



การหาประสิทธิภาพของเครื่องตัดเสียงแบบไซด์บรานซ์
ACOUSTICAL PERFORMANCE OF RESONATOR
SIDE BRANCH TYPE

นายพลกฤษณ์ บุญอึ้ง
MR. PHOLLAKRID BOON-UNG
นายสืบพงษ์ แสงศิริ
MR. SUEBPHONG SAENGSIRI

วัน เดือน ปี..... 11. ๑๒. 2541
เลขทะเบียน..... 038882
เลขเรียกหนังสือ..... T. ๑๐๑๒. ๖. ๑๓๖ ก

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACOUSTICAL PERFORMANCE OF RESONATOR SIDE BRANCH TYPE



PHOLLAKRID BOON-UNG
SUEBPHONG SAENGSI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาโท

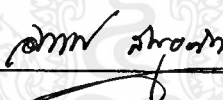
หัวข้อปริญญาโท การหาประสิทธิภาพของเครื่องลดเสียงแบบ SIDE BRANCH
ACOUSTICAL PERFORMANCE OF RESONATOR SIDE BRANCH
TYPE

ชื่อนักศึกษา นายพลกฤษณ์ บุญอึ้ง รหัสประจำตัว 37014284

นายสืบพงษ์ แสงศิริ รหัสประจำตัว 37014542

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท



(อ.อัครเดช สินธุภัก)



(อ.พงษ์ศักดิ์ คำมูล)

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การหาประสิทธิภาพของเครื่องลดเสียงแบบ Side Branch
นักศึกษา	นายพลกฤษณ์ บุญอึ้ง นายสืบพงษ์ แสงศิริ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.อัครเดช สิ้นธุภัก อ.พงษ์ศักดิ์ คำมูล
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
พ.ศ.	2540

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อนำเสนอโครงการ “การหาประสิทธิภาพของเครื่องระงับเสียงแบบ Side Branch” ที่ความถี่ต่างๆ โดยใช้ทฤษฎีพื้นฐานเชิงเส้นแบบมิติเดียวโดยนำผลที่ได้จากทางทฤษฎีซึ่งแสดงออกมาในรูปกราฟ มาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลองว่าใกล้เคียงกันมากน้อยเพียงใด

การทดลองจะมีการเปลี่ยนแปลงความถี่ , ขนาด , ความยาว และจำนวนแถวของ Side Branch ผลจากการทดลอง ค่า Transmission Loss (TL) มีแนวโน้มตามทฤษฎี แต่มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นจากตัวแปรต่างๆ ในการทดลอง

Thesis Title Acoustical Performance of Resonator Side Branch Type
Student Mr.Pollakrid Boon-ung
Mr.Suebphong Saengsiri
Thesis Advisor Mr.Akradech Sindhuphak
Mr.Phongsuk Kummoon
Degree Bachelor of Engineering in Mechanical Engineering
Year 1997

ABSTRACT

The purpose of this project is for purposing the “ Acoustical Performance of Resonator Side Branch Type “ at different frequency . By the use of Plane wave theory and take the results , in graphical , contrast with the results from practical experiment .

The experiment has a variation of frequency , size , length and row of Side Branch . The results from experiment , Transmission Loss (TL) , trend to theory . But results have some errors from experimented variables.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จากคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับข้อมูลที่ เกี่ยวข้องและจำเป็นต้องใช้ แหล่งข้อมูลเบื้องต้น รวมถึงแนวความคิดในการนำผลการทดลองไป ประยุกต์ใช้ในการระงับเสียงของอุปกรณ์ต่างๆ โดยวิธี Side Branch จาก อ.อัครเดช สินธุภักดิ์ ซึ่งเป็น อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์ โดยทางนักศึกษารู้สึกตระหนักถึงความอนุเคราะห์จากท่านและขอ กราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อ.พงษ์ศักดิ์ คำมูล ที่ช่วยให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการทำงาน และการ เตรียมตัวสำหรับการนำเสนอปริญญาานิพนธ์

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ และน้อง ๆ นักศึกษาทุกคนที่ช่วยเหลือ และให้คำแนะนำต่าง ๆ จนสำเร็จ สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการทำปริญญา นิพนธ์ครั้งนี้

พลกฤษณ์ บุญอึ้ง
สีบพงษ์ แสงศิริ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูปภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำและวัตถุประสงค์ของงาน.....	1
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการทดลอง.....	3
2.1 ทฤษฎีพื้นฐานของเสียงที่ใช้ในการทดลอง (Plane Wave Theory).....	3
2.1.1 การแผ่คลื่นเสียงของ plane wave.....	3
2.2 Two – Terminal Pair Network.....	5
2.2.1 Fundamental Matrix (F – Matrix).....	7
2.3 ทฤษฎีพื้นฐานการคำนวณค่า Transmission Loss (TL).....	8
บทที่ 3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง (Experiment Apparatus).....	10
3.1 แหล่งกำเนิดเสียง.....	10
3.2 ส่วนที่ใช้ทำการทดลอง.....	10
3.3 ส่วนแสดงผล.....	11
บทที่ 4 การต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง และวิธีตั้งค่าต่าง ๆ ในการทดลอง.....	12
4.1 การต่อท่อนำเสียง (Nominate Duct).....	12
4.2 การจัดเครื่องลดเสียง (Resonator).....	13
4.3 การเซทเครื่อง FFT Analyzer.....	14
4.4 การจัดอุปกรณ์ในส่วนของ microphone และ probe tube.....	15
บทที่ 5 วิธีการทดลอง.....	16

บทที่ 6 ผลการทดลอง.....	17
6.1 ผลการทดลอง.....	17
6.1.1 กราฟเปรียบเทียบแสดงผลทางทฤษฎี.....	17
6.1.2 กราฟผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบผลกับทางทฤษฎี.....	18
บทที่ 7 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	104
7.1 สรุปผลการทดลอง.....	104
7.2 ข้อเสนอแนะ.....	105
บรรณานุกรม.....	106



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ตารางแสดง Side Branch ที่ใช้ในการทดลอง.....	11
3.2 ตารางแสดงจำนวนรูปผลการทดลองปริมาณการลดเสียงเทียบกับ.....	19
ทางทฤษฎี เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความยาว, จำนวนแถว และพื้นที่	
หน้าตัดของเครื่องลดเสียง	



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงระบบ 4 ขั้ว.....	6
2.2 แสดง Two – Terminal Pair Network.....	6
2.3 แสดงระบบทั้ง 4 แบบ.....	6
2.4 แสดงคุณลักษณะของ Side Branch Resonator.....	8
4.1 แสดงการต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	12
4.2 แสดงการต่อท่อนำเสียง.....	12
4.3 แสดงการจัดวางเครื่องลดเสียง (Resonator).....	13
6.1a – 6.1d แสดงให้เห็นการเปรียบเทียบปริมาณการลดเสียงตามทฤษฎี.....	20
เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรหลัก โดยปริมาณอื่น ๆ คงที่	
6.2a – 6.2d แสดงผลการทดลองปริมาณการลดเสียงเทียบกับทางทฤษฎี.....	24
เมื่อ $S_b = 0.000079$, $L_b = 0.25 - 0.35$ cm. ,No = 1 และ $m = 1$	
6.3a – 6.3d แสดงผลการทดลองปริมาณการลดเสียงเทียบกับทางทฤษฎี.....	28
เมื่อ $S_b = 0.000299$, $L_b = 0.25 - 0.35$ cm. ,No = 1 และ $m = 1$	
6.4a – 6.4d แสดงผลการทดลองปริมาณการลดเสียงเทียบกับทางทฤษฎี.....	32
เมื่อ $S_b = 0.000531$, $L_b = 0.25 - 0.35$ cm. ,No = 1 และ $m = 1$	
6.5a – 6.5d แสดงผลการทดลองปริมาณการลดเสียงเทียบกับทางทฤษฎี.....	36
เมื่อ $S_b = 0.000605$, $L_b = 0.25 - 0.35$ cm. ,No = 1 และ $m = 1$	
6.6a – 6.6d แสดงผลการทดลองปริมาณการลดเสียงเทียบกับทางทฤษฎี.....	40
เมื่อ $S_b = 0.000079$, $L_b = 0.25 - 0.35$ cm. ,No = 1 และ $m = 2$	
6.7a – 6.7d แสดงผลการทดลองปริมาณการลดเสียงเทียบกับทางทฤษฎี.....	44
เมื่อ $S_b = 0.000299$, $L_b = 0.25 - 0.35$ cm. ,No = 1 และ $m = 2$	
6.8a – 6.8d แสดงผลการทดลองปริมาณการลดเสียงเทียบกับทางทฤษฎี.....	48
เมื่อ $S_b = 0.000531$, $L_b = 0.25 - 0.35$ cm. ,No = 1 และ $m = 2$	
6.9a – 6.9d แสดงผลการทดลองปริมาณการลดเสียงเทียบกับทางทฤษฎี.....	52
เมื่อ $S_b = 0.000605$, $L_b = 0.25 - 0.35$ cm. ,No = 1 และ $m = 2$	

ภาพที่	หน้า
6.10a – 6.10d แสดงผลการทดลองปริมาณการลดเสียงเทียบกับทางทฤษฎี.....56 เมื่อ $S_b = 0.000079$, $L_b = 0.25 - 0.35$ cm. , $N_o = 1$ และ $m = 4$	
6.11a – 6.11d แสดงผลการทดลองปริมาณการลดเสียงเทียบกับทางทฤษฎี.....60 เมื่อ $S_b = 0.000299$, $L_b = 0.25 - 0.35$ cm. , $N_o = 1$ และ $m = 4$	
6.12a – 6.12d แสดงผลการทดลองปริมาณการลดเสียงเทียบกับทางทฤษฎี.....64 เมื่อ $S_b = 0.000531$, $L_b = 0.25 - 0.35$ cm. , $N_o = 1$ และ $m = 4$	
6.13a – 6.13d แสดงผลการทดลองปริมาณการลดเสียงเทียบกับทางทฤษฎี.....68 เมื่อ $S_b = 0.000605$, $L_b = 0.25 - 0.35$ cm. , $N_o = 1$ และ $m = 4$	
6.14a – 6.14d แสดงผลการทดลองปริมาณการลดเสียงเทียบกับทางทฤษฎี.....72 เมื่อ $S_b = 0.000079$, $L_b = 0.25 - 0.35$ cm. , $N_o = 2$ และ $m = 1$	
6.15a – 6.15d แสดงผลการทดลองปริมาณการลดเสียงเทียบกับทางทฤษฎี.....76 เมื่อ $S_b = 0.000299$, $L_b = 0.25 - 0.35$ cm. , $N_o = 2$ และ $m = 1$	
6.16a – 6.16d แสดงผลการทดลองปริมาณการลดเสียงเทียบกับทางทฤษฎี.....80 เมื่อ $S_b = 0.000531$, $L_b = 0.25 - 0.35$ cm. , $N_o = 2$ และ $m = 1$	
6.17a – 6.17d แสดงผลการทดลองปริมาณการลดเสียงเทียบกับทางทฤษฎี.....84 เมื่อ $S_b = 0.000605$, $L_b = 0.25 - 0.35$ cm. , $N_o = 2$ และ $m = 1$	
6.18a – 6.18d แสดงผลการทดลองปริมาณการลดเสียงเทียบกับทางทฤษฎี.....88 เมื่อ $S_b = 0.000079$, $L_b = 0.25 - 0.35$ cm. , $N_o = 4$ และ $m = 1$	
6.19a – 6.19d แสดงผลการทดลองปริมาณการลดเสียงเทียบกับทางทฤษฎี.....92 เมื่อ $S_b = 0.000299$, $L_b = 0.25 - 0.35$ cm. , $N_o = 4$ และ $m = 1$	
6.20a – 6.20d แสดงผลการทดลองปริมาณการลดเสียงเทียบกับทางทฤษฎี.....96 เมื่อ $S_b = 0.000531$, $L_b = 0.25 - 0.35$ cm. , $N_o = 4$ และ $m = 1$	
6.21a – 6.21d แสดงผลการทดลองปริมาณการลดเสียงเทียบกับทางทฤษฎี.....100 เมื่อ $S_b = 0.000605$, $L_b = 0.25 - 0.35$ cm. , $N_o = 4$ และ $m = 1$	

VIII

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำและวัตถุประสงค์ของโครงการ

บทนำ

ปัจจุบันนี้มีภาวะทางเสียงเป็นปัญหาที่สำคัญปัญหาหนึ่งที่ต้องแก้ไข เนื่องจากจำนวนของยานพาหนะตามท้องถนนเพิ่มขึ้นทุกขณะ ตามปกติเสียงที่คนเราได้ยินอยู่ในช่วงความถี่ 20-20,000 Hz หรืออยู่ในระดับ 0-120 dB แต่ตั้งแต่ 80 dB ขึ้นไป จะก่อให้เกิดความรำคาญได้ ซึ่งจะทำให้เกิดมลภาวะทางเสียง จึงต้องมีการหาอุปกรณ์ในการระงับเสียง ซึ่งในการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงความถี่, ขนาด, ความยาว, จำนวนแถว ของ Side Branch และในการทดลองครั้งนี้ จะต้องอาศัยความรู้และแก้ปัญหาจากทฤษฎีคลื่นพื้นฐานเชิงเส้นมิติเดียว

การทดลองจะทำการทดลองเพื่อหาค่า Transmission Loss (TL) ในช่วงความถี่ซึ่งกราฟทางทฤษฎีมีประสิทธิภาพในการระงับเสียงได้ผลดี และจากการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพของเครื่องระงับเสียงแบบ side branch มีแนวโน้มใกล้เคียงทางทฤษฎีแต่มีข้อผิดพลาดจากตัวแปรต่างๆ ในการทดลอง

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อหาผลที่เกิดจากการใช้เครื่องลดเสียงแบบ Side Branch ในช่วงความถี่สูงตั้งแต่ 0-3,600 Hz โดยไม่มีความเร็วลมเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยมีการต่อแบบขนาน, อนุกรม และทั้งขนาด, ความยาว, รูปแบบของเครื่องลดเสียงที่แตกต่างกัน
2. เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองกับทางทฤษฎีว่ามีผลใกล้เคียงกันมากน้อยเพียงใด และจะสามารถนำมาปรับเข้ากับชีวิตประจำวันได้มากเพียงใด

ขอบเขตของโครงการ

1. ในส่วนของโปรแกรมที่แสดงผลในรูปแบบกราฟจะใช้ภาษาซี ซึ่งมีผู้ที่เคยทำโครงการชิ้นนี้เขียนไว้อยู่แล้ว จึงสามารถนำมาใช้ได้เลย
2. โครงการจะทดลองในช่วงความถี่ 0-3,600 Hz และมีการเปลี่ยนแปลงขนาด , ความยาว , จำนวนแถวของ Side Branch และแสดงผลการทดลองออกมาในรูปแบบกราฟ แล้วนำไปเปรียบเทียบกับทางทฤษฎีเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องลดเสียง

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถที่จะนำผลที่ได้จากการทดลองไปเปรียบเทียบ , ปรับใช้ , แก้ไขข้อบกพร่อง หรือ จุดผิดพลาดต่างๆ และอาจนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ตามสมควร
2. สามารถแก้ไขข้อบกพร่องจากสิ่งต่างๆ ในการทดลองได้ เป็นการเสริมสร้างสิ่งต่างๆ ให้แก่ผู้ทำโครงการ

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการทดลอง

2.1 ทฤษฎีพื้นฐานของเสียงที่ใช้ในการทดลอง (Plane Wave Theory)

โดยทั่วไปนั้น คลื่นเสียงจะมีลักษณะที่ซับซ้อนและไม่สามารถที่จะวิเคราะห์ได้โดยง่าย เราจึงพิจารณาคคลื่นเสียงในรูปลักษณะของ Plane wave โดยมีคุณสมบัติในรูปคลื่นมิติเดียว เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ปัญหาที่ยู่ยากซับซ้อน

2.1.1 การแผ่คลื่นเสียงของ Plane Wave

ในกรณีของการแผ่คลื่นเสียง Plane Wave เราจะพิจารณาเพียงการเคลื่อนที่ในรูปคลื่นมิติเดียว ในการอธิบายสนามของคลื่นเสียง ตัวอย่างในกรณีนี้ คือ การแผ่คลื่นเสียงในท่อโดยมีผนังของท่อเป็นตัวบังคับและจำกัดการเคลื่อนที่

กำหนดให้ การแผ่คลื่นเสียงเป็นไปในทิศทางบนแกน x
จากสมการ Wave Equation

$$\nabla^2 \phi = \left(\frac{1}{c^2} \right) \frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} \quad (2.1)$$

เราจะได้

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

จากสมการ (2.2) เราแทนค่าต่าง ๆ ลงในสมการจะได้

$$\phi = f(ct \pm x) \quad (2.3)$$

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

ถ้าเรากำหนดให้ $\text{argument}(ct \pm x)$ คงที่ ในขณะเวลาที่เวลาเพิ่มขึ้น ค่าของระยะ x จะลดลง ในขณะที่คลื่นเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว c เมื่อใช้เครื่องหมายบวก แต่ถ้าระยะ x เพิ่มขึ้น เครื่องหมายในวงเล็บจะเป็นลบ ในทำนองเดียวกันนี้ คลื่นเสียงที่เคลื่อนที่ในทิศทางบวก x ในขณะเวลาที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว c เครื่องหมายในวงเล็บจะเป็นลบ โดยในขณะเวลาที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่ในทิศทางลบ x เครื่องหมายในวงเล็บจะเป็นบวก

สมการ (2.3) เป็นสมการของ acoustic potential function จาก acoustic potential function และ wave equation

$$u = -\nabla\phi \quad (2.4)$$

$$p = \rho \frac{\partial\phi}{\partial t} \quad (2.5)$$

จะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่สำคัญระหว่าง acoustic pressure และ particle velocity สำหรับ plane wave

จากสมการ (2.3) และ (2.4) จะได้

$$u = \pm f'(ct \pm x) \quad (2.6)$$

และจากสมการ (2.3) และ (2.5) จะได้

$$p = \rho c f'(ct \pm x) \quad (2.7)$$

ดังนั้น

$$\frac{p}{u} = \pm \rho c \quad (2.8)$$

ในสมการ (2.8) เครื่องหมายบวก จะใช้เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ในทิศทางบวก x ในขณะที่เครื่องหมายลบจะใช้เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ในทิศทางลบ x

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

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

$$\phi = Ae^{j(\omega t \pm kx + \beta)} \quad (2.9)$$

เครื่องหมายลบ จะใช้เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ในทิศทางบวก x ในขณะที่เครื่องหมายบวก ใช้เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ในทิศทางลบ x

เมื่อ ϕ = Potential function

β = Arbitrary constant of integral

ω = Angular velocity

c = Sound velocity

k = Wave number

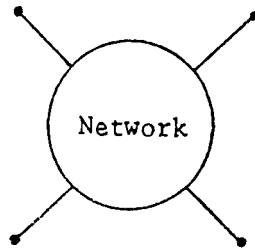
p = Acoustic pressure

t = Time

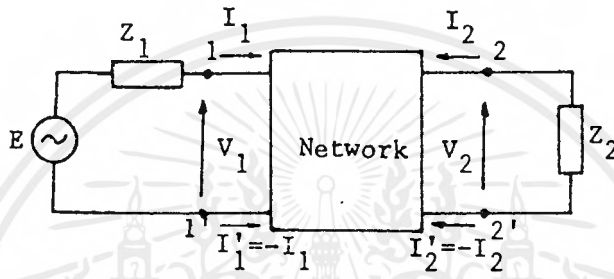
u : Fluid particle velocity

2.2 Two-Terminal Pair Network

พิจารณาวงจรที่มีอนุภาค (element) เป็นเชิงเส้นและไม่เปลี่ยนแปลงต่อเวลา (Linear Time Invariant) จากรูป 2.1 ถ้าเราพิจารณาระบบ โดยแยกสัญญาณไว้ข้างละ 2 ขั้ว และใช้ระบบนี้ทำงานในวิธีการต่าง ๆ กัน เราเรียกระบบนี้ว่า Two-Terminal Pair network

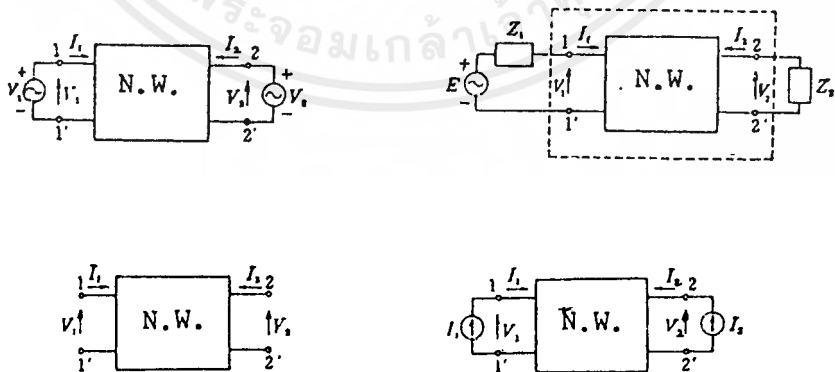


รูปที่ 2.1 (ระบบ 4 ขั้ว)



รูปที่ 2.2 Two-Terminal Pair network

จากรูป 2.2 ถ้าเราต้องการจะทราบคุณสมบัติของระบบว่า ถ้าป้อน input แล้วจะได้ output อย่างไร โดยที่ไม่ทราบว่าภายในระบบมีการทำงานอย่างไร ในการหาค่า Input และ Output เราจะหาค่าเหล่านี้ได้โดยพิจารณาระบบได้เป็น 4 แบบ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ระบบทั้ง 4 แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.3 เราก็สามารถจะแสดงความสัมพันธ์ของ Input และ Output ให้อยู่ในรูปของสมการได้เป็น 6 แบบดังนี้

1. หาค่า I_1, I_2 จาก V_1, V_2

$$I_1 = Y_{11}V_1 + Y_{12}V_2$$

$$I_2 = Y_{21}V_1 + Y_{22}V_2$$

2. หาค่า V_1, V_2 จาก I_1, I_2

$$V_1 = Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2$$

$$V_2 = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2$$

3. หาค่า V_1, I_1 จาก V_2, I_2

$$V_1 = AV_2 - BI_2$$

$$I_1 = CV_2 - DI_2$$

4. หาค่า V_2, I_2 จาก V_1, I_1

$$V_2 = A'V_1 - B'I_1$$

$$I_2 = C'V_1 - D'I_1$$

5. หาค่า V_1, I_2 จาก V_2, I_1

$$V_1 = H_{11}I_1 + H_{12}V_2$$

$$I_2 = H_{21}I_1 + H_{22}V_2$$

6. หาค่า V_2, I_1 จาก V_1, I_2

$$V_2 = G_{21}V_1 + G_{22}I_2$$

$$I_1 = G_{11}V_1 + G_{12}I_2$$

ในการคำนวณหาค่า TL เป็นการหาค่าในสมการที่ 3 ซึ่งเป็นสมการที่ใช้ในการคำนวณเครื่องลดเสียงแบบ Side branch

2.2.1 Fundamental Matrix (F-Matrix)

ในสมการที่ 3 เราสามารถเขียนเป็น Matrix ได้ดังนี้

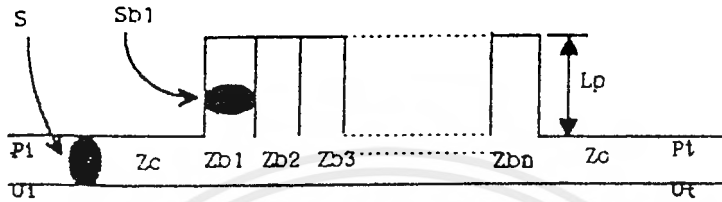
$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_2 \\ -I_2 \end{bmatrix}$$

เราเรียก Matrix นี้ว่า Fundamental Matrix สำหรับค่า A,B,C,D เรียกรวมกันว่า Four – Constant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎีพื้นฐานการคำนวณหาค่า Transmission Loss (TL)

ในการคำนวณหาค่า TL นี้ เป็นการหาค่า “C” ในสมการ F – Matrix ซึ่งเป็นสมการที่ใช้ในการคำนวณเครื่องลดเสียงแบบ Side branch จำนวน n ชุด



รูปที่ 2.4 แสดงคุณลักษณะ Side branch Resonator

สมการที่ใช้ในการหาค่า A, B, C, D คือ

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{Zb_0} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{Zb_1} & 1 \end{bmatrix} \dots \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{Zb_n} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{Zb_0} & 1 \end{bmatrix}$$

เมื่อ A, B, C, D = 4 Terminal constant

Zb = Characteristic Impedance ของ silencer

$$= j \frac{\rho c}{Sb} \cot kLb$$

ถ้าพื้นที่หน้าตัดของ silencer เท่ากัน

$$Sb = Sb_1 = Sb_2 \dots Sb_n$$

และ Zb = Zb1 = Zb2 Zbn

แทนค่า Zb ในสมการ (1) คำนวณหาค่าคงที่ C ได้

$$C = \frac{2S}{\rho c} + \sum Zb$$

แทนค่า C

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

เมื่อ $m = \text{expansion ratio} = S_b / S$

$S = \text{พื้นที่หน้าตัดของท่อ}$

$Lb = \text{ความสูงของ Side Branch}$

$$k = 2\pi/\lambda$$



บทที่ 3

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง (Experiment Apparatus)

3.1 แหล่งกำเนิดเสียง ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ สามส่วนต่ออยู่ด้วยกันและเชื่อมต่ออยู่กับ Nominate Duct ดังนี้

1. **Oscillator** คือ ตัวกำเนิดความถี่ซึ่งทดลองอยู่ในช่วงความถี่ 0-3,600 Hz
2. **Amplifier** คือ ตัวขยายสัญญาณความถี่
3. **Driver unit** คือ ตัวกำเนิดเสียงตามความถี่ที่เปลี่ยนแปลง กำเนิดเสียงไปตามตัวของ Probe Tube ซึ่งอยู่ใน Nominate duct

3.2 ส่วนที่ใช้ทำการทดลอง ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. **Glass Wool** คือ Fiber ซึ่งมีประสิทธิภาพในการดูดซับคลื่นเสียงไม่ให้เกิดการสะท้อน กลับของเสียงใน Nominate Duct ในการทดลองปลายของหนึ่งเสียงถูกปล่อยออกไปยังห้องเก็บเสียงซึ่งทำด้วย Fiber และปลายอีกข้างหนึ่งเป็นวาล์วที่ปิดสนิทตลอดเวลา
2. **Nominate Duct** คือ ท่อหลักมีลักษณะเป็นท่อสี่เหลี่ยมจัตุรัสพื้นที่หน้าตัดภายในมีขนาดเท่ากับ 0.002025 ตารางเมตร ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ในการเดินทางของเสียงและจะต้องไม่มีการสะท้อนของเสียงในท่อนี้ ซึ่งจะทำให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้นในการทดลอง
3. **Probe Tube** คือ ท่อทองเหลืองมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกประมาณ 7 มิลลิเมตร ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์นำเสียงที่ใช้ในการทดลอง ตามทฤษฎีตัว Probe Tube ต้องอยู่ตรงกลางท่อพอดี แต่ทำไม่ได้ในทางปฏิบัติจึงนับเป็นข้อผิดพลาดอีกประการหนึ่งที่เกิดขึ้นในการทดลอง
4. **Test Silencer** คือ ส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลง Side Branch ขึ้น ซึ่งในการทดลองเป็นท่ออลูมิเนียมมีขนาดและความยาว แต่ละขนาดและความยาวใช้อย่างละ 4 ตัว ตามตารางที่ 3.1

Inner Diameter (cm.)	Cross Section Area (Sq.m.)	Length (cm.)	Inner Volume (Cb.m.)
2.9	0.000605	2.5	1.5125×10^{-5}
		2.75	1.66375×10^{-5}
		3.0	1.815×10^{-5}
		3.5	2.1175×10^{-5}
2.6	0.000531	2.5	1.3275×10^{-5}
		2.75	1.46025×10^{-5}
		3.0	1.593×10^{-5}
		3.5	1.8585×10^{-5}
1.95	0.000299	2.5	7.475×10^{-6}
		2.75	8.2225×10^{-6}
		3.0	8.97×10^{-6}
		3.5	1.0465×10^{-5}
1.0	0.000079	2.5	1.975×10^{-6}
		2.75	2.1725×10^{-6}
		3.0	2.37×10^{-6}
		3.5	2.765×10^{-6}

ตารางที่ 3.1 แสดง Side Branch ที่ใช้ในการทดลอง

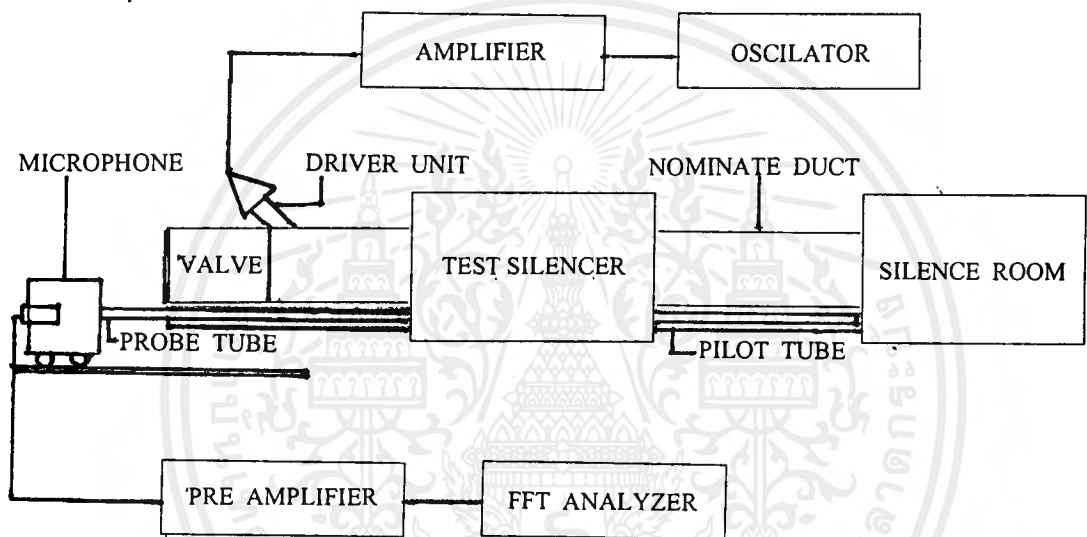
3.3 ส่วนแสดงผล

1. Microphone รับเสียงเพื่อส่งความถี่มาที่ตัว FFT Analyzer มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $\frac{1}{2}$ นิ้ว
2. Pre – amplifier ทำหน้าที่ขยายความถี่มาจากตัว Microphone และนำไปแสดงผลในรูปกราฟ
3. FFT Analyzer เป็นส่วนแสดงผลที่ได้จากการทดลอง แสดงผลออกมาในรูปของกราฟ และวัดค่าออกมาในรูปความดังของเสียง

บทที่ 4

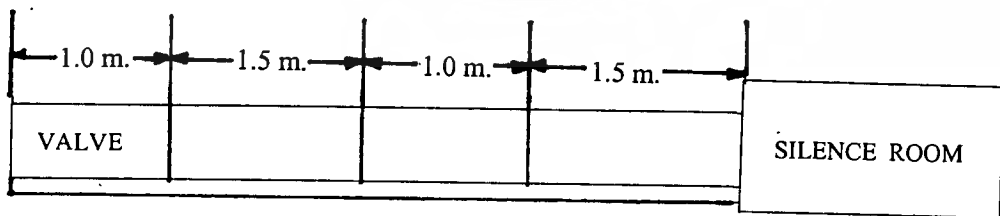
การต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและวิธีตั้งค่าต่างๆ ในการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.1 ซึ่งเป็นการแสดงการต่อท่อ และอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ



รูปที่ 4.1 แสดงการต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

4.1 การต่อท่อนำเสียง (Nominate Duct) มีลักษณะตามรูปที่ 4.2



SIDE VIEW OF NOMINATE DUCT

รูปที่ 4.2 แสดงการต่อท่อนำเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

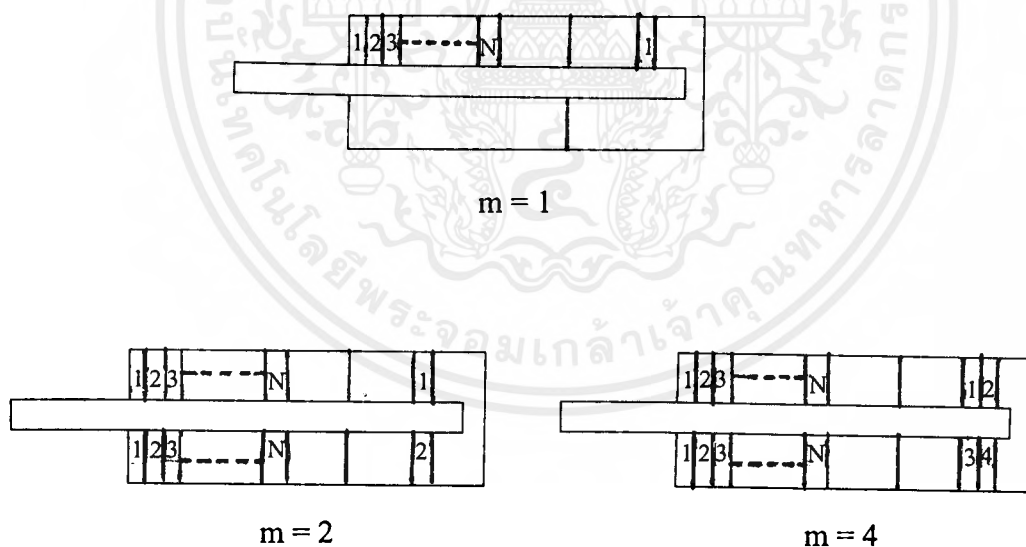
4.2 การจัดเครื่องลดเสียง (Resonator) ในการทดลอง แบ่งออกเป็น

1. Side Branch 1 แถว แต่ละแถวมี 1 ตัว มีขนาดตามที่ได้ให้ไว้ในอุปกรณ์ทดลอง
2. Side Branch 2 แถว แต่ละแถวมี 1 ตัว มีขนาดตามที่ได้ให้ไว้ในอุปกรณ์ทดลอง
3. Side Branch 4 แถว แต่ละแถวมี 1 ตัว มีขนาดตามที่ได้ให้ไว้ในอุปกรณ์ทดลอง
4. Side Branch 1 แถว แต่ละแถวมี 2 ตัว มีขนาดตามที่ได้ให้ไว้ในอุปกรณ์ทดลอง
5. Side Branch 1 แถว แต่ละแถวมี 4 ตัว มีขนาดตามที่ได้ให้ไว้ในอุปกรณ์ทดลอง

ถ้าจำแนกการทดลองง่ายๆ ก็จะสามารถแบ่งได้ดังนี้ คือ

- ต่อ Side Branch แบบอนุกรม 1, 2, 4 แถว
- ต่อ Side Branch แบบขนาน 1, 2, 4 แถว
- นำผลที่ได้ทั้ง 2 แบบ มาเปรียบเทียบเพื่อหาข้อแตกต่าง และเปรียบเทียบประสิทธิภาพกันได้ชัดเจนขึ้น

เพื่อให้ชัดเจนยิ่งขึ้นจึงแสดงการจัดวางเครื่องลดเสียงแสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงการจัดวางเครื่องลดเสียง (Resonator)

4.3 การเซตเครื่อง FFT Analyzer

เนื่องจาก FFT Analyzer เป็นส่วนแสดงผลที่สำคัญมากในการทดลอง ซึ่งมันจะแสดงผลออกมาในรูปของกราฟ และค่าความดังของเสียงในหน่วย dB จึงต้องมีการเซตค่าต่างๆ ของเครื่องเพื่อให้ได้ผลตามต้องการซึ่งมีวิธีการเซตเครื่องดังนี้

MS Setting Portable Dual Channel FFT Analyzer

- 1) DISPLAY : ที่ CHA กด SPEC
- 2) FREQ : กด Δ (up) หรือ ∇ (down) เพื่อให้ X-axis = 5 kHz
- 3) CARCH : ที่ CURSOR กด ON และ EU ; EU = engineering unit setting
- 4) กด NEXT เลือก MENU B >>
 - 7) COND → 1) CONDIT → 2) AUTO ON
- 5) กด NEXT เลือก MENU B >>
 - 7) COND → 4) SEARCH → 7) S - CURSOR (LINE)
- 6) กด NEXT เลือก MENU B >>
 - 7) UNIT → 3) Ch.B EU → 6) SET ch.B → EU/V (0.8010E+6) →
 - 7) SET → 8) RETURN
- 7) กด NEXT เลือก MENU B >>
 - 1) DISPLAY → 1) FORMAT → 3) GRID ON → 8) RETURN
- 8) กด NEXT เลือก MENU A >>
 - 2) MODE → 6) SP ONLY → 5) OA DISP → 8) RETURN
- 9) กด NEXT เลือก MENU A >>
 - 2) AVERAGE → 7) CONTROL → 1) CONTINUE → 8) RETURN

ต่อไปต้องมีการตรวจค่าของเครื่องโดยใช้ Sound Calibrator โดยอุปกรณ์ที่ใช้ คือ Microphone ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางครึ่งนิ้ว ต้องได้ค่าออกมาเป็น 93.8 dB เป็นอันเสร็จสิ้นการเซตเครื่อง

4.4 การจัดอุปกรณ์ในส่วนของ Microphone และ Probe tube

1. Microphone เสียบ อยู่ในฐานที่เลื่อนได้ และใช้ Fiber อดูที่รูเสียบให้สนิทเนื่อง จาก Microphone มีความไวมากต่อเสียงภายนอก จึงมีความจำเป็นที่จะต้องปิดให้มิดชิดเพื่อกันเสียงรบกวน จากภายนอก และกันเสียงออกจากภายในท่อ

2. ฐานที่เลื่อนได้ ต่ออยู่กับตัว Probe tube ก่อนที่จะทำการทดลองจะต้องจัดระยะให้ตัว Probe Tube ที่อยู่ในNominate Duct อยู่ในระยะก่อนที่จะผ่าน Side Branch ให้จุดนั้นเป็น จุด Center ซึ่งเป็นจุดที่สำคัญในการทดลอง ทั้งในระหว่างทดลอง และในช่วงเซตค่าก่อน ทดลอง



บทที่ 5

วิธีการทดลอง

1. เซตเครื่อง FFT Analyzer ณ จุด Center ตามที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ การต่ออุปกรณ์ และการตั้งค่าต่างๆ
2. ตัว Side Branch จะมีการเปลี่ยนแปลง ขนาด , ความยาว , แฉก และจำนวนต่อแฉก ตามที่ได้เตรียมอุปกรณ์ไว้แล้วส่วน การจัดเรียง Side Branch ใน Test Silencer นั้น ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อการต่ออุปกรณ์ และการตั้งค่าต่างๆ
3. สำหรับตัวกำเนิดความถี่ (Oscillator) จะมีการปรับช่วงความถี่ให้อยู่ในช่วงที่ทำการทดลอง คือ 0-3,600 Hz และทดลองเป็นระยะความถี่ ในช่วงซึ่งกราฟทางทฤษฎีมีประสิทธิภาพในการเก็บเสียงมากที่สุด และให้เหมาะสมกับการจัดเรียง Side Branch ในการทดลองครั้งหนึ่งๆ โดยที่ Amplifier จะคงค่าเดิมที่เซตไว้ตอนต้นตลอดการทดลอง
4. พิจารณาที่ Probe Tube ซึ่งมีตำแหน่งอยู่ที่ Center ทำการทดลองเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงก่อนที่ผ่าน Side Branch และ ช่วงหลังที่ผ่าน Side Branch โดยการเลื่อนตัว Probe Tube ตาม Nominate Duct และสังเกตค่าเปลี่ยนแปลงที่ FFT Analyzer
5. พิจารณาที่ FFT Analyzer ซึ่งจะแสดงผลออกมาในรูปกราฟ และความดังหน่วย dBEU เนื่องจากคลื่นเสียงมีลักษณะเป็น Sine Wave เพราะ ฉะนั้น ค่าความดังที่ออกมาที่ FFT Analyzer จะมีลักษณะ เป็น Sine Wave เช่นกัน ในที่นี้จะใช้แต่เพียงค่าสูงสุดเท่านั้น ทั้งในช่วงก่อน และหลังผ่าน Side Branch (ค่าสูงสุดที่ได้จาก FFT Analyzer เป็นค่าที่เกิดจากการสังเกตด้วยตา เพราะ ฉะนั้นจะมีความผิดพลาดเกิดขึ้นมากขึ้นกับตัวผู้ทดลองเอง)
6. นำค่าสูงสุด ของความดังในหน่วย dBEU ที่ได้จากทั้ง 2 ช่วง มาคำนวณหาค่า **Transmission Loss (TL)** โดยค่า

Transmission Loss (TL) = ค่าสูงสุดก่อนผ่าน – ค่าสูงสุดหลังผ่าน Side Branch

ซึ่งค่า Transmission Loss นี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าของความถี่ในช่วงของการทดลอง แล้วนำค่าที่ได้มา Plot กราฟของ TL เทียบกับความถี่ตามทฤษฎี เพื่อศึกษาผลจากการทดลองว่ามีผลใกล้เคียงกับทางทฤษฎีและมีความผิดพลาดมากน้อยเพียงใด

บทที่ 6

ผลการทดลอง

กราฟผลการทดลองประกอบด้วย แกนนอนเป็นค่าความถี่ในช่วง 0 – 3600 Hz. และแกนตั้งเป็นค่า Transmission Loss (TL) ที่ค่าความถี่ต่าง ๆ โดยเส้นกราฟเป็นส่วนที่แสดงผลตามทฤษฎีและจุดในกราฟเป็นผลที่ได้มาจากการทดลอง ทั้งสองส่วนจะนำมาเปรียบเทียบกันเพื่อจะหาประสิทธิภาพของเครื่องระงับเสียงแบบ Side Branch

ตารางเล็ก ๆ ที่อยู่ในกราฟเป็นส่วนของตัวแปรที่เปลี่ยนแปลง Side Branch ตามที่ได้กำหนดไว้ในตอนต้น โดย m = rows of Side Branch ในการทดลองใช้ 1, 2 และ 4 แถว

N_o = numbers of Side Branch per row ในการทดลองใช้ 1, 2 และ 4 ตัว

S_b = inner area of Side Branch มีทั้งหมด 4 ขนาดตามหัวข้อข้างต้น

L_b = length of Side Branch มีทั้งหมด 4 ความยาวตามหัวข้อข้างต้น

S = inner area of nominate duct ในการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.0002025 m^2

Fr = ripple frequency เป็นคาบของการสั่นเนื่องจากค่า Transmission Loss มี

ลักษณะเป็น harmonic

6.1 ผลการทดลอง แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

6.1.1 กราฟที่แสดงผลทางทฤษฎี

การคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องลดเสียงแบบ Side Branch จะพิจารณาที่ค่า Transmission Loss เป็นหลัก โดยเปรียบเทียบในช่วงความถี่ 0 – 3,600 Hz. ซึ่งผลการทดลองจะขึ้นอยู่กับตัวแปรหลัก 4 ตัว คือ จำนวนแถว, ความยาว, พื้นที่หน้าตัด และจำนวนต่อแถวของตัว Side Branch

ในขั้นต้นเราจะเปรียบเทียบค่าทางทฤษฎี เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรหลักโดยที่ตัวแปรที่เหลือมีค่าคงที่ แบ่งการเปรียบเทียบออกเป็น ส่วน ๆ ได้ดังนี้

1. เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนแถวของเครื่องลดเสียง เมื่อความยาว, พื้นที่หน้าตัด และจำนวนต่อแถวคงที่ จะ ได้ ดังรูปที่ 6.1a

รูปที่ 6.1a แสดงให้เห็นการเปรียบเทียบปริมาณการลดเสียงตามทฤษฎี โดยเปลี่ยนแปลงจำนวน แถวของเครื่องลดเสียง โดยปริมาณอื่น ๆ คงที่ จะเห็นได้ว่าเมื่อจำนวนแถวของเครื่องลดเสียงเพิ่มมากขึ้น จะสามารถเก็บเสียงได้มากขึ้น ณ ความถี่เดียวกัน และเมื่อดูจาก กราฟจะเห็นว่าเมื่อจำนวนแถวของเครื่องลดเสียงเพิ่มมากขึ้นช่วงของการลดเสียงจะเพิ่มมากขึ้น

2. เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความยาวของเครื่องลดเสียง โดยที่จำนวนแถว, พื้นที่หน้าตัด และจำนวนต่อแถวคงที่ จะได้ดังรูปที่ 6.1b

รูปที่ 6.1b แสดงให้เห็นการเปรียบเทียบปริมาณการลดเสียงตามทฤษฎี โดยเปลี่ยนแปลง ความยาวของเครื่องลดเสียง โดยปริมาณอื่น ๆ คงที่ จะเห็นได้ว่าความยาวหนึ่ง ๆ จะเหมาะสมกับการเก็บเสียงในย่านความถี่หนึ่ง ๆ กล่าวคือ ความยาวที่มากขึ้นจะเก็บเสียงที่ความถี่ต่ำได้ดีกว่าความยาวที่น้อยกว่า ในขณะที่ความยาวที่น้อยกว่าจะเก็บเสียงที่ความถี่สูงได้ดีกว่าที่คาบการเก็บเสียงครั้งแรก

3. เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดของเครื่องลดเสียง โดยที่จำนวนแถว, ความยาวและจำนวนต่อแถวคงที่ จะได้ดังรูปที่ 6.1c

รูปที่ 6.1c แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบปริมาณการลดเสียงตามทฤษฎี โดยเปลี่ยนแปลงขนาดพื้นที่หน้าตัดของเครื่องลดเสียง โดยปริมาณอื่น ๆ คงที่ จะเห็นได้ว่าที่ความถี่เดียวกันพื้นที่หน้าตัดที่มากกว่าจะสามารถเก็บเสียงได้ดีกว่าพื้นที่หน้าตัดที่น้อยกว่าและเมื่อดูจากกราฟจะเห็นว่าเมื่อพื้นที่หน้าตัดมากช่วงของการเก็บเสียงจะสูงขึ้น

4. เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนต่อแถวของเครื่องลดเสียง โดยที่จำนวนแถว, ความยาวและพื้นที่หน้าตัดคงที่ จะได้ดังรูปที่ 6.1d

