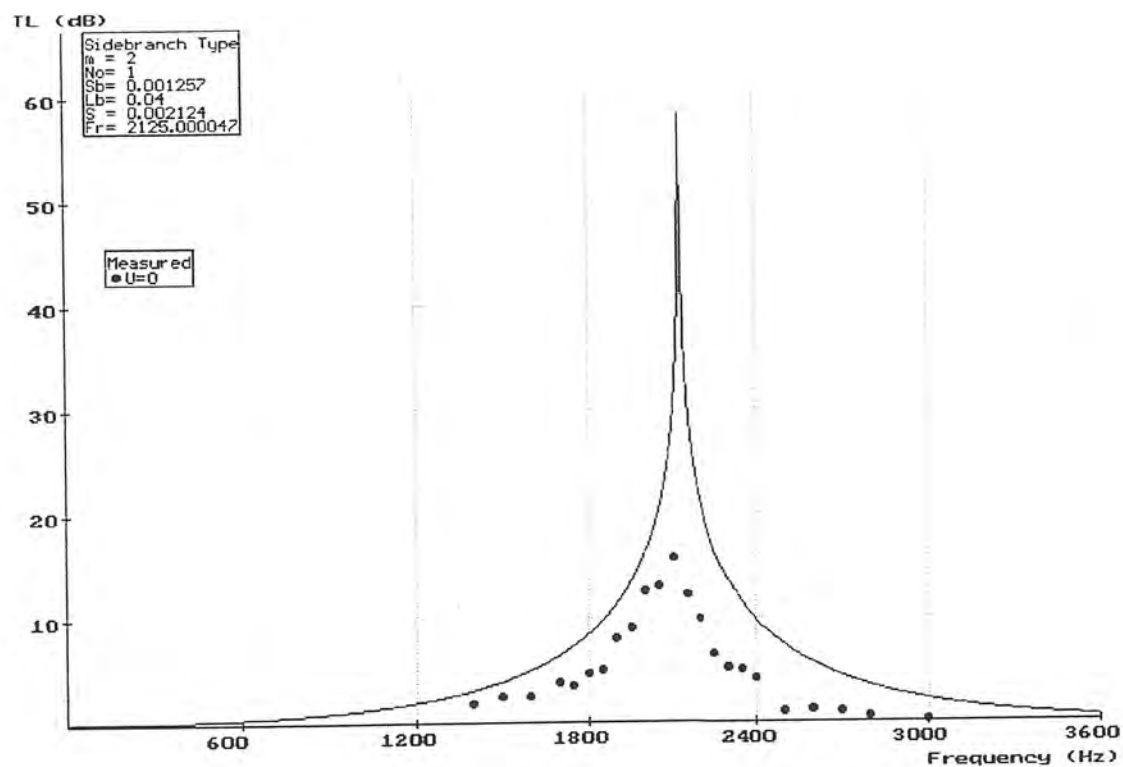
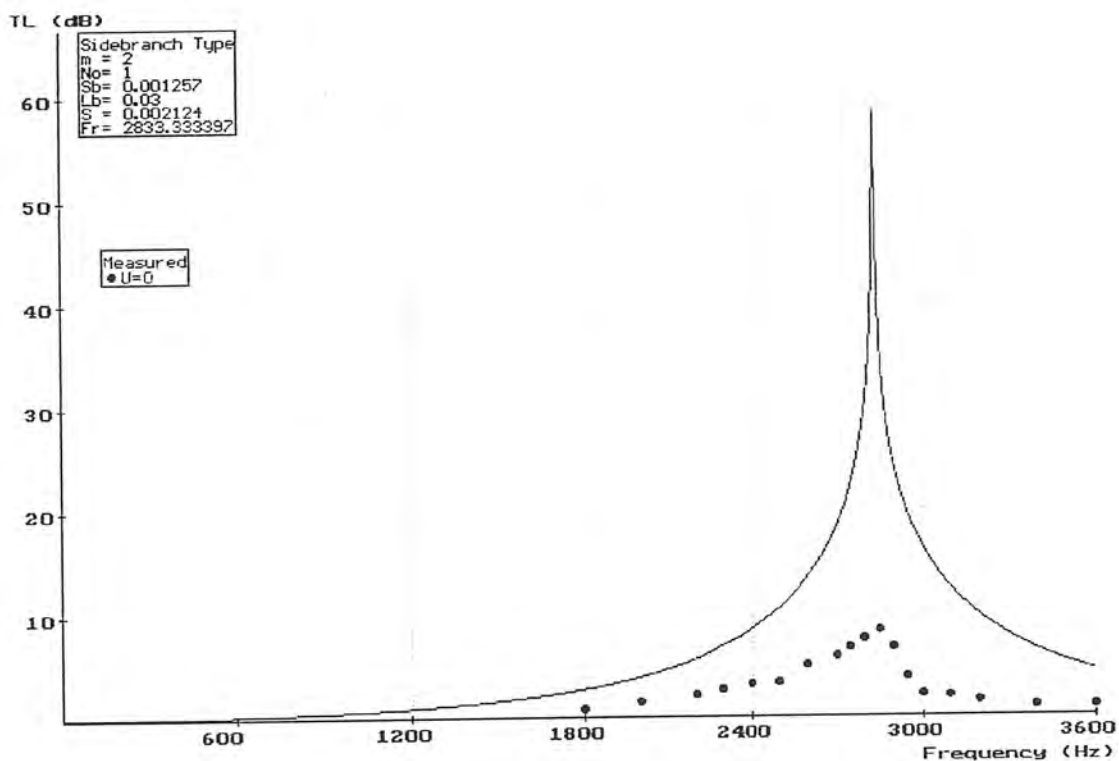


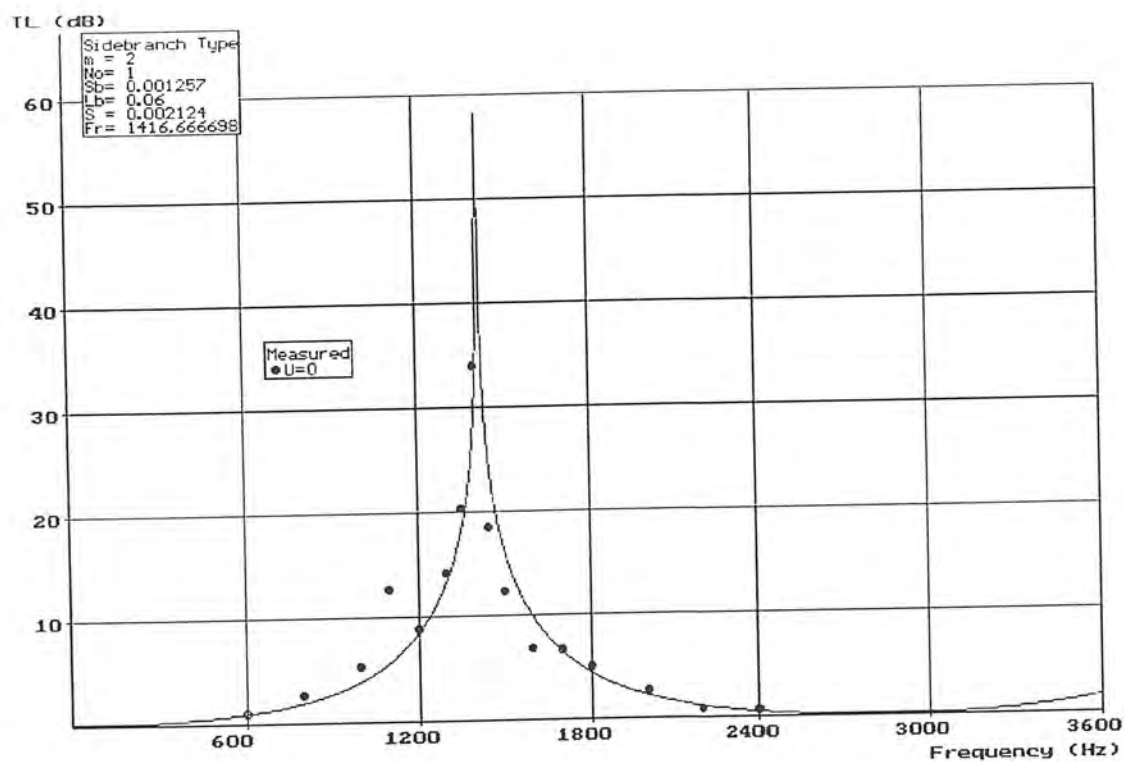
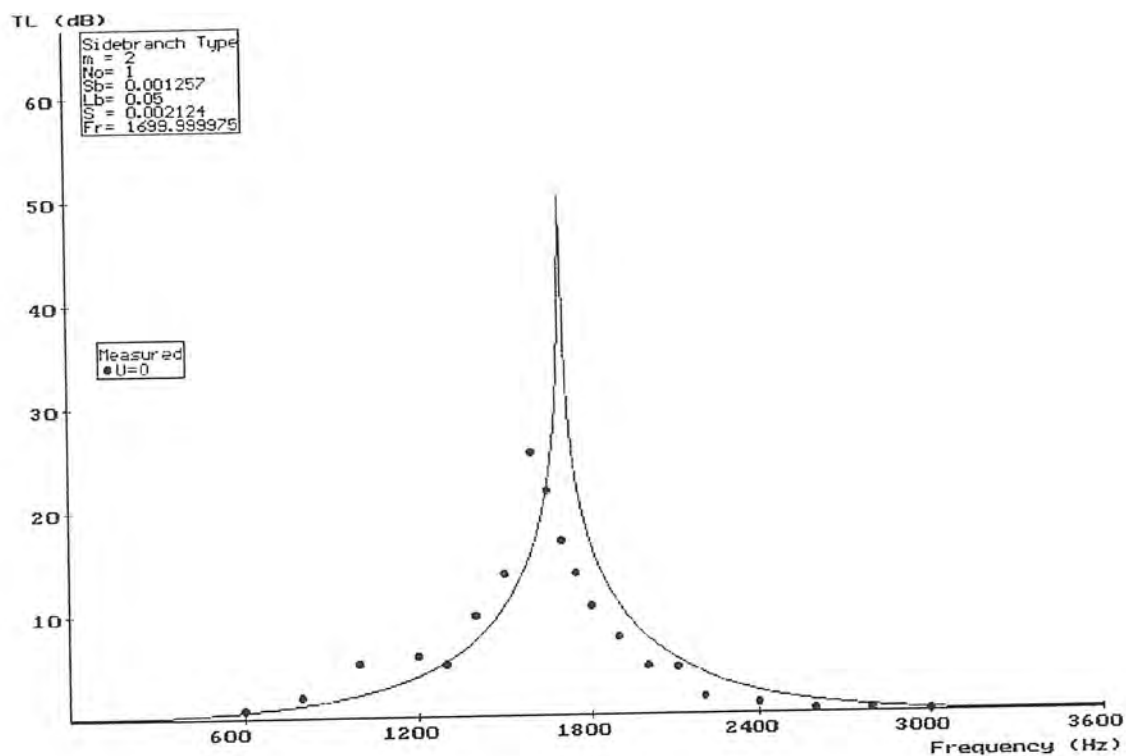


