



รายการอ้างอิง

1. Randall, R. B. Cepstrum analysis. Bruel&Kjaer Technical Review ,1981(2).
2. Thomson, W. T. Theory of Vibration with Application.
Prentic-Hall International,Inc, 1993.
3. Dimarogonus, A. D. Vibration for Engineer. Prentice-Hall ,1992.
4. Wowk, V. Machinery Vibration :Measurement and Analysis. McGraw-Hill ,1992.
6. Martin, A. Vibration Monitoring of Machines. Bruel&Kjeaar Technical Review ,1986.
7. Gregory, R. W. , Harris, S. L. and Munro, R. G. Dynamic behaviour of spur gears.
Proc. Inst. Mech. Eng 178 (1963-1964): 207-226.
8. Mark, W. D. Analysis of the vibratory excitation of gear systems : Basic theory.
Journal of the Acoustical Society of America 63 (May 1978): 1409-1403.
9. Opitz, H. Noise of Gears. Phil.Trans.R.Soc.London ser. A 263 (1968-1969):
369-380.
10. Kohler, H. The mechanism and measurement of dynamic loading in spur gears.
Ph.D.thesis, University of Sheffield, 1959.
11. Machine Health Monitoring using Vibration Analysis. Bruel&Kjaer.
12. Welbourn, D. B. Gear errors and their resultant noise spectra. Proc. Inst. Mech. Eng.
184 (1969-1970): 131-139.
13. Mobley, R. K. An Introduction to Predictive Maintanance. Plant Engineering series
,1990.
14. Lipovszky, G. , Solyomvari, K. and Varga, G. Vibration Testing of Machines and
Their Maintenance. Elsevier , 1990.
15. Taylor, I. J. The Vibration Analysis Handbook. Vibration Consultants Inc , 1994.

บรรณานุกรม

1. Aatola, S. and Leskinen, R. Cepstrum Analysis Predicts Gearbox Failure. Noise Control Engineering Journal, vol.34(2) (March-April 1990) : 53-59.
- 2.. Merritt, H. E. Geer-Tooth Contact Phenomena. Proc. Inst. Mech. Eng 176 (1962): 141-163.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

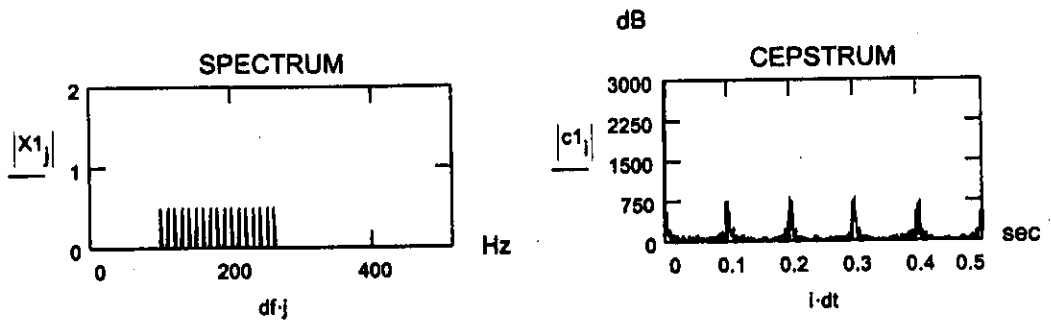
ก่อนทำการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และทดลองวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดเฟือง ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทฤษฎีพื้นฐานของการวิเคราะห์สัญญาณด้วยสเปกตรัมและเซปส์ตรัม ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิจัย ในภาคผนวก ก ได้นำผลการศึกษางานส่วนมานำเสนอ และคาดว่าจะมีประโยชน์ต่อผู้สนใจที่จะนำเซปส์ตรัมไปวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือน

ผลกระทบของแอมพลิจูดและจำนวนฮาร์มอนิกในสเปกตรัมต่อยอดเซปส์ตรัม

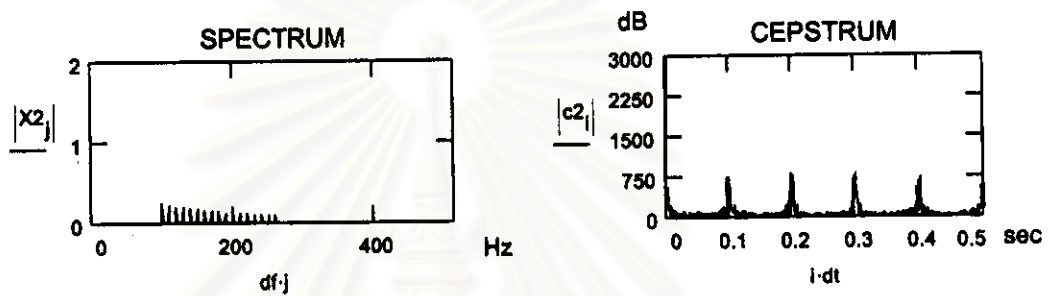
การวิเคราะห์เซปส์ตรัมเป็นการวิเคราะห์ภาวะเป็นคาบในสเปกตรัม ลักษณะภาวะเป็นคาบในสเปกตรัมได้แก่ ชุดฮาร์มอนิก และชุดแถบความถี่ข้าง ในหัวข้อนี้ทำการศึกษถึงผลกระทบของแอมพลิจูดและจำนวนของฮาร์มอนิกในสเปกตรัมต่อยอดเซปส์ตรัม

รูปที่ ก-1 แสดงสเปกตรัมและเซปส์ตรัมของสัญญาณชุดฮาร์มอนิกของคลื่นไซน์ที่มีความถี่พื้นฐาน $f = 10$ เฮิรตซ์เท่ากัน แต่มีแอมพลิจูดและมีจำนวนฮาร์มอนิกแตกต่างกัน สเปกตรัมมีพิสัย 512 เฮิรตซ์ และความละเอียด 1 เฮิรตซ์ ส่วนเซปส์ตรัมมีพิสัย 0.5 วินาที และมีความละเอียด 0.977 มิลลิวินาที ยอดฮาร์มอนิกในสเปกตรัมแต่ละยอดมีระยะห่างความถี่เท่ากับ 10 เฮิรตซ์ ส่วนยอดเซปส์ตรัมที่ควิเฟรนซีเท่ากับ $1/f = 0.1$ วินาทีแสดงภาวะเป็นคาบของชุดฮาร์มอนิกในสเปกตรัม และเรียกยอดเซปส์ตรัมดังกล่าวว่ายอดฮาร์มอนิก

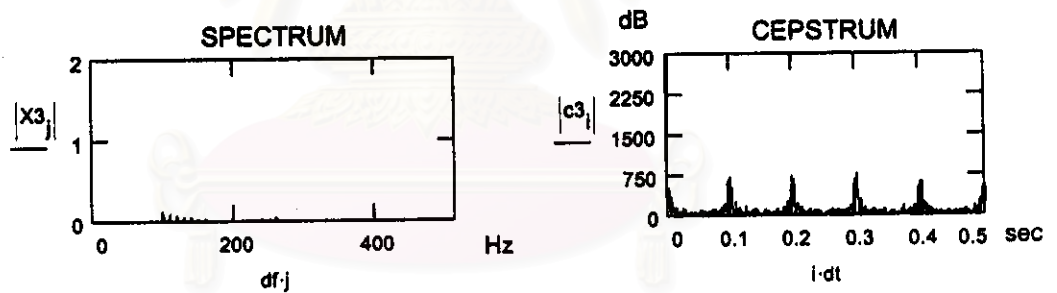
สัญญาณในรูปที่ ก-1-1 รูปที่ ก-1-2 และรูปที่ ก-1-3 ประกอบด้วยฮาร์มอนิกของคลื่นไซน์อันดับที่ 10 ถึงอันดับที่ 26 เท่ากัน แต่มีลักษณะการกระจายของแอมพลิจูดในแต่ละฮาร์มอนิกแตกต่างกัน สเปกตรัมของสัญญาณทั้งสามประกอบด้วยยอดสเปกตรัมที่มีความถี่ 100, 110, ..., 260 เฮิรตซ์ ปรากฏอยู่ช่วงกลางโดเมนความถี่ที่วิเคราะห์ สเปกตรัมในรูปที่ ก-1-1 แสดงแอมพลิจูดของแต่ละฮาร์มอนิกมีขนาดเท่ากัน ส่วนสเปกตรัมในรูปที่ ก-1-2 แสดงแอมพลิจูดของแต่ละฮาร์มอนิกมีขนาดลดลงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (exponentail) และแอมพลิจูดโดยเฉลี่ยน้อยกว่าสเปกตรัมในรูป ก-1-1 ประมาณ 3 เท่า สำหรับรูปที่ ก-1-3 แสดงแอมพลิจูดของแต่ละฮาร์มอนิกมีขนาดลดลงแล้วสูงขึ้นและแอมพลิจูดโดยเฉลี่ยน้อยกว่าสเปกตรัมในรูป ก-1-1 ประมาณ 10 เท่า จากรูป จะเห็นว่าสเปกตรัมของสัญญาณทั้งสามมีจำนวนฮาร์มอนิกเท่ากันแต่มีขนาดและการกระจายแอมพลิจูดแตกต่างกัน แต่เซปส์ตรัมของสัญญาณทั้งสามมีลักษณะเหมือนกันและมีแกมมาจุดของยอดฮาร์มอนิกใกล้เคียงกัน