รูปที่ 6.1d แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบปริมาณการลดเสียงตามทฤษฎี โดยเปลี่ยนแปลงจำนวนต่อแถวของเครื่องลดเสียง โดยปริมาณอื่น ๆ คงที่ จะเห็นได้ว่าที่ความถี่เดียวกันจำนวนต่อแถวที่มากกว่าจะสามารถเก็บเสียงได้ดีกว่าพื้นที่หน้าตัดที่น้อยกว่าและเมื่อดูจากกราฟจะเห็นว่าเมื่อพื้นที่หน้าตัดมากช่วงของการเก็บเสียงจะสูงขึ้น



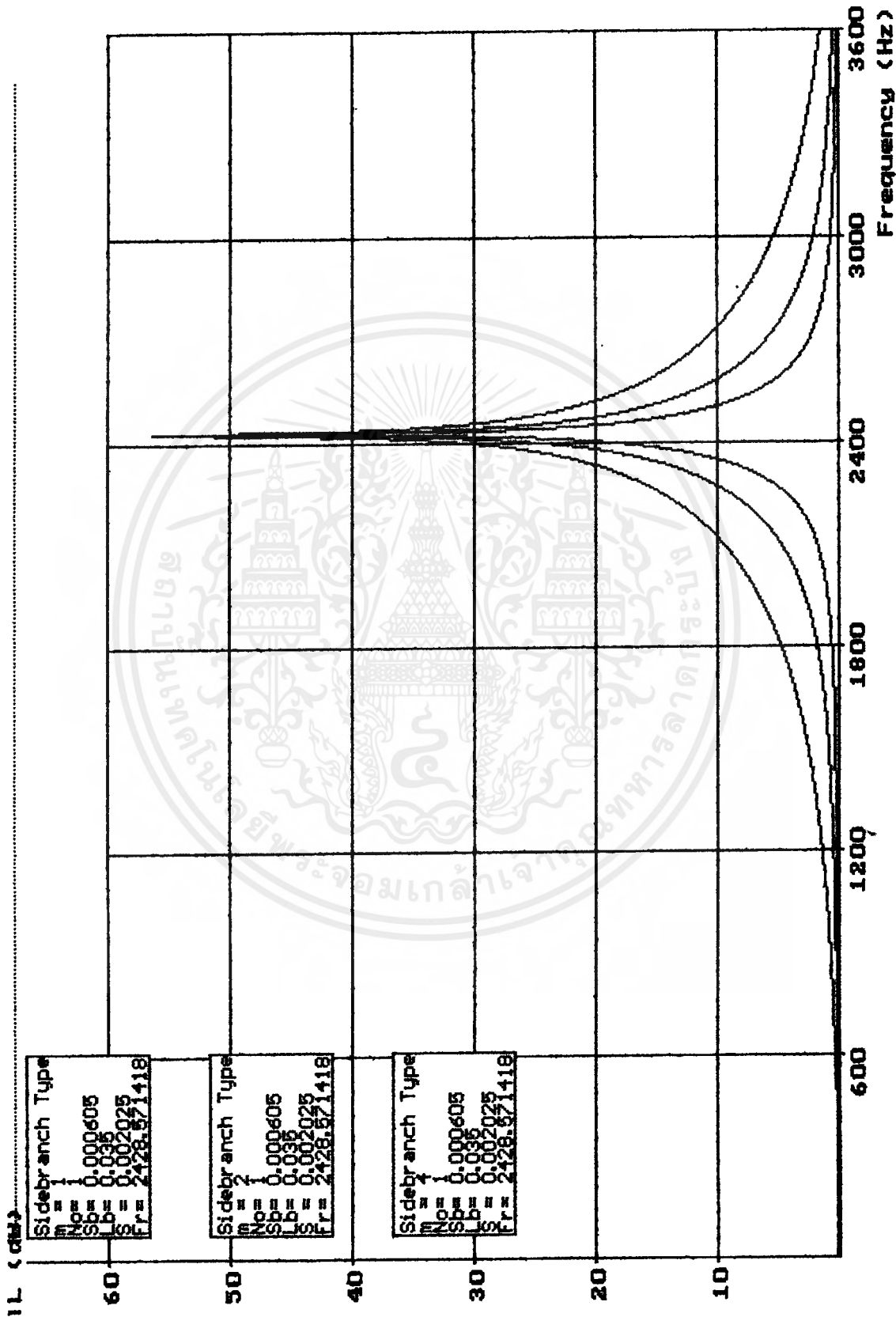
6.1.2 กราฟผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับทฤษฎี

เป็นการนำผลที่ได้จากการทดลองมีลักษณะเป็นจุดที่ความถี่ต่าง ๆ ที่กราฟทางทฤษฎีให้ผลในการระบับเสียงที่ดีที่สุด มาจุดเทียบลงในกราฟทางทฤษฎีเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องลดเสียง ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็นตารางที่ 6.1 ได้ดังนี้

รูปที่ Figure	พื้นที่หน้าตัดภายใน Inner cross section area (Sq.m.)	ความยาว Length (cm.)	จำนวนต่อแถว Number per row	จำนวนแถว Row of resonater
6.2a – 6.2d	0.000079	0.25 – 0.35	1	1
6.3a – 6.3d	0.000299	0.25 – 0.35	1	1
6.4a – 6.4d	0.000531	0.25 – 0.35	1	1
6.5a – 6.5d	0.000605	0.25 – 0.35	1	1
6.6a – 6.6d	0.000079	0.25 – 0.35	1	2
6.7a – 6.7d	0.000299	0.25 – 0.35	1	2
6.8a – 6.8d	0.000531	0.25 – 0.35	1	2
6.9a – 6.9d	0.000605	0.25 – 0.35	1	2
6.10a – 6.10d	0.000079	0.25 – 0.35	1	4
6.11a – 6.11d	0.000299	0.25 – 0.35	1	4
6.12a – 6.12d	0.000531	0.25 – 0.35	1	4
6.13a – 6.13d	0.000605	0.25 – 0.35	1	4
6.14a – 6.14d	0.000079	0.25 – 0.35	2	1
6.15a – 6.15d	0.000299	0.25 – 0.35	2	1
6.16a – 6.16d	0.000531	0.25 – 0.35	2	1
6.17a – 6.17d	0.000605	0.25 – 0.35	2	1
6.18a – 6.18d	0.000079	0.25 – 0.35	4	1
6.19a – 6.19d	0.000299	0.25 – 0.35	4	1
6.20a – 6.20d	0.000531	0.25 – 0.35	4	1
6.21a – 6.21d	0.000605	0.25 – 0.35	4	1

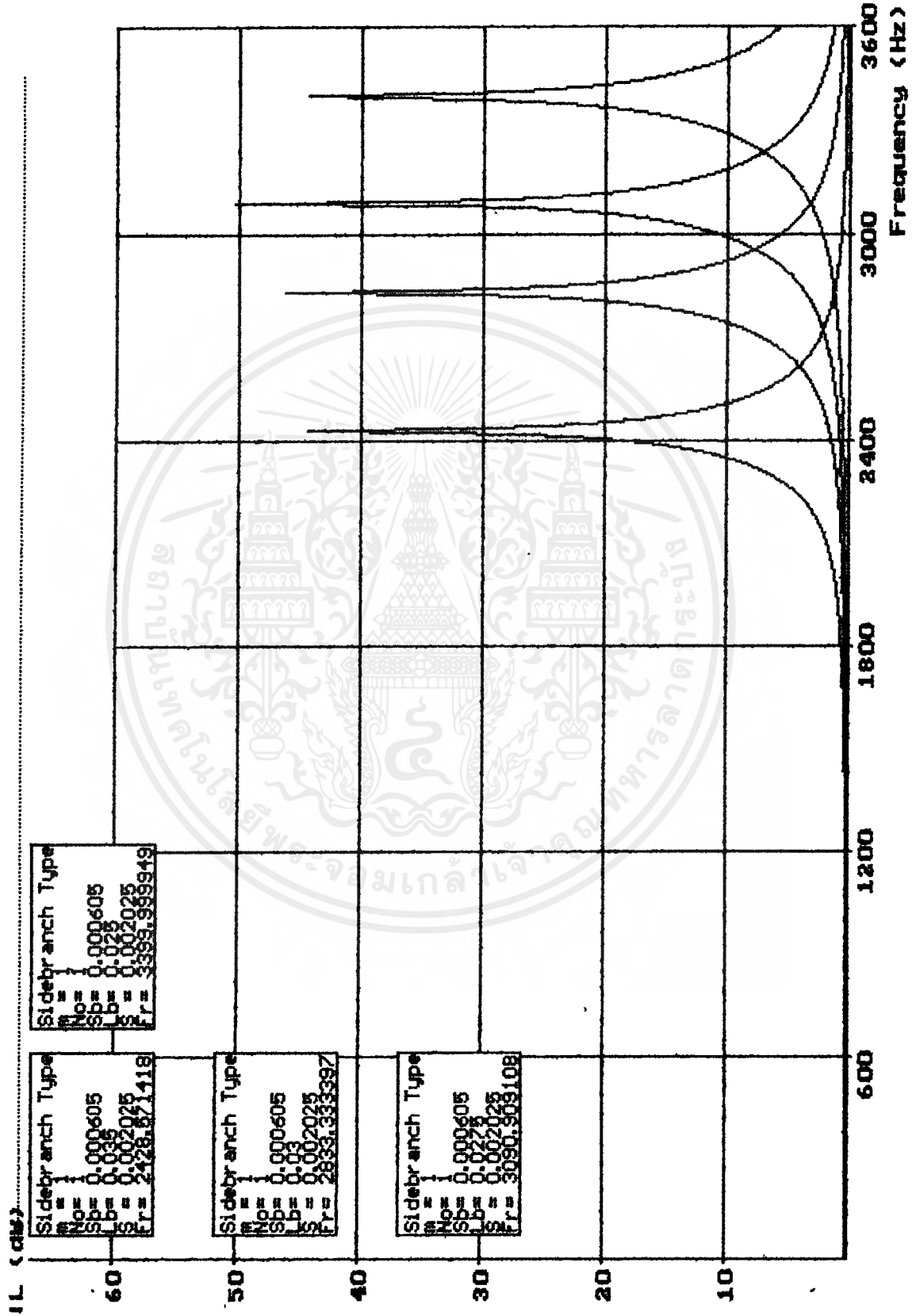
ตารางที่ 6.1 แสดงจำนวนรูปผลการทดลองปริมาณการลดเสียงเทียบกับทฤษฎีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนแถว, ความยาว (0.25, 0.275, 0.3, 0.35 cm.) และพื้นที่หน้าตัดของเครื่องลดเสียง

รูปที่ 6.1a



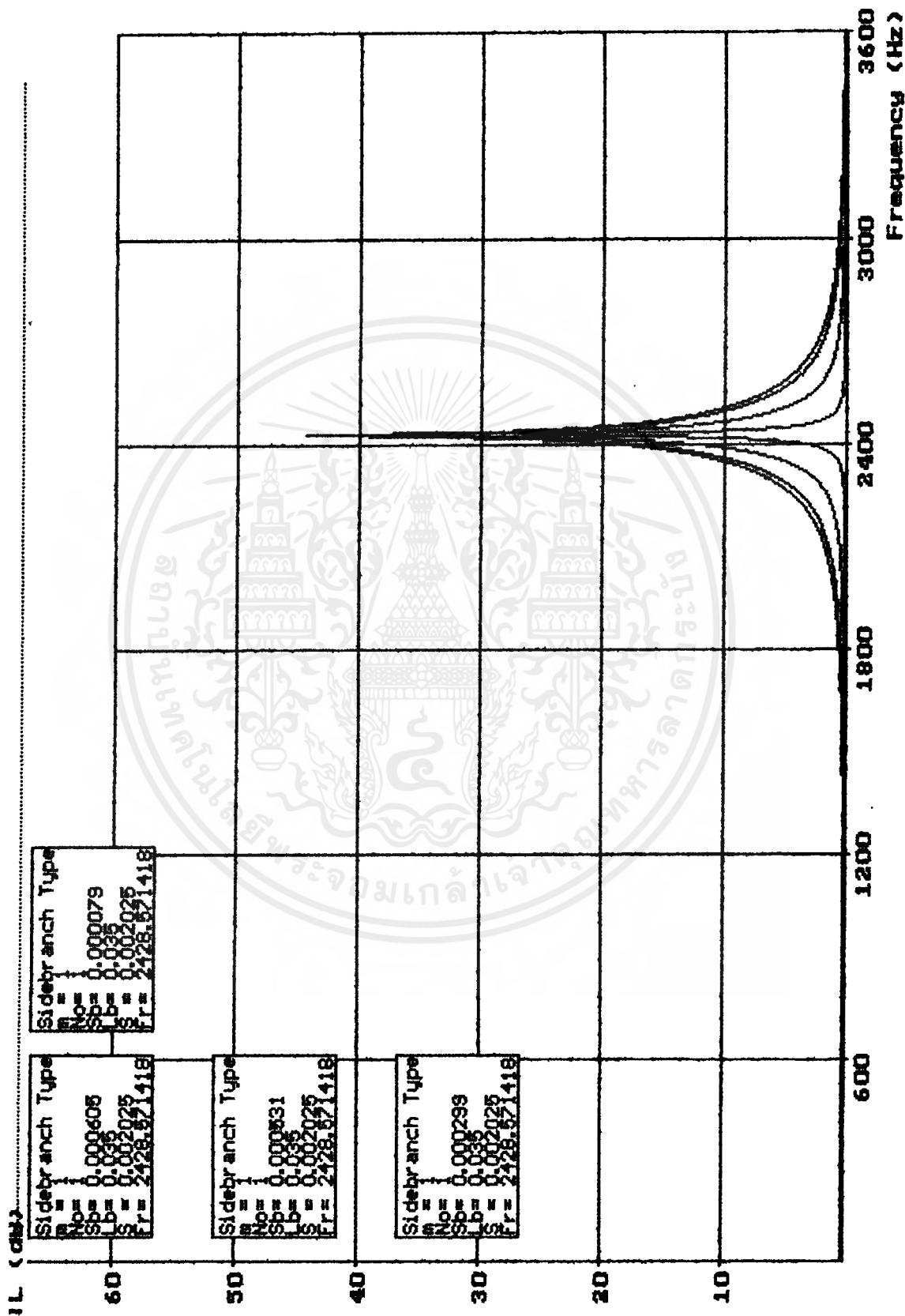
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.1b

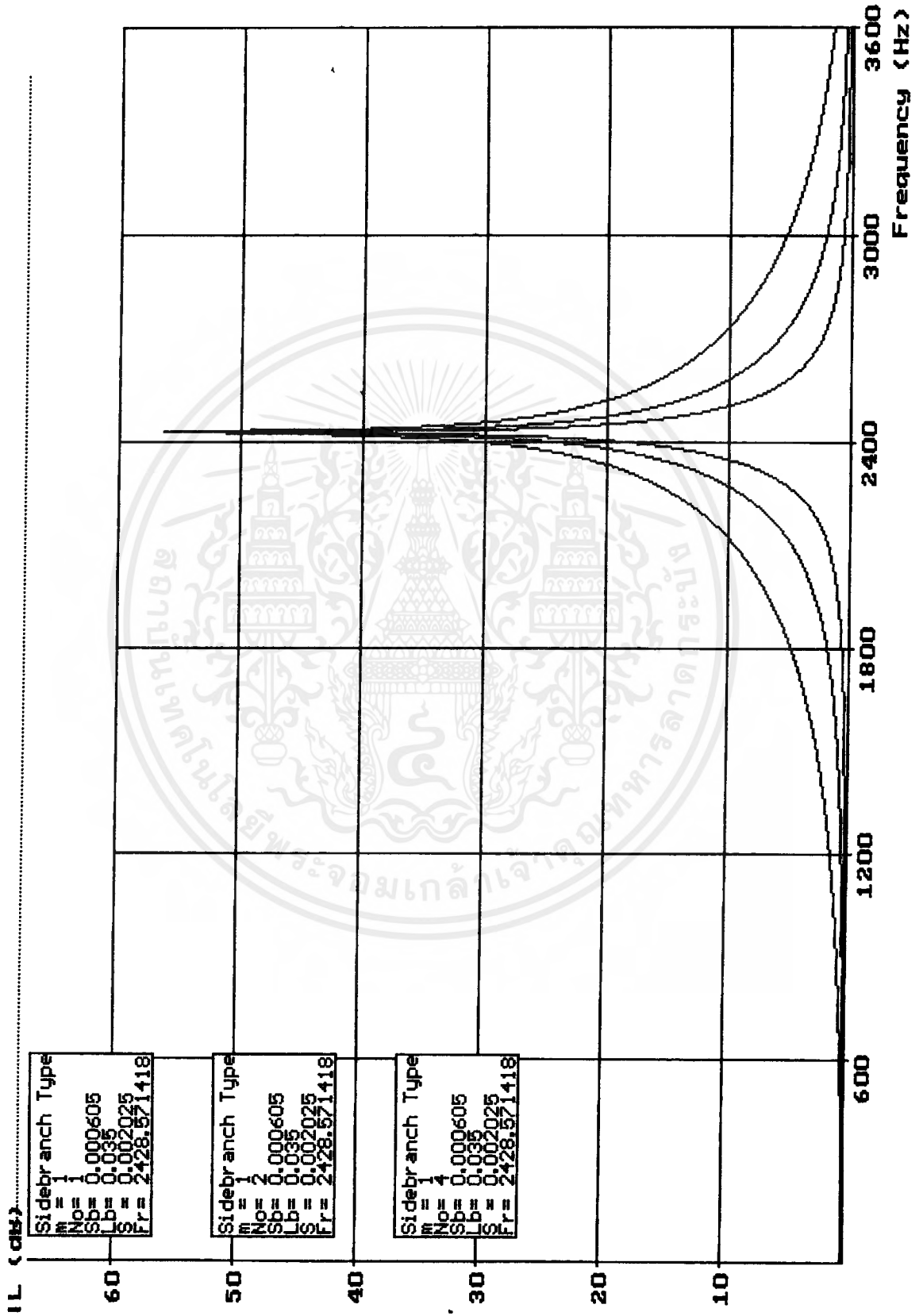


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวทช. อนุญาตให้นำไปใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.1c

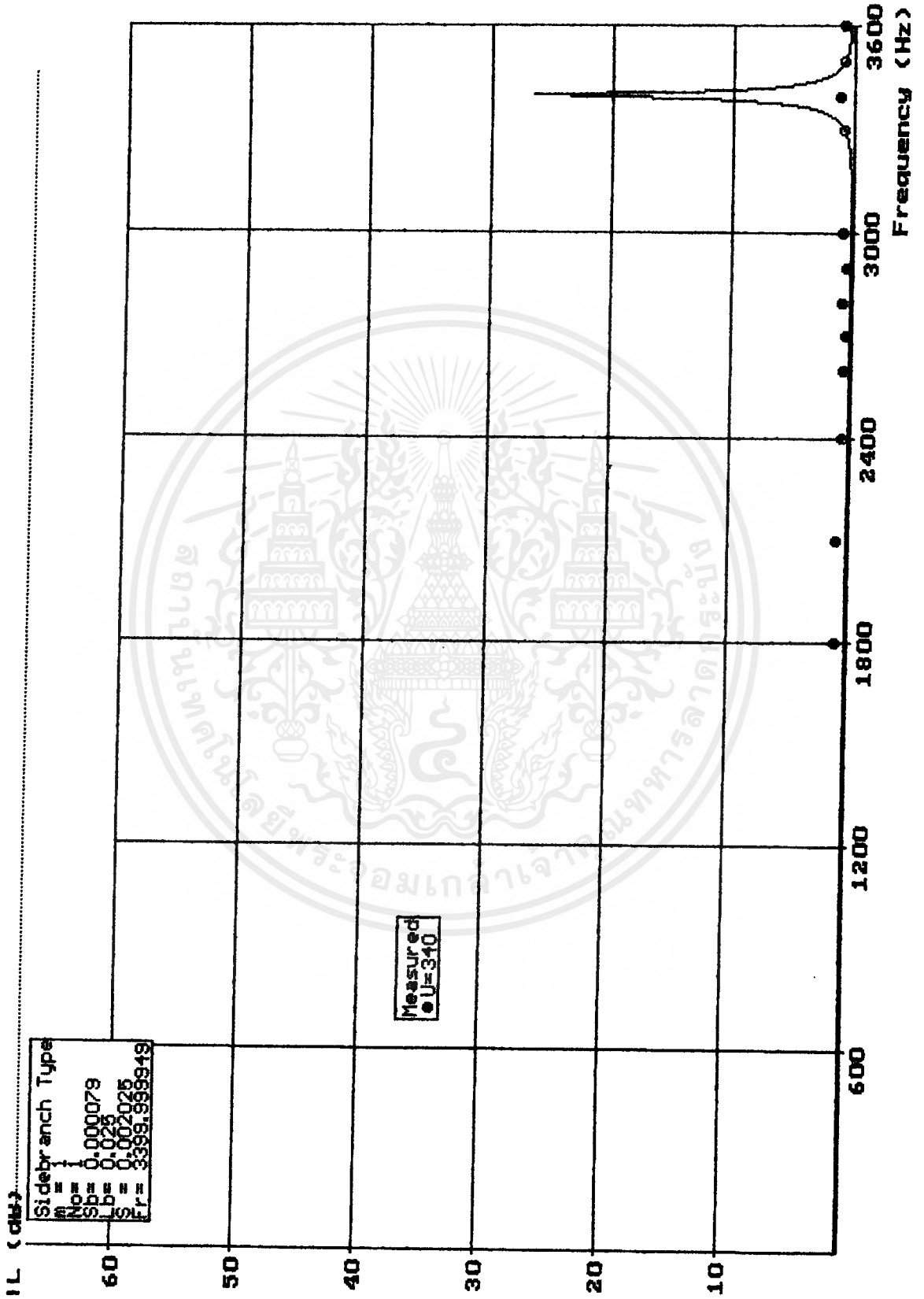


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

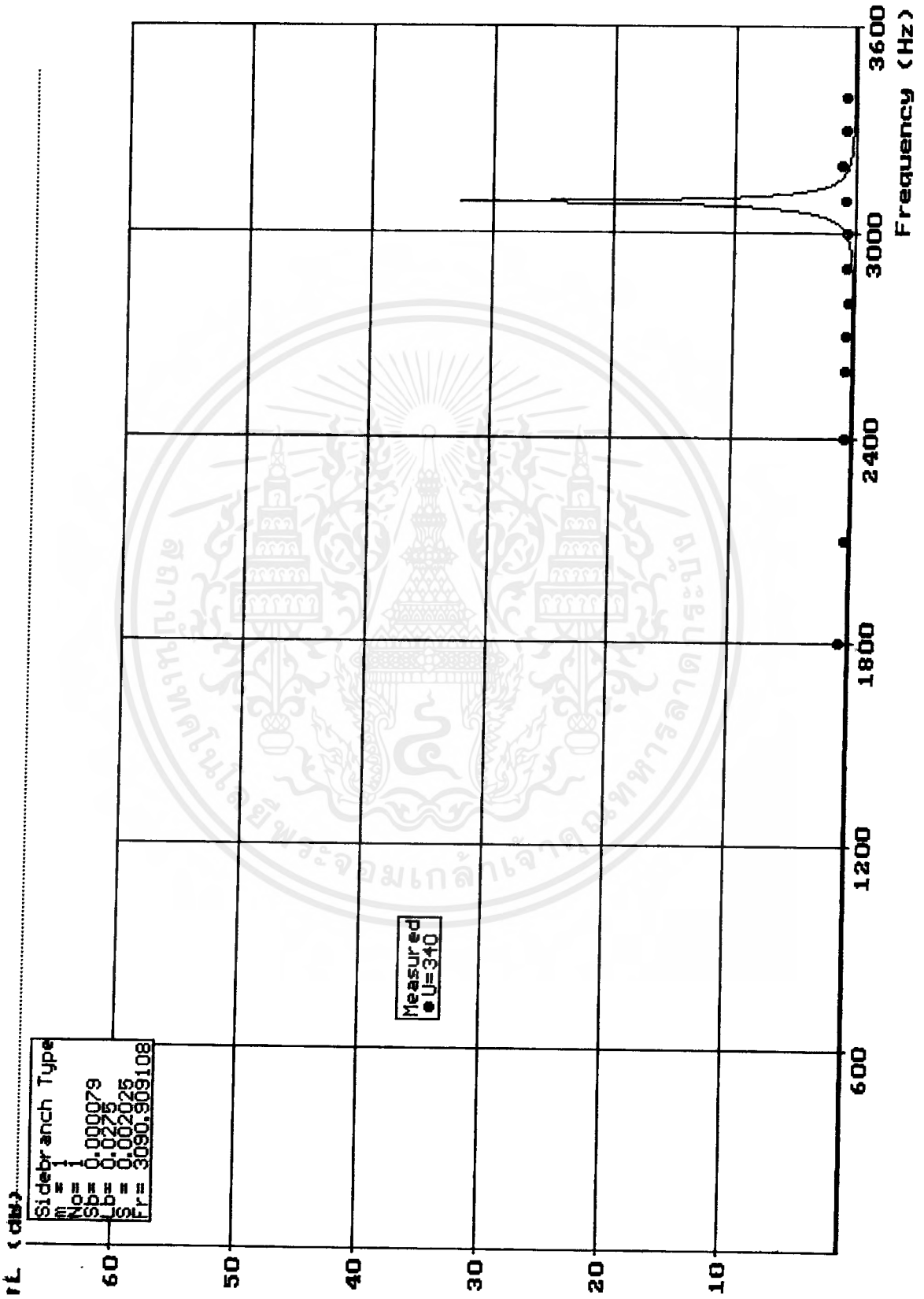


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.2a



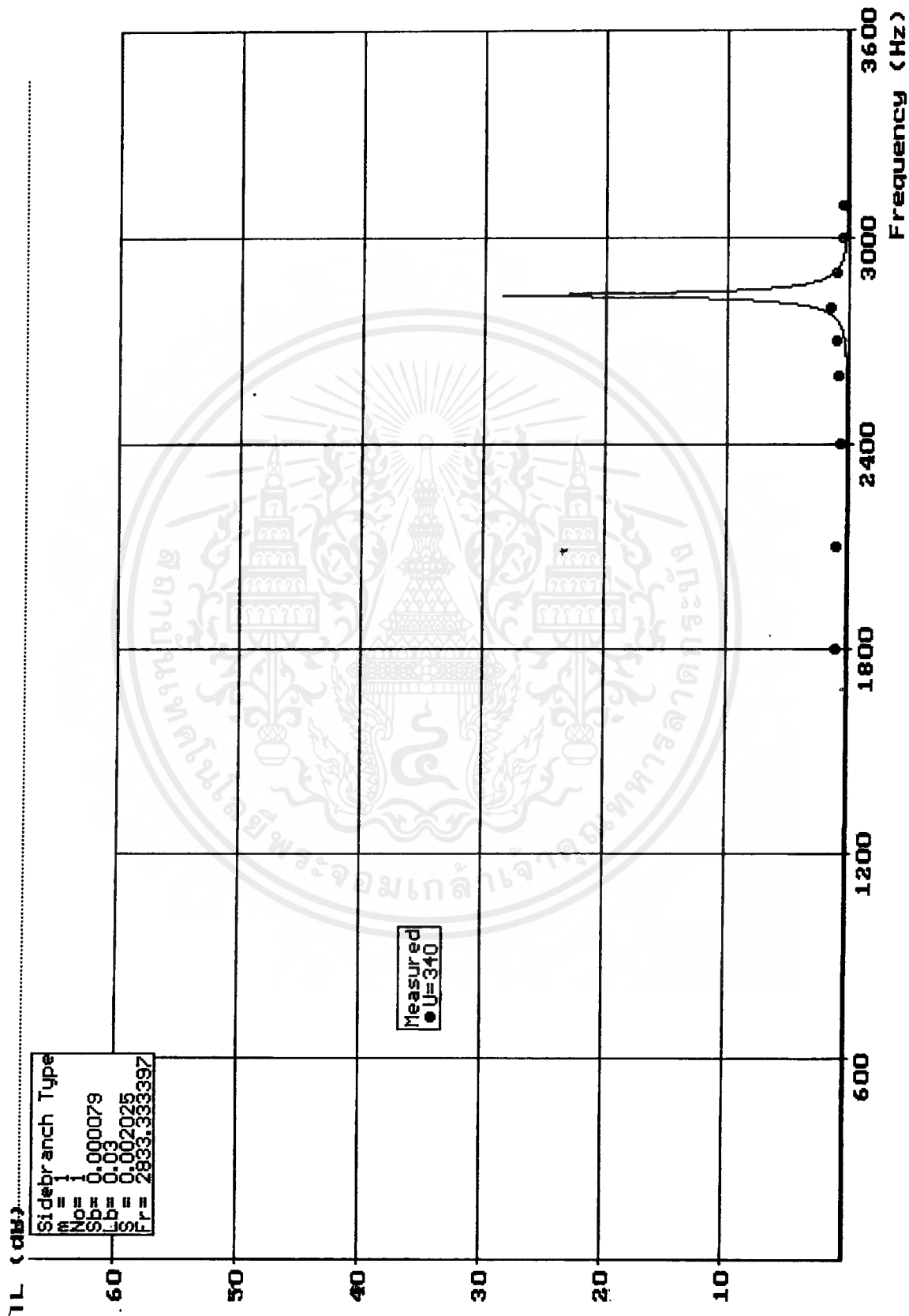
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.2b

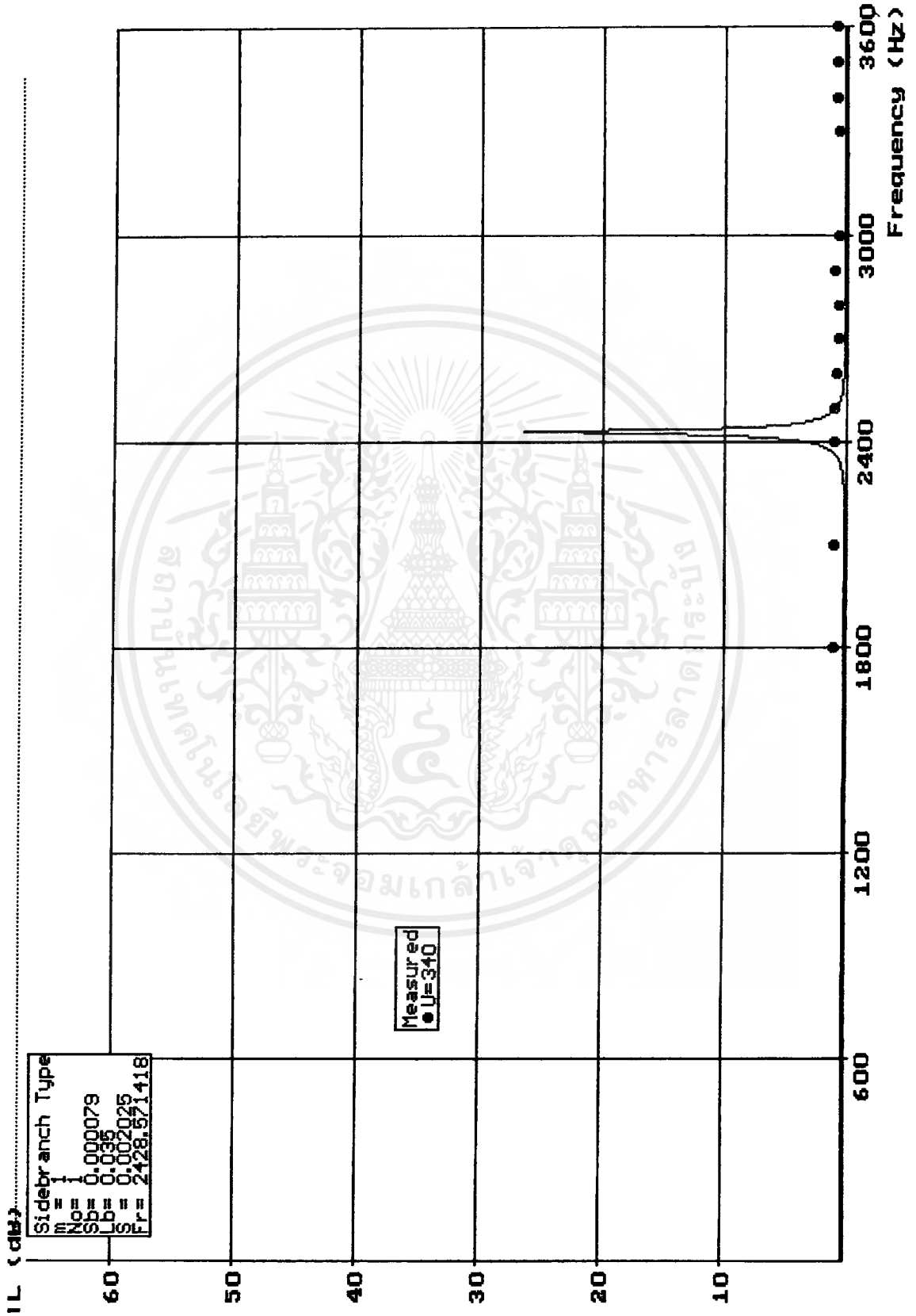
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.2c

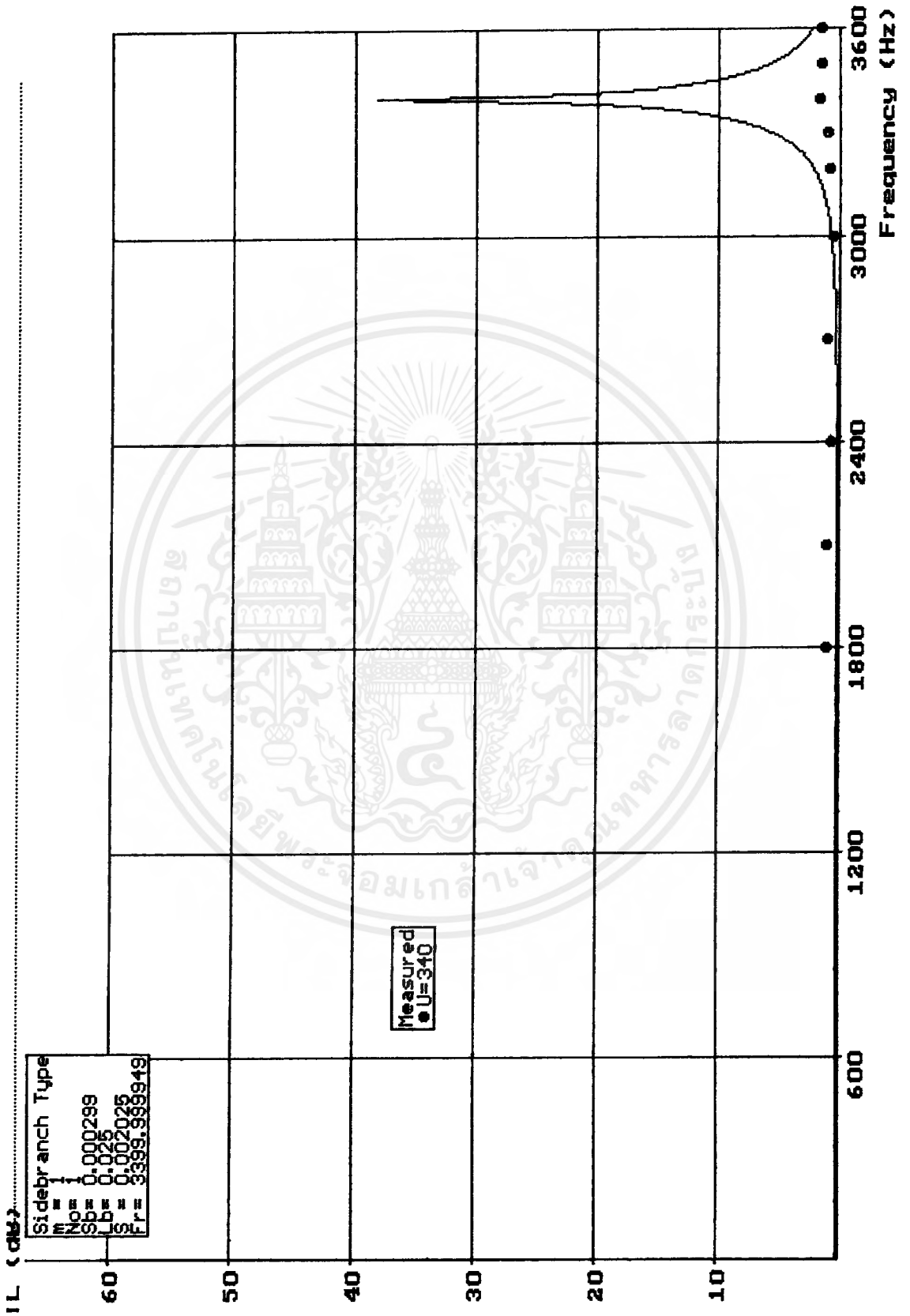


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.2d

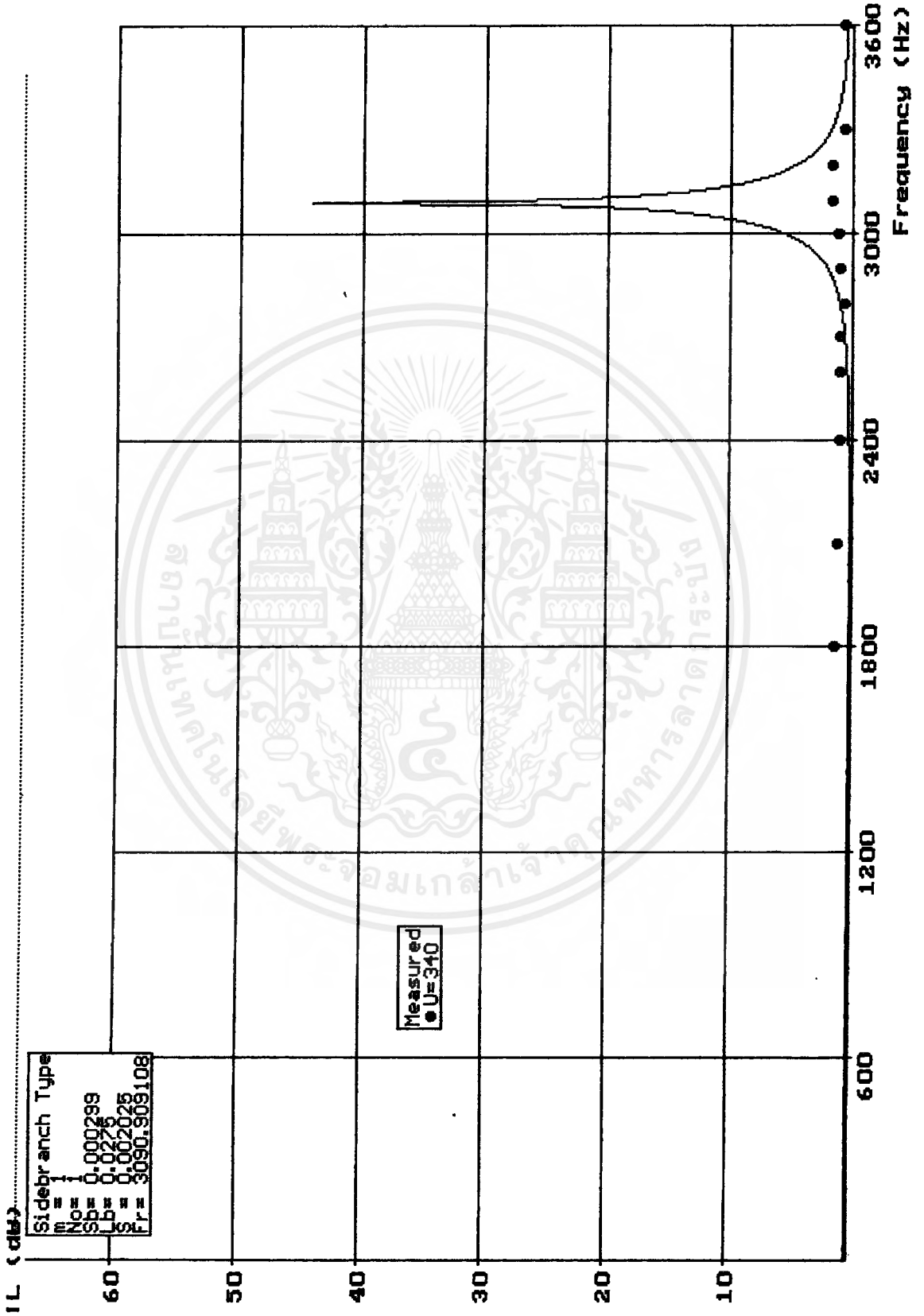


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



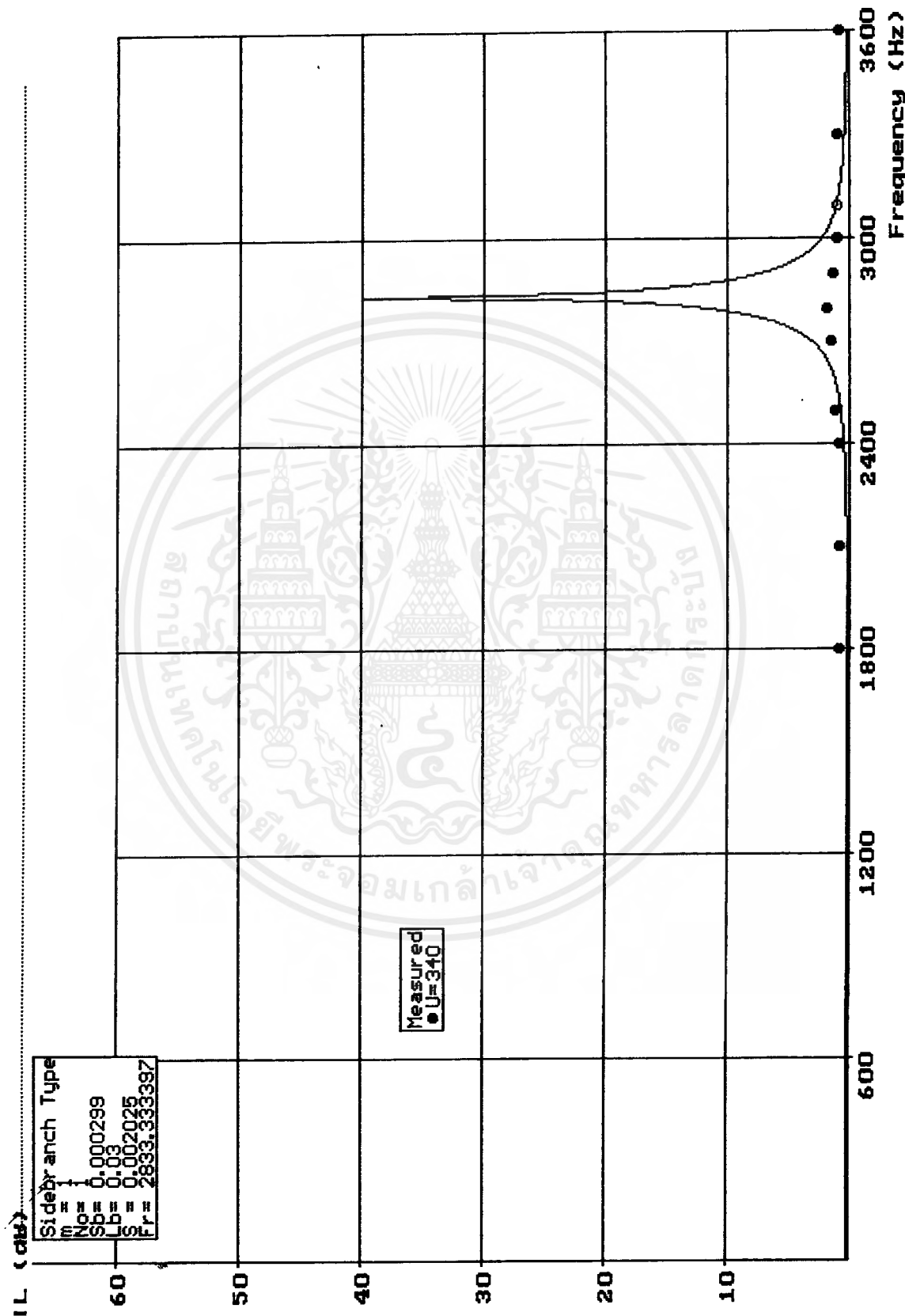
รูปที่ 6.3a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



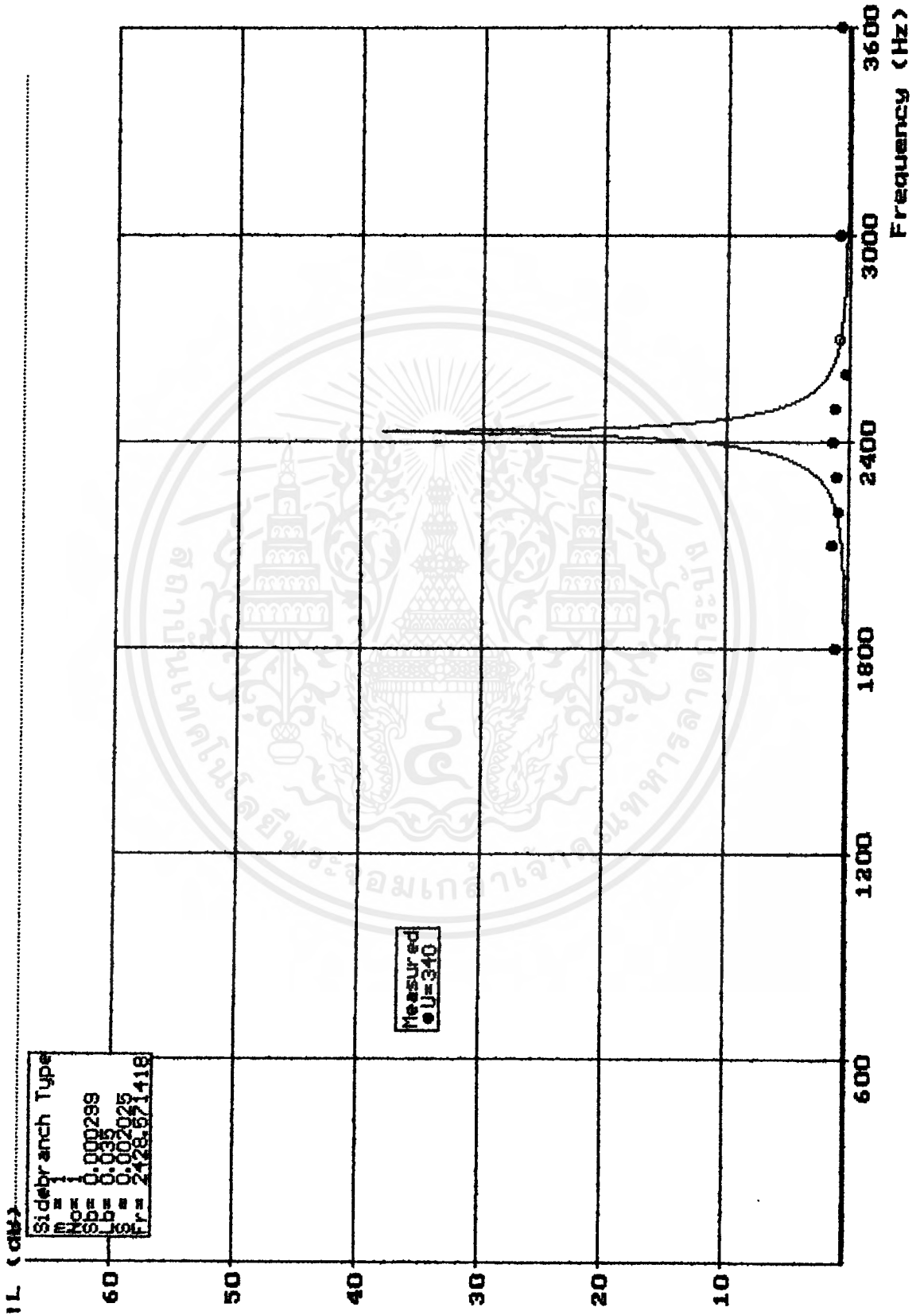
รูปที่ 6.3b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