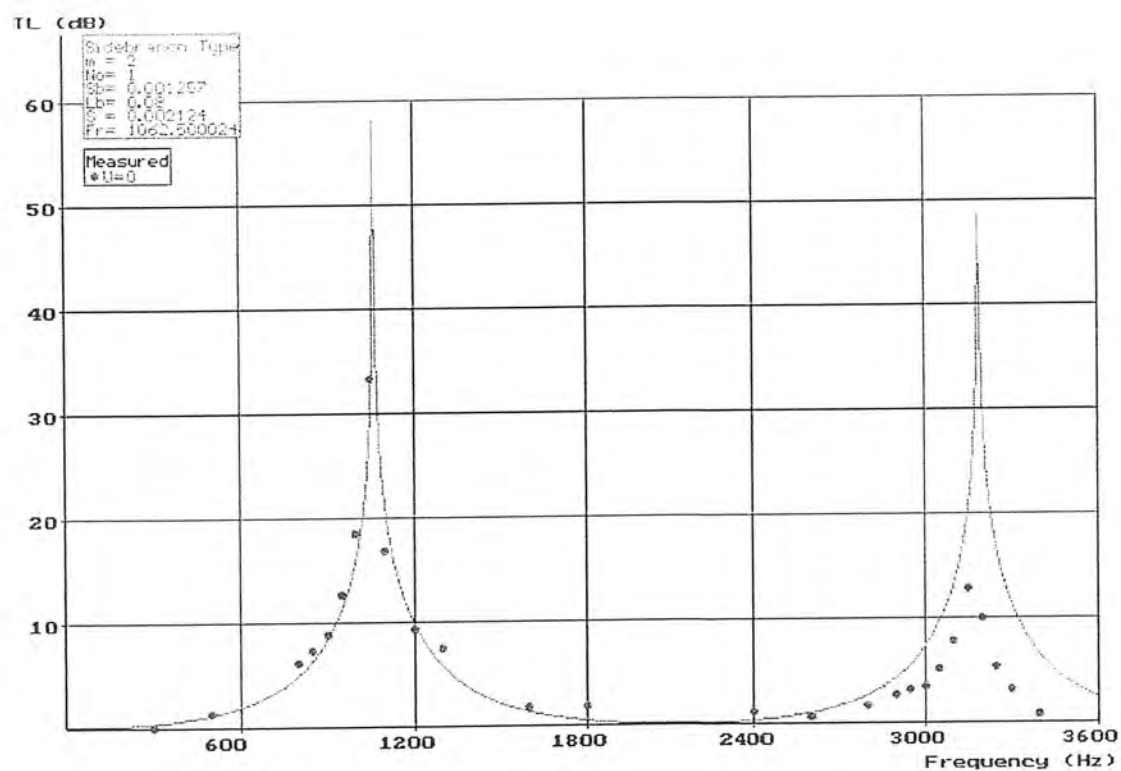
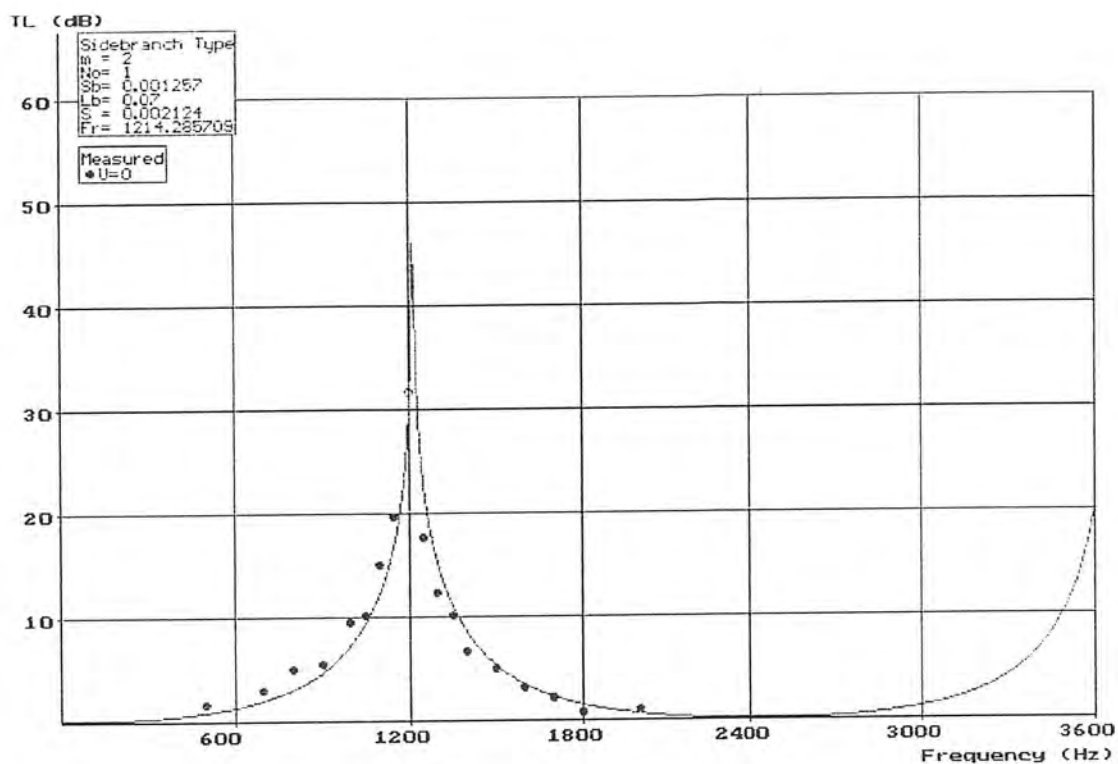


