หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
การทดลองวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดเฟือง

การทดลองวัดสัญญาณจากชุดทดลองที่ตำแหน่งแบริ่งเฟืองขับซึ่งเป็นเฟืองที่ได้จำลองการสึกหรอระดับต่างๆไว้ โดยสภาวะการทดลองแปรตามระดับภาระและความเร็วรอบเฟืองขับ ภายหลังการทดลองทั้งหมดฟันเฟืองขับมีการสึกหรอเพิ่มขึ้นเล็กน้อย พบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณชัดเจนเมื่อระดับสึกหรอเพิ่มมากขึ้น

4 – 1 <u>รูปแบบการสึกหรอของเฟืองที่ใช้ในการทดลอง</u>

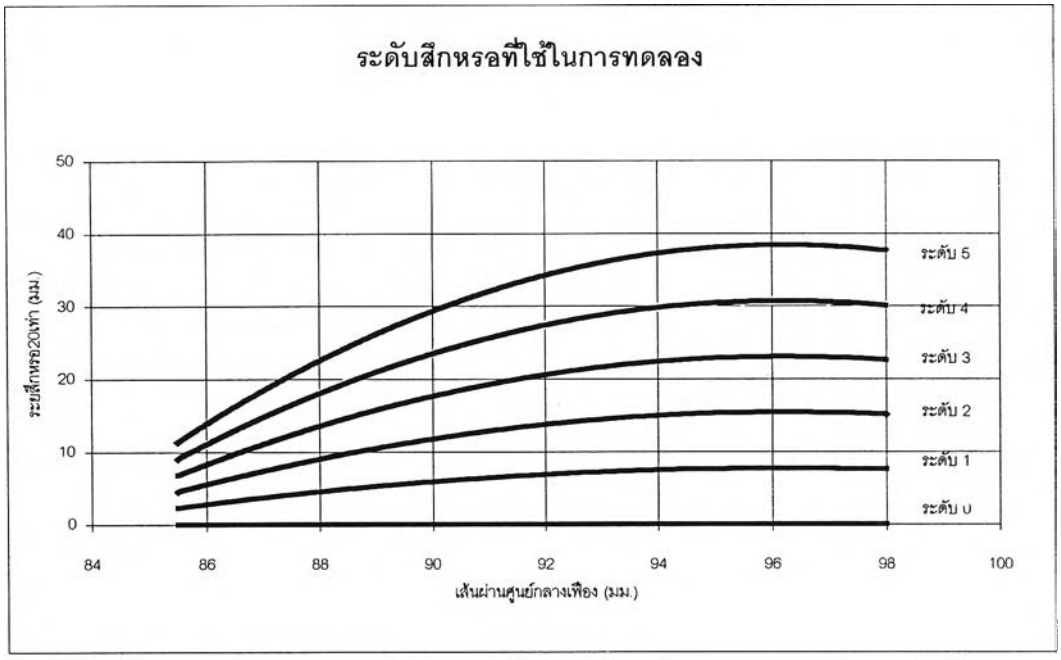
เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อระดับสึกหรอเพิ่มมากขึ้นจึงได้สร้างชุดเฟืองให้มีระดับสึกหรอต่างๆกัน จากการศึกษาพบว่าลักษณะการสึกหรอของเฟืองมีหลายรูปแบบ[2] ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งาน วัสดุเฟือง และ การหล่อลื่นของเฟือง รูปแบบการสึกหรอของเฟืองที่ใช้ในการทดลอง[2] เป็นรูปแบบการสึกหรอที่ได้จากการทดลองจริงของ[1] โดยใช้ระยะเวลาในการทดลองทั้งหมด 2247 นาที นำเฟืองที่ได้หลังการทดลองมาวัดโพรไฟล์ทุกฟัน พล็อตโพรไฟล์ทุกฟันกับเส้นผ่านศูนย์กลางเฟืองตั้งแต่โคนฟัน(Base Circle) ถึงปลายฟัน (Outside Diameter) หารูปแบบการสึกหรอได้โดยใช้วิธีการถดถอยเชิงพหุนาม (Polynomial Regression) สร้างสมการโพลิโนเมียลเป็นตัวแทนการสึกหรอของเฟืองซึ่งตรงกับระดับสึกหรอระดับที่ 2 จากรูปที่ 4-1 ซึ่งมีการสึกหรอที่ปลายฟัน 33.2% เทียบกับโพรไฟล์เต็ม ระยะสึกหรอค่อยๆเพิ่มขึ้นตั้งแต่โคนฟันจนถึงปลายฟันจะมีระยะสึกหรอมากที่สุด ระดับสึกหรอระดับอื่นๆ กำหนดให้เป็นอัตราส่วนกับ 0.5 เท่าของระดับสึกหรอระดับที่ 2 ที่แต่ละตำแหน่งเส้นผ่านศูนย์กลางเฟือง แบ่งระดับสึกหรอทั้งหมดเป็น 6 ระดับ คือตั้งแต่ระดับ 0 – 5

การเตรียมเฟืองที่ระดับสึกหรอต่างๆกระทำโดยการวาดโพรไฟล์รูปแบบการสึกหรอระดับต่างๆบนฟันเฟืองทุกฟันตามรูปที่ 4-2 แล้วจึงตะไบฟันเฟืองให้สึกหรอตามโพรไฟล์ที่ระดับนั้นๆ จนถึงขั้นตอนการตะไบละเอียดได้ใช้เครื่องขยายโพรไฟล์ 20 เท่า เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของโพรไฟล์ของฟันเฟืองที่ตะไบได้ ใช้เฟืองสองตัวต่อหนึ่งระดับสึกหรอ เนื่องจากข้อจำกัดของ

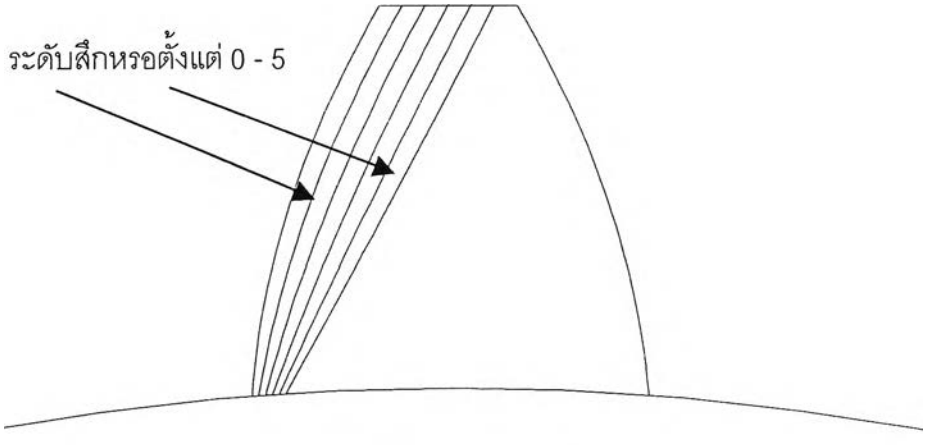
---

[2] รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ข.

อุปกรณ์ทำให้ไม่สามารถเตรียมเฟืองได้ตรงตามระดับสึกหรอทั้งหมด เฟืองบางตัวจึงมีระดับสึกหรอมากกว่าระดับที่ได้เตรียมไว้



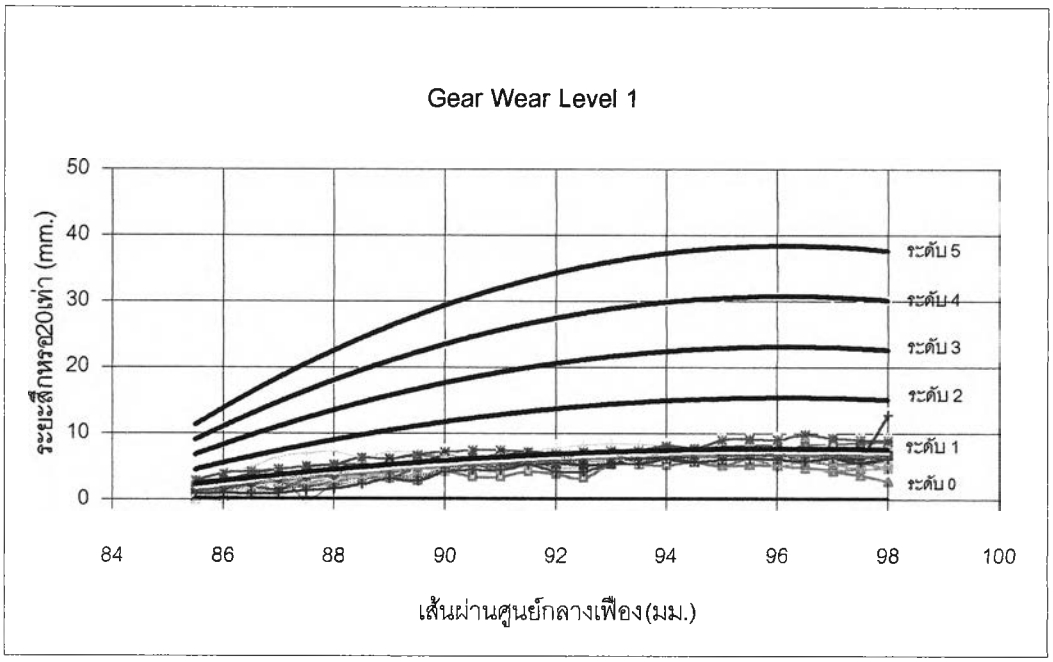
รูปที่ 4-1 ระดับสึกหรอของเฟืองที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 4-2 โพรไฟล์เฟืองที่ระดับสึกหรอต่างๆ