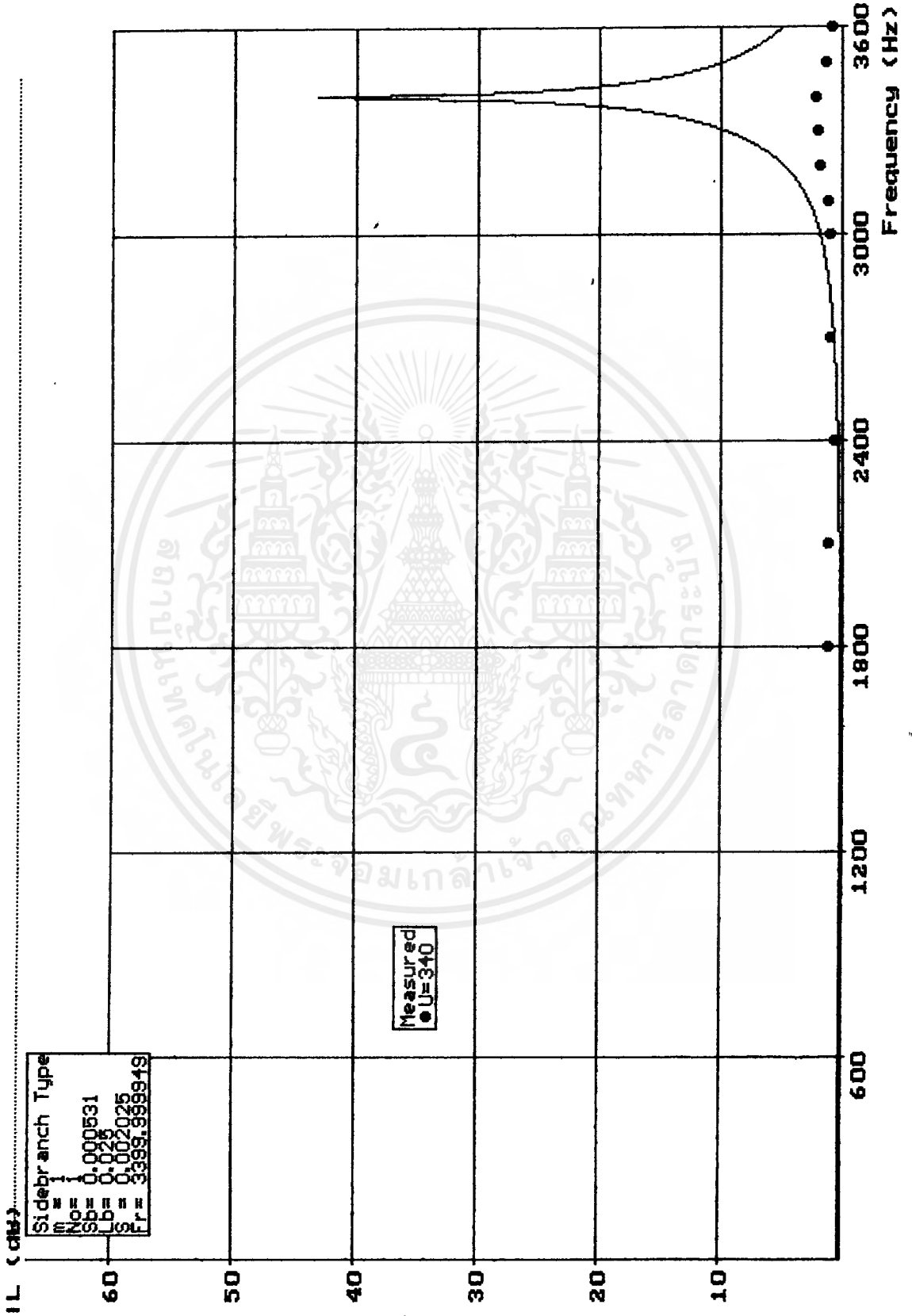
รูปที่ 6.3c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

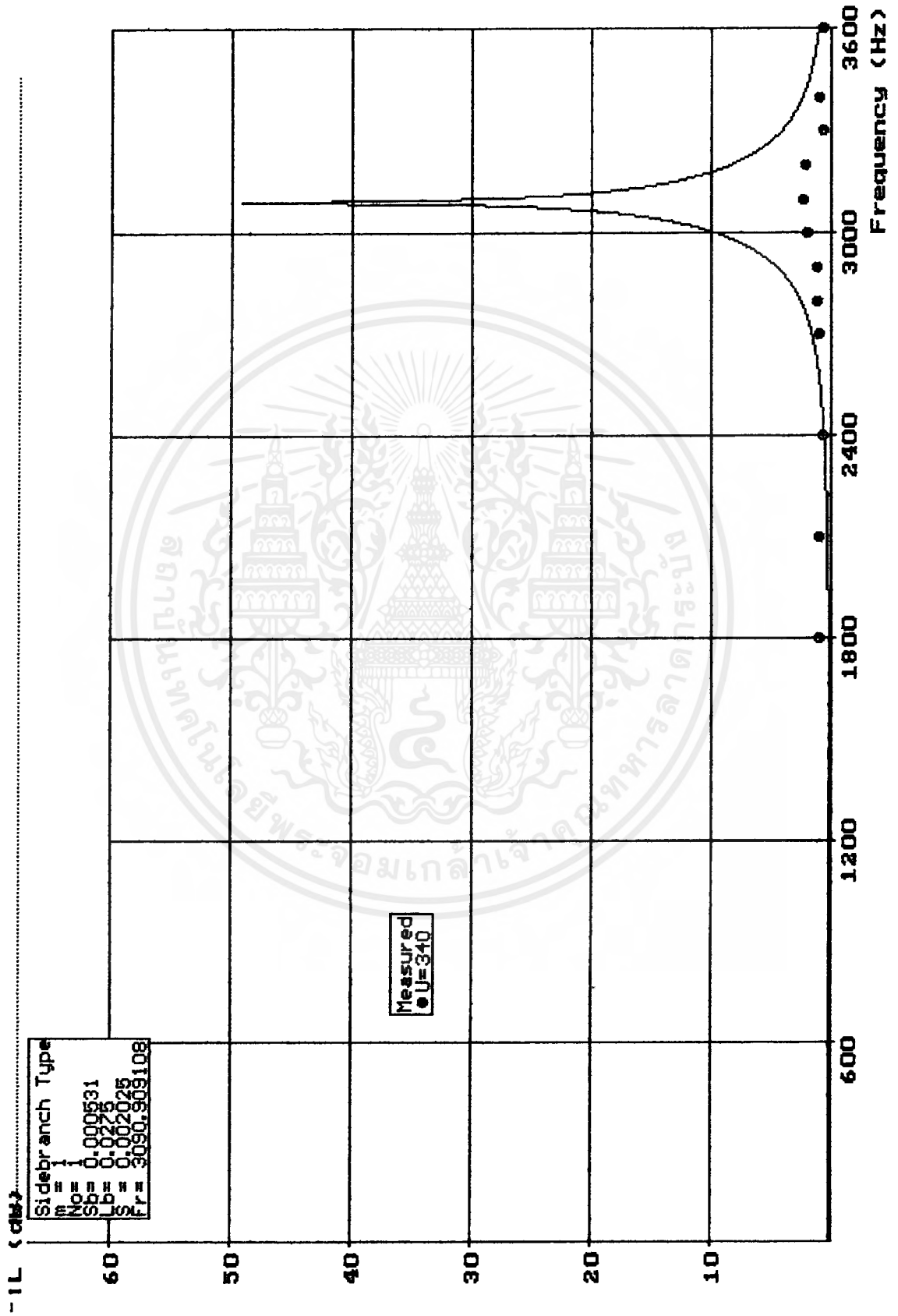


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.4a



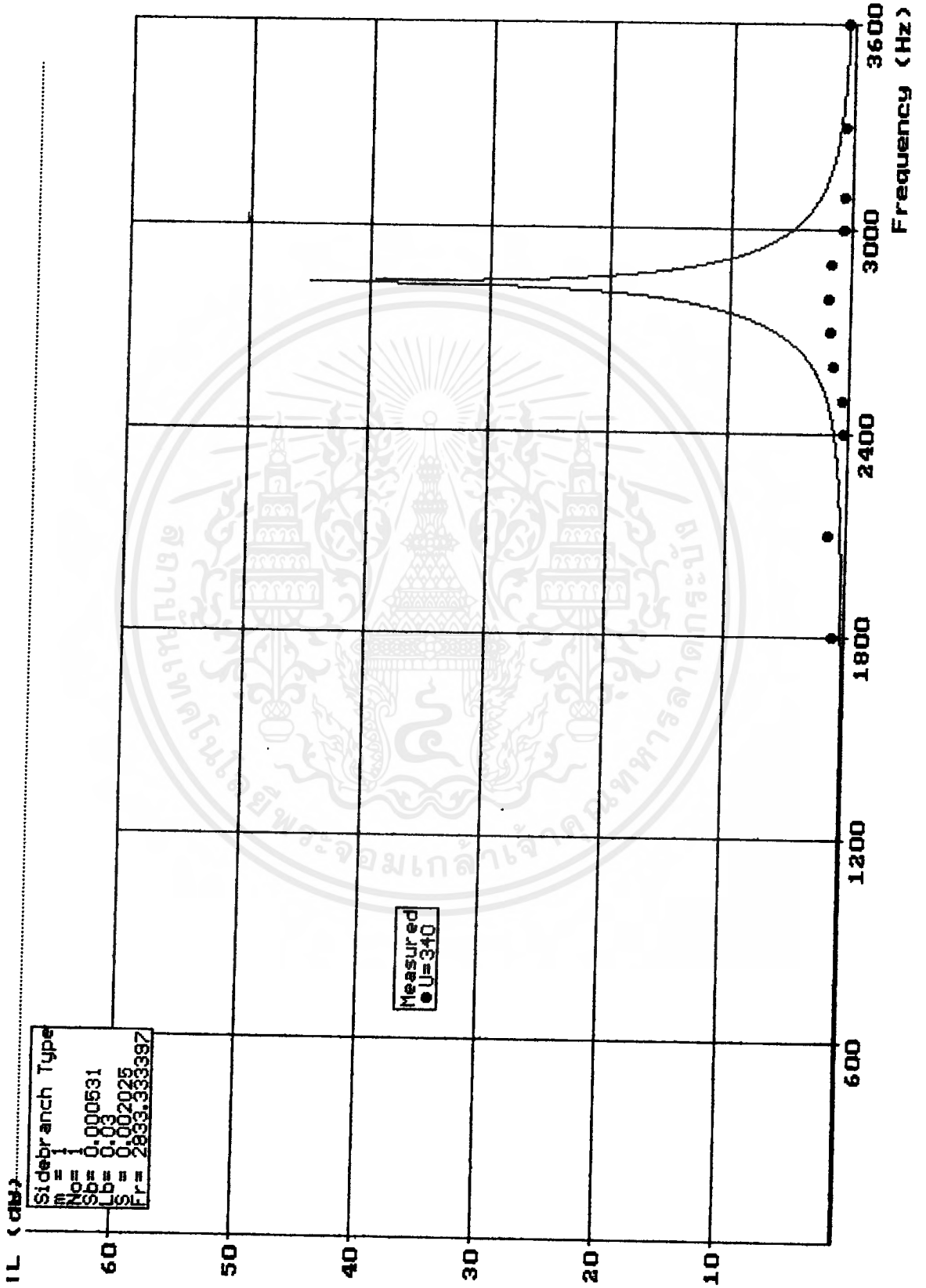
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่วารณใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



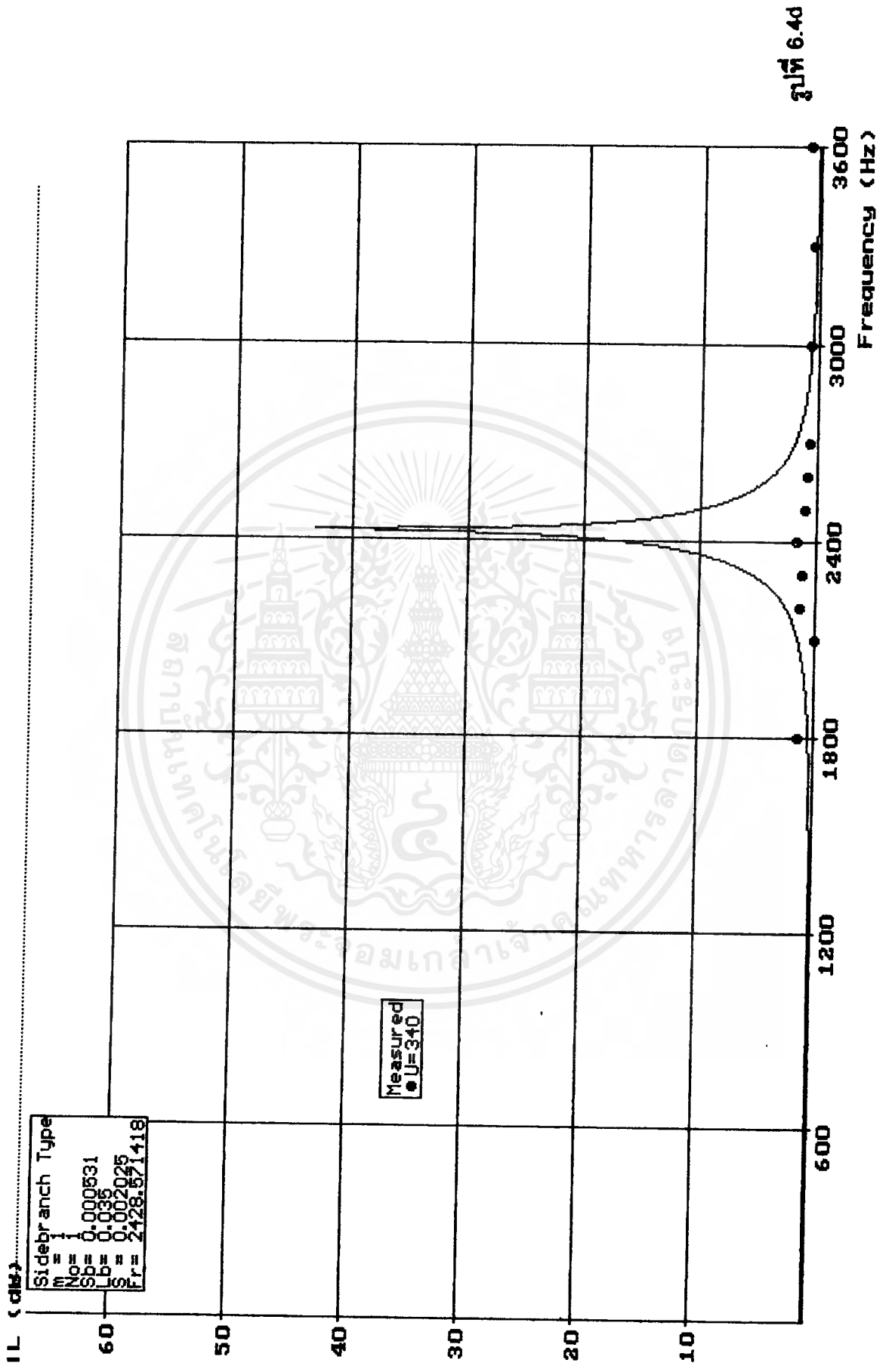
รูปที่ 6.4b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

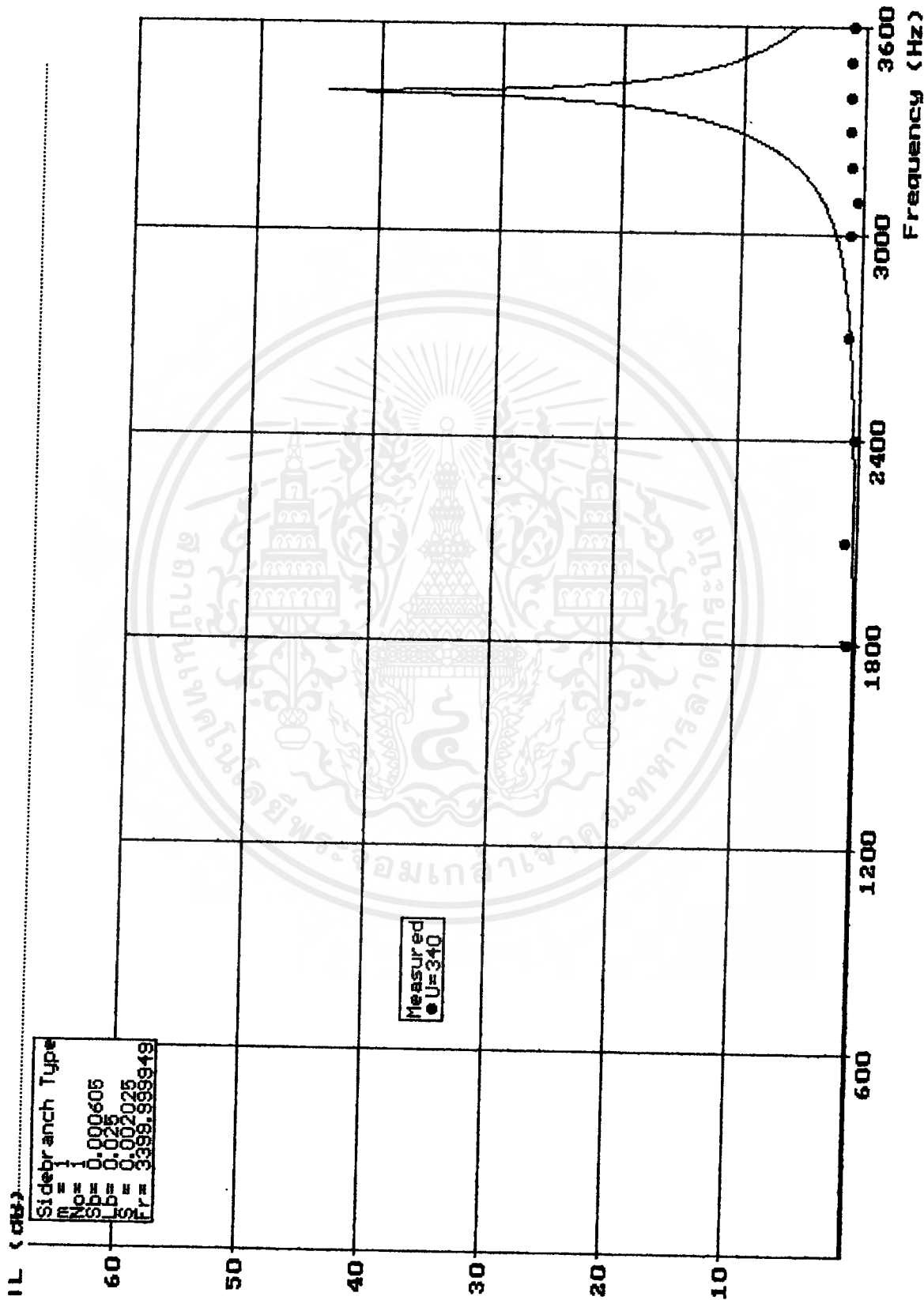
รูปที่ 6.4c



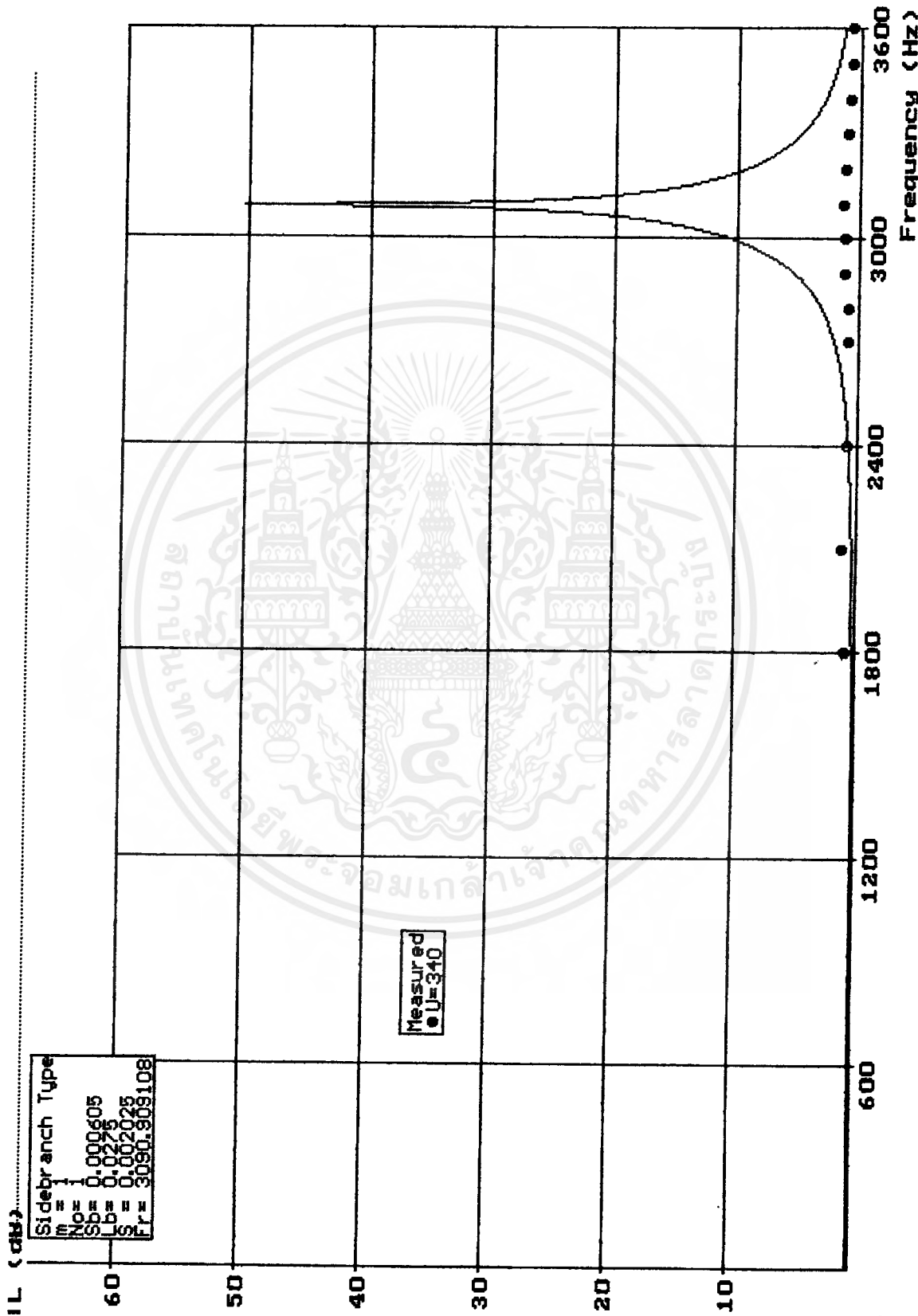
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



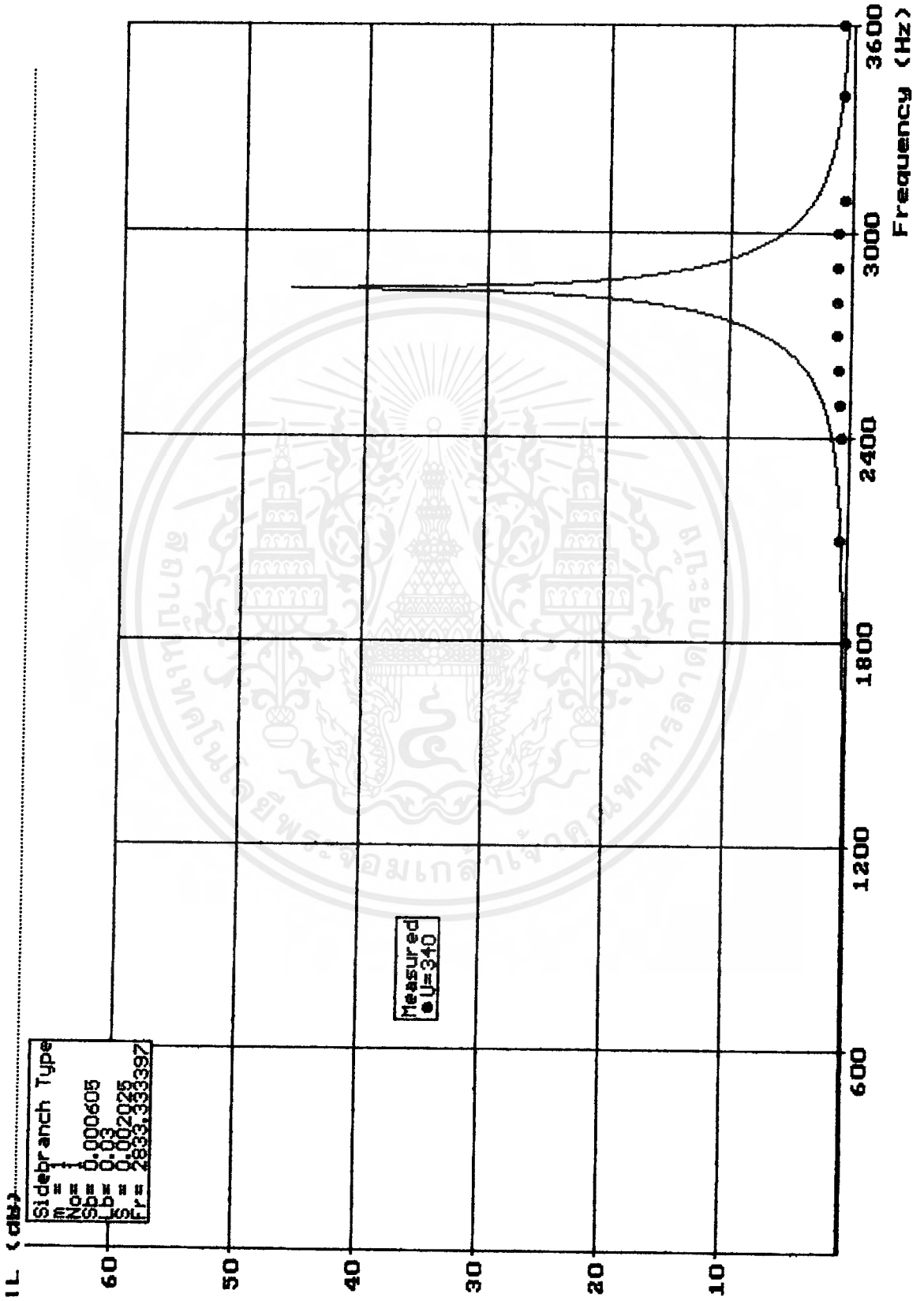
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



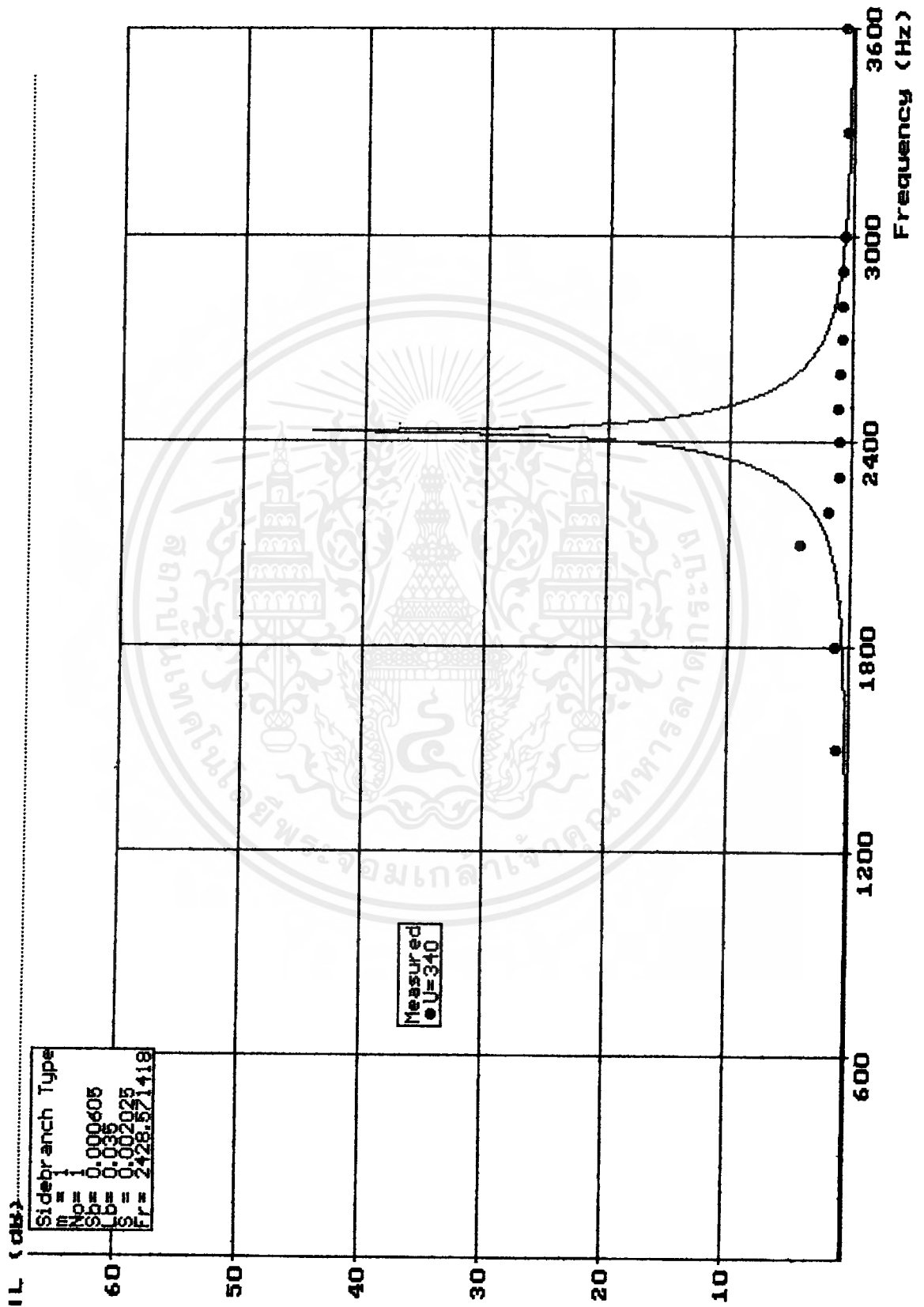
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



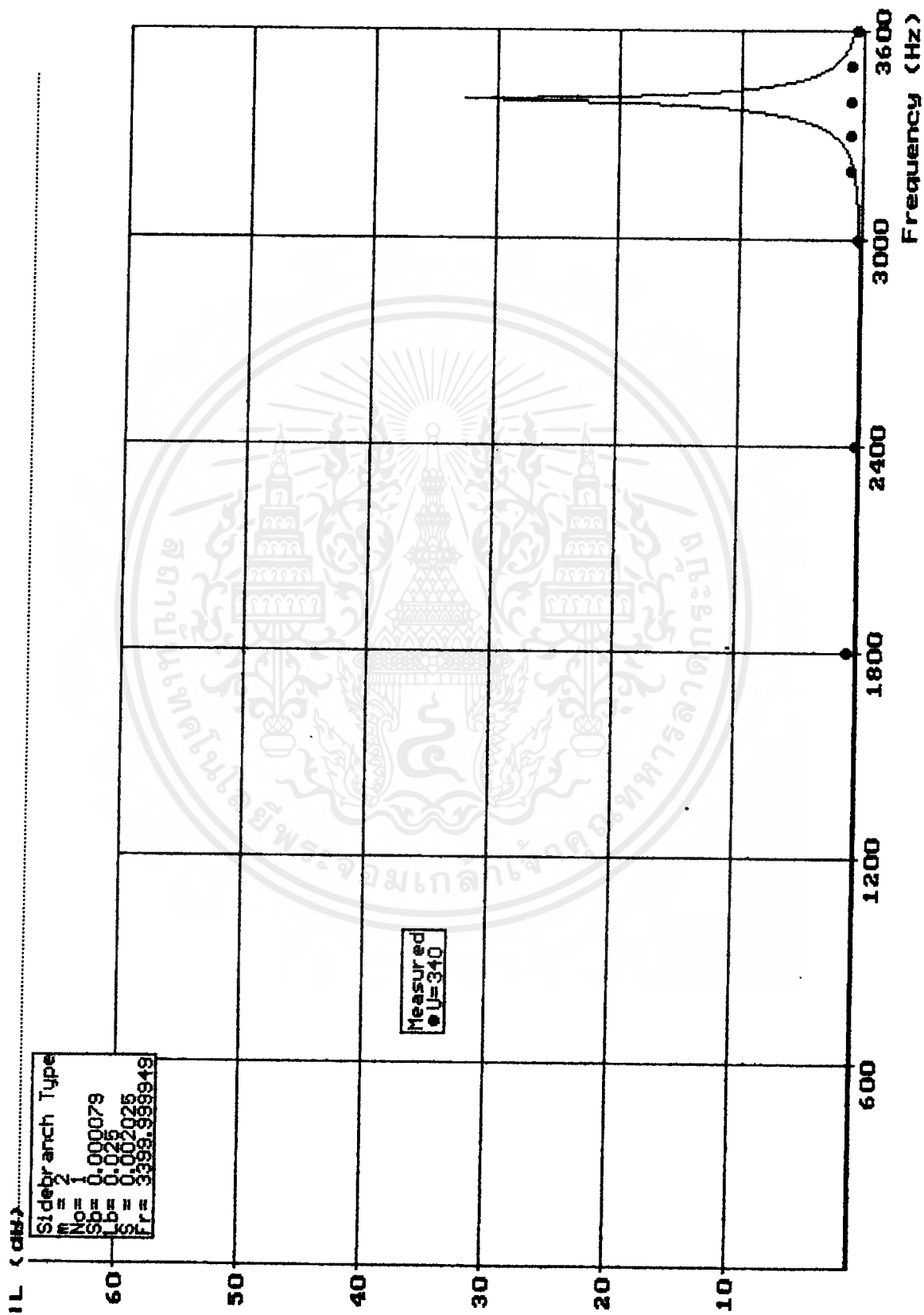
รูปที่ 6.5c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.5d

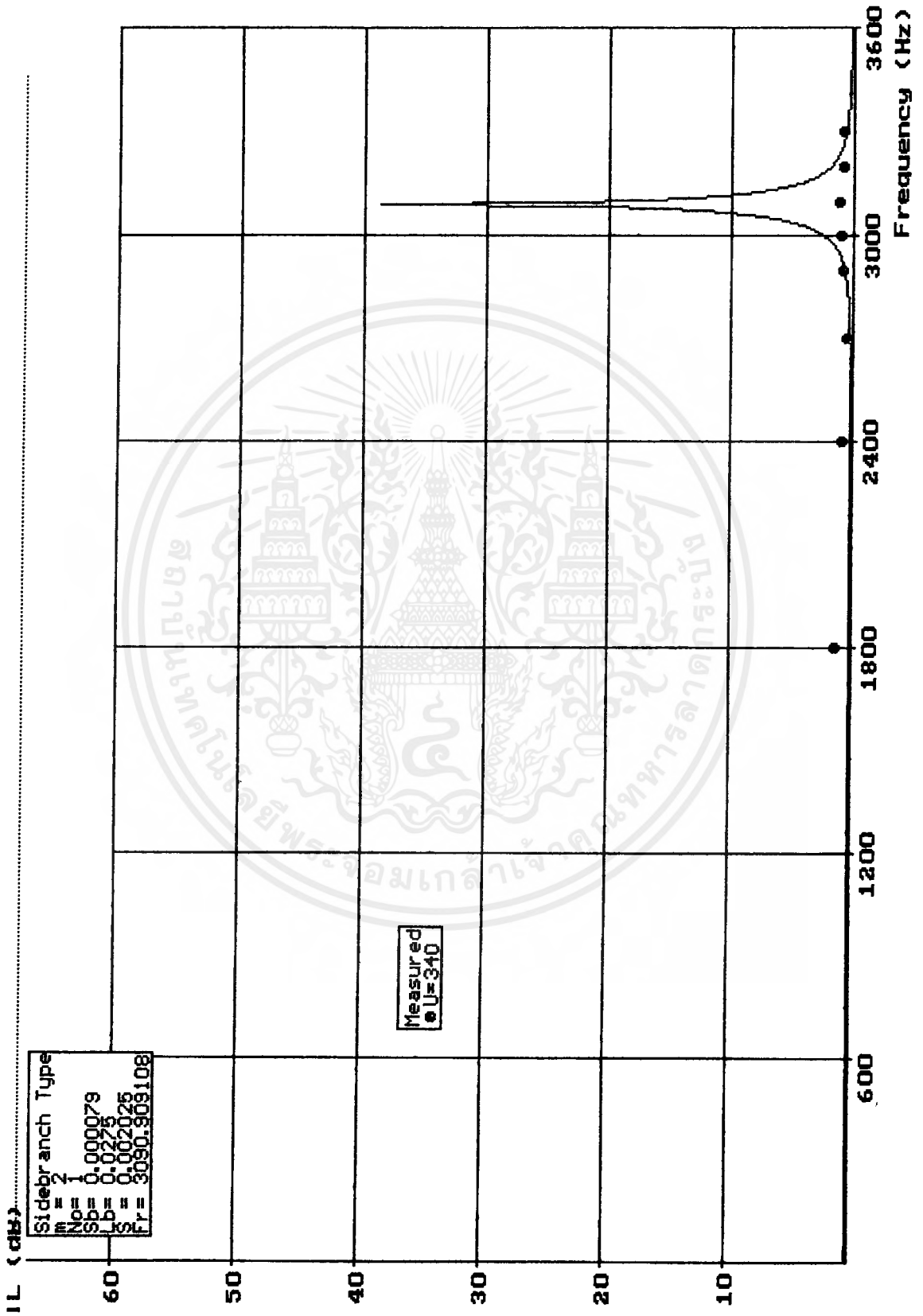


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



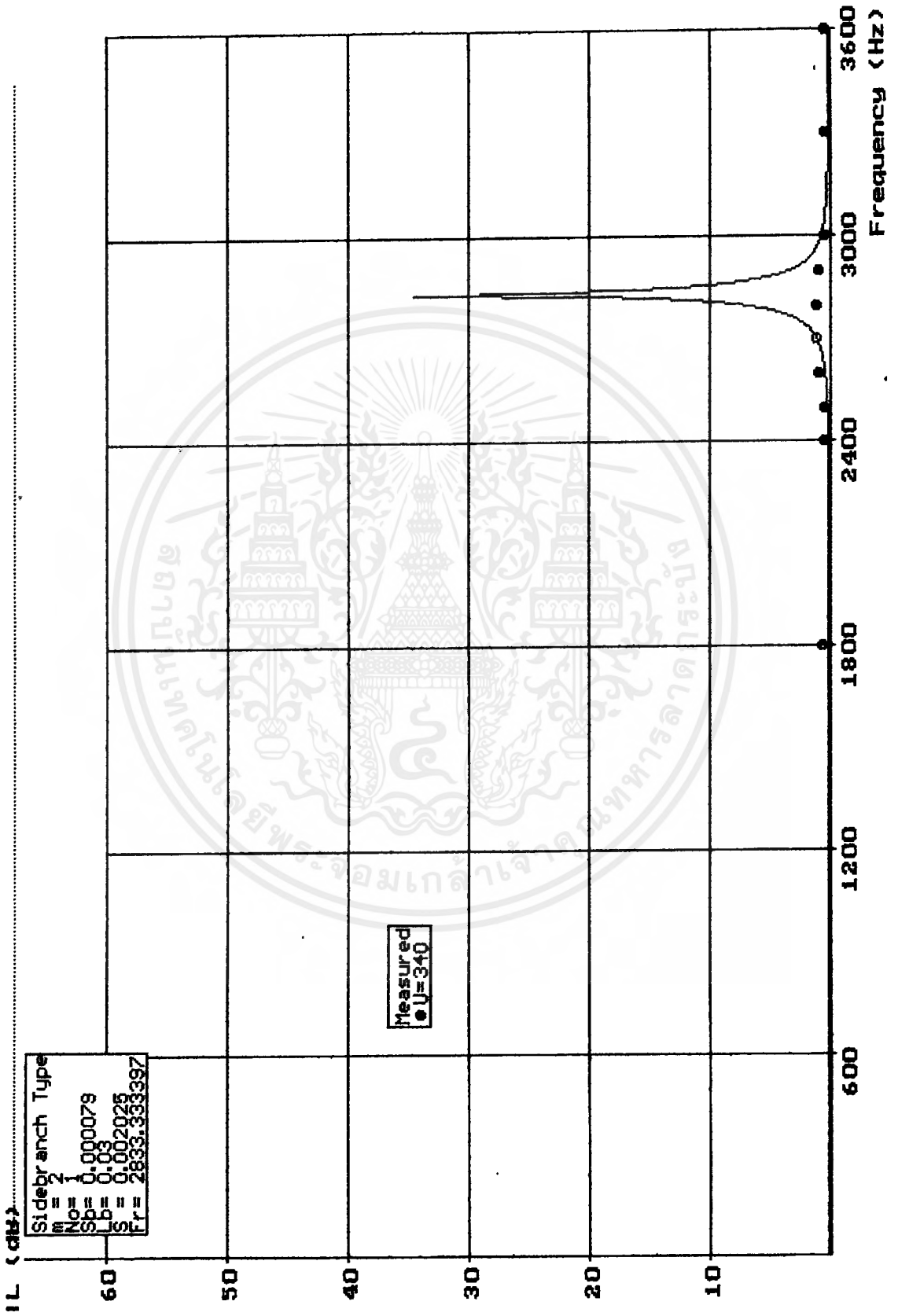
รูปที่ 6.6a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



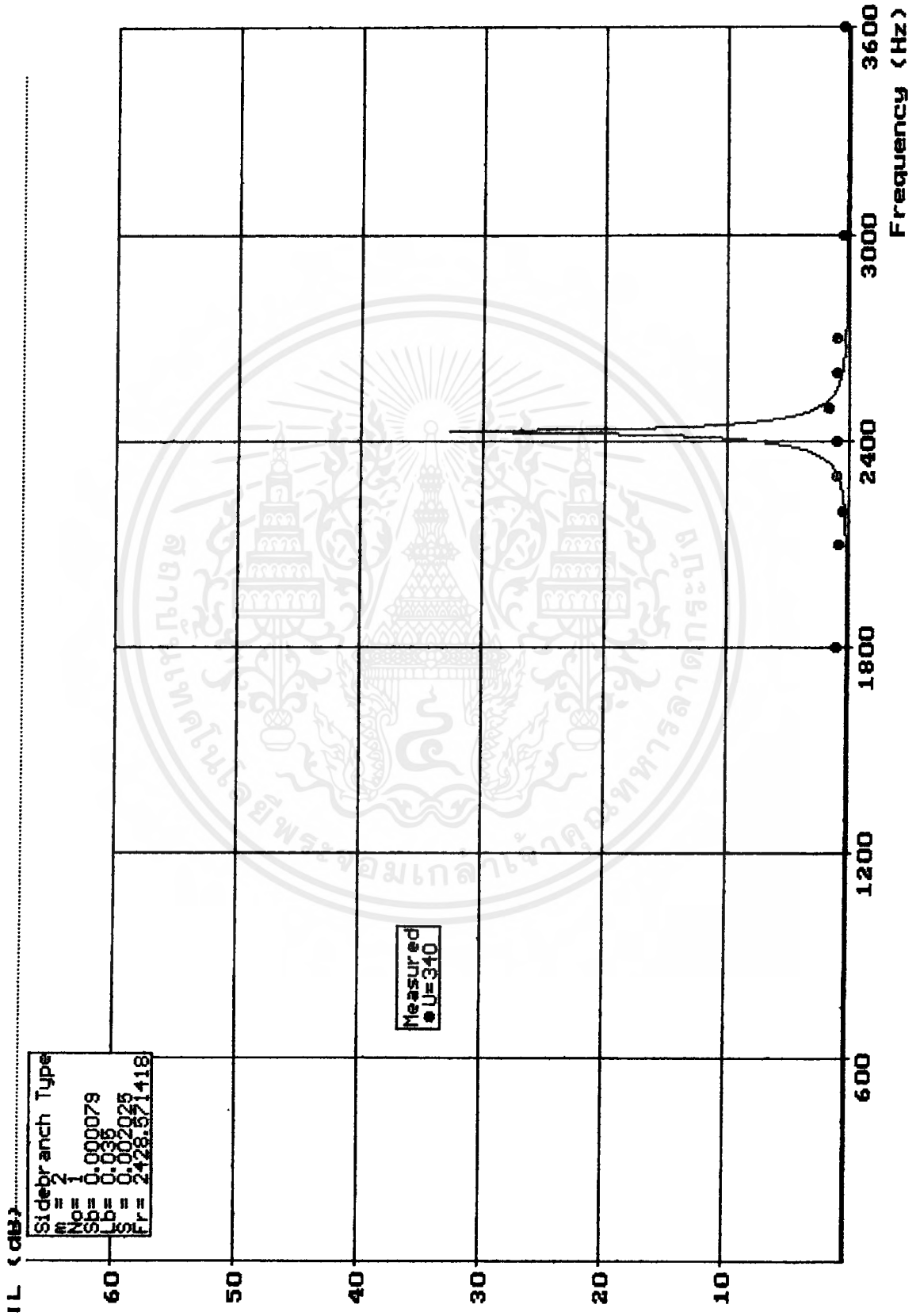
รูปที่ 6.6b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