รูปที่ ก-1-1



รูปที่ ก-1-2

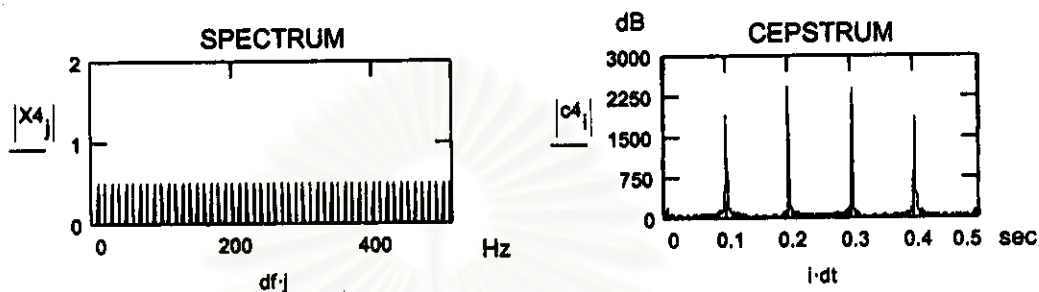


รูปที่ ก-1-3

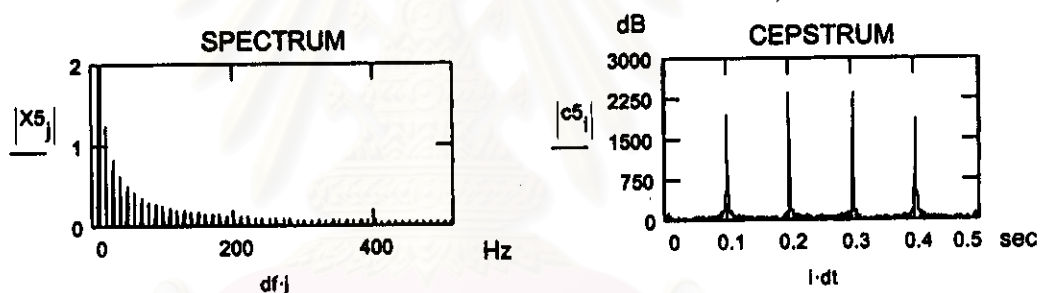
รูปที่ ก-1 แสดงสเปกตรัมและเซปส์ตรัมของสัญญาณฮาร์โมนิกที่มีความถี่พื้นฐาน 10 เฮิรตซ์ โดยมีแอมพลิจูดและจำนวนฮาร์โมนิกต่างกัน