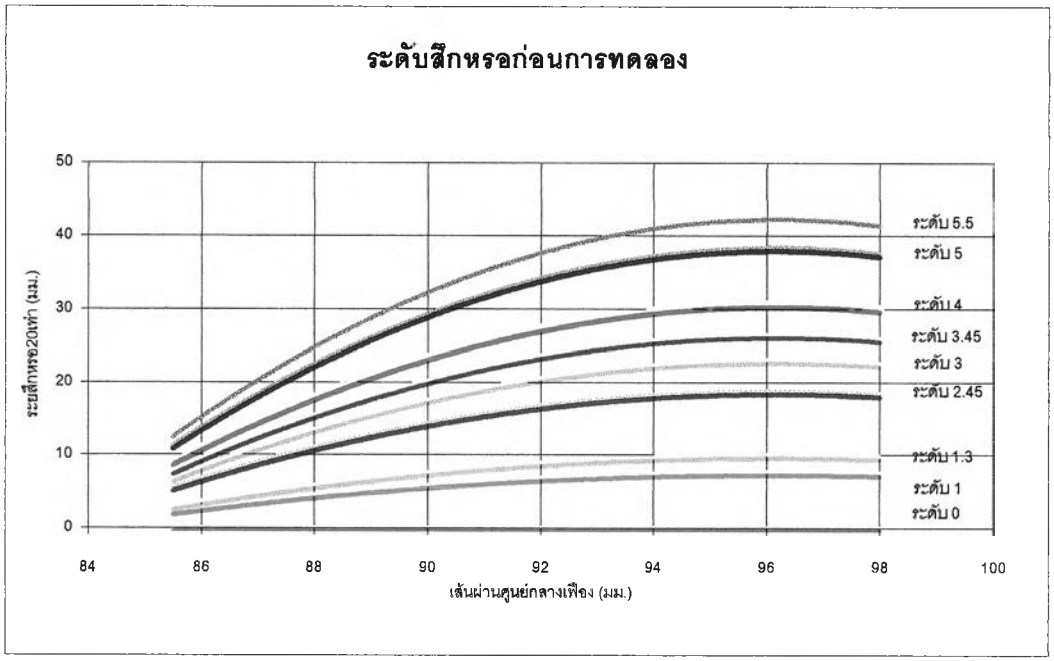
ระดับสึกหรอที่ระบุไว้ในรูปที่ 4-1 เป็นการเปรียบเทียบกับการสึกหรอระดับที่ 2 จำนวนเฟืองที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดมี 12 ตัว โดยมีเฟืองระยะสึกหรอตามรูปที่ 4-4 ระดับละ 1 ตัว ยกเว้นระดับที่ 0 , 2.45 และ 4 ระดับละ 2 ตัว ตัวอย่างการกระจายตัวของระดับสึกหรอแต่

ละฟันแสดงในรูปที่ 4-3 เส้นระดับที่ 1 คือ ระดับการสึกหรอที่ต้องการ ส่วนเส้นกราฟสีต่างๆ คือ ระดับการสึกหรอจริงของแต่ละฟันซึ่งจะเป็นกลุ่มรอบการสึกหรอระดับที่ 1

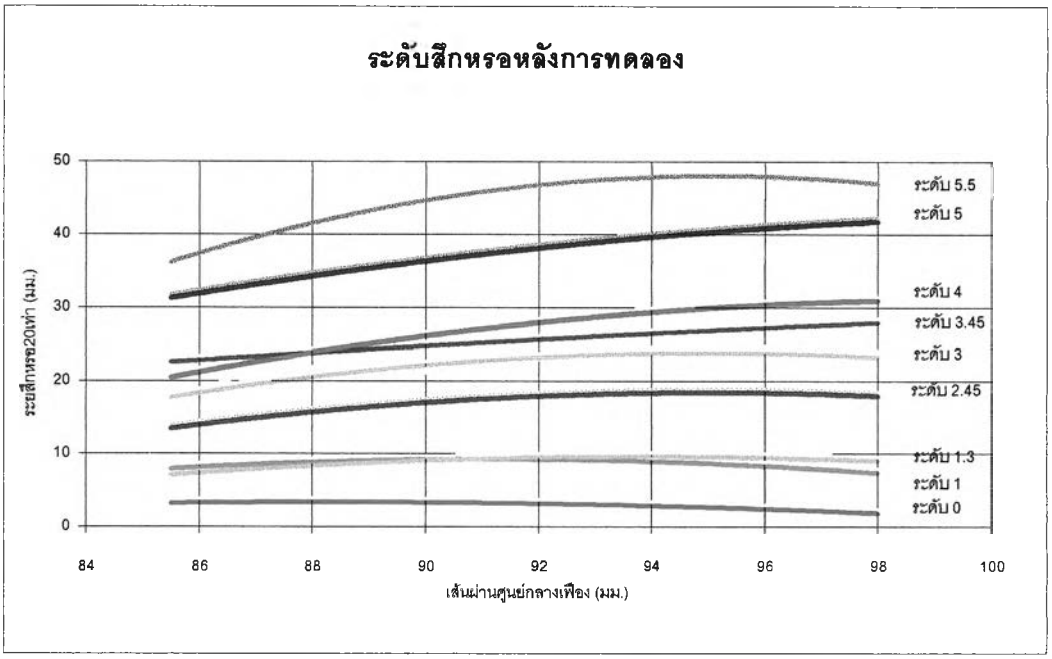


รูปที่ 4-3 การกระจายค่าโพรไฟล์ของระดับสึกหรอที่ 1

ผลของการเตรียมเฟืองทั้งหมดให้สึกหรอได้ระดับสึกหรอที่ต้องการใช้ในการทดลองจริงมีรูปแบบการสึกหรอตามรูปที่ 4-4 เส้นกราฟแต่ละเส้นเป็นตัวแทนข้อมูลระดับสึกหรอของเฟืองโดยเฉลี่ยจากทุกฟันที่ระดับสึกหรอนั้นๆ หลังการทดลองแล้วระยะสึกหรอของเฟืองที่ระดับต่างๆ เปลี่ยนแปลงไปดังแสดงในรูปที่ 4-5 พบว่าในทางปฏิบัติฟันเฟืองไม่ได้สึกหรอเท่ากันทุกฟันแต่ได้ควบคุมให้การกระจายตัวนั้นมีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ระดับการสึกหรอต่างๆที่ได้เตรียมไว้มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยบริเวณปลายฟัน และมีการสึกหรอเพิ่มขึ้นค่อนข้างมากบริเวณโคนฟันตามรูปที่ 4-6 เนื่องจากเป็นบริเวณที่โคนฟันเฟืองขับเคลื่อนที่สัมผัสกับฟันเฟืองตามและมีความเร็วไถลสัมพัทธ์กันสูง รูปแบบการสึกหรอของเฟืองที่เกิดขึ้นหลังการทดลองมีรูปแบบคล้ายกับ [11] ที่พบว่าฟันเฟืองขับจะมีการสึกหรอเป็นโค้งเว้าบริเวณโคนฟันเนื่องจากเป็นบริเวณที่กระทบกับปลายฟันเฟืองตาม การสึกหรอจะเกิดขึ้นมากที่สุดที่บริเวณปลายฟันตามรูปที่ 4-7

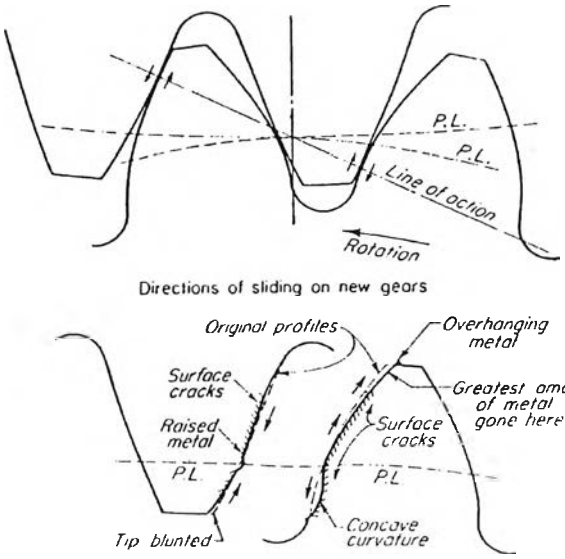


รูปที่ 4-4 ระดับสึกหรอของชุดเฟืองที่ทำได้ก่อนการทดลอง



รูปที่ 4-5 ระดับสึกหรอของชุดเฟืองหลังการทดลอง

รูปที่ 4-6 ฟันเฟืองสึกหรอระดับ 5 ภายหลังการทดลอง



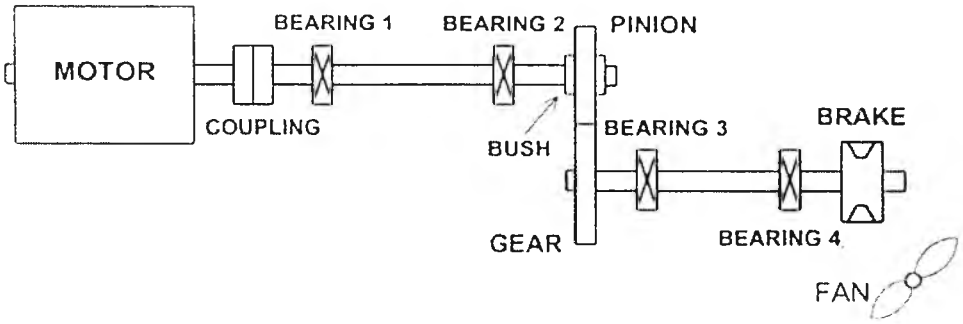
รูปที่ 4-7 แนวโน้มลักษณะโพรไฟล์ของฟันเฟืองที่เกิดขึ้นภายหลังการใช้งาน [11]

4 – 2 <u>รูปแบบการทดลอง</u>

สัญญาณที่วัดได้มักรวมข้อบกพร่องหลายๆชนิดจากทุกๆส่วนมามอดูเลตกัน ดังนั้นเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีต่อการสึกหรอของเฟือง จึงพยายามควบคุมให้ชุดทดลองมีความผิดพลาดน้อยที่สุดโดยการตั้งศูนย์เพลาให้ได้แนวแกนและขนานกันระหว่างเพลาสองเส้น ปรับระยะระหว่างเฟืองให้ได้ระยะตรงตามผลรวมของรัศมีพิตช์เฟืองขับและเฟืองตาม ตรวจสอบจุดเชื่อมต่อทุกจุดในชุดทดลองไม่ให้มีความหลุดหลวมทุกครั้งก่อนการทดลอง ลดการสั่นสะเทือนของฐานชุดทดลอง (Soft Foot) โดยปรับสกรูให้ยางสัมผัสพื้นตลอดเวลา ใน

ส่วนของเฟืองให้มีความบกพร่องแบบเดียว คือ การสึกหรอของฟัน โดยให้การสึกหรอมีหลายๆ ระดับตั้งแต่ไม่สึกหรอเลย จนกระทั่งถึงสึกหรอมากที่สุด เพื่อให้การสึกหรอที่เกิดขึ้นมีขนาดมากพอที่จะวัดค่าได้ดังนั้นจึงให้การสึกหรอเกิดขึ้นที่เฟืองเพียงตัวเดียว คือ เฟืองขับ โดยให้เฟืองขับทำจากทองเหลือง และ เฟืองตามทำจากเหล็ก

ชุดทดลองมีโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 4-8 กำหนดสภาวะการทดลองตามตารางที่ 4-1



รูปที่ 4-8 ชุดทดลอง

Experiment Setup	
ระดับสึกหรอ	ระดับ0 - ระดับ 5.5
ระดับภาระ	ไม่มีภาระ (No Load) ภาระ 200 และ 340 วัตต์ ปรับภาระโดยการปรับแรงตึงเบรก
ความเร็วรอบ	500 และ 800 RPM
เฟืองขับ : วัสดุ	ทองเหลือง
ขนาด	ϕ พิตช์ 91 มม. โมดูล 3.5 มม.
เฟืองตาม : วัสดุ	เหล็ก
ขนาด	ϕ พิตช์ 138มม. โมดูล 3.5 มม.
ไม่ใช้สารหล่อลื่น	

ตารางที่ 4-1 สภาวะการทดลอง

การทดลองทำโดยวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจากชุดเฟืองโดยเฟืองขับนั้นมีการสึกหรอเริ่มต้นเป็นไปตามโพรไฟล์หรือระดับสึกหรอที่ได้เตรียมไว้ และทดลองตามสภาวะที่กำหนดไว้

โดยถือว่าช่วงที่ทำการทดลองเพื่อเก็บสัญญาณการสั่นสะเทือนสั้นมากเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาจริงที่ทำให้เกิดการสึกหรอ การทดลองจะไม่ทำให้เฟืองมีการสึกหรอเพิ่มขึ้นจากระดับเดิมมากเกินไป สาเหตุที่ทำให้เฟืองสึกหรอไปก่อนทำการทดลองเพื่อต้องการทดลองวัดสัญญาณได้หลายๆครั้งที่ระดับการสึกหรอนั้นๆเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของสัญญาณที่ได้

จากสภาวะการทดลองมีการทดลองทั้งหมด 6 ชุดการทดลองดังนี้

1. ไม่มีภาระ ความเร็วเฟืองขับ 500 รอบต่อนาที
2. ไม่มีภาระ ความเร็วเฟืองขับ 800 รอบต่อนาที
3. ภาระ 200 วัตต์ ความเร็วเฟืองขับ 500 รอบต่อนาที
4. ภาระ 200 วัตต์ ความเร็วเฟืองขับ 800 รอบต่อนาที
5. ภาระ 340 วัตต์ ความเร็วเฟืองขับ 500 รอบต่อนาที
6. ภาระ 340 วัตต์ ความเร็วเฟืองขับ 800 รอบต่อนาที

โดยแต่ละชุดทดลองทำการวัดสัญญาณที่ตำแหน่งแบริ่งเฟืองขับในแนวรัศมี (Radial Axis) สองแนว คือ แนวดิ่ง(Vertical Axis) และ แนวระดับ(Horizontal Axis) วัดสัญญาณตั้งแต่ระดับสึกหรอ 0 (Full Profile) ถึงระดับสึกหรอมากที่สุด คือ ระดับ 5.5

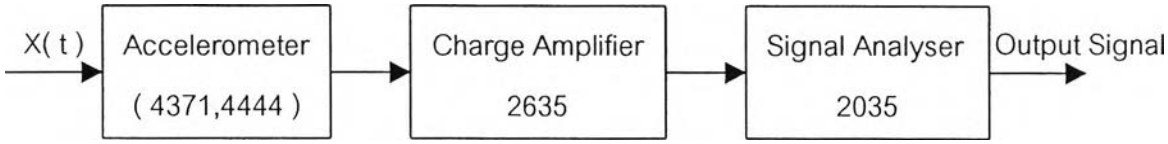
<u>อุปกรณ์การทดลอง</u>

1. ชุดเฟืองที่มีโค้งอินโวลูท
2. เฟืองขับที่ได้เตรียมการสึกหรอที่ระดับต่างๆ 12 ตัว คือ

เฟืองขับระดับสึกหรอ	0	จำนวน	2	ตัว
เฟืองขับระดับสึกหรอ	1	จำนวน	1	ตัว
เฟืองขับระดับสึกหรอ	1.3	จำนวน	1	ตัว
เฟืองขับระดับสึกหรอ	2.45	จำนวน	2	ตัว
เฟืองขับระดับสึกหรอ	3	จำนวน	1	ตัว
เฟืองขับระดับสึกหรอ	3.45	จำนวน	1	ตัว
เฟืองขับระดับสึกหรอ	4	จำนวน	2	ตัว
เฟืองขับระดับสึกหรอ	5	จำนวน	1	ตัว
เฟืองขับระดับสึกหรอ	5.5	จำนวน	1	ตัว

3. ชุดทดลองการสั่นสะเทือนของชุดเฟืองที่มีปัญหาการสึกหรอ (Diagnostic Test Rig)
   3.1 มอเตอร์ 3 เฟส ขนาด 1/2 แรงม้า
   3.2 เพลา ϕ 20 มม. ยาว มม. 2 เส้น
   3.3 บอลล์แบริ่ง 4 ชุด
   3.4 แท่นชุดทดลอง
4. อินเวอร์ตเตอร์สำหรับแปลงเป็นกระแสไฟฟ้า 3 เฟส
5. ผ้าเบรก
6. ตัวตรวจรู้ชนิดวัดความเร่งแบบปิโซอิเลคทริก (Piezoelectric Accelerometer)
7. เครื่องขยายประจุ (Charge Amplifier)
8. เครื่องวิเคราะห์สัญญาณ (Signal Analyzer)
9. เครื่องขยายโพรไฟล์
10. วัตต์มิเตอร์ (Watt Meter)

ชุดอุปกรณ์วัดสัญญาณทั้งหมดเป็นของบริษัท Bruel & Kjaer ประกอบด้วยเครื่องวิเคราะห์สัญญาณ (Signal Analyser) รุ่น 2035 เครื่องขยายประจุ (Charge Amplifier) รุ่น 2635 และทรานสดิวเซอร์วัดสัญญาณความเร่ง (accelerometer) รุ่น 4371 และ รุ่น 4444 แผนภาพการส่งสัญญาณของอุปกรณ์วัดวิเคราะห์สัญญาณ[3](Box Diagram) แสดงในรูปที่ 4-9



รูปที่ 4-9 แผนภาพการส่งสัญญาณของอุปกรณ์วัดวิเคราะห์สัญญาณ

4 – 3 ขั้นตอนการทดลอง

1. จัด alignment ของเพลา และ เช็คความแน่นของจุดเชื่อมต่อต่างๆ
2. ใส่เฟืองขับเข้ากับเพลาขับ ปรับให้เฟืองตั้งฉากกับเพลาโดยใช้ไดอัลเกจวัดค่า alignment
3. เริ่มเดินเครื่อง

---

[3] ภาพของอุปกรณ์วัดวิเคราะห์สัญญาณแสดงอยู่ในภาคผนวก ก.

4. ปรับความเร็วรอบโดยการปรับที่อินเวิร์ตเตอร์สำหรับการทดลองแบบไม่มีภาระ และปรับที่แรงดึงเบรกร่วมด้วยในกรณีของการทดลองแบบมีภาระ
5. เริ่มเก็บข้อมูลจริงเมื่อความเร็ว ภาระ และ สัญญาณที่วัดได้เริ่มคงที่ โดยเก็บสัญญาณ 10 ครั้งในแต่ละสภาวะการทดลอง

4 – 4 การวิเคราะห์สัญญาณ

การวัดสัญญาณแต่ครั้งใช้สัญญาณเฉลี่ย 30 ชุดสัญญาณ การเฉลี่ยเป็นแบบเหลื่อมกันมากที่สุด(Maximum Overlap)ที่ 80 % ใช้ฟังค์ชันแฮนนิ่ง (Hanning) เป็นฟังค์ชันถ่วงน้ำหนัก ใช้ตัวกรองความถี่ต่ำที่ 0.7 Hz ส่วนตัวกรองความถี่สูงใช้ช่วงของสัญญาณความถี่คือ 1.6 kHz การเก็บสัญญาณแต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 10 วินาที รายละเอียดของสัญญาณแสดงในตารางที่ 4-2

ชนิดของสัญญาณที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์สัญญาณ	ช่วง (Range)	ความละเอียด (Resolution)	จำนวนสัญญาณ (Data Points)
โดเมนเวลา (Time Domain Signal)	500 ms	244 µs	2048 points
สเปกตรัม (Spectrum)	1.6 kHz	2 Hz	800 lines
เซปส์ตรัม (Cepstrum)	250 ms	244 µs	1024 points

ตารางที่ 4-2 รายละเอียดของสัญญาณชนิดต่างๆที่วัดได้จากวิเคราะห์สัญญาณ

พารามิเตอร์ต่างๆของค่าสัญญาณที่ใช้วิเคราะห์มีดังนี้

(1) สัญญาณโดเมนเวลา

Peak คือ ยอดสูงสุดของสัญญาณในช่วงที่วัดสัญญาณ

RMS คือ รากที่สองของค่ากำลังสองเฉลี่ย (root mean square) ของสัญญาณ

Crest Factor คือ อัตราส่วนระหว่างค่าPeakต่อค่าRMS

(2) สเปกตรัม

1GMF 2GMF และ 3GMF คือ แอมพลิจูดของยอดสเปกตรัมที่ความถี่การขบกันของเฟือง ฮาร์มอนิกที่ 2 และ 3 ของความถี่การขบกันของเฟือง ตามลำดับ

1SBP 2SBP และ 3SBP คือ ค่าแอมพลิจูดเฉลี่ยของยอดแถบความถี่ข้าง ข้างซ้ายและข้างขวาของยอดสเปกตรัม 1×GMF โดยห่างจาก 1×GMF เท่ากับความเร็วรอบของเฟืองขับ ส่วนฮาร์มอนิกที่ 2 และ 3 คำนวณได้เช่นเดียวกัน

1SBG 2SBG และ 3SBG คือ ค่าแอมพลิจูดเฉลี่ยของยอดแถบความถี่ข้าง ข้างซ้ายและข้างขวาของยอดสเปกตรัม 1×GMF โดยห่างจาก 1×GMF เท่ากับความเร็วรอบของเฟืองตาม ฮาร์มอนิกที่ 2 และ 3 คำนวณได้เช่นเดียวกัน

(3) เซปส์ตรัม

1/P 2/P คือ ค่าแกมนิจูดของยอดเซปส์ตรัมที่คิวเฟรนซีเท่ากับ 1/(ความเร็วรอบของเฟืองขับ) และ ฮาร์มอนิกที่ 2 ตามลำดับ

1/G คือ ค่าแกมนิจูดของยอดเซปส์ตรัมที่คิวเฟรนซีเท่ากับ 1/(ความเร็วรอบของเฟืองตาม)

ค่าพารามิเตอร์ของสัญญาณสเปกตรัมและเซปส์ตรัมที่แต่ละความเร็วรอบแสดงในตารางที่ 4-3

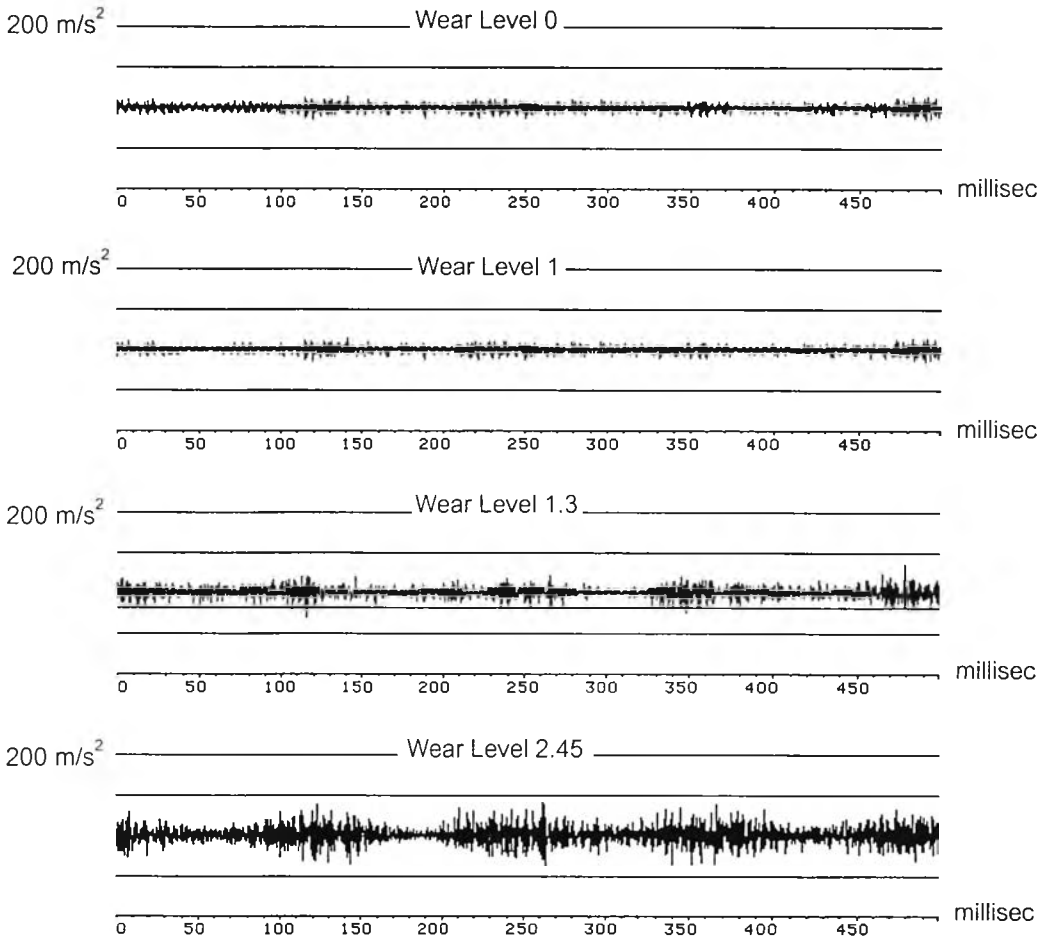
	Spectrum					Cepstrum		
	GMF (Hz)			Sideband(Hz)		Quefrency (ms)		
speed	1GMF	2GMF	3GMF	SBP	SBG	1/P	2/P	1/G
500 rpm	216.67	433.33	650	8.33	5.70	120	240	175.38
800 rpm	346.67	693.33	1040	13.33	9.12	75	150	109.62

ตารางที่ 4-3 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์สัญญาณ

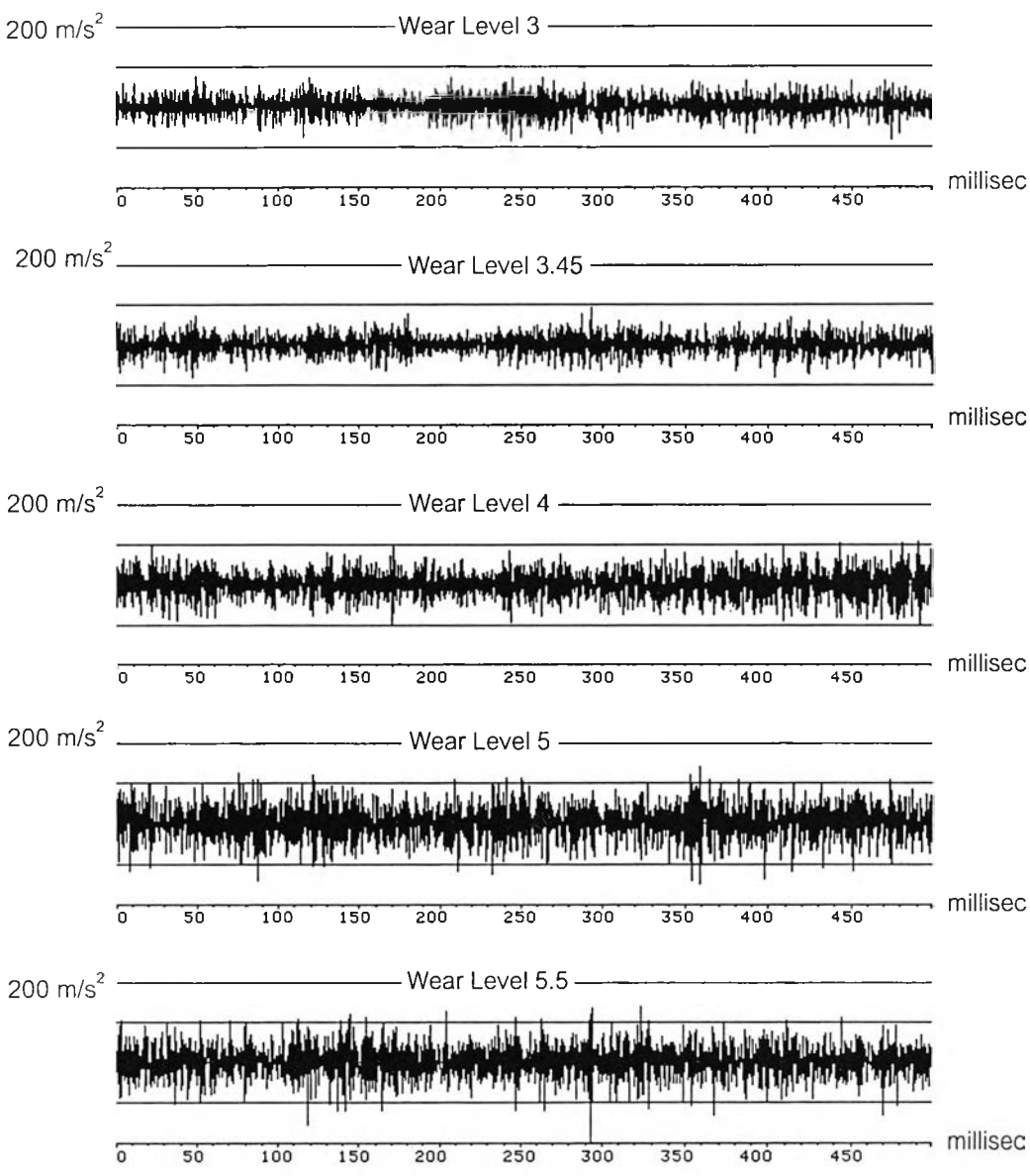
4 – 5 สัญญาณการสั่นสะเทือนจากการทดลอง

เนื่องจากการทดลองมีหลายสภาวะ(Condition) และมีการเก็บสัญญาณหลายชนิดจึงแสดงผลเฉพาะสัญญาณที่เห็นการเปลี่ยนแปลงชัดเจน เลือกแสดงผลสัญญาณแนวดิ่งภาระ 340 วัตต์ ความเร็ว 500 และ 800 รอบต่อนาที โดยแสดงผลสัญญาณเรียงลำดับจากระดับสึกหรอที่น้อยที่สุดถึงระดับสึกหรอที่มากที่สุด

4 – 5 – 1 สัญญาณที่ความเร็ว 500 รอบต่อนาที : ผลสัญญาณโดเมนเวลา

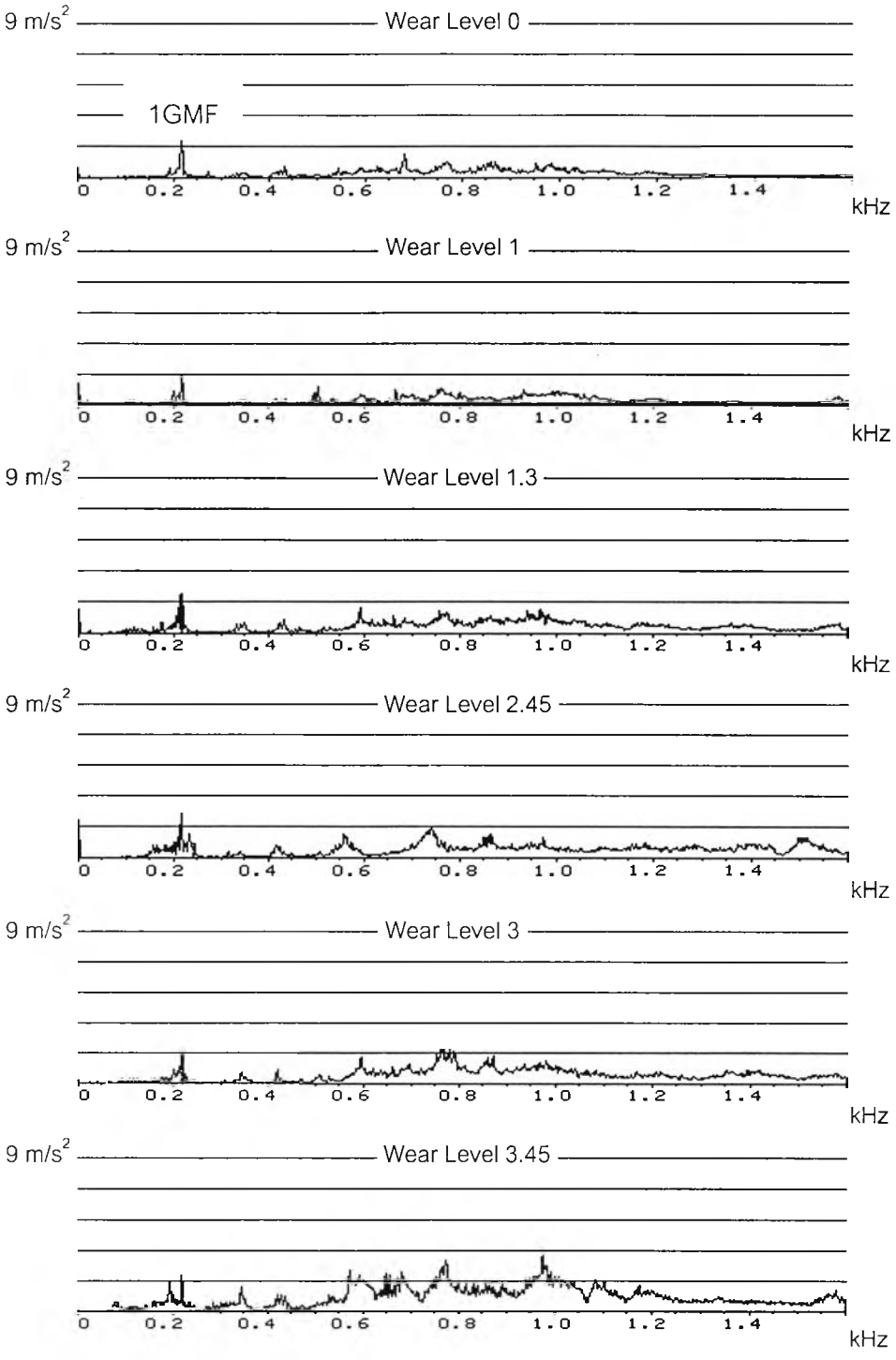


รูปที่ 4-10 สัญญาณโดเมนเวลา : ความเร็ว 500 รอบต่อนาที ภาระ 340 วัตต์ วัดสัญญาณแนวดิ่ง

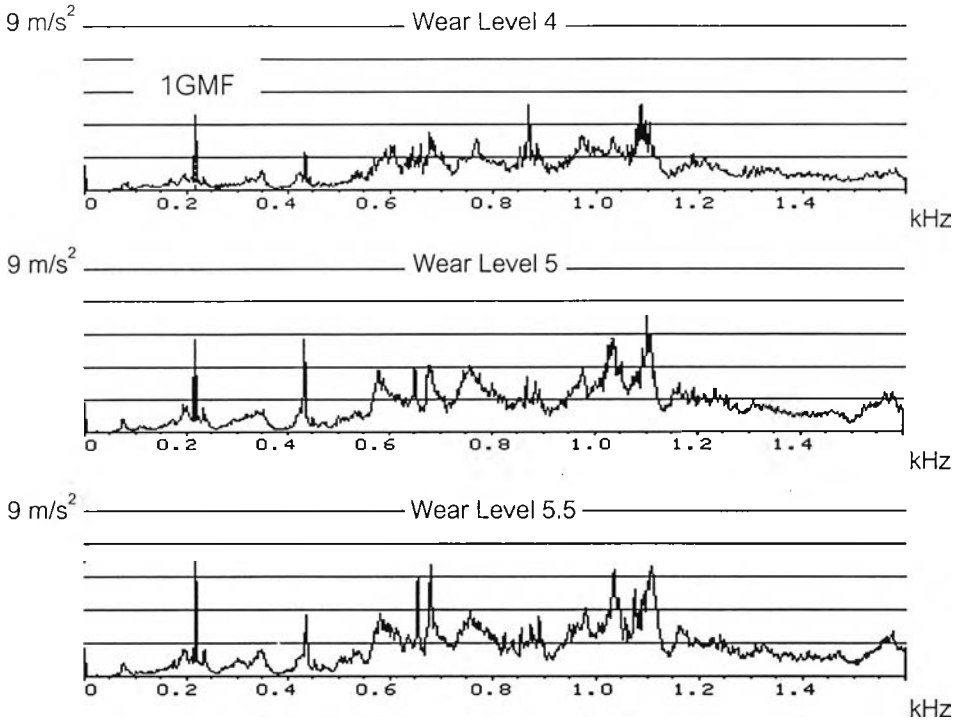


รูปที่ 4-10(ต่อ) สัญญาณโดเมนเวลา : ความเร็ว 500 รอบต่อนาที ภาระ 340 วัตต์ วัดสัญญาณแนวดิ่ง

4 – 5 – 2 สัญญาณที่ความเร็ว 500 รอบต่อนาที : ผลสัญญาณสเปกตรัม

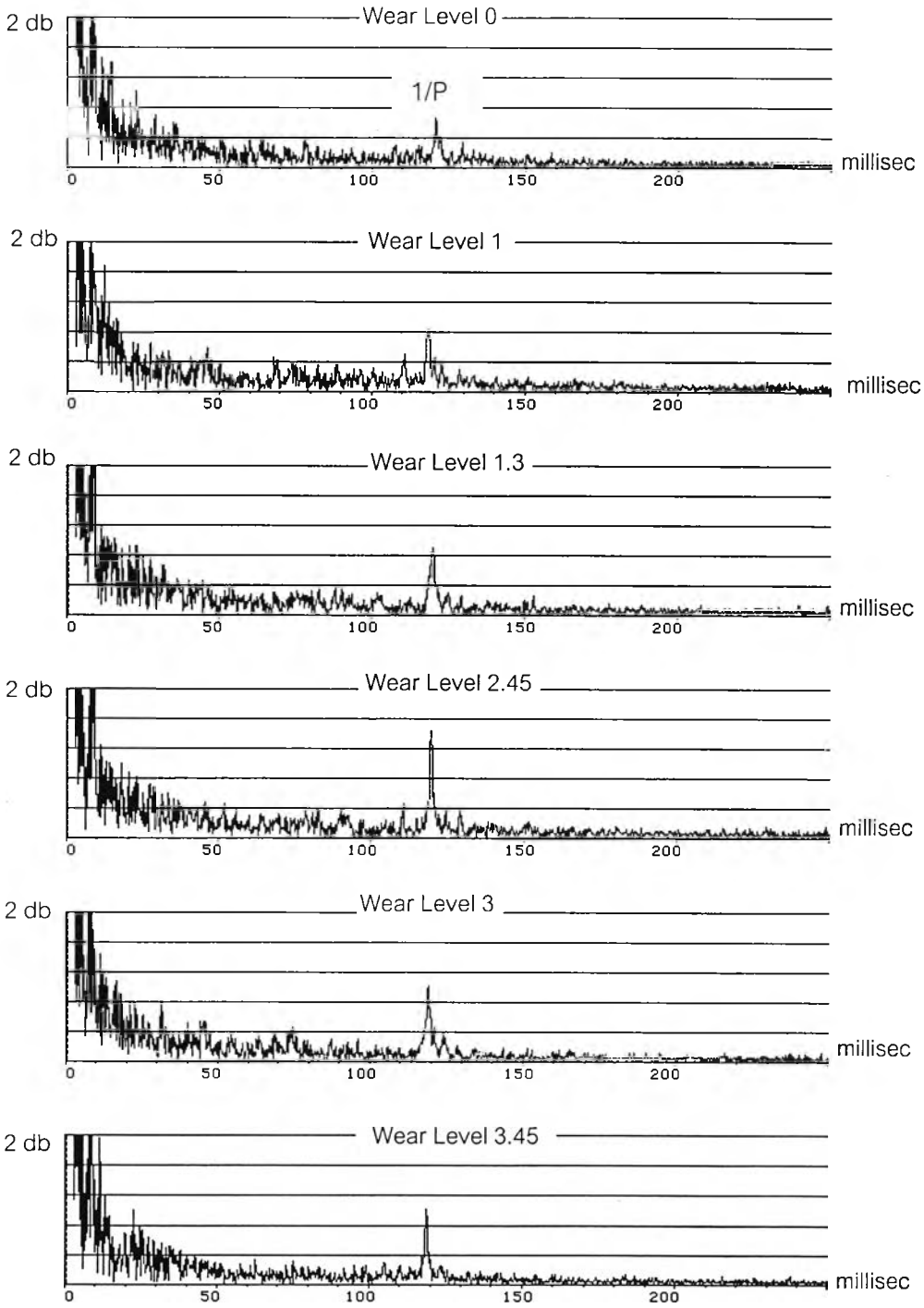


รูปที่ 4-11 สัญญาณสปกตรัม : ความเร็ว 500 รอบต่อนาที ภาระ 340 วัตต์ วัดสัญญาณแนวดิ่ง

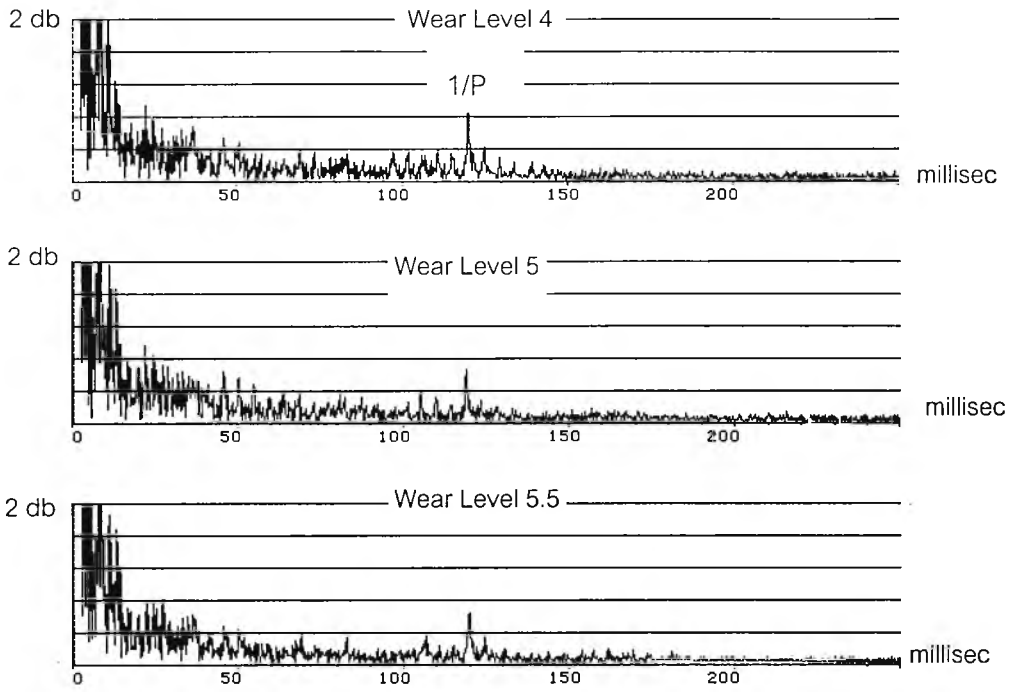


รูปที่ 4-11(ต่อ) สัญญาณสปกตรัม : ความเร็ว 500 รอบต่อนาที ภาระ 340 วัตต์ วัดสัญญาณแนวดิ่ง

4 – 5 – 3 สัญญาณที่ความเร็ว 500 รอบต่อนาที : ผลสัญญาณเซปส์ตรัม

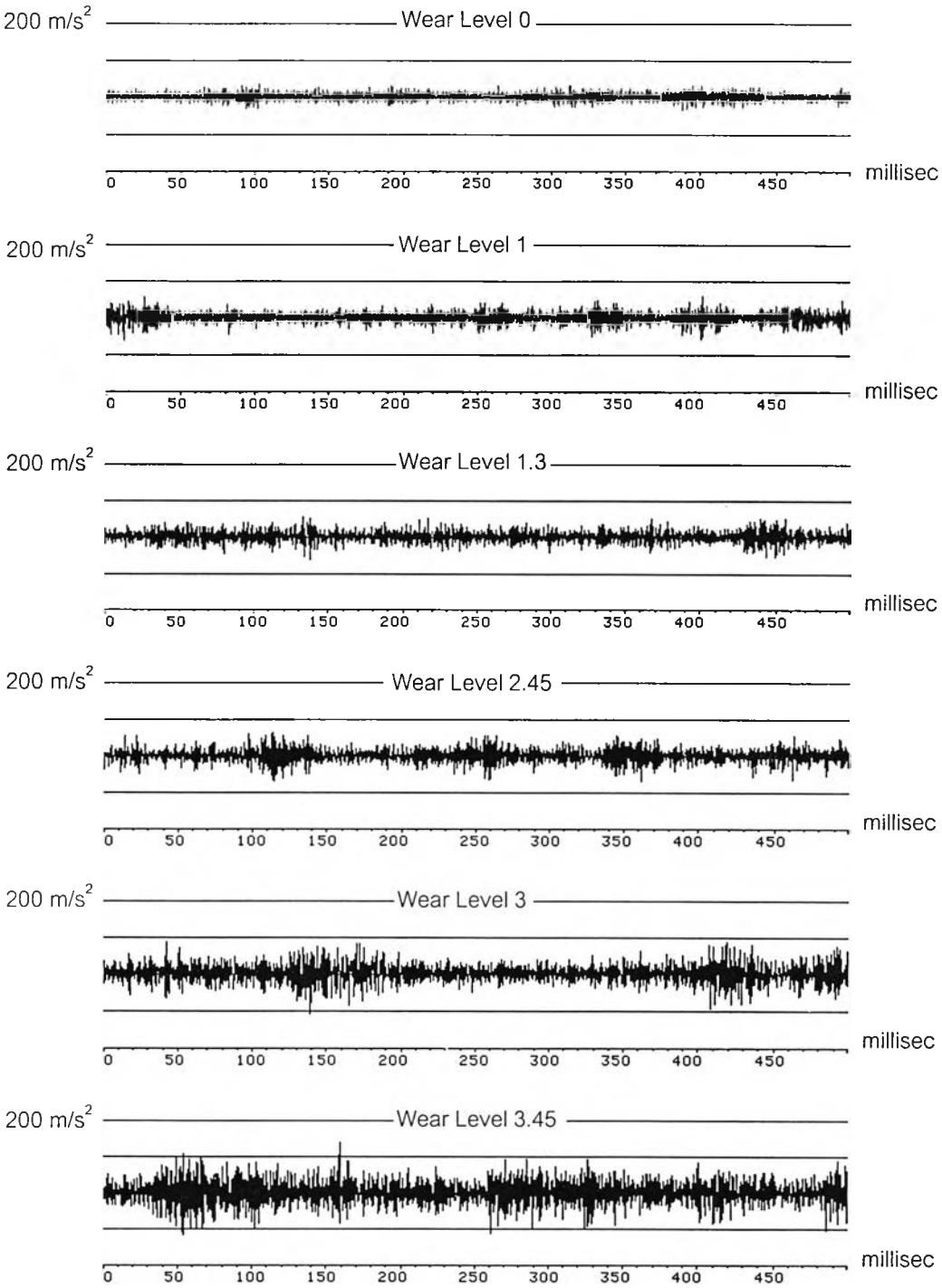


รูปที่ 4-12 สัญญาณเซปส์ตรัม : ความเร็ว 500 รอบต่อนาที ภาระ 340 วัตต์ วัดสัญญาณแนวดิ่ง

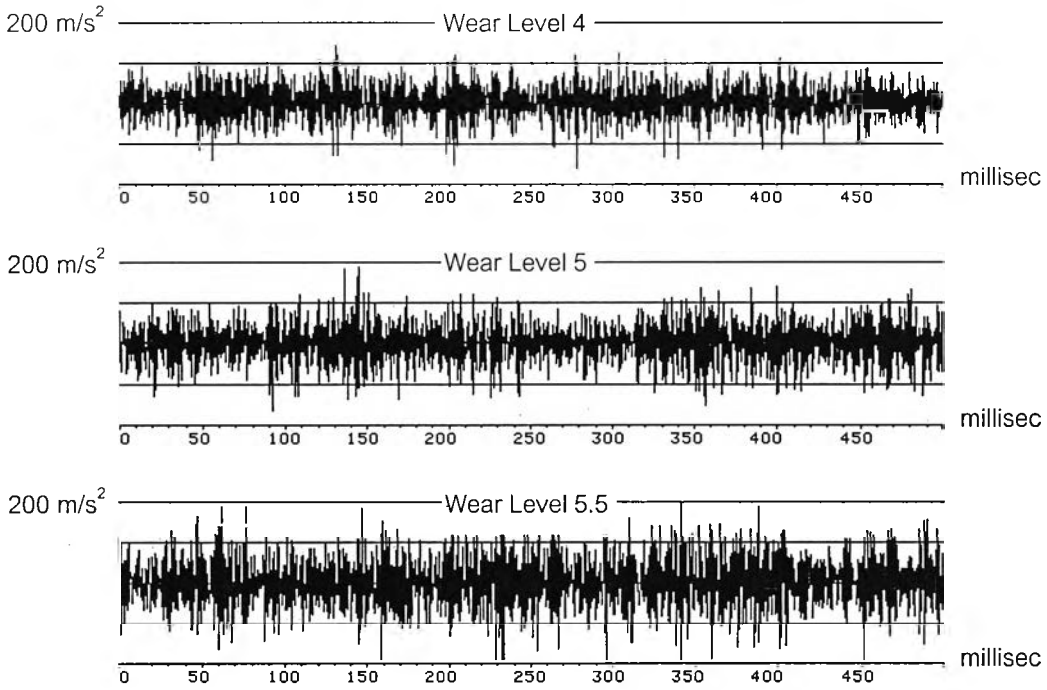


รูปที่ 4-12(ต่อ) สัญญาณเซปส์ตรัม : ความเร็ว 500 รอบต่อนาที ภาระ 340 วัตต์ วัดสัญญาณแนวดิ่ง