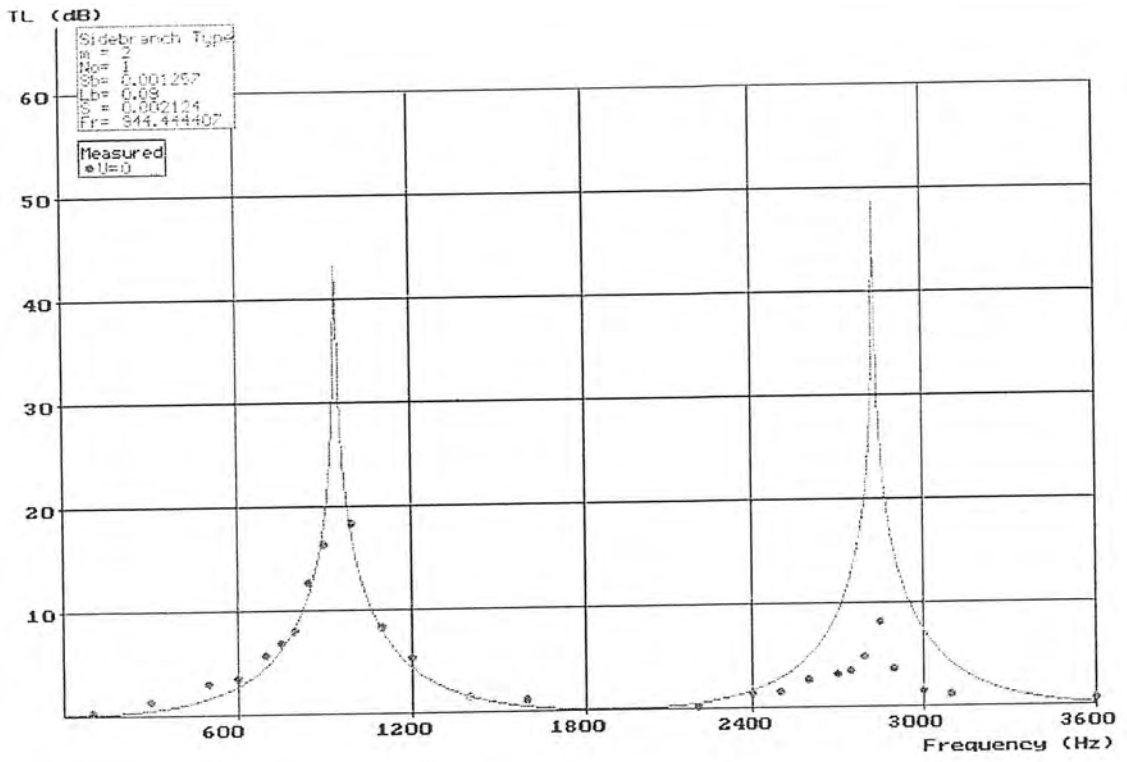


ข. ผลของท่อ Side Branch วงกลมที่ต่อขนานเข้ากับท่อนำเสียงวงกลมโดยไม่คิดความเร็วลมที่
ระยะความสูง 3,4,5,6,7,8,9 เซนติเมตร เทียบกับทางทฤษฎี

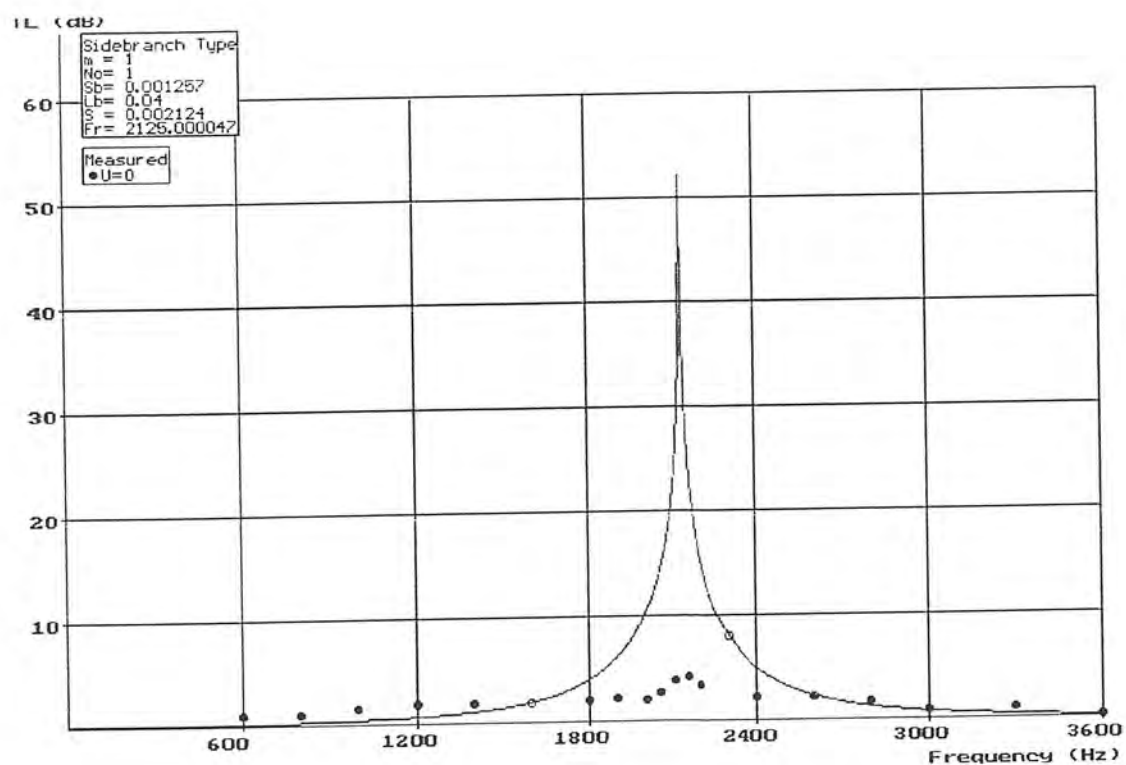
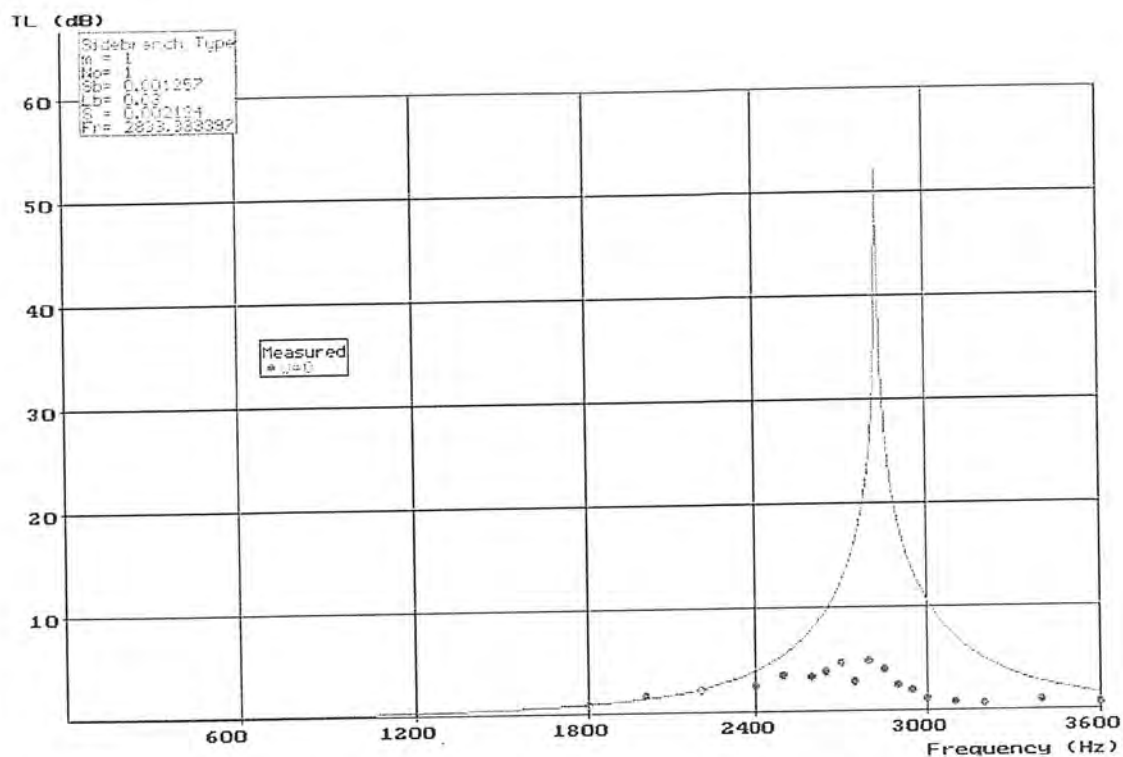