สำหรับรูปที่ ก-1-4 รูปที่ ก-1-5 และรูปที่ ก-1-6 สัญญาณประกอบด้วยฮาร์โมนิกของคลื่นไซน์อันดับที่ 0 ถึงอันดับที่ 51 เท่ากันแต่มีลักษณะการกระจายของแอมพลิจูดในแต่ละฮาร์โมนิกแตกต่างกัน สเปกตรัมของสัญญาณทั้งสามประกอบด้วยยอดสเปกตรัมที่ความถี่ 10, 20, ..., 510 เฮิรตซ์ ปรากฏอยู่เต็มโดเมนความถี่ที่วิเคราะห์ สเปกตรัมในรูปที่ ก-1-4 แสดงแอมพลิจูดของแต่ละฮาร์โมนิกมีขนาดเท่ากัน ส่วนสเปกตรัมในรูปที่ ก-1-5 แสดงแอมพลิจูดของแต่ละฮาร์โมนิกมีขนาดลดลงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล สำหรับรูปที่ ก-1-6

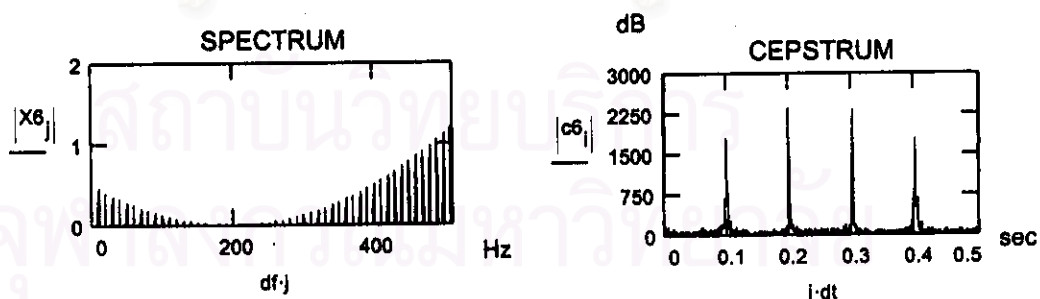
แสดงแอมพลิจูดของแต่ละฮาร์โมนิกมีขนาดลดลงแล้วสูงขึ้น จากรูป จะเห็นว่าสเปกตรัมของสัญญาณทั้งสามมีจำนวนฮาร์โมนิกเท่ากันแต่มีขนาดและการกระจายแอมพลิจูดแตกต่างกัน แต่เซปส์ตรัมของสัญญาณทั้งสามมีลักษณะเหมือนกันและมีแกมมาจุดของยอดรารฮ์โมนิกใกล้เคียงกัน



รูปที่ ก-1-4



รูปที่ ก-1-5



รูปที่ ก-1-6

รูปที่ ก-1(ต่อ) แสดงสเปกตรัมและเซปส์ตรัมของสัญญาณฮาร์โมนิกที่มีความถี่พื้นฐาน 10 เฮิรตซ์ โดยมีแอมพลิจูดและจำนวนฮาร์โมนิกต่างกัน

แกมมิจุดของยอดคาร์บอนิก 1/1 ของทั้ง 6 สัญญาณแสดงในตารางที่ ก-1

สัญญาณ รูปที่	จำนวน คาร์บอนิก	ค่าสัญญาณ 1/1
รูปที่ ก-1-1	26	750
รูปที่ ก-1-2	26	740
รูปที่ ก-1-3	26	730
รูปที่ ก-1-4	51	1900
รูปที่ ก-1-5	51	1900
รูปที่ ก-1-6	51	1800

ตารางที่ ก-1 แสดงแกมมิจุดของยอดคาร์บอนิกที่คิวเฟรนซีเท่ากับ 0.1 วินาที ของสัญญาณคาร์บอนิกที่มีความถี่พื้นฐาน 10 เฮิรตซ์ โดยที่แต่ละสัญญาณมีแอมพลิจูดและจำนวนคาร์บอนิกแตกต่างกัน