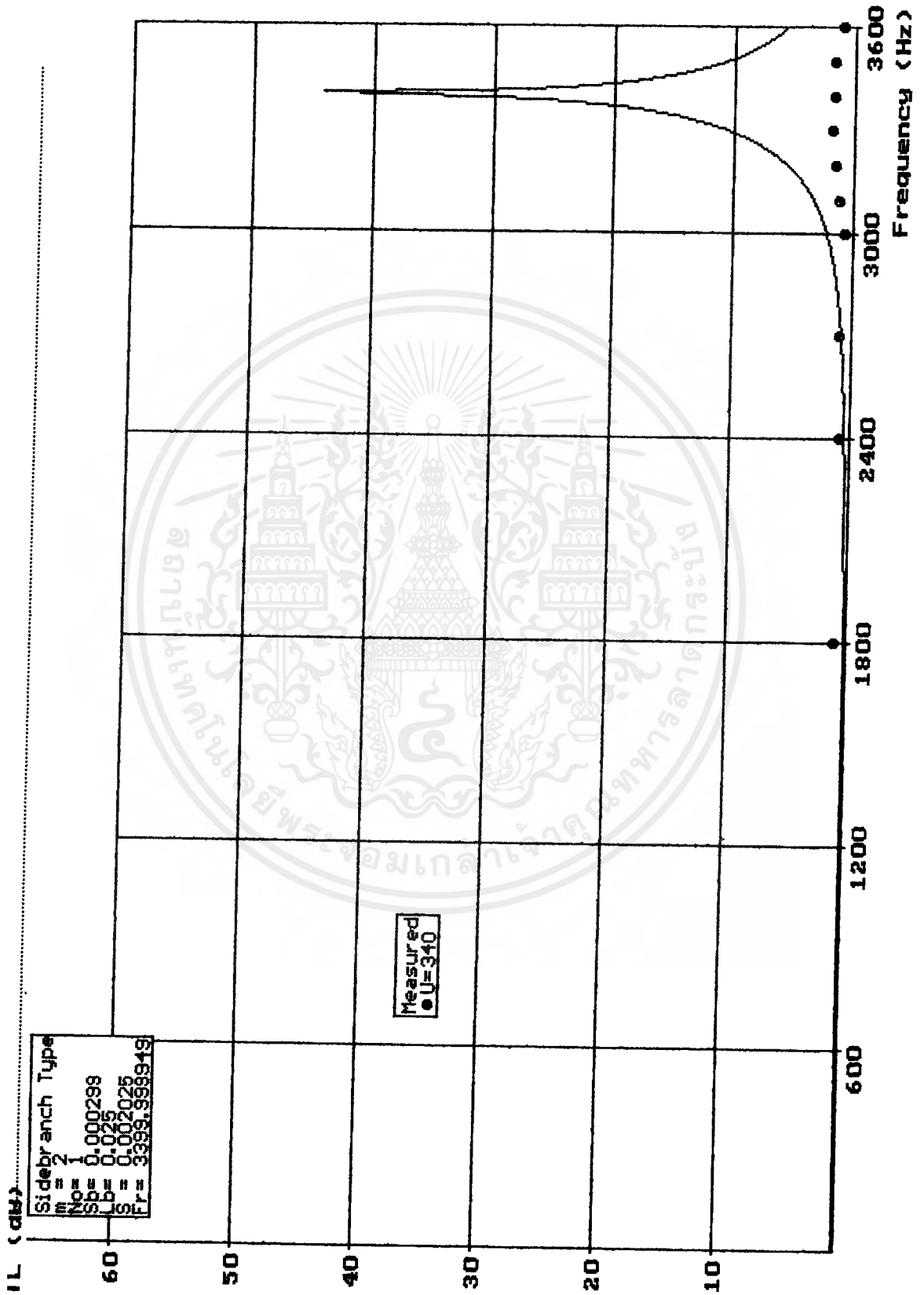


รูปที่ 6.6c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

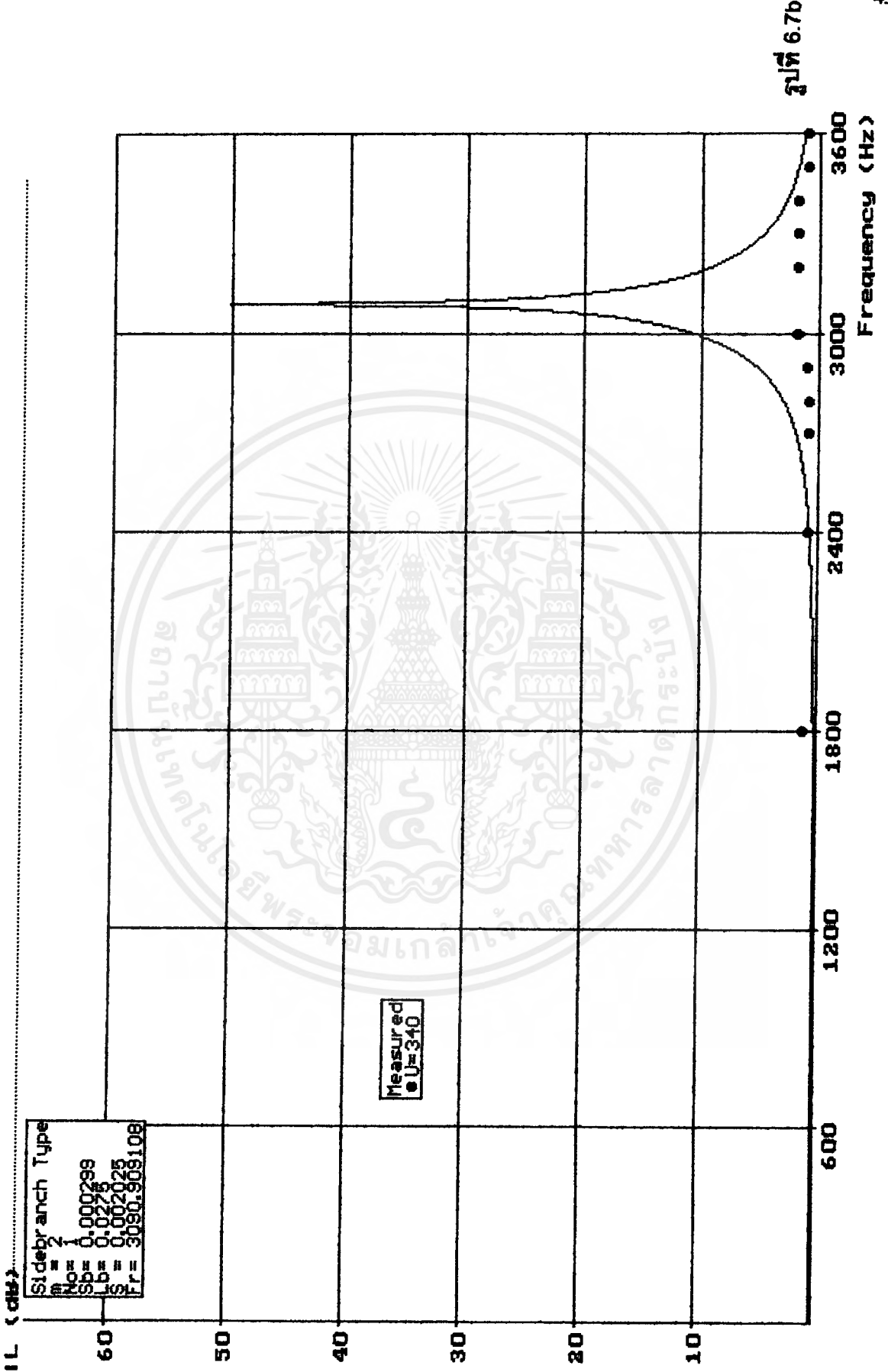


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

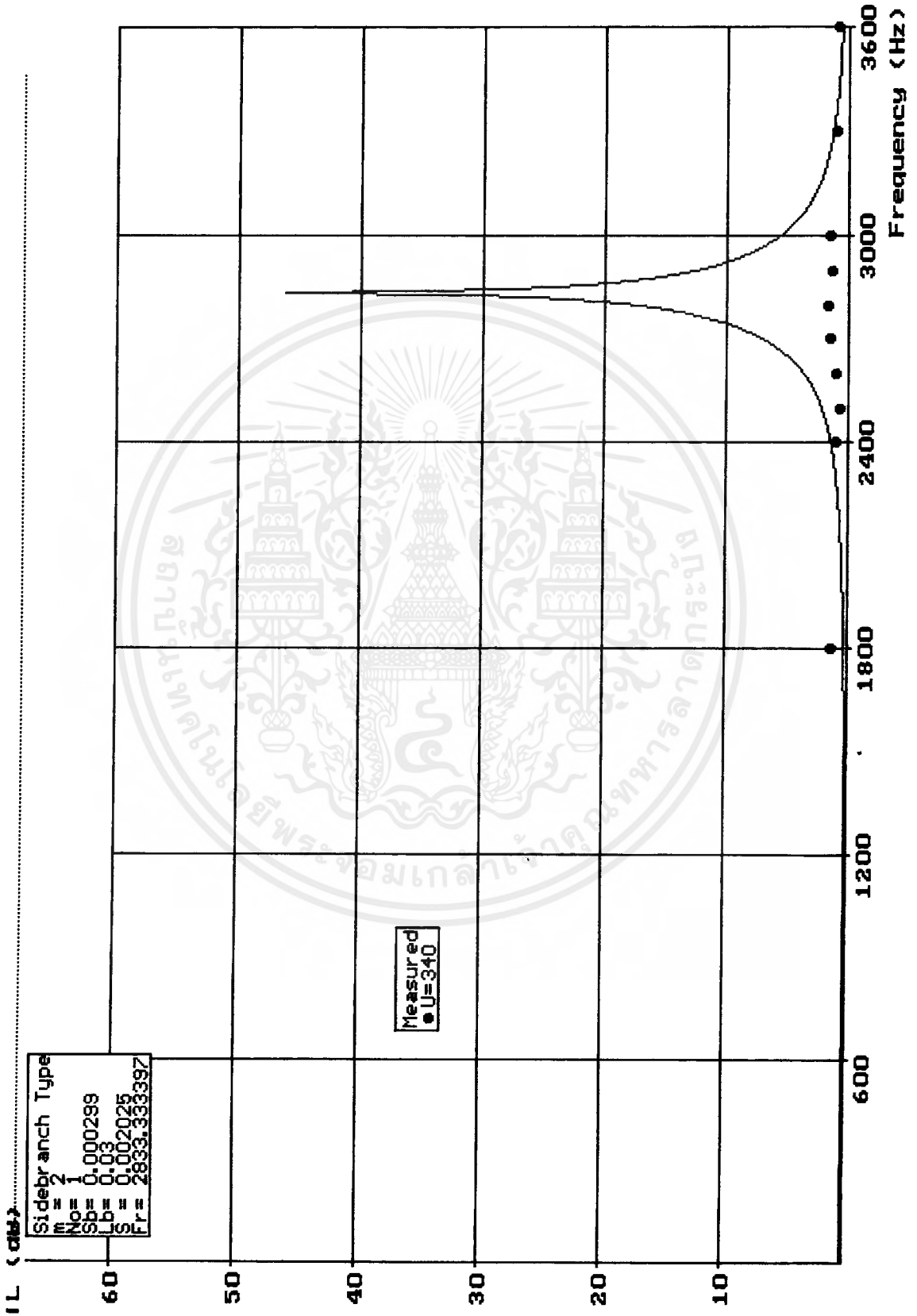


รูปที่ 6.7a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

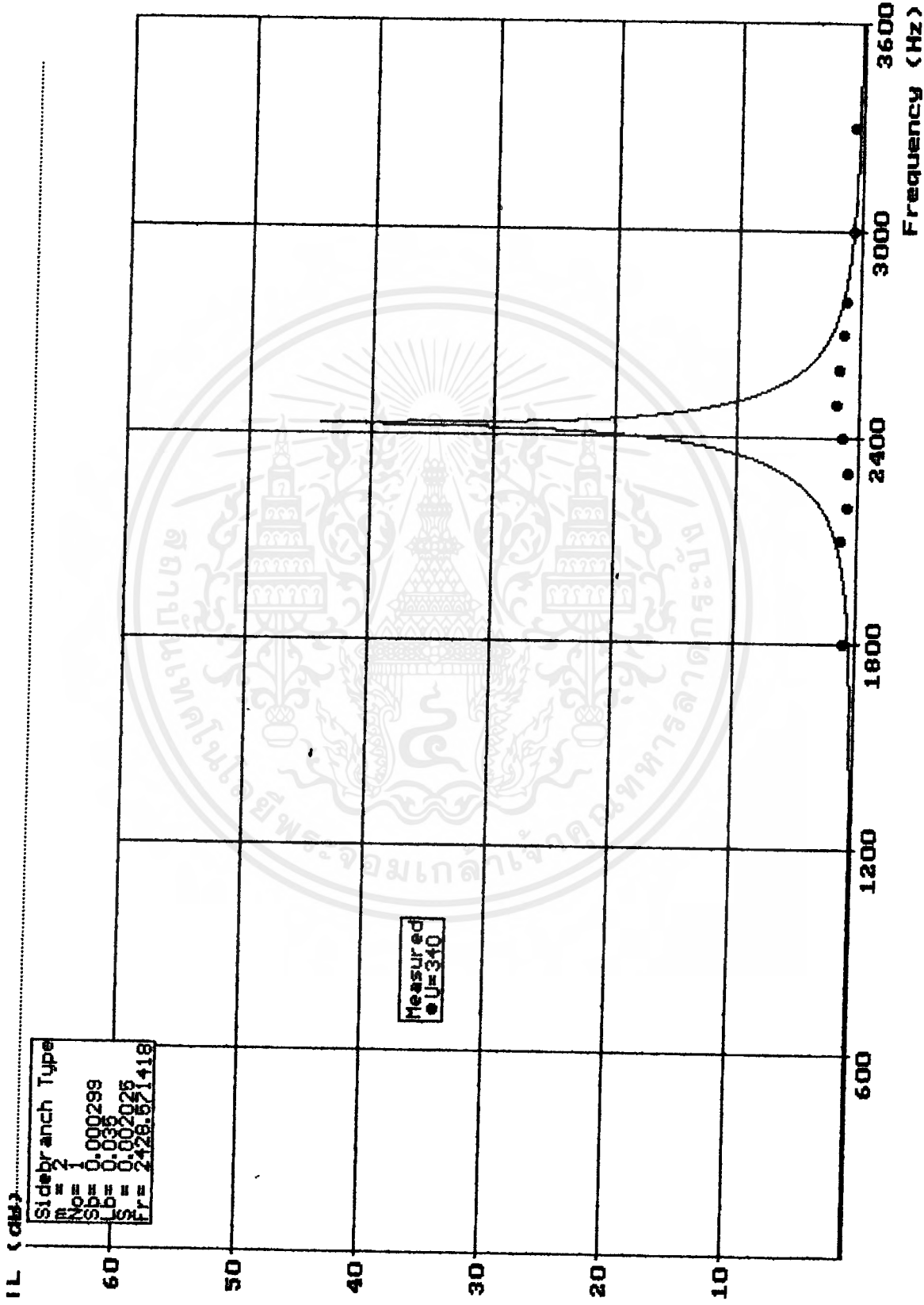


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



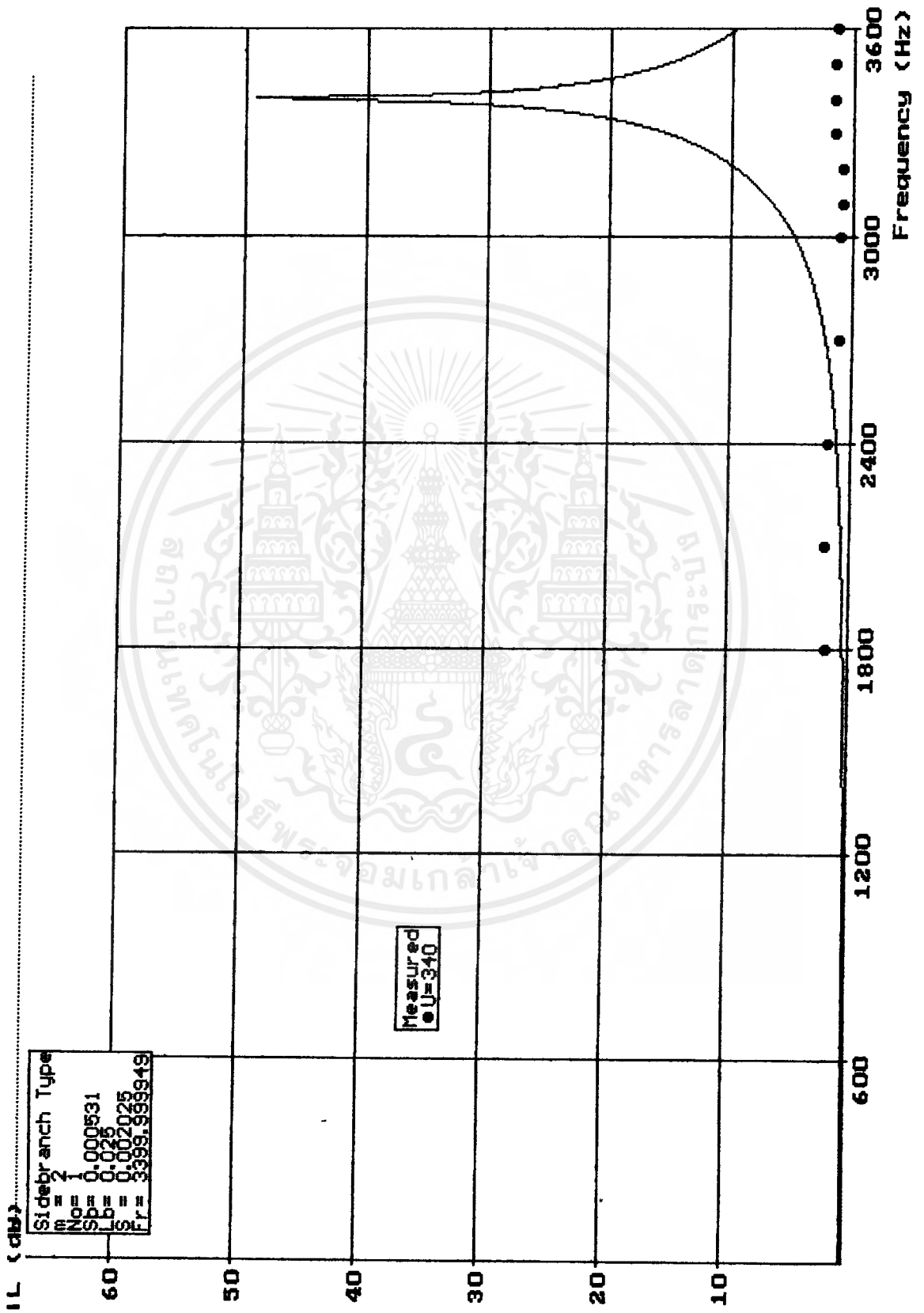
รูปที่ 6.7c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



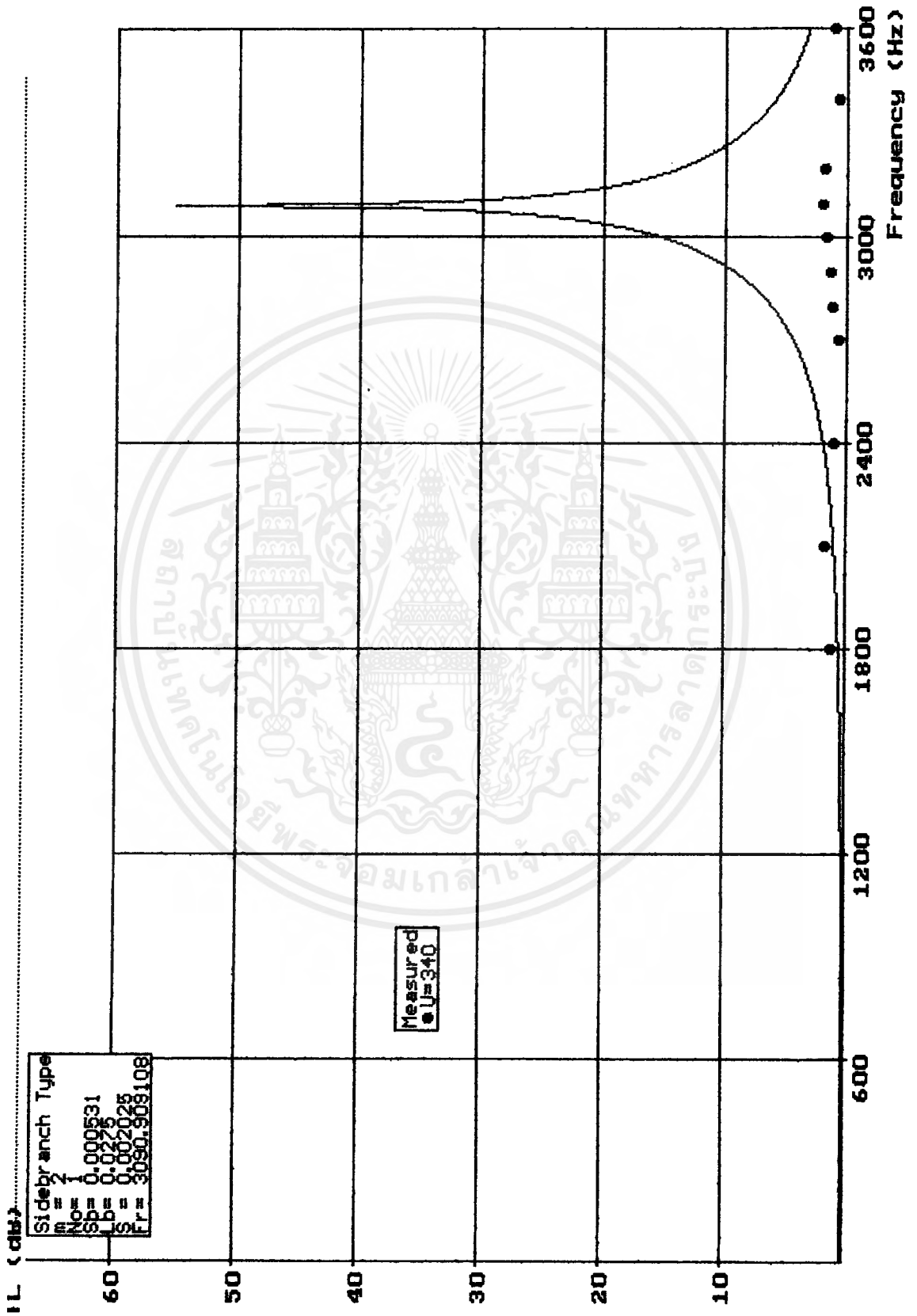
รูปที่ 6.7d

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

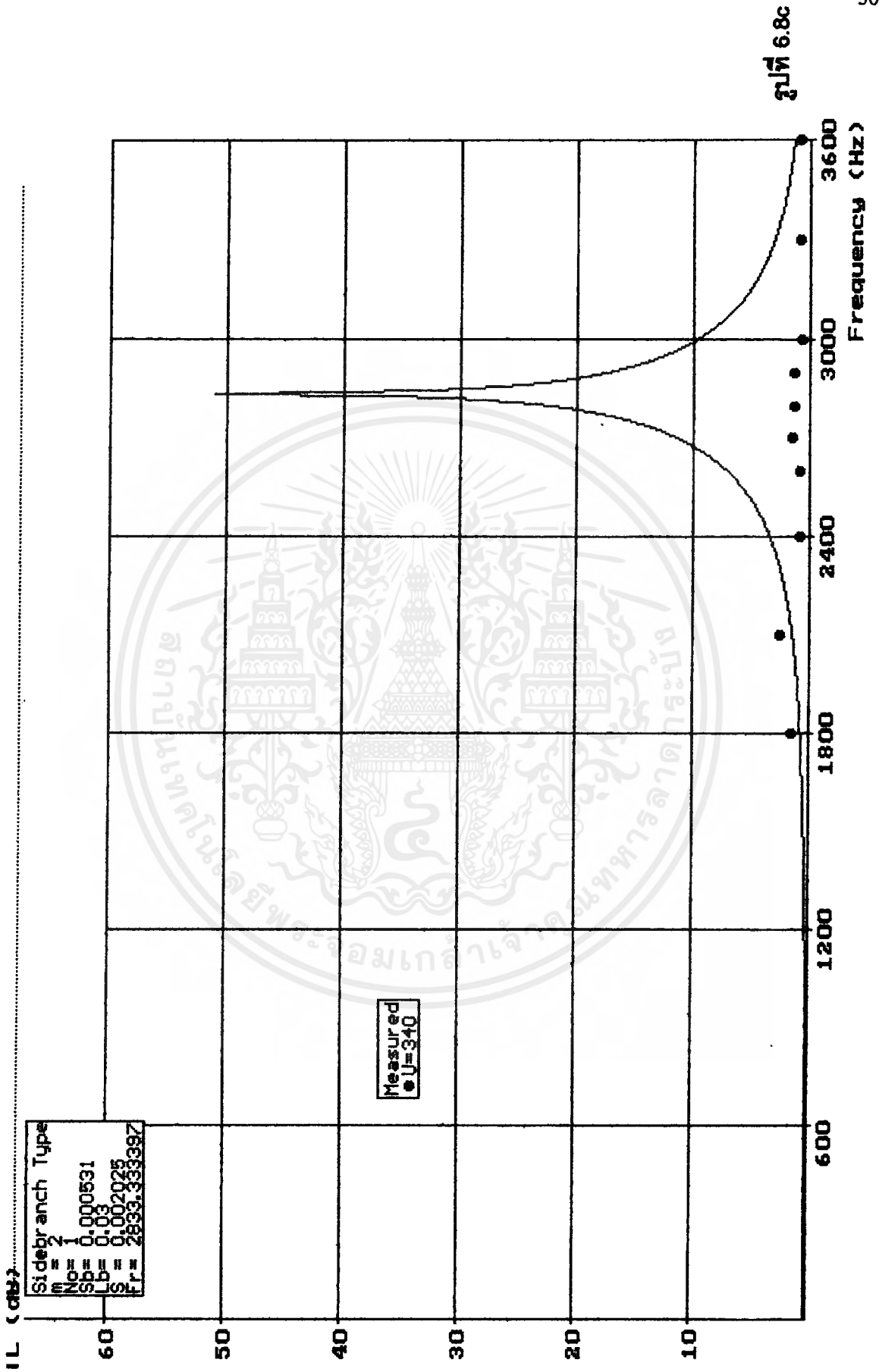


รูปที่ 6.8a

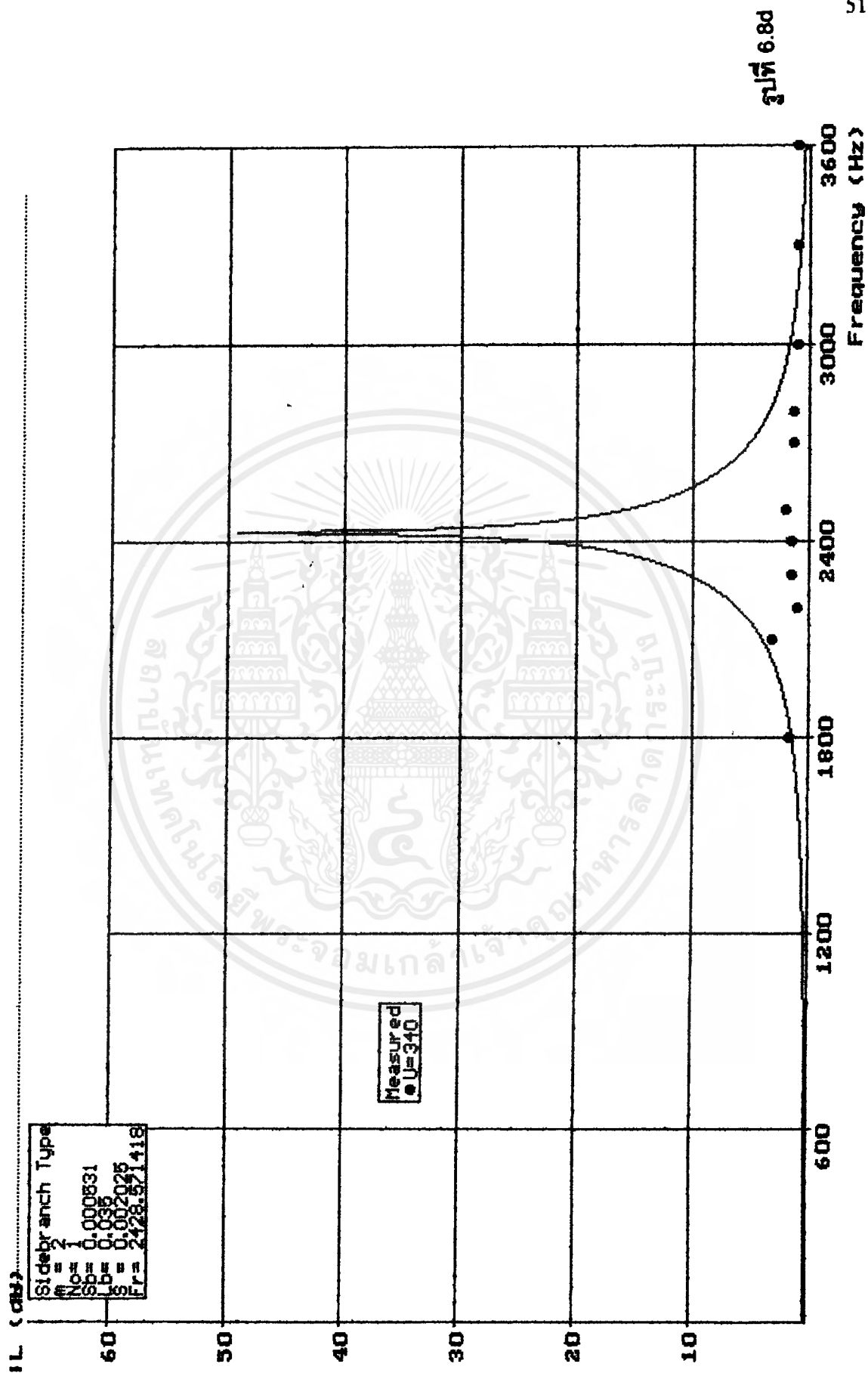
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



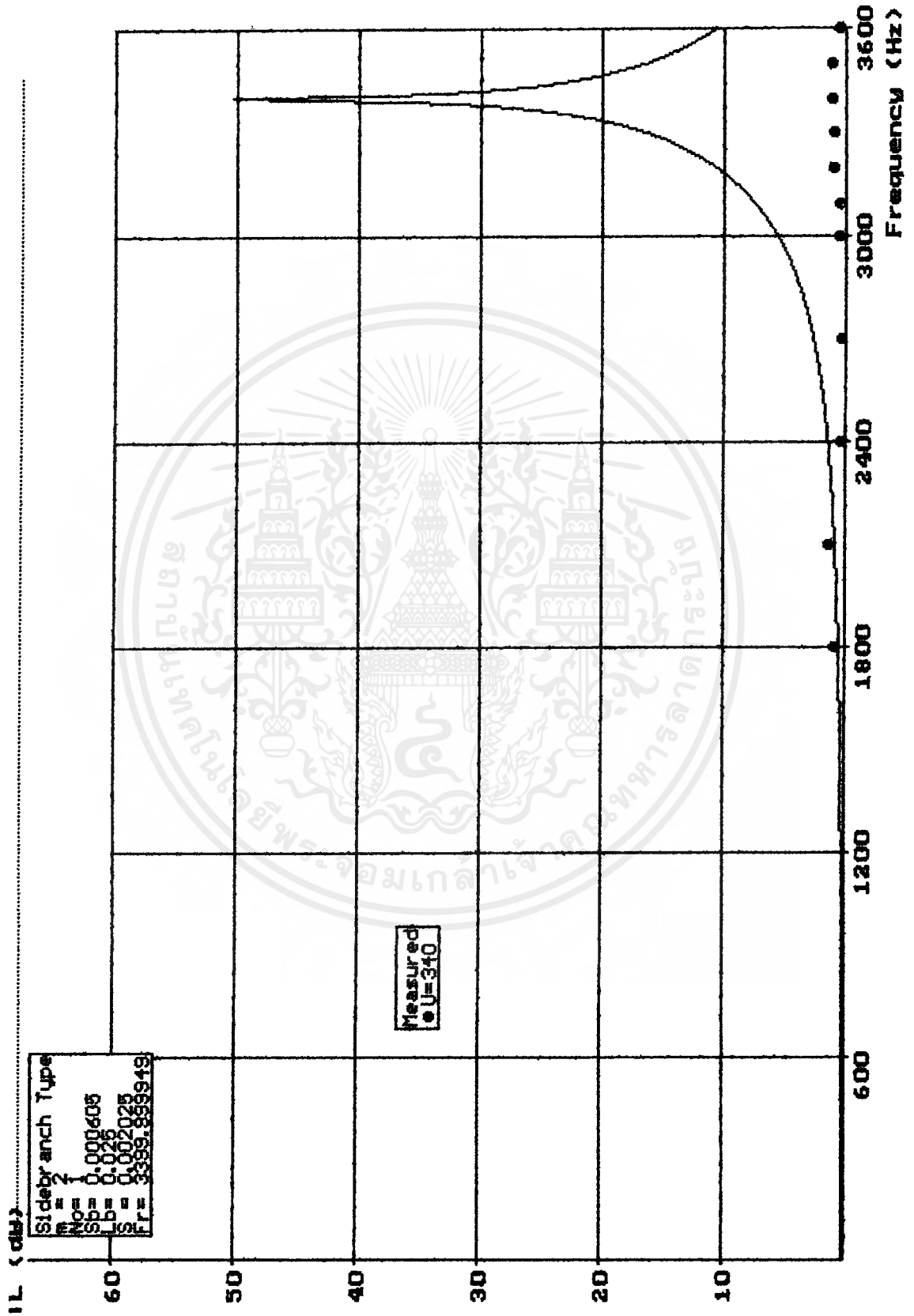
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



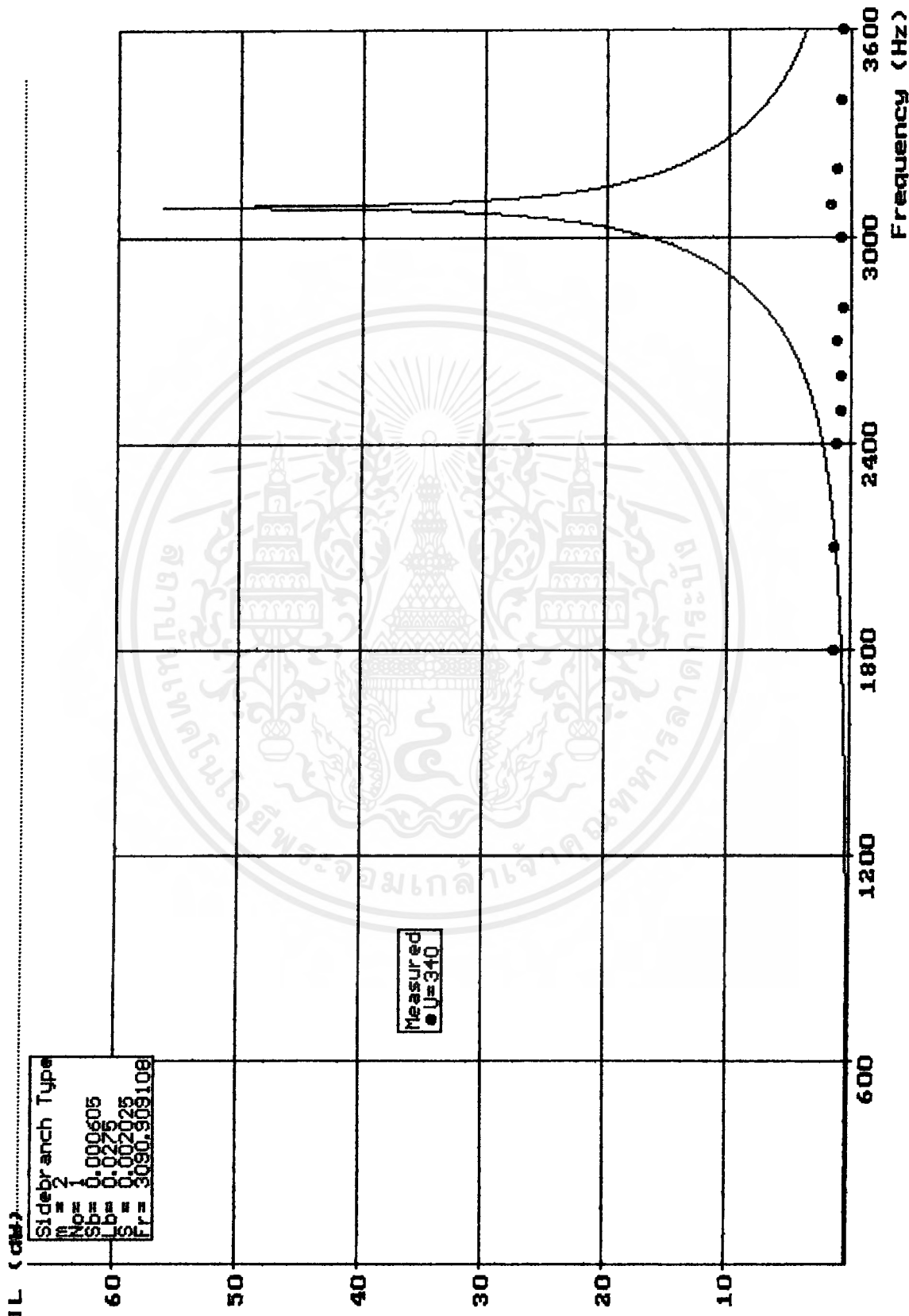
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



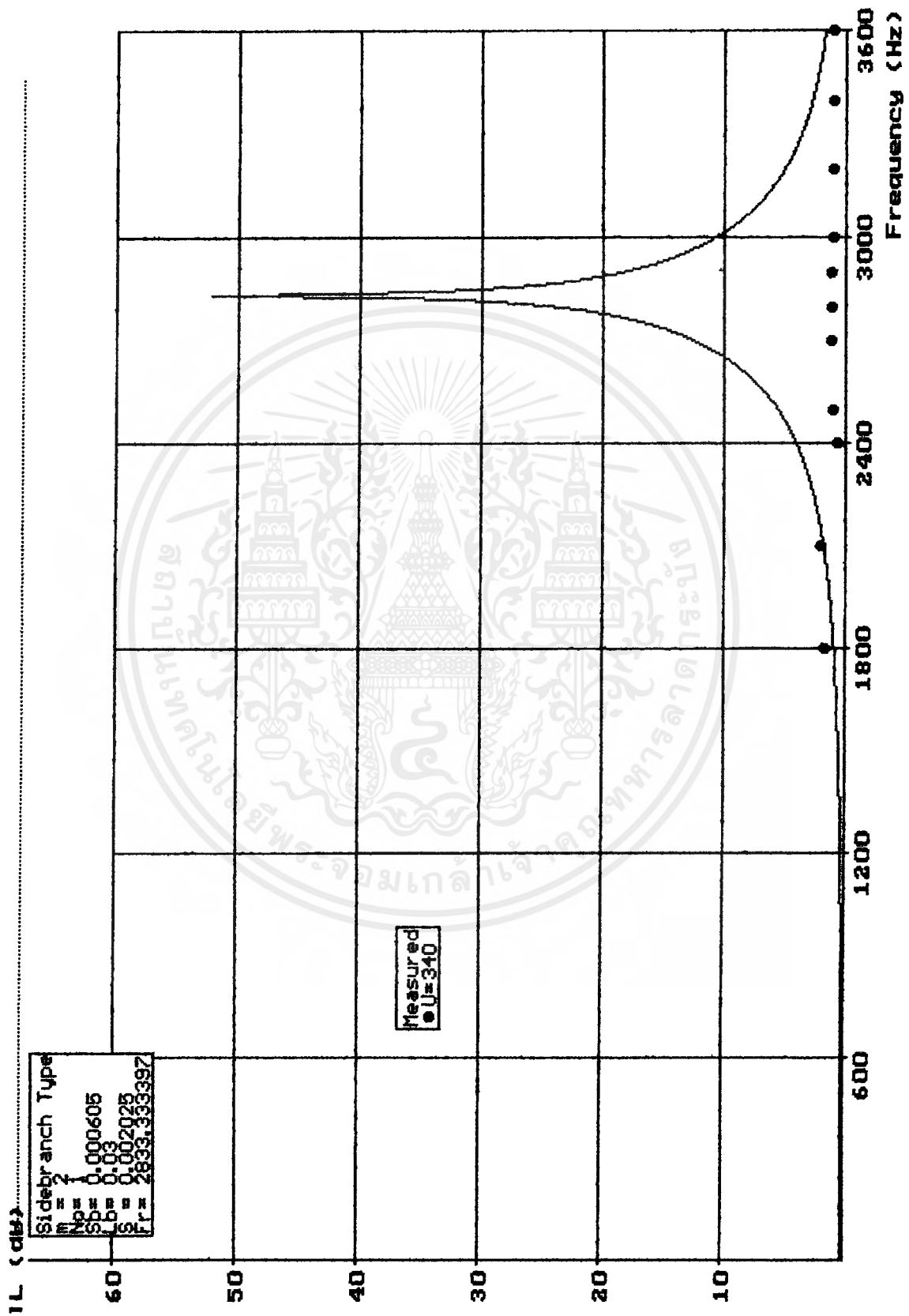
รูปที่ 6.9a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.9b



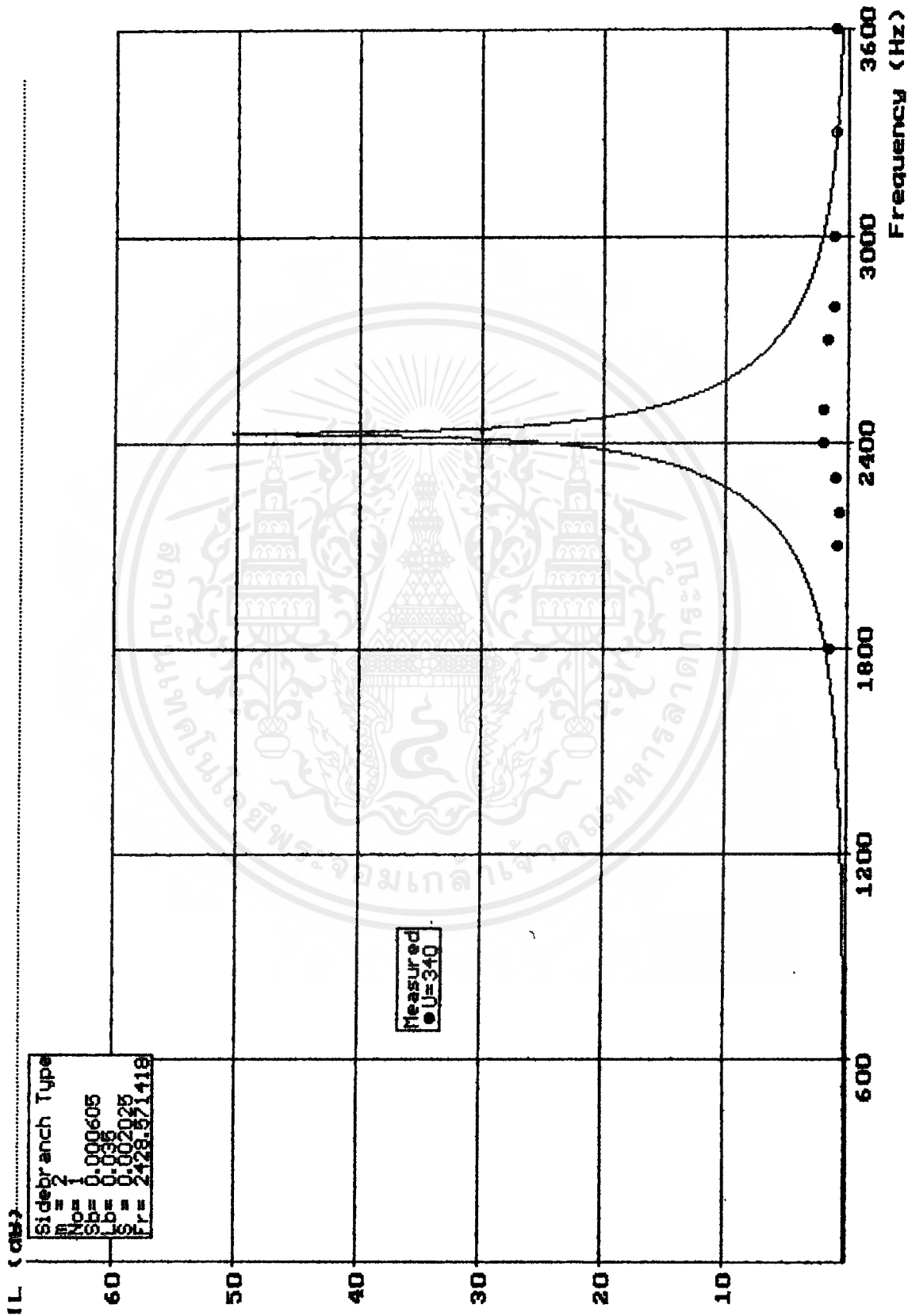
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



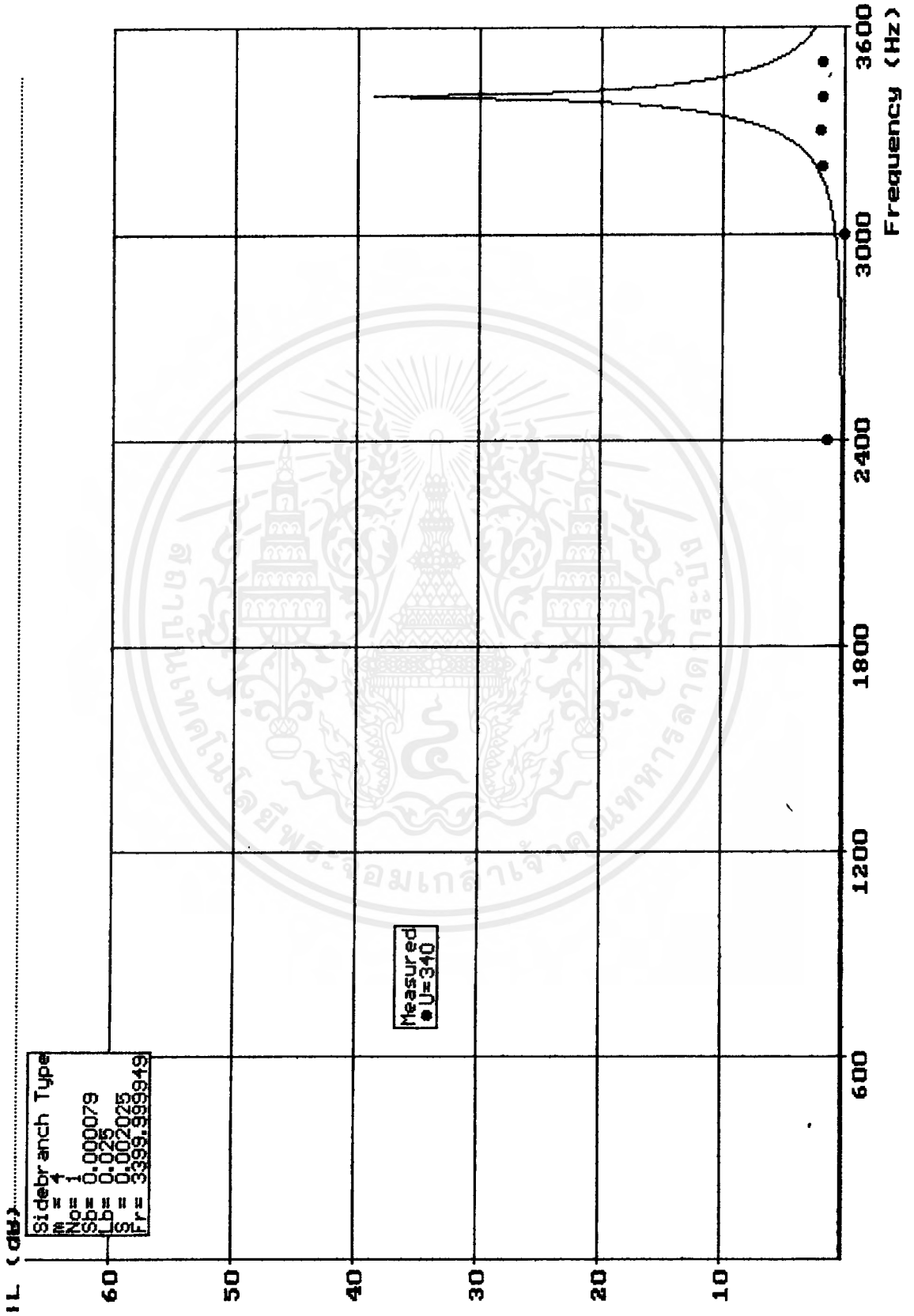
รูปที่ 6.9c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.9d

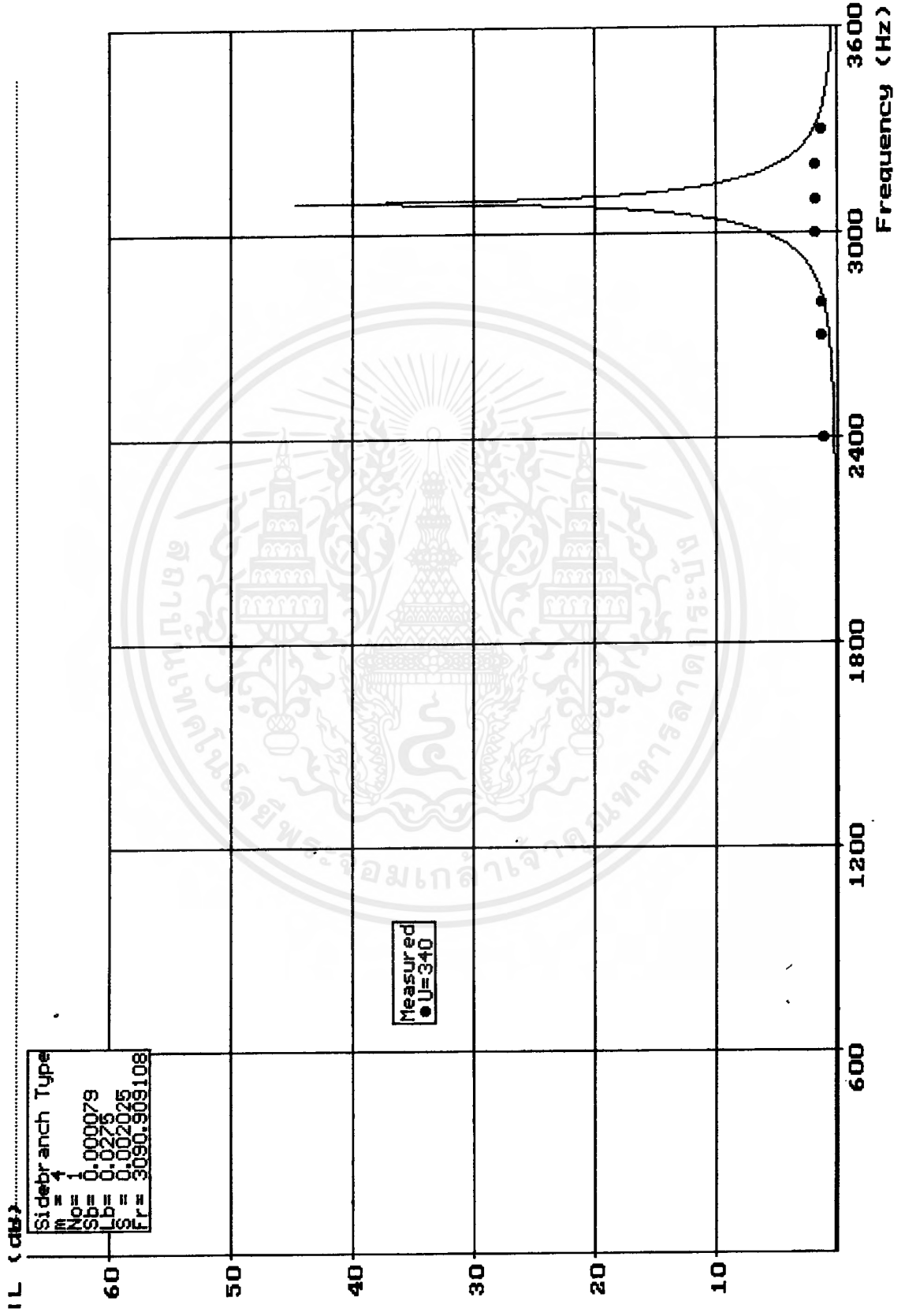


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



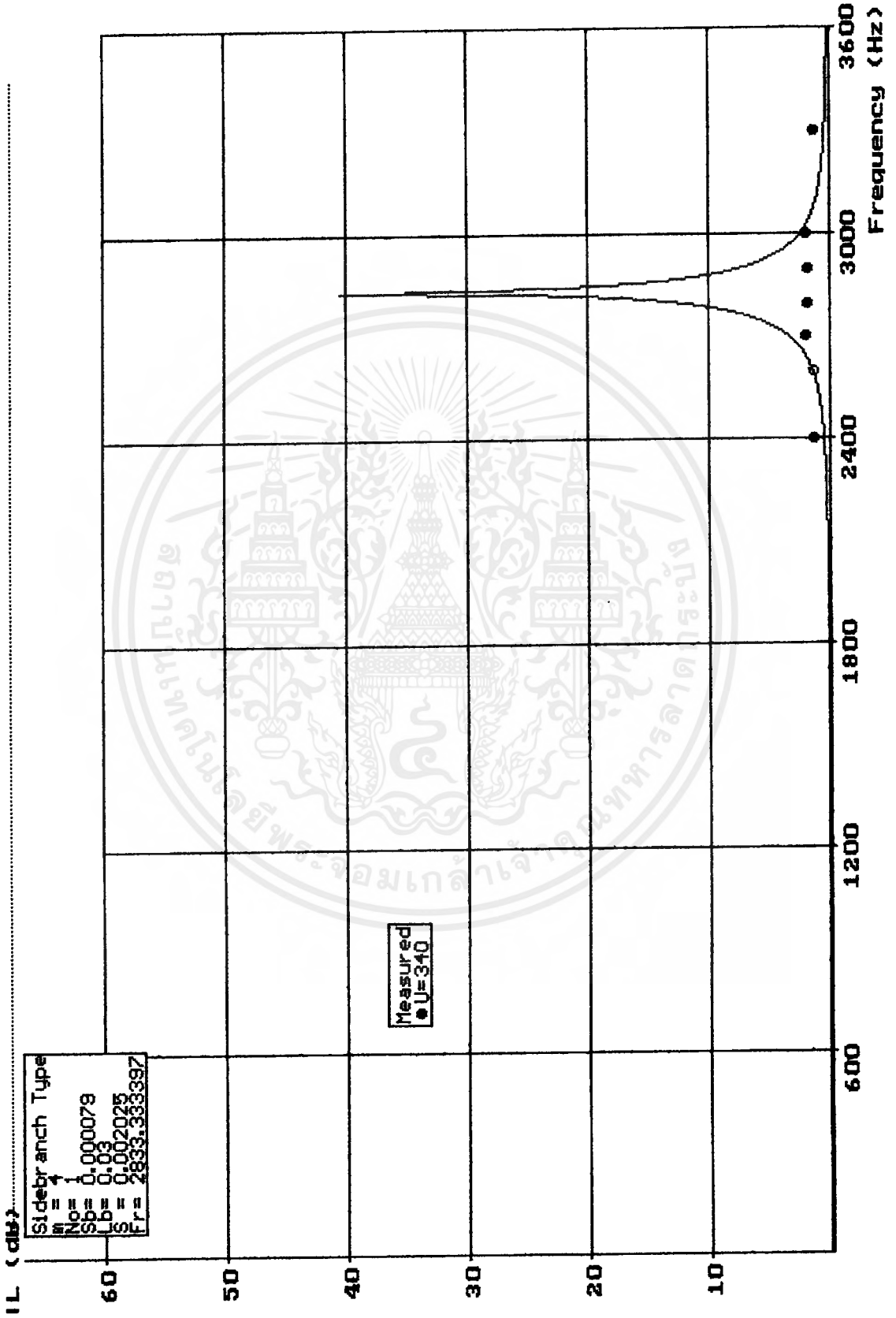
รูปที่ 6.10a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



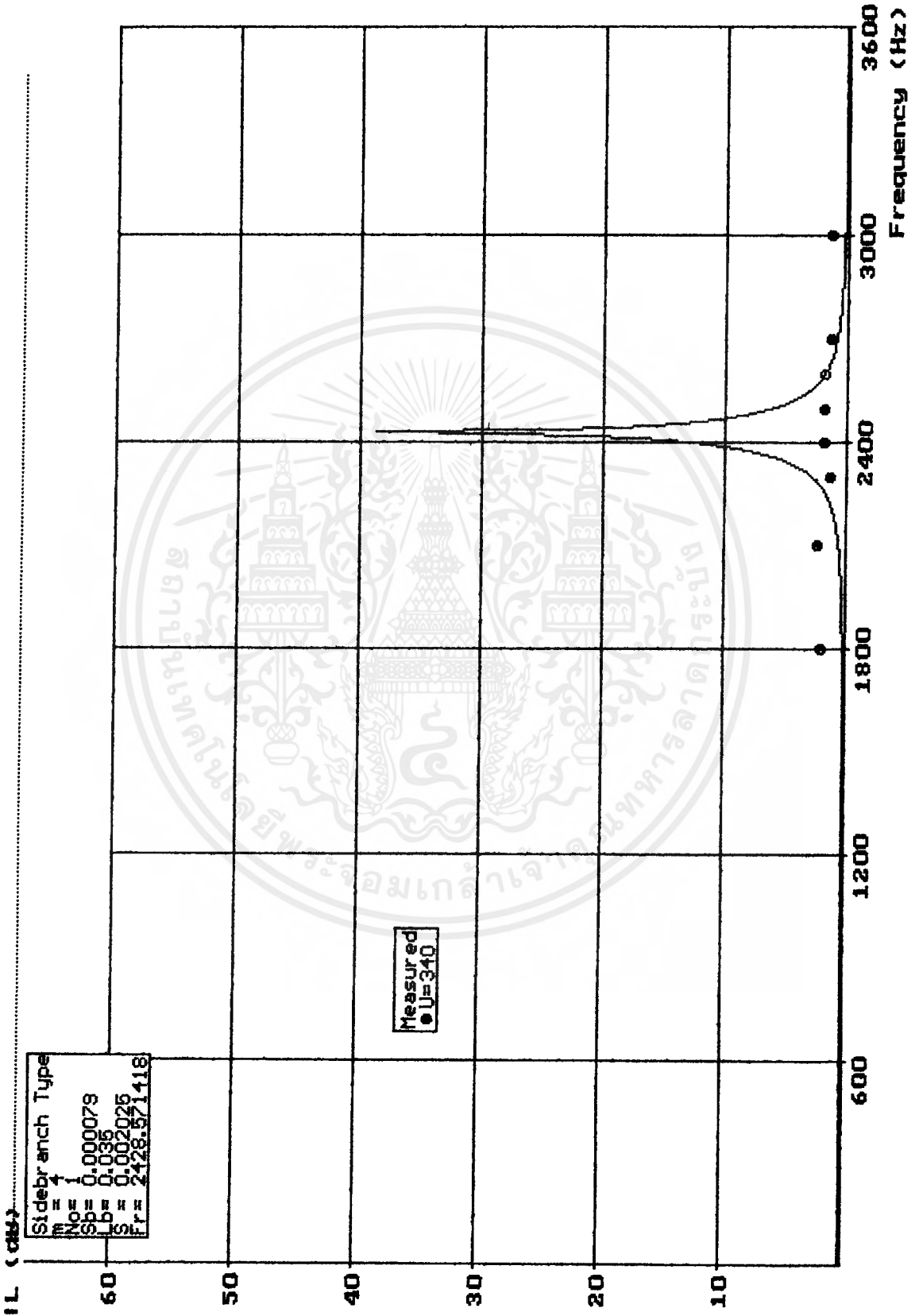
รูปที่ 6.10b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



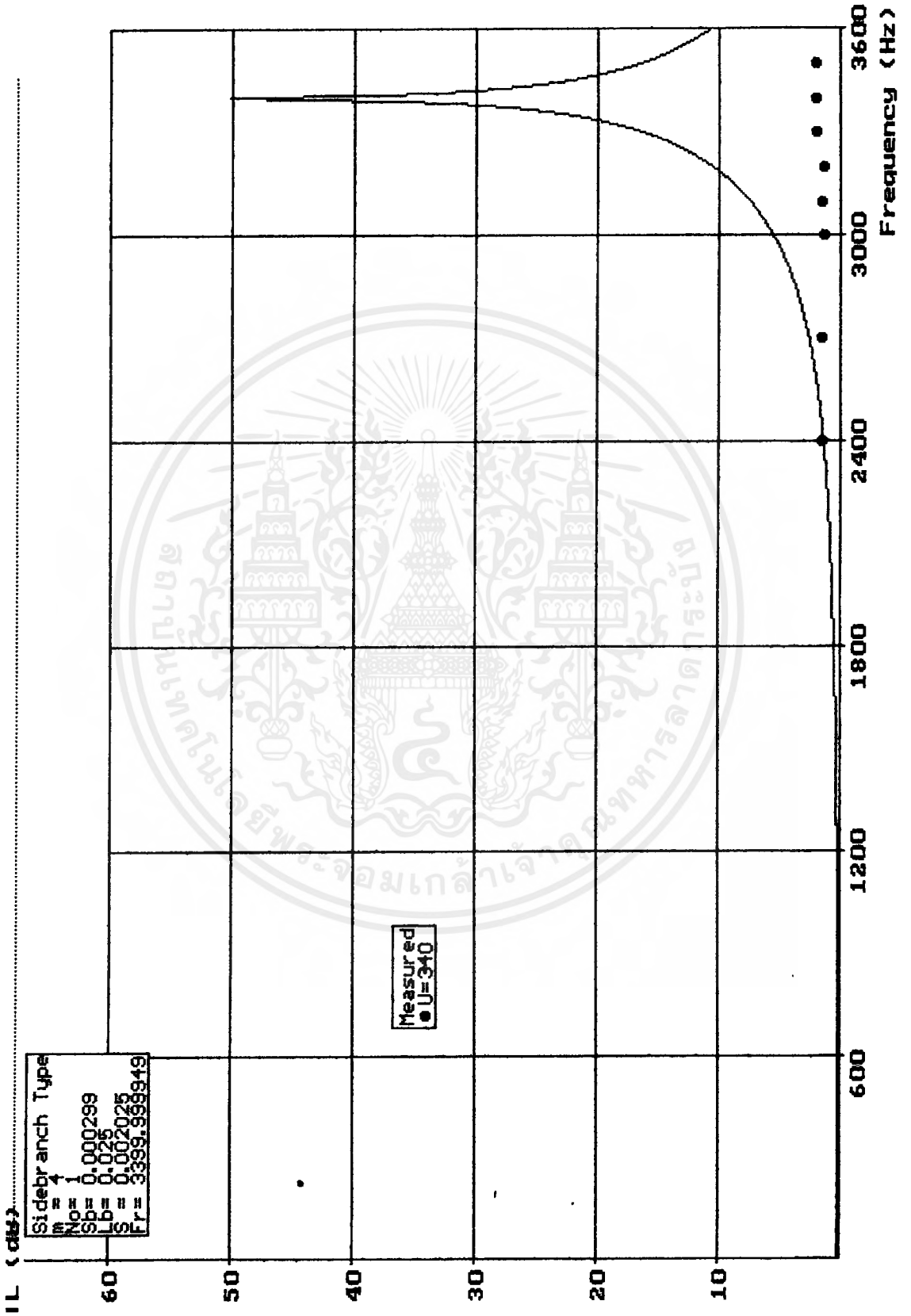
รูปที่ 6.10c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



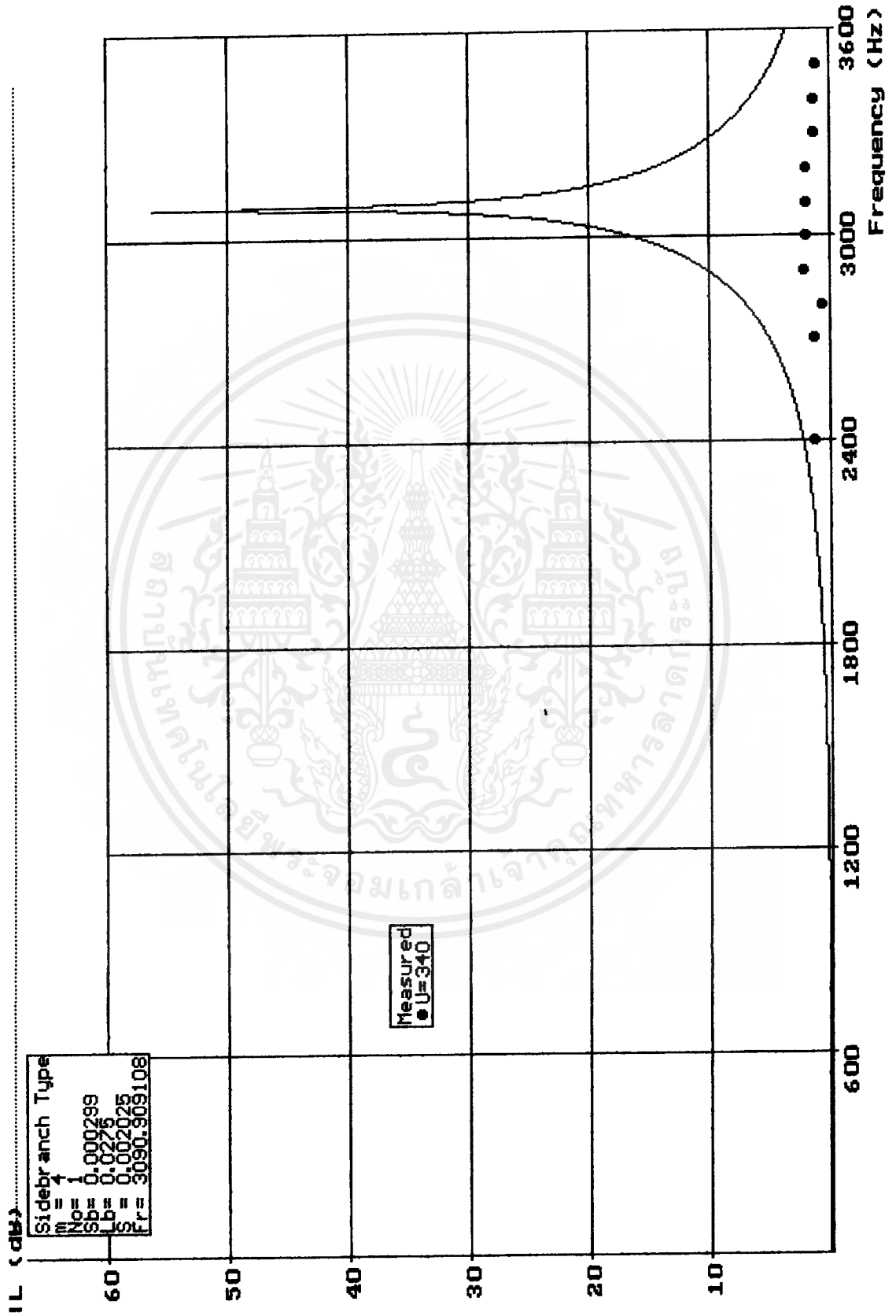
รูปที่ 6.10d

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



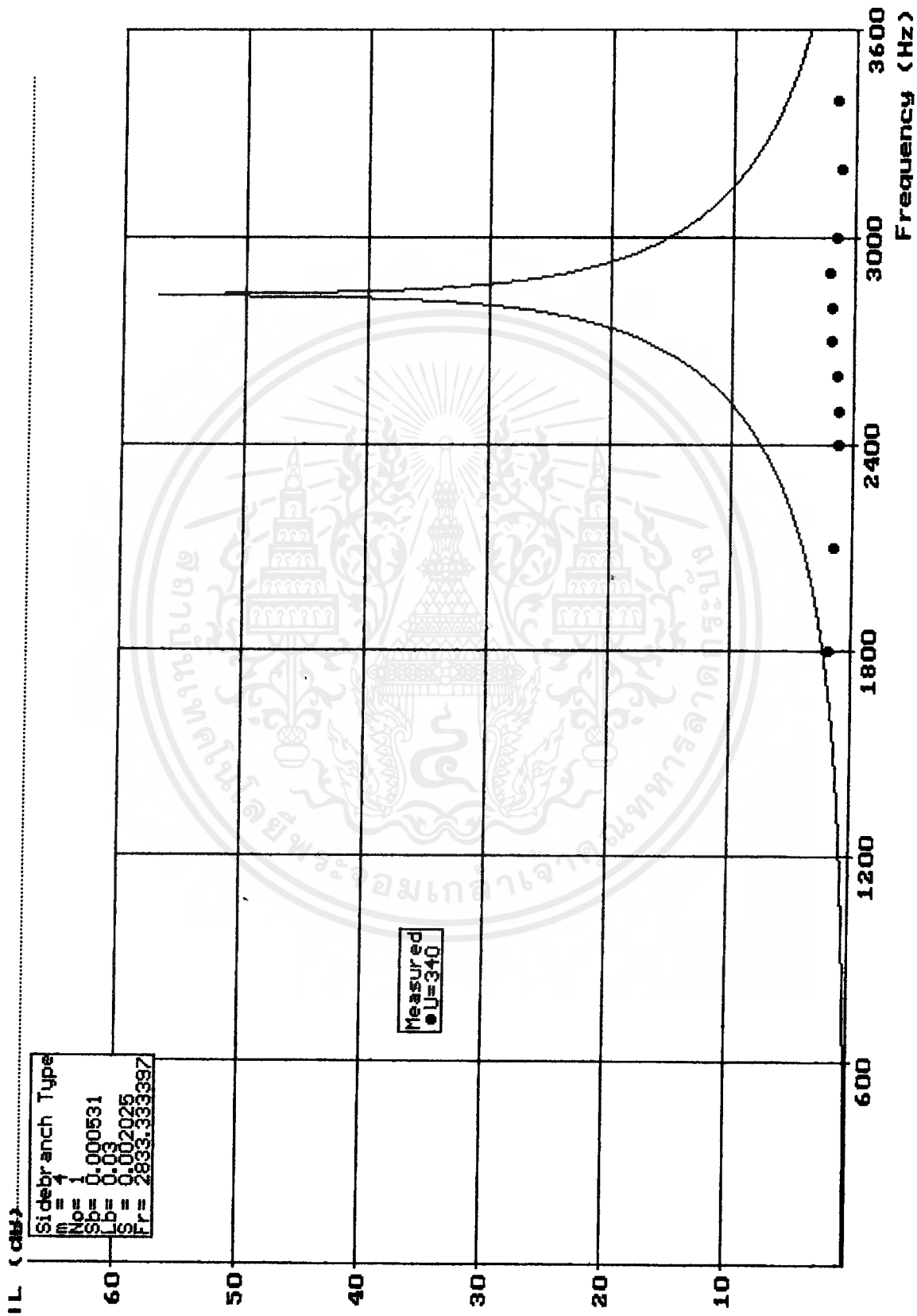
รูปที่ 6.11a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



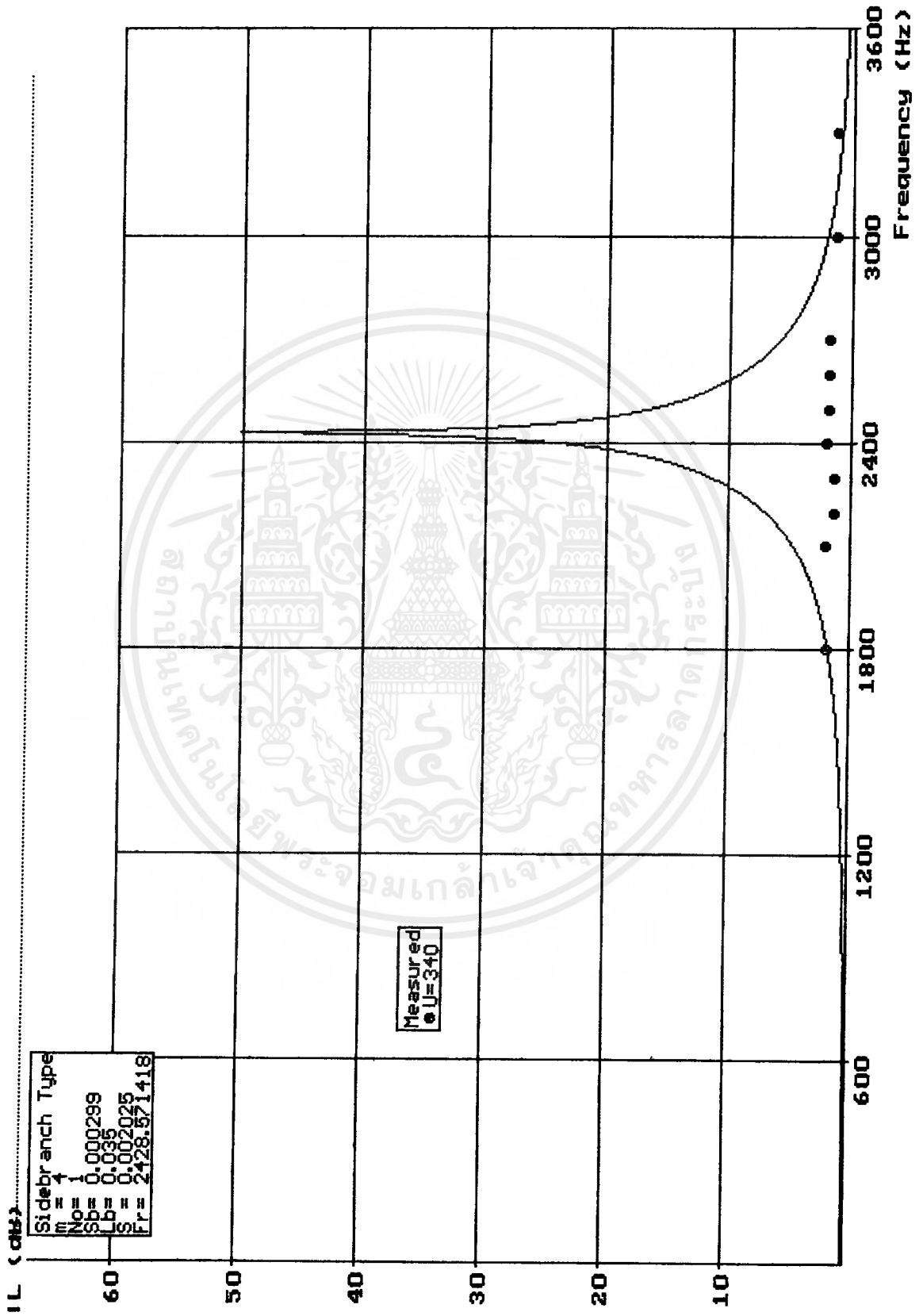
รูปที่ 6.11b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่วารณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



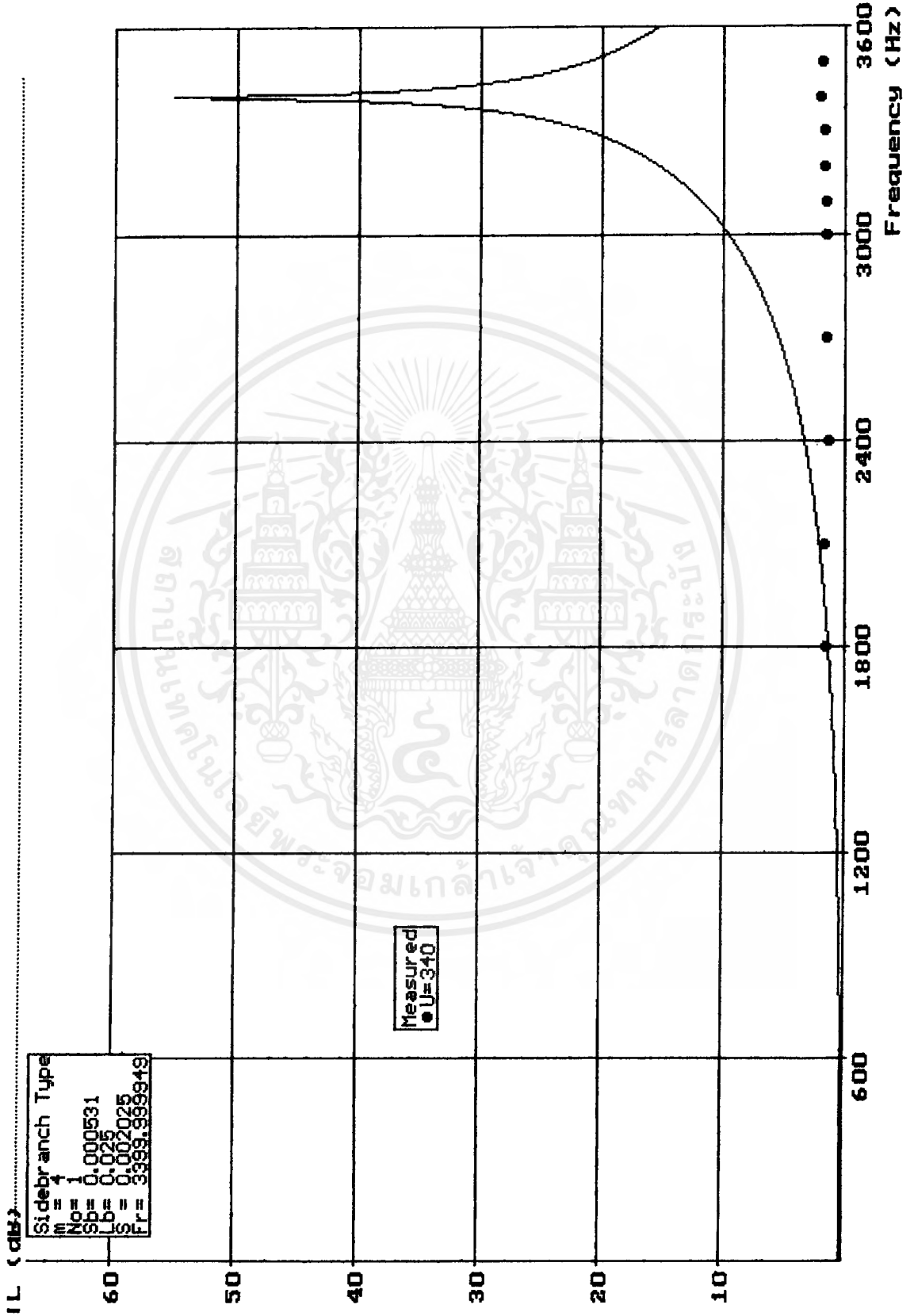
รูปที่ 6.12c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



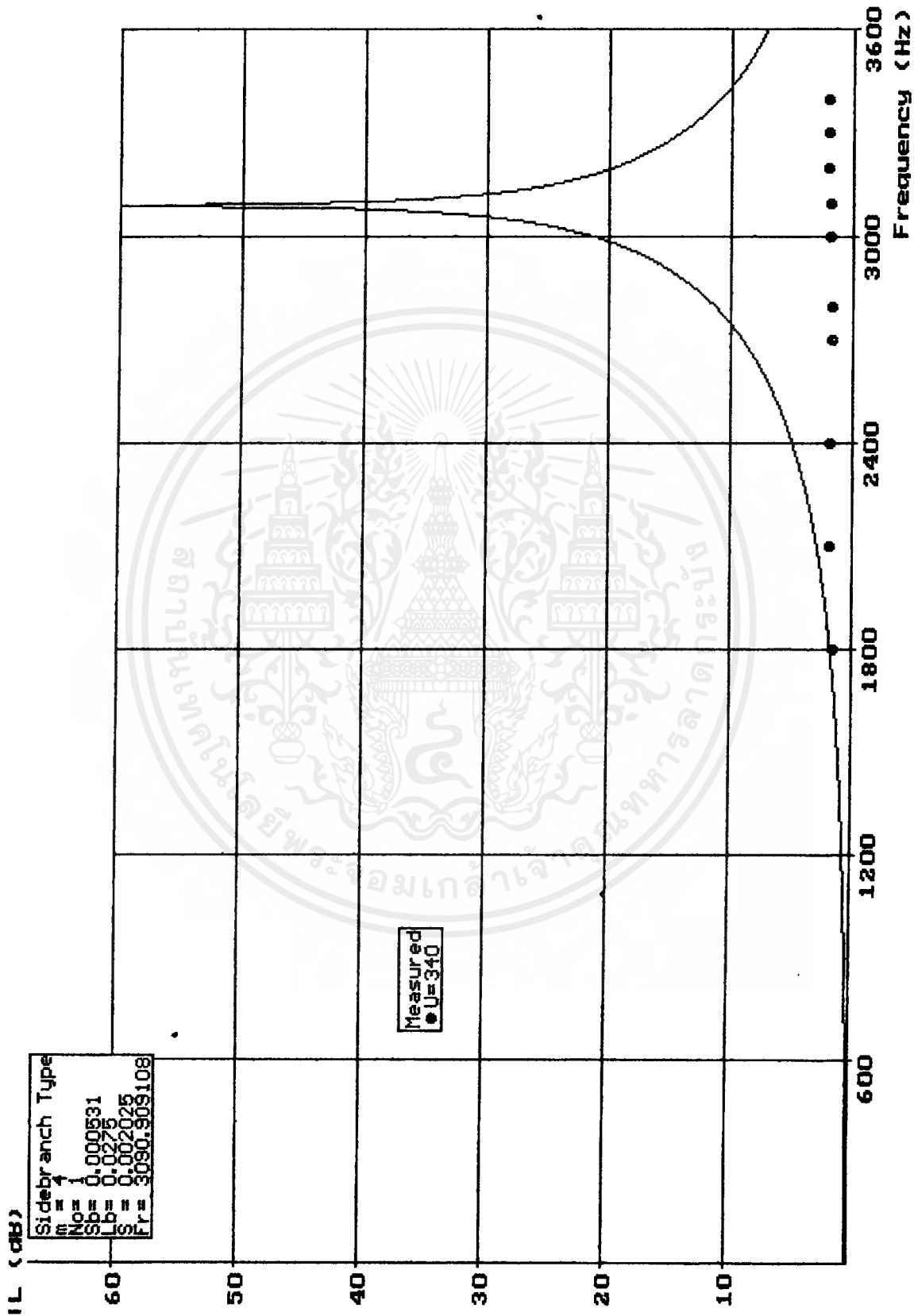
รูปที่ 6.11d

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

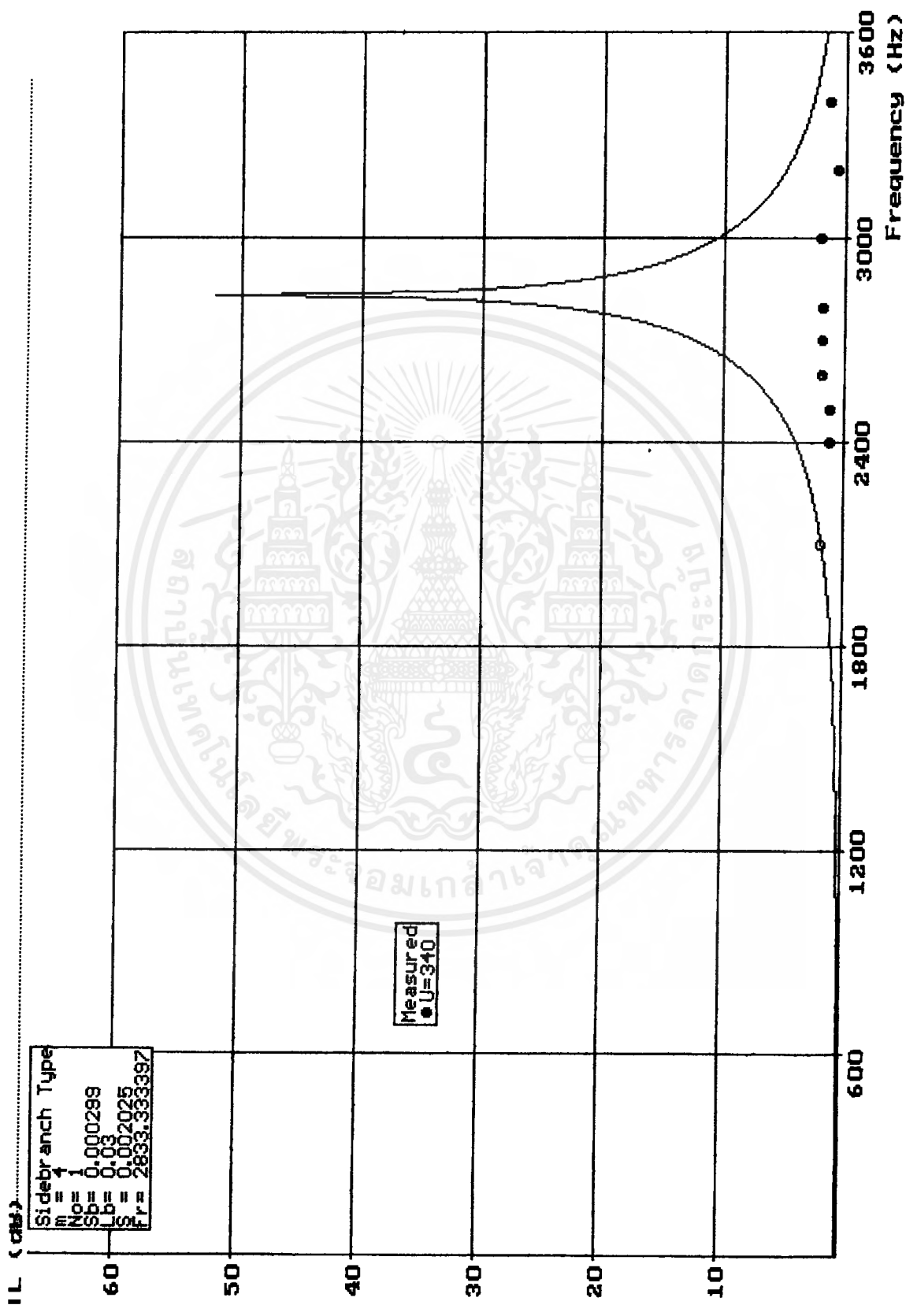


รูปที่ 6.12a

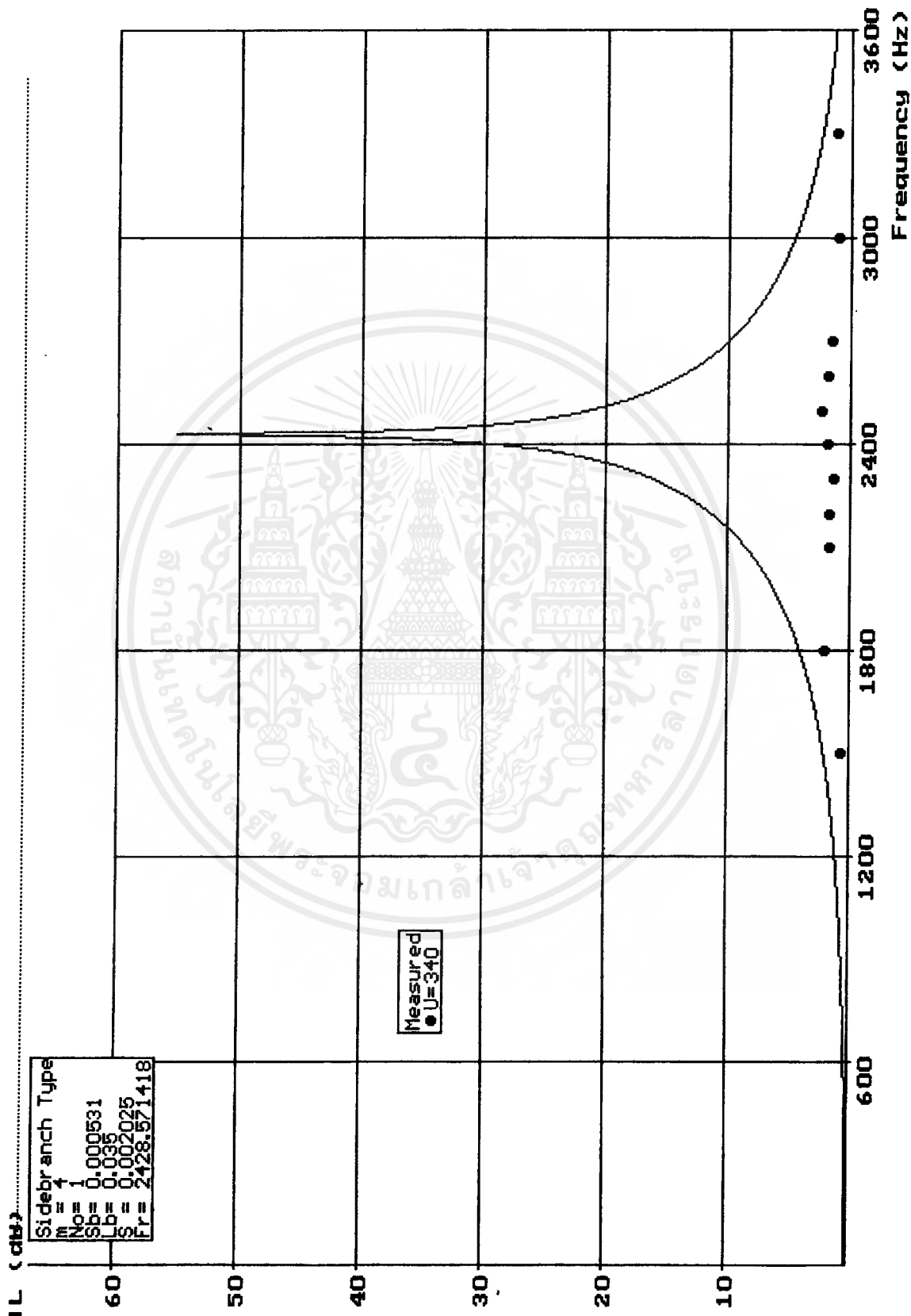
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