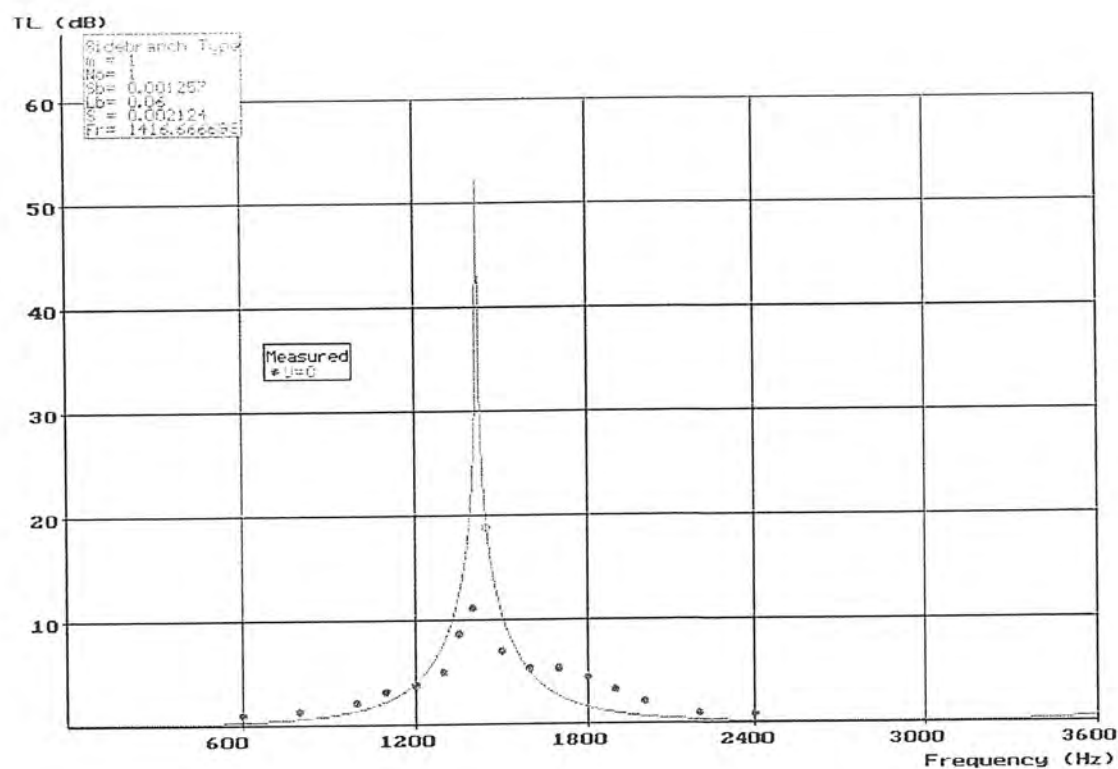
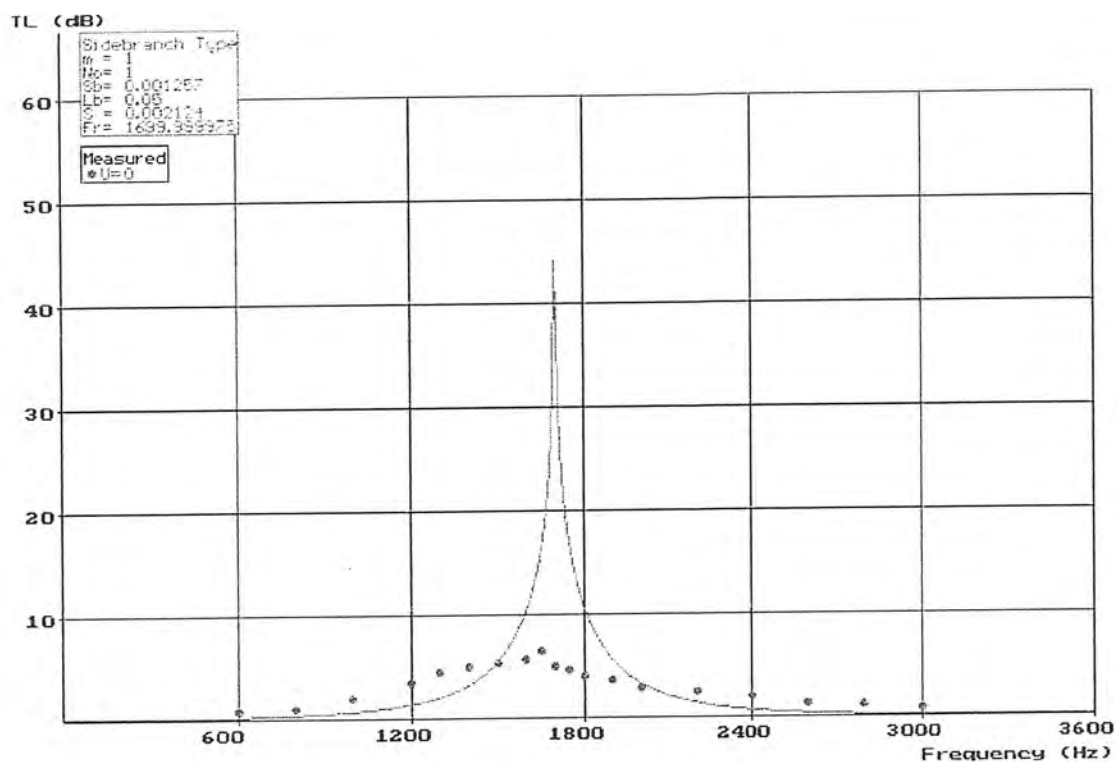


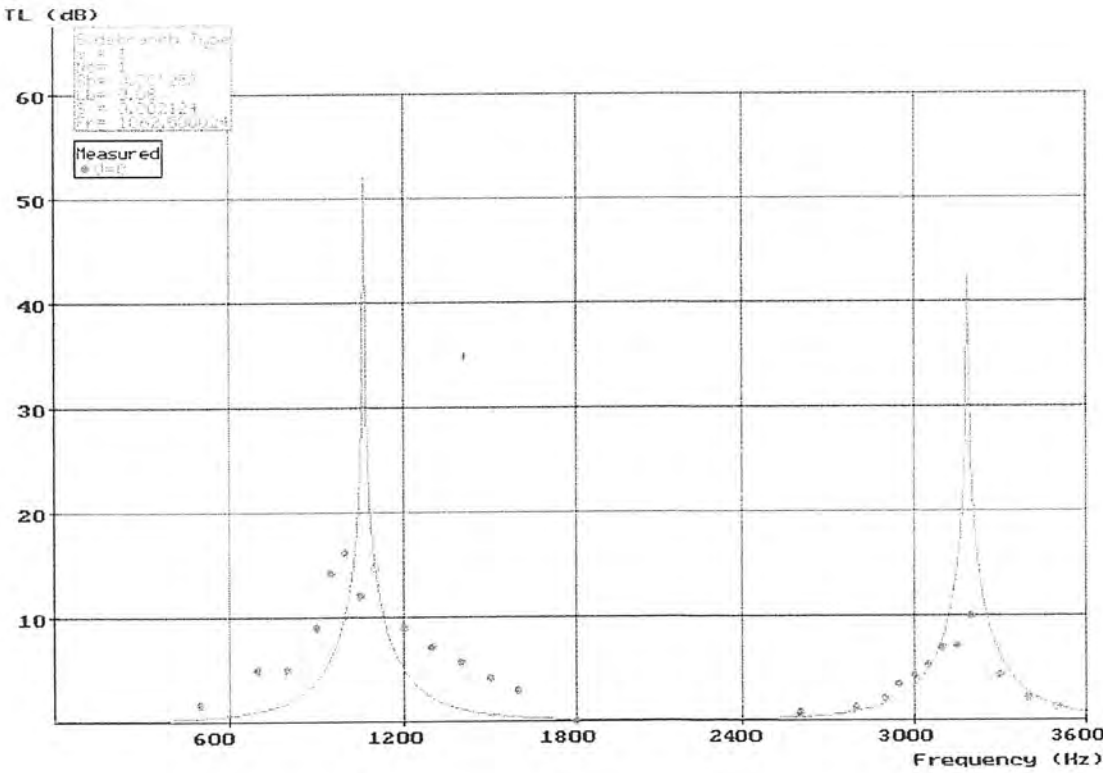
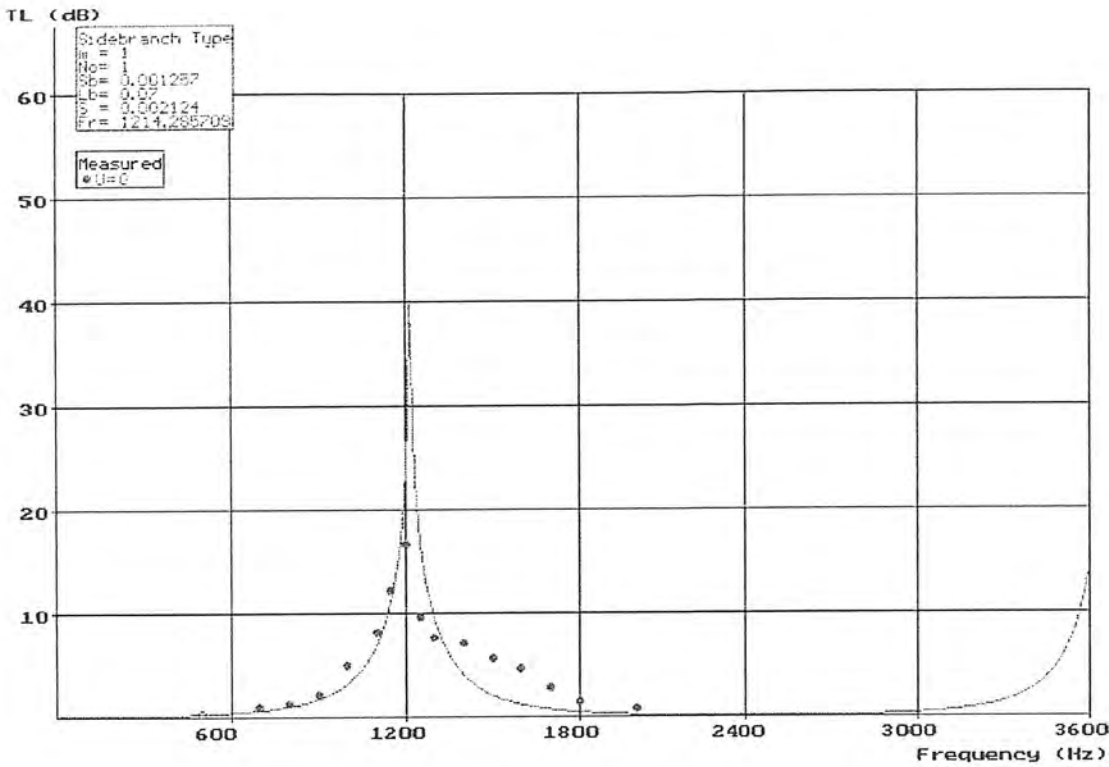




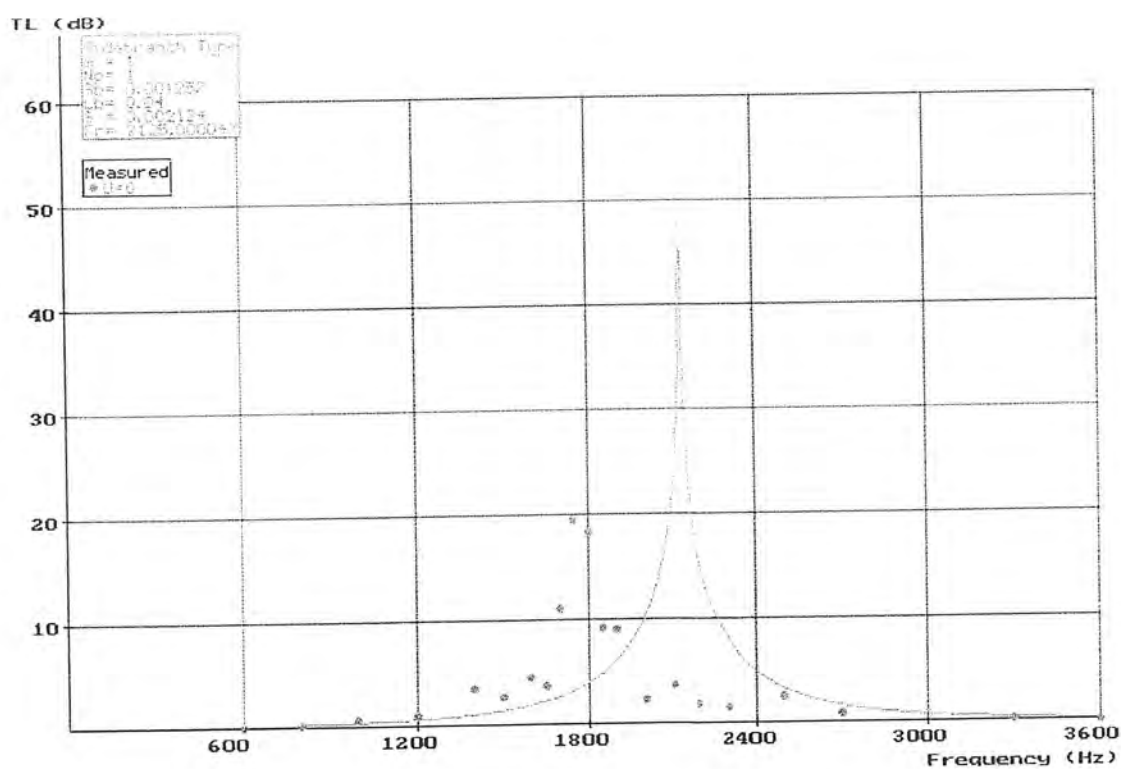
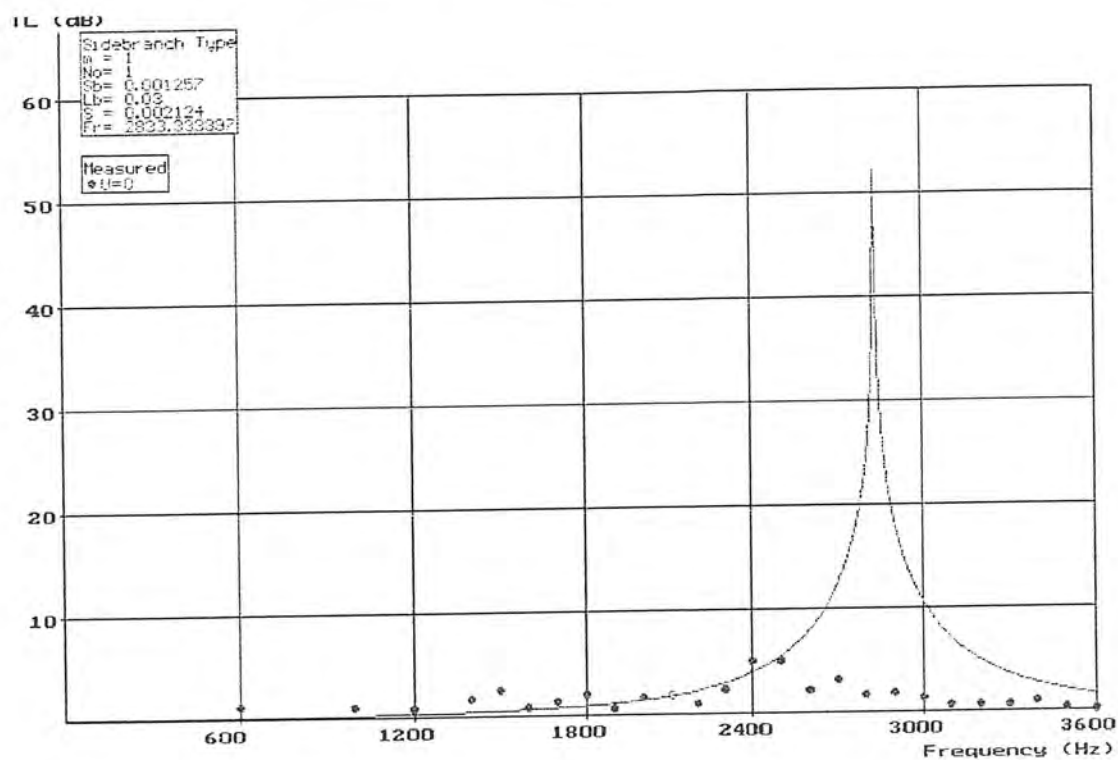
ค. ผลของท่อ Side Branch ที่เปลี่ยนที่ต่ออนุกรมเข้ากับท่อนำเสียงวงกลมโดยไม่เกิดความเร็วลมที่
ระยะความสูง 3,4,5,6,7,8,9 เซนติเมตร เทียบกับทางทฤษฎี

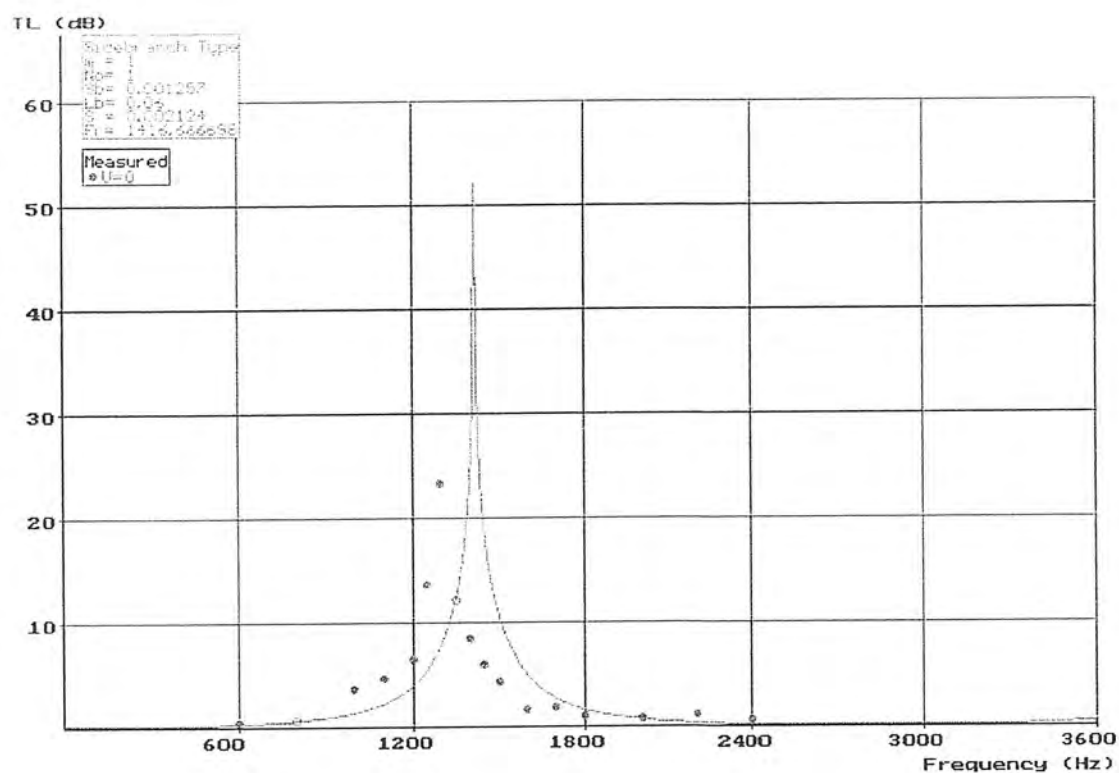
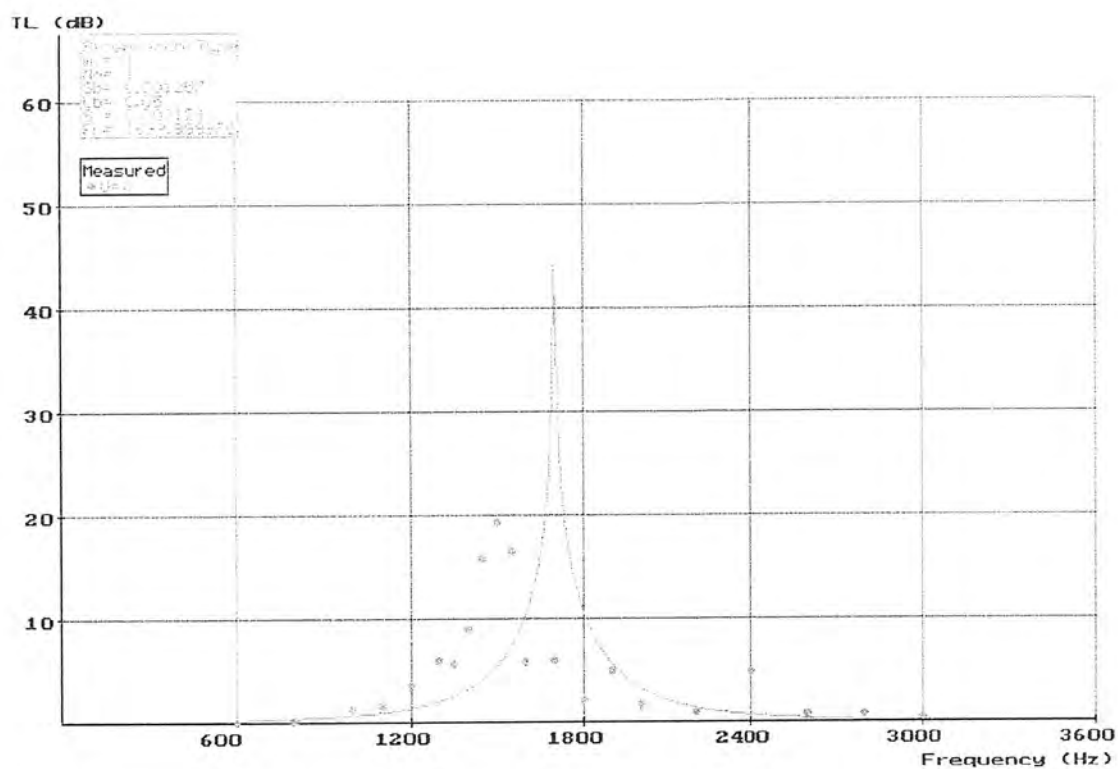


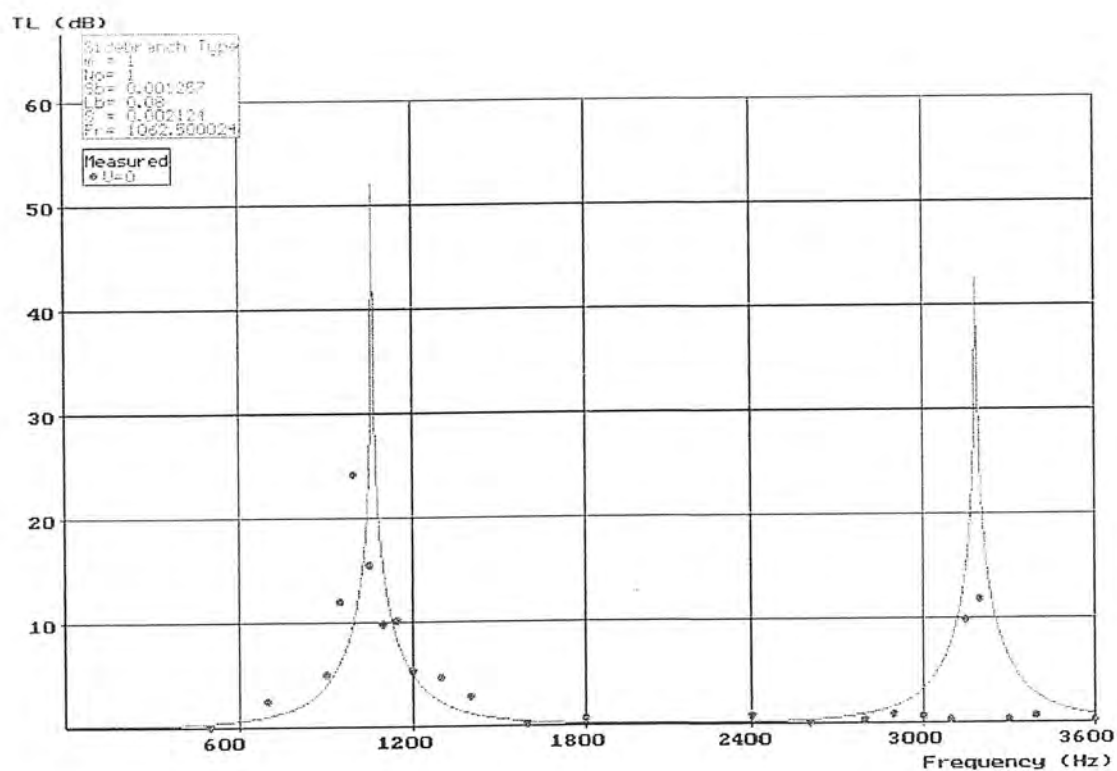
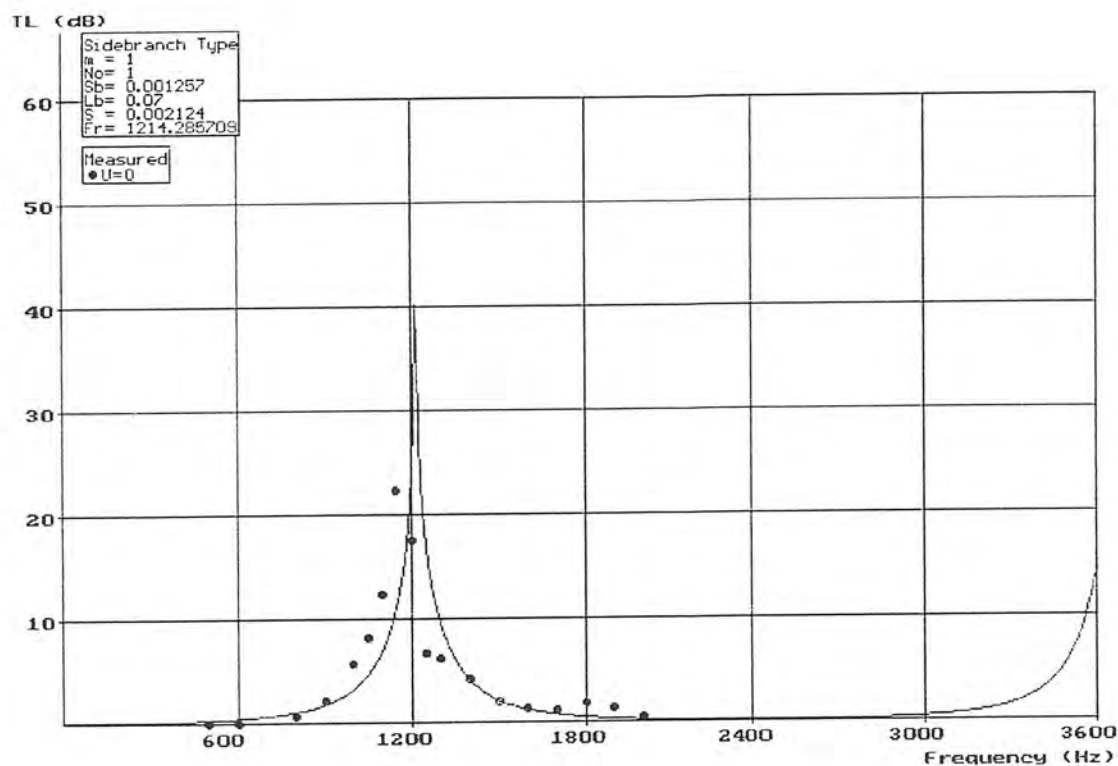


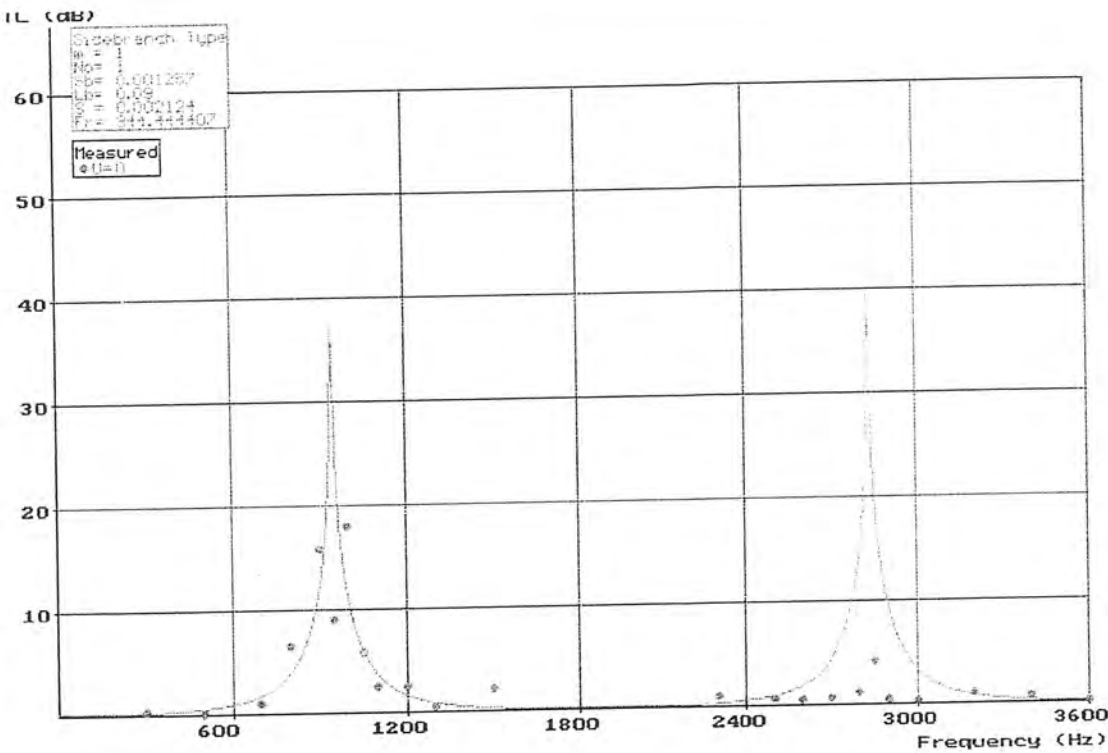


ง. ผลของท่อ Side Branch สี่เหลี่ยมที่ต่ออนุกรมเข้ากับท่อนำเสียงสี่เหลี่ยมโดยไม่คิดความเร็วลมที่
ระยะความสูง 3,4,5,6,7,8,9 เซนติเมตร เทียบกับทางทฤษฎี

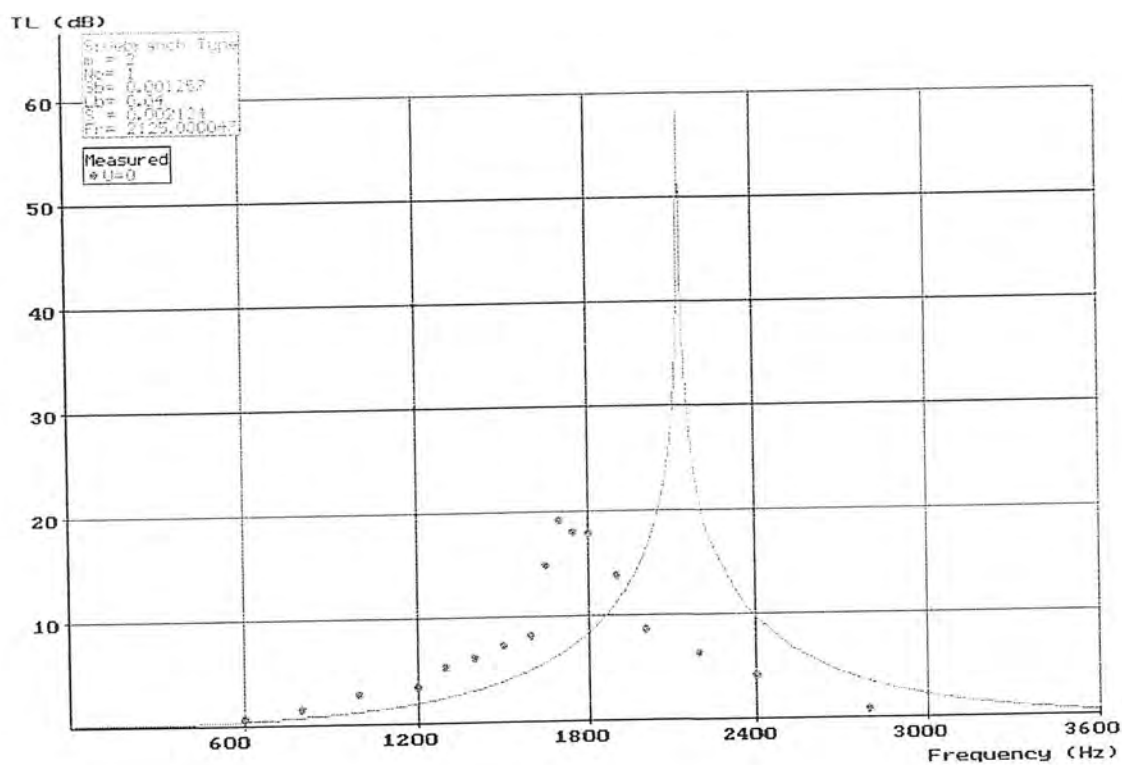
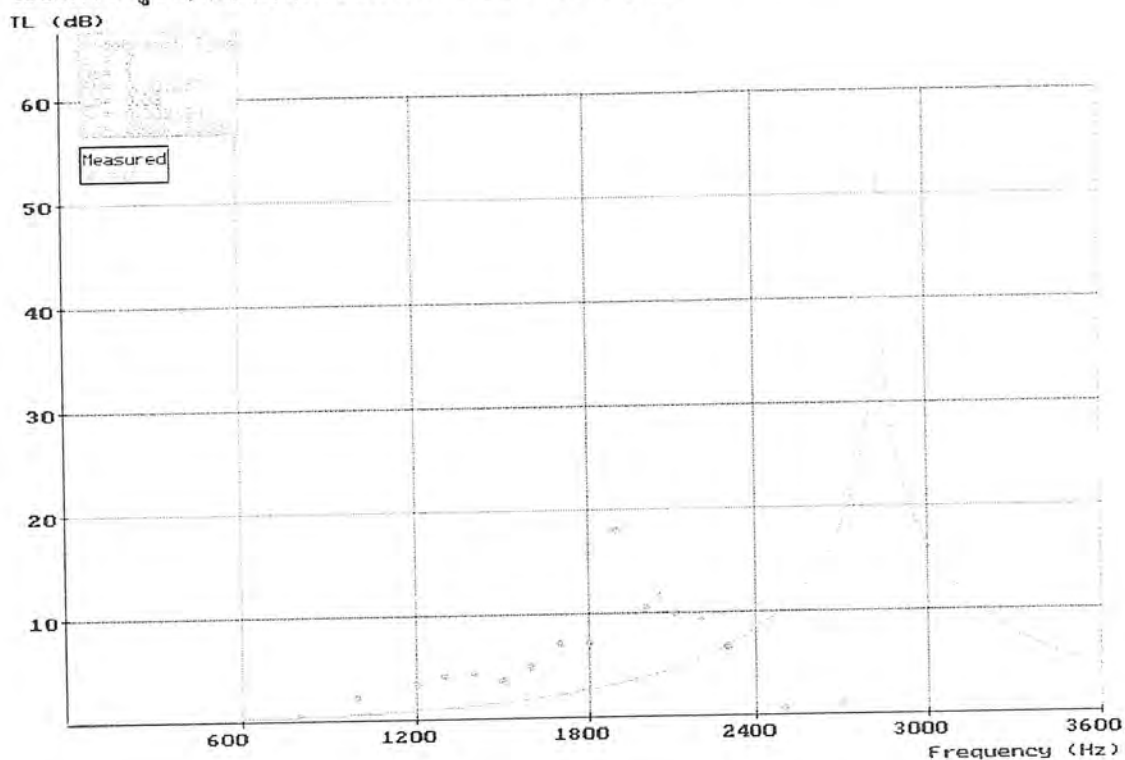


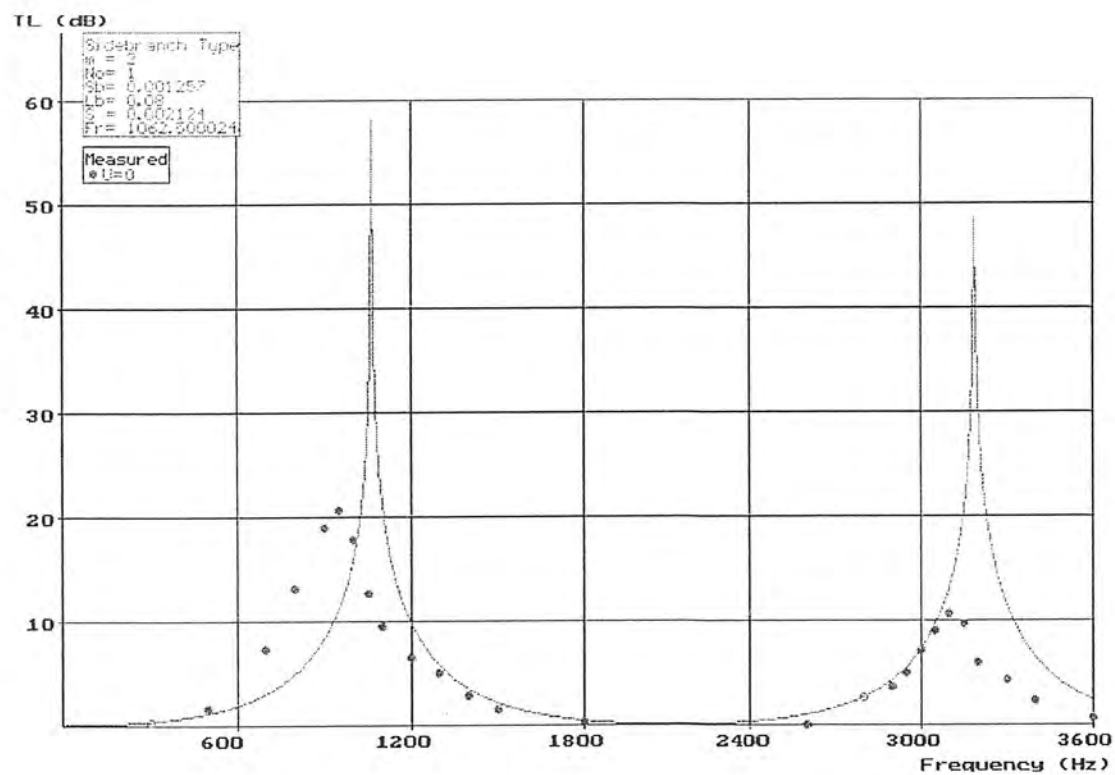
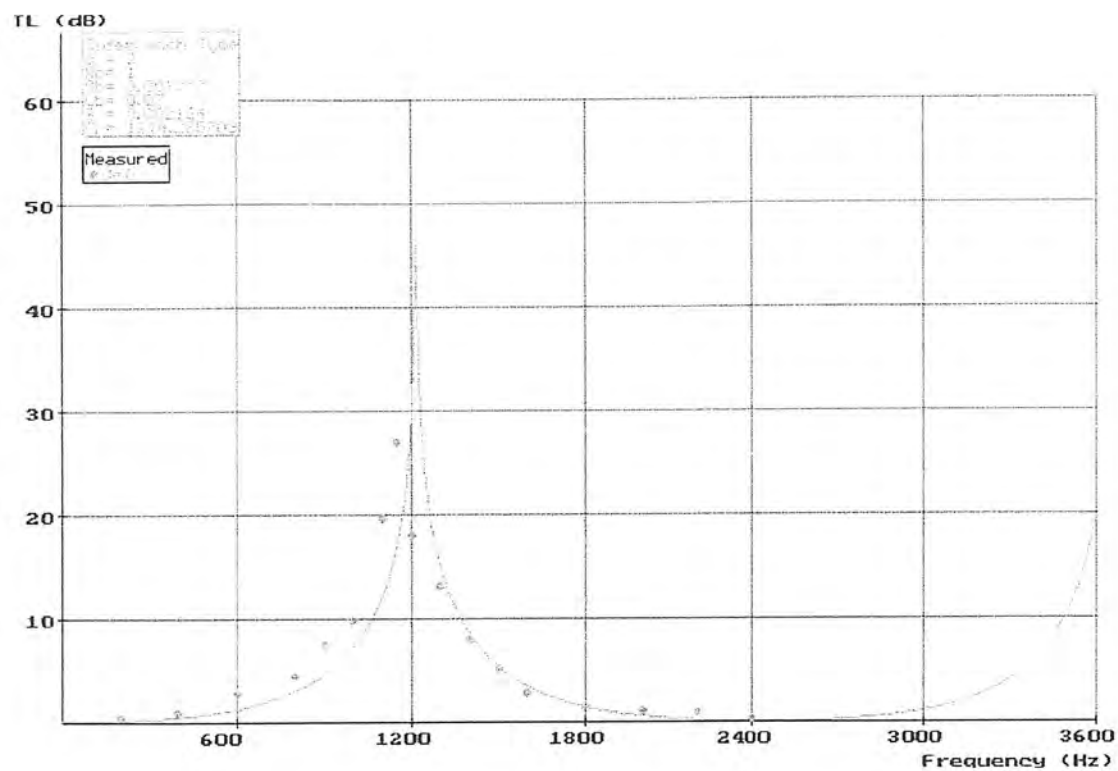


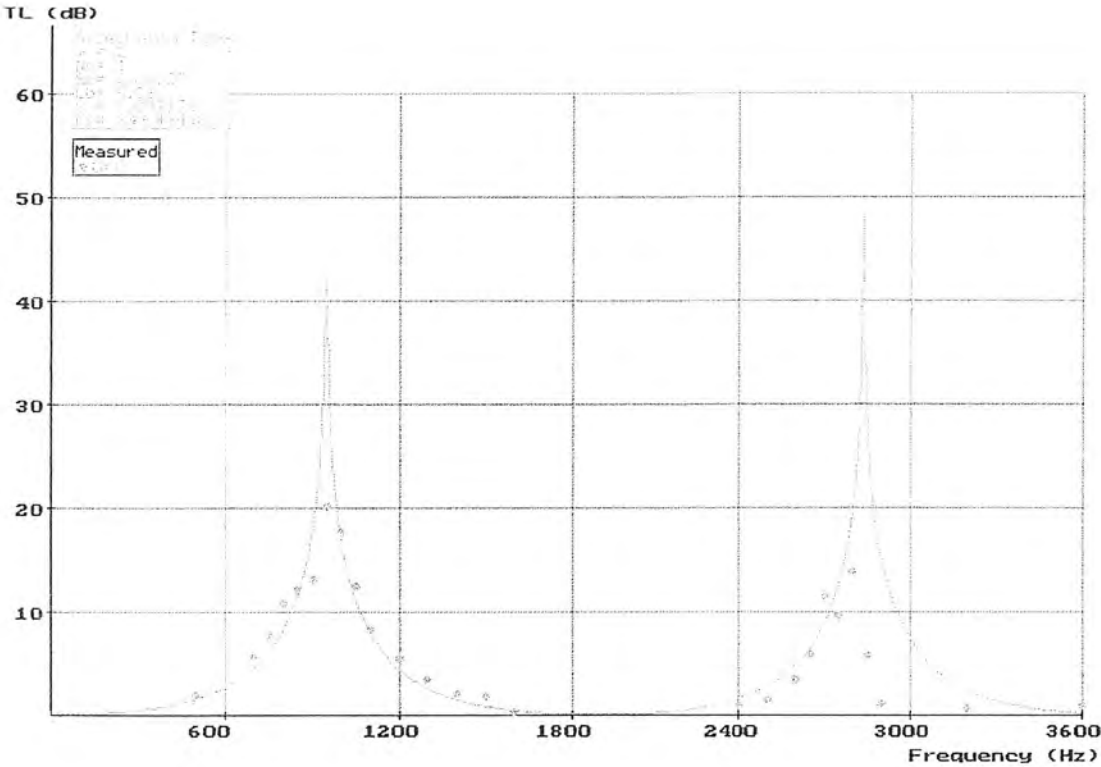




จ. ผลของท่อ Side Branch สี่เหลี่ยมที่ต่อขนานเข้ากับท่อนำเสียงสี่เหลี่ยมโดยไม่เกิดความเร็วลมที่
ระยะความสูง 3,4,5,6,7,8,9 เซนติเมตร เทียบกับทางทฤษฎี







ณ. ผลของท่อ Side Branch วงกลมที่ต่ออนุกรมเข้ากับท่อนำเสียงวงกลมโดยไม่คิดความเร็วลมที่ระยะความสูง 3,4,5,6,7,8,9 เซนติเมตร เทียบกับทางทฤษฎี