จากการเปรียบเทียบค่าสัญญาณในตารางที่ ก-1 พบว่าจำนวนคาร์บอนิกเป็นพารามิเตอร์ที่มีผลกระทบอย่างมากต่อยอดเชปส์ตรัม ถ้าจำนวนยอดคาร์บอนิกมีมากขึ้นยอดคาร์บอนิก 1/1 จะสูงขึ้น แต่ลักษณะการกระจายแอมพลิจูดที่แตกต่างกันจะมีผลต่อยอดคาร์บอนิก 1/1 ไม่มากนัก ทั้งนี้ น่าจะเป็นผลมาจากการใช้ฟังก์ชันลอการิทึมของเชปส์ตรัม ซึ่งทำให้ยอดสเปกตรัมที่มีแอมพลิจูดแตกต่างกันมากในสเกลเชิงเส้น ให้มีแอมพลิจูดแตกต่างกันน้อยลงในสเกลลอการิทึม

จากผลการศึกษาในหัวข้อนี้ ได้ช่วยเสริมความเข้าใจการวิเคราะห์เชปส์ตรัมมากยิ่งขึ้น และยังสามารถเสริมความมั่นใจต่อผลการศึกษาการแปลงสัญญาณจากแบบจำลองสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดเฟืองในบทที่ 4 กล่าวคือ ในการศึกษาผลกระทบของการมอดูเลตแอมพลิจูดในบทที่ 4 ได้กำหนดลักษณะการกระจายแอมพลิจูดที่ข้างเพียงรูปแบบเดียว แต่จากผลการศึกษาในหัวข้อนี้ทำให้มั่นใจว่า ในกรณีที่ลักษณะการกระจายแอมพลิจูดที่ข้างแตกต่างไปจากที่ศึกษาไว้ก็น่าจะให้ผลการศึกษาที่ใกล้เคียงกัน

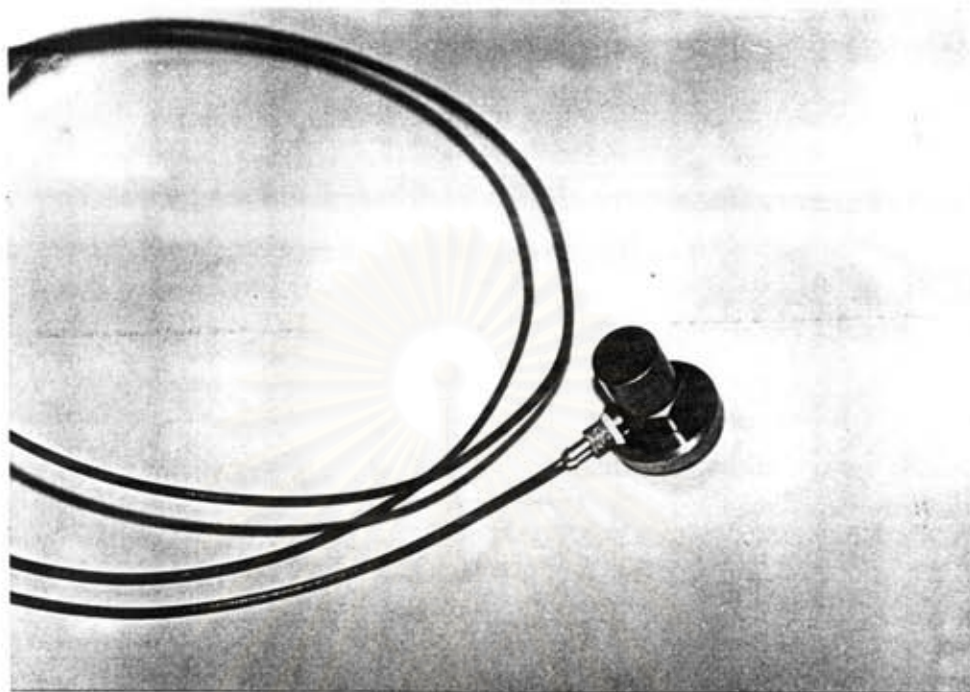
ภาคผนวก ข
รูปถ่ายอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณ



รูปที่ ข-1 เครื่องวิเคราะห์สัญญาณ รุ่น 2035 ยี่ห้อ Bruel&Kjaer



รูปที่ ข-2 เครื่องขยายประจุ รุ่น 2635 ยี่ห้อ Bruel&Kjaer

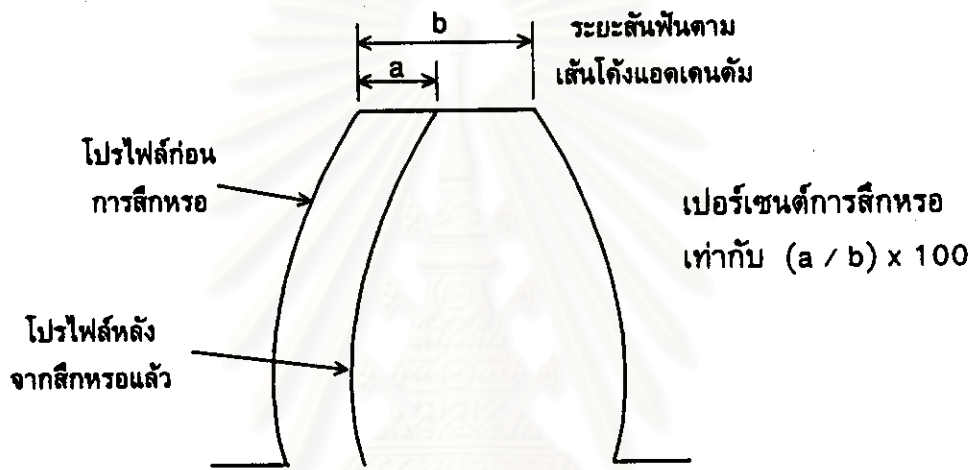


รูปที่ ข-3 ตัวตรวจรู้ชนิดวัดความเร่ง รุ่น 4371 ยี่ห้อ Bruel&Kjaer พร้อมหัวแม่เหล็ก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค
ขนาดการสึกหรอของซีฟันเฟือง

การคิดขนาดการสึกหรอของซีฟันเฟืองที่ใช้ในการทดลองคิดจากระยะสันฟันตามเส้นโค้งแอดเคนดัมที่หายไปต่อระยะสันฟันปกติ แสดงในรูปที่ ค-1