4 – 5 – 4 สัญญาณที่ความเร็ว 800 รอบต่อนาที : ผลสัญญาณโดเมนเวลา

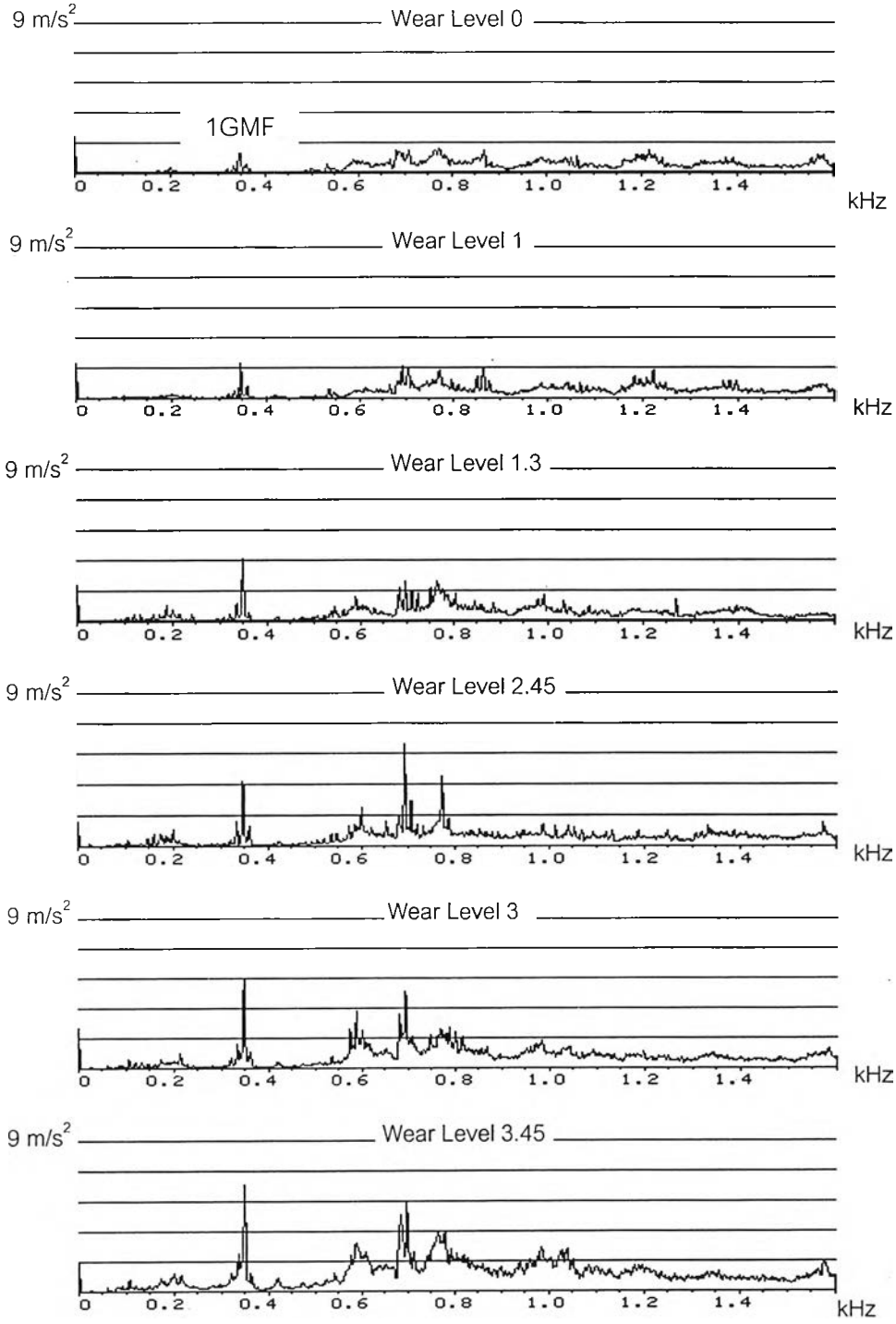


รูปที่ 4-13 สัญญาณโดเมนเวลา : ความเร็ว 800 รอบต่อนาที ภาระ 340 วัตต์ วัดสัญญาณแนวดิ่ง

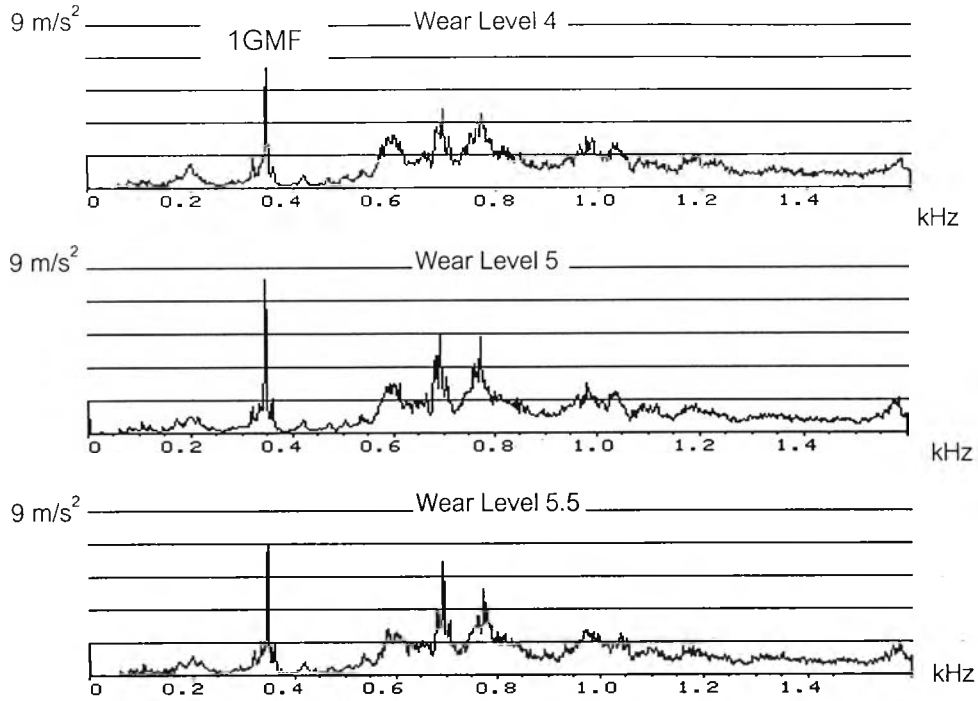


รูปที่ 4-13(ต่อ) สัญญาณโดเมนเวลา : ความเร็ว 800 รอบต่อนาที ภาระ 340 วัตต์ วัดสัญญาณแนวดิ่ง

4 – 5 – 5 <u>สัญญาณที่ความเร็ว 800 รอบต่อนาที</u> : ผลสัญญาณสเปกตรัม

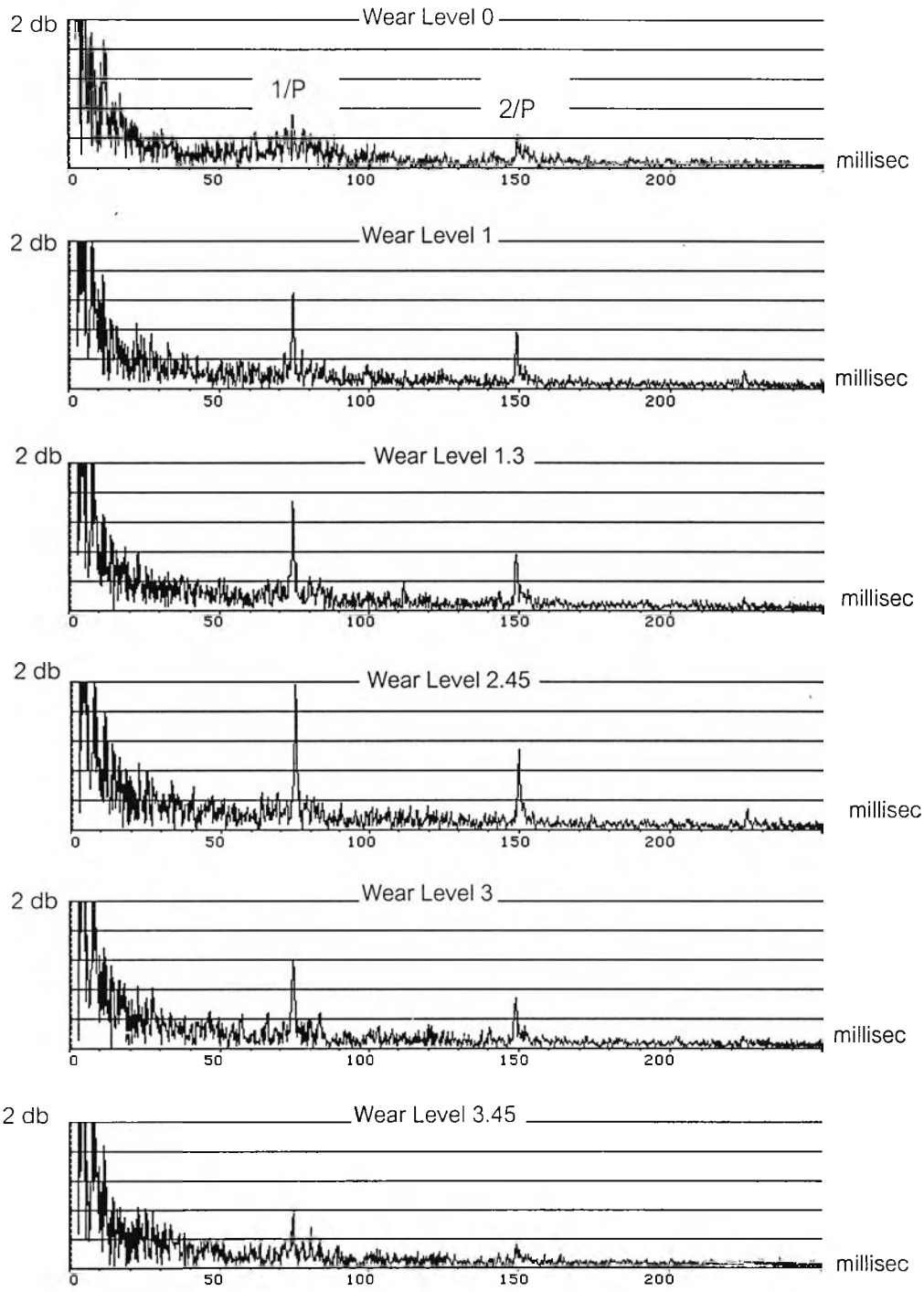


รูปที่ 4-14 สัญญาณสเปกตรัม : ความเร็ว 800 รอบต่อนาที ภาระ 340 วัตต์ วัดสัญญาณแนวดิ่ง

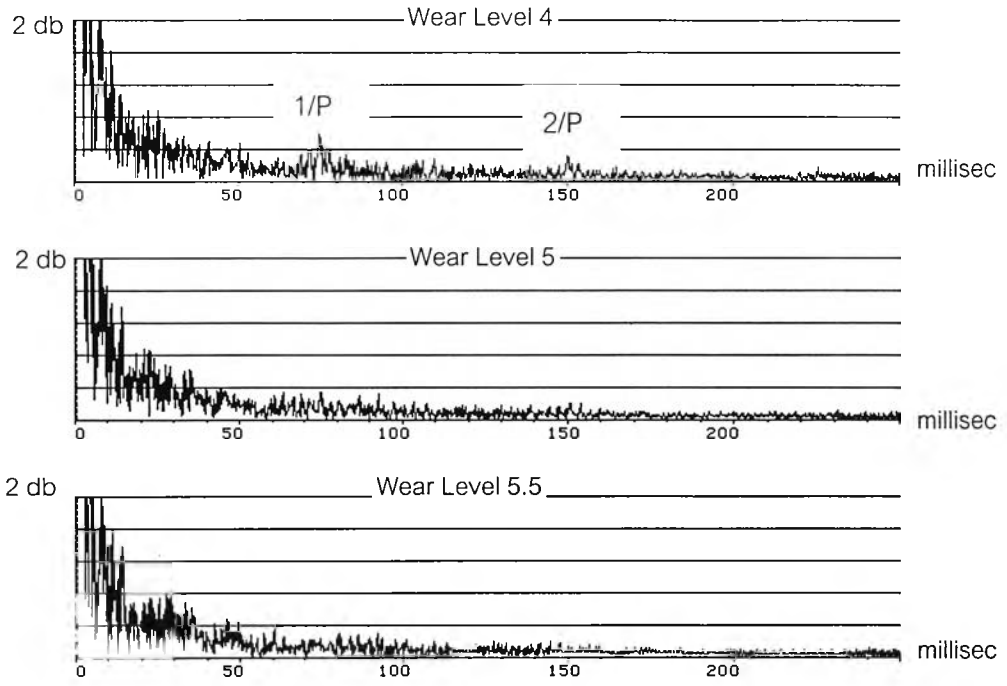


รูปที่ 4-14(ต่อ) สัญญาณสเปกตรัม : ความเร็ว 800 รอบต่อนาที ภาระ 340 วัตต์ วัดสัญญาณแนวดิ่ง

4 – 5 – 6 สัญญาณที่ความเร็ว 800 รอบต่อนาที : ผลสัญญาณเซปส์ตรัม



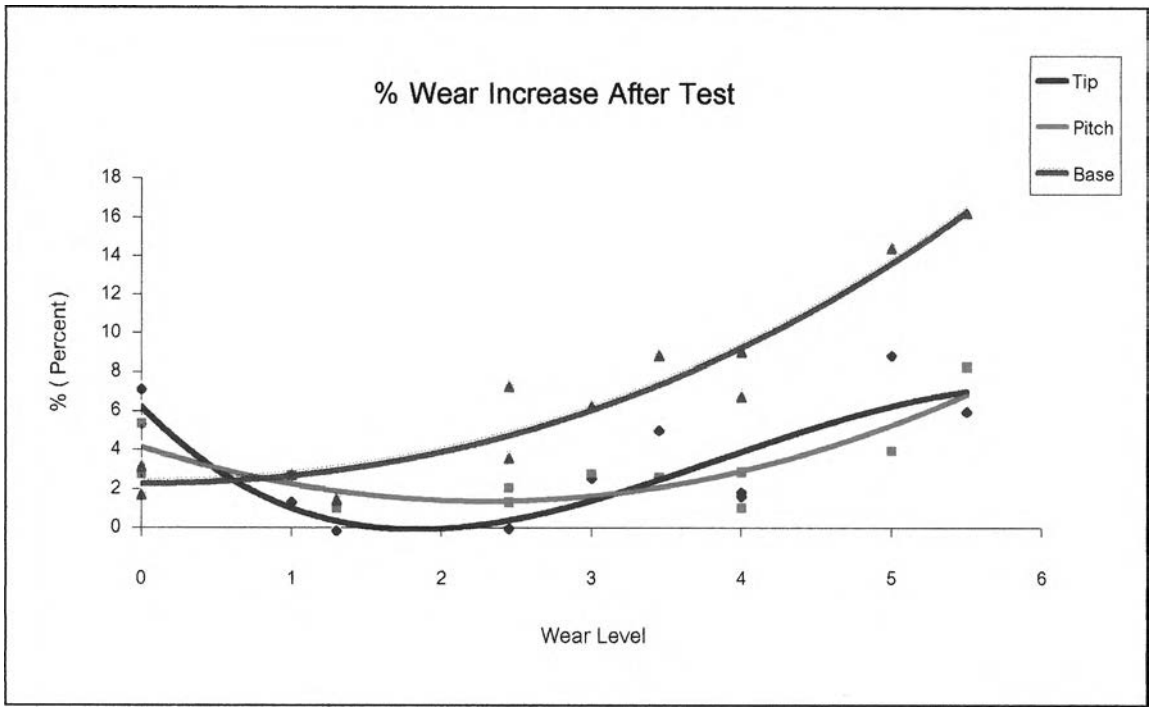
รูปที่ 4-15 สัญญาณเซปส์ตรัม : ความเร็ว 800 รอบต่อนาที ภาระ 340 วัตต์ วัดสัญญาณแนวดิ่ง



รูปที่ 4-15(ต่อ) สัญญาณเซปส์ตรัม : ความเร็ว 800 รอบต่อนาที ภาระ 340 วัตต์ วัดสัญญาณแนวดิ่ง

4 – 6 อภิปรายผลการทดลอง

1) ฟันเฟืองมีการสึกหรอเพิ่มขึ้นหลังการทดลองทั้งหมดโดยที่โคนฟันมีการสึกหรอเพิ่มขึ้นมากกว่าบริเวณปลายฟัน ยกเว้นที่ระดับ 0 (Full Profile) ที่บริเวณปลายฟันมีเปอร์เซนต์การสึกหรอเพิ่มขึ้นมากกว่าบริเวณโคนฟันตามรูปที่ 4-11 และเมื่อระดับสึกหรอเพิ่มมากขึ้นเปอร์เซนต์การสึกหรอที่โคนฟันยิ่งเพิ่มมากขึ้น ส่วนที่ปลายฟันมีการสึกหรอเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยเปอร์เซนต์การสึกหรอที่เพิ่มขึ้นในช่วงระดับที่ 0 — 2 มีค่าลดลง หลังจากนั้นค่าเปอร์เซนต์การสึกหรอจึงกลับมาเพิ่มขึ้นอีก ทั้งนี้น่าจะเป็นเพราะในการสึกหรอจริงนั้นเกิดขึ้นที่บริเวณปลายฟันมากกว่าที่โคนฟันสังเกตได้จากระดับ 0 แต่ที่ระดับอื่นๆที่ปลายฟันมีการสึกหรอมากอยู่แล้วจึงมีเปอร์เซนต์สึกหรอเพิ่มขึ้นอีกไม่มากนัก



รูปที่ 4-11 เปอร์เซนต์การสึกหรอที่เพิ่มขึ้นหลังการทดลอง

2) สัญญาณโดเมนเวลามีขนาดโดยรวมเพิ่มขึ้นตามระดับการสึกหรอ สามารถสังเกตเห็นลักษณะการมอดูเลชันได้ชัดเจนที่ระดับ 2.45 จากรูปที่ 4 - 5 คาบของมอดูเลชันตรงกับความถี่เฟืองขับพอดี

3) ในสัญญาณสเปกตรัมสังเกตเห็นแอมพลิจูดที่ความถี่ 1GMF ชัดเจนทั้งที่ความเร็ว 500 และ 800 รอบต่อนาที แต่ไม่สามารถสังเกตเห็นแถบความถี่ข้างได้ นอกจากนี้ยังพบการปรากฏการณ์สั่นด้วยความถี่ธรรมชาติ(Resonance)ในแนวระดับที่ความเร็ว 500 รอบต่อนาที พบค่าแอมพลิจูดที่ช่วงความถี่ 216 – 220 Hz มีการสั่นสะเทือนมากกว่าปกติซึ่งช่วงดังกล่าวตรงกับความถี่ GMFที่ความเร็ว 500 รอบต่อนาทีพอดี ซึ่งช่วงความถี่ดังกล่าวก็ยังมียอดสเปกตรัมขนาดเล็กเมื่อทดลองที่ความเร็ว 800 รอบต่อนาทีซึ่งมีความถี่GMF ที่ 346 Hz

4) ในสัญญาณเซปส์ตรัมสังเกตเห็นทั้งสัญญาณ 1/P และ 1/G ได้ชัดเจน โดยเฉพาะที่ 800 รอบต่อนาที สังเกตพบสัญญาณ 2/P ด้วย ไม่พบสัญญาณ 1/G ทุกสภาวะการทดลอง