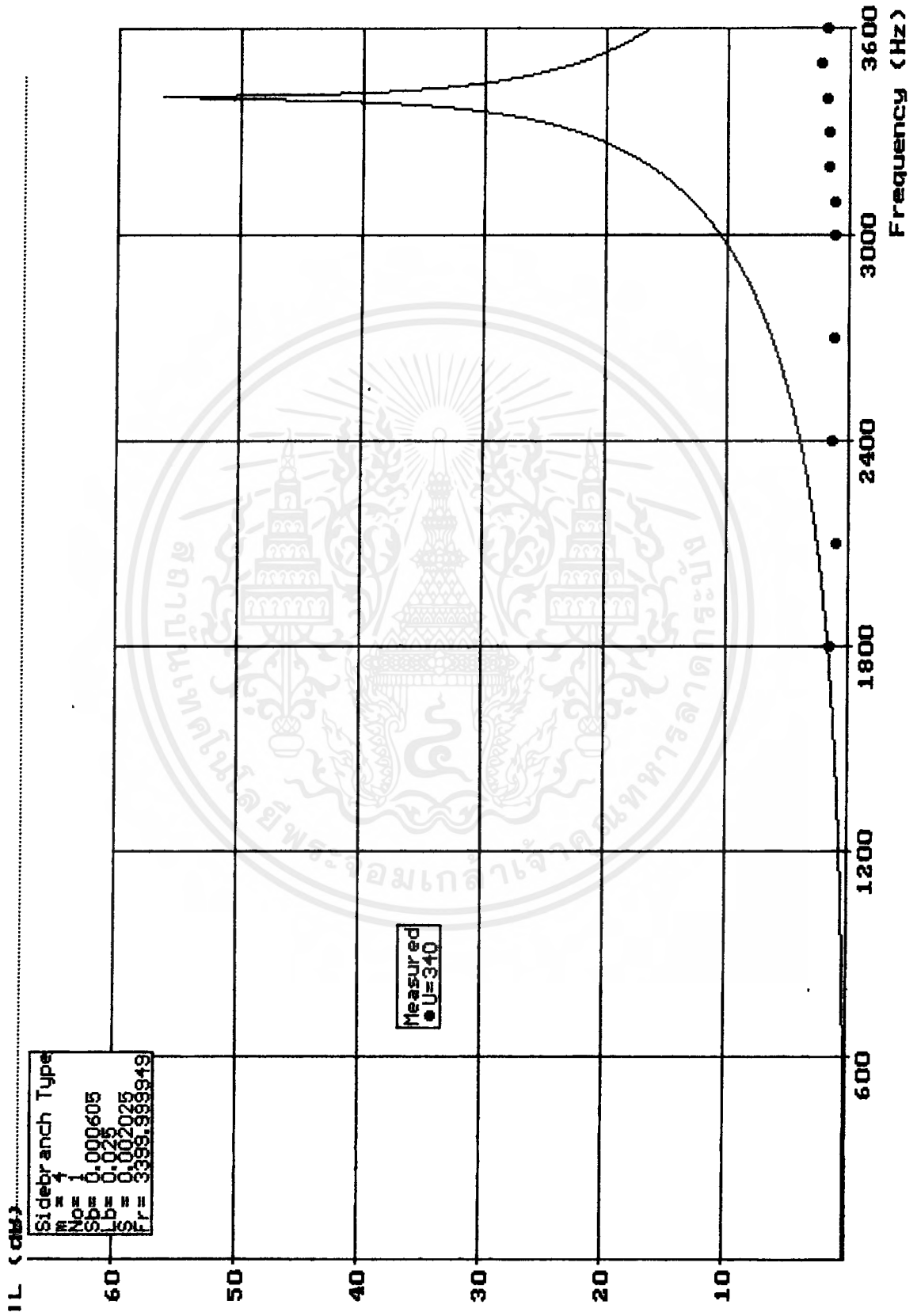
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่วารณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

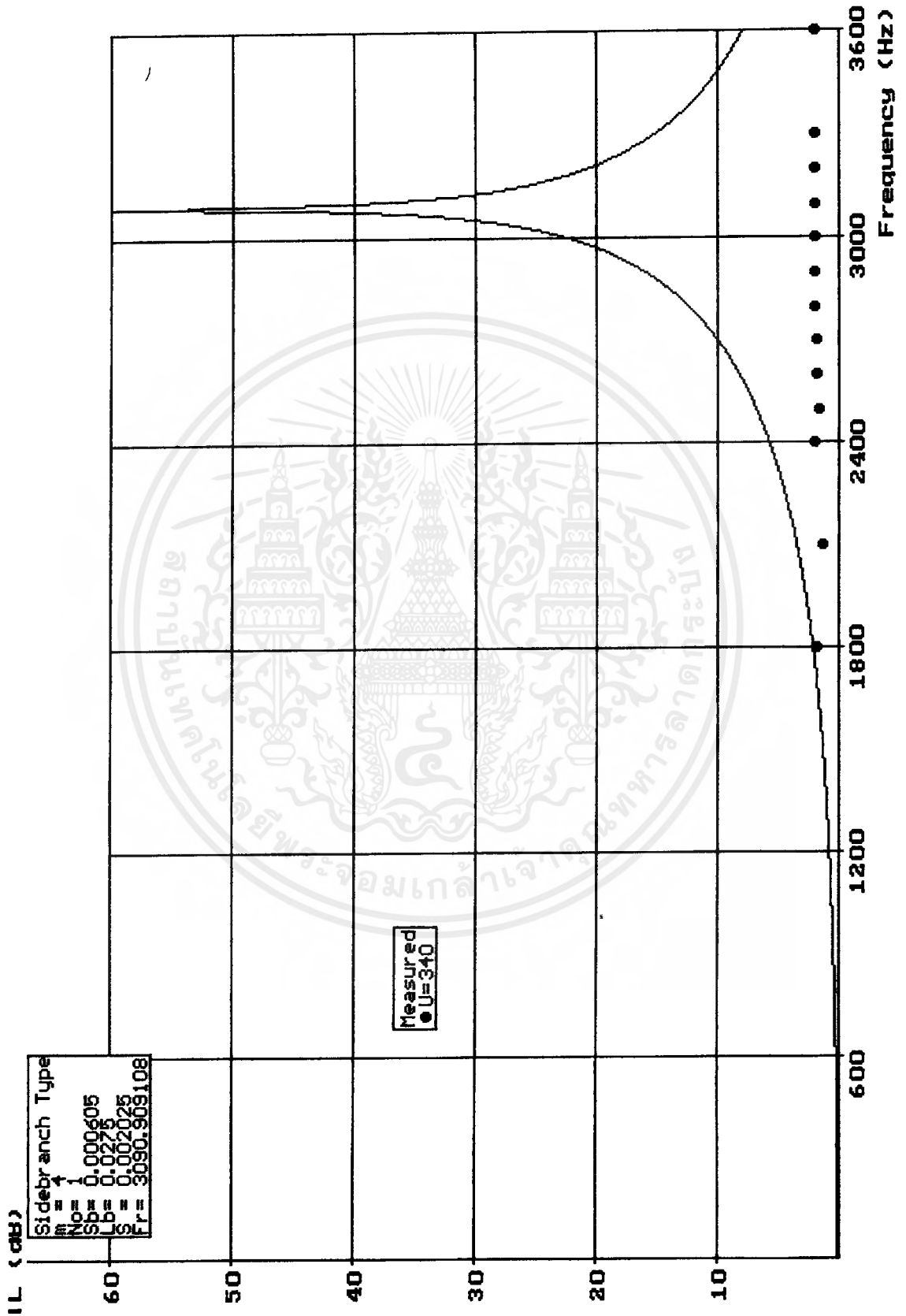


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



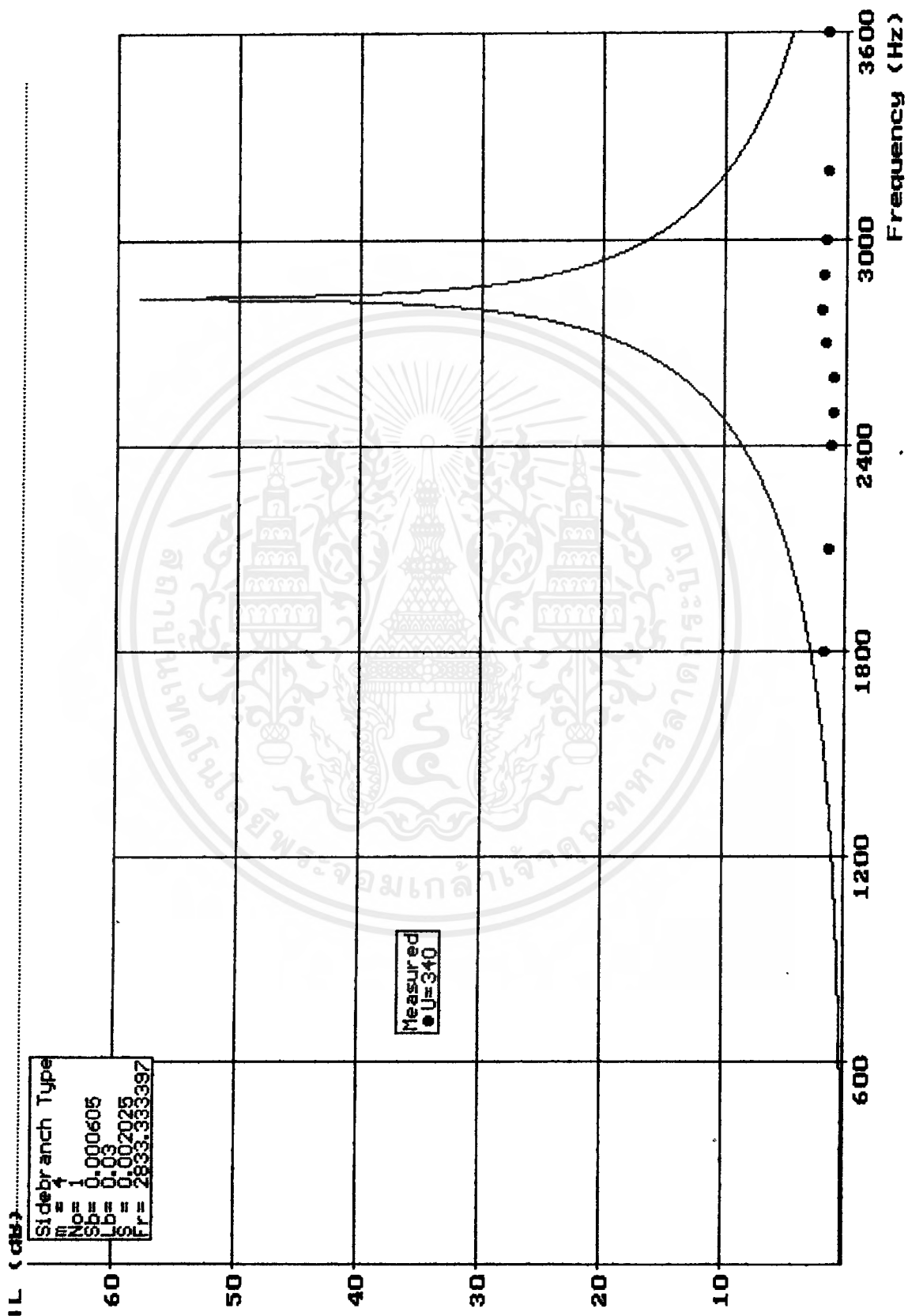
รูปที่ 6.13a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

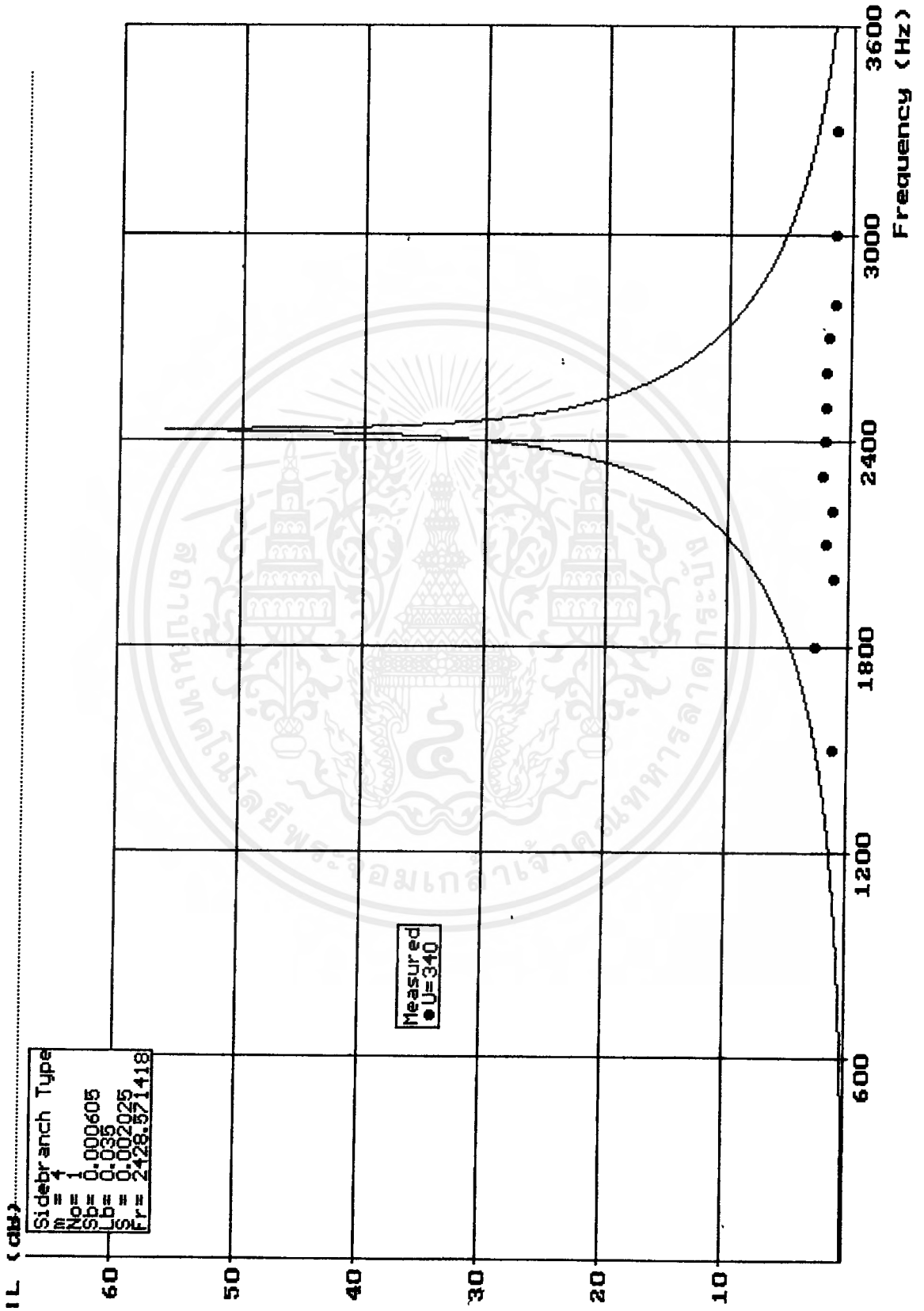


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.13c

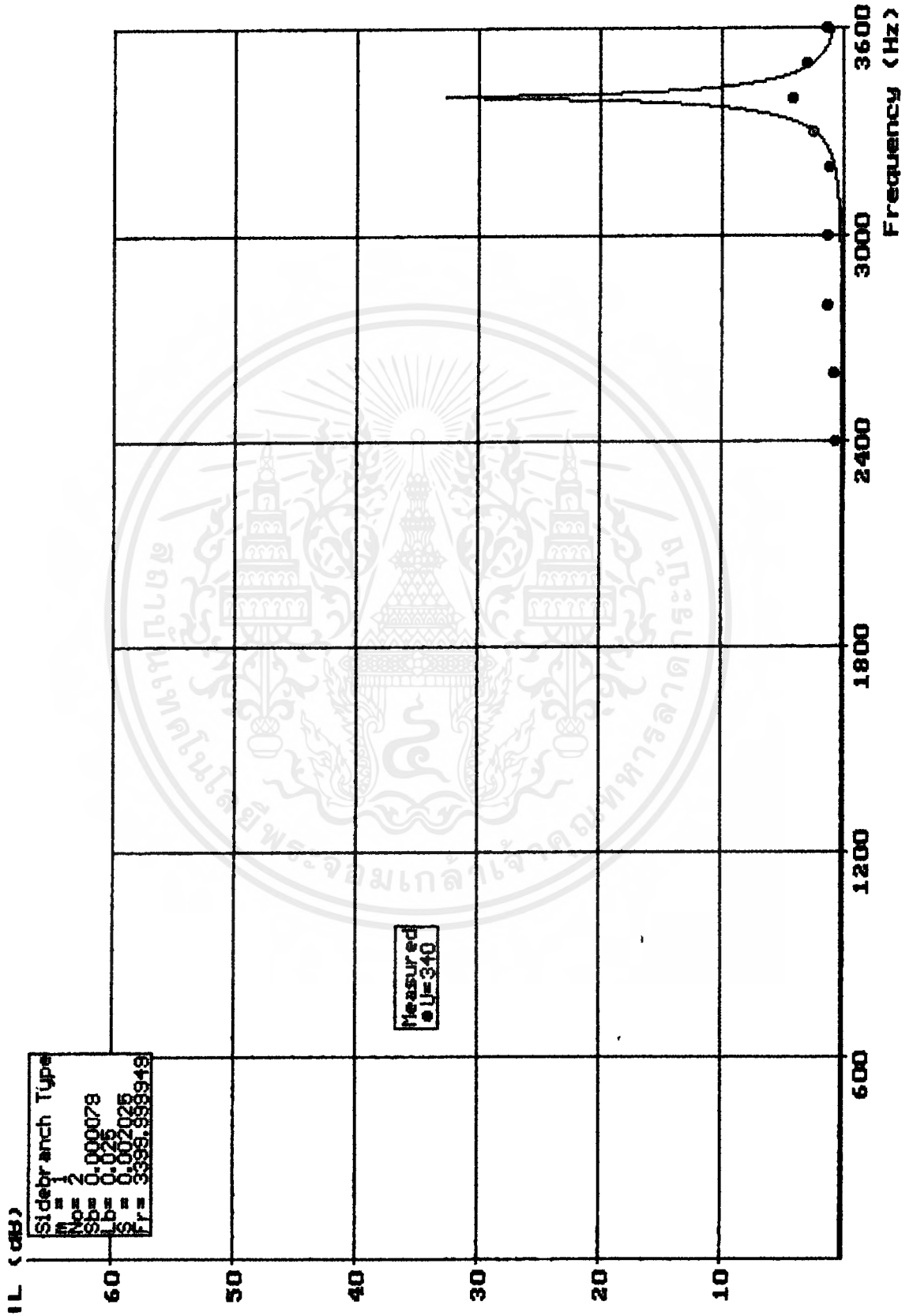


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

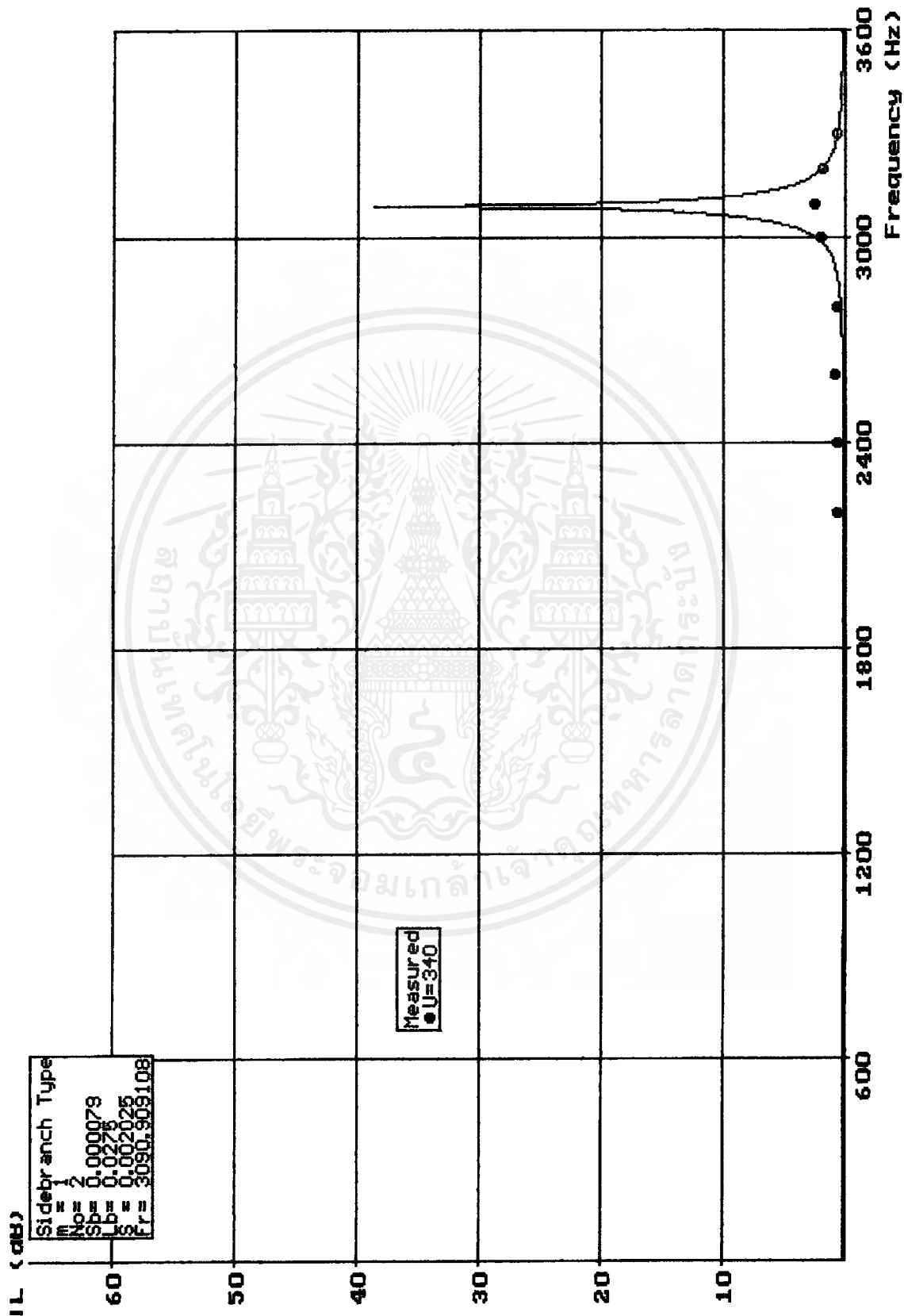


รูปที่ 6.13d

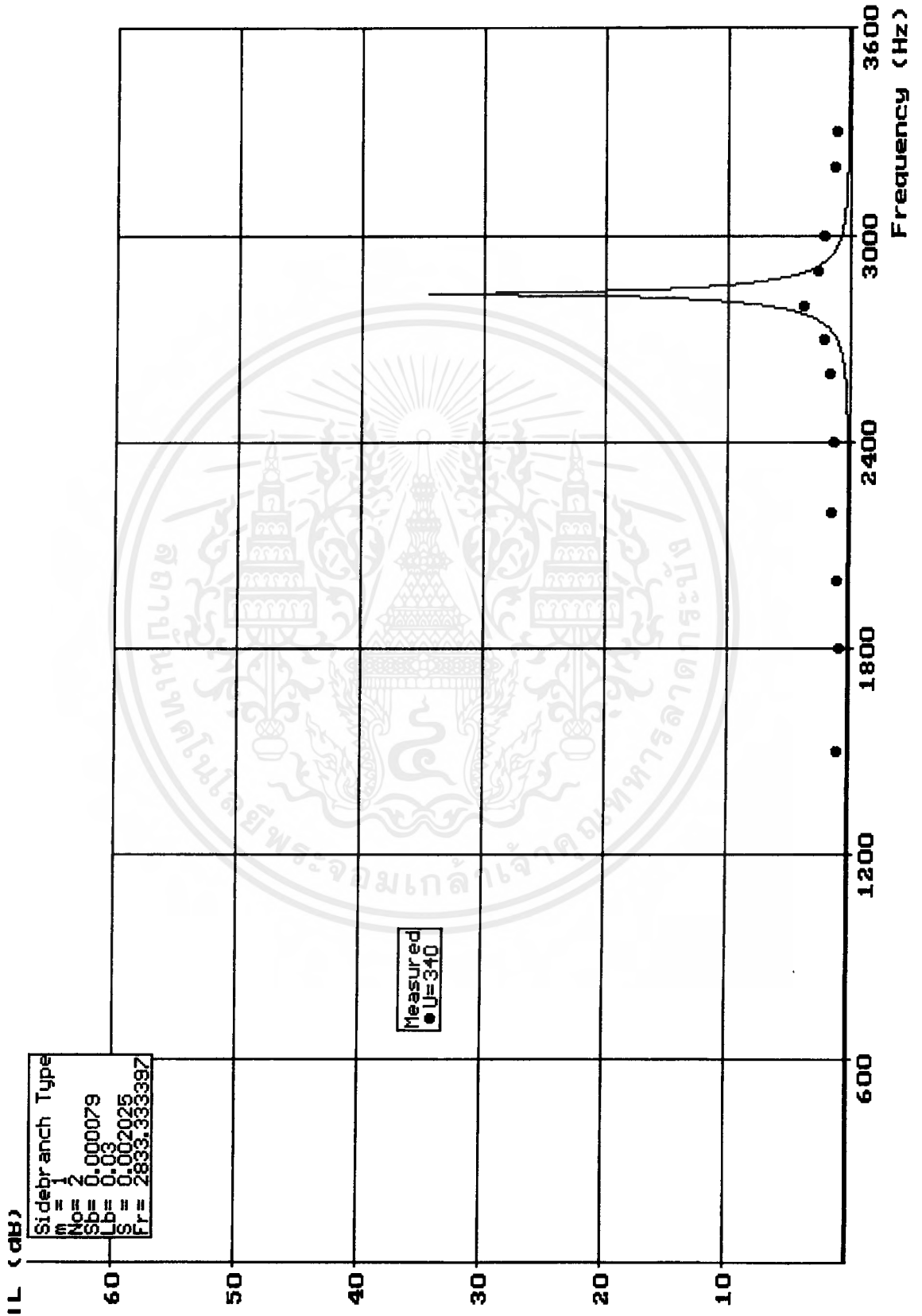
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



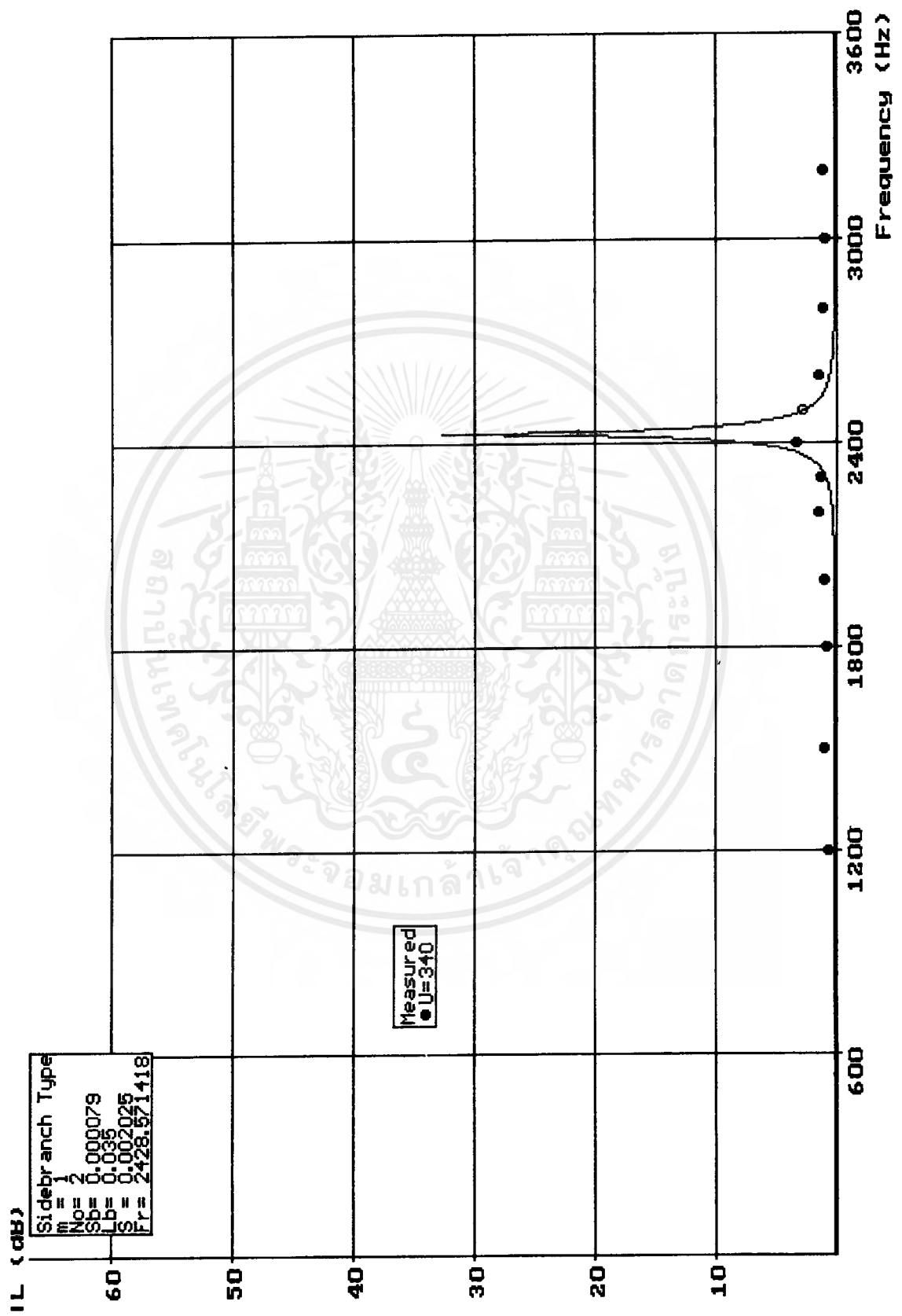
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



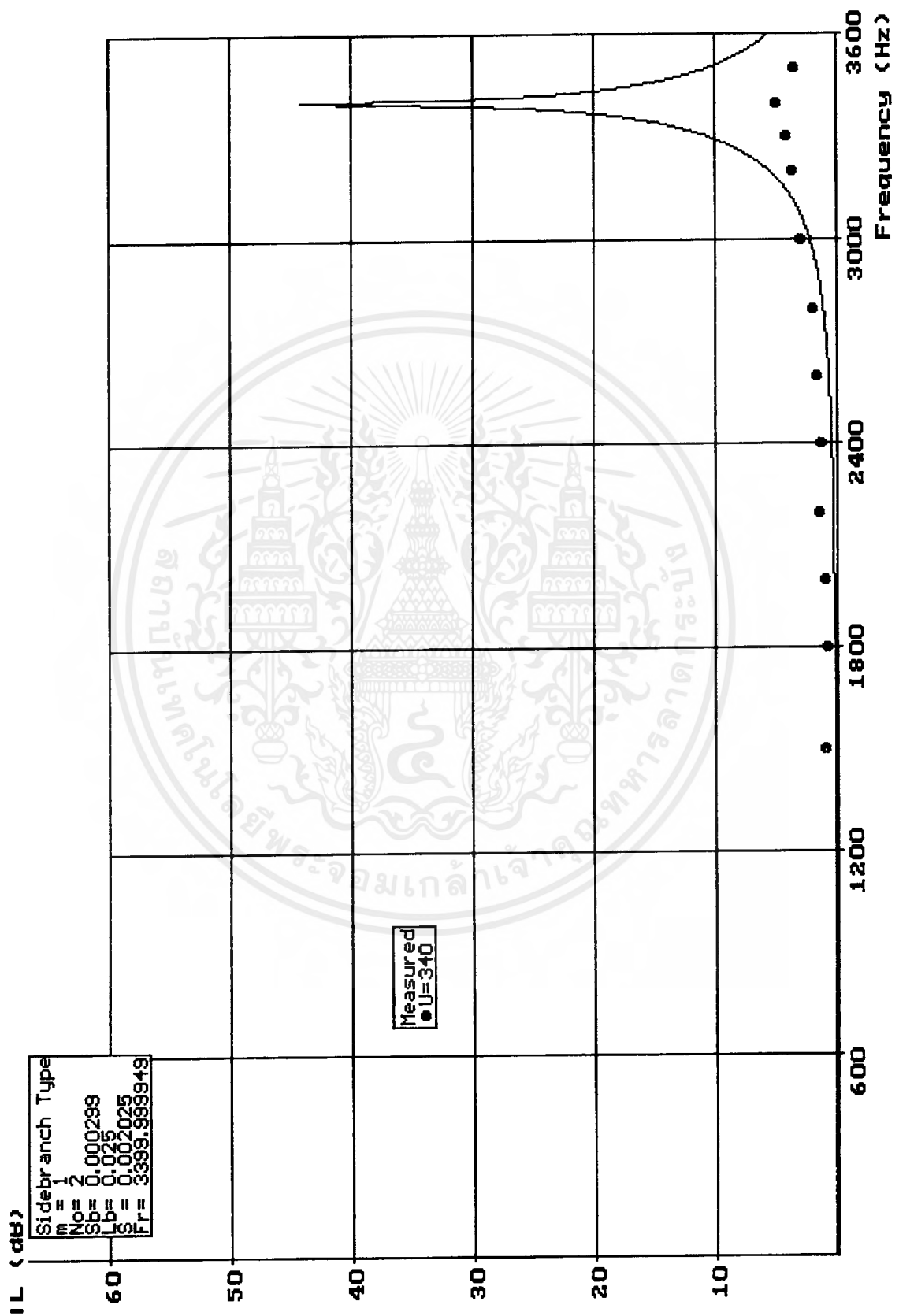
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



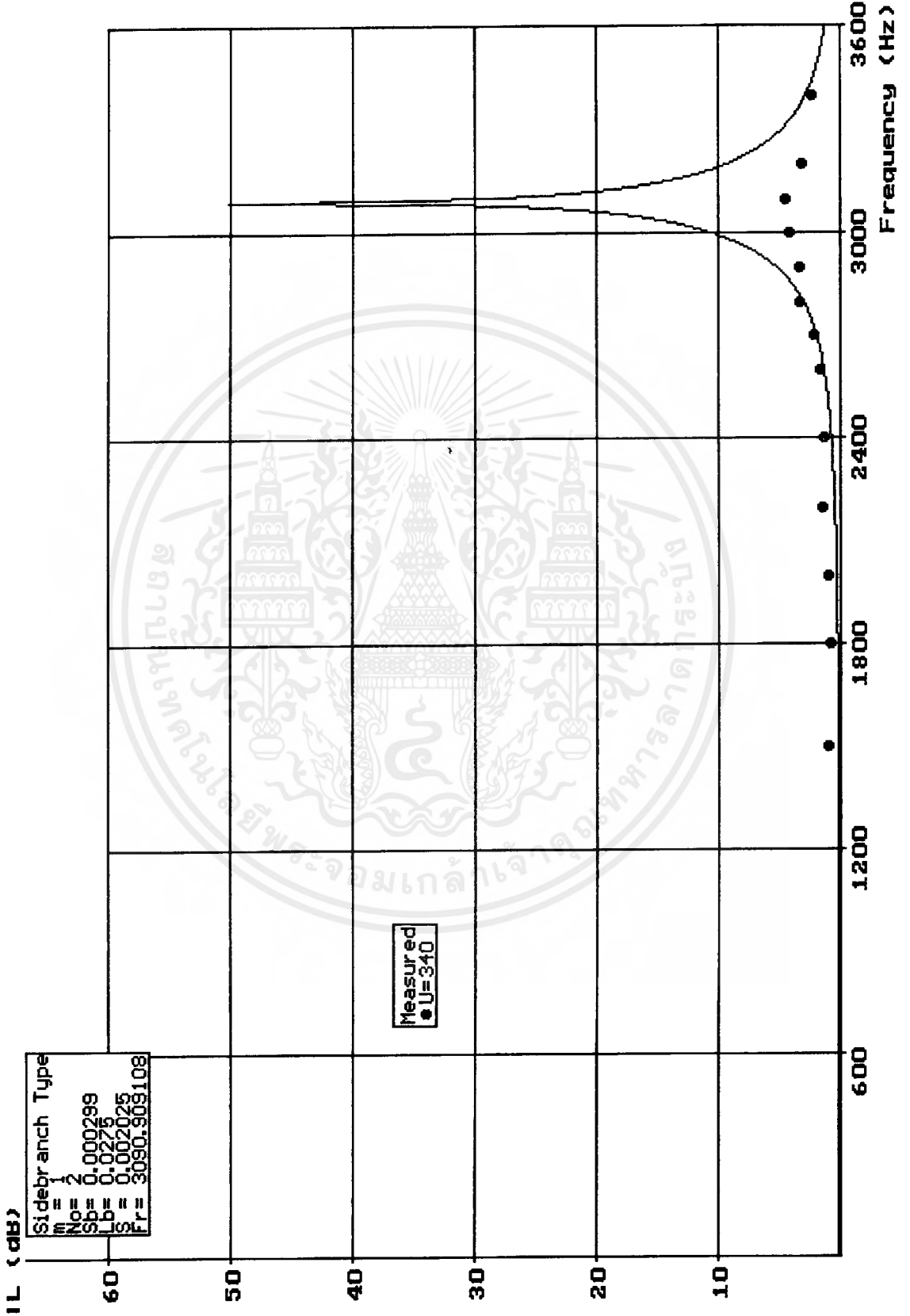
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



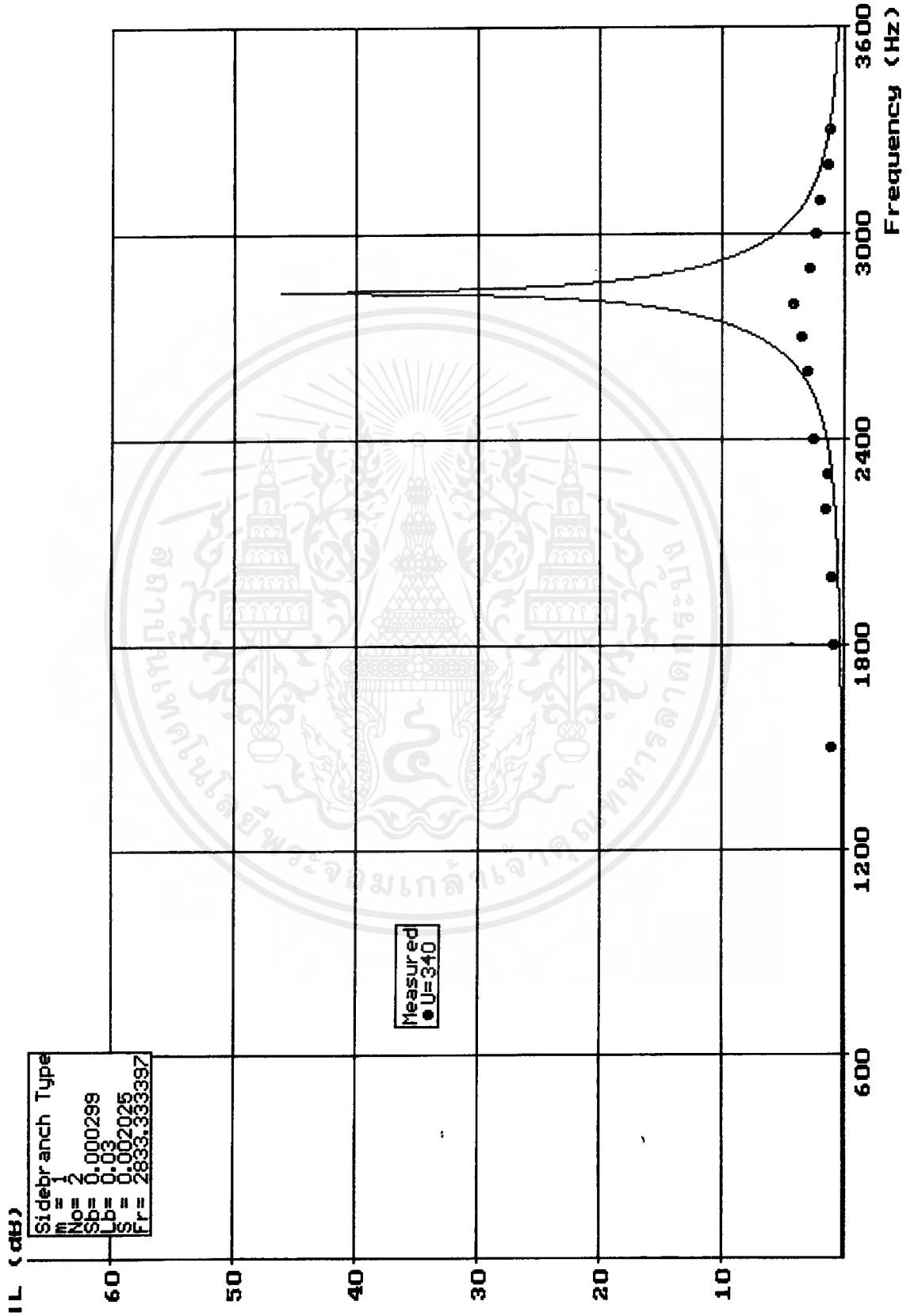
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



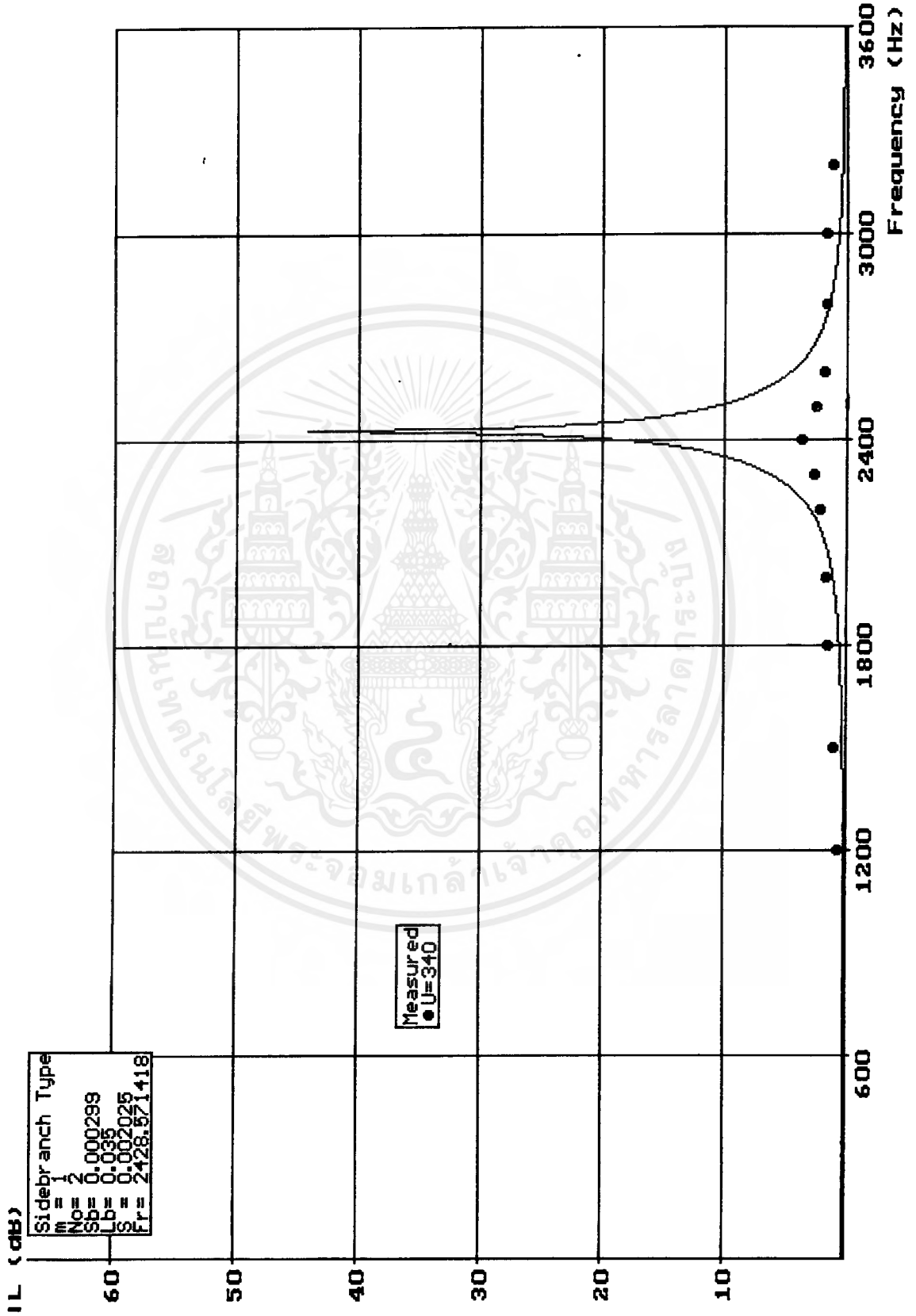
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



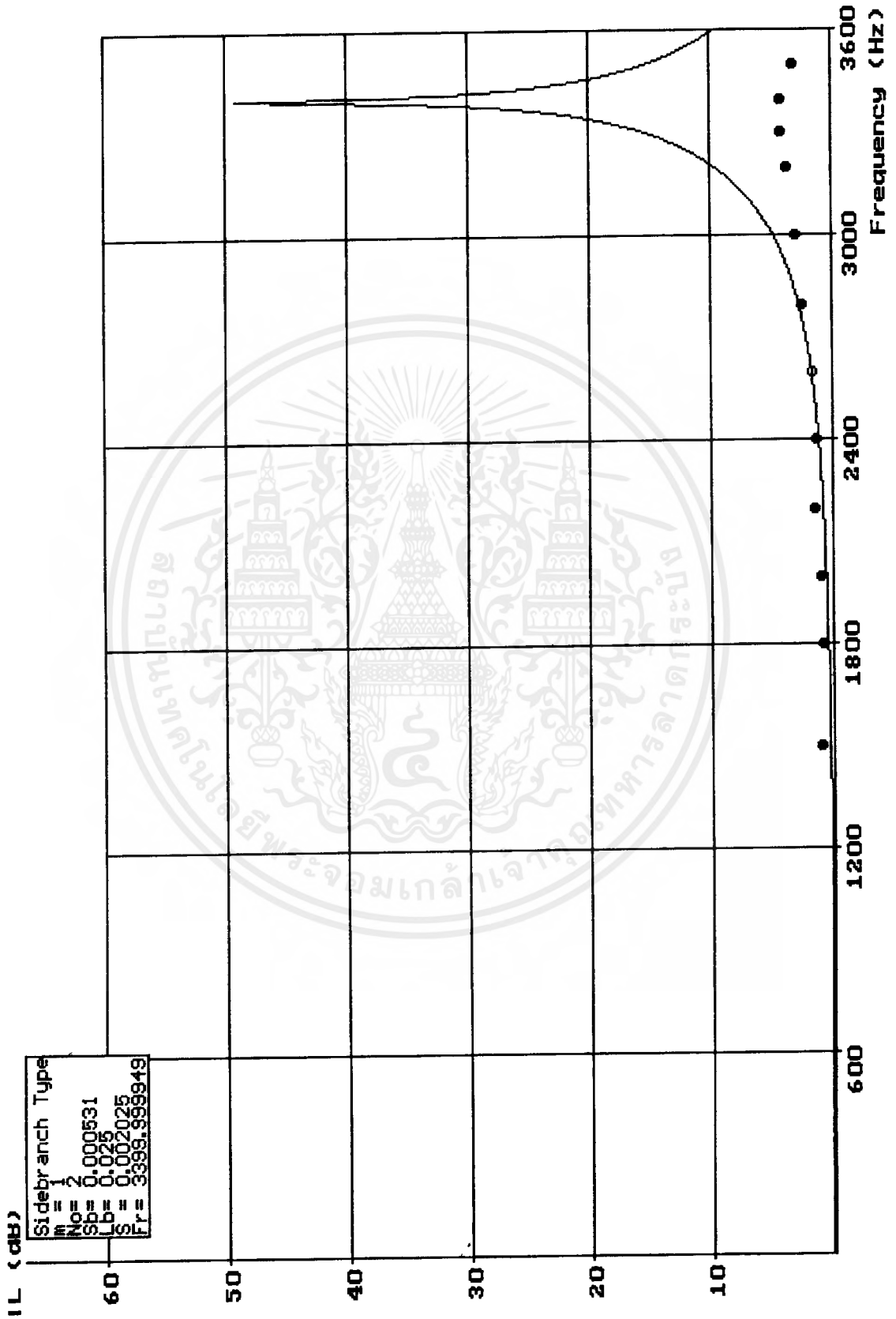
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

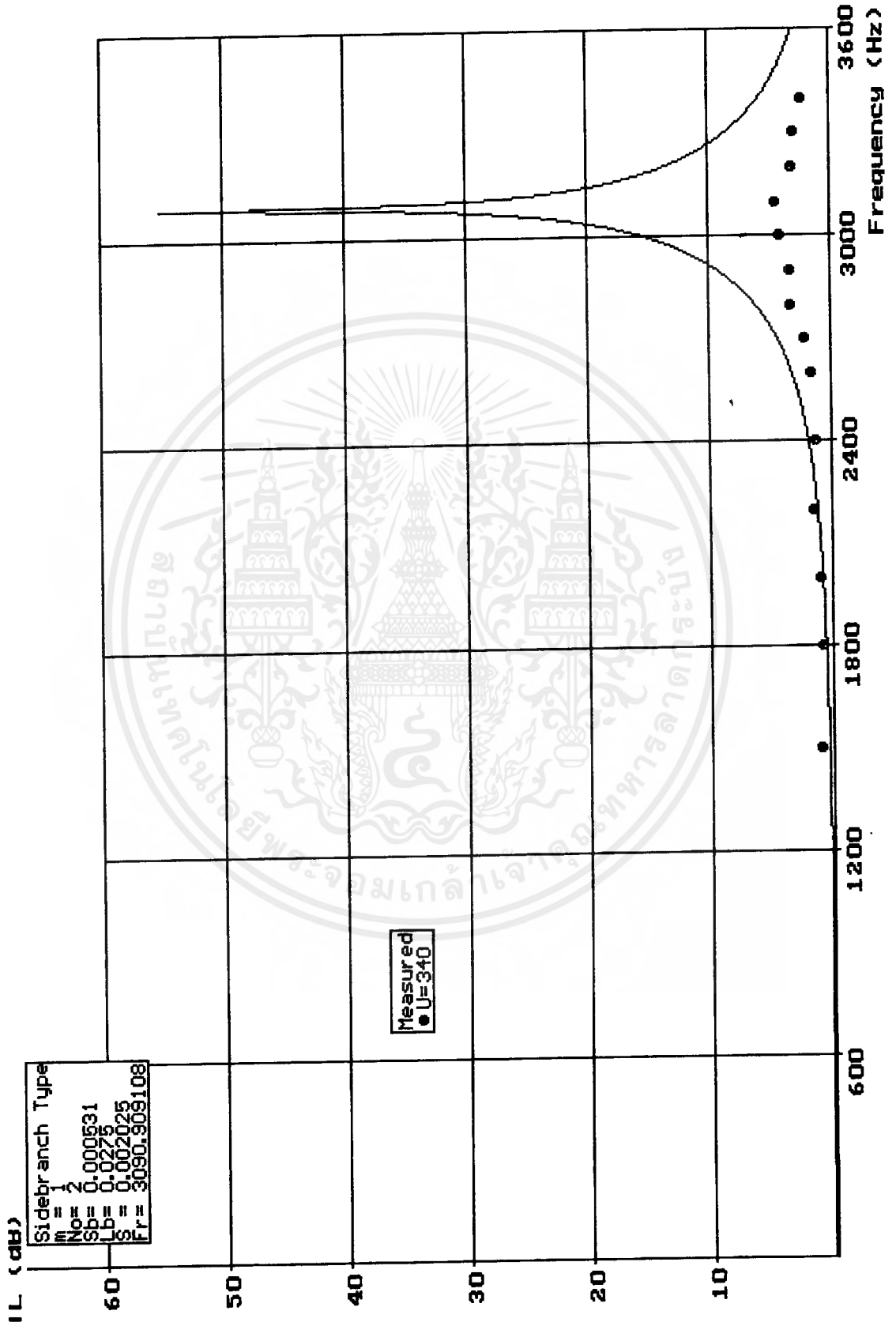


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

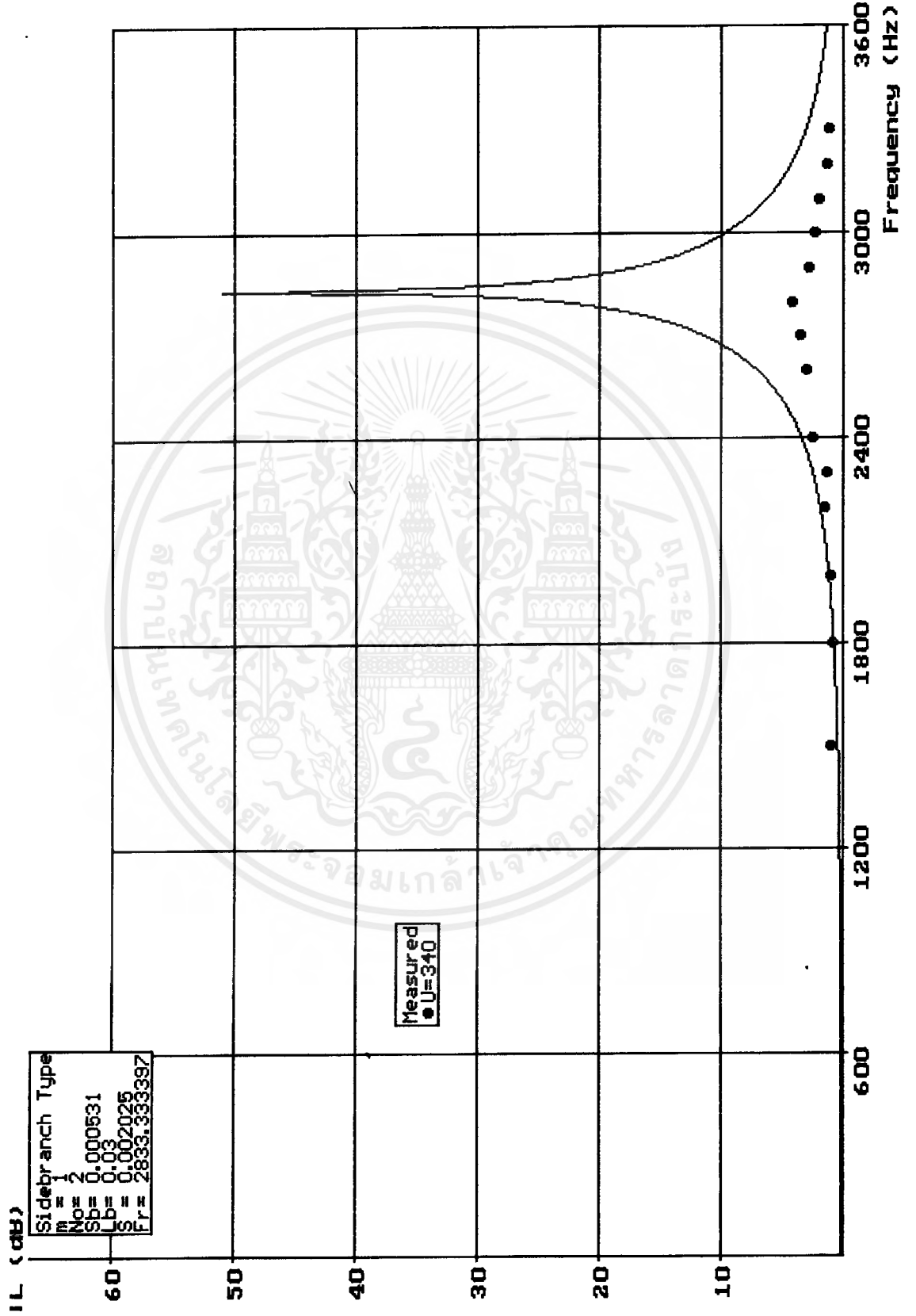


รูปที่ 6.16a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

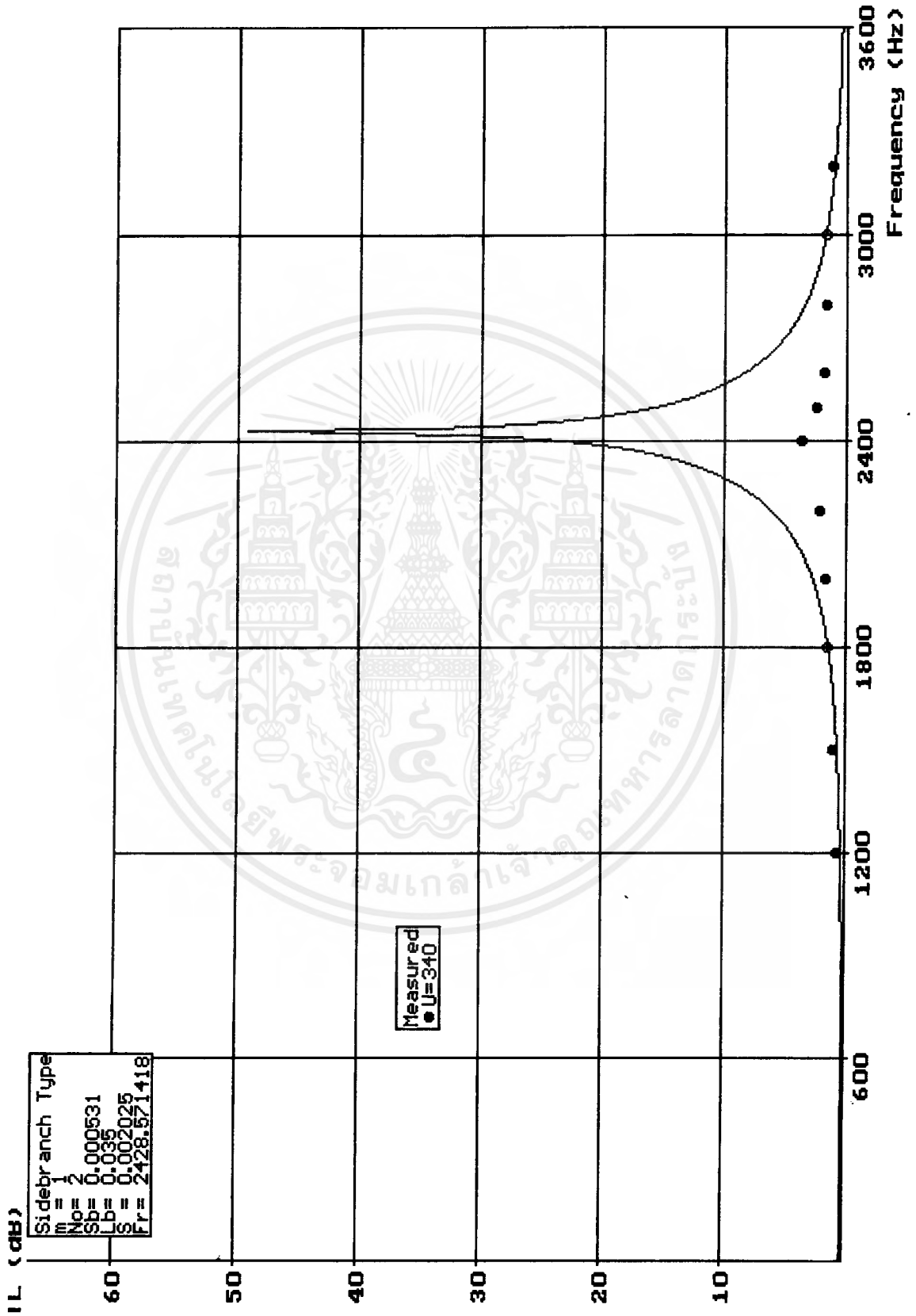


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

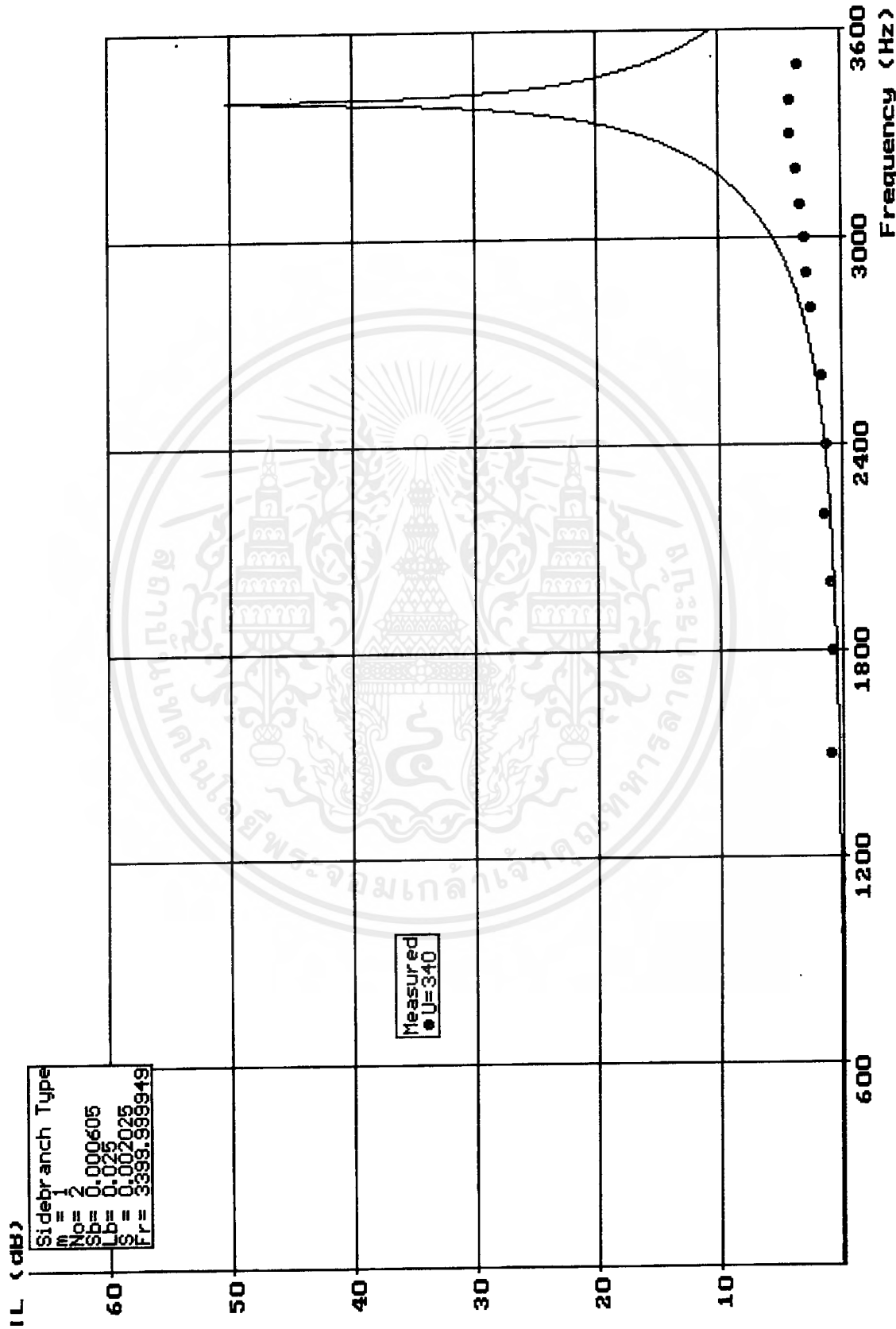


รูปที่ 6.16c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

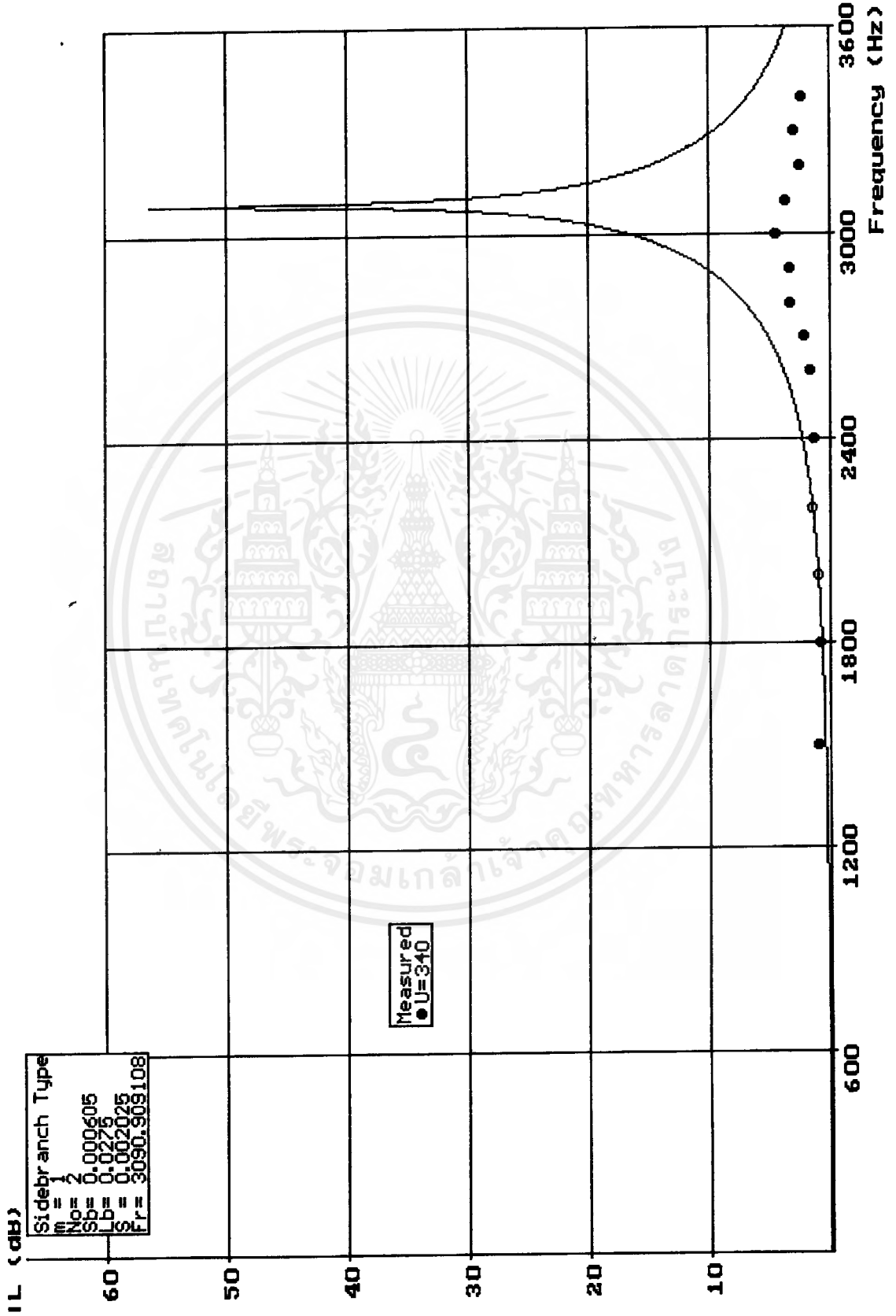


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



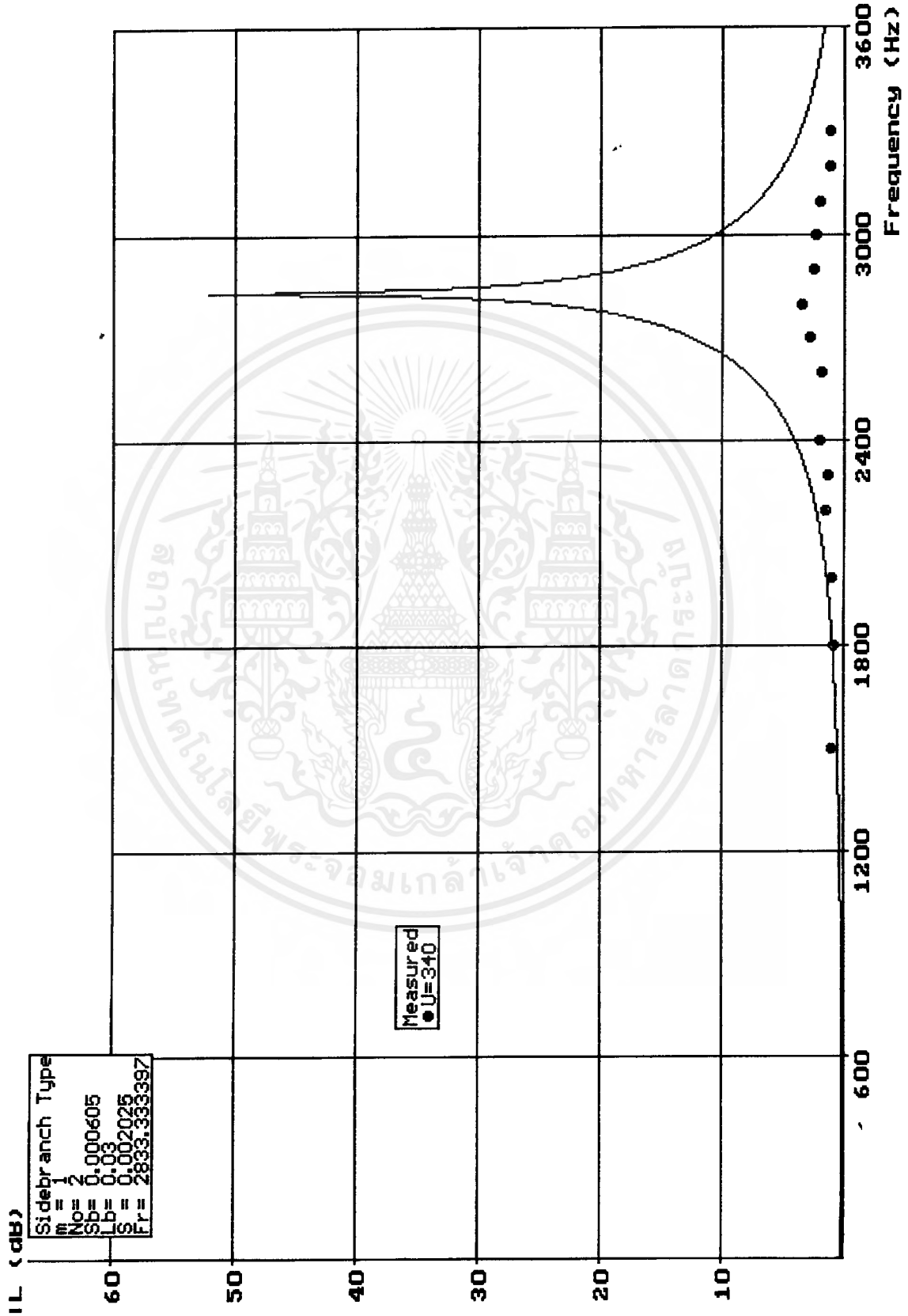
รูปที่ 6.17a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



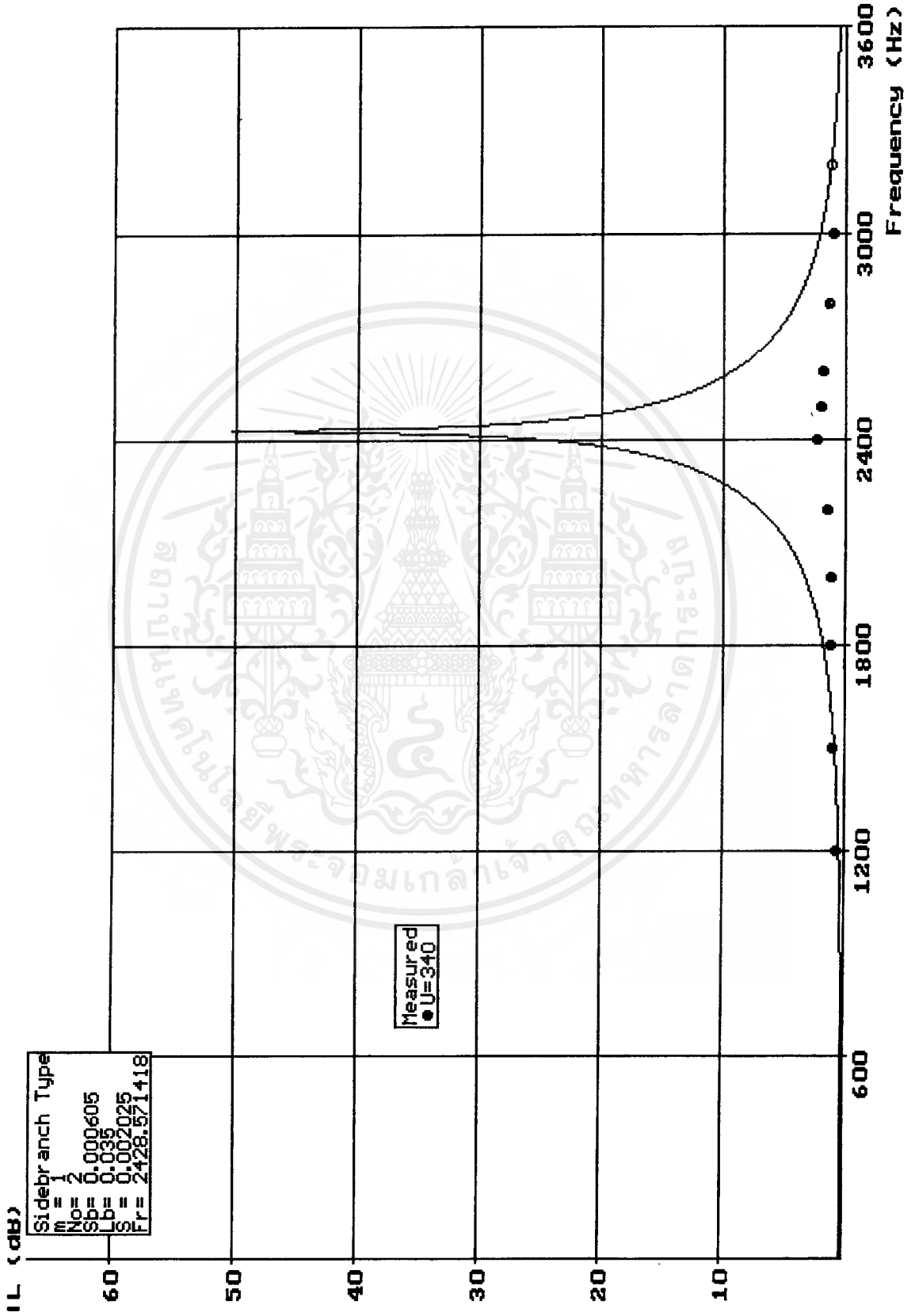
รูปที่ 6.17b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

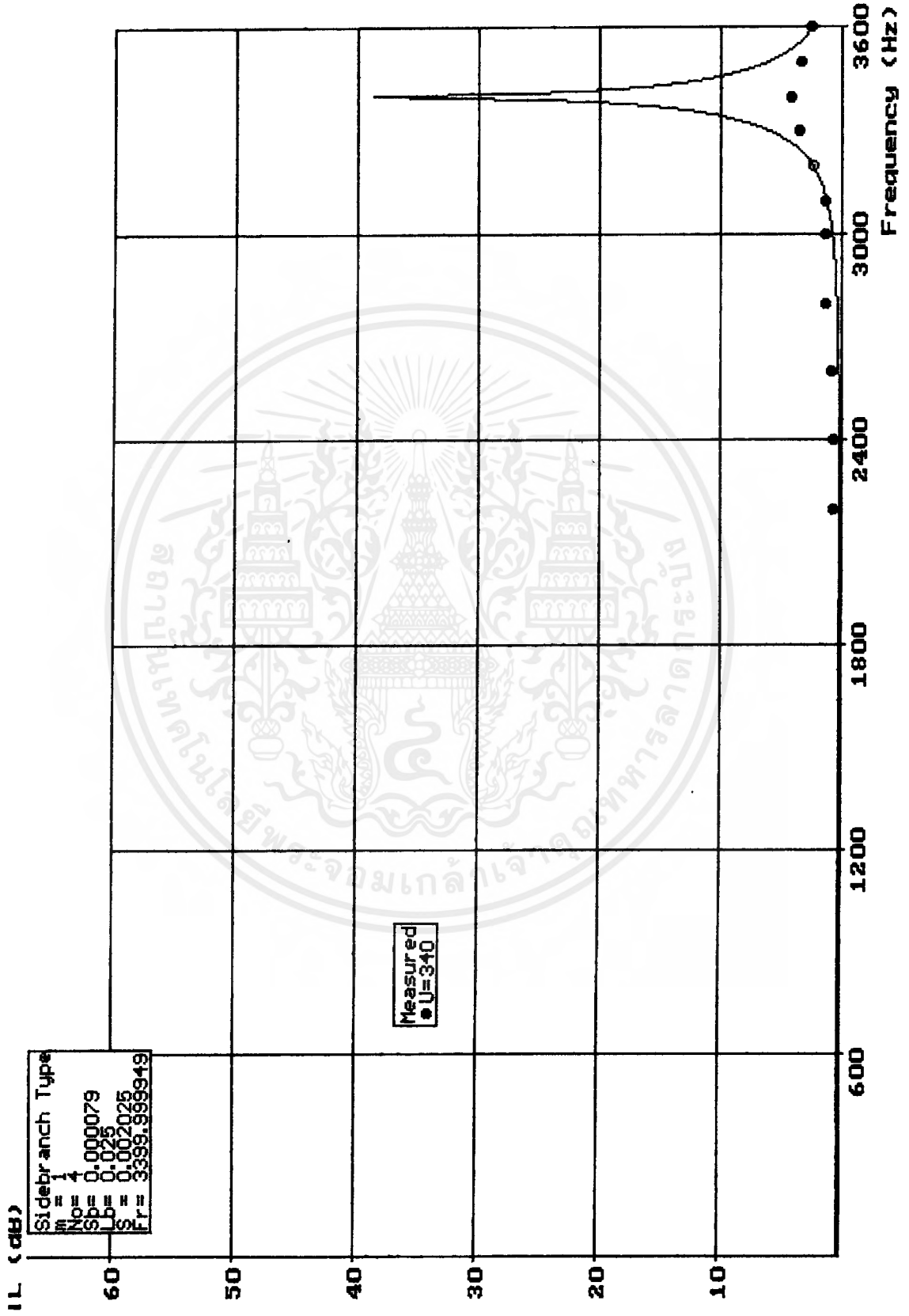


รูปที่ 6.17c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

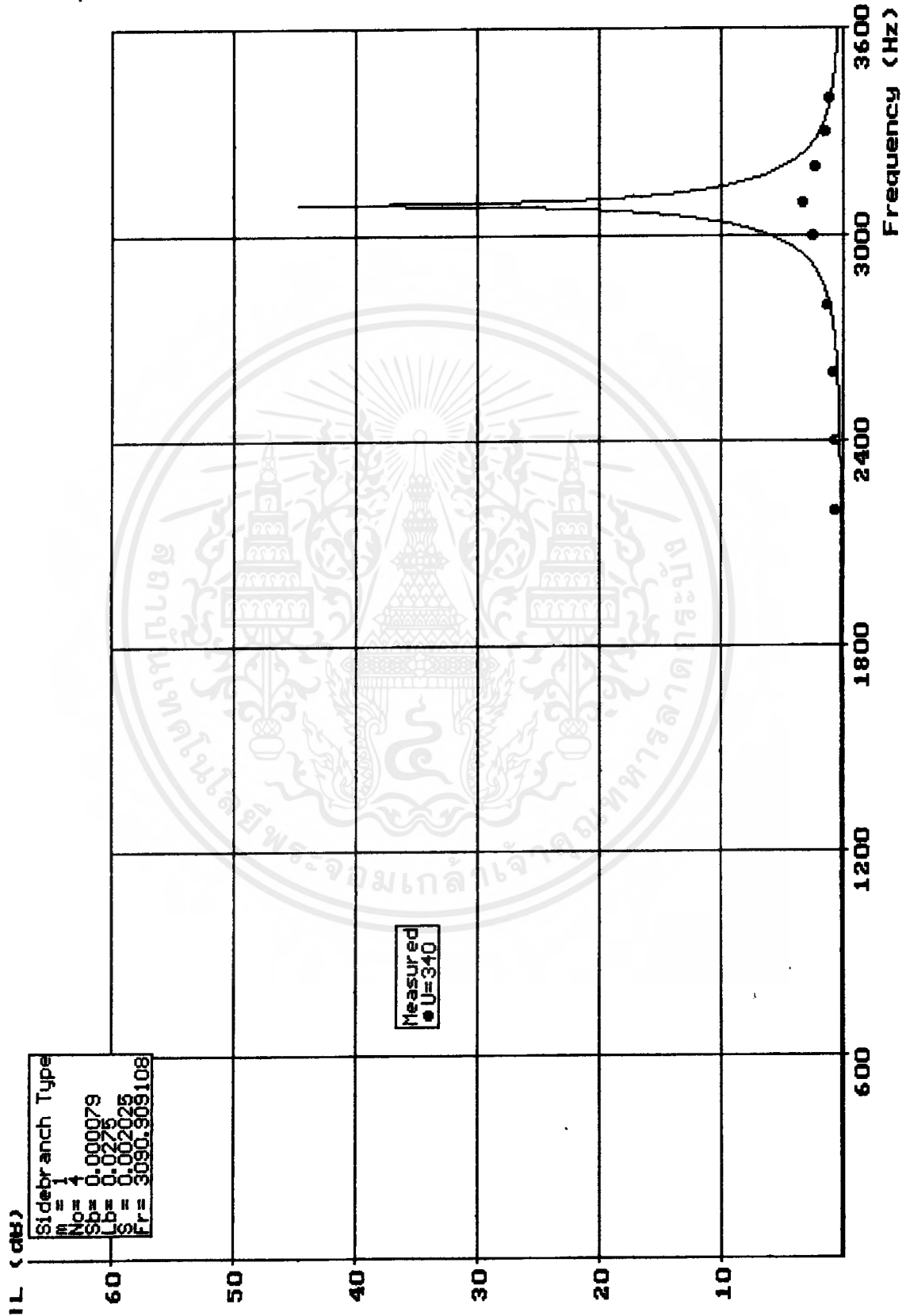


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



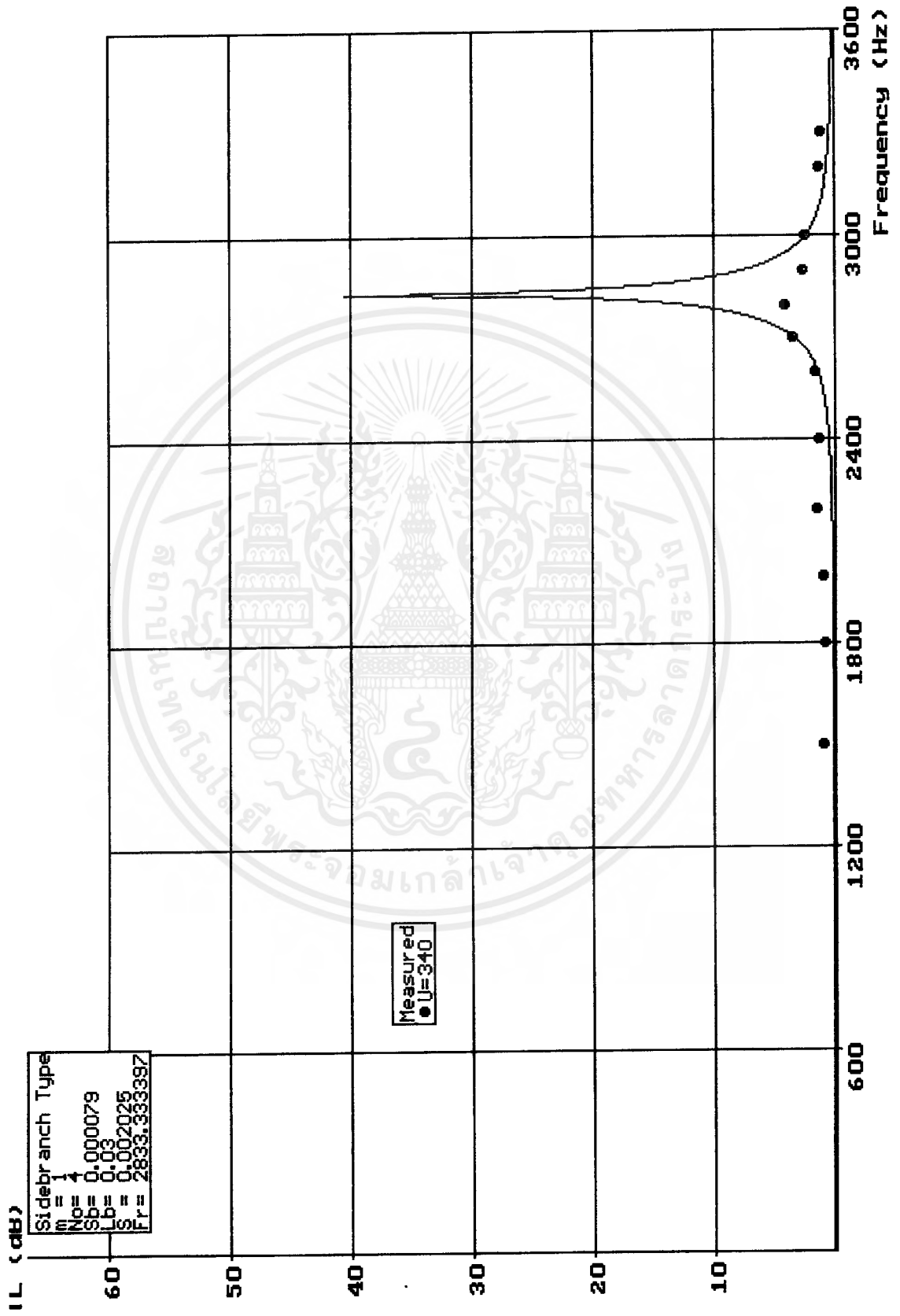
รูปที่ 6.18a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่วารณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



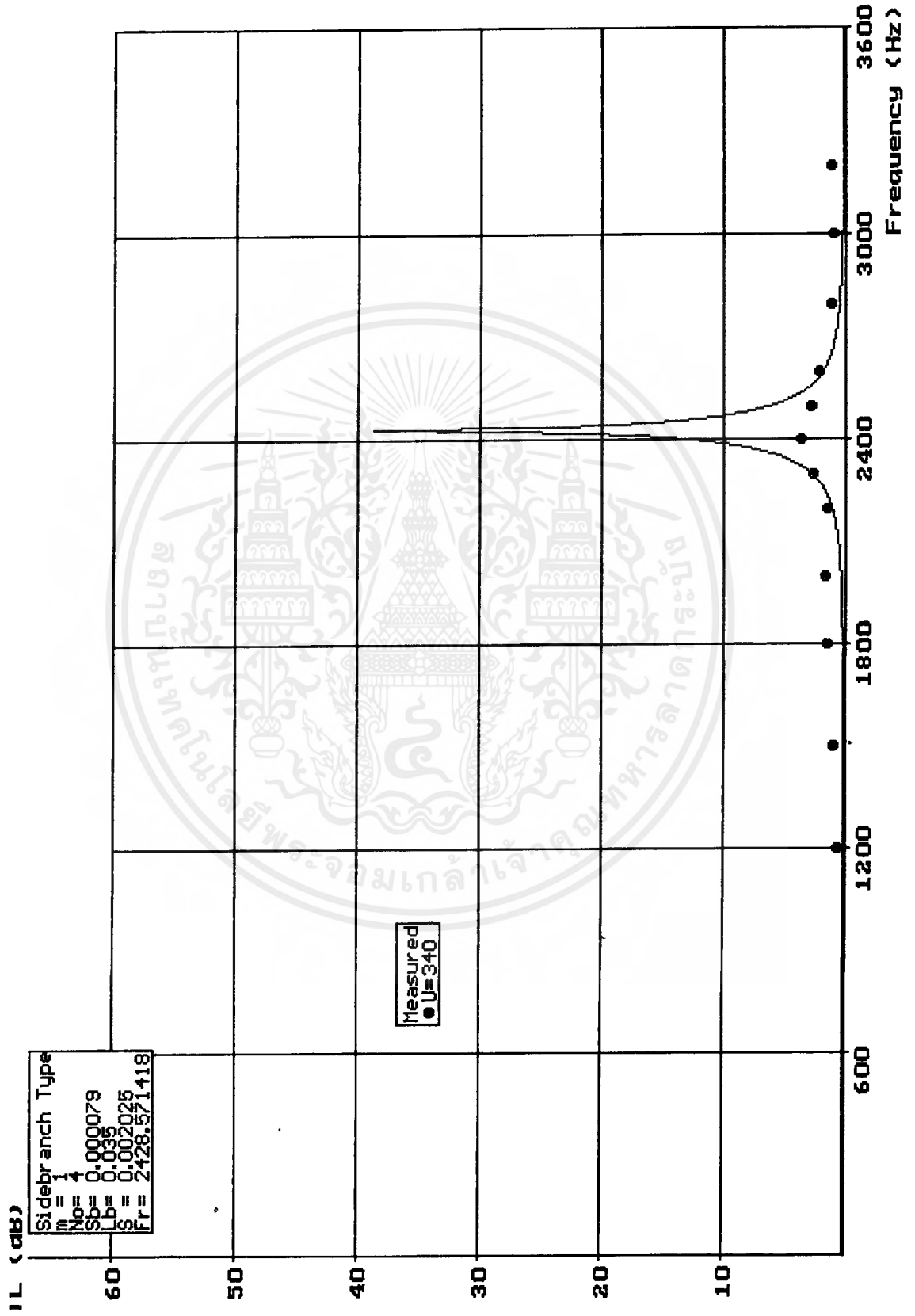
รูปที่ 6.18b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

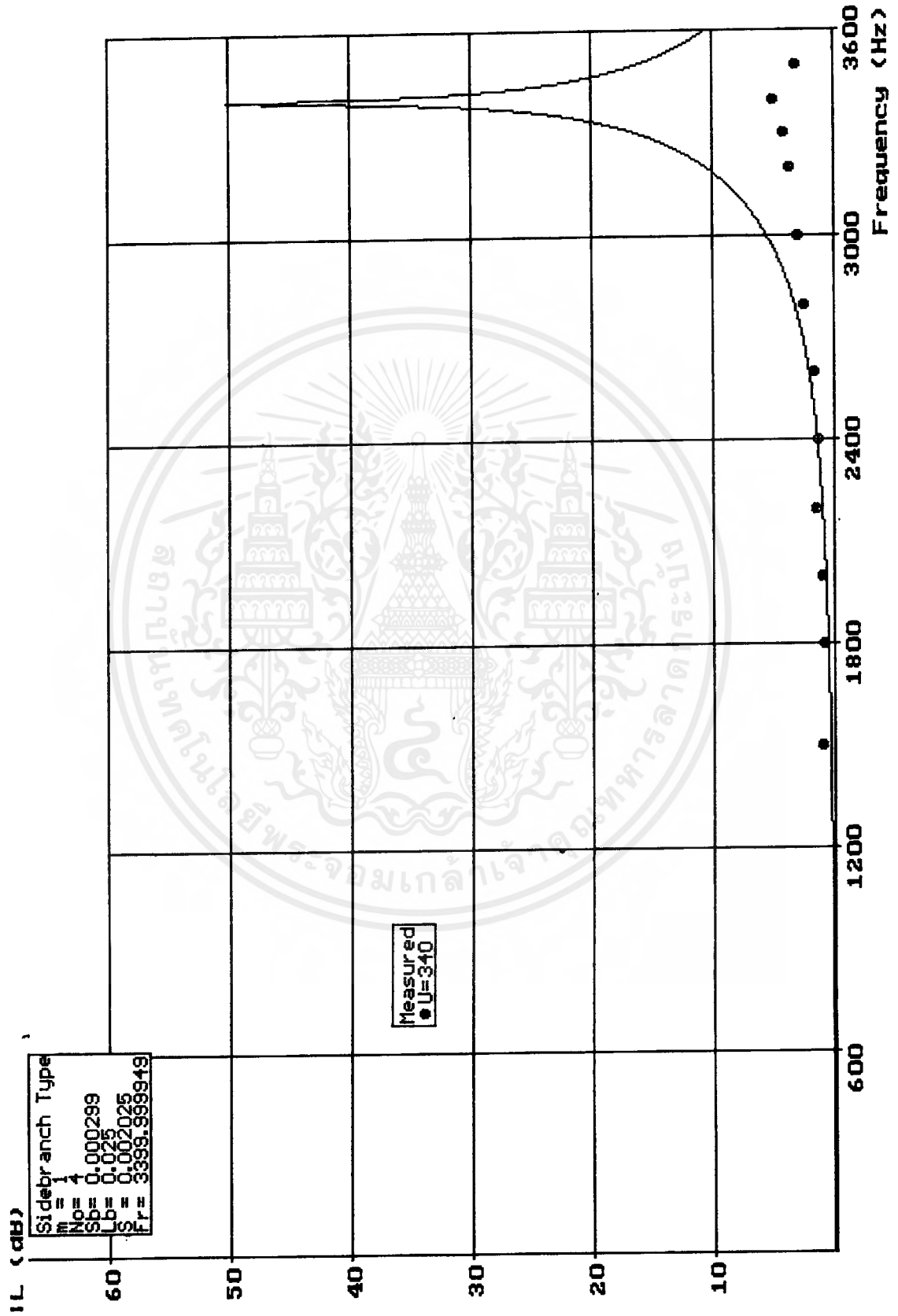


รูปที่ 6.18c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

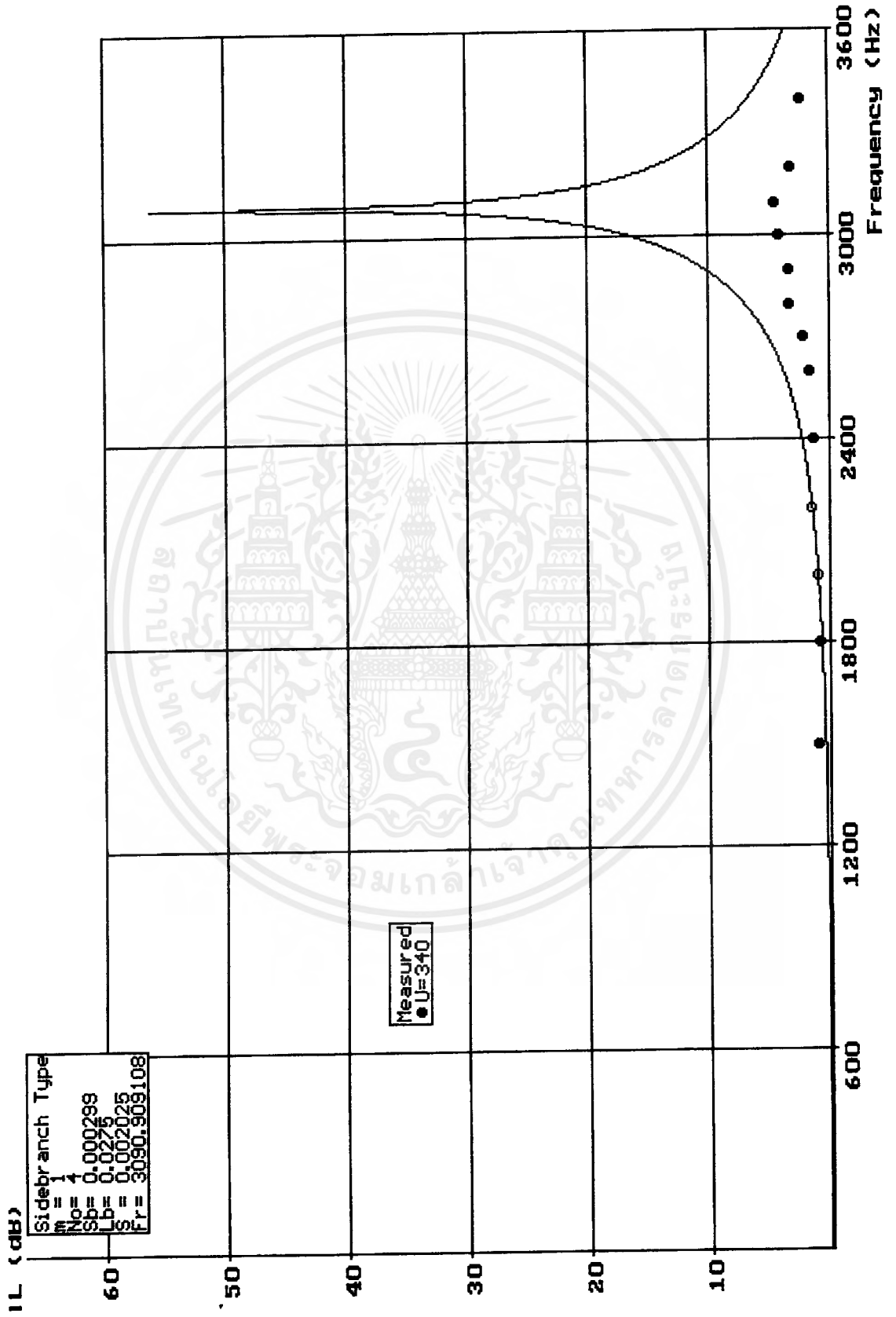


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

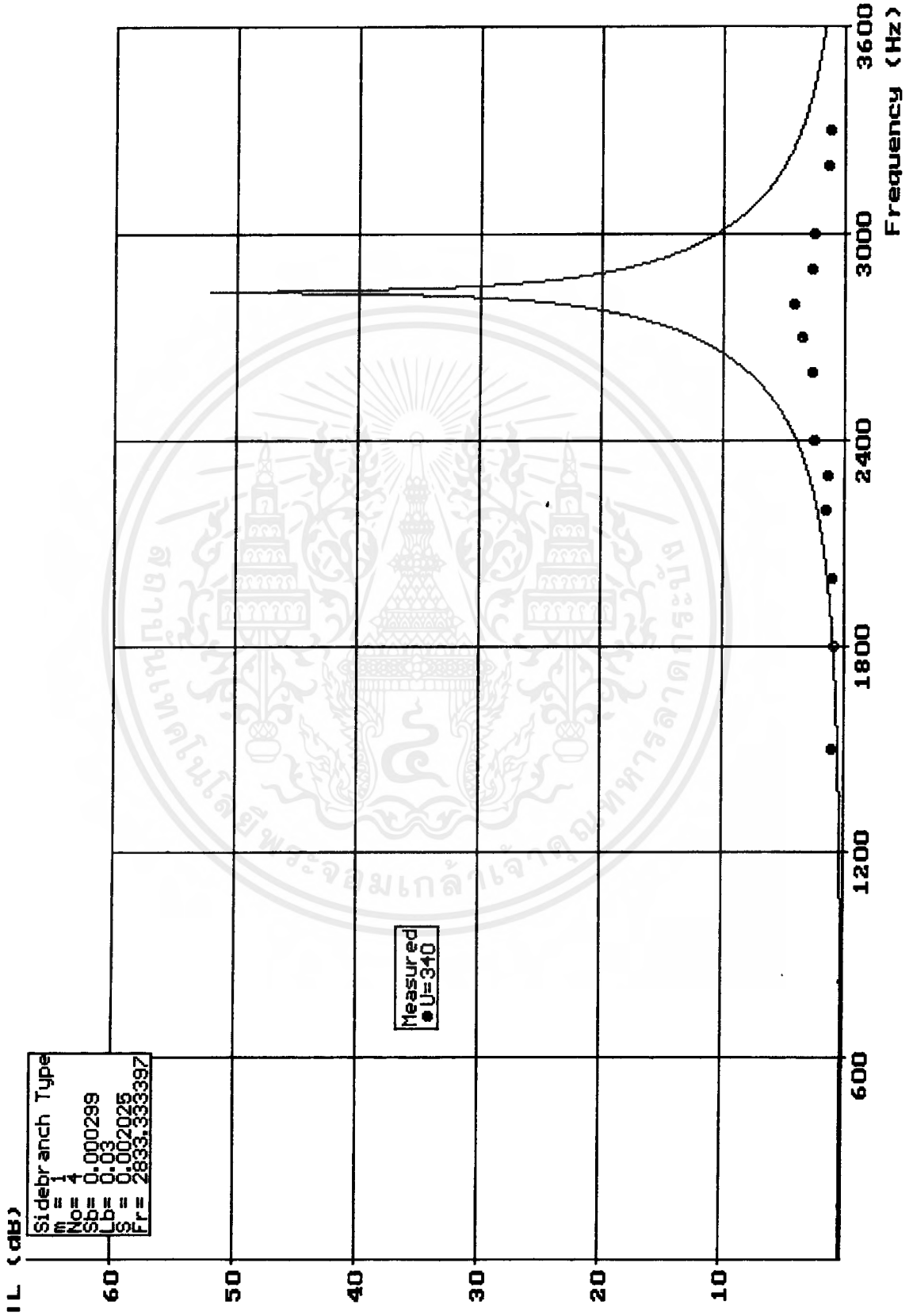


รูปที่ 6.19a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

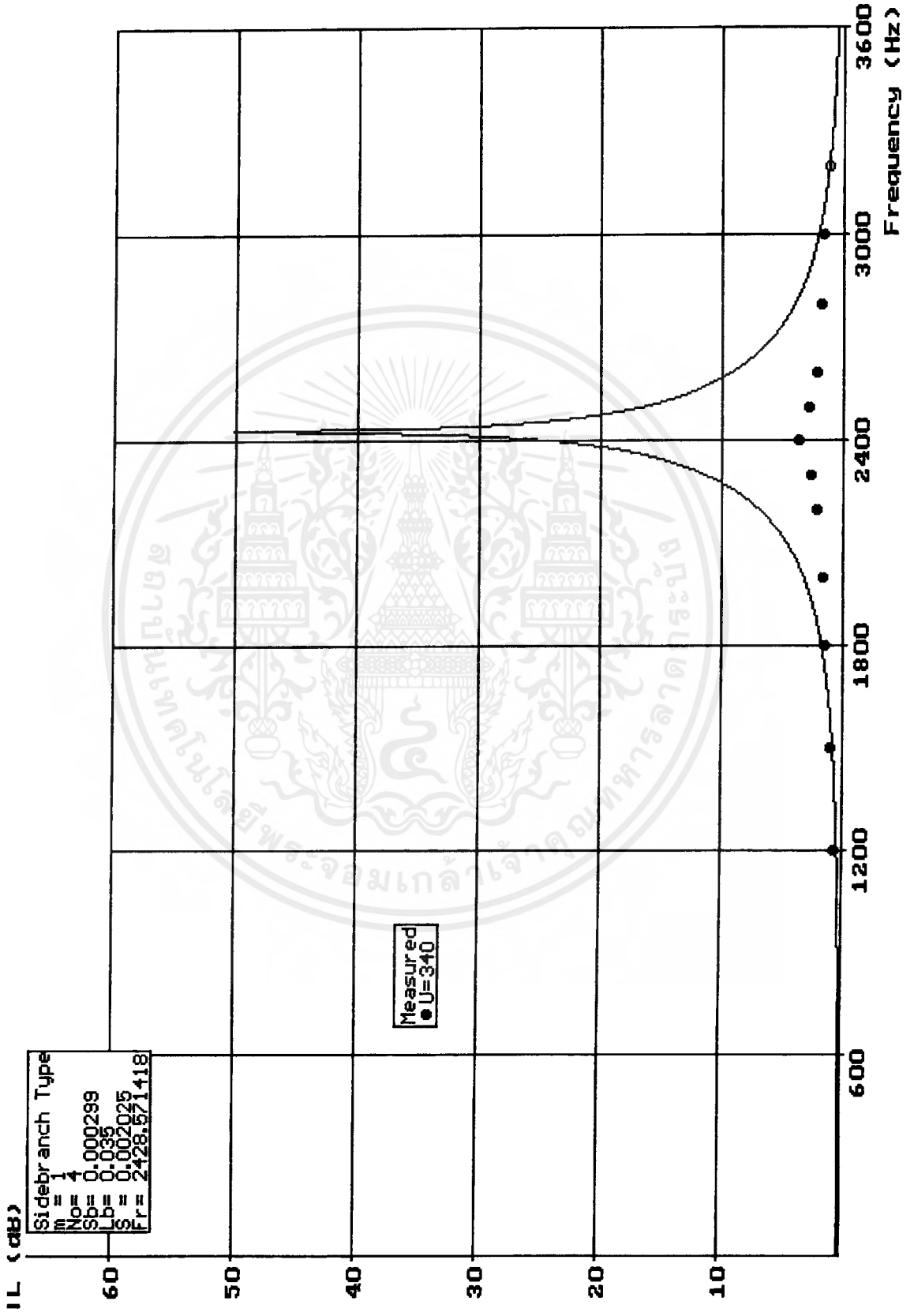


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



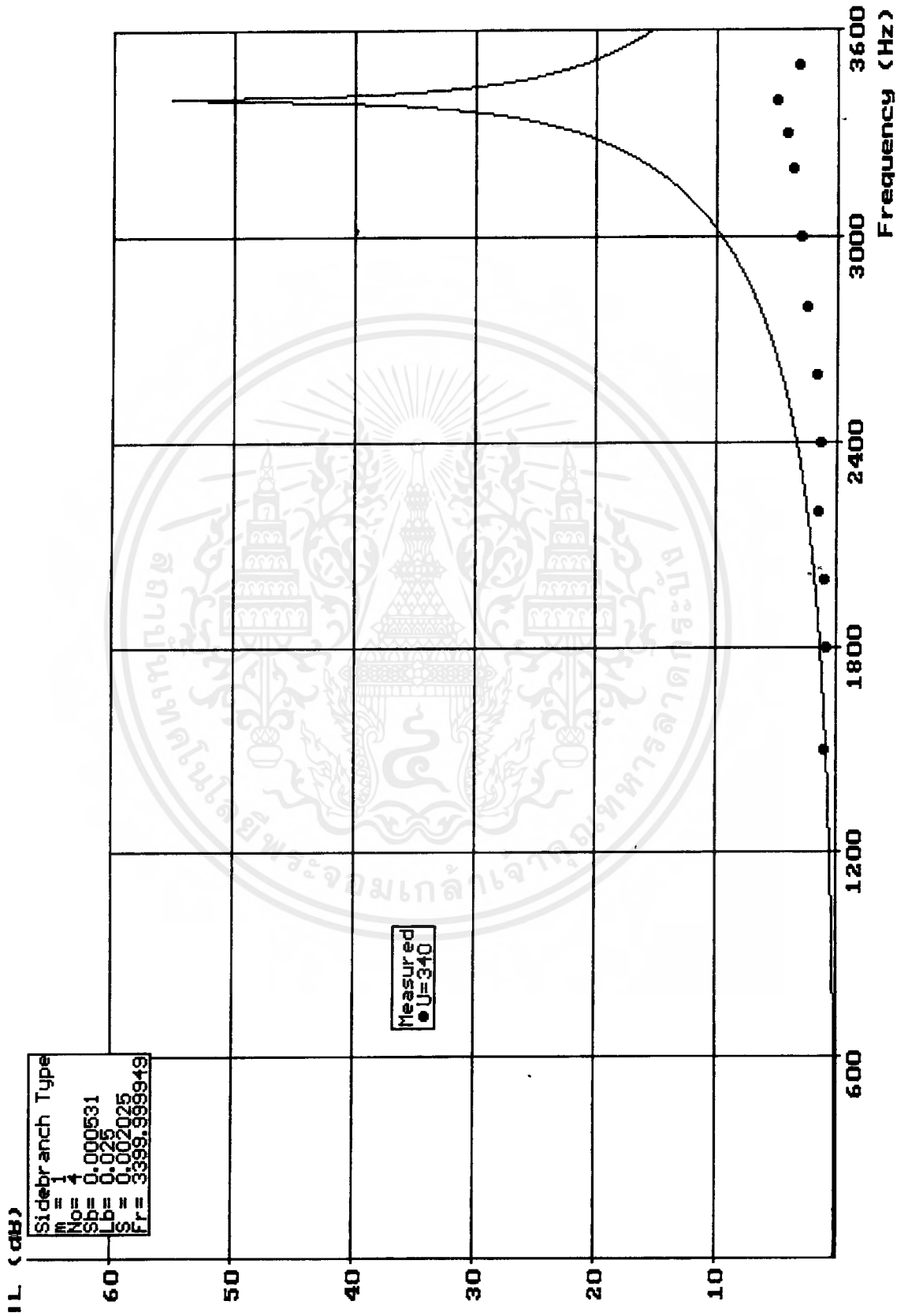
รูปที่ 6.19c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

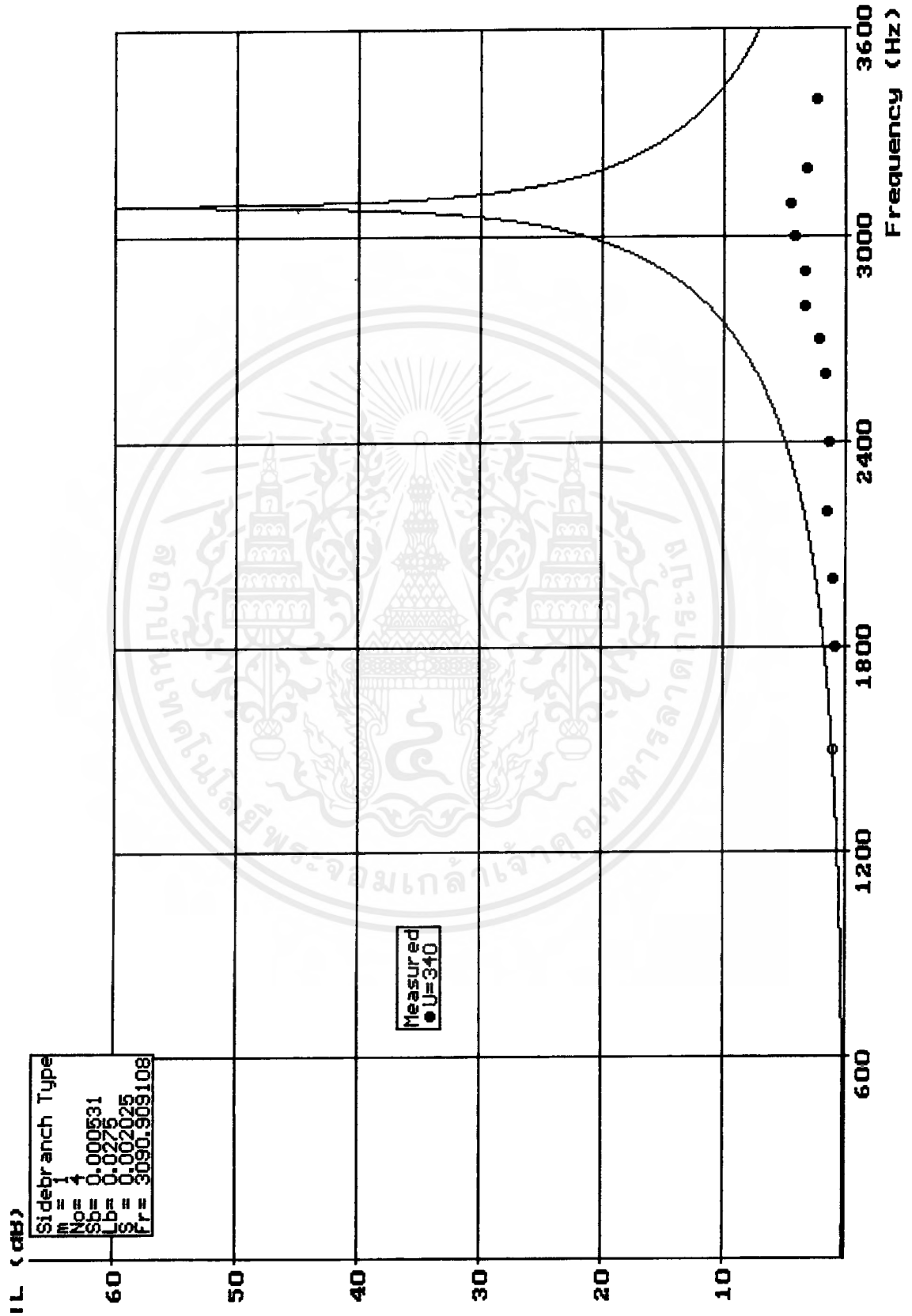


รูปที่ 6.19d

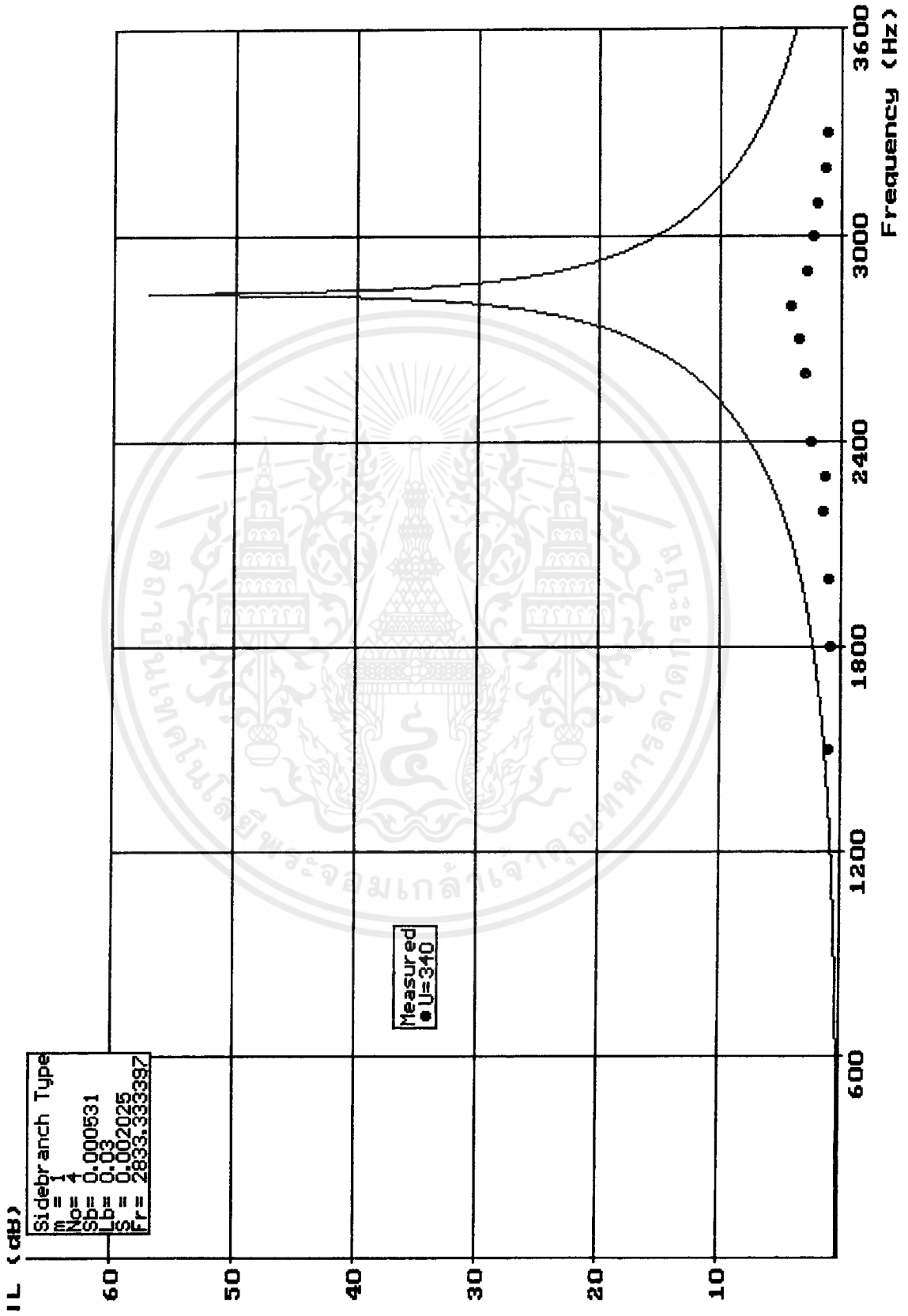
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



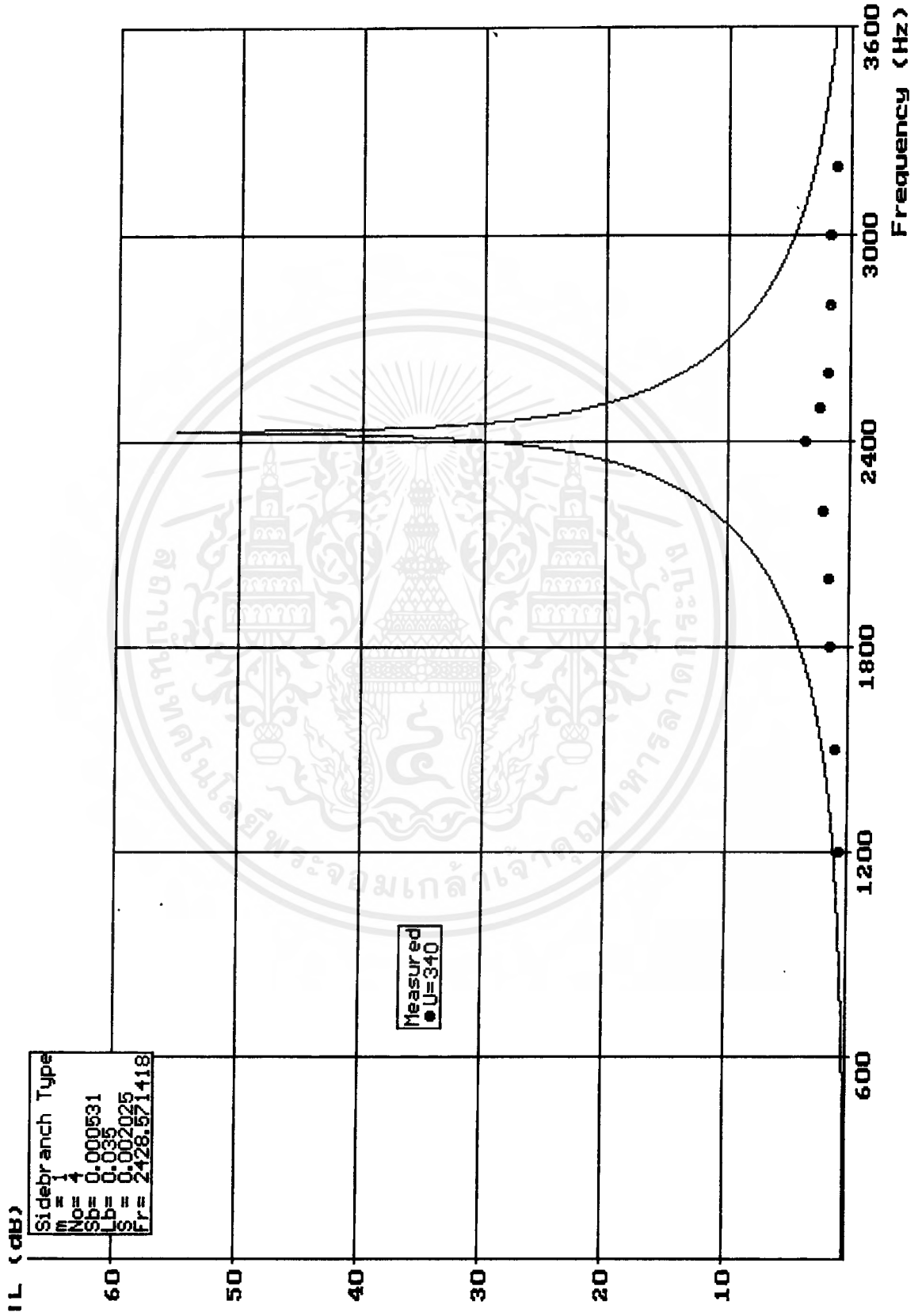
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



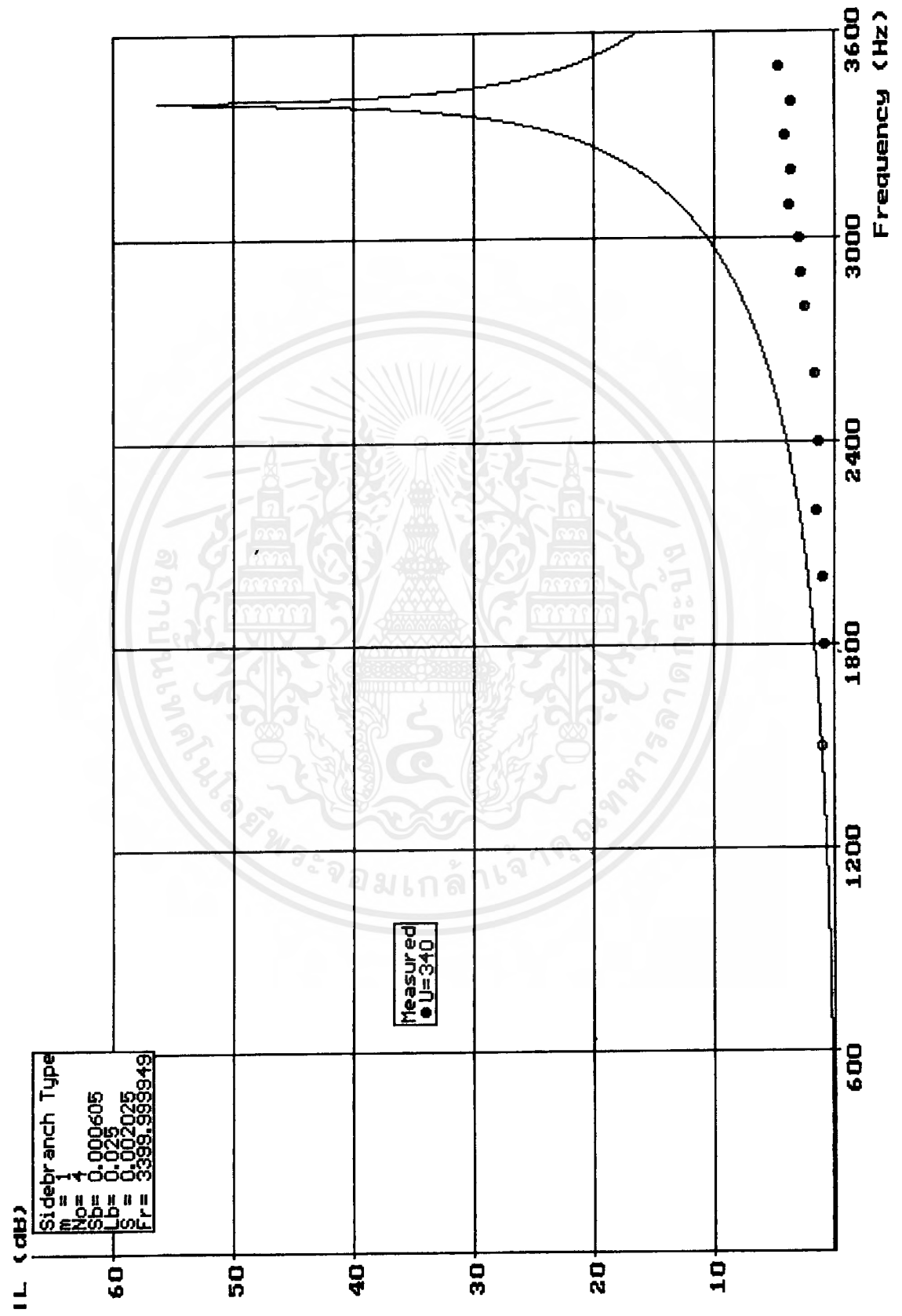
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



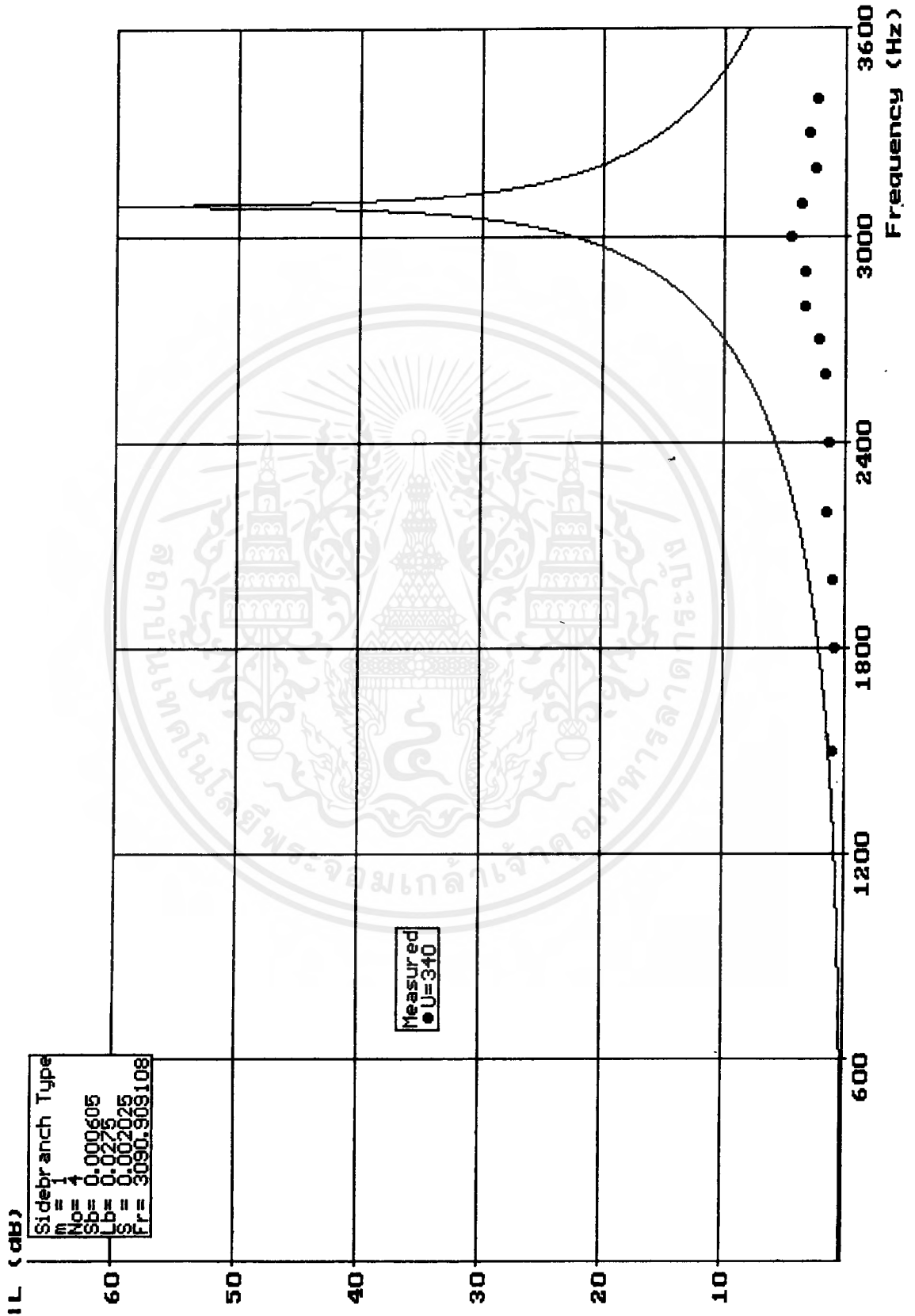
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่วารณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



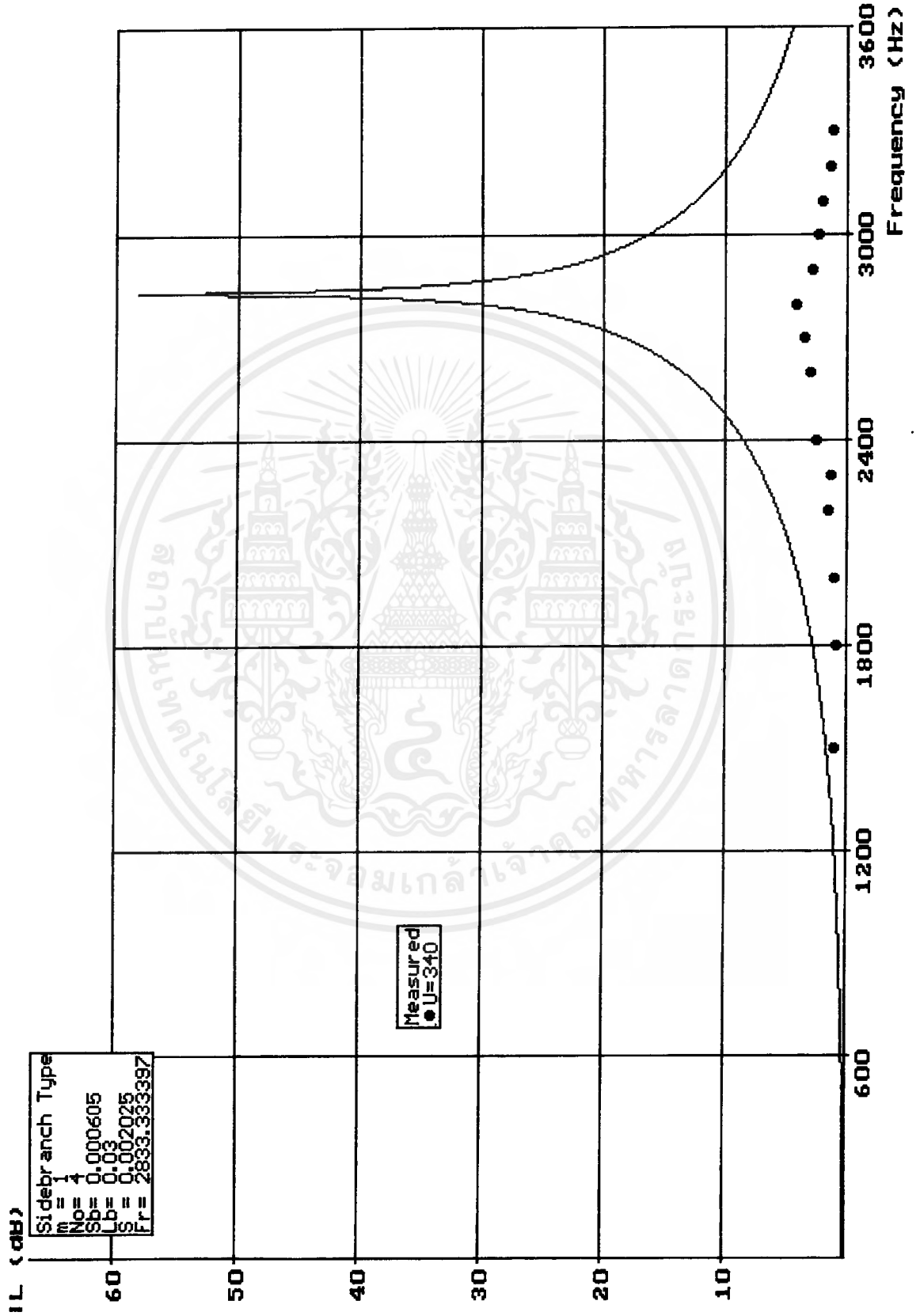
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

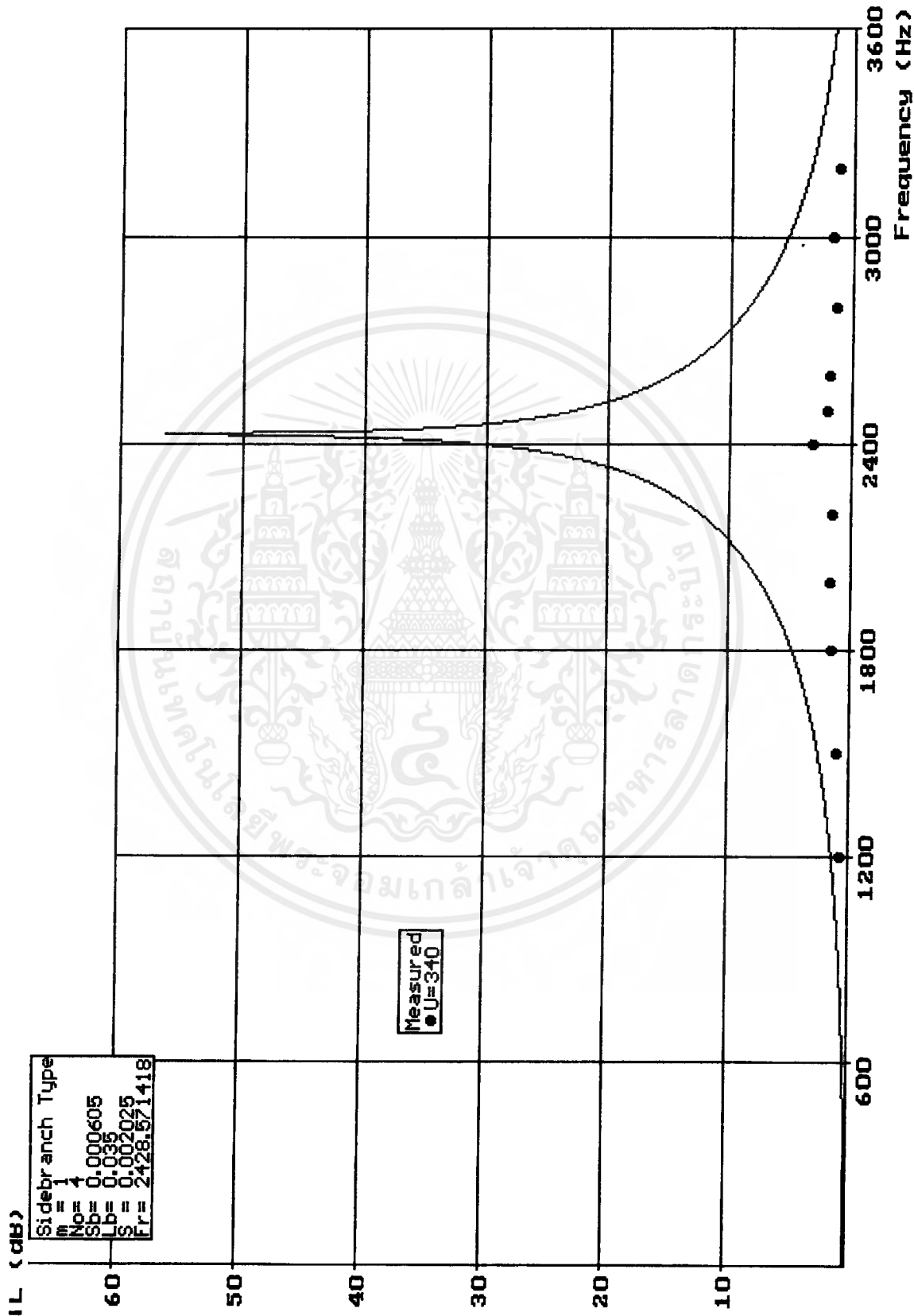


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.21c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่วารณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองเราจะสังเกตเห็นว่าที่จำนวนแฉว, ความยาว, พื้นที่หน้าตัด และจำนวนต่อแฉวต่าง ๆ กันของเครื่องลดเสียง มีผลทำให้การทดลองมีแนวโน้มตามทฤษฎี และสามารถสรุปได้ว่า

1. เมื่อเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดของเครื่องลดเสียง โดยที่ความยาว, จำนวนต่อแฉวและจำนวนแฉวมี่ค่าคงที่ จะสามารถสรุปได้ว่า เมื่อพื้นที่หน้าตัดมีค่าเพิ่มมากขึ้นจะมีผลทำให้ช่วงและประสิทธิภาพในการเก็บเสียงเพิ่มมากขึ้นกว่าพื้นที่หน้าตัดที่น้อยกว่า โดยคาบของการแกว่ง (ripple frequency period) มีค่าเท่ากัน
2. เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนแฉวของเครื่องลดเสียง โดยที่ความยาว, จำนวนต่อแฉวและพื้นที่หน้าตัดมีค่าคงที่ จะสามารถสรุปได้ว่า เมื่อจำนวนแฉวมี่ค่าเพิ่มมากขึ้นจะมีผลทำให้ช่วงและประสิทธิภาพในการเก็บเสียงเพิ่มมากขึ้นกว่าจำนวนแฉวที่น้อยกว่า โดยคาบของการแกว่ง (ripple frequency period) มีค่าเท่ากัน
3. เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความยาวของเครื่องลดเสียง โดยที่จำนวนแฉว, จำนวนต่อแฉวและพื้นที่หน้าตัดมีค่าคงที่ จะสามารถสรุปได้ว่า เมื่อความยาวมีค่าเพิ่มมากขึ้นจะมีผลทำให้คาบของการแกว่ง (ripple frequency period) มีค่าน้อยลง อธิบายได้ว่า เมื่อความยาวเพิ่มมากขึ้นจะสามารถเก็บเสียงที่ความถี่ต่ำได้ดีกว่าเมื่อมีความยาวน้อย โดยช่วงของการเก็บเสียงมีค่าเท่ากัน
4. เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนต่อแฉวของเครื่องลดเสียง โดยที่จำนวนแฉว, ความยาวและพื้นที่หน้าตัดมีค่าคงที่ จะสามารถสรุปได้ว่า เมื่อจำนวนต่อแฉวมี่ค่าเพิ่มมากขึ้นจะมีผลทำให้ช่วงและประสิทธิภาพในการเก็บเสียงเพิ่มมากขึ้นกว่าจำนวนต่อแฉวที่น้อยกว่า โดยคาบของการแกว่ง (ripple frequency period) มีค่าเท่ากัน

5. เมื่อสังเกตผลการทดลองเปรียบเทียบกับผลทางทฤษฎี จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพในการระงับเสียงมีแนวโน้มใกล้เคียงกับทางทฤษฎี แต่มีค่าต่ำกว่ามากเป็นผลมาจากตัวแปรต่าง ๆ ในการทดลอง
6. ความผิดพลาดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการทดลองอาจพิจารณาเป็นจุดหลัก ๆ ได้ดังนี้
 - ท่อหลักในการเดินทางของเสียง (nominate duct) มีขนาดใหญ่กว่าเครื่องลดเสียง (side branch resonator) มาก ทำให้ประสิทธิภาพในการลดเสียงมีค่าน้อยกว่าตามที่ควรจะเป็น เนื่องจากขนาดท่อต่างกันมาก
 - ในการทดลองเป็นการต่อแบบอนุกรมและขนาน ซึ่งใช้จำนวนเครื่องลดเสียงในการทดลองแค่ 1, 2 และ 4 แถว แต่ละแถวมี 1 ตัว มีผลทำให้ประสิทธิภาพในการลดเสียงมีค่าน้อย เพราะการสะท้อนในตัวเครื่องลดเสียงมีค่าน้อย
 - ที่ FFT Analyzer ซึ่งแสดงผลออกมาในรูป sine wave และสังเกตค่ามากที่สุดด้วยตามีการแกว่งตลอดเวลา ประกอบกับการเลื่อน probe tube ไปตาม nominate duct ขึ้นอยู่กับผู้ทำการทดลองเป็นส่วนใหญ่ ทำให้มีความผิดพลาดเกิดขึ้นในผลการทดลอง

7.2 ข้อเสนอแนะ สามารถสรุปหลัก ๆ ได้ดังนี้

1. ท่อหลัก (nominate duct) ควรมีขนาดที่ใกล้เคียงกับขนาดของเครื่องลดเสียง เพื่อที่จะทำให้เก็บเสียงได้ดียิ่งขึ้น
2. ในการเลื่อนตัว probe tube ก่อนและหลังผ่านเครื่องลดเสียง ควรจะเลื่อนอย่างช้า ๆ เนื่องจาก FFT Analyzer มีความไวต่อคลื่นเสียงมาก อาจมีผลทำให้การสังเกตของผู้ทดลองเกิดความผิดพลาดได้ง่าย
3. ประสิทธิภาพของเครื่องระงับเสียงแบบ side branch จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อตัวแปรหลักในการทดลองมีค่าเพิ่มมากขึ้น เพื่อประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้
4. ในการทดลองเรื่องหาประสิทธิภาพของเครื่องลดเสียงแบบ side branch ผลการทดลองมีแนวโน้มตามทฤษฎี สามารถนำไปพัฒนาและประยุกต์ใช้ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นต่อไป

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. ถวิล กิ่งทอง ,ทฤษฎีโครงข่ายไฟฟ้าและสายส่ง (Network &Transmission Lines Theory) , วศ.สจล.93 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