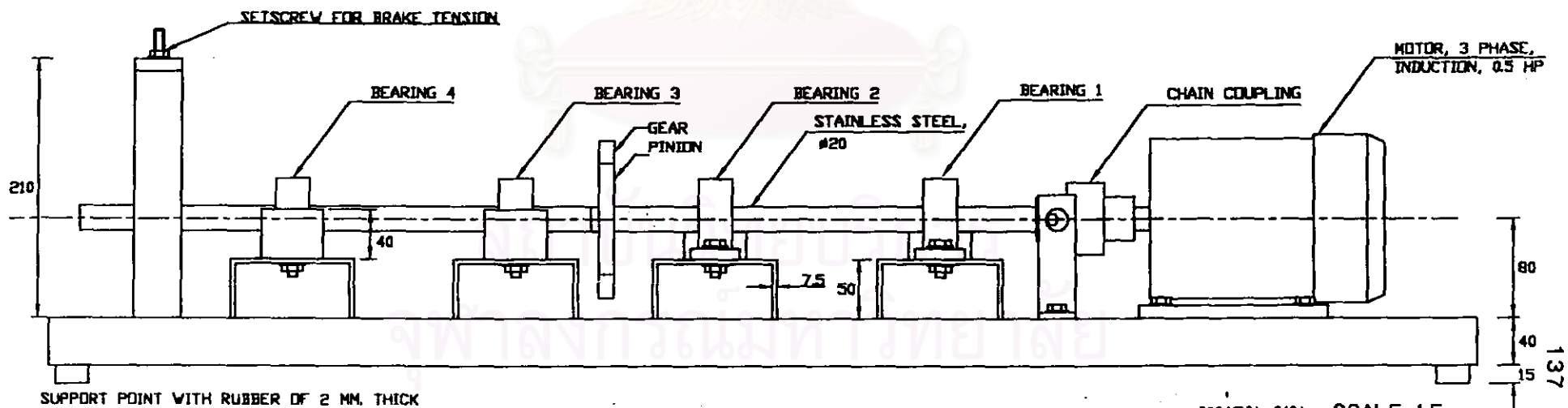
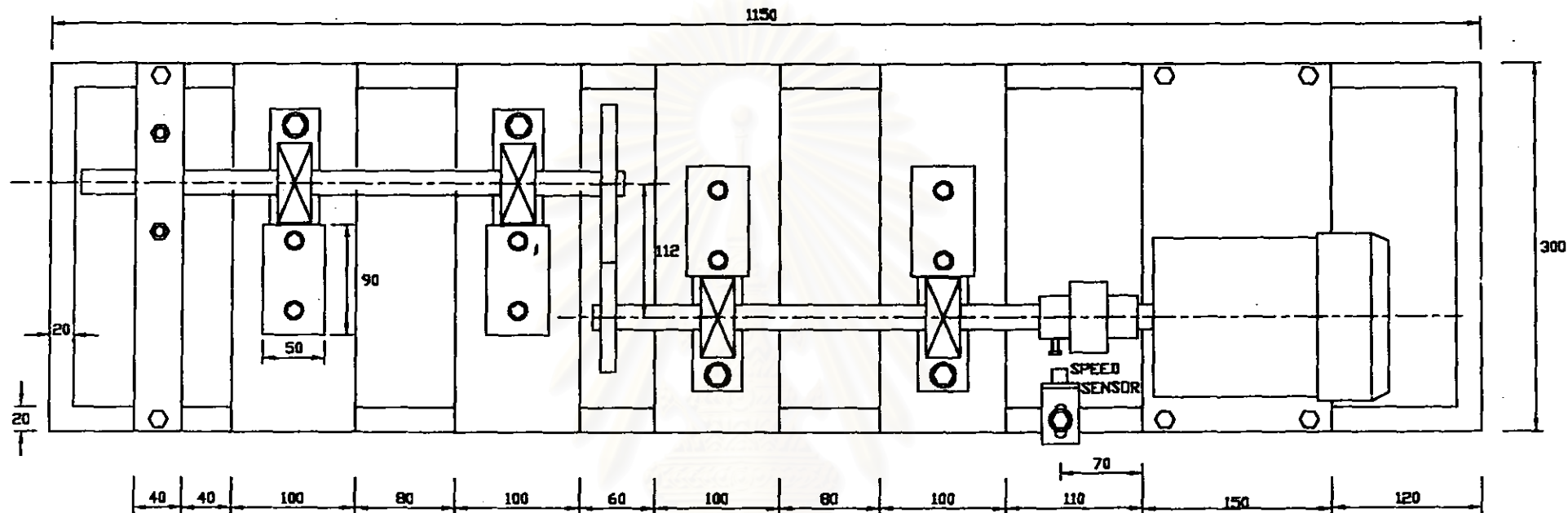
รูปที่ ค-1 การคิดขนาดการสึกหรอของซีฟัน

ภาคผนวก ง ขนาดของชุดทดลอง

ชุดทดลองการสันสะท้อนของชุดเฟืองที่ใช้ในการทดลองบทที่ 5 และ 6 เป็นชุดเดียวกัน แต่ใช้ชุดเฟืองแตกต่างกัน ชุดทดลองวางอยู่บนฐานรองรับ 4 ข้างที่ปรับความสูงได้เล็กน้อย ระหว่างฐานกับพื้นเสริมยางแผ่นหนา 2 มิลลิเมตรเพื่อให้ชุดทดลองสัมผัสพื้นตลอดเวลาที่ทำการทดลอง แบบของชุดทดลองแสดงในรูปที่ ง-1



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



หน่วย มม. SCALE 1:5

รูปที่ ง-1 แบบของชุดทดลองการสั่นสะเทือนของชุดเฟือง



ประวัติผู้วิจัย

นายสมชาย เดโชธรรมสถิต เกิดวันที่ 3 กันยายน 2515 ที่เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2536 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2537



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย