

## บทที่ 5

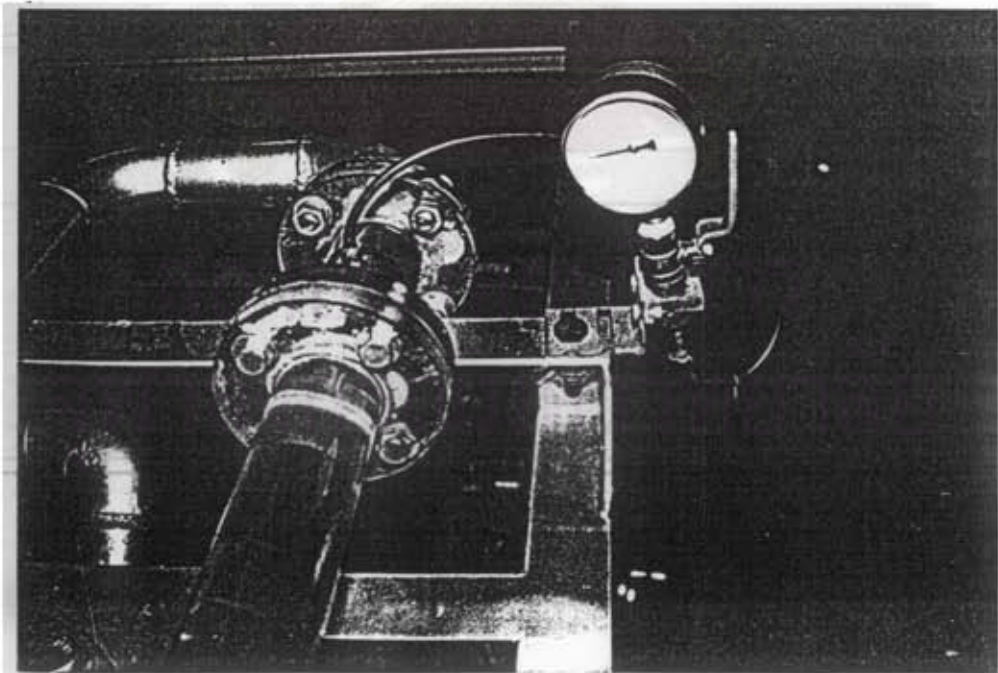
### การทดลองวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือน ของปรากฏการณ์คาวีเทชันในชุดทดลอง

#### 5-1 บทนำ

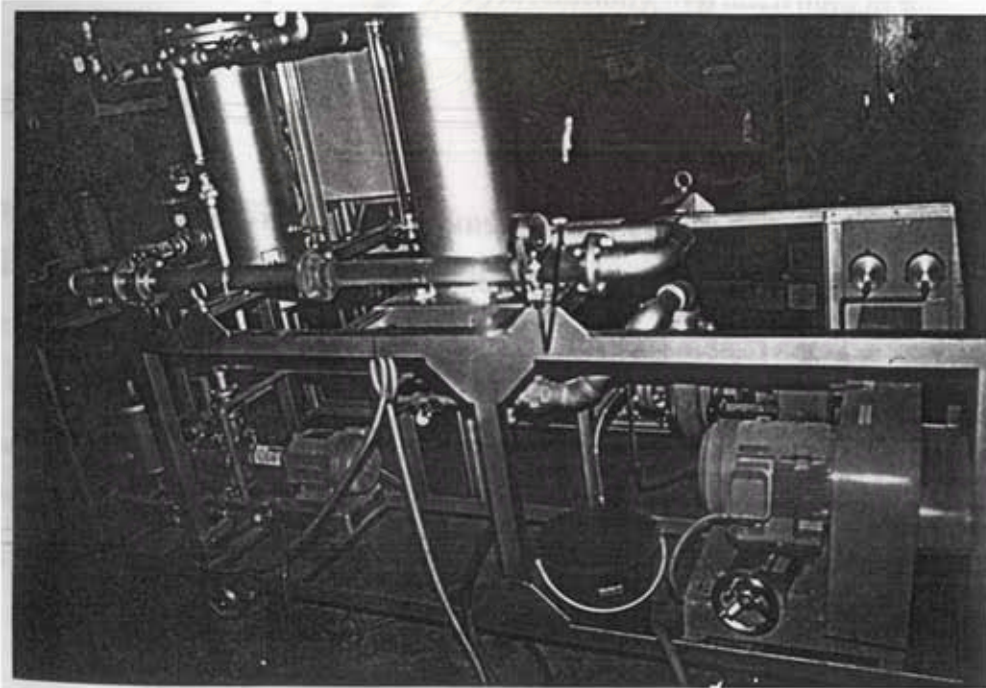
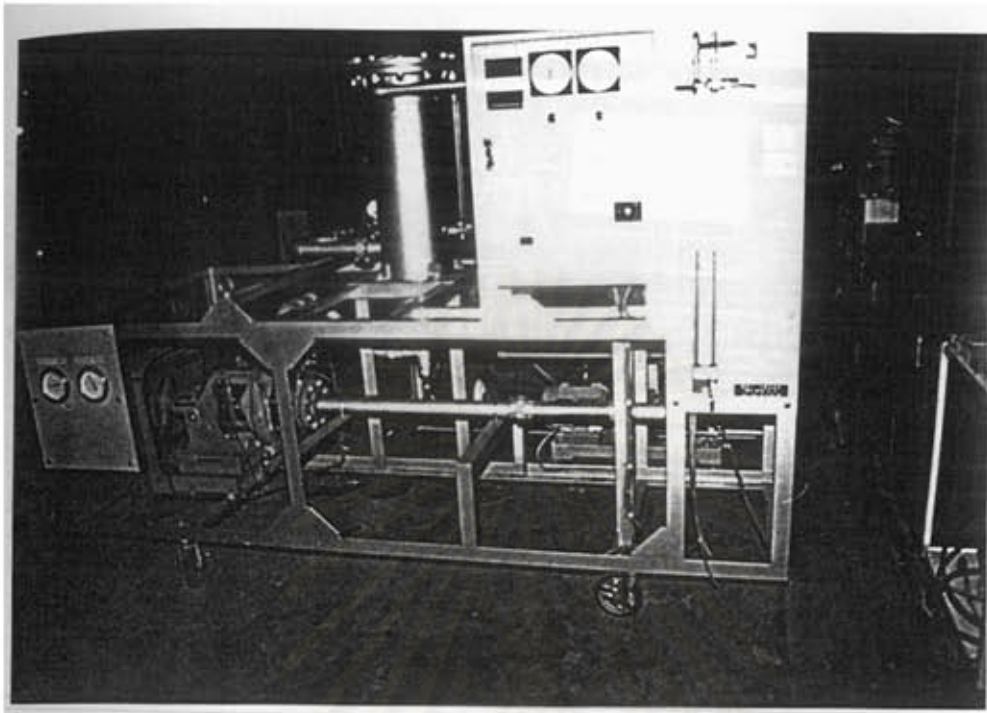
ในบทนี้เป็นการวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวีเทชันในชุดทดลองแบบออร์ทิทที่ประกอบด้วยเครื่องสร้างปรากฏการณ์คาวีเทชัน โดยจะปรับระดับความรุนแรงไปหลายๆค่าเพื่อนำสัญญาณการสั่นสะเทือนของแต่ละระดับความรุนแรงมาวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์การสั่นสะเทือนแบบสเปกตรัม แล้วอภิปรายและสรุปผลการทดลอง

#### 5-2 อุปกรณ์การทดลอง

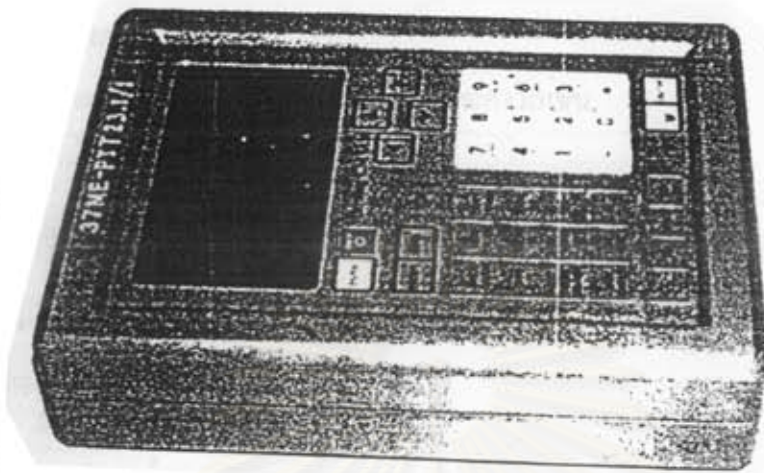
- 1) ชุดทดลองแบบออร์ทิท รูปที่ 5-1
- 2) เครื่องสร้างปรากฏการณ์คาวีเทชัน รูปที่ 5-2
- 3) อุปกรณ์ตรวจวัดและวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนซึ่งประกอบด้วย หัวทรานส์ดิวเซอร์สำหรับวัดความเร่งแบบใช้แม่เหล็กในการติดตั้ง เครื่องเก็บและวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนในที่นี้คือ Microlog Data Collector รุ่น CMVA10 ของบริษัท SKF โดยใช้ lines 800 และ ช่วงความถี่ 0-60000 CPM ดังรูปที่ 5-3



รูปที่ 5-1 แสดงชุดทดลองแบบออร์ทิท



รูปที่ 5-2 เครื่องสร้างปรากฏการณ์ควาวิเทซัน



รูปที่ 5-3 Microlog Data Collector CMVA10

รายละเอียดของอุปกรณ์ต่างนี้จะกล่าวถึงในภาคผนวก ก และภาคผนวก ข

### 5-3 ข้อมูลในการคำนวณ

- 1) เส้นผ่านศูนย์กลางของออริฟิตที่ใช้สร้างควิเทชัน ( $d_o$ ) มี 3 ขนาด 15,20,25 mm
- 2) เส้นผ่านศูนย์กลางของออริฟิต ที่ใช้วัด Flow Rate ( $d_n$ )  
ของเครื่องสร้างปรากฏการณ์ควิเทชัน 38.41 mm
- 3) Flow Coefficient ( $\alpha$ ) 0.7108
- 4) Operating Temperature (T) 30 °C
- 5) เส้นผ่านศูนย์กลางท่อโปร่งไถ 50 mm
- 6) สูตรการคำนวณที่ใช้กับเครื่องสร้างปรากฏการณ์ควิเทชัน

a) Flow Rate  $Q_a$  ( $m^3/s$ )

$$Q_a = \alpha \frac{\pi}{4} d_n^2 \sqrt{2g\Delta p \times 12.6 \times 10^{-3}} \quad (5.1)$$

เมื่อ  $\Delta p$  คือ measured differential pressure (mmHg) โดยวัดคร่อมออริฟิตสำหรับใช้วัด Flow Rate ของ เครื่องสร้างปรากฏการณ์คาวิตेशन  
 $d_o$  คือ diameter ของ orifice ที่ใช้วัด flow rate  
 $\alpha$  flow coefficient

b) Water Velocity ที่ orifice สำหรับใช้สร้างปรากฏการณ์คาวิตेशन

$$V_m = \frac{Q_a}{A_m}$$

$$A_m = \pi \frac{d_o^2}{4}$$

$A_m$  คือพื้นที่ของช่อง orifice

c) Cavitation Number

$$\sigma_2 = \frac{2(P_u - P_{vg})}{\rho V_m^2}$$

โดย  $\sigma_2$  Cavitation Number

$\rho$  ความหนาแน่นของของเหลว

$V_m$  ความเร็วเฉลี่ย

$P_u$  ความดันก่อนเข้าอุปกรณ์

$P_{vg}$  ความดันไอของของเหลว

และ  $\sigma_2 = (\sigma + 1)K_1$

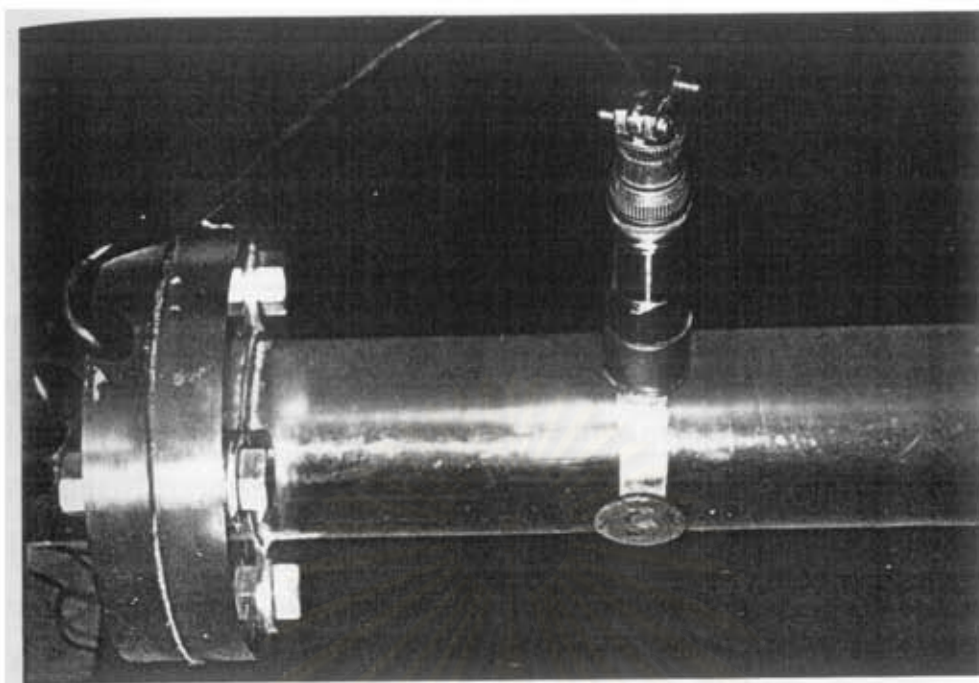
$K_1$  = minor loss

$\sigma$  Cavitation Number ที่พื้นฐาน

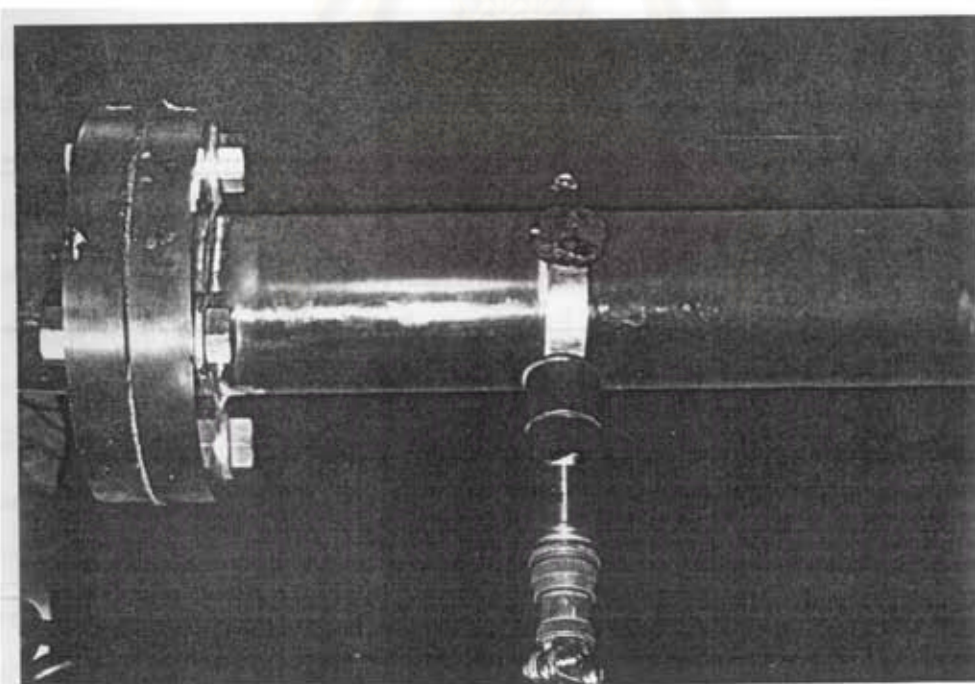
#### 5-4 จุดที่ทำการติดตั้งหัวทรานส์มิชเชอร์สำหรับวัดความเร่งแบบใช้แม่เหล็กในการติดตั้ง

จะทำการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนในบริเวณที่เกิดปรากฏการณ์คาวิตेशनดังนั้นจึงต้องทำการติดตั้งหัวทรานส์มิชเชอร์ในบริเวณที่ฟองไอแตกตัวคือบริเวณหลังออริฟิตเป็นระยะประมาณ 150 เซนติเมตร แต่เนื่องจากชิ้นส่วนที่ใช้ในการสังเกตปรากฏการณ์คาวิตेशनเป็นท่ออะคลิลิกจึงต้องใช้ปลอกเหล็กรัดท่ออะคลิลิกเพื่อจะจะสามารถติดตั้งหัวทรานส์มิชเชอร์สำหรับวัดความเร่งแบบใช้แม่เหล็กในการติดตั้งได้และจะทำการวัดใน 2 แนว x และ y ดังแสดงในรูปที่ 5-4 และ 5-5





รูปที่ 5-4 แสดงจุดติดตั้งหัวทรานส์ดิวเซอร์สำหรับวัดความเร่งแบบใช้แม่เหล็กในแนว x



รูปที่ 5-5 แสดงจุดติดตั้งหัวทรานส์ดิวเซอร์สำหรับวัดความเร่งแบบใช้แม่เหล็กในแนว y

### 5-5 วิธีการทดลอง

จะแบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลองหลักคือ

1) ปรับรอบการทำงานของปั๊มของเครื่องสร้างปรากฏการณ์คาวิตชัน โดยเปิดวาล์วปรับอัตราการไหลลงที่

2) ให้รอบการทำงานของปั๊มของเครื่องสร้างปรากฏการณ์คาวิตชันคงที่แล้วปรับวาล์วปรับอัตราการไหล

#### วิธีการทดลองเมื่อปรับวาล์วปรับการไหลลงที่

1) ติดตั้งชุดทดลองแบบออร์ฟิตกับเครื่องสร้างปรากฏการณ์คาวิตชัน

2) เตรียมและปรับระบบของเครื่องสร้างปรากฏการณ์คาวิตชัน เดินเครื่องโดยปรับรอบปั๊มของเครื่องสร้างปรากฏการณ์คาวิตชันไปที่ 700 800 900 1000 และ 1100 rpm ทำการบันทึกข้อมูลต่างๆของแต่ละรอบการทำงานของปั๊ม

3) ติดตั้งหัวทรานส์ดิวเซอร์สำหรับวัดความเร่งแบบใช้แม่เหล็กในการติดตั้งบริเวณที่ทำปดออกเหล็กวัดที่อะคลิติกไว้ แล้วทำการวัดสัญญาณในแต่ละรอบการทำงานของปั๊มของเครื่องสร้างปรากฏการณ์คาวิตชัน โดยตั้งเครื่องวิเคราะห์และเก็บข้อมูลชนิด FFT ในที่นี้คือ Microlog Data Collector ไว้ที่ 800 lines ช่วงความถี่ 0-1000 Hz โดยวัดขนาดการสั่นสะเทือนแบบความเร็ว

4) ถ่ายเทข้อมูลจากเครื่องวิเคราะห์และเก็บข้อมูลชนิด FFT ในที่นี้คือ Microlog Data Collector ไปสู่คอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรม PRISM<sup>4</sup>

5) เปลี่ยนขนาดออร์ฟิตแล้วทำการทดลองซ้ำ

#### วิธีการทดลองเมื่อมีการปรับวาล์วปรับการไหล

1) ติดตั้งชุดทดลองแบบออร์ฟิตกับเครื่องสร้างปรากฏการณ์คาวิตชัน

2) เตรียมและปรับระบบของเครื่องสร้างปรากฏการณ์คาวิตชัน เดินเครื่องโดยปรับรอบการทำงานของปั๊มของเครื่องสร้างปรากฏการณ์คาวิตชันไปที่ 1000 rpm และปรับวาล์วปรับอัตราการไหลอัตราการไหล ทำการบันทึกข้อมูลต่างๆของแต่ละอัตราการไหล

3) ติดตั้งหัวทรานส์ดิวเซอร์สำหรับวัดความเร่งแบบใช้แม่เหล็กในการติดตั้งบริเวณบริเวณที่ทำปดออกเหล็กวัดที่อะคลิติกไว้ แล้วทำการวัดสัญญาณในแต่ละอัตราการไหล โดยตั้งเครื่องวิเคราะห์และเก็บข้อมูลชนิด FFT ในที่นี้คือ Microlog Data Collector ไว้ที่ 800 lines ช่วงความถี่ 0-1000 Hz โดยวัดขนาดการสั่นสะเทือนแบบความเร็ว

4) ถ่ายเทข้อมูลจากเครื่องวิเคราะห์และเก็บข้อมูลชนิด FFT ในที่นี้คือ Microlog Data Collector ไปสู่คอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรม PRISM<sup>4</sup>

5) เปลี่ยนขนาดออร์ฟิตแล้วทำการทดลองซ้ำ

## 5-5 ผลการทดลอง

5-6-1 ส่วนของเครื่องสร้างปรากฏการณ์ควิเทชันและชุดทดลอง  
การทดลองโดยการปรับวาล์วตัวควบคุมไหลให้คงที่แต่เปลี่ยนรอบการทำงานของปั๊ม  
เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชัน

สำหรับ  $B = 0.3$

ตารางที่ 5-1 ผลการทดลองของออริฟิส  $B = 0.3$

	CAVITA- TION NUMBER ( $\sigma_2$ )	MEASUREMENT						
		WATER CIRCULATION PUMP	DECOMP PRESS	INTL PRESS IN CAVITAN OBS DEVICE	ORIFICE D/P			WATER TEMP.
SYMBOL		N	$P_s$	$P_{lim}$	UPSTRM	DWNSTRM	D/P	$t_w$
UNIT		rpm	cmHg	kg/m <sup>2</sup>	mmHg	mmHg	mmHg	°C
Exp. No.								
1	9.29	700	-60	11830	290	285..5	4.5	30
2	9.11	800	-60	15330	291	285	6	30
3	8.33	900	-60	17030	292	285	7	30
4	4.79	1000	-60	20030	295	280	15	30
5	4.65	1100	-60	25830	297	277	20	30

ตัวอย่างการคำนวณหา  $\sigma_2$  จะแสดงในภาคผนวก ง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับ  $B = 0.4$

ตารางที่ 5-2 ผลการทดลองของออร์ฟิส  $B = 0.4$

	CAVITA- TION NUMBER. ( $\sigma_2$ )	MEASUREMENT						WATER TEMP.
		WATER CIRCULATION PUMP	DECOMP PRESS	INTL PRESS IN CAVITAN OBS DEVICE	ORIFICE D/P			
SYMBOL		N	$P_s$	$P_{Hm}$	UPSTRM	DWNSTRM	D/P	$t_w$
UNIT		rpm	cmHg	kg/m <sup>3</sup>	mmHg	mmHg	mmHg	°C
Exp. No.								
1	7.29	700	-60	13630	299	278	21	30
2	6.01	800	-60	14430	302	275	27	30
3	5.79	900	-60	15430	306	276	30	30
4	4.72	1000	-60	16730	314	274	40	30
5	4.71	1100	-60	17930	317	268	43	30

ตัวอย่างการคำนวณหา  $\sigma_2$  จะแสดงในภาคผนวก ง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สำหรับ  $B = 0.5$

ตารางที่ 5-3 ผลการทดลองของออริฟิต  $B = 0.5$

	CAVITA- TION NUMBER. ( $\sigma_2$ )	MEASUREMENT						
		WATER CIRCULATION PUMP	DECOMP PRESS	INTL PRESS IN CAVITAN OBS DEVICE	ORIFICE D/P			WATER TEMP.
SYMBOL		N	$P_s$	$P_{lim}$	UPSTRM	DWNSTRM	D/P	$t_w$
UNIT		rpm	cmHg	kgf/m <sup>2</sup>	mmHg	mmHg	mmHg	°C
Exp. No.								
1	9.12	700	-60	13330	308	268	40	30
2	8.02	800	-60	14030	312	264	48	30
3	5.7	900	-60	14930	325	253	72	30
4	4.98	1000	-60	15930	333	245	88	30
5	4.66	1100	-60	18030	346	239	107	30

ตัวอย่างการคำนวณหา  $\sigma_2$  จะแสดงในภาคผนวก ง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิเทชัน

สำหรับ  $B = 0.3$

ตารางที่ 5-4 ผลการทดลองของออริฟิส  $B = 0.3$

	CAVITA- TION NUMBER. ( $\sigma_2$ )	MEASUREMENT						
		WATER CIRCULATION PUMP	DECOMP PRESS	INTL PRESS IN CAVITAN OBS DEVICE	ORIFICE D/P			WATER TEMP.
SYMBOL		N	$P_v$	$P_{lim}$	UPSTRM	DWNSTRM	D/P	$t_w$
UNIT		rpm	cmHg	kg/m <sup>2</sup>	mmHg	mmHg	mmHg	°C
Exp. No.								
1	4.63	700	-60	6114	290	285.5	4.5	30
2	4.3	800	-60	7474	291	285	6	30
3	3.76	900	-60	7610	292	285	7	30
4	2.25	1000	-60	9650	295	280	15	30
5	2.12	1100	-60	12000	297	277	20	30

ตัวอย่างการคำนวณหา  $\sigma_2$  จะแสดงในภาคผนวก ง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับ  $B = 0.4$

ตารางที่ 5-5 ผลการทดลองของออร์ฟิส  $B = 0.4$

	CAVITA- TION NUMBER. ( $\sigma_c$ )	MEASUREMENT						
		WATER CIRCULATION PUMP	DECOMP PRESS	INTL PRESS IN CAVITAN OBS DEVICE	ORIFICE D/P			WATER TEMP.
SYMBOL		N	$P_s$	$P_{H_{in}}$	UPSTRM	DWNSTRM	D/P	$t_w$
UNIT		rpm	cmHg	kg/m <sup>2</sup>	mmHg	mmHg	mmHg	°C
Exp. No.								
1	3.061	700	-60	5978	299	278	21	30
2	2.79	800	-60	6930	302	275	27	30
3	2.773	900	-60	7610	306	276	30	30
4	2.47	1000	-60	8970	314	274	40	30
5	2.263	1100	-60	10000	317	268	43	30

ตัวอย่างการคำนวณหา  $\sigma_c$  จะแสดงในภาคผนวก ง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับ  $B = 0.5$

ตารางที่ 5-6 ผลการทดลองของออร์ฟิส  $B = 0.5$

	CAVITA- TION NUMBER.	MEASUREMENT						WATER TEMP.
		WATER CIRCULATION PUMP	DECOMP PRESS	INTL PRESS IN CAVITAN OBS DEVICE	ORIFICE D/P			
SYMBOL		N	$P_s$	$P_{H_m}$	UPSTRM	DWNSTRM	D/P	$t_w$
UNIT		rpm	cmHg	kgf/m <sup>2</sup>	mmHg	mmHg	mmHg	°C
Exp. No.								
1	3.54	700	-60	5434	308	268	40	30
2	3.43	800	-60	6250	312	264	48	30
3	2.715	900	-60	7338	325	253	72	30
4	2.636	1000	-60	8630	333	245	88	30
5	2.582	1100	-60	10194	346	239	107	30

ตัวอย่างการคำนวณหา  $\sigma_2$  จะแสดงในภาคผนวก ง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



การทดลองโดยการทำงานของปั๊มคงที่แต่การปรับอัตราไหล  
เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชัน

ตารางที่ 5-7 ผลการทดลองของออริฟิต  $B = 0.3$

	CAVITA- TION NUMBER.	MEASUREMENT						
		WATER CIRCULATION PUMP	DECOMP PRESS	INTL PRESS IN CAVITAN OBS DEVICE	ORIFICE D/P			WATER TEMP.
SYMBOL		N	$P_s$	$P_{H_v}$	UPSTRM	DWNSTRM	D/P	$t_w$
UNIT		rpm	cmHg	$kgf/m^2$	mmHg	mmHg	mmHg	$^{\circ}C$
Exp. No.								
1	9.71	1000	-60	20030	297	290	7.4	30
2	9.58	1000	-60	20030	297	289.5	7.5	30
3	8.98	1000	-60	20030	297	289	8	30
4	7.98	1000	-60	20030	297	288	9	30
5	7.19	1000	-60	20030	298	288	10	30
6	5.99	1000	-60	20030	299	287	12	30
7	5.14	1000	-60	20030	300	286	14	30
8	4.79	1000	-60	20030	300	285	15	30

ตัวอย่างการคำนวณหา  $\sigma_2$  จะแสดงในภาคผนวก ง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5-8 ผลการทดลองของออร์ฟิส  $B = 0.4$

	CAVITA- TION NUMBER.	MEASUREMENT						
		WATER CIRCULATION PUMP	DECOMP PRESS	INTL PRESS IN CAVITAN OBS DLVICE	ORIFICE D/P			WATER TEMP.
SYMBOL		N	$P_s$	$P_{lim}$	UPSTRM	DWNSTRM	D/P	$t_w$
UNIT		rpm	cmHg	kgf/m <sup>3</sup>	mmHg	mmHg	mmHg	°C
Exp. No.								
1	8.99	1000	-60	16730	304	283	21	30
2	8.58	1000	-60	16730	305	283	22	30
3	8.04	1000	-60	16730	306	282.5	23.5	30
4	7.27	1000	-60	16730	307	281	26	30
5	6.51	1000	-60	16730	308	279	29	30
6	5.4	1000	-60	16730	311	276	35	30
7	4.72	1000	-60	16730	314	274	40	30
8	4.55	1000	-60	16730	315	272	41.5	30

ตัวอย่างการคำนวณหา  $\sigma_2$  จะแสดงในภาคผนวก ง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5-9 ผลการทดลองของออริฟิต  $B = 0.5$

	CAVITA- TION NUMBER.	MEASUREMENT						WATER TEMP.
		WATER CIRCULATION PUMP	DECOMP PRESS	INTL PRESS IN CAVITAN OBS DEVICE	ORIFICE D/P			
SYMBOL		N	$P_s$	$P_{lim}$	UPSTRM	DWNSTRM	D/P	$t_w$
UNIT		rpm	cmHg	kg/m <sup>3</sup>	mmHg	mmHg	mmHg	°C
Exp. No.								
1	9.04	1000	-60	15930	312.5	264	48.5	30
2	8.95	1000	-60	15930	313	264	49	30
3	8.35	1000	-60	15930	312.5	260	52.5	30
4	7.43	1000	-60	15930	316	257	59	30
5	6.7	1000	-60	15930	319.5	254	65.5	30
6	5.59	1000	-60	15930	332.5	252	78.5	30
7	4.8	1000	-60	15930	340.5	249	91.5	30
8	4.55	1000	-60	15930	345.5	249	96.5	30

ตัวอย่างการคำนวณหา  $\sigma_2$  จะแสดงในภาคผนวก ง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## เมื่อเกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชัน

ตารางที่ 5-10 ผลการทดลองของออริฟิต B = 0.3

	CAVITA-TION NUMBER.	MEASUREMENT						
		WATER CIRCULATION PUMP	DECOMP PRESS	INTL PRESS IN CAVITAN OBS DEVICE	ORIFICE D/P			WATER TEMP.
SYMBOL		N	P <sub>s</sub>	P <sub>lim</sub>	UPSTRM	DWNSTRM	D/P	t <sub>w</sub>
UNIT		rpm	cmHg	kgf/m <sup>2</sup>	mmHg	mmHg	mmHg	°C
Exp. No.								
1	4.53	1000	-60	20030	297	290	7.4	30
2	4.5	1000	-60	20030	297	289.5	7.5	30
3	4.22	1000	-60	20030	297	289	8	30
4	3.76	1000	-60	20030	297	288	9	30
5	3.38	1000	-60	20030	298	288	10	30
6	2.82	1000	-60	20030	299	287	12	30
7	2.41	1000	-60	20030	300	286	14	30
8	2.25	1000	-60	20030	300	285	15	30

ตัวอย่างการคำนวณหา  $\sigma_2$  จะแสดงในภาคผนวก ง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 5-11 ผลการทดลองของออร์ฟิต. B = 0.4

	CAVITA- TION NUMBER	MEASUREMENT						
		WATER CIRCULATION PUMP	DECOMP PRESS	INTL PRESS IN CAVITAN OBS DEVICE	ORIFICE D/P			WATER TEMP.
SYMBOL		N	P <sub>s</sub>	P <sub>lim</sub>	UPSTRM	DWNSTRM	D/P	t <sub>w</sub>
UNIT		rpm	cmHg	kgf/m <sup>2</sup>	mmHg	mmHg	mmHg	°C
Exp. No.								
1	4.53	1000	-60	16730	304	283	21	30
2	4.5	1000	-60	16730	305	283	22	30
3	4.23	1000	-60	16730	306	282.5	23.5	30
4	3.76	1000	-60	16730	307	281	26	30
5	3.38	1000	-60	16730	308	279	29	30
6	2.82	1000	-60	16730	311	276	35	30
7	2.42	1000	-60	16730	314	274	40	30
8	2.38	1000	-60	16730	315	272	41.5	30

ตัวอย่างการคำนวณหา  $\sigma_2$  จะแสดงในภาคผนวก ง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5-12 ผลการทดลองของออร์ฟิส  $B = 0.5$

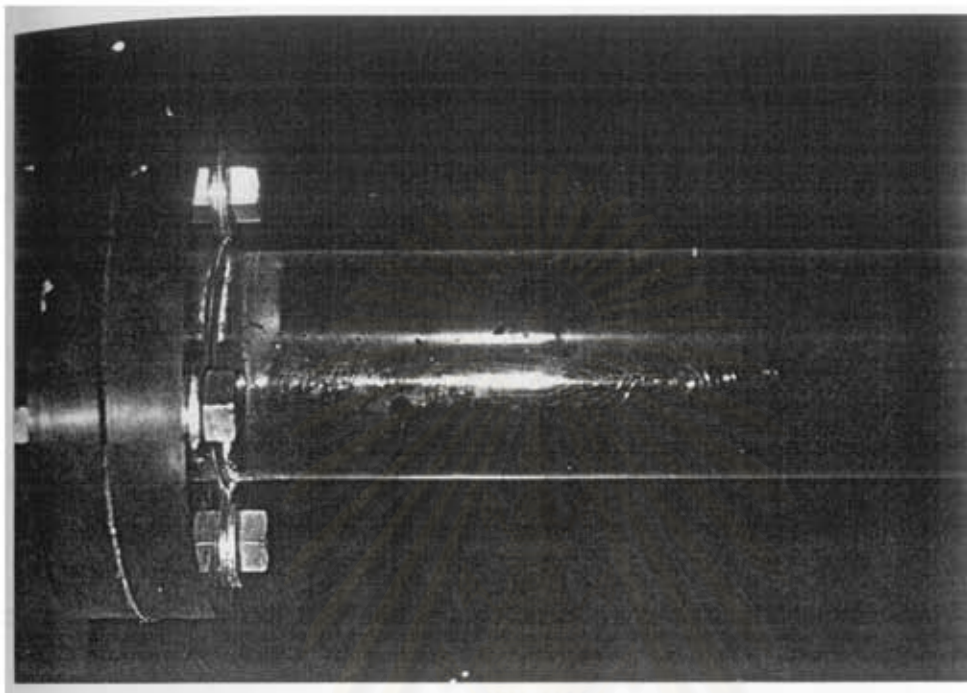
	CAVITA- TION NUMBER.	MEASUREMENT						
		WATER CIRCULATION PUMP	DECOMP PRESS	INTL PRESS IN CAVITAN OBS DEVICE	ORIFICE D/P			WATER TEMP.
SYMBOL		N	$P_s$	$P_{H_0}$	UPSTRM	DWNSTRM	D/P	$t_w$
UNIT		rpm	cmHg	kg/m <sup>2</sup>	mmHg	mmHg	mmHg	°C
Exp. No.								
1	4.53	1000	-60	15930	312.5	264	48.5	30
2	4.5	1000	-60	15930	313	264	49	30
3	4.23	1000	-60	15930	312.5	260	52.5	30
4	3.76	1000	-60	15930	316	257	59	30
5	3.98	1000	-60	15930	319.5	254	65.5	30
6	2.82	1000	-60	15930	332.5	252	78.5	30
7	2.42	1000	-60	15930	340.5	249	91.5	30
8	2.3	1000	-60	15930	345.5	249	96.5	30

ตัวอย่างการคำนวณหา  $\sigma_2$  จะแสดงในภาคผนวก ง

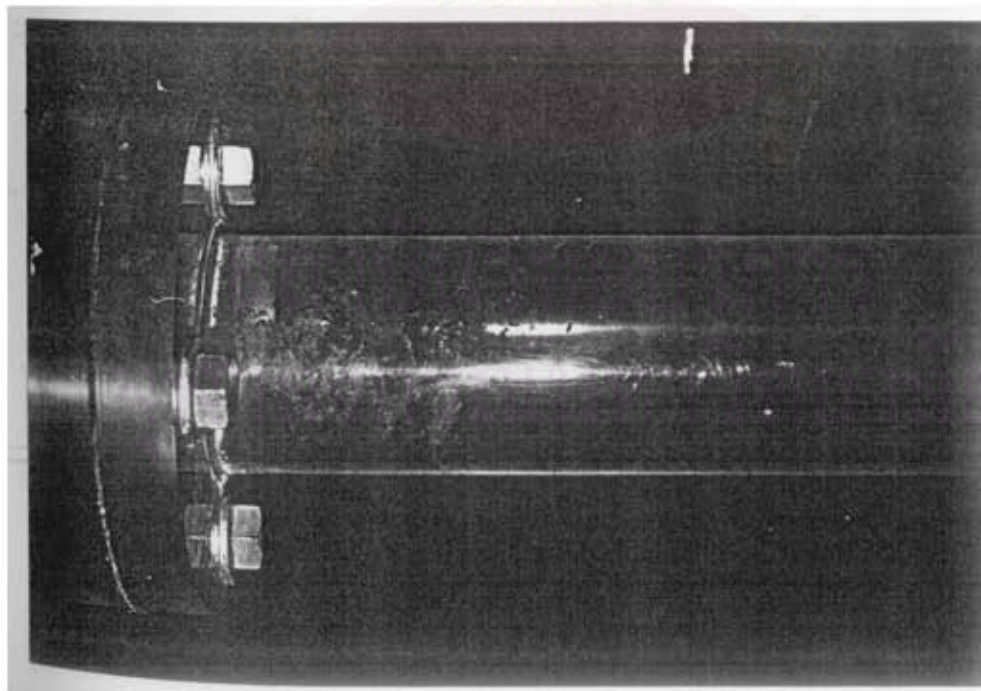
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5-6-2. ภาพถ่ายปรากฏการณ์ควิเทชันจากชุดทดลอง

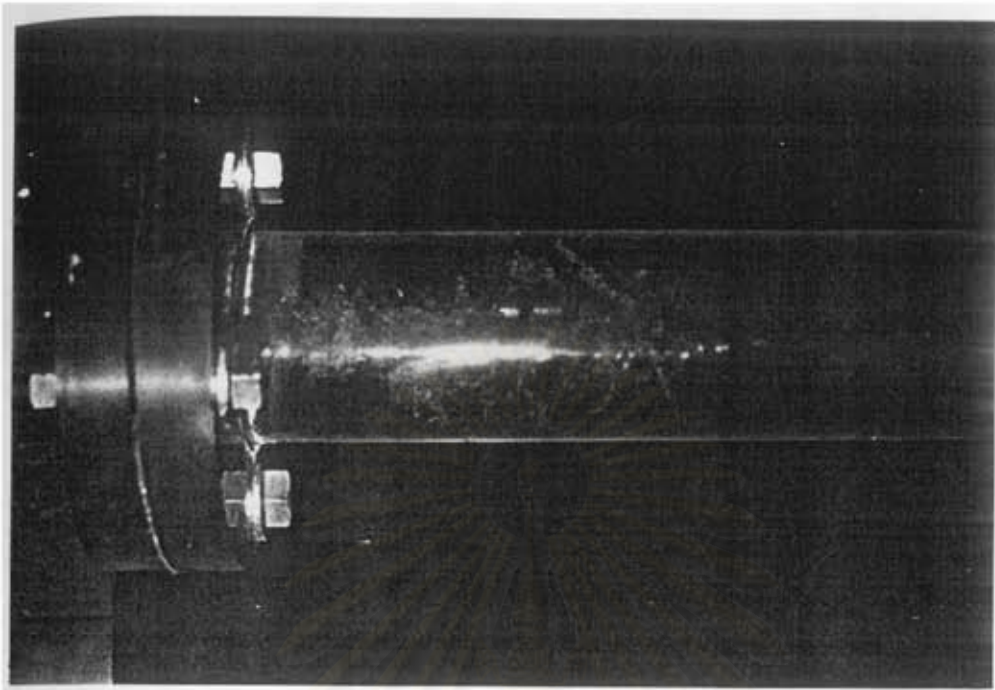
เป็นการถ่ายภาพของปรากฏการณ์ควิเทชันเมื่อมี Cavitation Number ( $\sigma_2$ ) ต่างๆกัน ของออริฟิตแต่ละขนาด



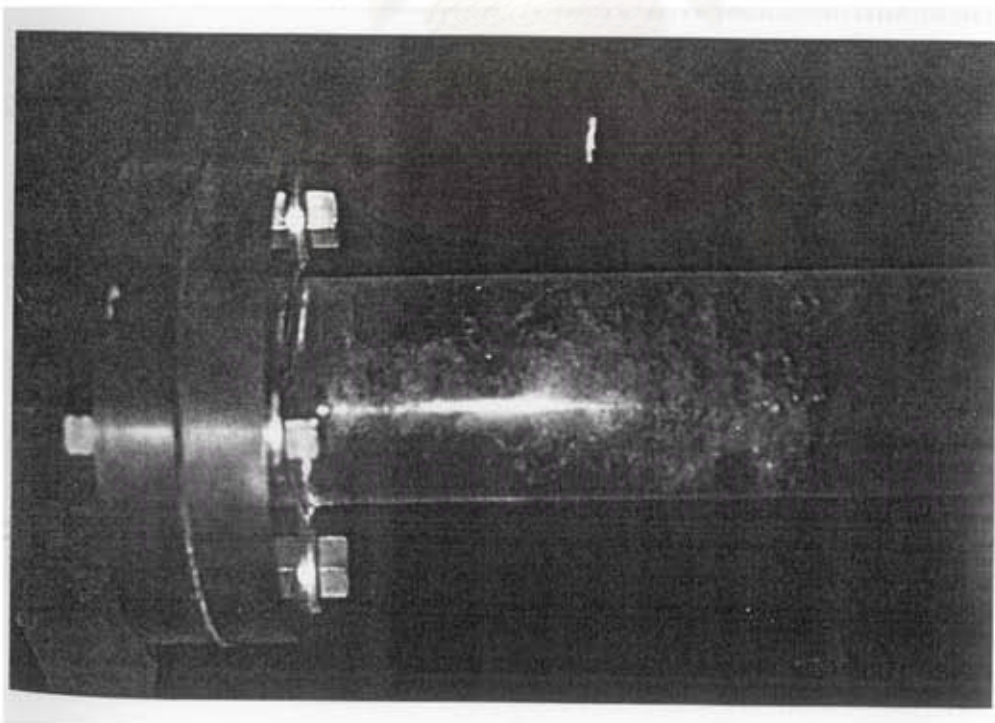
รูปที่ 5-6 รูปถ่ายปรากฏการณ์ควิเทชันที่  $\sigma_2 = 4.63$  ของออริฟิต B=0.3



รูปที่ 5-7 รูปถ่ายปรากฏการณ์ควิเทชันที่  $\sigma_2 = 4.3$  ของออริฟิต B=0.3

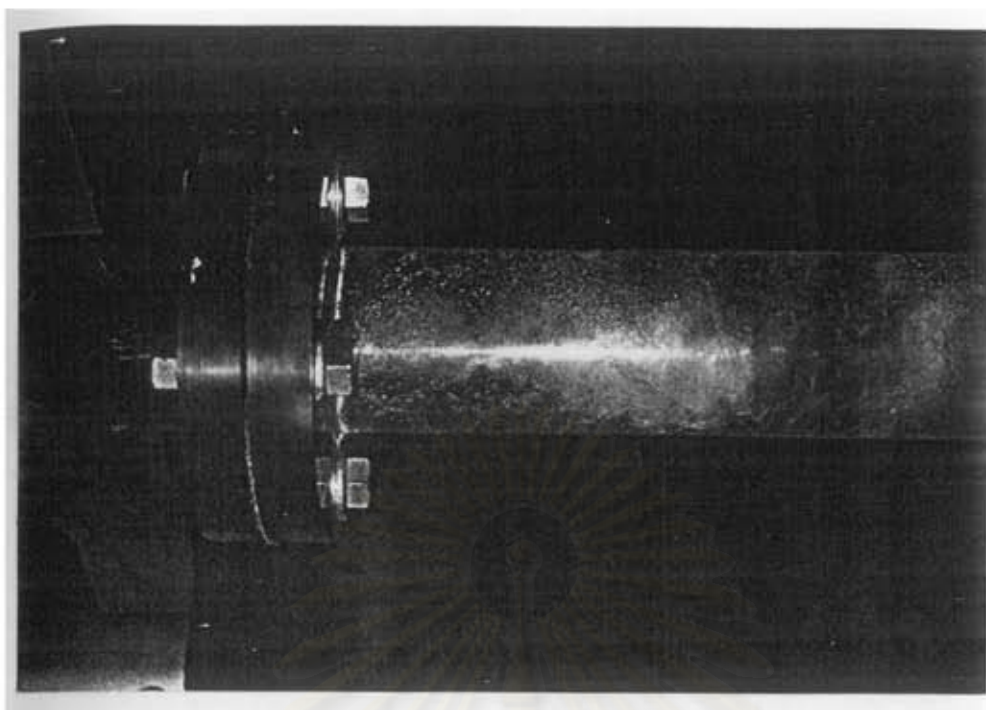


รูปที่ 5-8 รูปถ่ายปรากฏการณ์ควิเทชันที่  $\sigma_2 = 3.76$  ของออริฟิศ B=0.3



รูปที่ 5-9 รูปถ่ายปรากฏการณ์ควิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.25$  ของออริฟิศ B=0.3

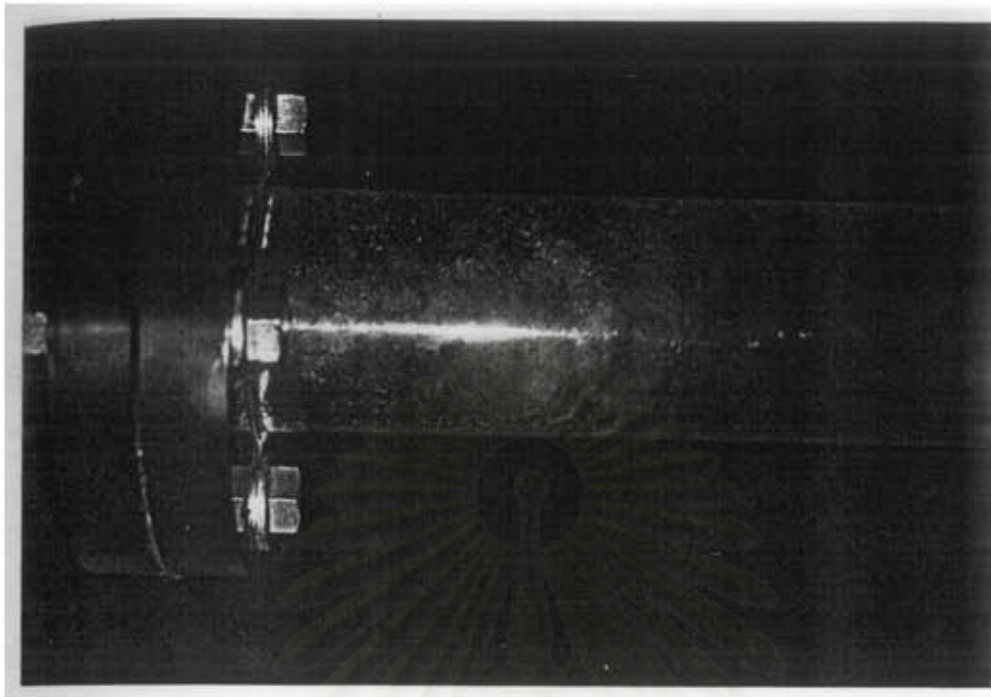




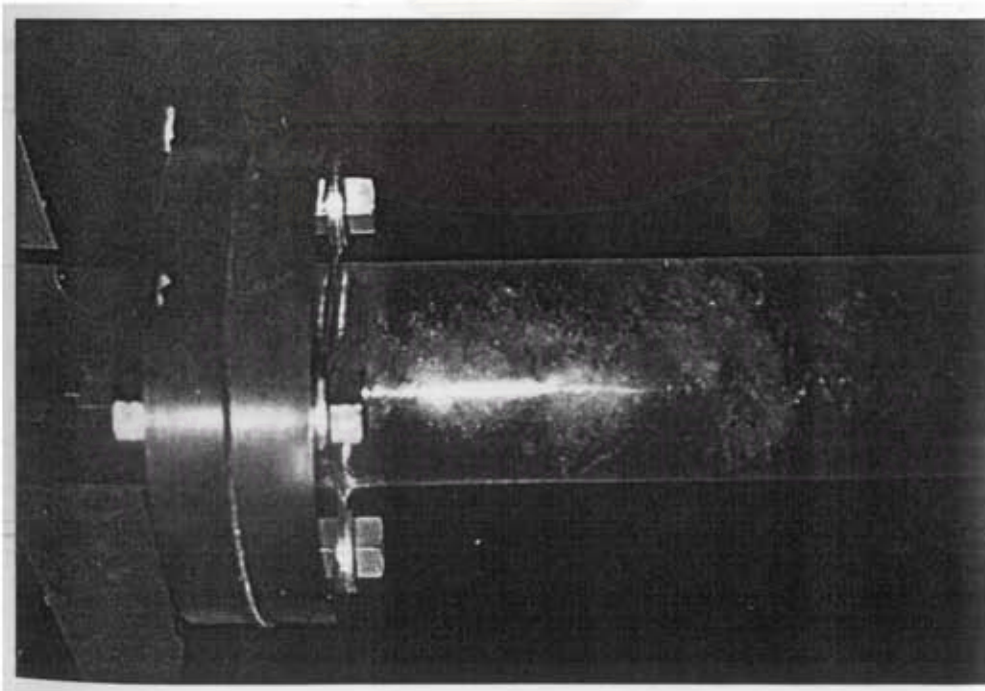
รูปที่ 5-10 รูปถ่ายปรากฏการณ์คavitेशनที่  $\sigma_2 = 2.12$  ของออริฟิต  $B=0.3$

จากภาพถ่ายรูปที่ 5-6 ถึง รูปที่ 5-10 สังเกตเห็นว่าเมื่อ Cavitation Number ( $\sigma_2$ ) ลดลง ปริมาณและความหนาแน่นของฟองไอจะเพิ่มขึ้น รวมทั้งสามารถได้ยินเสียงการแตกตัวดังขึ้น

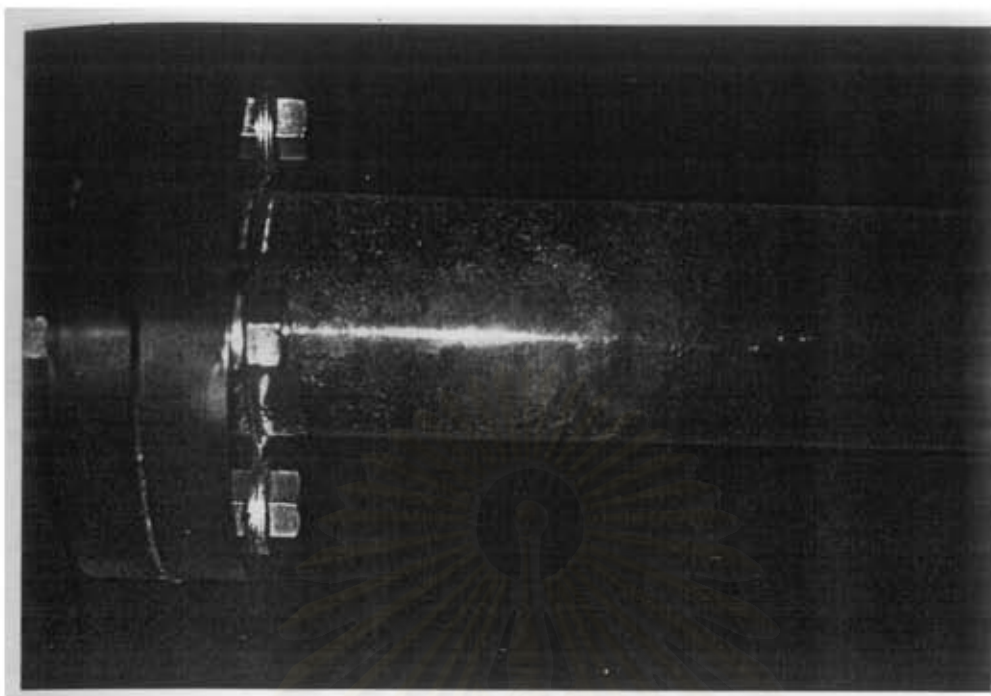
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



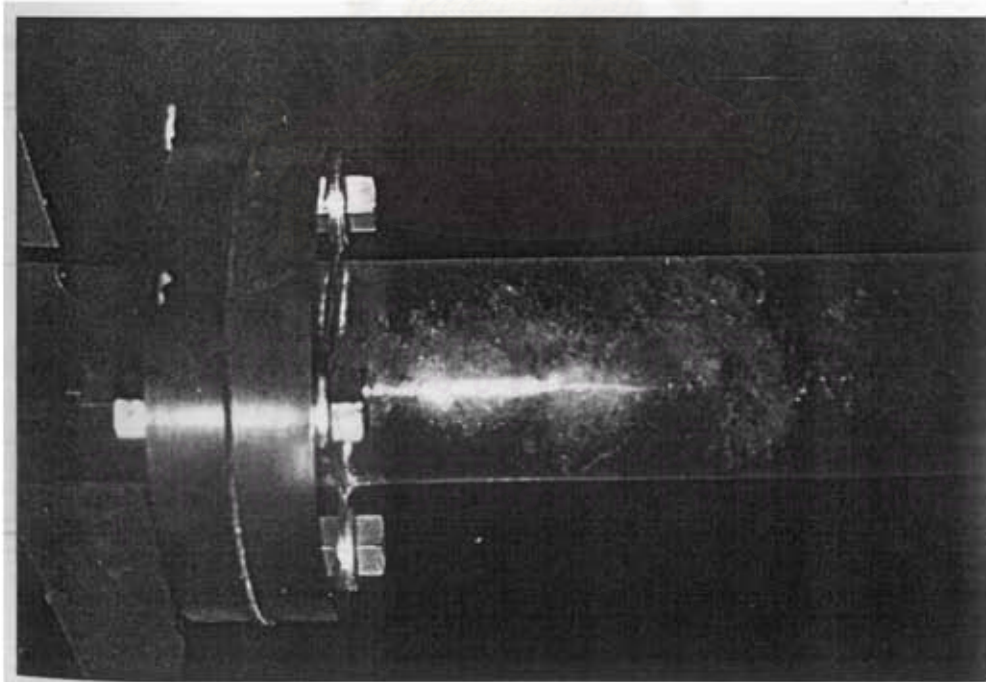
รูปที่ 5-11 รูปถ่ายปรากฏการณ์ควิเทชันที่  $\sigma_2 = 3.061$  ของออร์พิต  $B=0.4$



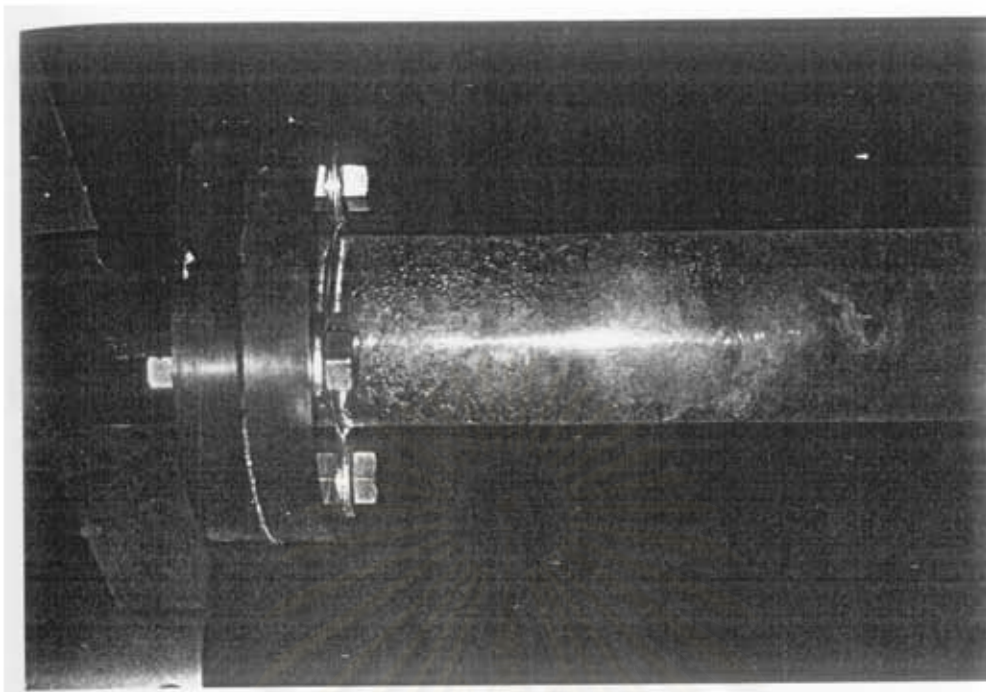
รูปที่ 5-12 รูปถ่ายปรากฏการณ์ควิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.79$  ของออร์พิต  $B=0.4$



รูปที่ 5-13 รูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิตีที่  $\sigma_2 = 2.773$  ของออร์ฟิส  $B=0.4$



รูปที่ 5-14 รูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิตีที่  $\sigma_2 = 2.47$  ของออร์ฟิส  $B=0.4$

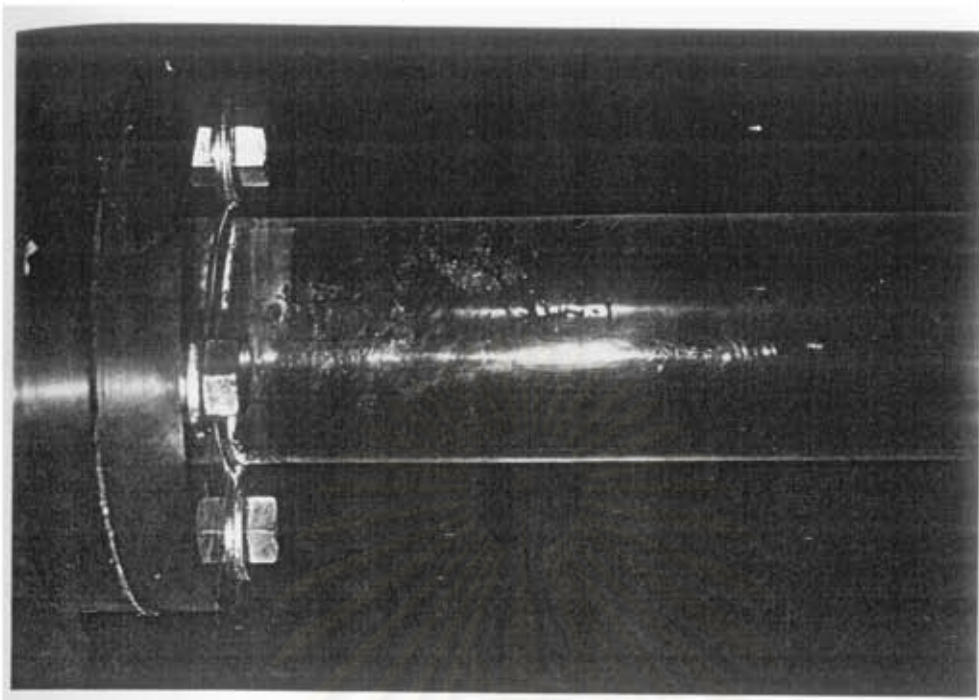


รูปที่ 5-15 รูปถ่ายปรากฏการณ์ควิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.263$  ของออริฟิศ  $B=0.4$

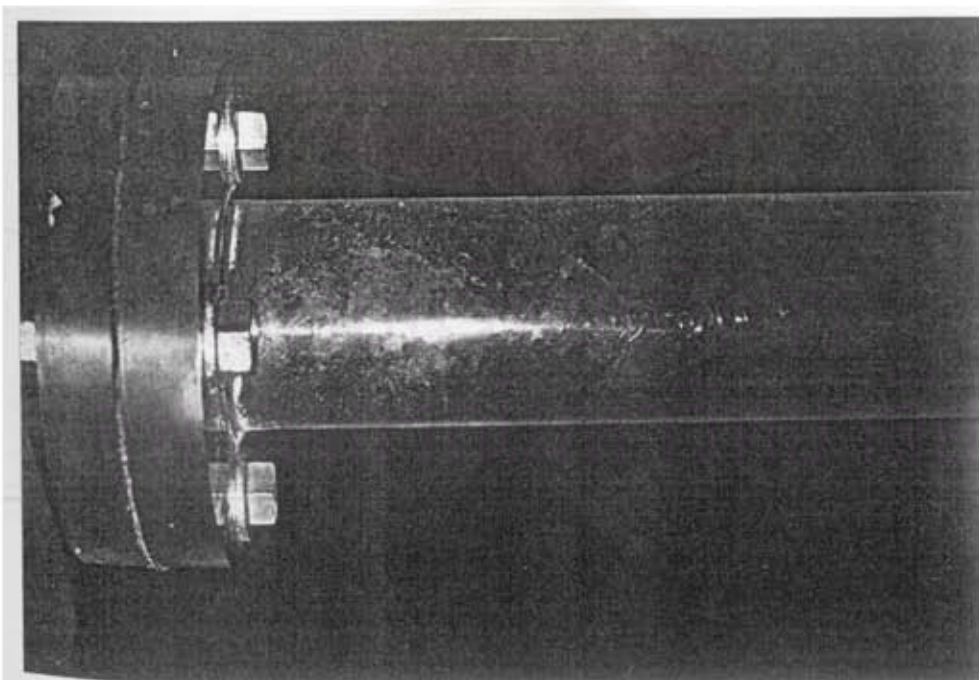
จากภาพถ่ายรูปที่ 5-11 ถึง รูปที่ 5-15 สังเกตเห็นว่าเมื่อ Cavitation Number ( $\sigma_2$ ) ลดลง ปริมาณและความหนาแน่นของฟองไอจะเพิ่มขึ้น รวมทั้งสามารถได้ยินเสียงการแตกตัวดังขึ้น

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

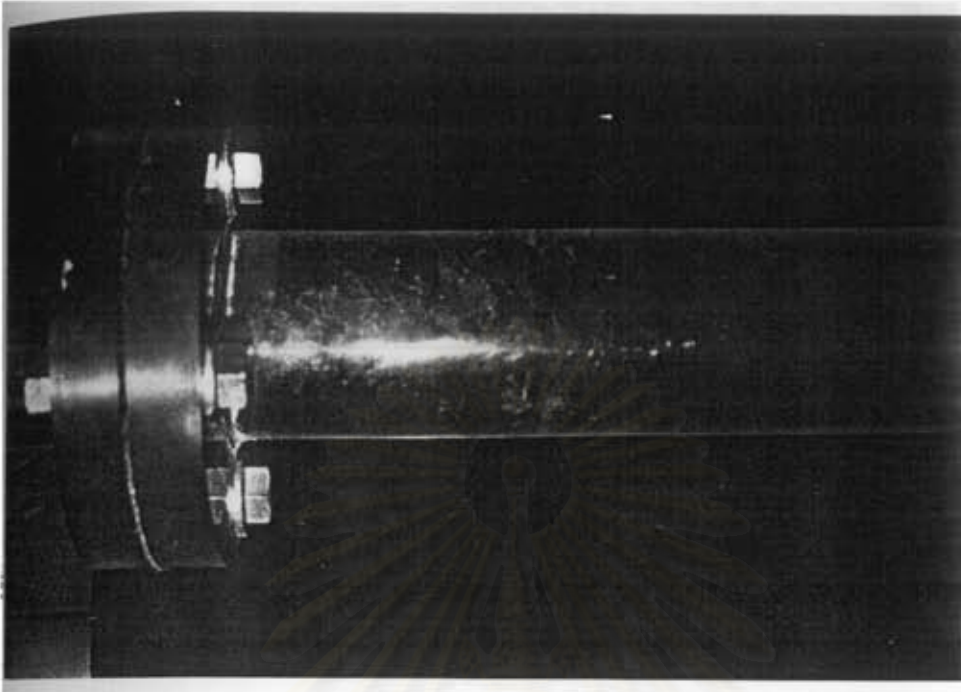




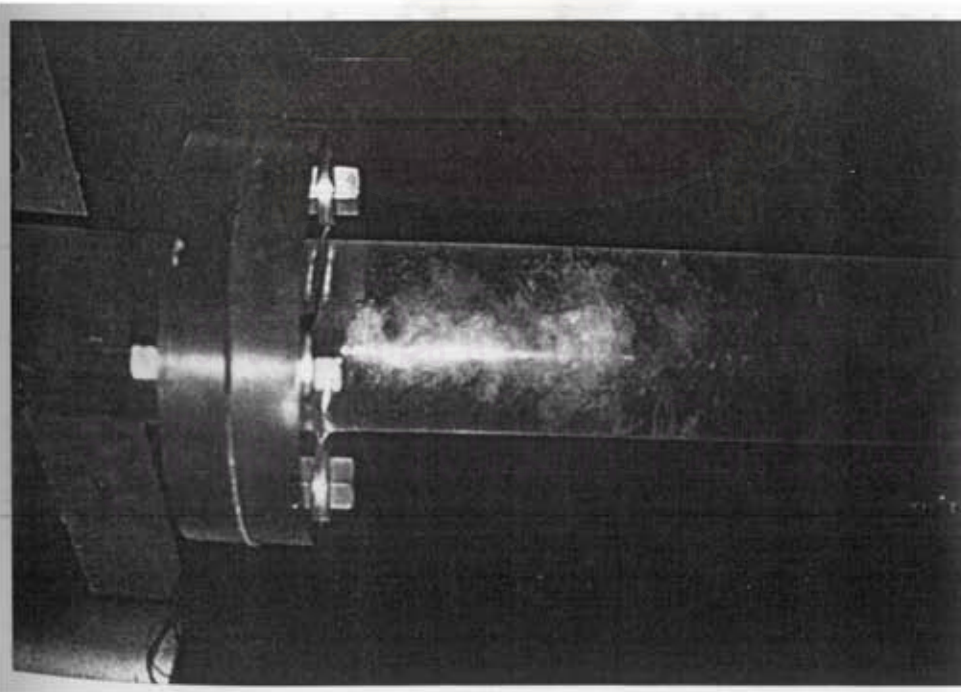
รูปที่ 5-16 รูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิตีที่  $\sigma_2 = 3.54$  ของออริฟิต B=0.5



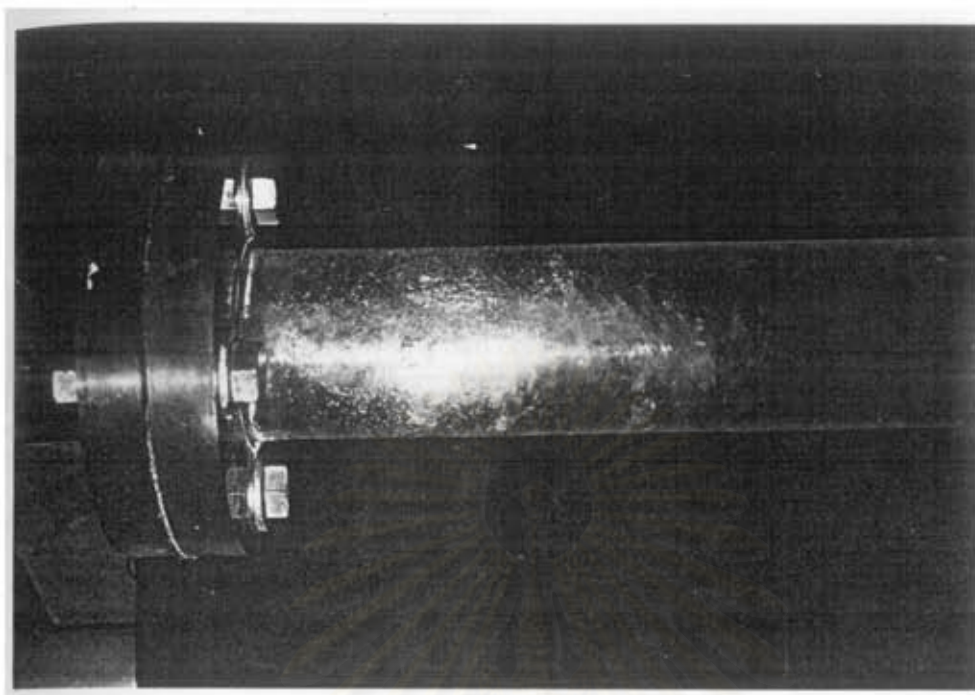
รูปที่ 5-17 รูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิตีที่  $\sigma_2 = 3.43$  ของออริฟิต B=0.5



รูปที่ 5-18 รูปถ่ายปรากฏการณ์ควิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.715$  ของออร์บิต  $B=0.5$



รูปที่ 5-19 รูปถ่ายปรากฏการณ์ควิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.636$  ของออร์บิต  $B=0.5$



รูปที่ 5-20 รูปถ่ายปรากฏการณ์ควิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.582$  ของออริฟิส  $B=0.5$

จากภาพถ่ายรูปที่ 5-15 ถึง รูปที่ 5-20 สังเกตเห็นว่าเมื่อ Cavitation Number ( $\sigma_2$ ) ลดลง ปริมาณและความหนาแน่นของฟองไอจะเพิ่มขึ้น รวมทั้งสามารถได้ยินเสียงการแตกตัวดังขึ้น

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 5-6-3 ผลการทดลองวัดสัญญาณการสั่นสะเทือน

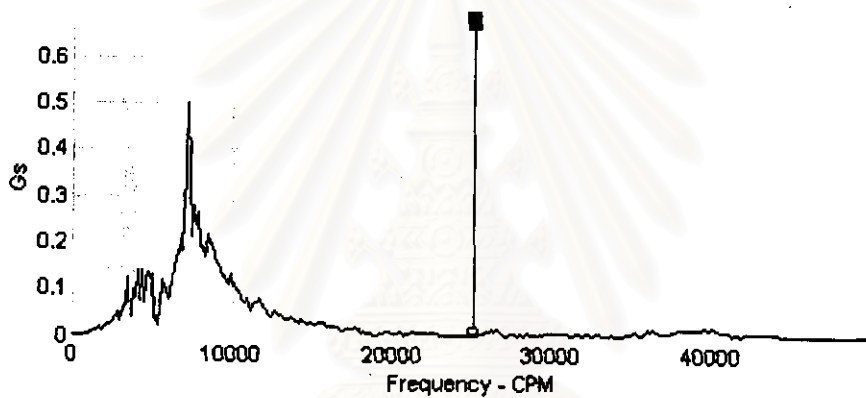
#### การวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนเพื่อหาความถี่ธรรมชาติ

การวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนเพื่อหาความถี่ธรรมชาติจะทำการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่จุดเดียวกับจุดที่วัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิตีชันคือในแนว x และแนว y ดังแสดงในรูปที่ 5-4 และรูปที่ 5-5

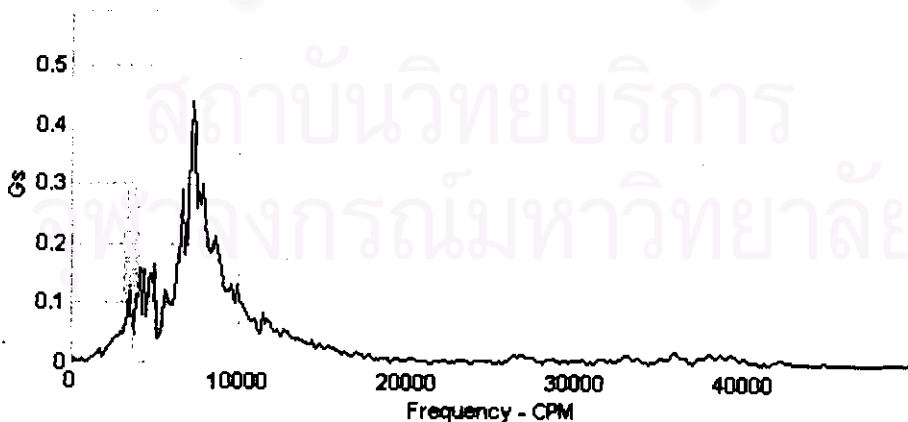
ในการวัดความถี่ธรรมชาติจะใช้วิธีเคาะชุดทดลองเมื่อยังไม่ได้เดินเครื่องสร้างปรากฏการณ์คาวิตีชันด้วยค้อนยางแล้วทำการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือน โดยวิธีตั้งเครื่องวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนและเงื่อนไขต่างๆจะกล่าวถึงในภาคผนวก จ

#### ผลการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือน

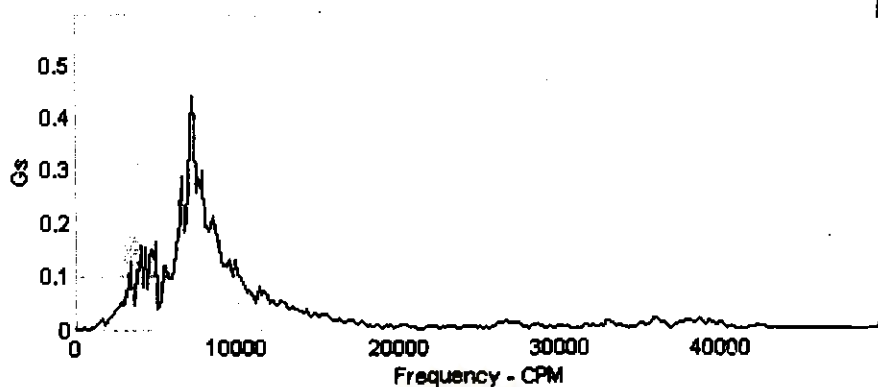
##### ในแนวแกน x



รูปที่ 5-21 ความถี่ธรรมชาติของชุดทดลองที่ใช้อร์ฟิส  $B = 0.3$  ในแนว x



รูปที่ 5-22 ความถี่ธรรมชาติของชุดทดลองที่ใช้อร์ฟิส  $B = 0.4$  ในแนว x

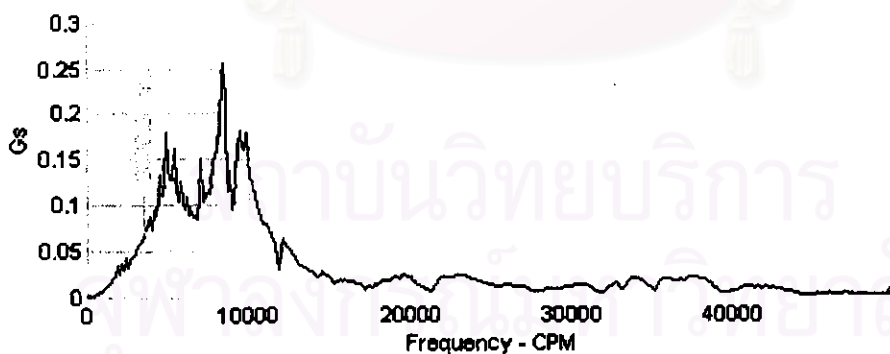


รูปที่ 5-23 ความถี่ธรรมชาติของชุดทดลองที่ใช้ฮอริฟิส  $B = 0.5$  ในแนว x

รูปที่ 5-21 ถึงรูปที่ 5-23 แสดงให้เห็นความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง โดยได้จากการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจากการเคาะชุดทดลองในแนว x ขณะยังไม่ได้เดินเครื่องสร้างปรากฏการณ์ควาวิเทชัน

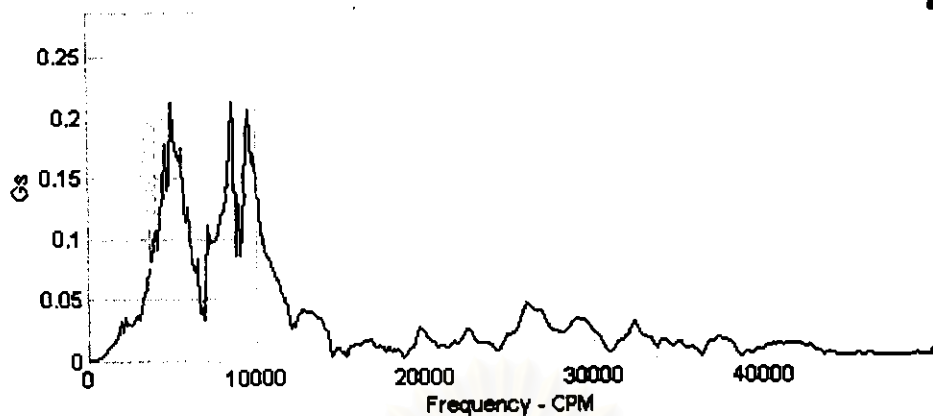
จากรูปที่ 5-21 ถึง 5-23 แสดงให้เห็นว่าแม้จะเปลี่ยนขนาดของฮอริฟิสในชุดทดลอง ยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนของความถี่ธรรมชาติในแนว x ก็แทบจะไม่มีเปลี่ยนแปลงกล่าวคือจะมียอดสัญญาณที่ 5000 CPM (Cycle per Minute) และ 7250 CPM

#### ในแนวแกน y

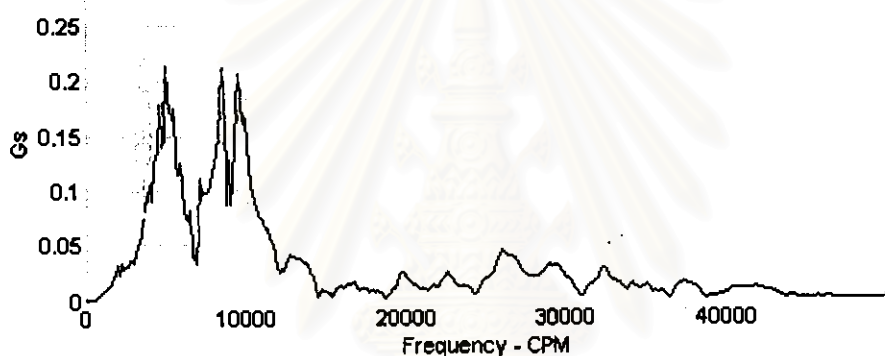


รูปที่ 5-24 ความถี่ธรรมชาติของชุดทดลองที่ใช้ฮอริฟิส  $B = 0.3$  ในแนว y





รูปที่ 5-25 ความถี่ธรรมชาติของชุดทดลองที่ใช้ออร์พิส B = 0.4 ในแนว y



รูปที่ 5-26 ความถี่ธรรมชาติของชุดทดลองที่ใช้ออร์พิส B = 0.5 ในแนว y

รูปที่ 5-24 ถึงรูปที่ 5-26 แสดงให้เห็นความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง โดยได้จากการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจากการเคาะชุดทดลองในแนว y ขณะยังไม่ได้เดินเครื่องสร้างปรากฏการณ์ควาวิเทชัน

จากรูปที่ 5-24 ถึง 5-26 แสดงให้เห็นว่าแม้จะเปลี่ยนขนาดของออร์พิสในชุดทดลอง ยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนของความถี่ธรรมชาติในแนว y ก็แทบจะไม่มีเปลี่ยนแปลงกล่าวคือจะมียอดสัญญาณที่ 5000 CPM (Cycle per Minute) 8500 CPM และ 9875 CPM แต่ขนาดของสัญญาณการสั่นสะเทือน (Amplitude) จะเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเนื่องจากแรงในการเคาะชุดทดลองไม่เท่ากัน

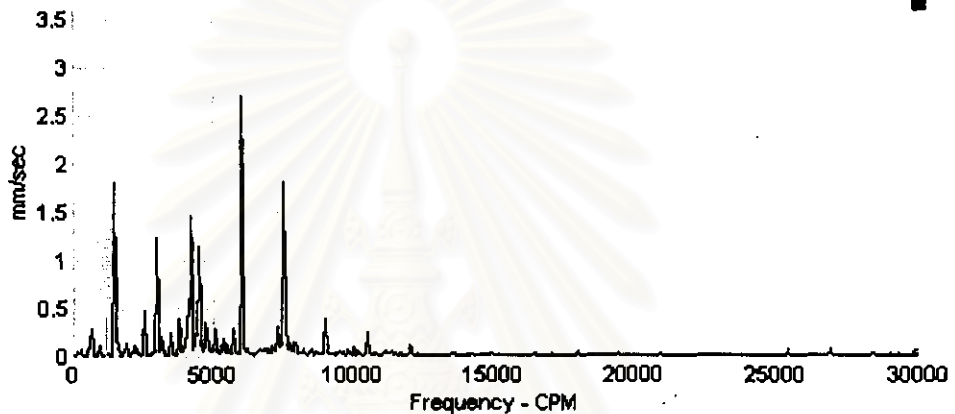
การทดลองโดยการปรับวาล์วอัตราการไหลให้คงที่แต่เปลี่ยนรอบการทำงานของปั๊ม  
สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อไม่เกิดปรากฏการณ์ควาเวชัน

ข้อมูลในการวิเคราะห์

- 1) มอเตอร์หมุน 1500 รอบ/นาที
- 2) ปั๊มมี 6 ใบ

ออร์ดิเนต  $B=0.3$  ในแนว x

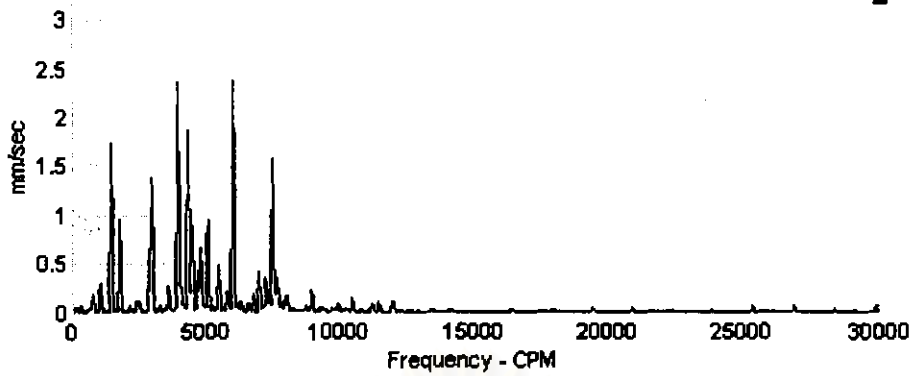
เป็นการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ของออร์ดิเนต  $B=0.3$  ที่รอบการทำงานต่างๆ ของปั๊มขณะยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควาเวชัน



รูปที่ 5-27 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ของออร์ดิเนต  $B=0.3$  เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควาเวชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 700 rpm ( $\sigma_2=9.29$ )

รูปที่ 5-27 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 7500 CPM 9000 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

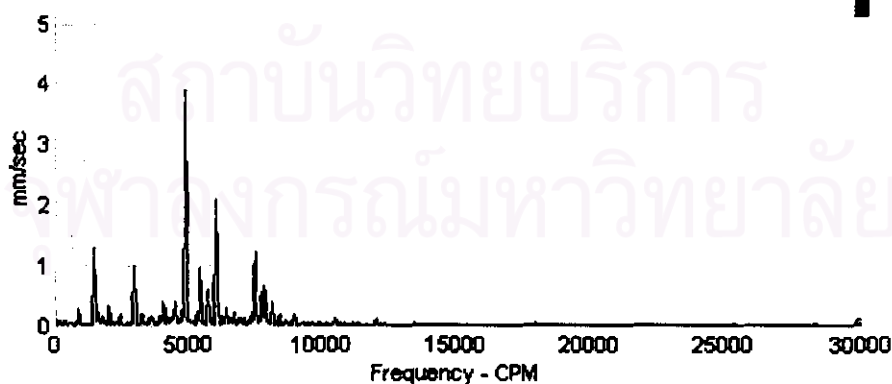
นอกจากนี้มียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 4200 CPM และยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนเดี่ยวปรากฏที่ความถี่ 702.5 CPM 2200 CPM 3488.5 CPM 4812.5 CPM 5680.5 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 4200 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 3488.5 CPM และ 4812.5 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency



รูปที่ 5-28 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ของออริฟิส B=0.3 เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์  
 กาวีเทชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 800 rpm ( $\sigma_2=9.11$ )

รูปที่ 5-28 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 7462 CPM 8962.5 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

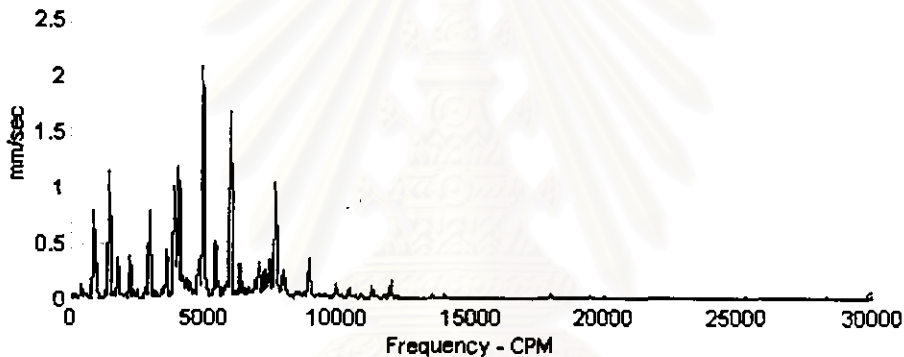
นอกจากนี้ยังมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 800 CPM 2380 CPM 3225 CPM 3975 CPM 4800 CPM 5485 CPM 7200 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 4800 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 3975 CPM และ 5485 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency



รูปที่ 5-29 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ของออริฟิส B=0.3 เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์  
 กาวีเทชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 900 rpm ( $\sigma_2=8.33$ )

รูปที่ 5-29 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 7462 CPM 9000 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

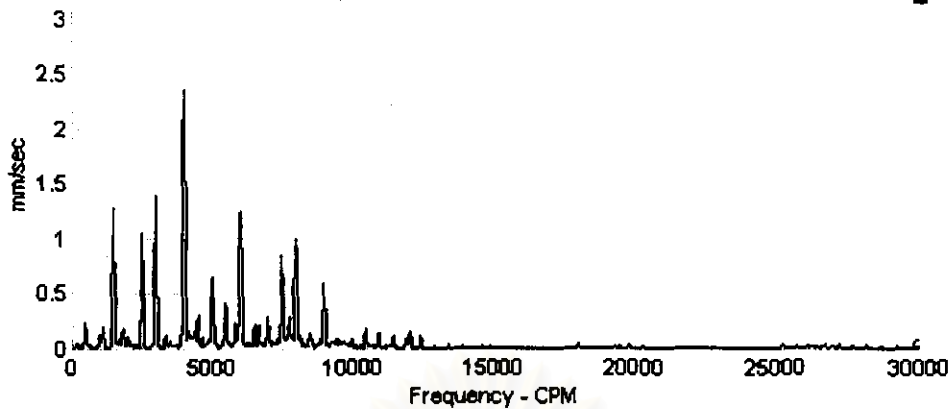
นอกจากนี้ยังมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 5400 CPM และยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนเดี่ยวปรากฏที่ความถี่ 900 CPM 1800 CPM 3612.5 CPM 4500 CPM 5400 CPM 6375 CPM 8107.5 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้ สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 5400 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 4500 CPM และ 6375.5 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency



รูปที่ 5-30 สัญญาณการสั่นสะเทือน ในแนว x ของออร์บิต  $B=0.3$  เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควาเทชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 1000 rpm ( $\sigma_2=4.79$ )

รูปที่ 5-30 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 3000 CPM 4462.5 CPM 6000 CPM 7462.5 CPM 8925 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

นอกจากนี้ยังมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1000 CPM 3000 CPM 3925 CPM 4950 CPM 6000 CPM 7050 CPM 8025 CPM 8925 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 6000 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 4950 CPM และ 7050 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency



รูปที่ 5-31 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ของออริฟิส  $B=0.3$  เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์  
ควาเวชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 1100 rpm ( $\sigma_2=4.65$ )

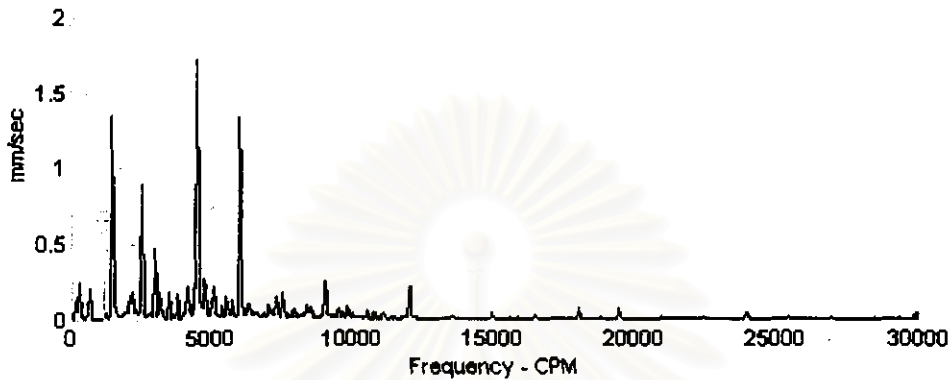
รูปที่ 5-31 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 3080 CPM 4462.5 CPM 6000 CPM 7475 CPM 8925 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

นอกจากนี้มียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1100 CPM 2405 CPM 3295.5 CPM 4462.5 CPM 5437.5 CPM 7687.5 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 6600 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 5437.5 CPM และ 7687.5 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency



### ออริฟิส B=0.3 ในแนว y

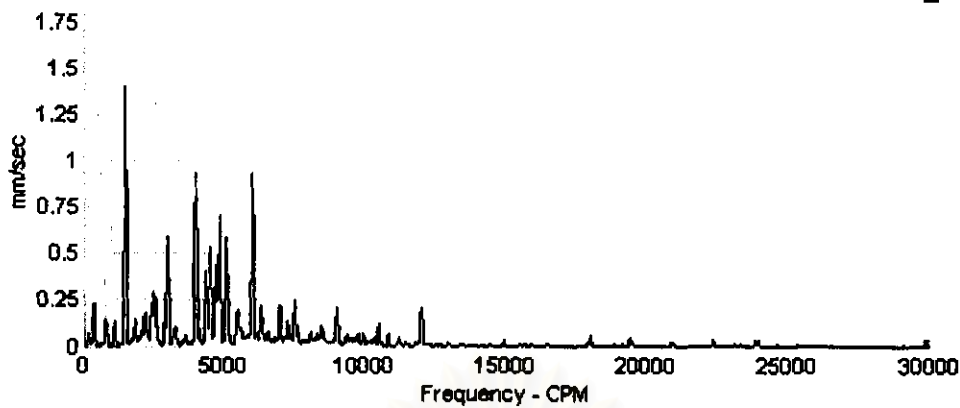
เป็นการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ของออริฟิส B=0.3 ที่รอบการทำงานต่างๆ ของปั๊มขณะยังไม่เกิดการควิเทชั่น



รูปที่ 5-32 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ของออริฟิส B=0.3 เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชั่น ที่รอบการทำงานของปั๊ม 700 rpm ( $\sigma_2=9.29$ )

รูปที่ 5-32 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 7500 CPM 9000 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

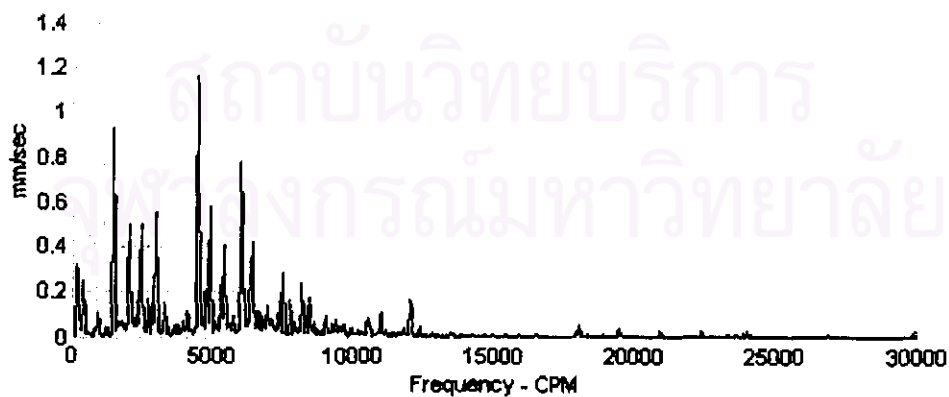
นอกจากนี้มียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนเดี่ยวปรากฏที่ 702.5 CPM 2105.5 CPM 3487.5 CPM 4125 CPM 4775 CPM 5572.5 CPM 6300 CPM 7012.5 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 4125 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 3487.5 CPM และ 4775 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency



รูปที่ 5-33 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ของออริฟิต B=0.3 เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์  
ควาเวชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 800 rpm ( $\sigma_2=9.11$ )

รูปที่ 5-33 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 3000 CPM 4462.5 CPM 6000 CPM 7462.5 CPM 8962.5 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

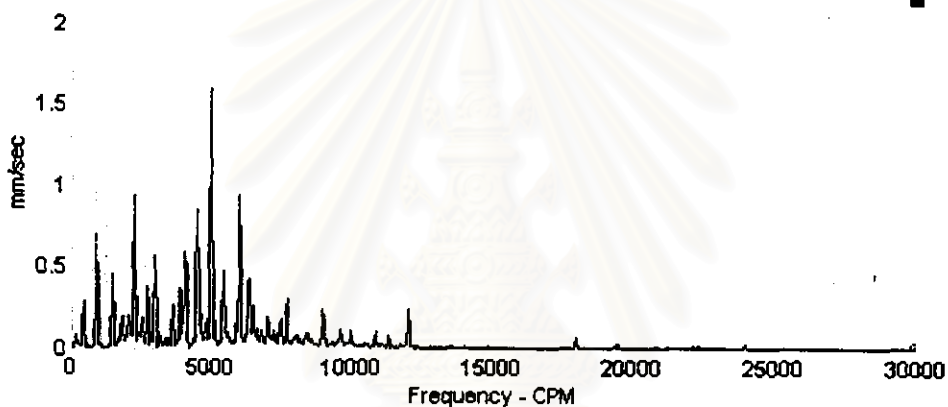
นอกจากนี้ยังมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 4000 CPM 4800 CPM และยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนเดี่ยวปรากฏที่ความถี่ 800 CPM 2475 CPM 3225 CPM 5605 CPM 8025 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 4800 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 4000 CPM และ 5605 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency



รูปที่ 5-34 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ของออริฟิต B=0.3 เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์  
ควาเวชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 900 rpm ( $\sigma_2=8.33$ )

รูปที่ 5-34 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 3000 CPM 4462.5 CPM 6000 CPM 7462.5 CPM 8962.5 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

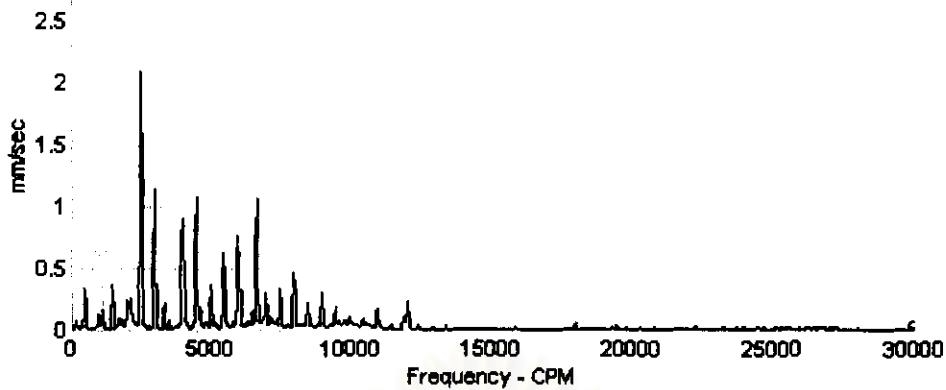
นอกจากนี้ยังมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 4462.5 CPM 5400 CPM 6375 CPM และยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนเดี่ยวปรากฏที่ความถี่ 900 CPM 1887.5 CPM 2700 CPM 3605 CPM 7050 CPM 8137.5 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 5400 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 4462.5 CPM และ 6375 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency



รูปที่ 5-35 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ของออริฟิส  $B=0.3$  เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควาเวชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 1000 rpm ( $\sigma_2=4.79$ )

รูปที่ 5-35 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 2962.5 CPM 4462.5 CPM 6000 CPM 7462.5 CPM 8925 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

นอกจากนี้ยังมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 987.5 CPM 4950 CPM 6000 CPM 7012.55 CPM และยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนเดี่ยวปรากฏที่ความถี่ 2012.5 CPM 4050 CPM 8925 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 6000 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 4950 CPM และ 7012.5 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency



รูปที่ 5-36 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ของออริฟิส  $B=0.3$  เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์  
ควาเทชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 1100 rpm ( $\sigma_2=4.65$ )

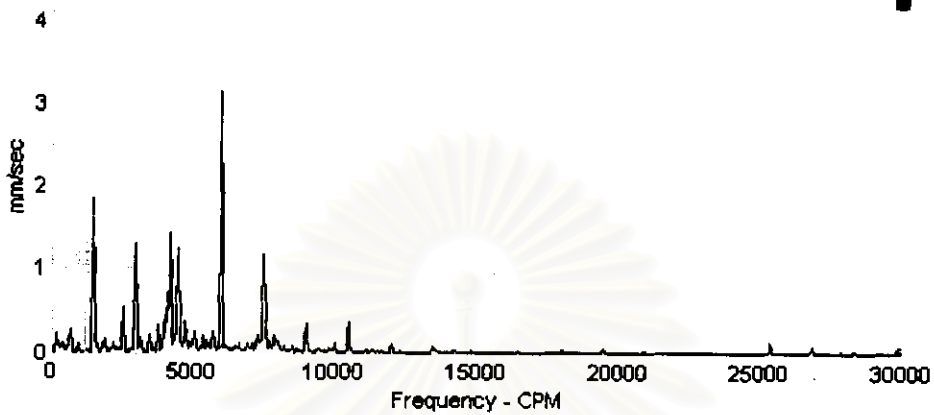
รูปที่ 5-36 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 2962.5 CPM 4462.5 CPM 6000 CPM 7425 CPM 8987.5 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

นอกจากนี้มียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 4462.5 CPM 5437.5 CPM 6600 CPM และยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนเดี่ยวปรากฏที่ความถี่ 1100 CPM 2100 CPM 3300 CPM 8887.5 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 6600 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 5437.5 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency สำหรับความถี่ที่ Side Band ของ Blade Pass Frequency อีกความถี่หนึ่งคือที่ความถี่ประมาณ 7700 CPM คาดว่ามีขนาดเล็กมากจนมองไม่เห็น

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### ออริฟิส $B=0.4$ ในแนว x

เป็นการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ของออริฟิส  $B=0.4$  ที่รอบการทำงานต่างๆ ของปั๊มขณะยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชัน

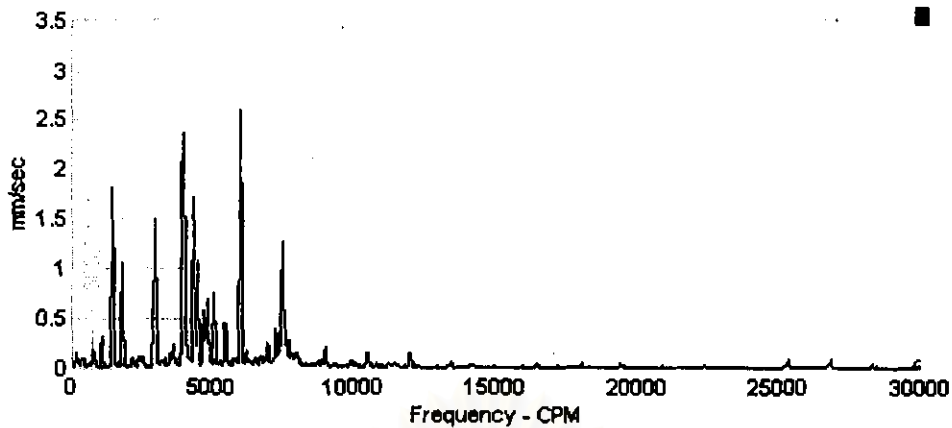


รูปที่ 5-37 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ของออริฟิส  $B=0.4$  เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 700 rpm ( $\sigma_2=7.29$ )

รูปที่ 5-37 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 7500 CPM 8982.5 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

นอกจากนี้มียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 4200 CPM และยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนเดี่ยวปรากฏที่ความถี่ 700 CPM 2112.5 CPM 3450 CPM 4200 CPM 5002.5 CPM 5700 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 4200 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 3450 CPM และ 5002.5 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency

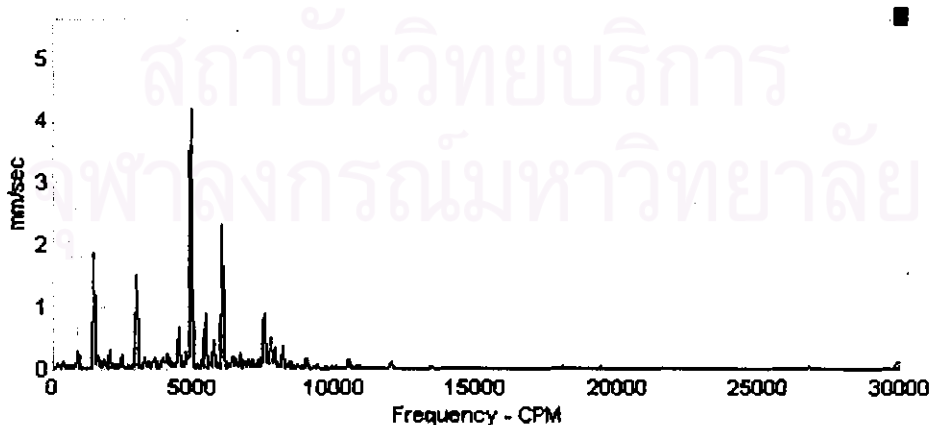




รูปที่ 5-38 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ของออริฟิส  $B=0.4$  เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์  
ควาเทชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 800 rpm ( $\sigma_2=6.01$ )

รูปที่ 5-38 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 3000 CPM 4462.5 CPM 6000 CPM 7462.5 CPM 8962.5 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

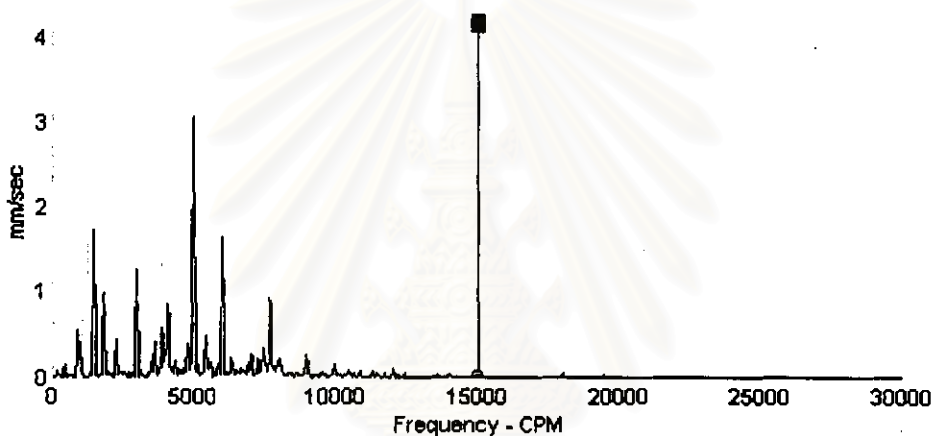
นอกจากนี้ยังมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 3975 CPM 4800 CPM และยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนเดี่ยวปรากฏที่ความถี่ 800 CPM 2400 CPM 5525 CPM 7200 CPM 7912.5 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 4800 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 3975 CPM และ 5525 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency



รูปที่ 5-39 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ของออริฟิส  $B=0.4$  เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์  
ควาเทชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 900 rpm ( $\sigma_2=5.79$ )

รูปที่ 5-39 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 3000 CPM 4462.5 CPM 6000 CPM 7462.5 CPM 9000 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระดุนตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

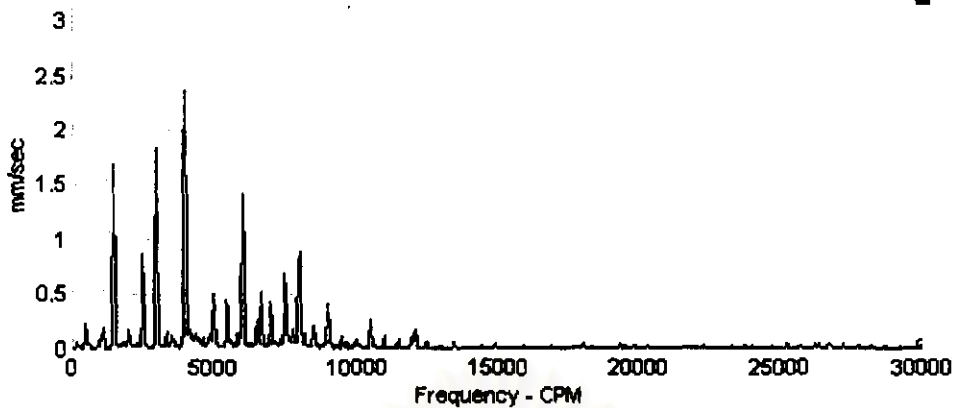
นอกจากนี้ยังมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนเดี่ยวปรากฏที่ความถี่ 900 CPM 1800 CPM 4462.5 CPM 5400 CPM 6375 CPM 8100 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 5400 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 4462.5 CPM และ 6375 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency



รูปที่ 5-40 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ของออร์บิท B=0.4 เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควาเทชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 1000 rpm ( $\sigma_2=4.72$ )

รูปที่ 5-40 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 2962.5 CPM 4387.5 CPM 6000 CPM 7425 CPM 8965 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระดุนตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

นอกจากนี้ยังมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 4950 CPM 6000 CPM และยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนเดี่ยวปรากฏที่ความถี่ 1000 CPM 4050 CPM 7012.5 CPM 7950 CPM 8925 CPM 9937.5 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 6000 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 4950 CPM และ 7012.5 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency



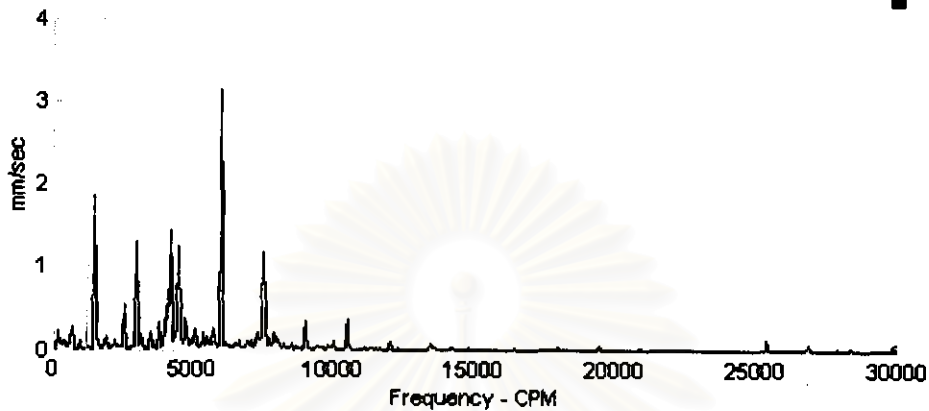
รูปที่ 5-41 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ของออร์บิท B=0.4 เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์  
ควาเวชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 1100 rpm ( $\sigma_2=4.71$ )

รูปที่ 5-41 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 2475 CPM 3000 CPM 6000 CPM 7425 CPM 8925 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

นอกจากนี้ยังมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนเดี่ยวปรากฏที่ความถี่ 1100 CPM 3300 CPM 4350 CPM 5487.5 CPM 6600 CPM 7687.5 CPM 9900 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 6600 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 5487.5 CPM และ 7687.5 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency

### ออริฟิส B=0.4 ในแนว y

เป็นการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ของออริฟิส B=0.4 ที่รอบการทำงานต่างๆ ของปั๊มขณะยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชัน

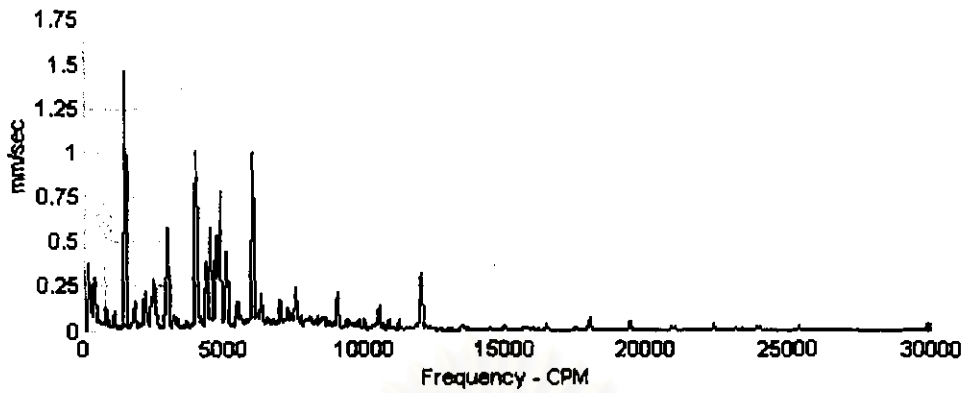


รูปที่ 5-42 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ของออริฟิส B=0.4 เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 700 rpm ( $\sigma_2=7.29$ )

รูปที่ 5-42 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 3000 CPM 4462.5 CPM 5975 CPM 7500 CPM 8962.5 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

นอกจากนี้ยังมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนอื่นๆปรากฏที่ความถี่ 702.5 CPM 2100 CPM 3450.5 CPM 4180 CPM 4925 CPM 5512.5 CPM 7062.5 CPM 8400 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 4180 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 3450.5 CPM และ 4925 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency

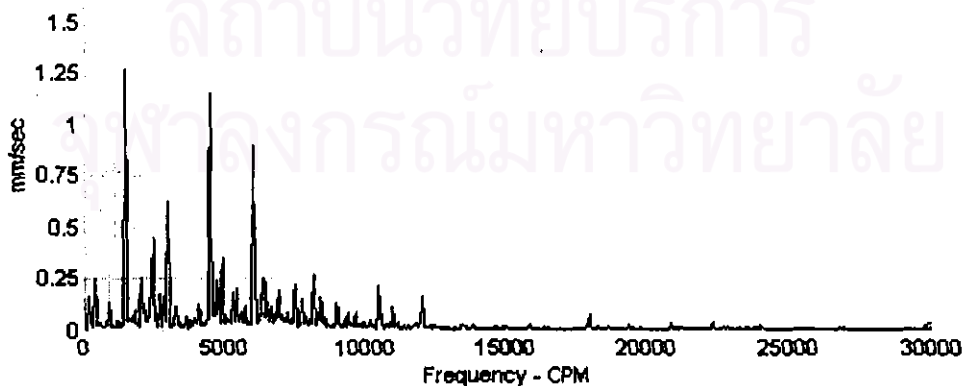
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5-43 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ของออริฟิส  $B=0.4$  เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์  
ควาเวชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 800 rpm ( $\sigma_2=6.01$ )

รูปที่ 5-43 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 3000 CPM 4462.5 CPM 6000 CPM 7500 CPM 9000 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

นอกจากนี้ยังมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 3975 CPM 4800 CPM และยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนเดี่ยวปรากฏที่ความถี่ 800 CPM 2475 CPM 3187.5 CPM 5475 CPM 6487.5 CPM 7200 CPM 8000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 4800 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 3975 CPM และ 5475 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency

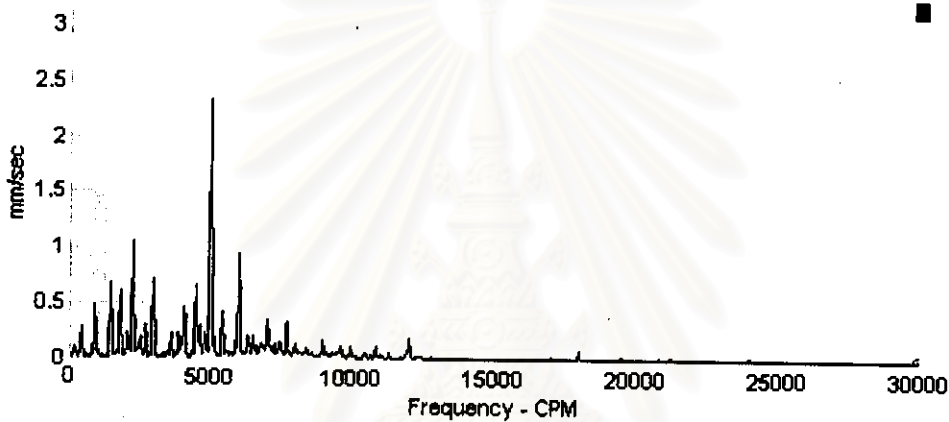


รูปที่ 5-44 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ของออริฟิส  $B=0.4$  เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์  
ควาเวชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 900 rpm ( $\sigma_2=5.79$ )



รูปที่ 5-44 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 3000 CPM 4462.5 CPM 6000 CPM 7462.5 CPM 8925 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

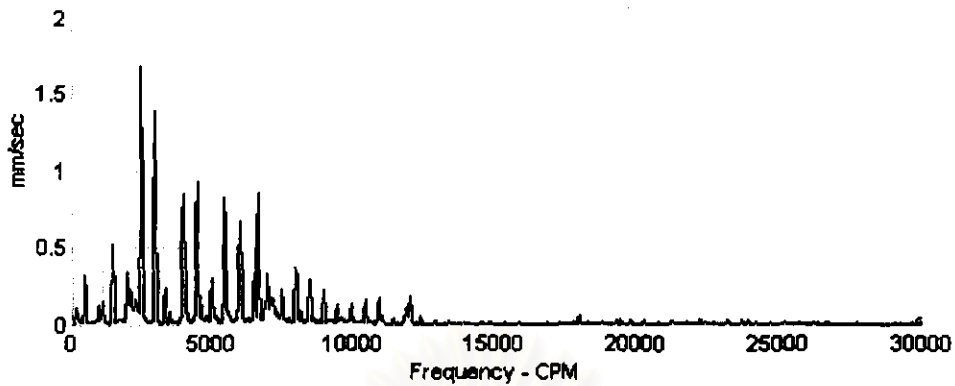
นอกจากนี้ยังมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนเดี่ยวปรากฏที่ความถี่ 900 CPM 1800 CPM 2700 CPM 3637.5 CPM 4462.5 CPM 5400 CPM 6337.5 CPM 8100 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 5400 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 4462.5 CPM และ 6337.5 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency



รูปที่ 5-45 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ของออริฟิส  $B=0.4$  เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควาเทชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 1000 rpm ( $\sigma_2=4.72$ )

รูปที่ 5-45 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 2962.5 CPM 4462.5 CPM 6000 CPM 7425 CPM 8925 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

นอกจากนี้ยังมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 4050 CPM 4950 CPM 6000 CPM และยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนเดี่ยวปรากฏที่ความถี่ 987.5 CPM 2062 CPM 2962.5 CPM 4050 CPM 7012.5 CPM 7750 CPM 8925 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 6000 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 4950 CPM และ 7102.5 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency



รูปที่ 5-46 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ของออร์บิต  $B=0.4$  เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์  
ควิเทชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 1100 rpm ( $\sigma_2=4.71$ )

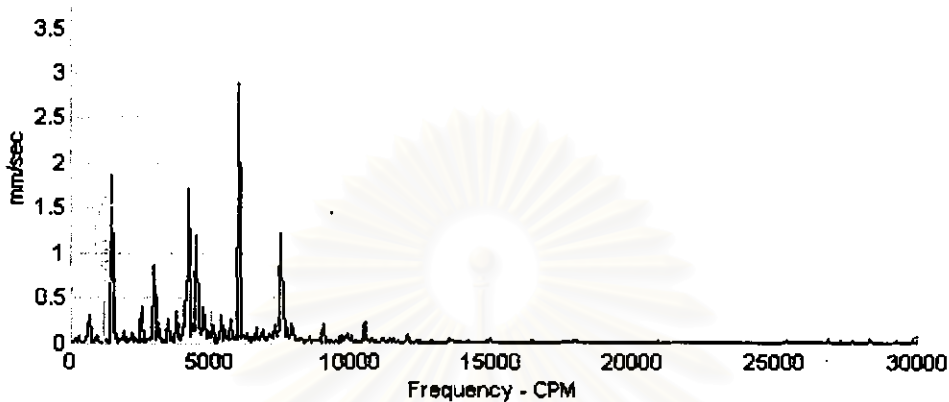
รูปที่ 5-46 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 2962.5 CPM 4462.5 CPM 6000 CPM 7425 CPM 8887.5 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

นอกจากนี้ยังมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 4462.5 CPM 5462.5 CPM 6600 CPM และยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนเดี่ยวปรากฏที่ความถี่ 1100 CPM 3300 CPM 8887.5 CPM 9900 CPM 11000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 6600 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 5462.5 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency สำหรับ Side Band ของ Blade Pass Frequency อีกความถี่หนึ่งคือที่ 7700 CPM คาดว่ามีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถสังเกตเห็น

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### ออริฟิส B=0.5 ในแนว x

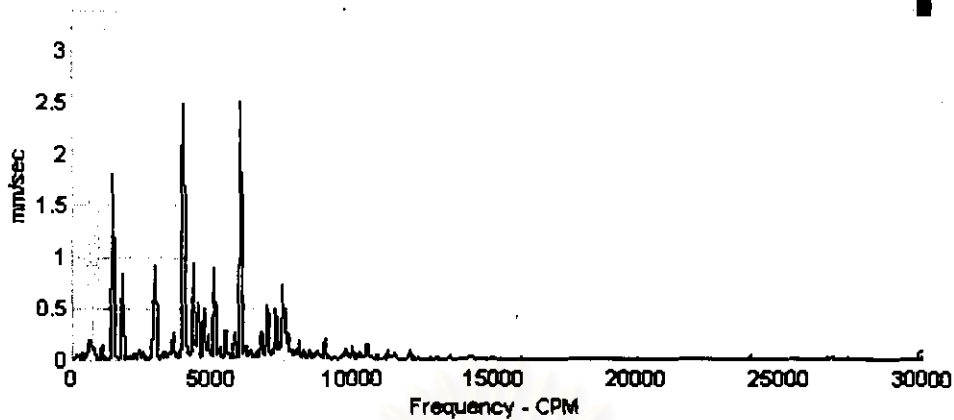
เป็นการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ของออริฟิส B=0.5 ที่รอบการทำงานต่างๆ ของปั๊มขณะยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชัน



รูปที่ 5-47 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ของออริฟิส B=0.5 เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 700 rpm ( $\sigma_2=9.12$ )

รูปที่ 5-47 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 3000 CPM 4462.5 CPM 6000 CPM 7462.5 CPM 8962.5 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากกระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

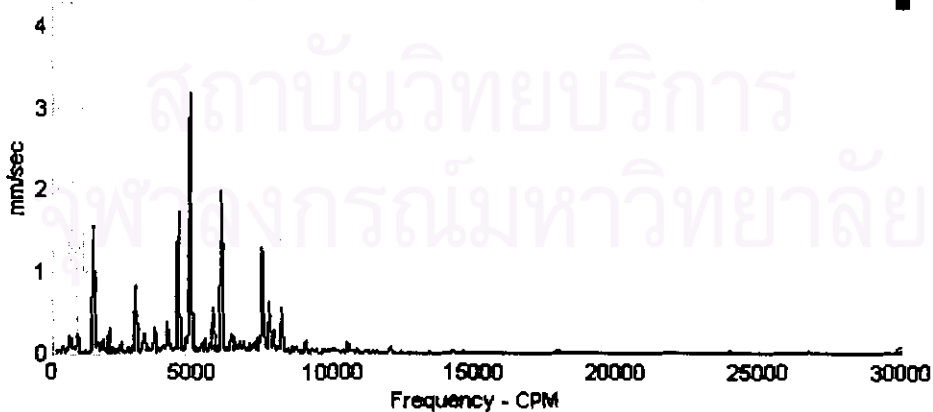
นอกจากนี้มียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 4200 CPM และยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนเดี่ยวปรากฏที่ความถี่ 712.5 CPM 2112.5 CPM 3450 CPM 4825 CPM 5662.5 CPM 6300 CPM 7725 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 4200 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 3450 CPM และ 4825 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency



รูปที่ 5-48 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ของออร์บิต  $B=0.5$  เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์  
ควาเวชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 800 rpm ( $\sigma_2=8.02$ )

รูปที่ 5-48 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 3000 CPM 4462.5 CPM 6000 CPM 8962 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

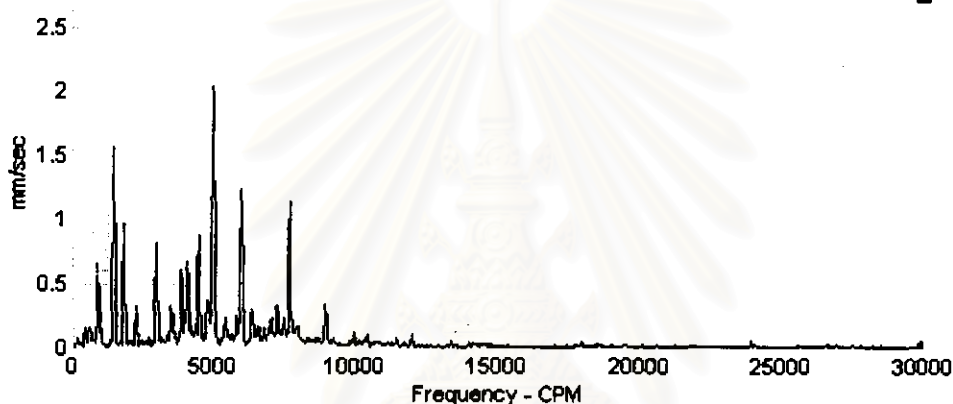
นอกจากนี้มียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 3975 CPM 4725 และยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนเดี่ยวปรากฏที่ความถี่ 800 CPM 2400 CPM 5500 CPM 7200 CPM 8025 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 4725 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 3975 CPM และ 5500 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency



รูปที่ 5-49 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ของออร์บิต  $B=0.5$  เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์  
ควาเวชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 900 rpm ( $\sigma_2=5.7$ )

รูปที่ 5-49 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 2962.5 CPM 4462.5 CPM 6000 CPM 7425 CPM 8962.5 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

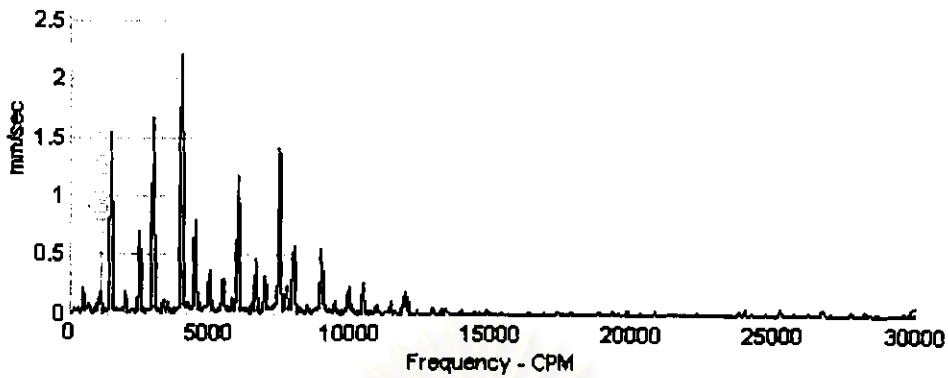
นอกจากนี้ยังมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนเดี่ยวปรากฏที่ความถี่ 900 CPM 1800 CPM 3637.5 CPM 4462.5 CPM 5400 CPM 6337.5 CPM 8100 CPM 8962.5 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 5400 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 4462.5 CPM และ 6337.5 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency



รูปที่ 5-50 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ของออร์บิท B=0.5 เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 1000 rpm ( $C_2=4.98$ )

รูปที่ 5-50 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 2962.5 CPM 4462.5 CPM 6000 CPM 7462.5 CPM 8925 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

นอกจากนี้ยังมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 4050 CPM 4950 CPM 6000 CPM และยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนเดี่ยวปรากฏที่ความถี่ 987.5 CPM 2962.5 CPM 7050 CPM 7912.5 CPM 8925 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 6000 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 4950 CPM และ 7050 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency



รูปที่ 5-51 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ของออริฟิส  $B=0.5$  เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์  
ควาวิเทชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 1100 rpm ( $\sigma_2=4.66$ )

รูปที่ 5-51 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 2962.5 CPM 4462.5 CPM 6000 CPM 7425 CPM 8925 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

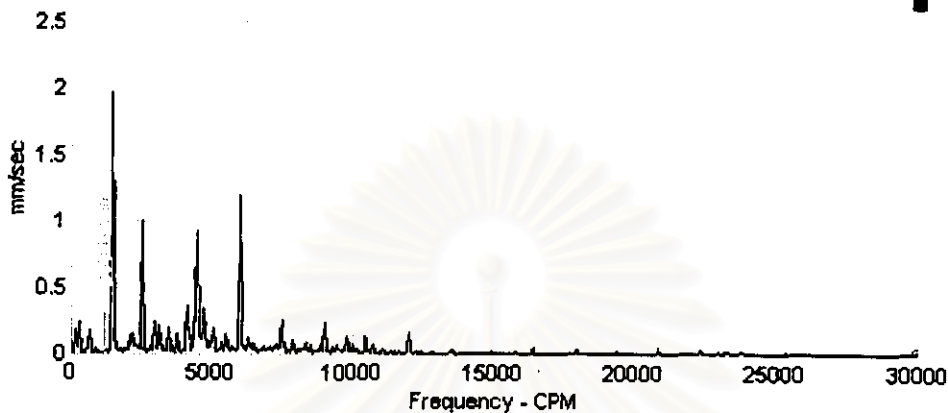
นอกจากนี้มียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 3975 CPM 5475 CPM 6620.5 CPM และยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนเดี่ยวปรากฏที่ความถี่ 1100 CPM 3300 CPM 5500 CPM 7700 CPM 8875 CPM 9900 CPM 11000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 6620.5 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 5475 CPM และ 7700 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### ออริฟิต $B=0.5$ ในแนว $y$

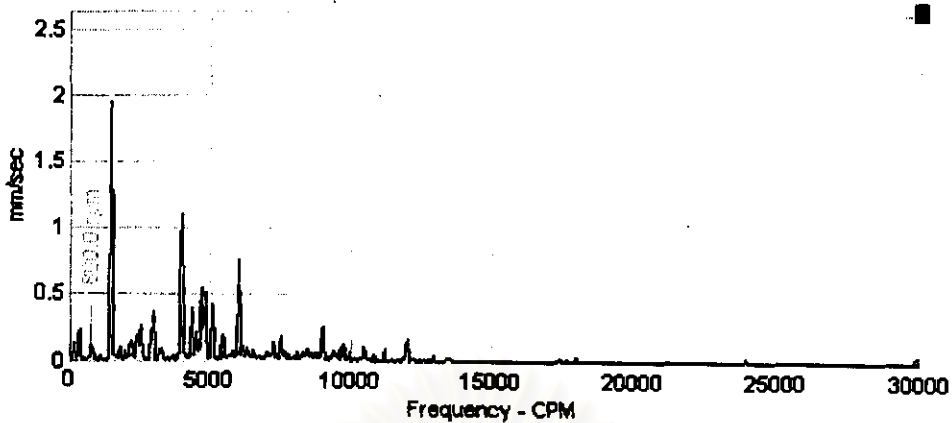
เป็นการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว  $x$  ของออริฟิต  $B=0.5$  ที่รอบการทำงานต่างๆ ของปั๊มขณะยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชัน



รูปที่ 5-52 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว  $y$  ของออริฟิต  $B=0.5$  เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 700 rpm ( $\sigma_2=9.12$ )

รูปที่ 5-52 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 3000 CPM 4462.5 CPM 6000 CPM 7462.5 CPM 8962.5 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

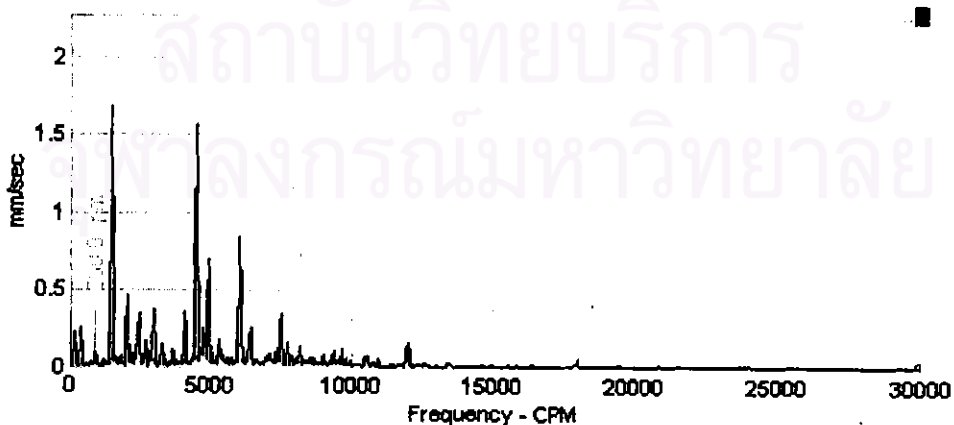
นอกจากนี้ยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนเดี่ยวปรากฏที่ความถี่ 712.5 CPM 2100 CPM 3487.5 CPM 4175 CPM 5025 CPM 5522.5 CPM 6300 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 4175 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 3487.5 CPM และ 5025 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency



รูปที่ 5-53 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ของออร์บิต B=0.5 เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์  
ควิเทซัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 800 rpm( $\sigma_2=8.02$ )

รูปที่ 5-53 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 2962.5 CPM 4500 CPM 6000 CPM 7500 CPM 8962 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

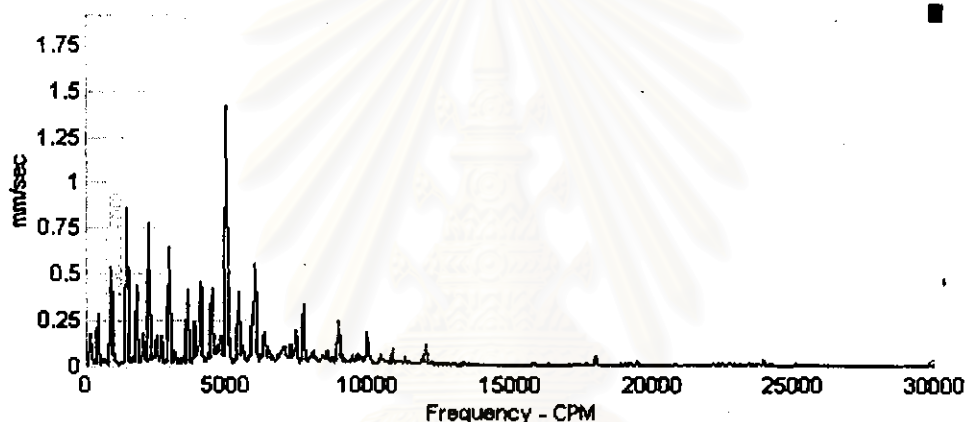
นอกจากนี้ยังมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 3975 CPM 4800 CPM และยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนเดี่ยวปรากฏที่ความถี่ 800 CPM 2400 CPM 3200 CPM 5500 CPM 7200 CPM 9600 CPM 10425 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 4800 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 3975 CPM และ 5500 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency



รูปที่ 5-54 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ของออร์บิต B=0.5 เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์  
ควิเทซัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 900 rpm( $\sigma_2=5.7$ )

รูปที่ 5-54 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 3000 CPM 4462.5 CPM 6000 CPM 7425 CPM 8925 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

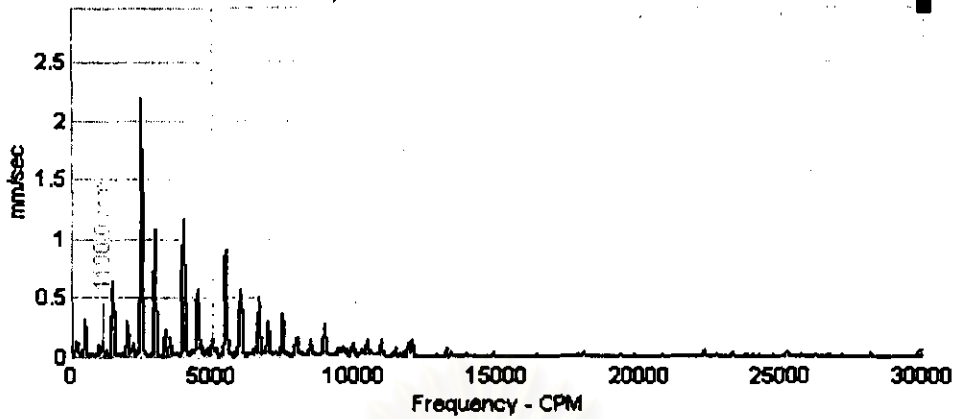
นอกจากนี้ยังมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนอื่นๆปรากฏที่ความถี่ 900 CPM 1800 CPM 2700 CPM 3637.5 CPM 4462.5 CPM 5300 CPM 6375 CPM 8137.5 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 5300 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 4462.5 CPM และ 6375 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency



รูปที่ 5-55 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ของออริฟิส  $B=0.5$  เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควาเทชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 1000 rpm ( $\sigma_2=4.98$ )

รูปที่ 5-55 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 3000 CPM 4462.5 CPM 6000 CPM 7425 CPM 8925 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

นอกจากนี้ยังมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 3000 CPM 4050 CPM 4950 CPM 6000 CPM และยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนอื่นๆปรากฏที่ความถี่ 980 CPM 2085 CPM 7000 CPM 8925 CPM 9987.5 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 6000 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 4950 CPM และ 7000 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency



รูปที่ 5-56 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ของออร์บิต  $B=0.5$  เมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์  
 คาวิตชัน ที่รอบการทำงานของปั๊ม 1100 rpm ( $\sigma_2=4.66$ )

รูปที่ 5-56 แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 2962.5 CPM 4462.5 CPM 6000 CPM 7425 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

นอกจากนี้ยังมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 4462.5 CPM 5475 CPM 6600 CPM และยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนเดี่ยวปรากฏที่ความถี่ 1100 CPM 2222.5 CPM 3300 CPM 8820.5 CPM 10912.5 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้ สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 6600 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 5475 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency สำหรับ Blade Pass Frequency อีกความถี่หนึ่งคือที่ความถี่ 7700 CPM คาดว่ามีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถสังเกตเห็นได้

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปผลการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชัน  
ของการทดลองโดยการปรับวาล์วอัตราการไหลให้คงที่แต่เปลี่ยนรอบการทำงานของปั๊ม  
 จะแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 ส่วนใหญ่คือ

1) ยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 7500 CPM 9000 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

2) สัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่เท่ากับรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันที่ นอกจากนี้ยังปรากฏ Blade Pass Frequency ซึ่งเกิดจากใบพัดของปั๊มกระทำกับของเหลวแล้วส่งผลมากระตุ้น โครงสร้างที่จุดวัด

หมายเหตุ Blade Pass Frequency (BPF) = rpm x จำนวนใบพัด  
 จำนวนใบพัดในการทดลองนี้คือ 6 ใบ

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### ผลการวัดสัญญาณการสั้นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์ไควเทชัน

ปรากฏการณ์ไควเทชันเกิดได้โดยการทำน้ำซึ่งผ่านการลดความดันโดยเครื่องสร้างปรากฏการณ์ไควเทชัน(ความดันที่ลดลงยังสูงกว่าความดันไอของๆน้ำที่อุณหภูมินั้นๆ)มาไหลผ่านชุดทดลองแบบออร์ทิสทำให้ความดันตกลงต่ำกว่าความดันไอของๆเหลว ส่งผลให้เกิดฟองไอขึ้นเมื่อฟองไอแตกตัวโดยความดันพื้นตัวของๆเหลวจะทำให้เกิดการสั้นสะเทือนที่ผนังชุดทดลอง

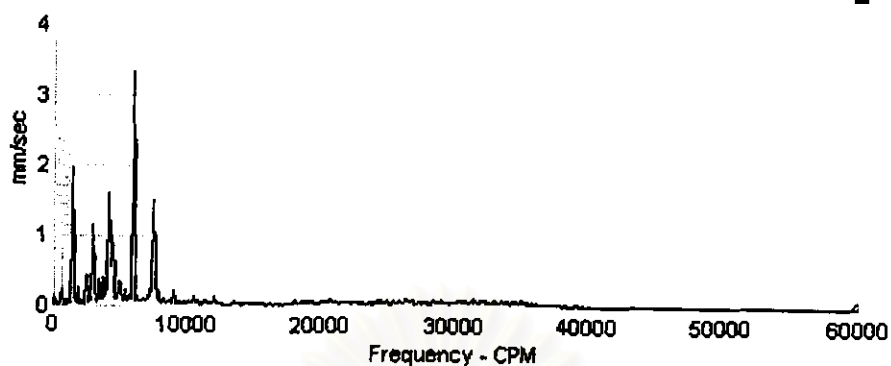
ในส่วนนี้จะแสดงผลการวัดสัญญาณการสั้นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์ไควเทชันเปรียบเทียบกับเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ไควเทชันที่รอบการทำงานของปั๊มเท่ากันและแสดงภาพถ่ายปรากฏการณ์ไควเทชันประกอบการวิเคราะห์



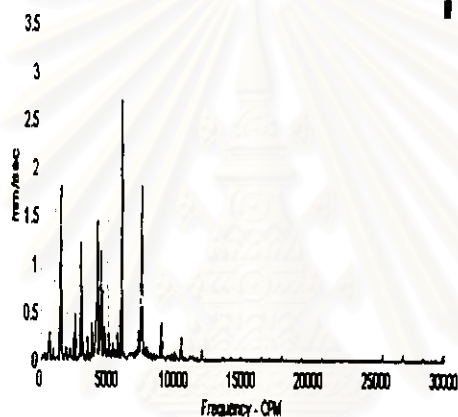
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



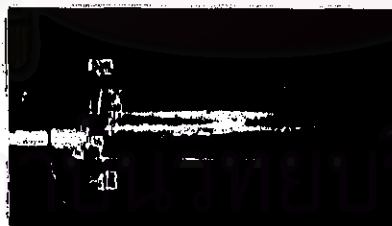
สำหรับออร์บิต  $B = 0.3$  ในแนว x



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-57 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ที่  $\sigma_2 = 4.63$  ของออร์บิต  $B = 0.3$  ที่ 700 rpm เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 9.29$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

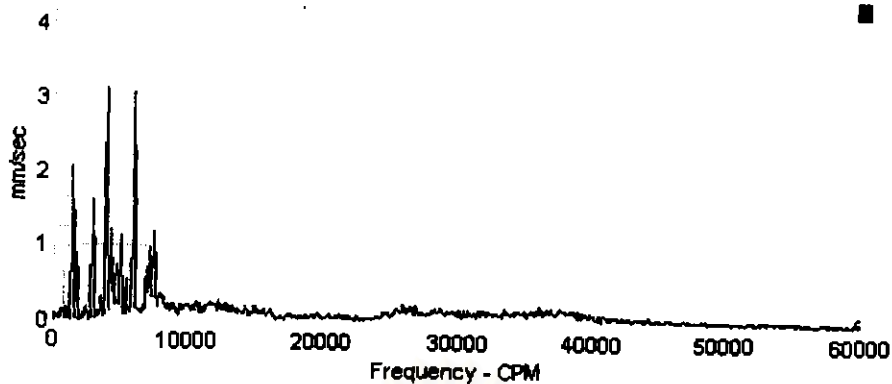
รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

รูปที่ 5-57 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 4.63$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 9.29$ ) น้อยมาก กล่าวคือ จะมี Noise Floor ที่มีขนาดใหญ่มากเกิดขึ้นในช่วงความถี่ ประมาณ 20000 CPM ถึง 40000 CPM

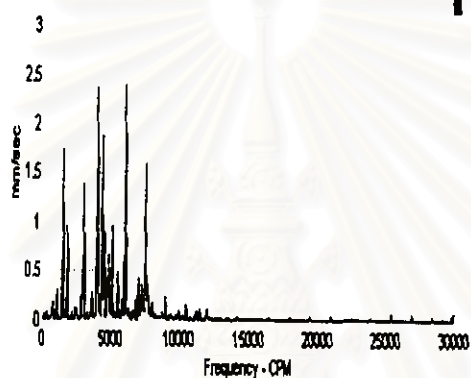
แต่ในส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของ ปีมและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

เมื่อพิจารณาจากภาพถ่ายประกอบจะเห็นว่าความหนาแน่นและจำนวนของฟองไอน้ำ ปริมาณน้อยมากจึงทำให้การสั่นสะเทือนที่เกิดจากฟองไอน้ำแตกตัวมีน้อย จึงสร้างการการสั่น สะเทือนกับโครงสร้างที่จุดวัดน้อยมาก ส่งผลให้ Noise floor ที่สามารถวัดได้มีขนาดใหญ่มากจน แทบสังเกตเห็น





รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-58 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ที่  $\sigma_2 = 4.3$  ของออร์บิต B = 0.3 ที่ 800 rpm เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตেশัน ( $\sigma_2 = 9.11$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิตেশันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตেশันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

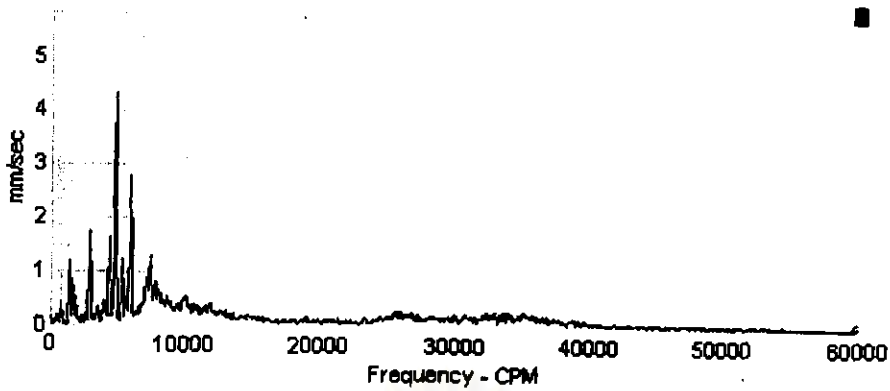
รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิตেশันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

รูปที่ 5-58 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์คาวิตേഷัน ( $\sigma_2 = 4.3$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตേഷัน ( $\sigma_2 = 9.11$ ) เล็กน้อยคือ จะมี Noise Floor เดียวเกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM

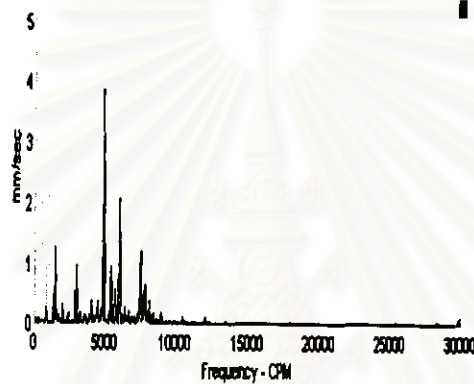
แต่ในส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

สัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor สามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์คาวิตേഷันจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น ส่วนขนาดสัญญาณการสั่นสะเทือนของ Noise Floor ที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิตേഷันที่  $\sigma_2 = 4.3$  นั้นเกิดจากความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิตേഷันที่เพิ่มขึ้นซึ่งเห็นได้จากค่า Cavitation Number ที่ลดลงและจากการสังเกตรูปถ่าย

ในส่วนของรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิตേഷันเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิตേഷันที่  $\sigma_2 = 4.3$  จะเห็นว่ารูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิตേഷันที่ Cavitation Number น้อยกว่าจะมีความหนาแน่นและจำนวนฟองใต้มากกว่าส่งผลให้ความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิตേഷันเพิ่มขึ้น



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-59 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ที่  $\sigma_2 = 3.76$  ของอริฟิต B = 0.3 ที่ 900 rpm เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิทชัน ( $\sigma_2 = 8.33$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

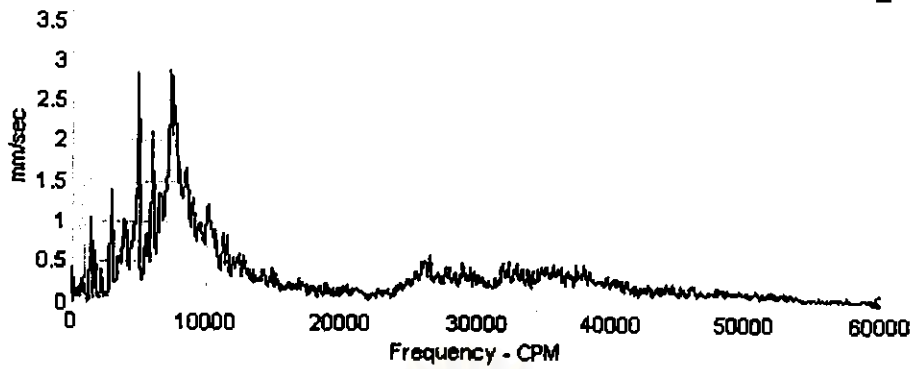
รูปที่ 5-59 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชัน ( $\sigma_2 = 3.76$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชัน ( $\sigma_2 = 8.33$ ) ค่อนข้างชัดเจนถ้าหากจะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติที่ความถี่ประมาณ 7425 CPM

ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

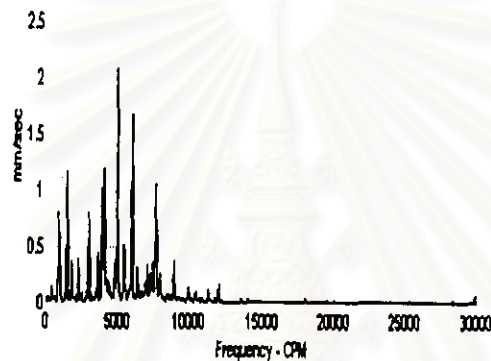
Noise Floor ที่สังเกตเห็นจะมีขนาดสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์ควิเทชันที่  $\sigma_2 = 3.76$  ซึ่งเกิดจากการที่ปรากฏการณ์ควิเทชันมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นโดยสังเกตได้จาก Cavitation Number ลดลงและจากการพิจารณาภาพถ่ายส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7425 CPM ซึ่งมีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกตินั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง(ที่ความถี่ 7250 CPM) ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) แล้วสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์ไปผสมกับยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7425 CPM จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณอย่างที่ปรากฏ

เมื่อพิจารณาจากภาพถ่ายประกอบจะเห็นว่าความหนาแน่นและจำนวนของฟองไอน์มีปริมาณมากขึ้นเมื่อเทียบกับรูปถ่ายของปรากฏการณ์ควิเทชันที่  $\sigma_2 = 4.3$  ส่งผลให้ความรุนแรงของปรากฏการณ์ควิเทชันเพิ่มขึ้น





รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-60 ตัณญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ที่  $\sigma_2 = 2.25$  ของออร์บิต B = 0.3 ที่ 1000 rpm เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 4.79$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) ตัณญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) ตัณญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวีเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

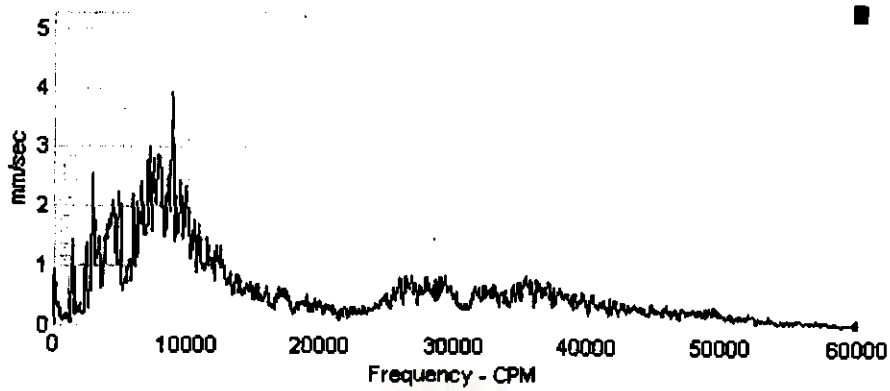
รูปที่ 5-60 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 2.25$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 4.79$ ) ชัดเจนมากถ้าวคือ จะมี Noise Floor ที่สังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนเกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของ ยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติมากที่ความถี่ประมาณ 7350 CPM โดยที่ฐานของยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนมีช่วงกว้างจากที่ความถี่ประมาณ 5000 CPM ถึง 11000 CPM

ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

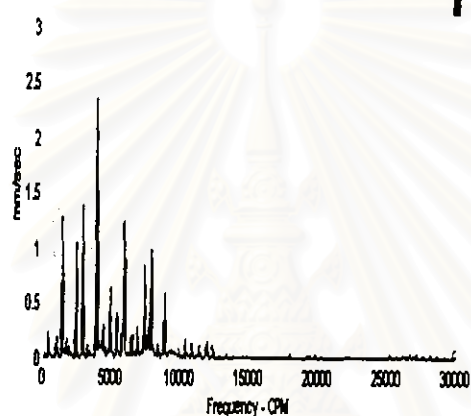
จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor ซึ่งเกิดจากการที่ปรากฏการณ์คาวิเทชันสร้างการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย และการที่ Noise Floor มีขนาดการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 3.76$  นั้นเนื่องจากปรากฏการณ์คาวิเทชันมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นอย่างมากโดยเห็นได้ Cavitation Number ลดลงจาก  $\sigma_2 = 3.76$  มาเป็น  $\sigma_2 = 2.25$  และสังเกตได้จากรูปถ่าย โดยจากรูปถ่ายจะเห็นว่าความหนาแน่นและปริมาณของฟองไอเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อ Cavitation Number ลดลงจาก  $\sigma_2 = 3.76$  มาเป็น  $\sigma_2 = 2.25$  ซึ่งจะส่งผลให้ปรากฏการณ์คาวิเทชันมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นอย่างมาก

ส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7350 CPM ซึ่งมีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติ นั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง(ที่ความถี่ 7250 CPM) ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) แล้วสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์ไปผสมกับยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7350 CPM จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างอย่างที่ปรากฏ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-61 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ที่  $\sigma_2 = 2.12$  ของออร์บิต B = 0.3 ที่ 1100 rpmเปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตีชัน ( $\sigma_2 = 4.65$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิตีชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตีชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

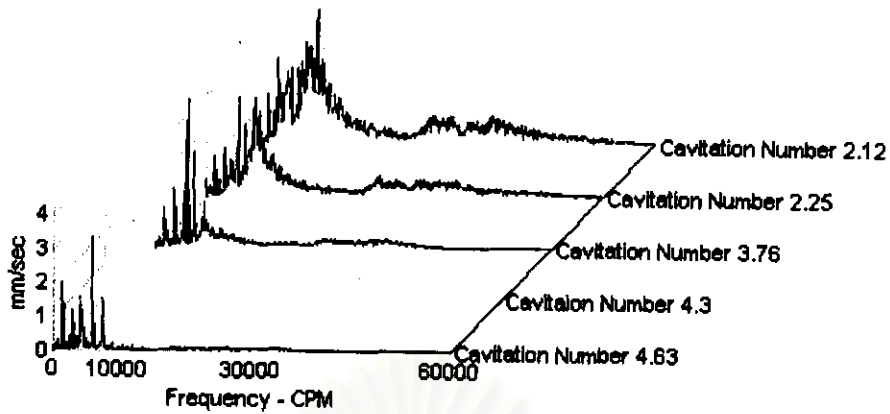
รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิตีชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

รูปที่ 5-61 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวิทชัน ( $\sigma_2 = 2.12$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวิทชัน ( $\sigma_2 = 4.65$ ) ชัดเจนมากถ้าหากจะมี Noise Floor ที่สังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนเกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของ ยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติมากที่สุดความถี่ประมาณ 7425 CPM โดยที่ฐานของยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนมีช่วงกว้างจากความถี่ประมาณ 5000 CPM ถึง 13600 CPM

ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor สามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์ คาวิทชันจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น และการที่ Noise Floor มีขนาดการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิทชันที่  $\sigma_2 = 2.25$  นั้นเนื่องจากปรากฏการณ์คาวิทชันมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยเห็นได้ Cavitation Number ลดลงจาก  $\sigma_2 = 2.25$  มาเป็น  $\sigma_2 = 2.12$  และสังเกตได้จากรูปถ่าย โดยจากรูปถ่ายจะเห็นว่าความหนาแน่นและปริมาณของฟองไอเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อ Cavitation Number ลดลงจาก  $\sigma_2 = 2.25$  มาเป็น  $\sigma_2 = 2.12$  ซึ่งจะส่งผลให้ปรากฏการณ์คาวิทชันมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

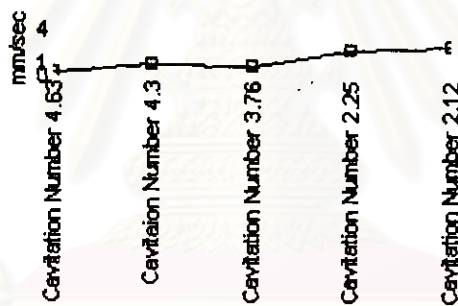
ส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7425 CPM ซึ่งมีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติอย่างมากนั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง(ที่ความถี่ 7250 CPM) ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) แล้วสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์ไปผสานกับยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7425 CPM จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างผิดปกติอย่างเห็น



รูปที่ 5-62 ตัณญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ที่  $\sigma_2$  ต่างๆ ของออร์บิต  $B=0.3$

รูปที่ 5-62 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเกิดปรากฏการณ์ควิเทชันเนื่องจากออร์บิตรุนแรงขึ้น ( $\sigma_2$  ลดลง) ขนาดการสั่นสะเทือนของ Noise Floor ก็เพิ่มขึ้น

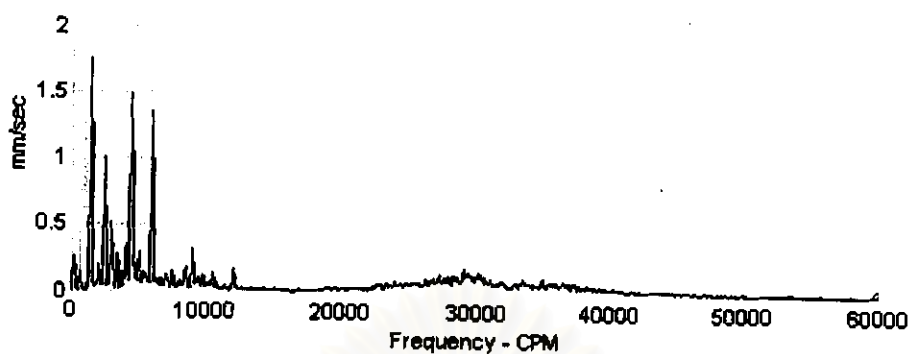
นอกจากนี้ยอดตัณญาณการสั่นสะเทือนที่ความถี่ใกล้กับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ที่ 7250 CPM) จะมีขนาดตัณญาณการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้นดังแสดงในรูป 5-63



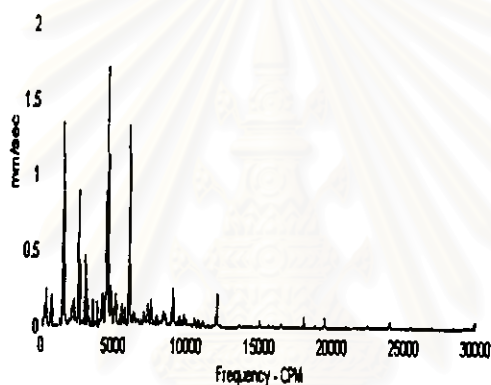
รูปที่ 5-63 แสดง Amplitude ในแนว x ที่ 7250 CPM ของออร์บิต  $B=0.3$  ที่ระดับความรุนแรงต่างๆกัน

รูปที่ 5-63 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปรากฏการณ์ควิเทชันมีความรุนแรงขึ้น ( $\sigma_2$  ลดลง) ยอดตัณญาณที่เกิดเนื่องจากการผสมกันระหว่างยอดตัณญาณที่เกิดจากการเกิดเรโซแนนซ์ของ Noise Floor กับความถี่ธรรมชาติ กับยอดตัณญาณการสั่นสะเทือนที่ 7250 CPM จะมีขนาดการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้หากพิจารณารูปที่ 5-62 ประกอบจะเห็นว่าช่วงฐานของยอดตัณญาณนี้จะกว้างขึ้นเมื่อปรากฏการณ์ควิเทชันรุนแรงขึ้น

สำหรับอริฟิส B = 0.3 ในแนว y



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-64 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ที่  $\sigma_2 = 4.63$  ของอริฟิส B = 0.3 ที่ 700 rpmเปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 9.29$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

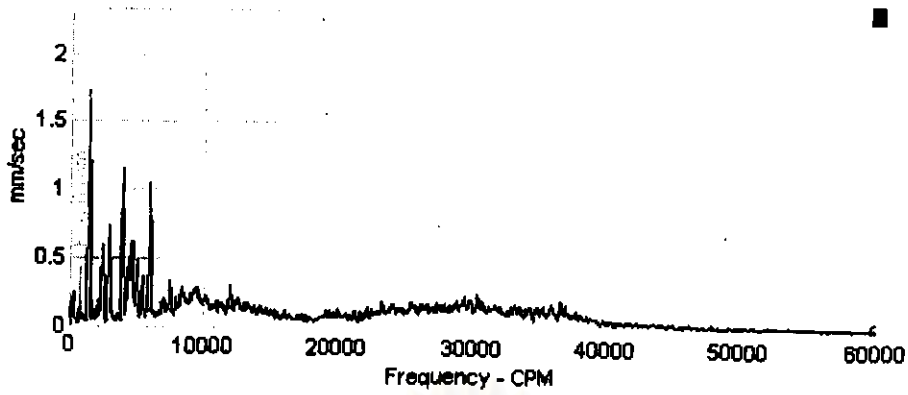


รูปที่ 5-64 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 4.63$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 9.29$ ) น้อยมากกล่าวคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM

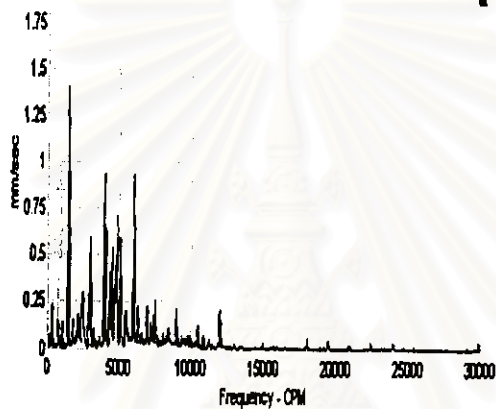
ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor สามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์ควาวิเทชันจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น

เมื่อพิจารณาจากภาพถ่ายประกอบจะเห็นว่าความหนาแน่นและจำนวนของฟองไอน์มีปริมาณน้อยมากจึงทำให้การสั่นสะเทือนที่เกิดจากฟองไอแตกตัวมีน้อย จึงสร้างการการสั่นสะเทือนกับโครงสร้างที่จุดวัดน้อยมาก ส่งผลให้ Noise Floor ที่สามารถวัดได้มีขนาดเทียบจนแทบสังเกตไม่เห็น



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-65 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ที่  $\sigma_2 = 4.3$  ของออร์บิต B = 0.3 ที่ 800 rpmเปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชัน ( $\sigma_2 = 9.11$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์ควิเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

รูปที่ 5-65 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 4.3$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 9.11$ ) ชัดเจนกล่าวคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM

ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และชาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและชาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor สามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์ คาวิเทชันจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น ส่วนขนาดสัญญาณการสั่นสะเทือนของ Noise Floor ที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 4.3$  นั้นเกิดจากความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิเทชันที่เพิ่มขึ้นซึ่งเห็นได้จากค่า Cavitation Number ที่ลดลงและการสังเกตรูปถ่าย

ในส่วนของรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปถ่ายปรากฏการณ์ คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 4.63$  จะเห็นว่ารูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่ Cavitation Number น้อยกว่าจะมีความหนาแน่นและจำนวนฟองไอบามากกว่าส่งผลให้ความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิเทชันเพิ่มขึ้น

รูปที่ ๒๖ ภาพตัดขวางของชิ้นงานที่ผ่านการอบชุบด้วยความร้อน (๒) รูปที่

การถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์

รูปที่ ๒๗ ภาพตัดขวางของชิ้นงานที่ผ่านการอบชุบด้วยความร้อน (๓) รูปที่

รูปที่ ๒๘ ภาพตัดขวางของชิ้นงานที่ผ่านการอบชุบด้วยความร้อน (๔) รูปที่

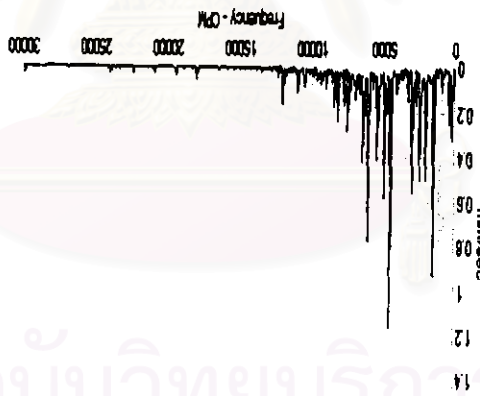
รูปที่ ๒๙ ภาพตัดขวางของชิ้นงานที่ผ่านการอบชุบด้วยความร้อน (๕) รูปที่

รูปที่ ๓๐ ภาพตัดขวางของชิ้นงานที่ผ่านการอบชุบด้วยความร้อน (๖) รูปที่

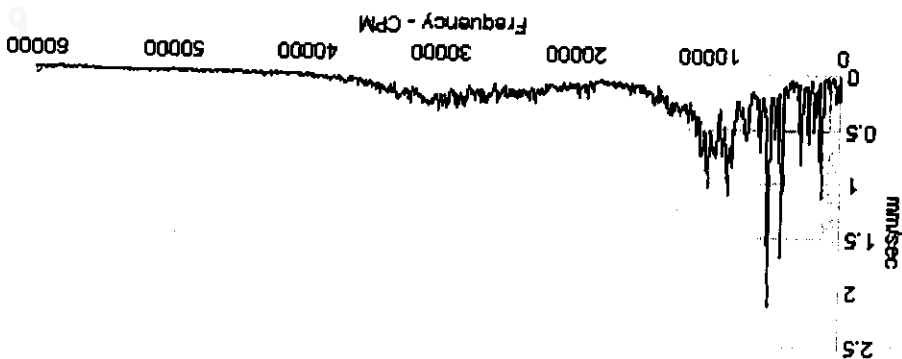
รูปที่ ๓



รูปที่ ๔



รูปที่ ๕



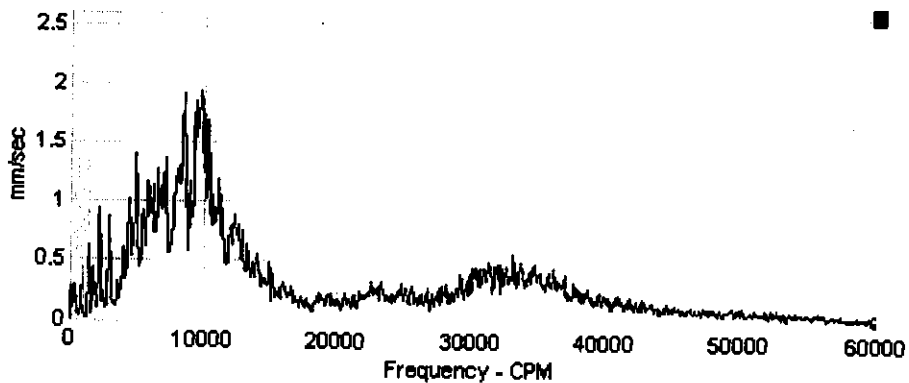
รูปที่ 5-66 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์คาวิตേഷัน ( $\sigma_2 = 3.76$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตേഷัน ( $\sigma_2 = 8.33$ ) ชัดเจนกล่าวคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณค่อนข้างกว้างที่ความถี่ 8500 CPM และ 9875 CPM

ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

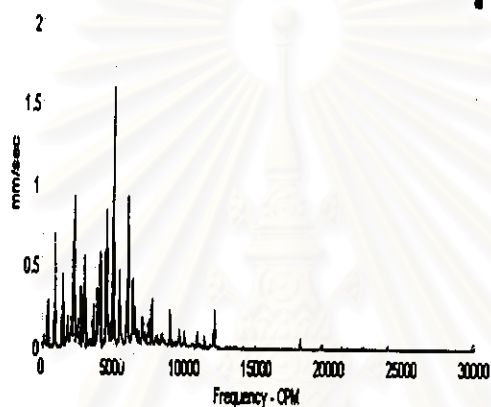
จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor ซึ่งเกิดจากปรากฏการณ์คาวิตേഷัน ทำให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้าง ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น ส่วนสัญญาณของ Noise Floor ที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิตേഷันที่  $\sigma_2 = 4.3$  นั้นเกิดจากความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิตേഷันที่เพิ่มขึ้นซึ่งเห็นได้จากค่า Cavitation Number ที่ลดลงจาก  $\sigma_2 = 4.3$  เป็น  $\sigma_2 = 3.76$  และจากการสังเกตรูปถ่าย โดยในส่วนของรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิตേഷันเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิตേഷันที่  $\sigma_2 = 4.3$  จะเห็นว่ารูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิตേഷันที่  $\sigma_2 = 3.76$  จะมีความหนาแน่นและจำนวนฟองไอบามากกว่าส่งผลให้ความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิตേഷันเพิ่มขึ้น

ส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 8500 CPM และ 9875 CPM ซึ่งมีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกตินั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ประมาณ 8500 CPM และ 9850 CPM) ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างผิดปกติและมีขนาดการสั่นสะเทือนสูงอย่างเห็น

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-67 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ที่  $\sigma_2 = 2.25$  ของออร์บิต B = 0.3 ที่ 1000 rpm เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชัน ( $\sigma_2 = 4.79$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์ควิเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

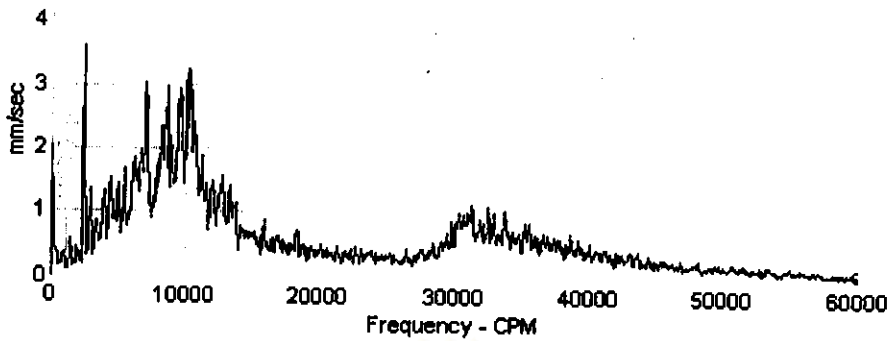


รูปที่ 5-67 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์คาวิตชัน ( $\sigma_2 = 2.25$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตชัน ( $\sigma_2 = 4.79$ ) ชัดเจนมากกล่าวคือ จะมี Noise Floor ที่มีขนาดสัญญาณการสั่นสะเทือนสูงเกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างที่ความถี่ 8500 CPM และ 9875 CPM และฐานของยอดสัญญาณจะอยู่ที่ความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 13000 CPM

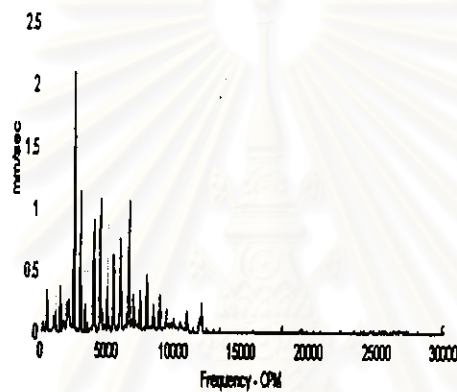
ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor ซึ่งเกิดจากโครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างเนื่องจากปรากฏการณ์คาวิตชัน และ Noise Floor ที่มีขนาดการสั่นสะเทือนสูงขึ้นมาเมื่อเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิตชันเมื่อ  $\sigma_2 = 3.76$  ซึ่งเกิดจากความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิตชันเพิ่มขึ้นโดยสังเกตได้จาก Cavitation Number ลดลงมากจาก  $\sigma_2 = 3.76$  เป็น  $\sigma_2 = 2.25$  และเมื่อเปรียบเทียบรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิตชันเมื่อ  $\sigma_2 = 2.25$  กับปรากฏการณ์คาวิตชันเมื่อ  $\sigma_2 = 3.76$  จะเห็นว่าปรากฏการณ์คาวิตชันที่  $\sigma_2 = 2.25$  จะมีปริมาณและความหนาแน่นของฟองไอน์มากกว่าอย่างเห็นได้ชัด

ส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 8500 CPM และ 9875 CPM ซึ่งมีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกตินั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ประมาณ 8500 CPM และ 9850 CPM) ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างผิดปกติและมีขนาดการสั่นสะเทือนสูง



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-68 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ที่  $\sigma_2 = 2.12$  ของออร์ฟิส B=0.3 ที่ 1100 rpm เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 4.65$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

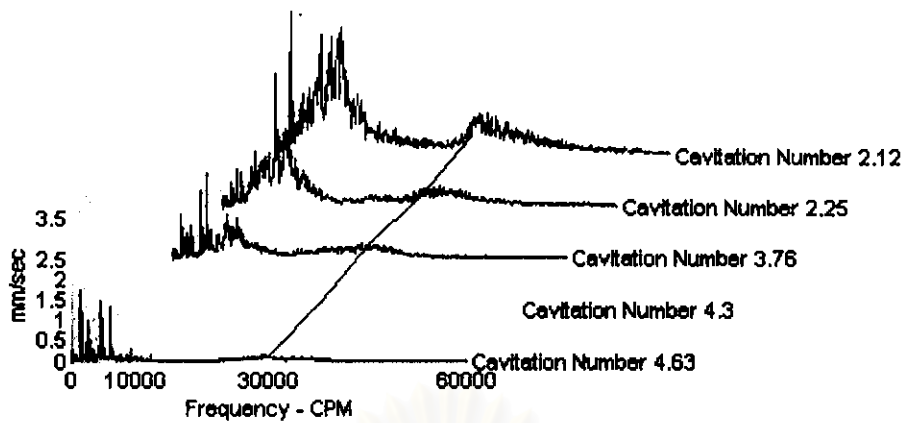
รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

รูปที่ 5-68 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 2.12$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 4.65$ ) ชัดเจนมากกล่าวคือ จะมี Noise Floor ที่มีขนาดสัญญาณการสั่นสะเทือนสูง เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มี ฐานของยอดสัญญาณกว้างที่ความถี่ 8775 CPM และฐานของยอดสัญญาณจะอยู่ที่ความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 14000 CPM

ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและ ฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

Noise Floor ที่สังเกตเห็นจะมีขนาดสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณ การสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวีเทชันที่  $\sigma_2 = 2.25$  ซึ่งเกิดจากการที่ปรากฏการณ์คาวีเทชันมี ความรุนแรงเพิ่มขึ้นโดยสังเกตได้จาก Cavitation Number ลดลงและจากการพิจารณาภาพถ่าย ส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 8775 CPM ซึ่งมีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกตินั้นคาด ว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุด ทดลองที่ความถี่นี้ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีขนาดการสั่น สะเทือนสูงและฐานของยอดสัญญาณกว้างดังปรากฏในรูป

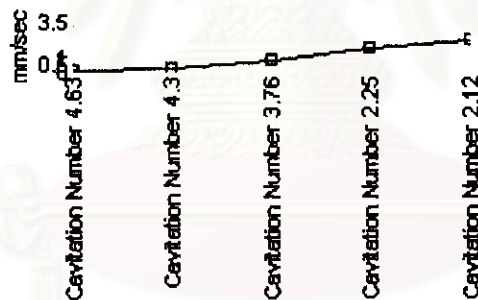
เมื่อพิจารณาจากภาพถ่ายประกอบจะเห็นว่าความหนาแน่นและจำนวนของฟองไอน้ำมี ปริมาณมากขึ้นเมื่อเทียบกับรูปถ่ายของปรากฏการณ์คาวีเทชันที่  $\sigma_2 = 2.25$  ส่งผลให้ความรุนแรง ของปรากฏการณ์คาวีเทชันเพิ่มขึ้น



รูปที่ 5-69 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ที่  $\sigma_2$  ต่างๆ ของออร์ฟิส  $B=0.3$

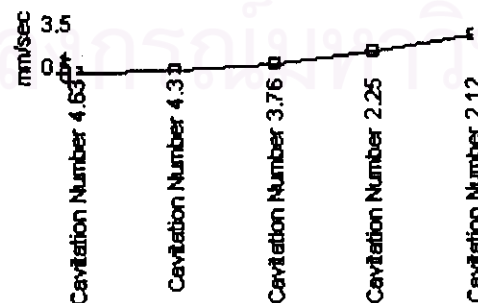
รูปที่ 5-69 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันเนื่องจากออร์ฟิสรุนแรงขึ้น ( $\sigma_2$  ลดลง) ขนาดการสั่นสะเทือนของ Noise Floor ก็เพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ความถี่ใกล้กับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ที่ 8500 CPM และ 9850 CPM) จะมีขนาดสัญญาณการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้นดังแสดงในรูป 5-70 และ รูปที่ 5-71



รูปที่ 5-70 แสดง Amplitude ในแนว y ที่ 8500 CPM ของออร์ฟิส  $B=0.3$  ที่

ระดับความรุนแรงต่างๆกัน



รูปที่ 5-71 แสดง Amplitude ในแนว y ที่ 9500 CPM ของออร์ฟิส  $B=0.3$  ที่

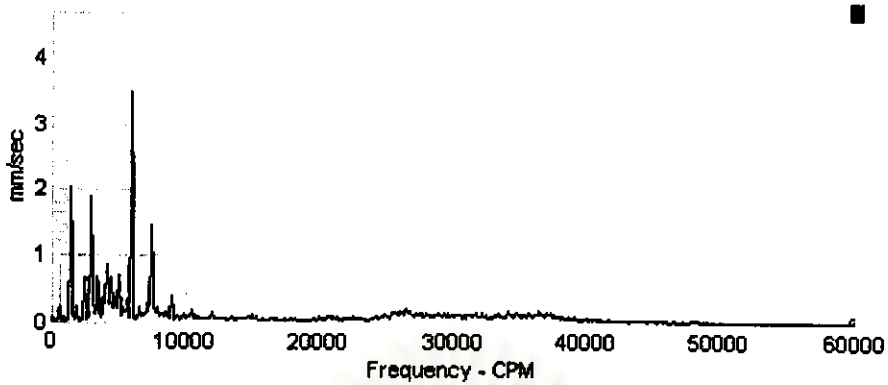
ระดับความรุนแรงต่างๆกัน

รูปที่ 5-70 และ รูปที่ 5-71 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปรากฏการณ์คาวิตีชันมีความรุนแรงขึ้น ( $\sigma_2$  ลดลง) ยอดสัญญาณที่เกิดเนื่องจากการเรโซแนนซ์ของ Noise Floor กับความถี่ธรรมชาติ จะมีขนาดการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้หากพิจารณารูปที่ 5-69 ประกอบจะเห็นว่าช่วงฐานของยอดสัญญาณนี้จะกว้างขึ้นเมื่อปรากฏการณ์คาวิตีชันรุนแรงขึ้น

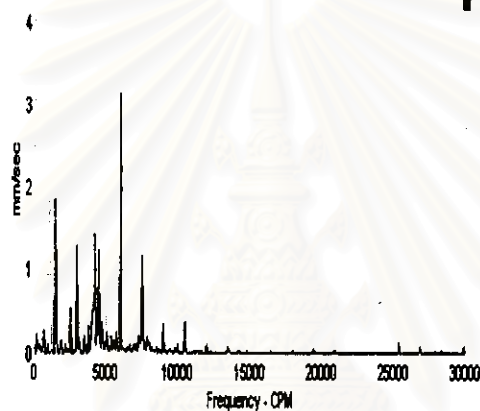


สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับออร์บิต  $B = 0.4$  ในแนว x



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-72 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ที่  $\sigma_2 = 3.061$  ของออร์บิต  $B = 0.4$  ที่ 700 rpm เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 7.29$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวีเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

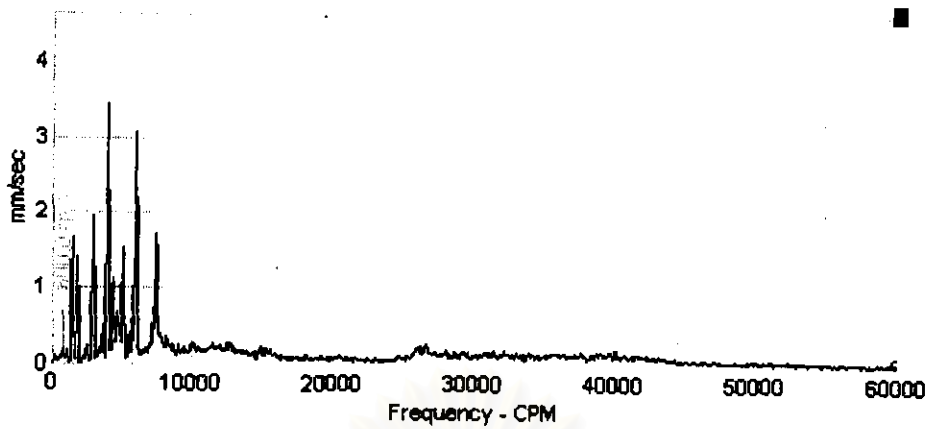


รูปที่ 5-72 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 3.061$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 7.29$ ) เล็กน้อย กล่าวคือจะมี Noise Floor เพียงเกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM

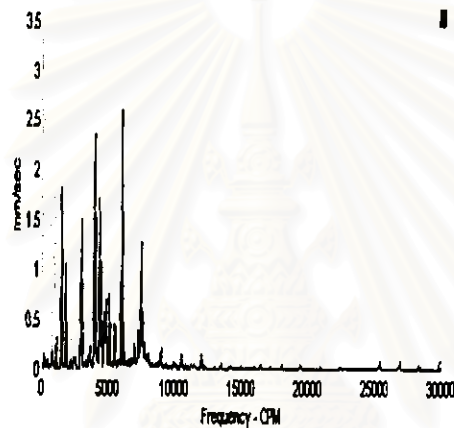
แต่ในส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของ ปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor สามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์ คาวีเทชันจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงคว เมถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการ สั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น

เมื่อพิจารณาจากภาพถ่ายประกอบจะเห็นว่าความหนาแน่นและจำนวนของฟองไอน้ำ ปริมาณน้อยมากจึงทำให้การสั่นสะเทือนที่เกิดจากฟองไอน้ำแตกตัวมีน้อย จึงสร้างการการ สั่นสะเทือนกับโครงสร้างที่จุดวัดน้อย ส่งผลให้ Noise floor ที่สามารถวัดได้มีขนาดน้อย



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-73 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ที่  $\sigma_2 = 2.79$  ของออร์บิต  $B = 0.4$  ที่ 800 rpm เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 6.01$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

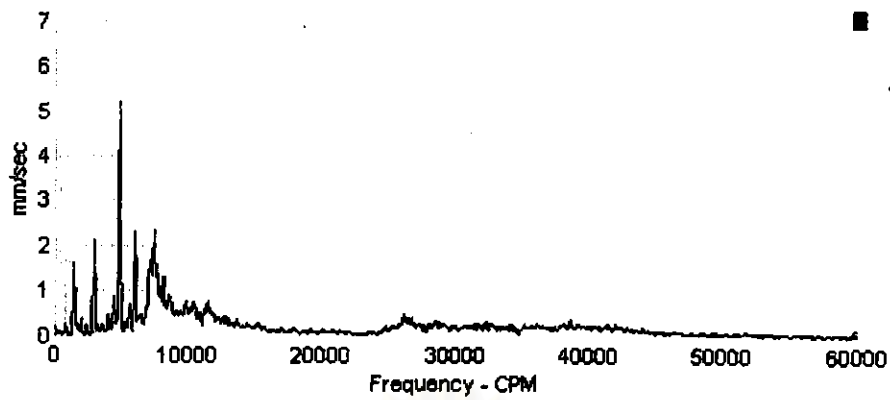
รูปที่ 5-73 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 2.79$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 6.01$ ) ก่อนข้างชัดเจน กล่าวคือจะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM นอกจากนี้จะสังเกตเห็นว่ามียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติที่ 7425 CPM

แต่ในส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

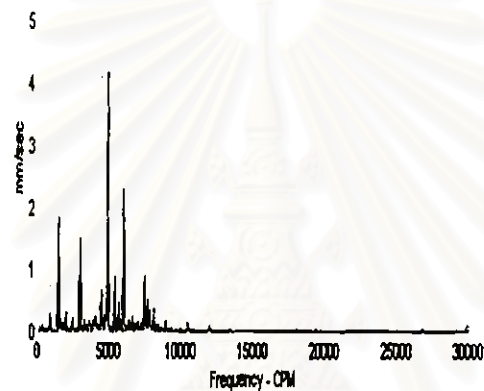
จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor ซึ่งเกิดจากโครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างเนื่องมาจากปรากฏการณ์ควาวิเทชัน ส่วนสัญญาณของ Noise Floor ที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์ควาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 3.061$  นั้นเป็นเพราะปรากฏการณ์ควาวิเทชันมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นซึ่งสังเกตได้จาก Cavitation Number ลดลงและจากรูปถ่าย กล่าวคือเมื่อนำรูปถ่ายปรากฏการณ์ควาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 3.061$  และ  $\sigma_2 = 2.79$  รูปถ่ายมาเปรียบเทียบกันจะแสดงให้เห็นว่ารูปถ่ายที่มี Cavitation Number ต่ำกว่าจะมีความหนาแน่นและปริมาณของฟองไอยูมากกว่า

ส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7425 CPM ซึ่งมีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติอย่างมากนั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ที่ความถี่ 7250) นี้ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) แล้วสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์ไปผสมกับยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7425 CPM จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างกว่าปกติอย่างที่เราเห็น

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-74 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ที่  $\sigma_2 = 2.773$  ของออร์บิต  $B = 0.4$  ที่ 900 rpmเปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 5.79$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

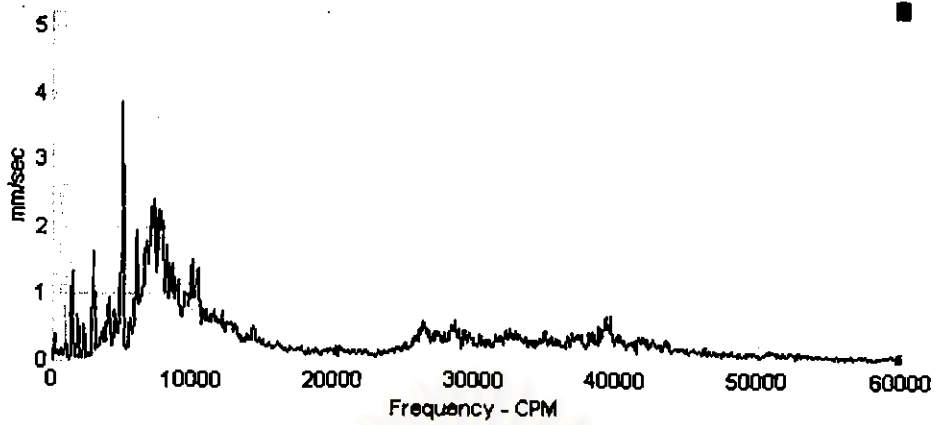
รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

รูปที่ 5-74 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 2.773$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 5.79$ ) ชัดเจนกล่าวคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติที่ 7425 CPM

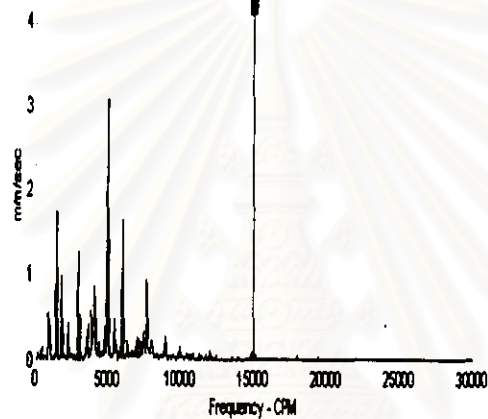
ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และชาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและชาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor สามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์ คาวิเทชันจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น ส่วนขนาดสัญญาณของ Noise Floor ที่สูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.79$  เกิดจากความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิเทชันเพิ่มขึ้นไม่มากนัก ซึ่งสามารถเห็นได้จาก Cavitation Number ลดลงเล็กน้อยคือจาก  $\sigma_2 = 2.79$  เป็น  $\sigma_2 = 2.773$  และจากรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชัน กล่าวคือเมื่อนำรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่มี  $\sigma_2 = 2.79$  และ  $\sigma_2 = 2.773$  มาเปรียบเทียบกับกันจะปรากฏว่ามีความหนาแน่นและปริมาณฟองไอใกล้เคียงกันแต่ที่ปรากฏการณ์คาวิเทชันที่มี Cavitation Number ต่ำกว่าจะมีความหนาแน่นและปริมาณฟองไ้มากกว่าเล็กน้อย

ส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7425 CPM ซึ่งมีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติอย่างมาคนั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ที่ความถี่ 7250 CPM) นี้ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) แล้วสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์ไปผสมกับยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7425 CPM จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างกว่าปกติอย่างเห็น



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-75 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ที่  $\sigma_2 = 2.47$  ของออร์บิส B = 0.4 ที่ 1000 rpm เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 4.72$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

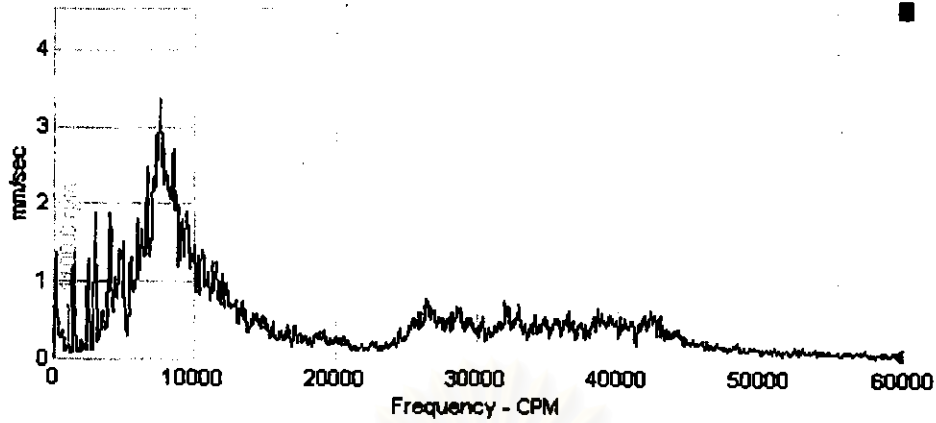


รูปที่ 5-75 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 2.47$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 4.72$ ) ชัดเจนมากกล่าวคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติมากที่ 7462 CPM โดยฐานของยอดสัญญาณจะมีช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 13000 CPM

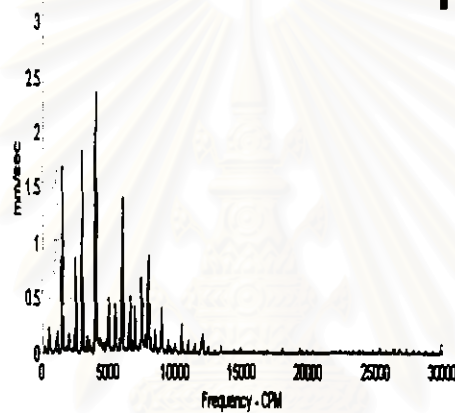
ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และชาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและชาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor ซึ่งเกิดจากปรากฏการณ์ควาวิเทชันสร้างการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบเดียวกัน ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น ส่วนสัญญาณของ Noise Floor ที่สูงขึ้นพอสมควรเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์ควาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.47$  เกิดเนื่องมาจากปรากฏการณ์ควาวิเทชันมีความรุนแรงมากขึ้น ซึ่งสามารถเห็นได้จาก Cavitation Number ที่ลดลงจาก  $\sigma_2 = 2.773$  เป็น  $\sigma_2 = 2.47$  และสังเกตจากรูปถ่ายปรากฏการณ์ควาวิเทชัน ในส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติมากที่ 7462 CPM นั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ที่ความถี่ 7250 CPM) นี้ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) แล้วสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์ไปผสมกับยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7462 CPM จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างกว่าปกติอย่างที่เห็นและเนื่องจากสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์มีความรุนแรงมากขึ้นเมื่อ Cavitation Number ลดลงสัญญาณที่ผสมกันจึงมีฐานของยอดสัญญาณกว้างขึ้นด้วยเมื่อ Cavitation Number ลดลง

เมื่อนำรูปถ่ายปรากฏการณ์ควาวิเทชันมาประกอบการพิจารณาจะเห็นว่าเมื่อนำปรากฏการณ์ควาวิเทชันที่มี  $\sigma_2 = 2.47$  และ  $\sigma_2 = 2.773$  มาเปรียบเทียบกับกันจะปรากฏว่ามีความหนาแน่นและปริมาณฟองไอของปรากฏการณ์ควาวิเทชันที่มี Cavitation Number ต่ำกว่าจะมีความหนาแน่นและปริมาณฟองไอมากกว่าอย่างชัดเจน ซึ่งจะส่งผลให้ปรากฏการณ์ควาวิเทชันรุนแรงขึ้น



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-76 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ที่  $\sigma_2 = 2.263$  ของออร์บิต  $B = 0.4$  ที่ 1100 rpm เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 4.71$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

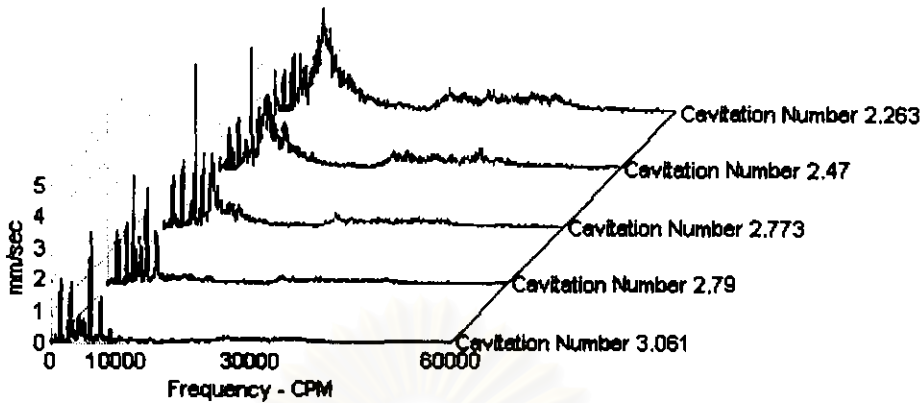
รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวีเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

รูปที่ 5-76 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 2.263$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 4.71$ ) ชัดเจนมากกล่าวคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และ มียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติ มากที่ 7575 CPM โดยฐานของยอดสัญญาณจะมีช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 15000 CPM

ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

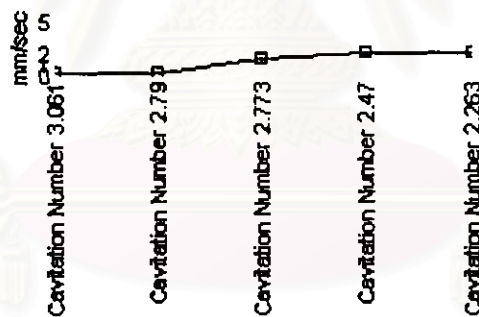
จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor ซึ่งเกิดจากโครงสร้างเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างเนื่องจากปรากฏการณ์คาวิเทชัน และสัญญาณของ Noise Floor ที่สูงที่ขึ้นพอสมควรเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.263$  เกิดเนื่องมาจากปรากฏการณ์คาวิเทชันมีความรุนแรงมากขึ้น ซึ่งสามารถเห็นได้จาก Cavitation Number ที่ลดลง  $\sigma_2 = 2.47$  เป็น  $\sigma_2 = 2.263$  และสังเกตจากรูปถ่ายกล่าวคือเมื่อนำปรากฏการณ์คาวิเทชันที่มี  $\sigma_2 = 2.47$  และ  $\sigma_2 = 2.263$  มาเปรียบเทียบกันจะปรากฏว่าปรากฏการณ์คาวิเทชันที่มี Cavitation Number ต่ำกว่าจะมีความหนาแน่นและปริมาณฟองไอน์มากกว่า ซึ่งจะส่งผลให้ปรากฏการณ์คาวิเทชันรุนแรงขึ้น

ในส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติมากที่ 7575 CPM นั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ที่ความถี่ 7250 CPM) นี้ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) แล้วสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์ไปผสมกับยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7575 CPM จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างกว่าปกติอย่างที่เห็นและเนื่องจากสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์มีความรุนแรงมากขึ้นเมื่อ Cavitation Number ลดลงสัญญาณที่ผสมกันจึงมีฐานของยอดสัญญาณกว้างขึ้นด้วยเมื่อ Cavitation Number ลดลง



รูปที่ 5-77 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ที่  $\sigma_2$  ต่างๆ ของออร์พิส B=0.4

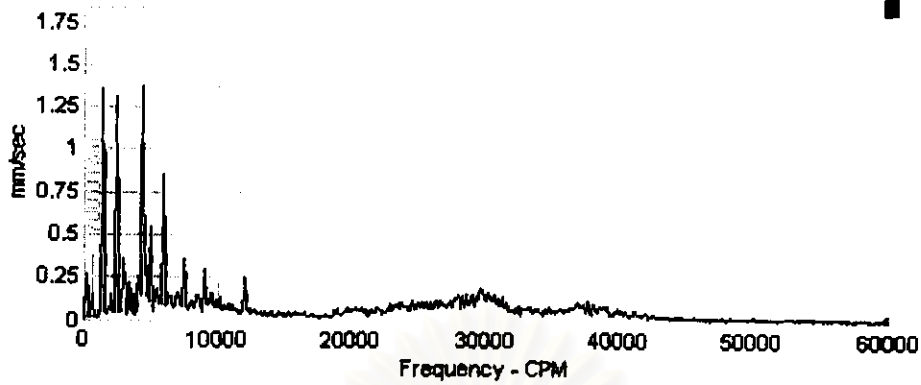
รูปที่ 5-77 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิตेशनเนื่องจากออร์พิสรุนแรงขึ้น ( $\sigma_2$  ลดลง) ขนาดการสั่นสะเทือนของ Noise Floor ก็เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ที่ 7250 CPM) จะมีขนาดสัญญาณการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้นดังแสดงในรูป 5-78



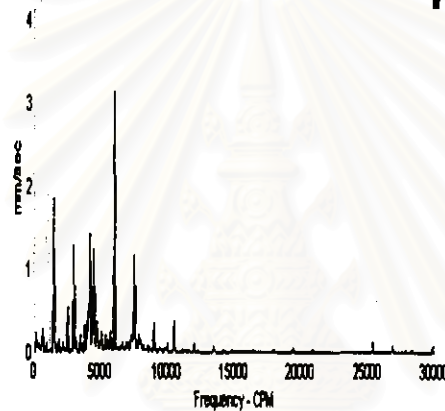
รูปที่ 5-78 แสดง Amplitude ในแนว x ที่ 7250 CPM ของออร์พิส B=0.4 ที่ระดับความรุนแรงต่างๆกัน

รูปที่ 5-78 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปรากฏการณ์คาวิตेशनมีความรุนแรงขึ้น ( $\sigma_2$  ลดลง) ยอดสัญญาณที่เกิดเนื่องจากการผสมกันระหว่างยอดสัญญาณที่เกิดจากการเกิดเรโซแนนซ์ของ Noise Floor กับความถี่ธรรมชาติ กับยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7250 CPM จะมีขนาดการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้หากพิจารณารูปที่ 5-77 ประกอบจะเห็นว่าช่วงฐานของยอดสัญญาณนี้จะกว้างขึ้นเมื่อปรากฏการณ์คาวิตेशनรุนแรงขึ้น

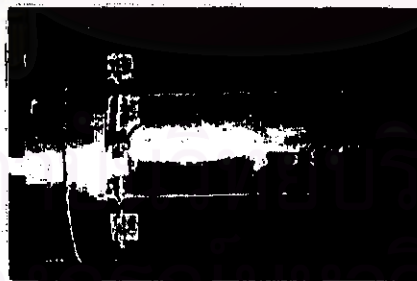
สำหรับออร์บิต B = 0.4 ในแนว y



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-79 ศึกษาดูผลการสั่นสะเทือนในแนว y ที่  $\sigma_2 = 3.061$  ของออร์บิต B = 0.4 ที่ 700 rpmเปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 7.29$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) ศึกษาดูผลการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) ศึกษาดูผลการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวีเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

รูปที่ 5-79 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 3.061$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 7.29$ ) ก่อนข้างชัดเจนกว่าคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM

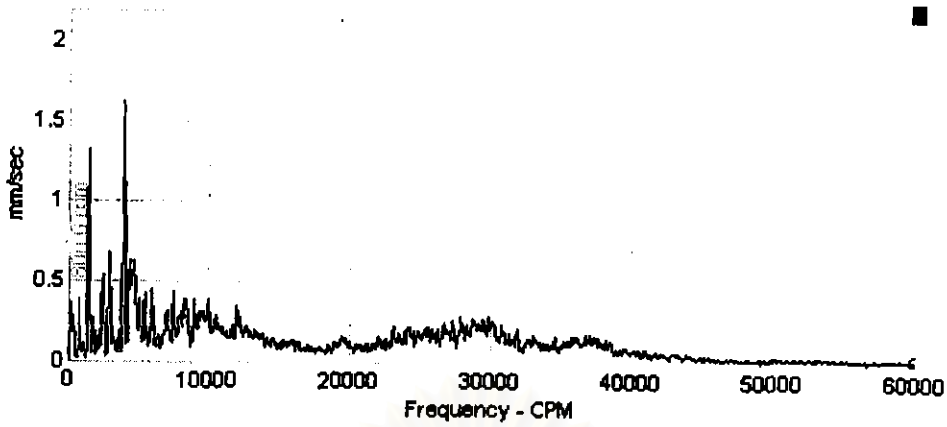
ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และชาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและชาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor สามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์ คาวีเทชันจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น ส่วนสัญญาณของ Noise Floor ที่สูง

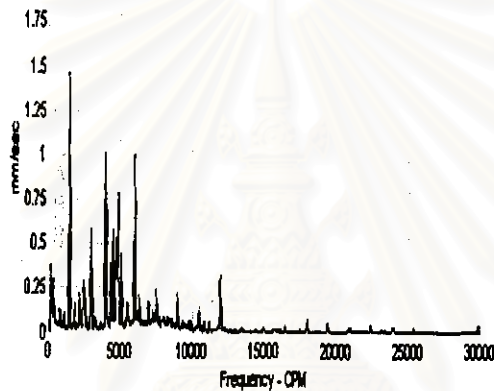
ส่วนรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวีเทชันจะสังเกตเห็นว่ามีปริมาณและความหนาแน่นของฟอง ใอไม่มากนักการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นจึงมีขนาดไม่มากเช่นกัน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-80 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ที่  $\sigma_1 = 2.79$  ของออร์บิต  $B = 0.4$  ที่ 800 rpm เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 6.01$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

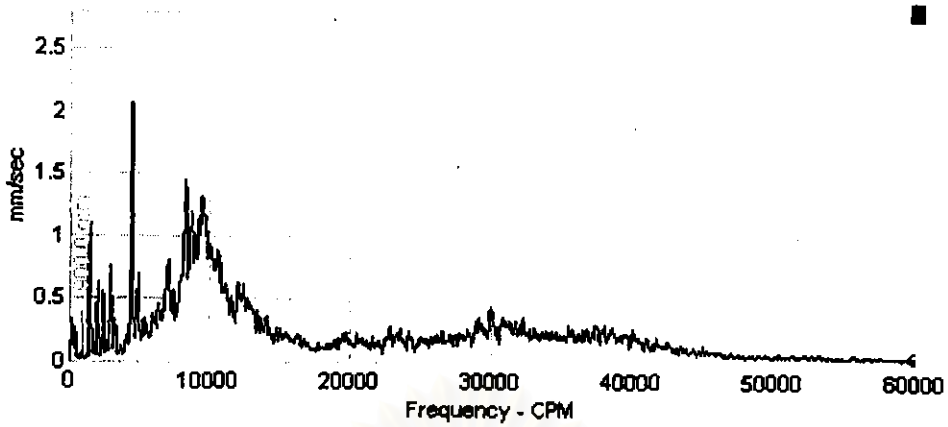
รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวีเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

รูปที่ 5-80 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 2.79$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 6.01$ ) ชัดเจนกล่าวคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM

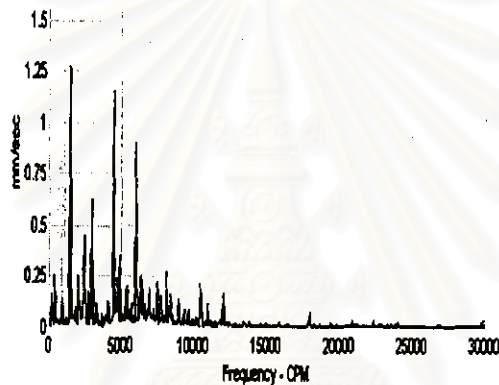
ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor สามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์ คาวิเทชันจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น ส่วนสัญญาณของ Noise Floor ที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 3.061$  นั้นเกิดจากความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิเทชันที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถสังเกตได้จาก Cavitation Number ลดลงและจากรูปถ่าย

ส่วนรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 3.061$  จะสังเกตเห็นว่าปรากฏการณ์คาวิเทชันที่มี Cavitation Number ต่ำกว่าจะมีปริมาณและความหนาแน่นของฟองไอยู่มากกว่าทำให้ปรากฏการณ์คาวิเทชันมีความรุนแรงสูงกว่าส่งผลทำให้การสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้นด้วย



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-81 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ที่  $\sigma_2 = 2.773$  ของออร์บิต B = 0.4 ที่ 900 rpm เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทิร์น ( $\sigma_2 = 5.79$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์ควิเทิร์นของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทิร์นของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์ควิเทิร์นที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

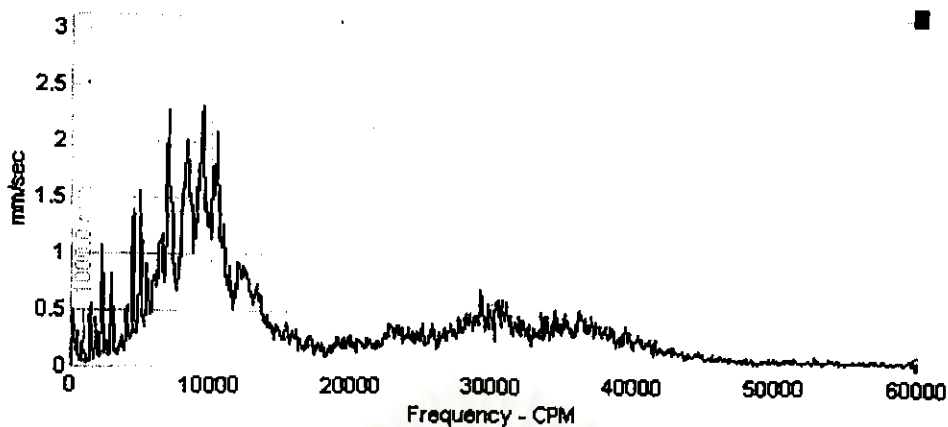
รูปที่ 5-81 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 2.773$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 5.79$ ) ชัดเจนกล่าวคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างที่ความถี่ 8300 CPM และ 9725 CPM และฐานของยอดสัญญาณจะอยู่ที่ความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 13000 CPM

ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

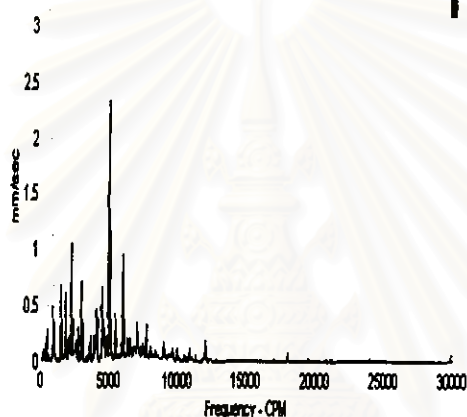
จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor สามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์ คาวิเทชันจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น ส่วนสัญญาณของ Noise Floor ที่สูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.79$  นั้นเกิดจากความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิเทชันที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยซึ่งเห็นได้จากค่า Cavitation Number ที่ลดลงจาก  $\sigma_2 = 2.79$  เป็น  $\sigma_2 = 2.773$  และจากการสังเกตรูปถ่าย โดยในส่วนของรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.79$  จะเห็นว่ารูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.773$  จะมีความหนาแน่นและจำนวนฟองไอบามากกว่าเล็กน้อยส่งผลให้ความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิเทชันเพิ่มขึ้น

ส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 8300 CPM และ 9725 CPM ซึ่งมีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกตินั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ประมาณ 8500 CPM และ 9850 CPM) ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างผิดปกติและมีขนาดการสั่นสะเทือนสูงอย่างเห็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-82 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว  $y$  ที่  $\sigma_2 = 2.47$  ของออร์บิต  $B = 0.4$  ที่ 1000 rpm เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตี ( $\sigma_2 = 4.72$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิตีของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตีของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิตีที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

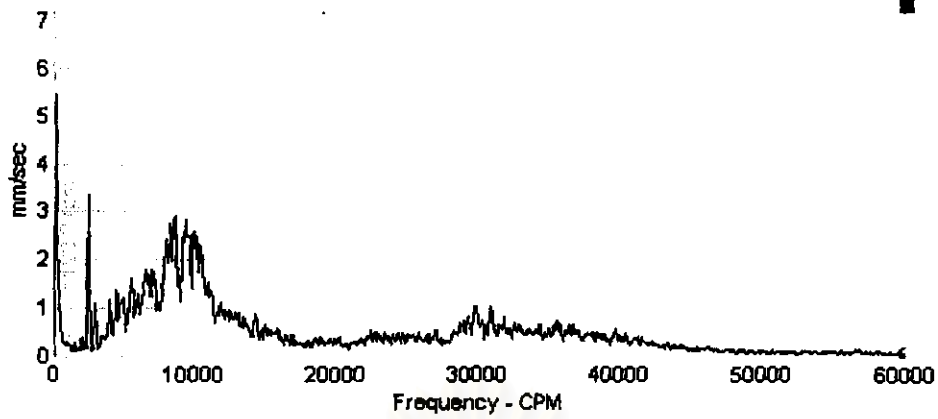
รูปที่ 5-82 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 2.47$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 4.72$ ) ชัดเจนมากถ้าวคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างที่ความถี่ 8425 CPM และ 9975 CPM และฐานของยอดสัญญาณจะอยู่ที่ความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 14000 CPM

ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

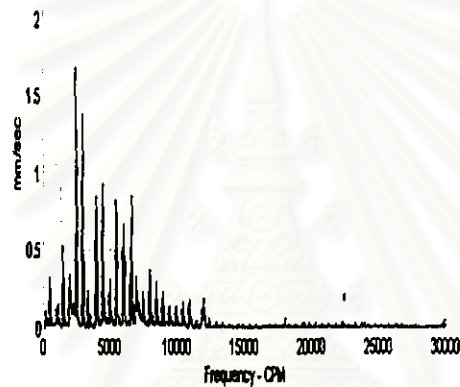
จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor ซึ่งเกิดจากโครงสร้างสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างเนื่องจากปรากฏการณ์ควาวิเทชัน ส่วนสัญญาณของ Noise Floor ที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์ควาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.773$  นั้นเกิดจากความรุนแรงของปรากฏการณ์ควาวิเทชันที่เพิ่มขึ้นซึ่งเห็นได้จากค่า Cavitation Number ที่ลดลงจาก  $\sigma_2 = 2.773$  เป็น  $\sigma_2 = 2.47$  และจากการตั้งเกตุรูปถ่าย โดยในส่วนของรูปถ่ายปรากฏการณ์ควาวิเทชันเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปถ่ายปรากฏการณ์ควาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.773$  จะเห็นว่ารูปถ่ายปรากฏการณ์ควาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.47$  จะมีความหนาแน่นและจำนวนฟองไอบามากกว่าอย่างชัดเจนส่งผลให้ความรุนแรงของปรากฏการณ์ควาวิเทชันเพิ่มขึ้น

ในส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติมากที่สุดที่ 8425 CPM และ 9975 CPM นั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ประมาณ 8500 CPM และ 9850 CPM) ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างกว่าปกติอย่างที่เห็นและเนื่องจากสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์มีความรุนแรงมากขึ้นเมื่อ Cavitation Number ลดลง สัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์จึงมีฐานของยอดสัญญาณกว้างขึ้นด้วยเมื่อ Cavitation Number ลดลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-83 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ที่  $\sigma_2 = 2.263$  ของออร์บิต  $B = 0.4$  ที่ 1100 rpm เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 4.71$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวีเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

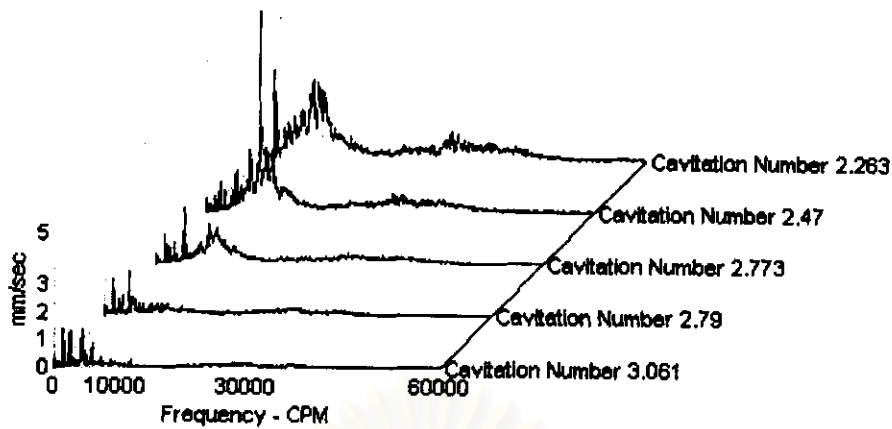


รูปที่ 5-83 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 2.263$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 4.71$ ) ชัดเจนมากถ้าพูดถึง จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และ มียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างที่ความถี่ 8600 CPM และ 9875 CPM และฐานของยอดสัญญาณจะอยู่ที่ความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 15000 CPM

ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor ซึ่งเกิดจากปรากฏการณ์คาวิเทชันสร้างสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างทำให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบเดียวกันเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจึงปรากฏ Noise Floor ให้เห็น ส่วนสัญญาณของ Noise Floor ที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.47$  นั้นเกิดจากความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิเทชันที่เพิ่มขึ้นซึ่งเห็นได้จากค่า Cavitation Number ที่ลดลงจาก  $\sigma_2 = 2.47$  เป็น  $\sigma_2 = 2.263$  และจากการสังเกตรูปถ่าย โดยในส่วนของรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.47$  จะเห็นว่ารูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.263$  จะมีความหนาแน่นและจำนวนฟองไอบามากกว่าส่งผลให้ความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิเทชันเพิ่มขึ้น

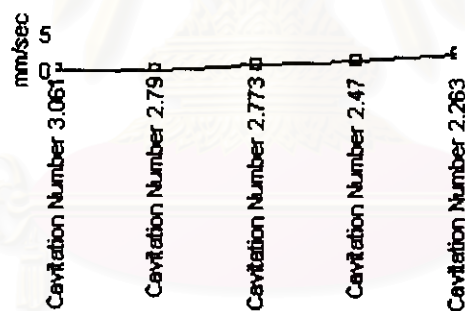
ในส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติมากที่สุดที่ 8600 CPM และ 9875 CPM นั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ประมาณ 8500 CPM และ 9850 CPM) ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างกว่าปกติอย่างที่เห็นและเนื่องจากสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์มีความรุนแรงมากขึ้นเมื่อ Cavitation Number ลดลง สัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์จึงมีฐานของยอดสัญญาณกว้างขึ้นด้วยเมื่อ Cavitation Number ลดลง



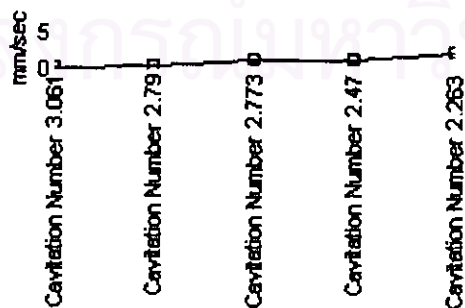
รูปที่ 5-84 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ที่  $\sigma_2$  ต่างๆ ของออร์บิต  $B=0.4$

รูปที่ 5-84 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเกิดปรากฏการณ์ควิเทชันเนื่องจากออร์บิตรุนแรงขึ้น ( $\sigma_2$  ลดลง) ขนาดการสั่นสะเทือนของ Noise Floor ก็เพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ความถี่ใกล้กับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ที่ 8500 CPM และ 9900 CPM) จะมีขนาดสัญญาณการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้นดังแสดงในรูป 5-85 และ รูปที่ 5-86



รูปที่ 5-85 แสดง Amplitude ในแนว y ที่ 8500 CPM ของออร์บิต  $B=0.4$  ที่ระดับความรุนแรงต่างๆกัน



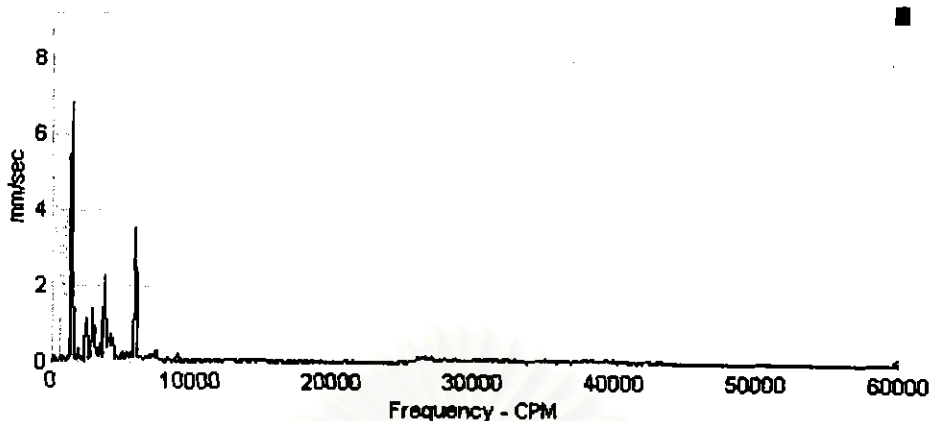
รูปที่ 5-86 แสดง Amplitude ในแนว y ที่ 9500 CPM ของออร์บิต  $B=0.4$  ที่ระดับความรุนแรงต่างๆกัน

รูปที่ 5-85 และ รูปที่ 5-86 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปรากฏการณ์ควิเทชันมีความรุนแรงขึ้น ( $\sigma_2$  ลดลง) ยอดสัญญาณที่เกิดเนื่องจากการเรโซแนนซ์ของ Noise Floor กับความถี่ธรรมชาติ จะมีขนาดการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้หากพิจารณารูปที่ 5-84 ประกอบจะเห็นว่าช่วงฐานของยอดสัญญาณนี้จะกว้างขึ้นเมื่อปรากฏการณ์ควิเทชันรุนแรงขึ้น

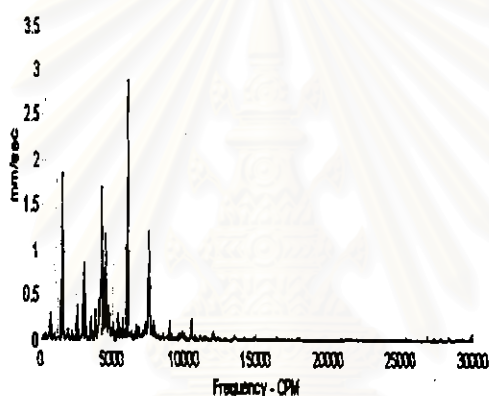


สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับออร์บิต  $B = 0.5$  ในแนว x



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-87 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ที่  $\sigma_2 = 3.54$  ของออร์บิต  $B = 0.5$  ที่ 700 rpmเปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 9.12$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

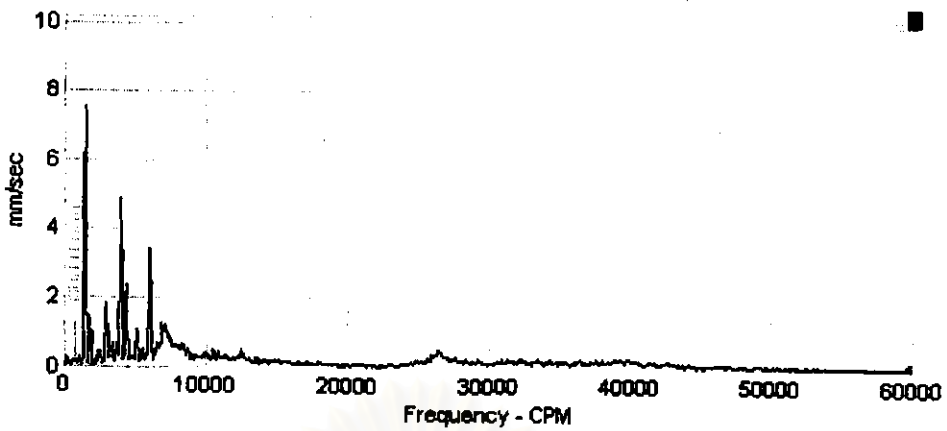
รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

รูปที่ 5-87 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชัน ( $\sigma_2 = 3.54$ ) แทบไม่แตกต่างต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชัน ( $\sigma_2 = 9.12$ ) แต่ในสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะเกิดปรากฏการณ์ควิเทชันจะมี Noise Floor ที่มีขนาดใหญ่มากๆเกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 20000 CPM ถึง 40000 CPM

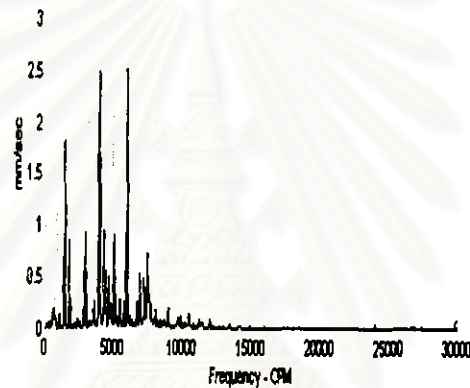
แต่ในส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมากจะแตกต่างกันที่ขนาดของสัญญาณการสั่นสะเทือนเท่านั้น

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor ขนาดใหญ่มากๆสามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์ควิเทชันจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น ซึ่งเมื่อสังเกตรูปถ่ายประกอบจะเห็นว่ามิฟองไอเกิดขึ้นจำนวนน้อยมาก จึงส่งผลให้เกิดควิเทชันที่รุนแรงน้อยมาก การสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงกว้างซึ่งเป็นสาเหตุของ Noise Floor จึงมีขนาดการสั่นสะเทือนน้อยมากเช่นกัน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-88 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ที่  $\sigma_2 = 3.43$  ของออริฟิส B=0.5 ที่ 800 rpm เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตีชัน ( $\sigma_2 = 8.02$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิตีชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตีชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิตีชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

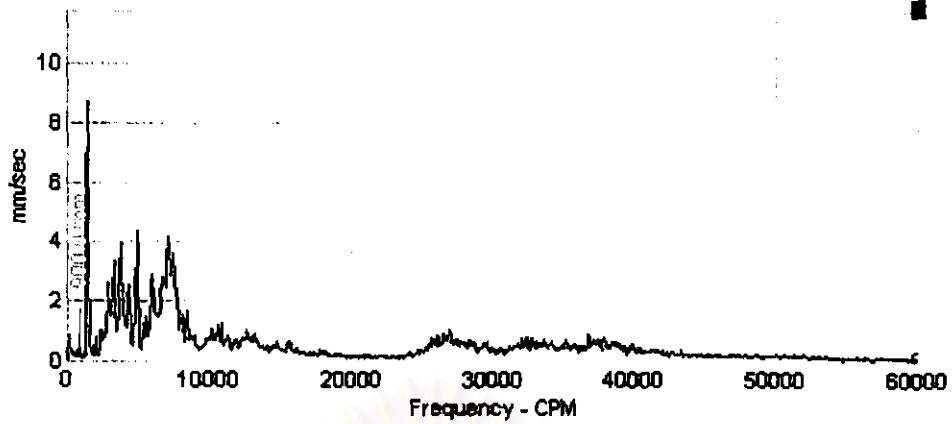
รูปที่ 5-88 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์คาวิตेशन ( $\sigma_2 = 3.43$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตेशन ( $\sigma_2 = 8.02$ ) เล็กน้อยคือ จะมี Noise Floor เดี่ยวๆเกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM

แต่ในส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมากจะแตกต่างที่ขนาดของสัญญาณการสั่นสะเทือนเท่านั้น

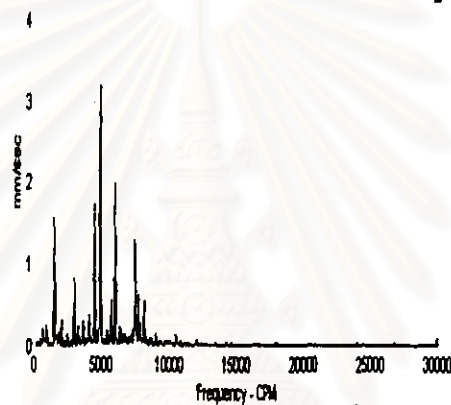
สัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor สามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์คาวิตेशनจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น ส่วนขนาดสัญญาณการสั่นสะเทือนของ Noise Floor ที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิตेशनที่  $\sigma_2 = 3.54$  นั้นเกิดจากความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิตेशनที่เพิ่มขึ้นซึ่งเห็นได้จากค่า Cavitation Number ที่ลดลงและจากการสังเกตรูปถ่าย

ในส่วนของรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิตेशनเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิตेशनที่  $\sigma_2 = 3.54$  จะเห็นว่ารูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิตेशनที่ Cavitation Number น้อยกว่าจะมีความหนาแน่นและจำนวนฟองไอน์มากกว่าส่งผลให้ความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิตेशनเพิ่มขึ้น





รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-89 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ที่  $\sigma_2 = 2.715$  ของออร์บิต B = 0.5 ที่ 900 rpm เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตีชัน ( $\sigma_2 = 5.7$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิตีชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตีชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิตีชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

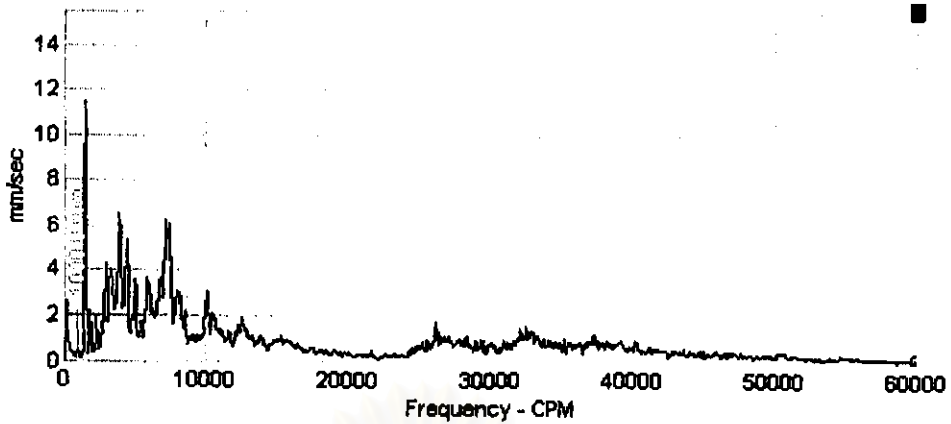
รูปที่ 5-89 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 2.715$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 5.7$ ) ชัดเจนกว่าคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และ และ มียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติที่ ความถี่ประมาณ 7425 CPM โดยฐานของยอดสัญญาณมีช่วงความถี่กว้างจาก 5500 CPM ถึง 9000 CPM

ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

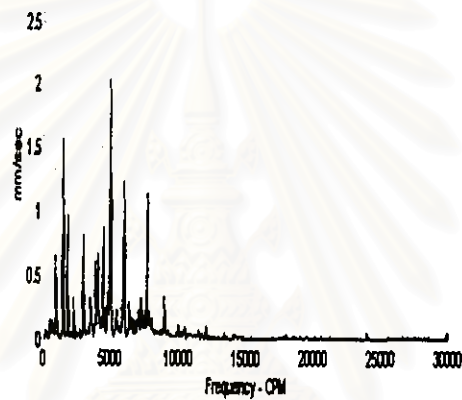
Noise Floor ที่สังเกตเห็นจะมีขนาดสูงขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวีเทชันที่  $\sigma_2 = 3.43$  ซึ่งเกิดจากการที่ปรากฏการณ์คาวีเทชันมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นโดยสังเกตได้จาก Cavitation Number ลดลงมากพอสมควรจาก  $\sigma_2 = 3.43$  มาเป็น  $\sigma_2 = 2.715$  และจากการพิจารณาภาพถ่าย ส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7425 CPM ซึ่งมีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกตินั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง(ที่ความถี่ 7250 CPM) ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) แล้วสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์ไปผสมกับยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7425 CPM จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานสัญญาณอย่างที่ปรากฏ

เมื่อพิจารณาจากภาพถ่ายประกอบจะเห็นว่าความหนาแน่นและจำนวนของฟองไอน้ำปริมาณมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับรูปถ่ายของปรากฏการณ์คาวีเทชันที่  $\sigma_2 = 3.43$  ส่งผลให้ความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวีเทชันเพิ่มขึ้น

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-90 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ที่  $\sigma_2 = 2.636$  ของออร์บิท B = 0.5 ที่ 1000 rpmเปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 4.98$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการรบกวนสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการรบกวนสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวีเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

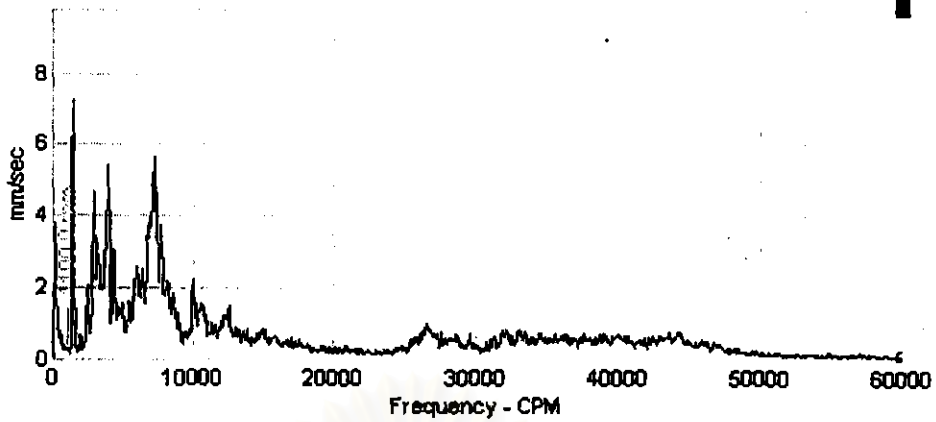
รูปที่ 5-90 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 2.636$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 4.98$ ) ชัดเจนถ้าวคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติมากที่ ความถี่ประมาณ 7350 CPM โดยที่ฐานของยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนมีช่วงกว้างจากที่ความถี่ ประมาณ 5000 CPM ถึง 9500 CPM

ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและ ฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

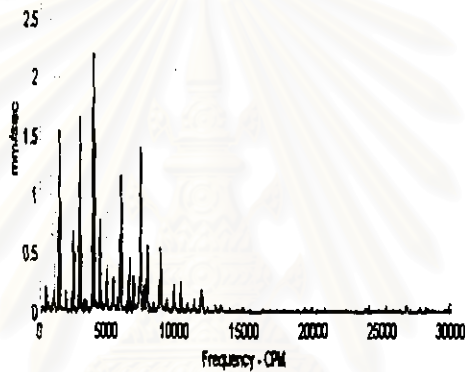
จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor ซึ่งเกิดจากการที่ปรากฏการณ์คาวิเทชันสร้างการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย และการที่ Noise Floor มีขนาดการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.715$  นั้นเนื่องจากปรากฏการณ์คาวิเทชันมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นโดยเห็นได้ Cavitation Number ลดลงจาก  $\sigma_2 = 2.715$  มาเป็น  $\sigma_2 = 2.636$  และสังเกตได้จากรูปถ่าย โดยจากรูปถ่ายจะเห็นว่าความหนาแน่นและปริมาณของฟองไอเพิ่มขึ้นพอสมควรเมื่อ Cavitation Number ลดลงจาก  $\sigma_2 = 2.715$  มาเป็น  $\sigma_2 = 2.636$  ซึ่งจะส่งผลให้ปรากฏการณ์คาวิเทชันมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7350 CPM ซึ่งมีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติ นั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง(ที่ความถี่ 7250 CPM) ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) แล้วสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์ไปผสมกับยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7350 CPM จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างอย่างที่ปรากฏ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-91 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ที่  $\sigma_2 = 2.582$  ของออร์บิต B = 0.5 ที่ 1100 rpmเปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตี ( $\sigma_2 = 4.66$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิตีของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตีของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

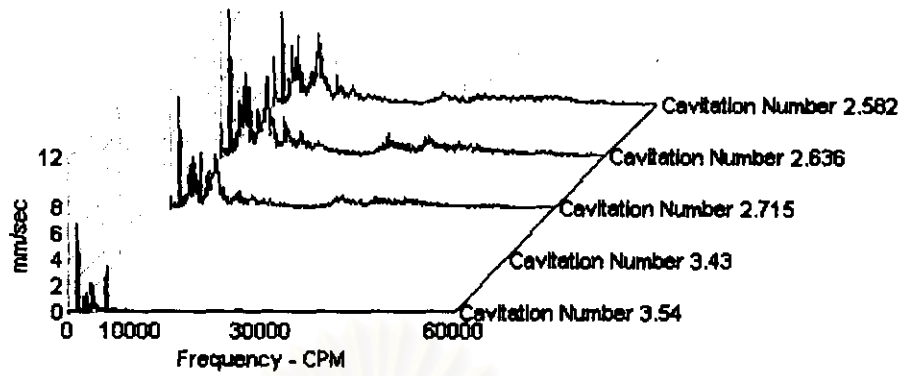
รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิตีที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

รูปที่ 5-91 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 2.582$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 4.66$ ) ชัดเจนกล่าวคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติมากที่ ความถี่ประมาณ 7400 CPM โดยที่ฐานของยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนมีช่วงกว้างจากที่ความถี่ ประมาณ 5400 CPM ถึง 9800 CPM

ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและ ฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor สามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์ คาวิเทชันจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการ สั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น และการที่ Noise Floor มีขนาดการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.715$  นั้นเนื่องจาก ปรากฏการณ์คาวิเทชันมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยเห็นได้ Cavitation Number ลดลงจาก  $\sigma_2 = 2.715$  มาเป็น  $\sigma_2 = 2.582$  และสังเกตได้จากรูปถ่าย โดยจากรูปถ่ายจะเห็นว่าความหนาแน่น และปริมาณของฟองไอเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อ Cavitation Number ลดลงจาก  $\sigma_2 = 2.715$  มาเป็น  $\sigma_2 = 2.582$  ซึ่งจะส่งผลให้ปรากฏการณ์คาวิเทชันมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

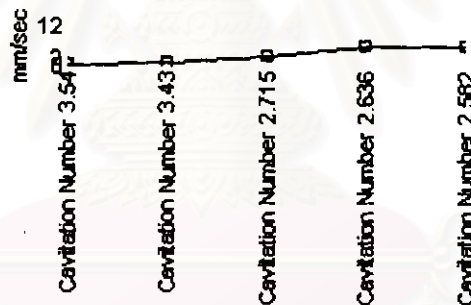
ส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7400 CPM ซึ่งมีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติ อย่างมากนั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ ธรรมชาติของชุดทดลอง(ที่ความถี่ 7250 CPM) ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) แล้ว สัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์ไปผสมกับยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7400 CPM จึงทำให้ เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างผิดปกติอย่างเห็น



รูปที่ 5-92 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ที่  $\sigma_2$  ต่างๆ ของออร์ฟิต B = 0.5

รูปที่ 5-92 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันเนื่องจากออร์ฟิตรุนแรงขึ้น ( $\sigma_2$  ลดลง) ขนาดการสั่นสะเทือนของ Noise Floor ก็เพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ที่ 7250 CPM) จะมีขนาดสัญญาณการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้นดังแสดงในรูป 5-93

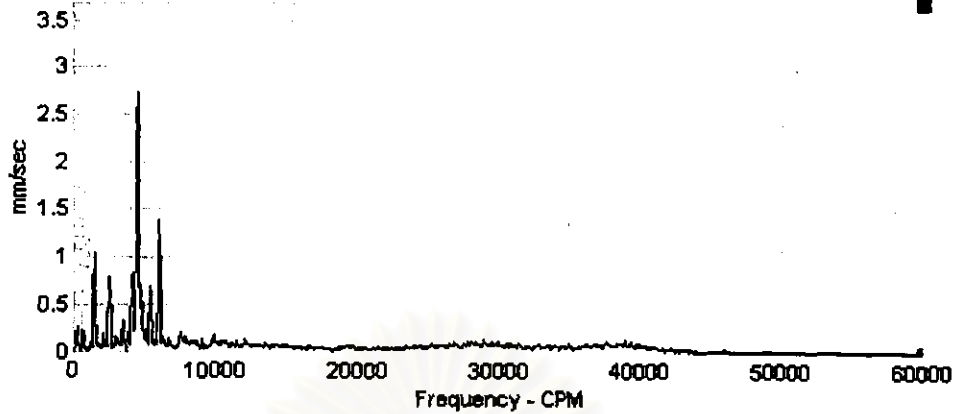


รูปที่ 5-93 แสดง Amplitude ในแนว x ที่ 7250 CPM ของออร์ฟิต B=0.5 ที่ระดับความรุนแรงต่างๆกัน

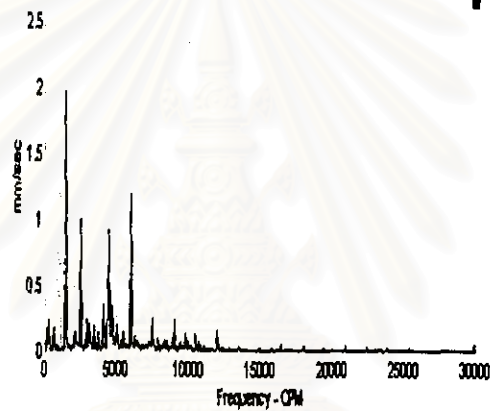
รูปที่ 5-93 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปรากฏการณ์คาวิเทชันมีความรุนแรงขึ้น ( $\sigma_2$  ลดลง) ยอดสัญญาณที่เกิดเนื่องจากการผสมกันระหว่างยอดสัญญาณที่เกิดจากการเกิดเรโซแนนซ์ของ Noise Floor กับความถี่ธรรมชาติ กับยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7250 CPM จะมีขนาดการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้หากพิจารณารูปที่ 5-92 ประกอบจะเห็นว่าช่วงฐานของยอดสัญญาณนี้จะกว้างขึ้นเมื่อปรากฏการณ์คาวิเทชันรุนแรงขึ้น



สำหรับออร์บิต B = 0.5 ในแนว y



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-94 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ที่  $\sigma_2 = 3.54$  ของออร์บิต B = 0.5 ที่ 700 rpmเปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 9.12$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

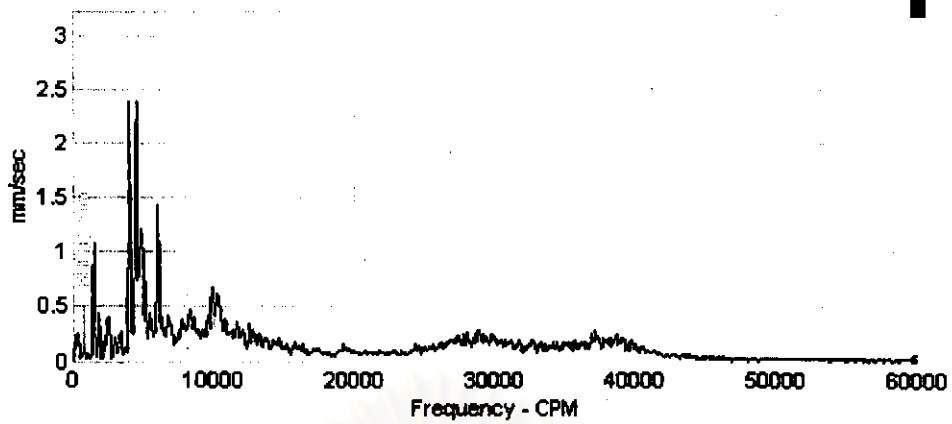
รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวีเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

รูปที่ 5-94 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 3.54$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชัน ( $\sigma_3 = 9.12$ ) เล็กน้อยยกเว้นคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM

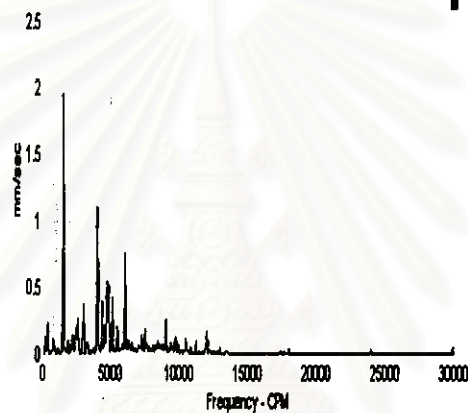
ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor สามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์ควาวิเทชันจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น

เมื่อพิจารณาจากภาพถ่ายประกอบจะเห็นว่าความหนาแน่นและจำนวนของฟองไอน้ำปริมาณน้อยมากจึงทำให้การสั่นสะเทือนที่เกิดจากฟองไอน้ำแตกตัวมีน้อย จึงสร้างการการสั่นสะเทือนกับโครงสร้างที่จุดวัดน้อยมาก ส่งผลให้ Noise Floor ที่สามารถวัดได้มีขนาดการสั่นสะเทือนน้อยมากด้วย



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-95 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ที่  $\sigma_2 = 3.43$  ของออร์บิท B = 0.5 ที่ 800 rpmเปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชัน ( $\sigma_2 = 8.02$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์ควิเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

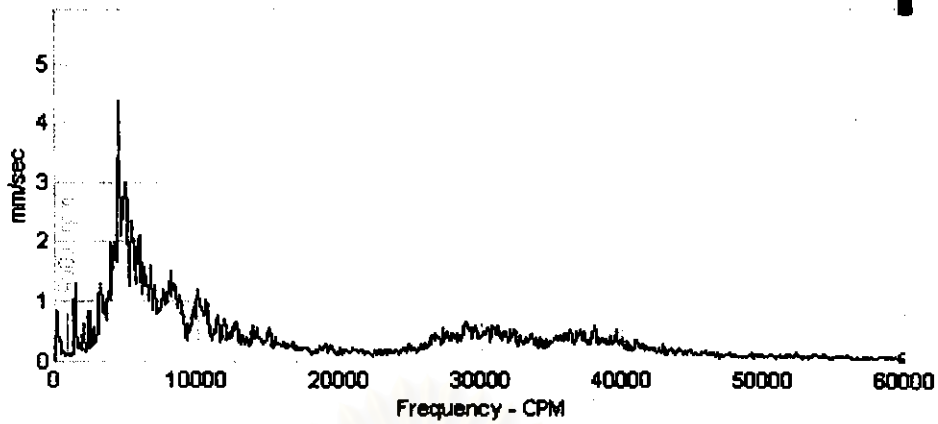
รูปที่ 5-95 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 3.43$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 8.02$ ) ชัดเจนกล่าวคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณค่อนข้างกว้างที่ 9800 CPM

ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมากจะแตกต่างเพียงขนาดของสัญญาณการสั่นสะเทือนในบางความถี่เท่านั้น

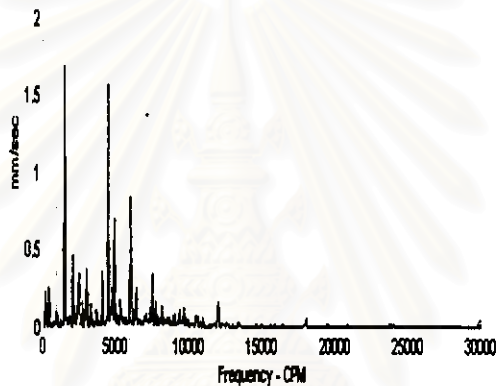
จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor สามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์ คาวิเทชันจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น ส่วนขนาดสัญญาณการสั่นสะเทือนของ Noise Floor ที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 3.54$  นั้นเกิดจากความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิเทชันที่เพิ่มขึ้นซึ่งเห็นได้จากค่า Cavitation Number ที่ลดลงและการสังเกตรูปถ่าย กล่าวคือรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปถ่ายปรากฏการณ์ คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 3.54$  จะเห็นว่ารูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่ Cavitation Number น้อยกว่าจะมีความหนาแน่นและจำนวนฟองไอบามากกว่าส่งผลให้ความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิเทชันเพิ่มขึ้น

ส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 9800 CPM ซึ่งมีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติ นั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ประมาณ 8500 CPM และ 9850 CPM) ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างผิดปกติและมีขนาดการสั่นสะเทือนสูงอย่างที่เห็น ส่วนที่ 8500 CPM นั้นคาดว่าสัญญาณมีขนาดการสั่นสะเทือนน้อยจนไม่เห็นความแตกต่างกับ Noise Floor

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-96 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ที่  $\sigma_2 = 2.715$  ของออร์บิท B=0.5 ที่ 900 rpm เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 5.7$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

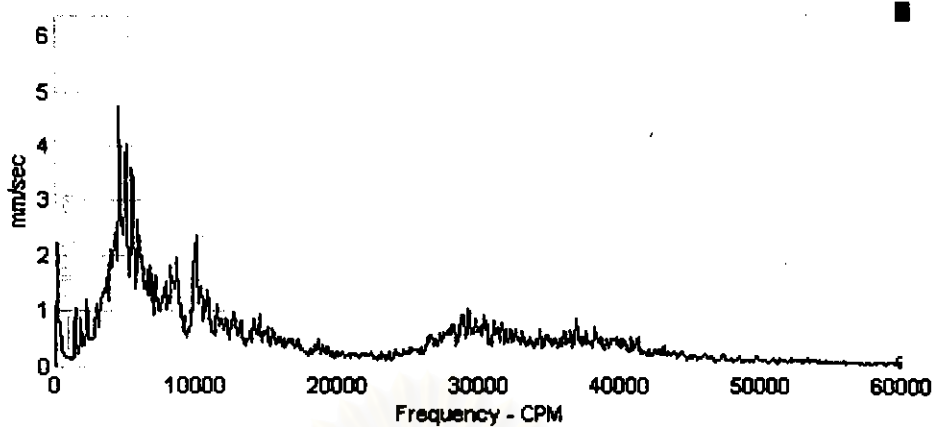
รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวีเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

รูปที่ 5-96 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์คาวิตชัน ( $\sigma_2 = 2.715$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตชัน ( $\sigma_2 = 5.7$ ) ชัดเจน กล่าวคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างที่ความถี่ 8350 CPM และ 9900 CPM โดยฐานของยอดสัญญาณทั้งสองจะอยู่ที่ความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 14000 CPM

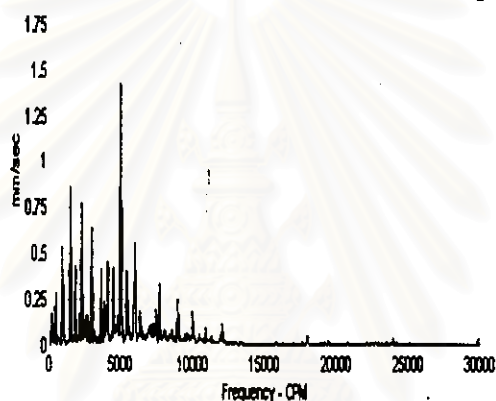
ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

Noise Floor ที่สังเกตเห็นจะมีขนาดสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิตชันที่  $\sigma_2 = 3.43$  ซึ่งเกิดจากการที่ปรากฏการณ์คาวิตชันมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นโดยสังเกตได้จาก Cavitation Number ลดลงและจากการพิจารณาภาพถ่ายส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 8350 CPM และ 9900 CPM ซึ่งมีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติ นั่นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลองที่ความถี่นี้ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีขนาดการสั่นสะเทือนสูงและฐานของยอดสัญญาณกว้างดังปรากฏในรูป

เมื่อพิจารณาจากภาพถ่ายประกอบจะเห็นว่าความหนาแน่นและจำนวนของฟองไอน์มีปริมาณมากขึ้นเมื่อเทียบกับรูปถ่ายของปรากฏการณ์คาวิตชันที่  $\sigma_2 = 3.43$  ส่งผลให้ความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิตชันเพิ่มขึ้น



รูป ก



รูป ข



รูป ค

- รูปที่ 5-97 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ที่  $\sigma_2 = 2.636$  ของออร์บิต  $B = 0.5$  ที่ 1000 rpm เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 4.98$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน
- รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันของชุดทดลอง
- รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน
- รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ



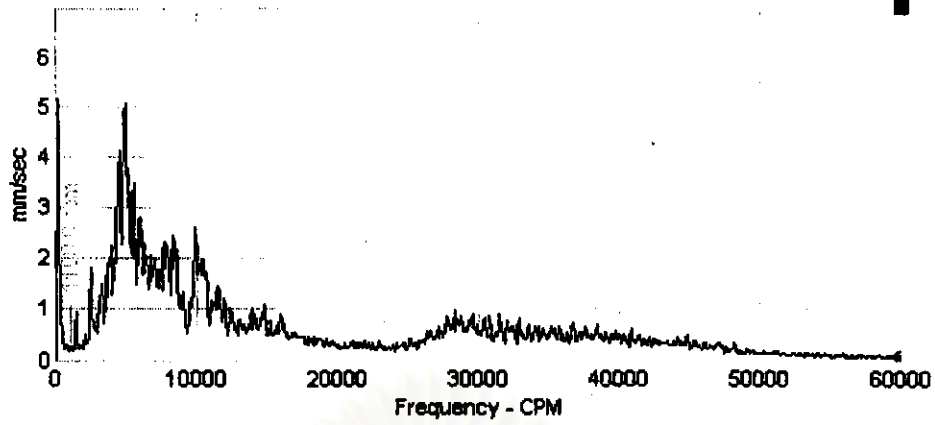
รูปที่ 5-97 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์คาวิตีชัน ( $\sigma_2 = 2.636$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตีชัน ( $\sigma_2 = 4.98$ ) ชัดเจน กล่าวคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณค่อนข้างกว้างที่ความถี่ 8550 CPM และ 9900 CPM

ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

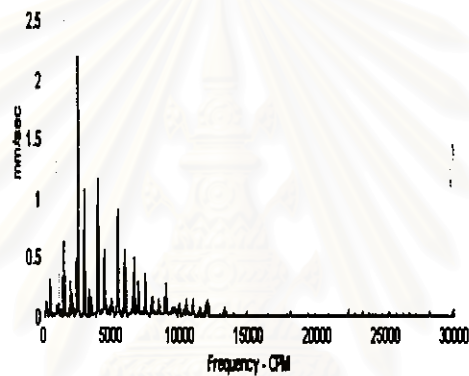
จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor ซึ่งเกิดจากปรากฏการณ์คาวิตีชัน ทำให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้าง ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น ส่วนสัญญาณของ Noise Floor ที่สูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิตีชันที่  $\sigma_2 = 2.715$  นั้นเกิดจากความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิตีชันที่เพิ่มขึ้นซึ่งเห็นได้จากค่า Cavitation Number ที่ลดลงเล็กน้อยจาก  $\sigma_2 = 2.715$  เป็น  $\sigma_2 = 2.636$  และจากการสังเกตรูปถ่าย โดยในส่วนของรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิตีชันเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิตีชันที่  $\sigma_2 = 2.715$  จะเห็นว่ารูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิตีชันที่  $\sigma_2 = 2.636$  จะมีความหนาแน่นและจำนวนฟองไอบามากกว่าส่งผลให้ความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิตีชันเพิ่มขึ้น

ส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 8550 CPM และ 9900 CPM ซึ่งมีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกตินั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ประมาณ 8500 CPM และ 9850 CPM) ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างผิดปกติและมีขนาดการสั่นสะเทือนสูงอย่างเห็น

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ก



รูป ข



รูป ค

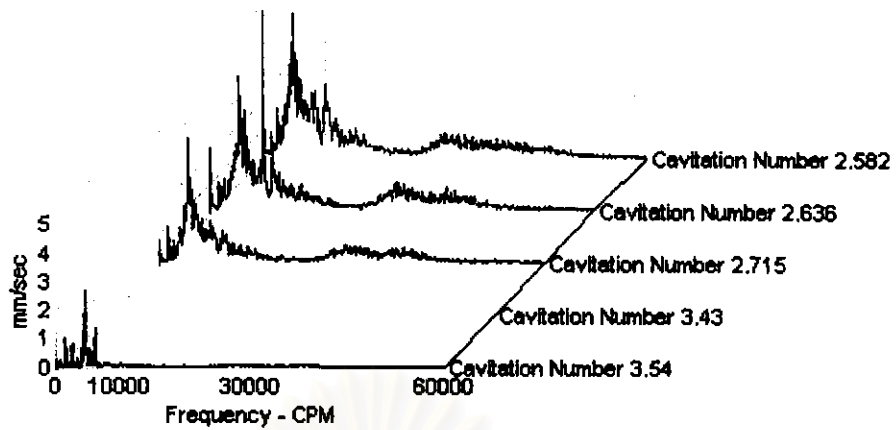
- รูปที่ 5-98 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ที่  $\sigma_2 = 2.582$  ของออร์ฟิส B=0.5 ที่ 1100 rpm เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 4.66$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน
- รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลอง
- รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน
- รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวีเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

รูปที่ 5-98 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 2.582$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลอง ขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 4.66$ ) ชัดเจนกล่าวคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างที่ความถี่ 8400 CPM และ 9825 CPM โดยฐานของยอดสัญญาณทั้งสองจะครอบคลุมอยู่ที่ความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 14000 CPM

ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และชาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและชาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

Noise Floor ที่สังเกตเห็นจะมีขนาดสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวีเทชันที่  $\sigma_2 = 2.636$  ซึ่งเกิดจากการที่ปรากฏการณ์คาวีเทชันมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นโดยสังเกตได้จาก Cavitation Number ลดลงและจากการพิจารณาภาพถ่าย ส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 8400 CPM และ 9825 CPM ซึ่งมีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกตินั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลองที่ความถี่นี้ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีขนาดการสั่นสะเทือนสูงและฐานของยอดสัญญาณกว้างดังปรากฏในรูป

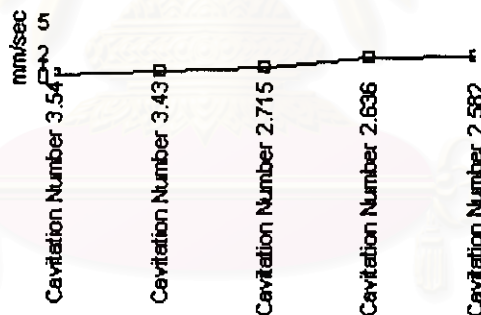
เมื่อพิจารณาจากภาพถ่ายประกอบจะเห็นว่าความหนาแน่นและจำนวนของฟองไอมีปริมาณมากขึ้นเมื่อเทียบกับรูปถ่ายของปรากฏการณ์คาวีเทชันที่  $\sigma_2 = 2.636$  ส่งผลให้ความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวีเทชันเพิ่มขึ้น



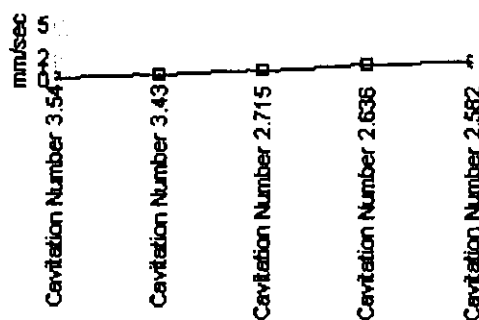
รูปที่ 5-99 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว y ที่  $\sigma_2$  ต่างๆ ของออร์ฟิต B=0.5

รูปที่ 5-99 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิตेशनเนื่องจากออร์ฟิตรุนแรงขึ้น ( $\sigma_2$  ลดลง)ขนาดการสั่นสะเทือนของ Noise Floor ก็จะมีเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ความถี่ใกล้กับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ที่ 8500 CPM และ 9850 CPM) จะมีขนาดสัญญาณการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้นดังแสดงในรูป 5-100 และ รูปที่ 5-101



รูปที่ 5-100 แสดง Amplitude ในแนว y ที่ 8500 CPM ของออร์ฟิต B=0.5 ที่ ระดับความรุนแรงต่างๆกัน



รูปที่ 5-101 แสดง Amplitude ในแนว y ที่ 9900 CPM ของออริฟิส B=0.5 ที่  
ระดับความรุนแรงต่างๆกัน

รูปที่ 5-100 และ รูปที่ 5-101 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปรากฏการณ์คาวิตേഷันมีความรุนแรงขึ้น (σ ลดลง) ยอดสัญญาณที่เกิดเนื่องจากการเรโซแนนซ์ของ Noise Floor กับความถี่ธรรมชาติ จะมีขนาดการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้หากพิจารณารูปที่ 5-99 ประกอบจะเห็นว่าช่วงฐานของ ยอดสัญญาณนี้จะกว้างขึ้นเมื่อปรากฏการณ์คาวิตേഷันรุนแรงขึ้น

**สรุปผลการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิตेशन  
ของการทดลองโดยปรับวาล์วปรับอัตราการไหลคงที่แต่เปลี่ยนรอบการทำงานของปั๊ม**

จะมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่วัดขณะเกิดปรากฏการณ์คาวิตेशनในชุดทดลองแบบ  
ออร์ทิสต่างจากสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตेशनกล่าว  
คือ

**ในแนว x**

- 1) จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM-50000 CPM
- 2) มียอดสัญญาณที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติสังเกตเห็นได้ที่ประมาณ 7200 CPM

**ในแนว y**

- 1) จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5000 CPM ขึ้นไป
- 2) มียอดสัญญาณที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติสังเกตเห็นได้ที่ประมาณ 8400 CPM ถึง 8600 CPM และ 9800 CPM ถึง 9900 CPM

การทดลองโดยรอบการทำงานของปั๊มคงที่แต่ปรับวาล์วปรับอัตราการไหล

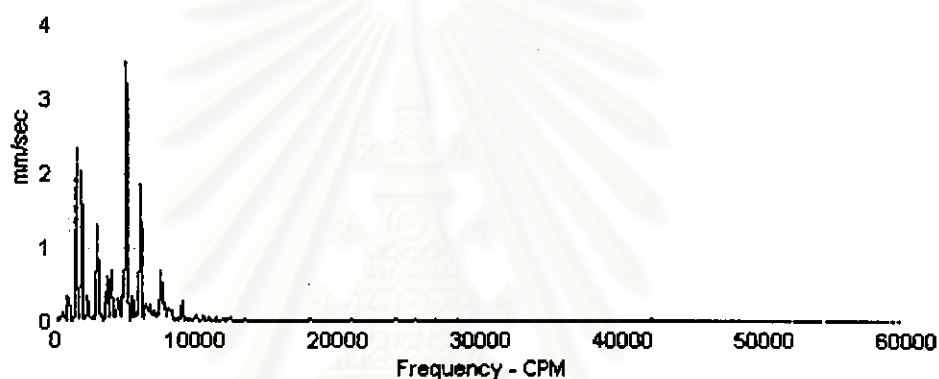
สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อไม่เกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชัน

ในการทดลองครั้งนี้จะวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ดังแสดงในรูปที่ 5-4

ข้อมูลในการวิเคราะห์

- 1) มอเตอร์หมุน 1500 รอบ/นาที
- 2) ปั๊มมี 6 ใบ
- 3) รอบการทำงานของปั๊ม 1000 รอบ/นาที

ผลการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนของออริฟิส B=0.3

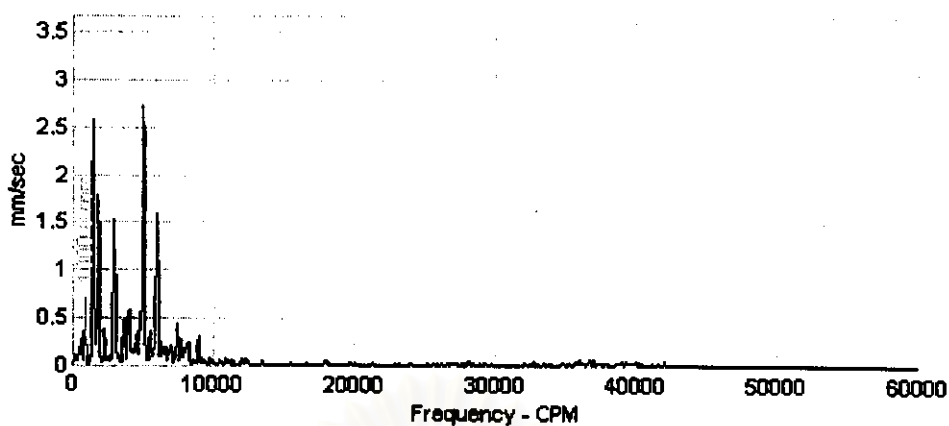


รูปที่ 5-102 สัญญาณการสั่นสะเทือนของออริฟิสเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชันของออริฟิส

$$B=0.3 \Delta p=7.4 \text{ mmHg} (\sigma_2=9.71)$$

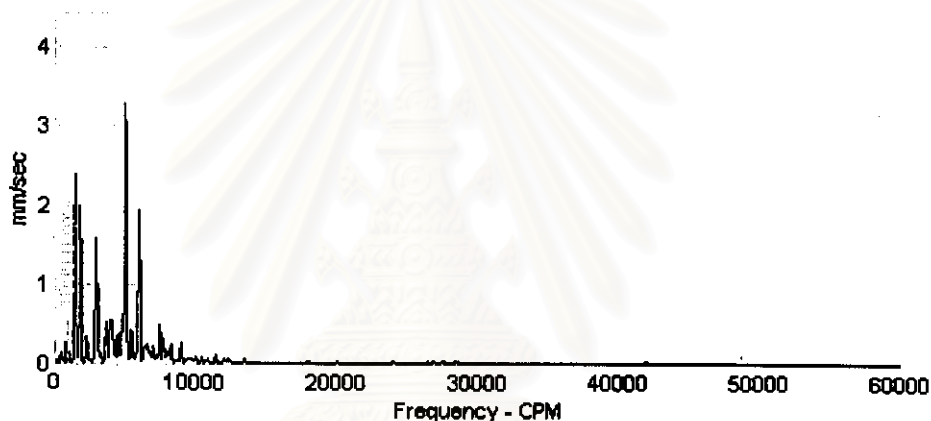
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





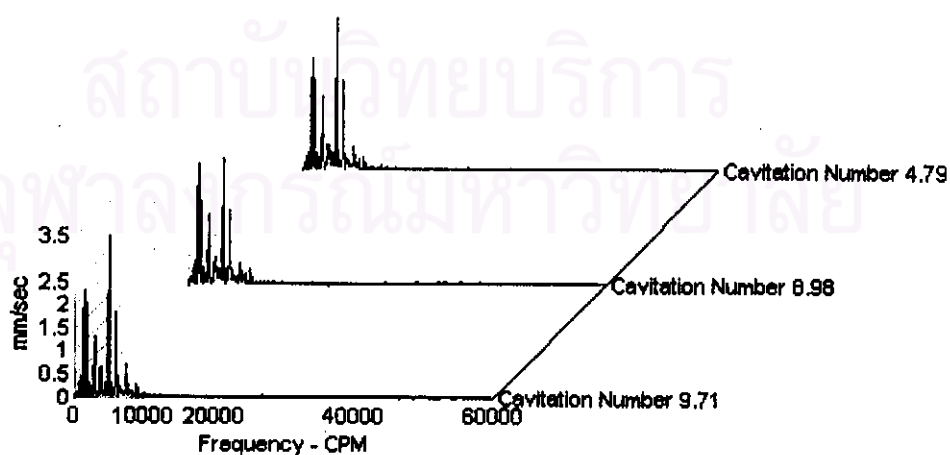
รูปที่ 5-103 สัญญาณการสั่นสะเทือนของออร์พิสเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของออร์พิส

$$B=0.3 \Delta p=8 \text{ mmHg} (\sigma_2=8.98)$$



รูปที่ 5-104 สัญญาณการสั่นสะเทือนของออร์พิสเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของออร์พิส

$$B=0.3 \Delta p=15 \text{ mmHg} (\sigma_2=4.79)$$

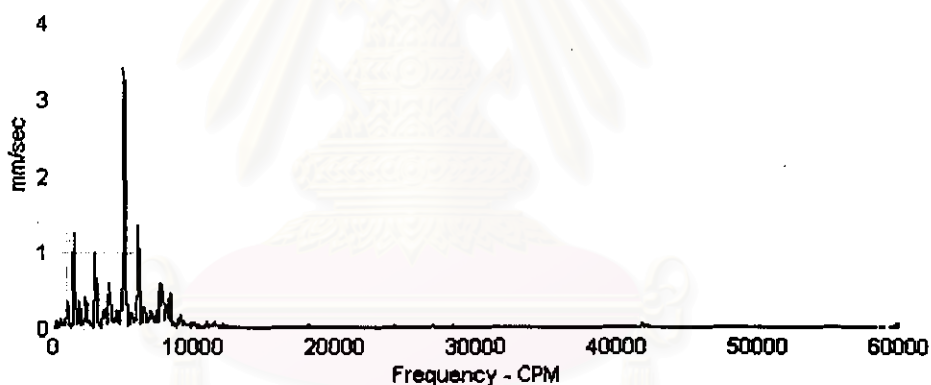


รูปที่ 5-105 สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชันที่  $\Delta p=7.4, 8, 15$  mmHg ของออร์พิส  $B=0.3$

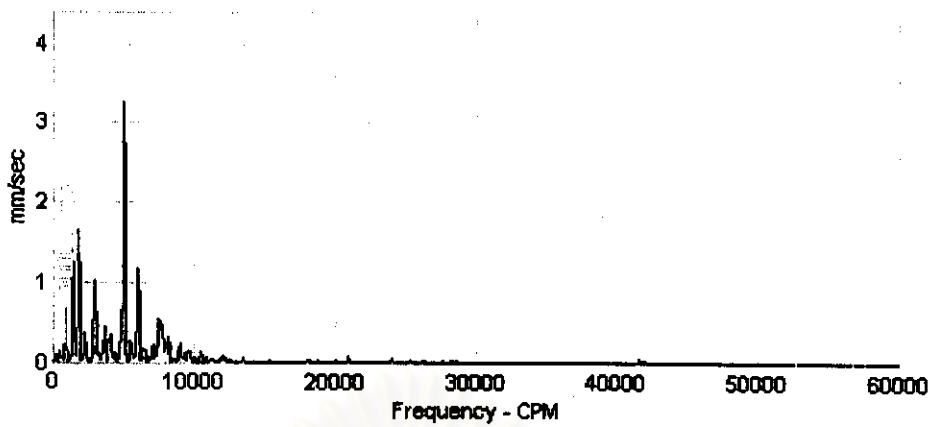
รูปที่ 5-102 ถึง รูปที่ 105 มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันมากกล่าวคือ แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 7500 CPM 9000 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

นอกจากนี้ยังมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1000 CPM 2000 CPM 3000 CPM 4000 CPM 5000 CPM 6000 CPM 7000 CPM 8000 CPM 10000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 6000 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 5000 CPM 6000 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency

#### ผลการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนของออริฟิต B=0.4

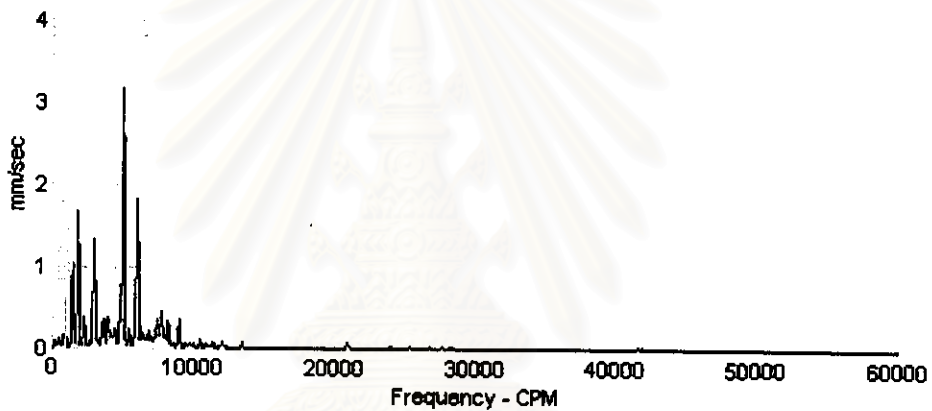


รูปที่ 5-106 สัญญาณการสั่นสะเทือนของออริฟิตเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของออริฟิต  
 $B=0.4 \Delta p=21.75 \text{ mmHg} (\sigma_2=8.99)$



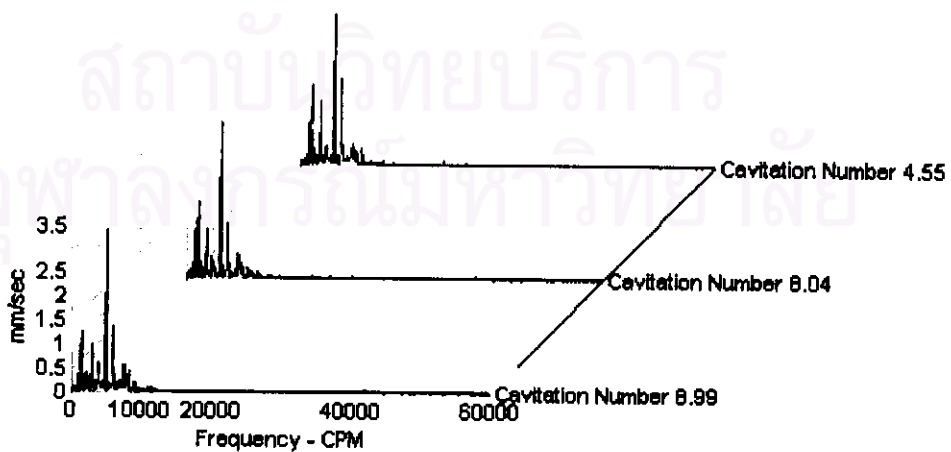
รูปที่ 5-107 สัญญาณการสั่นสะเทือนของออร์บิตเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คavitationของออร์บิต

$$B=0.4 \Delta p=23.31 \text{ mmHg} (\sigma_2=8.04)$$



รูปที่ 5-108 สัญญาณการสั่นสะเทือนของออร์บิตเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คavitationของออร์บิต

$$B=0.4 \Delta p=41.5 \text{ mmHg} (\sigma_2=4.55)$$



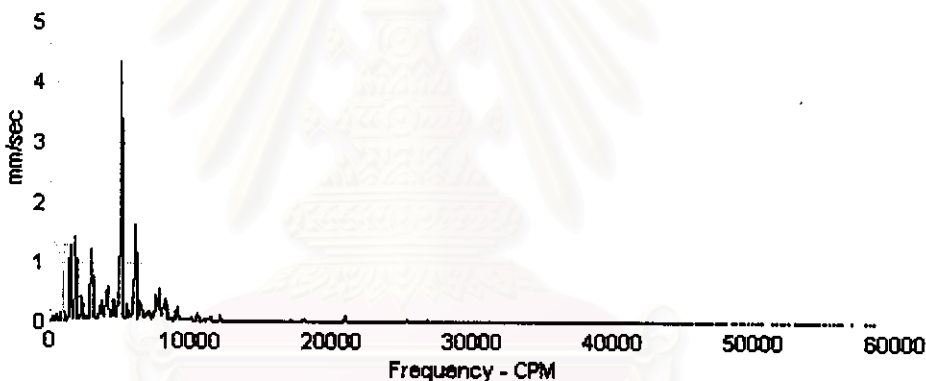
รูปที่ 5-109 สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คavitationที่  $\Delta p=$

$$21.75, 23.31, 43.709 \text{ ของออร์บิต } B=0.4$$

รูปที่ 5-106 ถึง รูปที่ 109 มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันมากกล่าวคือ แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 7500 CPM 9000 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

นอกจากนี้ยังมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1000 CPM 2000 CPM 3000 CPM 4000 CPM 5000 CPM 6000 CPM 7000 CPM 8000 CPM 10000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 6000 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 5000 CPM 6000 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency

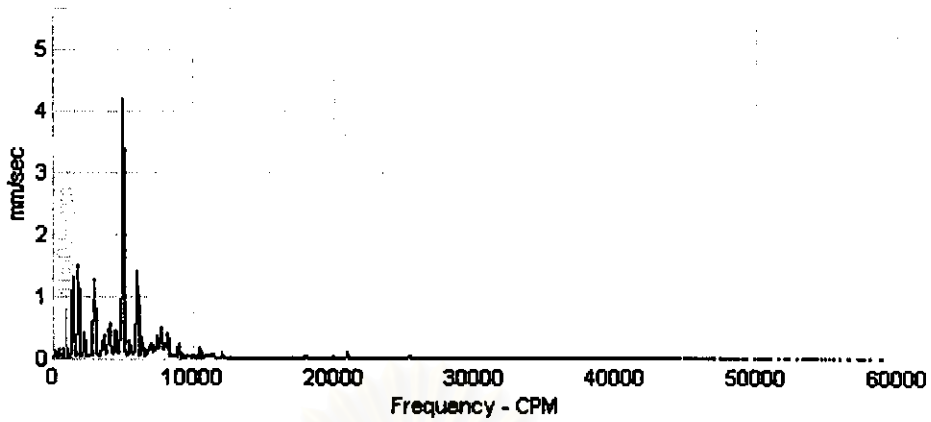
ผลการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนของออร์บิท B=0.5



รูปที่ 5-110 สัญญาณการสั่นสะเทือนของออร์บิทเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของออร์บิท

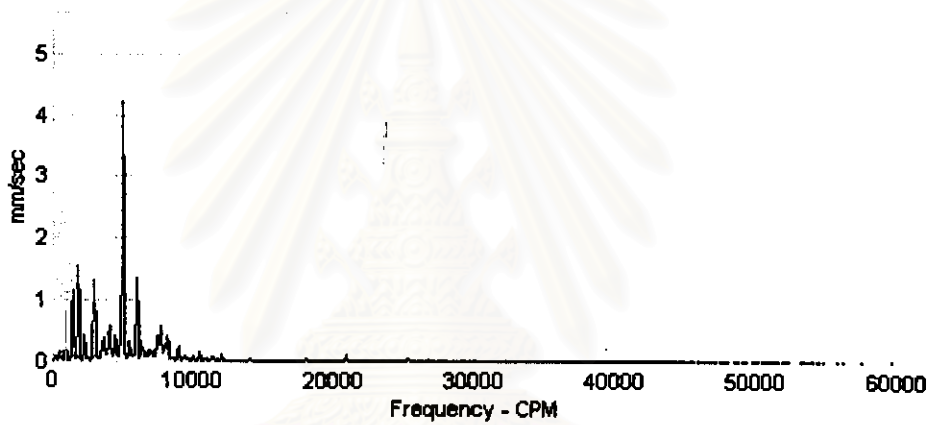
$$B=0.5 \Delta p=48.5 \text{ mmHg} (\sigma_2=9.04)$$

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



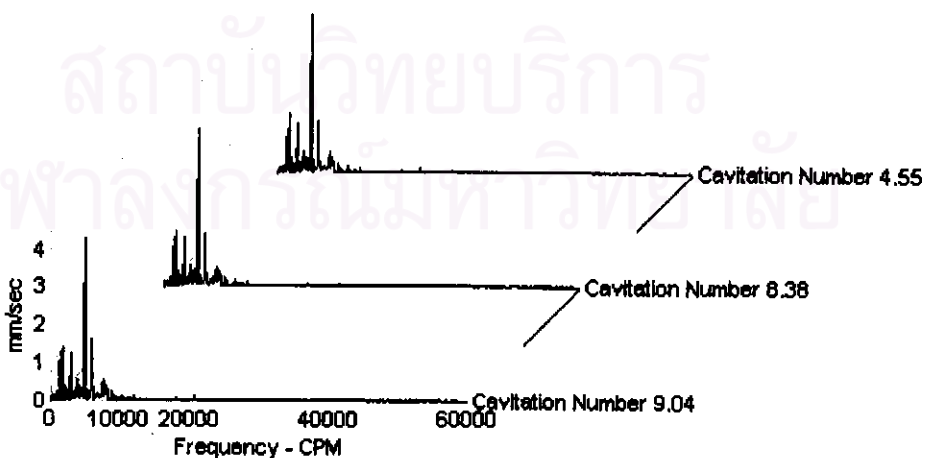
รูปที่ 5-111 สัญญาณการสั่นสะเทือนของออร์ฟิตเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของออร์ฟิต

$$B=0.5 \Delta p=52.5 \text{ mmHg} (\sigma_2= 8.38)$$



รูปที่ 5-112 สัญญาณการสั่นสะเทือนของออร์ฟิตเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของออร์ฟิต

$$B=0.5 \Delta p=98.2127 \text{ mmHg} (\sigma_2= 4.55)$$



รูปที่ 5-113 สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชันที่

$$\Delta p = 48.87, 52.46, 98.2127 \text{ ของออร์ฟิต } B=0.5$$

รูปที่ 5-110 ถึง รูปที่ 113 มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันมากกล่าวคือ แสดงให้เห็นยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 7500 CPM 9000 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

นอกจากนี้ยังมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1000 CPM 2000 CPM 3000 CPM 4000 CPM 5000 CPM 6000 CPM 7000 CPM 8000 CPM 10000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 6000 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊ม ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 5000 CPM 6000 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency

สรุปผลการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อไม่เกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชันของการทดลองโดยรอบการทำงานของปั๊มคงที่แต่ปรับวาล์วปรับอัตราการไหล  
จะแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 ส่วนคือ

1) ยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 7500 CPM 9000 CPM ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ของรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน สัญญาณการสั่นสะเทือนลักษณะนี้เป็นน่าจะเกิดจากแรงกระทำจากการหมุนของมอเตอร์มากระตุ้นตัวโครงสร้างที่ตำแหน่งวัด

2) สัญญาณการสั่นสะเทือนปรากฏที่ความถี่ 1000 CPM 2000 CPM 3000 CPM 4000 CPM 5000 CPM 6000 CPM 7000 CPM 8000 CPM 10000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมัน ในกรณีนี้สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 6000 CPM คาดเดาได้ว่าเป็น Blade Pass Frequency ของปั๊มเนื่องจากปั๊มมี 6 ใบพัด ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 5000 CPM 6000 CPM เป็น Side Band ของ Blade Pass Frequency

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### สัญญาณการสันตะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิตชัน

ในการทดลองครั้งนี้จะวัดสัญญาณการสันตะเทือนในแนว  $x$  ดังแสดงในรูปที่ 5-4 ปรากฏการณ์คาวิตชันเกิดได้โดยการที่น้ำซึ่งผ่านการลดความดันโดยเครื่องสร้างปรากฏการณ์คาวิตชัน(ความดันที่ลดลงยังสูงกว่าความดันไอของๆน้ำที่อุณหภูมินั้นๆ)มาไหลผ่านชุดทดลองแบบออร์พิสทำให้ความดันตกต่ำกว่าความดันไอของๆเหลว ส่งผลให้เกิดฟองไอขึ้นเมื่อฟองไอแตกตัวโดยความดันพื้นผิวของๆเหลวจะทำให้เกิดการสันตะเทือนที่ผนังชุดทดลอง

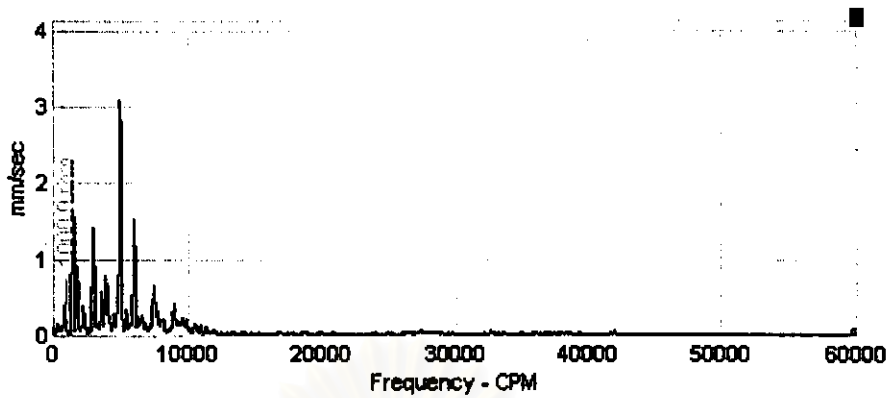
ในส่วนนี้จะแสดงการเปรียบเทียบผลการวัดสัญญาณการสันตะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิตชันของชุดทดลองกับสัญญาณการสันตะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตชัน และแสดงภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิตชันประกอบการวิเคราะห์



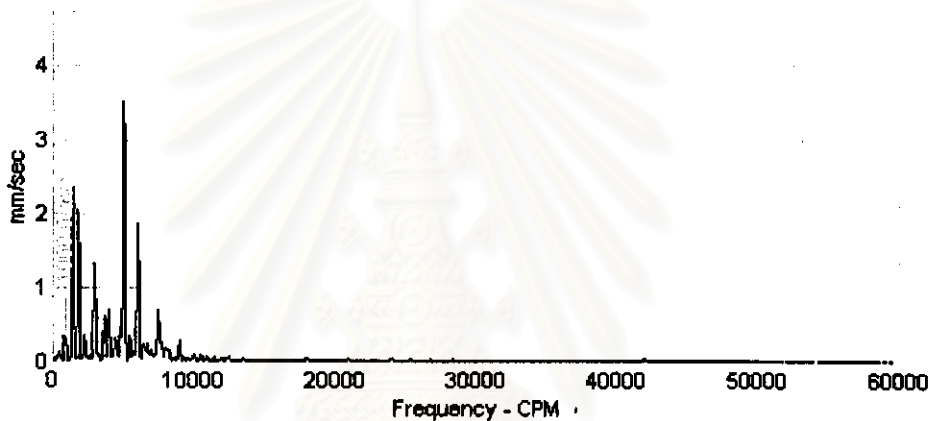
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



**ผลการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนสำหรับออร์บิต B = 0.3**



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-114 สัญญาณการสั่นสะเทือนที่  $\sigma_2 = 4.53$  ของออร์บิต B = 0.3 เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิด

ปรากฏการณ์คาวิตีชัน ( $\sigma_2 = 9.71$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิตีชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตีชันของชุดทดลองที่รอบการทำงาน of ปั๊มเดียวกัน

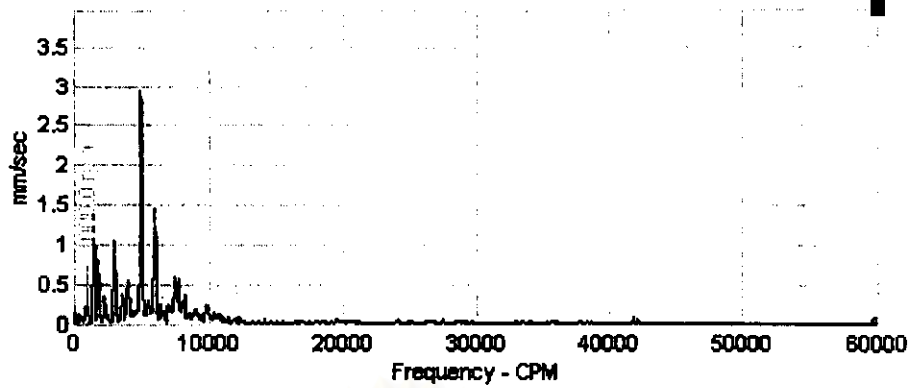
รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิตีชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

รูปที่ 5-114 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ควาวิทซ์ ( $\sigma_2 = 4.53$ ) แทบจะไม่ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควาวิทซ์ ( $\sigma_2 = 9.71$ ) กล่าวคือ จะมี สัญญาณหลักๆ ที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 7500 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันซึ่งคล้ายคลึงกันมาก

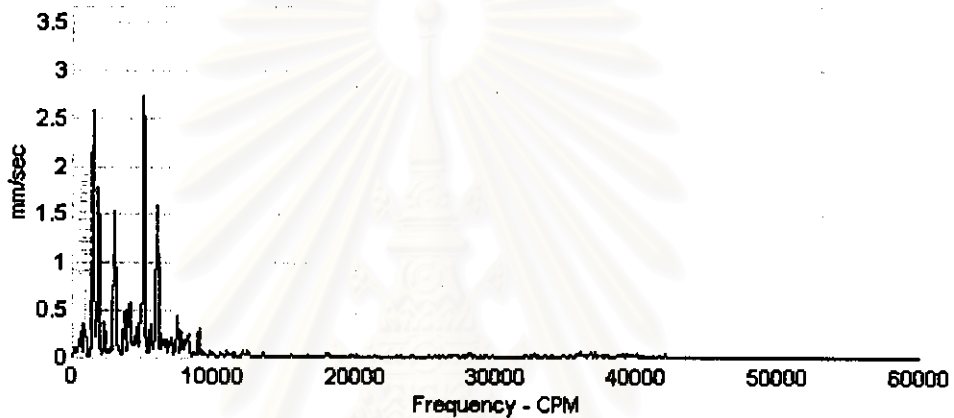
เมื่อพิจารณาจากภาพถ่ายประกอบจะเห็นว่าความหนาแน่นและจำนวนของฟองไอน้ำปริมาณน้อยมากจึงทำให้การสั่นสะเทือนที่เกิดจากฟองไอน้ำแตกตัวมีน้อย จึงสร้างการการสั่นสะเทือนกับโครงสร้างที่จุดวัดน้อยมาก ส่งผลให้ไม่สามารถเห็นความแตกต่างของสัญญาณการสั่นสะเทือน



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-115 สัญญาณการสั่นสะเทือนที่  $\sigma_2 = 4.5$  ของออร์บิทัล  $B = 0.3$  เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิด

ปรากฏการณ์ควิเทชัน ( $\sigma_2 = 9.58$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์ควิเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

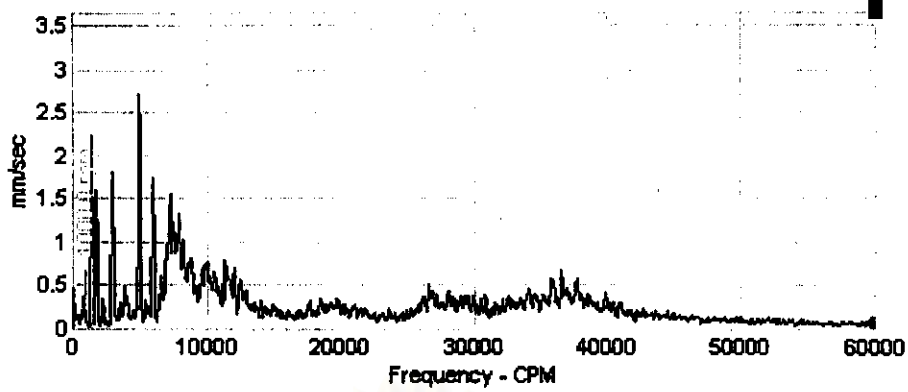
รูปที่ 5-115 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์คาวิตेशन ( $\sigma_2 = 4.5$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตेशन ( $\sigma_2 = 9.58$ ) เล็กน้อย กล่าวคือ จะมี Noise Floor ที่มีขนาดใหญ่มากเกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 20000 CPM ถึง 40000 CPM

แต่ในส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

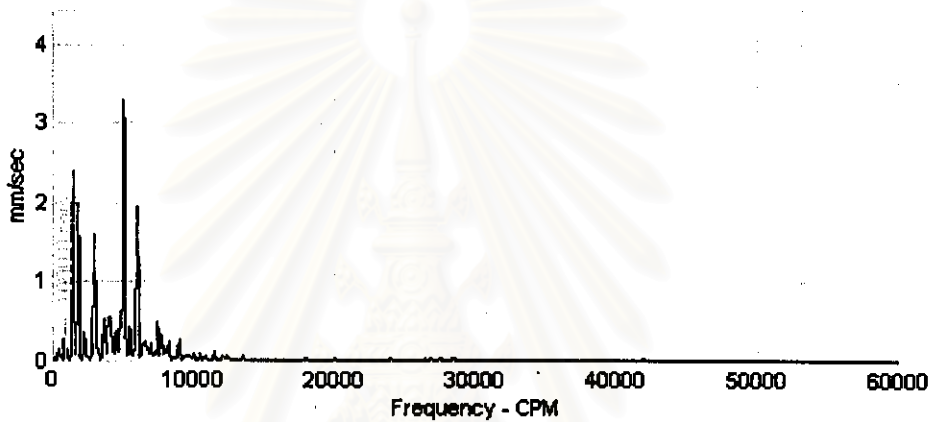
จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor สามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์คาวิตेशनจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น

เมื่อพิจารณาจากภาพถ่ายประกอบจะเห็นว่าความหนาแน่นและจำนวนของฟองไอน้ำปริมาณน้อยมากจึงทำให้การสั่นสะเทือนที่เกิดจากฟองไอน้ำแตกตัวมีน้อย จึงสร้างการการสั่นสะเทือนกับ โครงสร้างที่จุดวัดน้อย ส่งผลให้ Noise floor ที่สามารถวัดได้มีขนาดใหญ่มาก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-116 สัญญาณการสั่นสะเทือนที่  $\sigma_2 = 4.2267$  ของออร์บิต  $B = 0.3$  เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 8.98$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

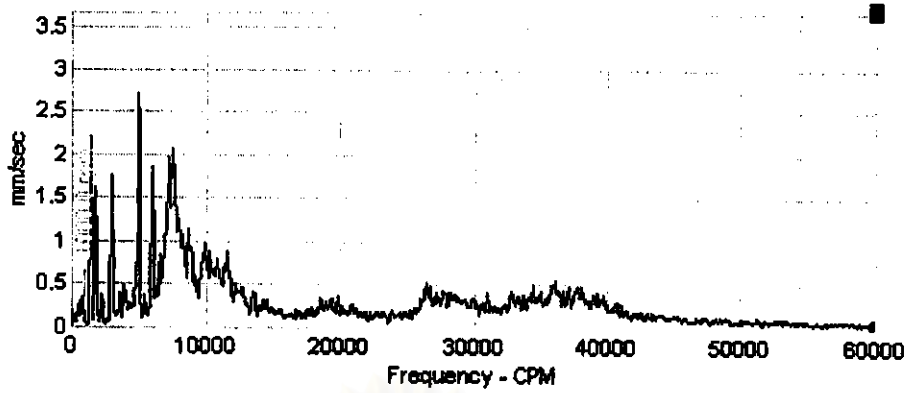
รูปที่ 5-116 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์คาวิตชัน ( $\sigma_2 = 4.2267$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตชัน ( $\sigma_2 = 8.98$ ) ก่อนข้างชัดเจนกล่าวคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM นอกจากนี้จะสังเกตเห็นว่ามียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติที่ 7225 CPM

แต่ในส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

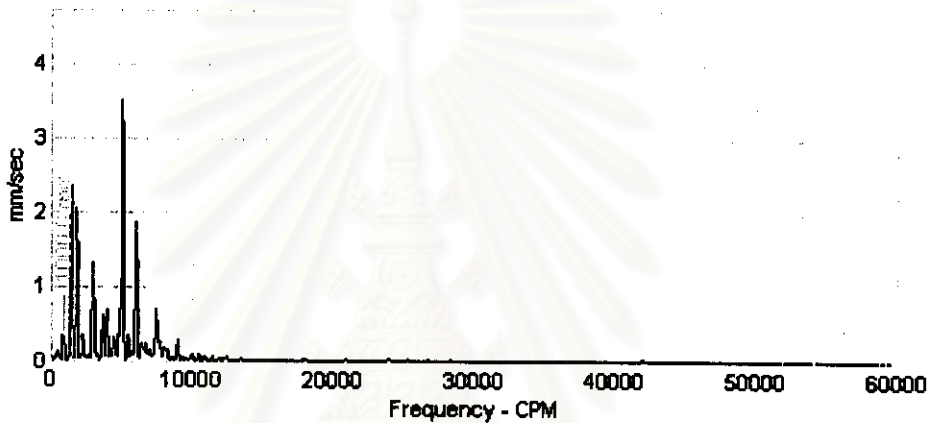
จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor ซึ่งเกิดจากโครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างเนื่องมาจากปรากฏการณ์คาวิตชัน ส่วนสัญญาณของ Noise Floor ที่สูงขึ้นชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิตชันที่  $\sigma_2 = 4.5$  นั้นเป็นเพราะปรากฏการณ์คาวิตชันมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นซึ่งสังเกตได้จาก Cavitation Number ลดลงจาก  $\sigma_2 = 4.5$  เป็น  $\sigma_2 = 4.22$  และจากรูปถ่าย กล่าวคือเมื่อนำรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิตชันที่  $\sigma_2 = 4.5$  และ  $\sigma_2 = 4.22$  มาเปรียบเทียบกันรูปถ่ายจะแสดงว่ารูปถ่ายที่มี Cavitation Number ต่ำกว่าจะมีความหนาแน่นและปริมาณของฟองไอน์มากกว่า

ส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7225 CPM ซึ่งมีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติอย่างมากนั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ที่ความถี่ 7250) นี้ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างกว่าปกติอย่างเห็น

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-117 สัญญาณการสั่นสะเทือนที่  $\sigma_2 = 3.757$  ของออร์บิต  $B = 0.3$  เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิด

ปรากฏการณ์ควิเทชัน ( $\sigma_2 = 7.98$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์ควิเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

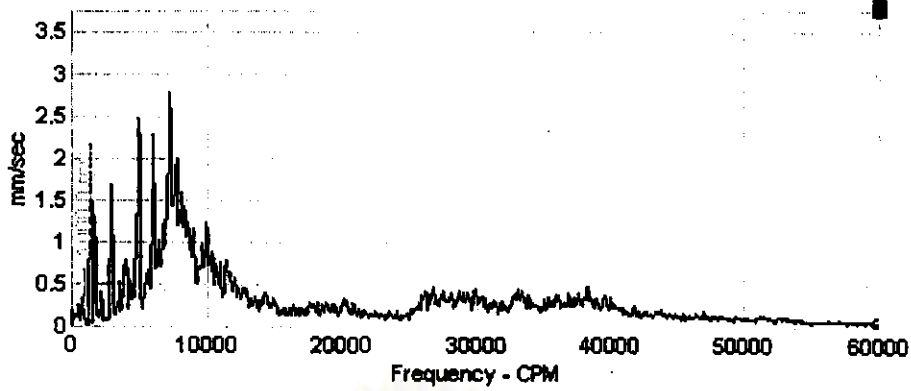


รูปที่ 5-117 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 3.757$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 7.98$ ) ก่อนชัดเจนกล่าวคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และ มียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติ ที่ 7425 CPM

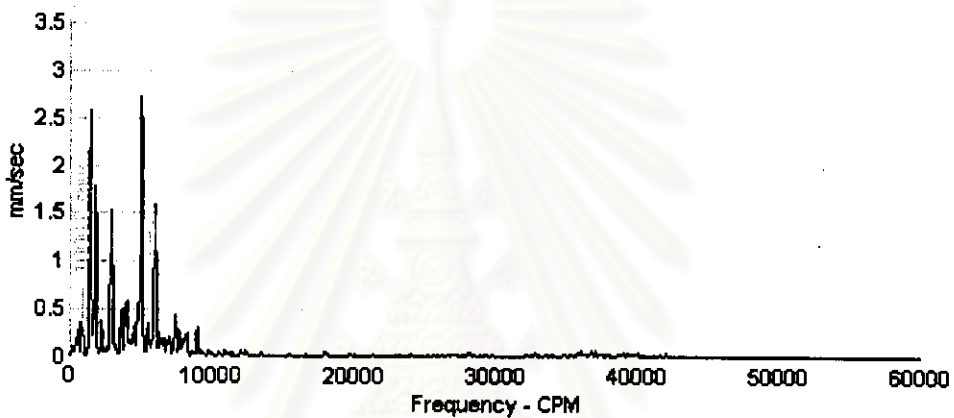
ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor สามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์ คาวิเทชันจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น ส่วนขนาดสัญญาณของ Noise Floor ที่สูงขึ้นชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 4.5$  เกิดจากความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิเทชันเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถเห็นได้จาก Cavitation Number ลดลงมากคือจาก  $\sigma_2 = 4.5$  เป็น  $\sigma_2 = 3.757$  และจากรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชัน กล่าวคือเมื่อนำรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่มี  $\sigma_2 = 4.5$  และ  $\sigma_2 = 3.757$  มาเปรียบเทียบกับกันจะปรากฏว่ามีความหนาแน่นและปริมาณฟองไอใกล้เคียงกันแต่ที่ปรากฏการณ์คาวิเทชันที่มี Cavitation Number ต่ำกว่าจะมีความหนาแน่นและปริมาณฟองไอบางกว่าเล็กน้อย

ส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7425 CPM ซึ่งมีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติ อย่างมากนั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ที่ความถี่ 7250 CPM) นี้ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) แล้วสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์ไปผสมกับยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7425 CPM จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างกว่าปกติอย่างเห็น



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-118 สัญญาณการสั่นสะเทือนที่  $\sigma_2 = 3.381$  ของออร์บิต  $B = 0.3$  เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิด

ปรากฏการณ์คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 7.19$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงาน of ปั๊มเดียวกัน

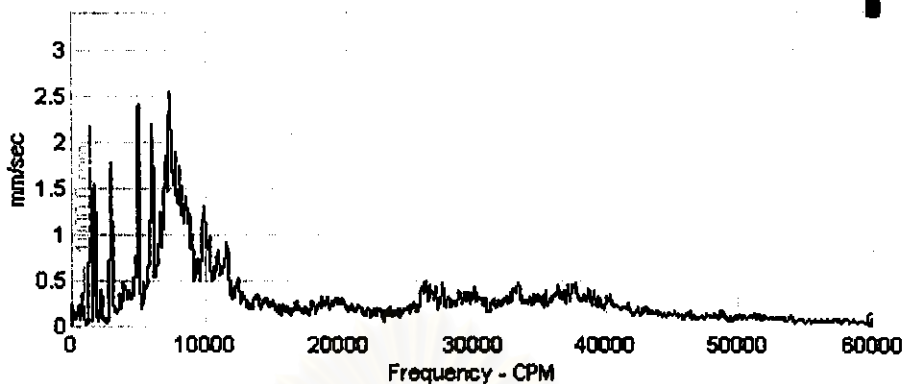
รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

รูปที่ 5-118 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 3.381$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 7.19$ ) ก่อนข้างชัดเจนก็คือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และ มียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่า ปกติมากที่สุดที่ 7422.5 CPM โดยฐานของยอดสัญญาณจะมีช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 13000 CPM

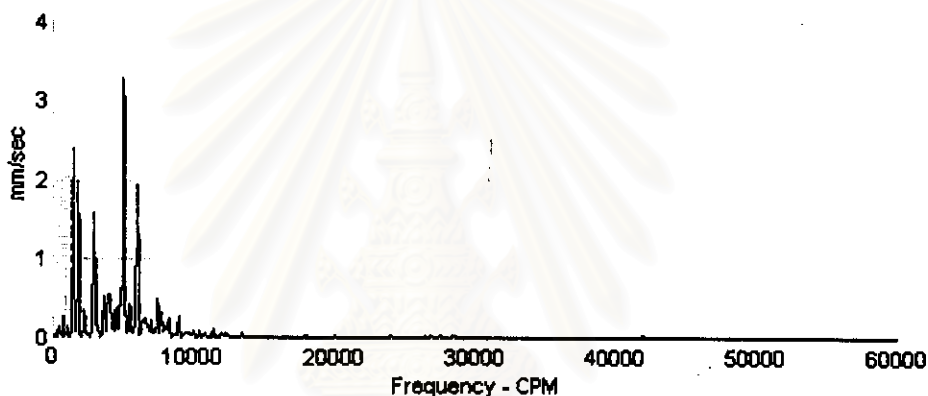
ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor ซึ่งเกิดจากปรากฏการณ์คาวิเทชัน สร้างการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบเดียวกัน ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น ส่วนสัญญาณของ Noise Floor ที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์ คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 3.757$  เกิดเนื่องมาจากปรากฏการณ์คาวิเทชันมีความรุนแรงมากขึ้น ซึ่งสามารถเห็นได้จาก Cavitation Number ที่ลดลงจาก  $\sigma_2 = 3.757$  เป็น  $\sigma_2 = 3.381$  และสังเกตจากรูปถ่าย ปรากฏการณ์คาวิเทชัน ในส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่า ปกติมากที่สุดที่ 7422.5 CPM นั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ที่ความถี่ 7250 CPM) นี้ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) แล้วสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์ไปผสมกับยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7462 CPM จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างกว่าปกติอย่างที่เห็นและเนื่องจากสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์มีความรุนแรงมากขึ้นเมื่อ Cavitation Number ลดลงสัญญาณที่ผสมกันจึงมีฐานของยอดสัญญาณกว้างขึ้นด้วยเมื่อ Cavitation Number ลดลง

เมื่อนำรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันมาประกอบการพิจารณาจะเห็นว่าเมื่อนำปรากฏการณ์ คาวิเทชันที่มี  $\sigma_2 = 3.757$  และ  $\sigma_2 = 3.381$  มาเปรียบเทียบกับกันจะปรากฏว่ามีความหนาแน่นและ ปริมาณฟองไอของปรากฏการณ์คาวิเทชันที่มี Cavitation Number ต่ำกว่าจะมีความหนาแน่นและ ปริมาณฟองไอมากกว่าซึ่งจะส่งผลให้ปรากฏการณ์คาวิเทชันรุนแรงขึ้น



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-119 สัญญาณการสั่นสะเทือนที่  $\sigma_2 = 2.8178$  ของออร์บิท  $B = 0.3$  เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิด

ปรากฏการณ์คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 5.99$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวีเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

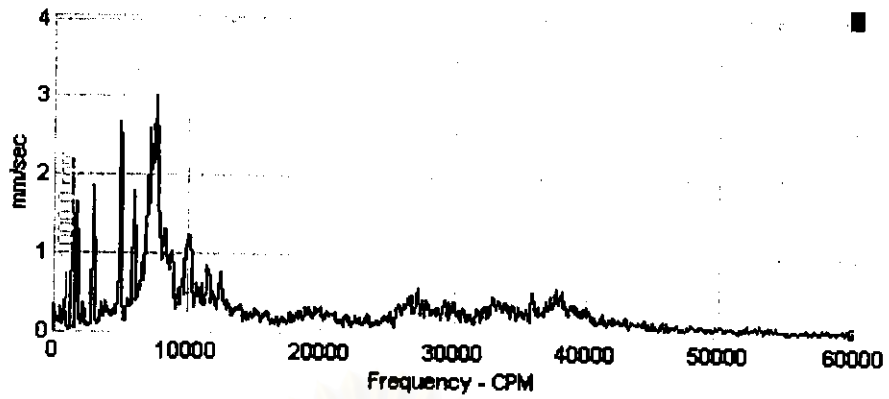
รูปที่ 5-119 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 2.8178$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 5.99$ ) ก่อนข้างชัดเจนกล่าวคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างที่ความถี่ 7475 CPM โดยฐานของยอดสัญญาณจะอยู่ที่ความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 13000 CPM

ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

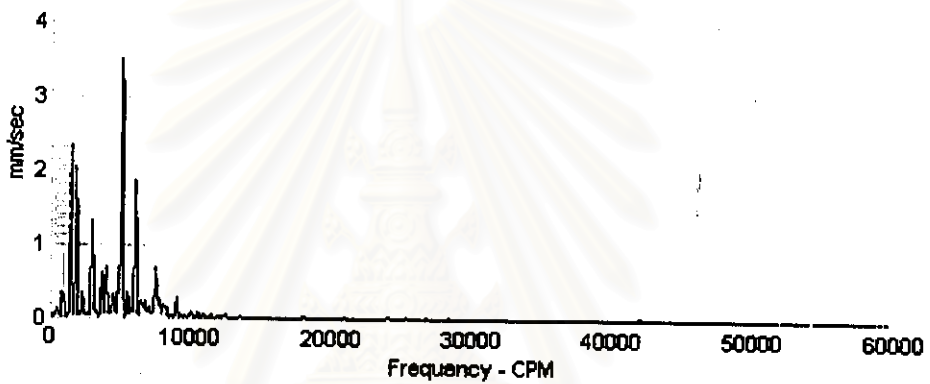
จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor สามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์ คาวิเทชันจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น ส่วนสัญญาณของ Noise Floor ที่สูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 3.381$  นั้นเกิดจากความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิเทชันที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยซึ่งเห็นได้จากค่า Cavitation Number ที่ลดลงจาก  $\sigma_2 = 3.381$  เป็น  $\sigma_2 = 2.81$  และจากการสังเกตรูปถ่าย โดยในส่วนของรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 3.381$  จะเห็นว่ารูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.81$  จะมีความหนาแน่นและจำนวนฟองไอบามากกว่าส่งผลให้ความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิเทชันเพิ่มขึ้น

ส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7475 ซึ่งมีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกตินั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ประมาณ 7250 CPM) ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) แล้วสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์ไปผสมกับยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7475 CPM จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างกว่าปกติอย่างที่เห็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-120 สัญญาณการสั่นสะเทือนที่  $\sigma_2 = 2.4152$  ของออร์บิต  $B = 0.3$  เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิด

ปรากฏการณ์คาวิตีชัน ( $\sigma_2 = 5.14$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิตีชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตีชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิตีชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

รูปที่ 5-120 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 2.4152$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 5.14$ ) ก่อนข้างชัดเจนกล่าวคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และ มียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างที่ความถี่ 7575 CPM โดยฐานของยอดสัญญาณจะอยู่ที่ความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 14000 CPM

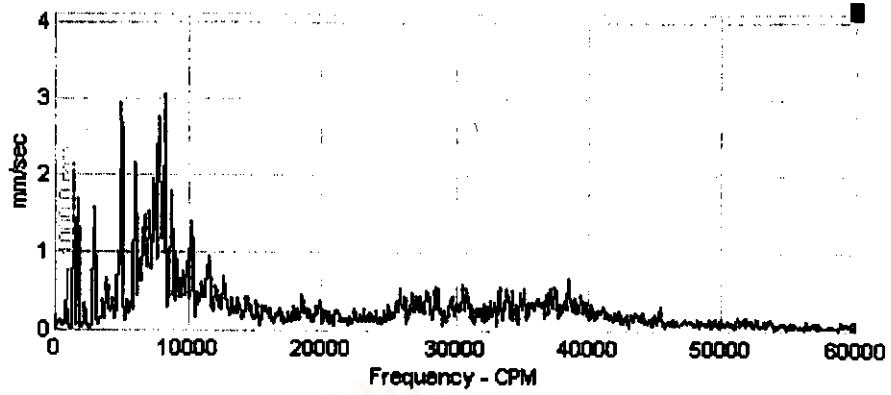
ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor ซึ่งเกิดจากโครงสร้างสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างเนื่องจากปรากฏการณ์คาวิเทชัน ส่วนสัญญาณของ Noise Floor ที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.81$  นั้นเกิดจากความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิเทชันที่เพิ่มขึ้นซึ่งเห็นได้จากค่า Cavitation Number ที่ลดลงจาก  $\sigma_2 = 2.81$  เป็น  $\sigma_2 = 2.4152$  และจากการสังเกตรูปถ่าย โดยในส่วนของรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.81$  จะเห็นว่ารูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.4152$  จะมีความหนาแน่นและจำนวนฟองไอบามากกว่า ส่งผลให้ความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิเทชันเพิ่มขึ้น

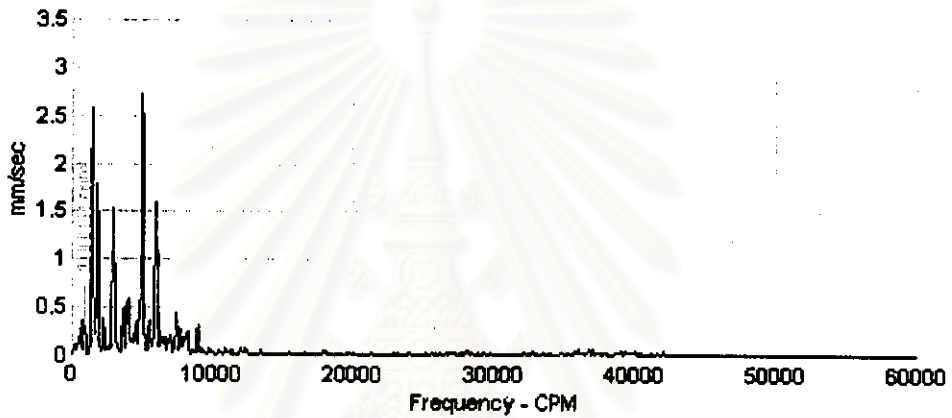
ในส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติมากที่สุดที่ 7575 CPM นั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ประมาณ 7250 CPM) ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) แล้วสัญญาณที่เกิดจากการ เรโซแนนซ์ไปผสมกับยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7575 CPM จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างกว่าปกติอย่างที่เห็นและเนื่องจากสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์มีความรุนแรงมากขึ้นเมื่อ Cavitation Number ลดลงสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์จึงมีฐานของยอดสัญญาณกว้างขึ้นด้วยเมื่อ Cavitation Number ลดลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูป ก



รูป ข



รูปที่ 5-121 สัญญาณการสั่นสะเทือนที่  $\sigma_2 = 2.2542$  ของออร์บิท  $B = 0.3$  เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิด

ปรากฏการณ์คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 4.79$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวีเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

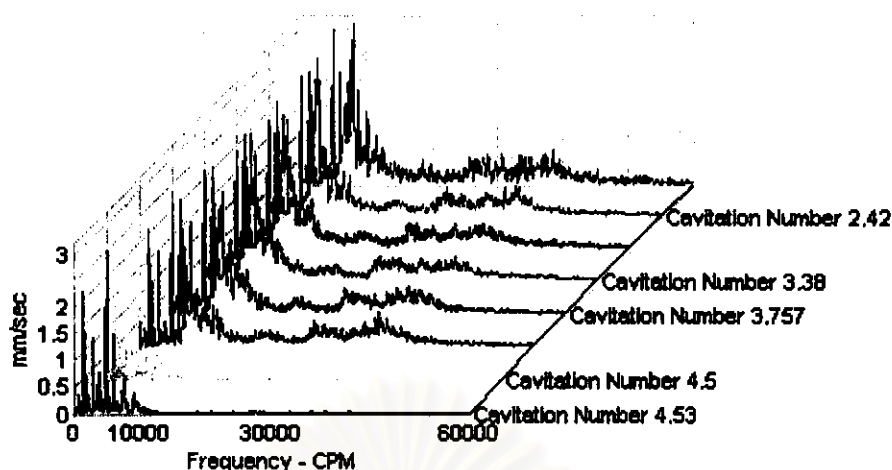
รูปที่ 5-121 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวิทชัน ( $\sigma_2 = 2.2572$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวิทชัน ( $\sigma_2 = 4.79$ ) ก่อนข้างชัดเจนกล่าวคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างที่ความถี่ 7545 CPM และฐานของยอดสัญญาณจะอยู่ที่ความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 15000 CPM

ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor ซึ่งเกิดจากปรากฏการณ์คาวิทชัน สร้างสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างทำให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบเดวกัน เมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจึงปรากฏ Noise Floor ให้เห็น ส่วนสัญญาณของ Noise Floor ที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิทชันที่  $\sigma_2 = 2.4152$  นั้นเกิดจากความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิทชันที่เพิ่มขึ้นซึ่งเห็นได้จากค่า Cavitation Number ที่ลดลงจาก  $\sigma_2 = 2.4152$  เป็น  $\sigma_2 = 2.2572$  และจากการสังเกตรูปถ่าย โดยในส่วนของรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิทชันเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิทชันที่  $\sigma_2 = 2.4152$  จะเห็นว่ารูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิทชันที่  $\sigma_2 = 2.2572$  จะมีความหนาแน่นและจำนวนฟองไอบามากกว่าส่งผลให้ความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิทชันเพิ่มขึ้น

ในส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติมากที่สุด 7545 CPM นั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ประมาณ 7250 CPM) ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างกว่าปกติอย่างที่เห็นและเนื่องจากสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์มีความรุนแรงมากขึ้นเมื่อ Cavitation Number ลดลงสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์จึงมีฐานของยอดสัญญาณกว้างขึ้นด้วยเมื่อ Cavitation Number ลดลง

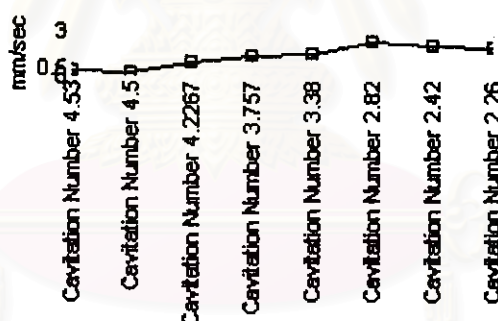
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5-122 สัญญาณการสั่นสะเทือนของออร์บิต B=0.3 ที่ระดับความรุนแรงต่างๆกัน

รูปที่ 5-122 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเกิดปรากฏการณ์ควิเทชันเนื่องจากออร์บิตรุนแรงขึ้น ( $\sigma_2$  ลดลง) ขนาดการสั่นสะเทือนของ Noise Floor ก็เพิ่มขึ้น

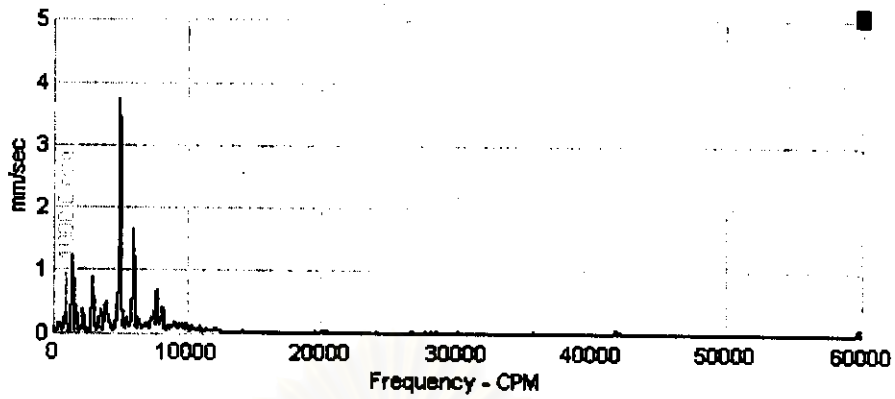
นอกจากนี้ยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ที่ 7250 CPM) จะมีขนาดสัญญาณการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้นดังแสดงในรูป 5-123



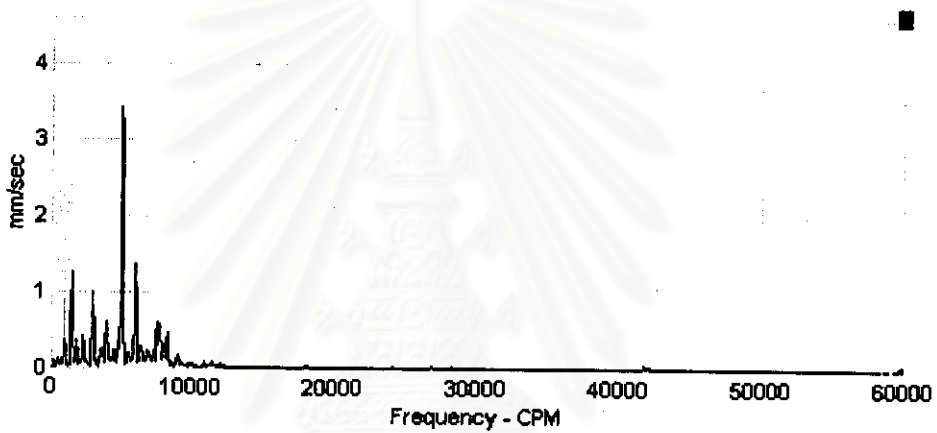
รูปที่ 5-123 แสดง Amplitude ที่ 7250 CPM ของออร์บิต B=0.3 ที่ระดับความรุนแรงต่างๆกัน

รูปที่ 5-123 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปรากฏการณ์ควิเทชันมีความรุนแรงขึ้น ( $\sigma_2$  ลดลง) ยอดสัญญาณที่เกิดเนื่องจากการเรโซแนนซ์ของ Noise Floor กับความถี่ธรรมชาติ จะมีขนาดการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้หากพิจารณารูปที่ 5-122 ประกอบจะเห็นว่าช่วงฐานของยอดสัญญาณนี้จะกว้างขึ้นเมื่อปรากฏการณ์ควิเทชันรุนแรงขึ้น

**ผลการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนสำหรับออร์ฟิส B = 0.4**



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-124 สัญญาณการสั่นสะเทือนที่  $\sigma_2 = 4.53$  ของออร์ฟิส B = 0.4 เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิด

ปรากฏการณ์คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 8.99$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

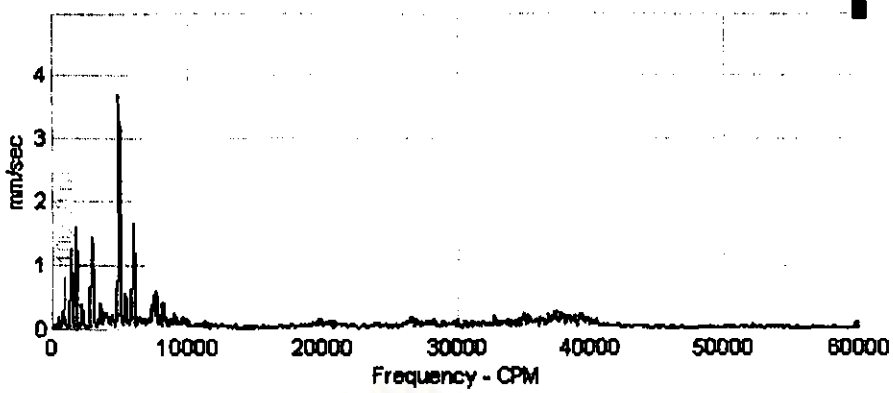
รูปที่ 5-124 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั้นสะท้อนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์  
 คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 4.53$ ) แทบไม่ต่างกับสัญญาณการสั้นสะท้อนของชุดทดลองที่ยังไม่เกิด  
 ปรากฏการณ์คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 8.99$ )

จากสัญญาณการสั้นสะท้อนสามารถอธิบายได้ว่าสัญญาณการสั้นสะท้อนจากปรากฏ  
 การณ์คาวีเทชันมีขนาดน้อยมากจนไม่สามารถสังเกตเห็นได้

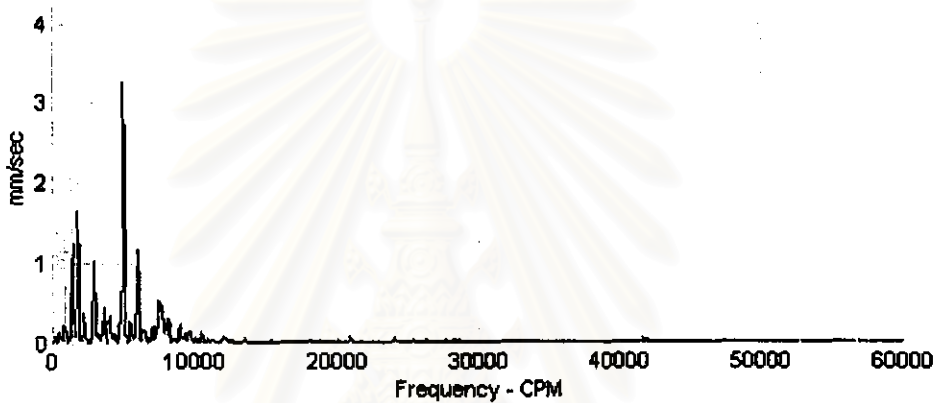
เมื่อนำรูปถ่ายประกอบการพิจารณาจะเห็นว่ามิฟองไอเกิดขึ้นในปริมาณน้อยมากจึงสร้าง  
 การสั้นสะท้อนให้กับโครงสร้างน้อยมากจนไม่สามารถเห็นความแตกต่างของสัญญาณการสั้น  
 สะท้อน



สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-125 สัญญาณการสั่นสะเทือนที่  $\sigma_2 = 4.5$  ของออร์บิท  $B = 0.4$  เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิด

ปรากฏการณ์คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 8.58$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวีเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

รูปที่ 5-125 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 4.5$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 8.58$ ) เล็กน้อย กล่าวคือ จะมี Noise Floor ที่มีขนาดใหญ่มากเกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 20000 CPM ถึง 40000 CPM

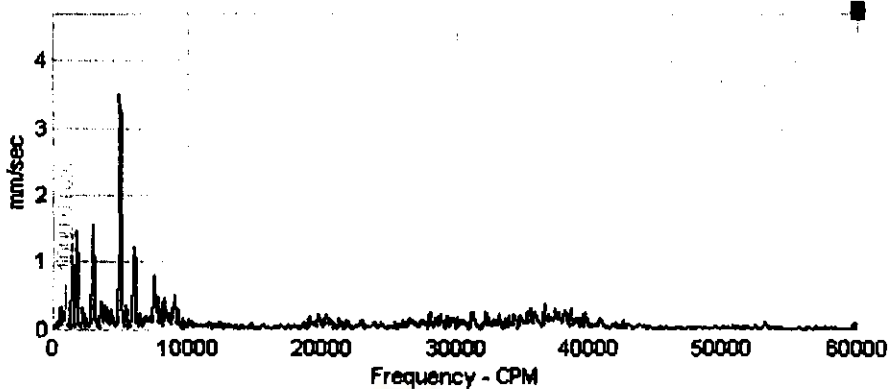
แต่ในส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor สามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์คาวิเทชันจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น

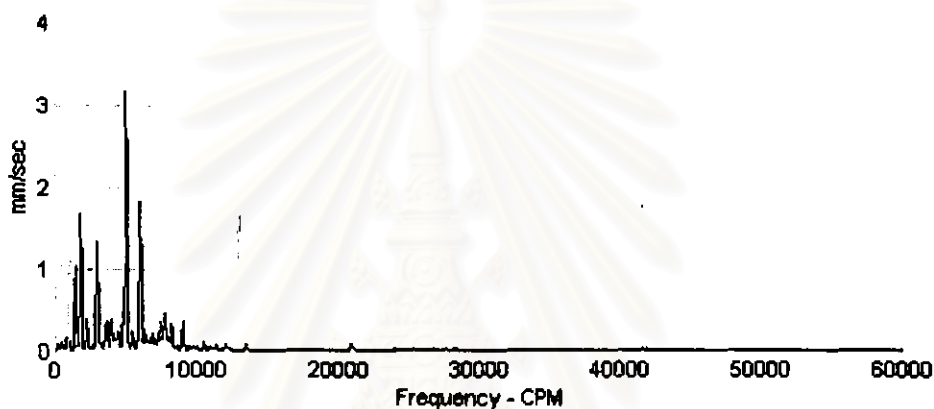
เมื่อพิจารณาจากภาพถ่ายประกอบจะเห็นว่าความหนาแน่นและจำนวนของฟองไอน้ำปริมาณน้อยมากจึงทำให้การสั่นสะเทือนที่เกิดจากฟองไอน้ำแตกตัวมีน้อย จึงสร้างการการสั่นสะเทือนกับโครงสร้างที่จุดวัดน้อย ส่งผลให้ Noise floor ที่สามารถวัดได้มีขนาดใหญ่มาก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-126 สัญญาณการสั่นสะเทือนที่  $\sigma_2 = 4.2267$  ของออร์บิต  $B = 0.4$  เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชัน ( $\sigma_2 = 8.04$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

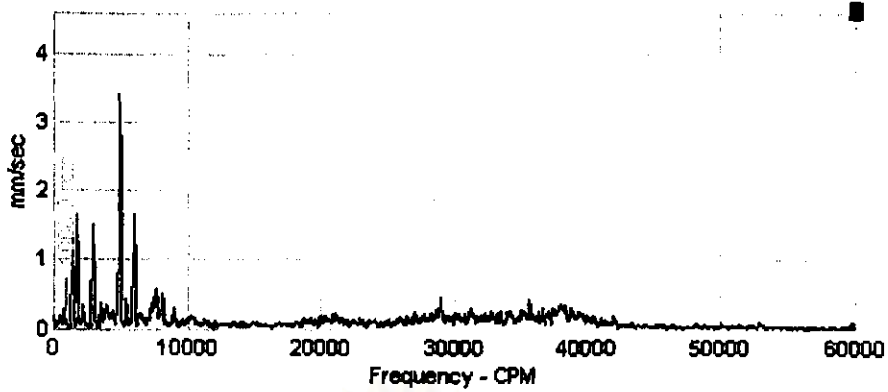
รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์ควิเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

รูปที่ 5-126 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 4.2267$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 8.04$ ) เล็กน้อยคือ จะมี Noise Floor เด็ยๆเกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM

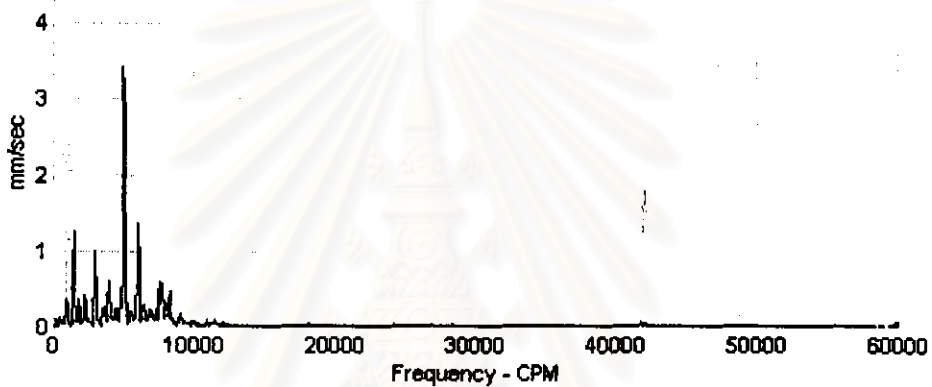
แต่ในส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

สัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor สามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์ควาวิเทชันจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น ส่วนขนาดสัญญาณการสั่นสะเทือนของ Noise Floor ที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์ควาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 4.5$  นั้นเกิดจากความรุนแรงของปรากฏการณ์ควาวิเทชันที่เพิ่มขึ้นซึ่งเห็นได้จากค่า Cavitation Number ที่ลดลงและการสังเกตรูปถ่าย

ในส่วนของรูปถ่ายปรากฏการณ์ควาวิเทชันเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปถ่ายปรากฏการณ์ควาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 4.5$  จะเห็นว่ารูปถ่ายปรากฏการณ์ควาวิเทชันที่ Cavitation Number น้อยกว่าจะมีความหนาแน่นและจำนวนฟองไอบามากกว่าส่งผลให้ความรุนแรงของปรากฏการณ์ควาวิเทชันเพิ่มขึ้น



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-127 สัญญาณการสั่นสะเทือนที่  $\sigma_2 = 3.757$  ของออร์บิต B = 0.4 เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิด

ปรากฏการณ์ควิเทชัน ( $\sigma_2 = 7.27$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

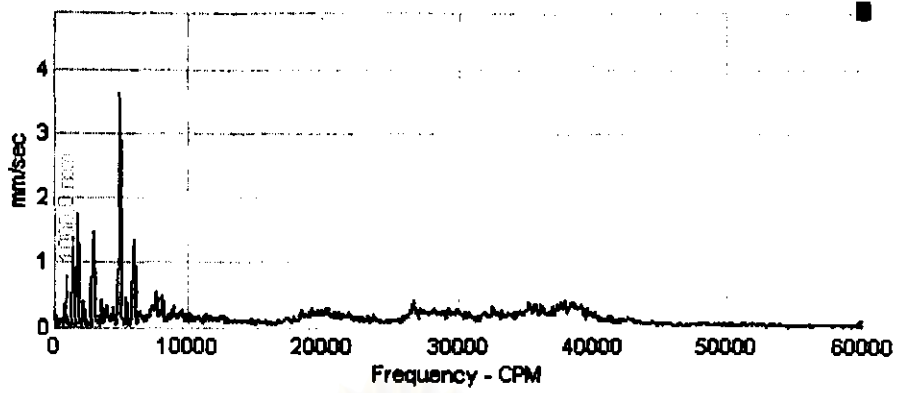
รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์ควิเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

รูปที่ 5-127 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 3.757$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 7.27$ ) เล็กน้อยคือ จะมี Noise Floor ใดๆเกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM

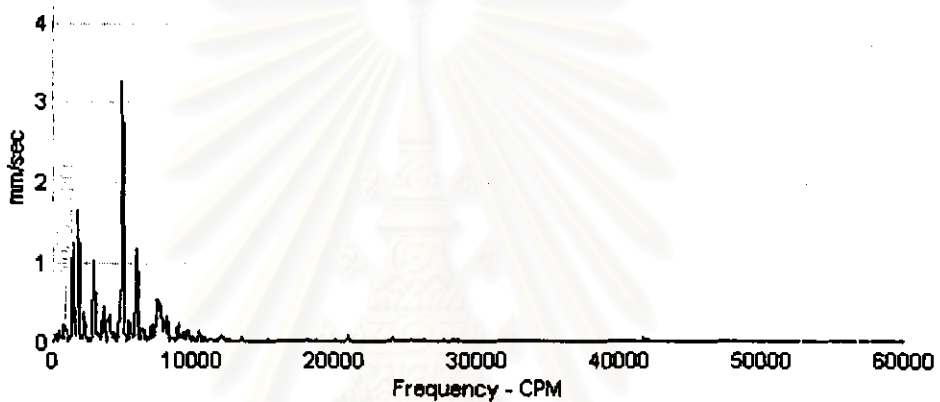
แต่ในส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของ ปีมและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

สัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor สามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์คาวิเทชันจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น ส่วนขนาดสัญญาณการสั่นสะเทือนของ Noise Floor ที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 4.2267$  นั้นเกิดจากความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิเทชันที่เพิ่มขึ้นซึ่งเห็นได้จากค่า Cavitation Number ที่ลดลงและการสังเกตรูปถ่าย

ในส่วนของรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปถ่ายปรากฏการณ์ คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 4.2267$  จะเห็นว่ารูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่ Cavitation Number น้อยกว่าจะมีความหนาแน่นและจำนวนฟองไอบามากกว่าส่งผลให้ความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิเทชันเพิ่มขึ้น



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-128 สัญญาณการสั่นสะเทือนที่  $\sigma_2 = 3.381$  ของออร์บิท  $B = 0.4$  เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิด

ปรากฏการณ์ควาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 6.51$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชันของชุดทดลอง

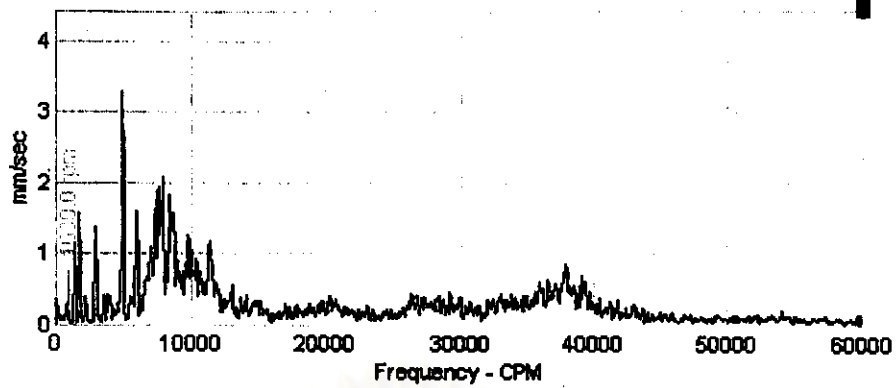
รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์ควาวิเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

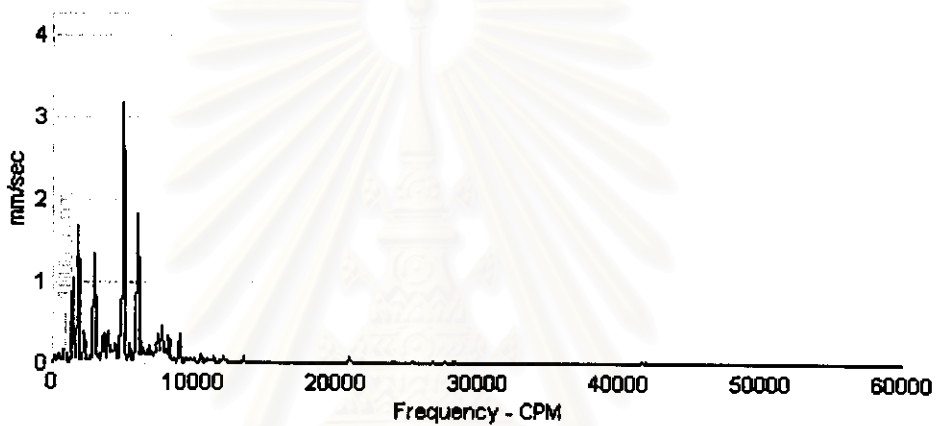
รูปที่ 5-128 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์คาวิตีชัน ( $\sigma_2 = 3.381$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตีชัน ( $\sigma_2 = 6.51$ ) ก่อนข้างชัดเจนกล่าวคือ กล่าวคือจะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000

แต่ในส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor ซึ่งเกิดจากโครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างเนื่องมาจากปรากฏการณ์คาวิตีชัน ส่วนสัญญาณของ Noise Floor ที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิตีชันที่  $\sigma_2 = 3.757$  นั้นเป็นเพราะปรากฏการณ์คาวิตีชันมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นซึ่งสังเกตได้จาก Cavitation Number ลดลงและจากรูปถ่าย กล่าวคือเมื่อนำรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิตีชันที่  $\sigma_2 = 3.757$  และ  $\sigma_2 = 3.381$  รูปถ่ายจะแสดงว่ารูปถ่ายที่มี Cavitation Number ต่ำกว่าจะมีความหนาแน่นและปริมาณของฟองไอยูมากกว่า



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-129 สัญญาณการสั่นสะเทือนที่  $\sigma_2 = 2.8178$  ของออร์บิต  $B = 0.4$  เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิด

ปรากฏการณ์คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 5.4$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวีเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ



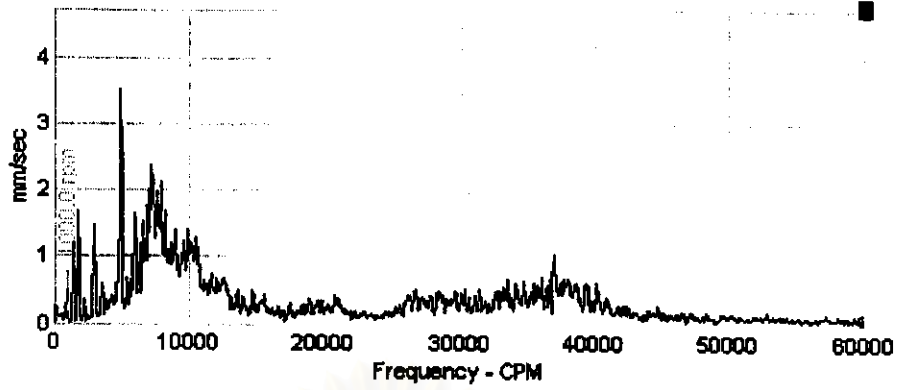
รูปที่ 5-129 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์คาวิตेशन ( $\sigma_2 = 2.8178$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตेशन ( $\sigma_2 = 5.4$ ) ชัดเจนกล่าวคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติที่ 7500 CPM โดยฐานของยอดสัญญาณจะมีความกว้างอยู่ในช่วงความถี่ 6500 CPM ถึง 11000 CPM

ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

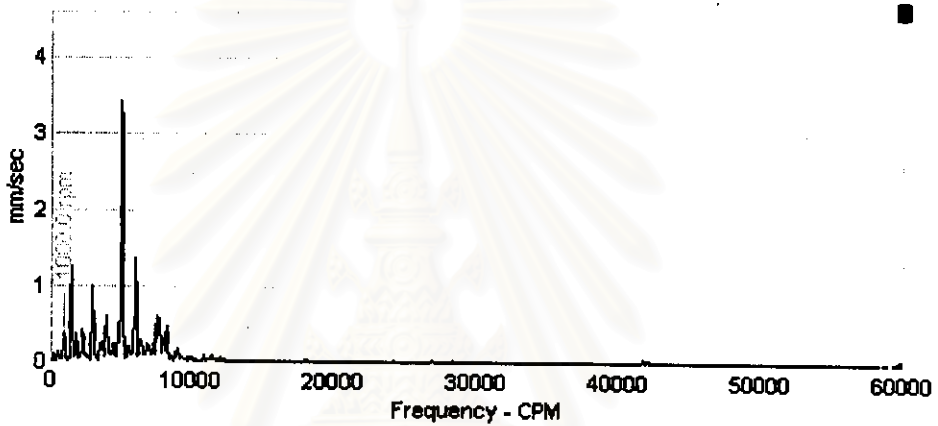
จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor สามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์คาวิตेशनจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น ส่วนขนาดสัญญาณของ Noise Floor ที่สูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิตेशनที่  $\sigma_2 = 3.381$  เกิดจากความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิตेशनเพิ่มขึ้นไม่มากนัก ซึ่งสามารถเห็นได้จาก Cavitation Number ลดลงเล็กน้อยคือจาก  $\sigma_2 = 3.381$  เป็น  $\sigma_2 = 2.8178$  และจากรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิตेशन กล่าวคือเมื่อนำรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิตेशनที่มี  $\sigma_2 = 3.381$  และ  $\sigma_2 = 2.8178$  มาเปรียบเทียบกับกันจะปรากฏว่ามีความหนาแน่นและปริมาณฟองไอใกล้เคียงกันแต่ที่ปรากฏการณ์คาวิตेशनที่มี Cavitation Number ต่ำกว่าจะมีความหนาแน่นและปริมาณฟองไ้มากกว่าเล็กน้อย

ส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7500 CPM ซึ่งมีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติอย่างมากนั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ที่ความถี่ 7250 CPM) นี้ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) แล้วสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์ไปผสมกับยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7500 CPM จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างกว่าปกติคืออย่างที่เราเห็น

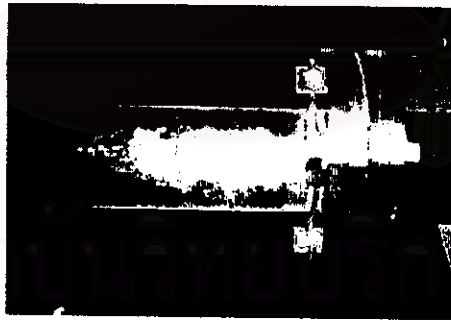
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-130 สัญญาณการสั่นสะเทือนที่  $\sigma_2 = 2.4152$  ของออร์บิท  $B = 0.4$  เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิด

ปรากฏการณ์ควิเทชัน ( $\sigma_2 = 4.72$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

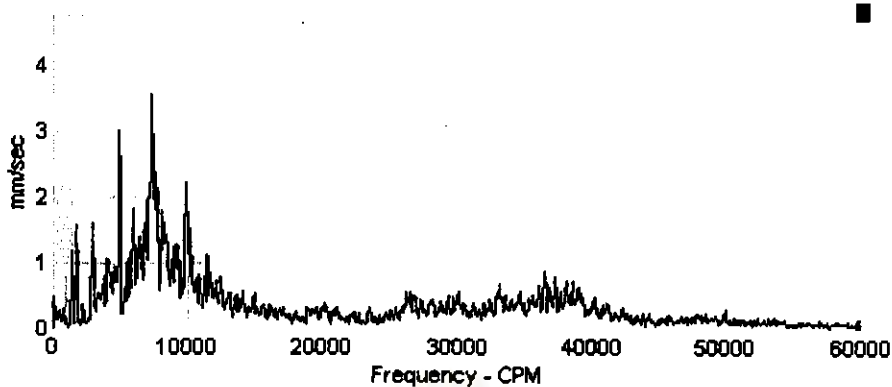
รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์ควิเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

รูปที่ 5-130 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 2.4152$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 4.72$ ) ก่อนข้างชัดเจนกล่าวคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และ มียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติมากที่สุดที่ 7425 CPM โดยฐานของยอดสัญญาณจะมีช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 13000 CPM

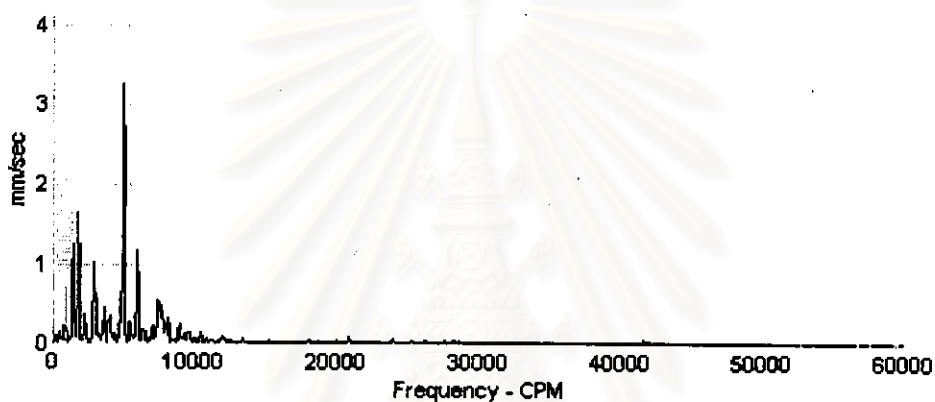
ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor ซึ่งเกิดจากปรากฏการณ์คาวิเทชัน สร้างการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบเดียวกัน ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น ส่วนสัญญาณของ Noise Floor ที่สูงขึ้นพอสมควรเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.8178$  เกิดเนื่องมาจากปรากฏการณ์คาวิเทชันมีความรุนแรงมากขึ้น ซึ่งสามารถเห็นได้จาก Cavitation Number ที่ลดลง  $= 2.8178$  เป็น  $\sigma_2 = 2.4152$  และสังเกตจากรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชัน ในส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติมากที่สุดที่ 7425 CPM นั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ที่ความถี่ 7250 CPM) นี้ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) แล้วสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์ไปผสมกับยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7425 CPM จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างกว่าปกติอย่างเห็นและเนื่องจากสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์มีความรุนแรงมากขึ้นเมื่อ Cavitation Number ลดลงสัญญาณที่ผสมกันจึงมีฐานของยอดสัญญาณกว้างขึ้นด้วยเมื่อ Cavitation Number ลดลง

เมื่อนำรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันมาประกอบการพิจารณาจะเห็นว่าเมื่อนำปรากฏการณ์คาวิเทชันที่มี  $\sigma_2 = 2.8178$  และ  $\sigma_2 = 2.4152$  มาเปรียบเทียบกับกันจะปรากฏว่ามีความหนาแน่นและปริมาณฟองไอของปรากฏการณ์คาวิเทชันที่มี Cavitation Number ต่ำกว่าจะมีความหนาแน่นและปริมาณฟองไวมากกว่าอย่างชัดเจน ซึ่งจะส่งผลให้ปรากฏการณ์คาวิเทชันรุนแรงขึ้น



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-131 สัญญาณการสั่นสะเทือนที่  $\sigma_2 = 2.2542$  ของออร์บิต  $B = 0.4$  เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิด

ปรากฏการณ์คาวิตี (  $\sigma_2 = 4.55$  ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิตีของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตีของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิตีที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

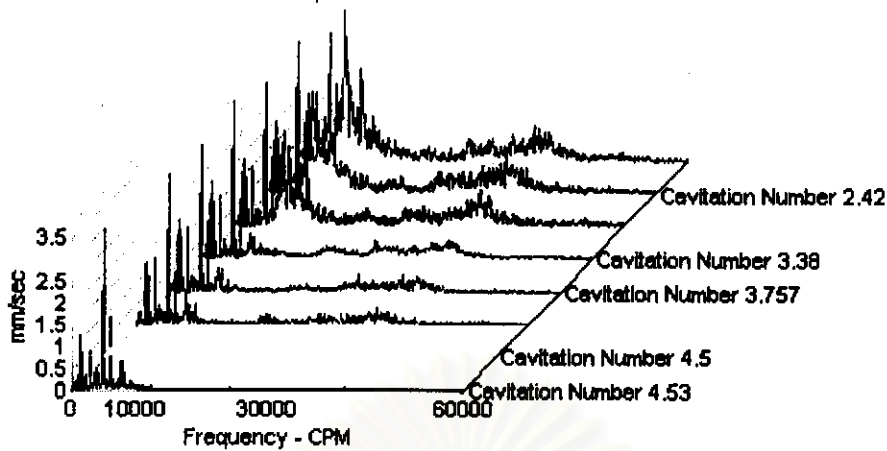
รูปที่ 5-131 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 2.2542$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 4.55$ ) ชัดเจนมากกล่าวคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติมากที่สุดที่ 7525 CPM โดยฐานของยอดสัญญาณจะมีช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 15000 CPM

ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor ซึ่งเกิดจากโครงสร้างเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างเนื่องจากปรากฏการณ์คาวิเทชัน และสัญญาณของ Noise Floor ที่สูงที่ขึ้นพอสสมควรเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.4152$  เกิดเนื่องมาจากปรากฏการณ์คาวิเทชันมีความรุนแรงมากขึ้น ซึ่งสามารถเห็นได้จาก Cavitation Number ที่ลดลง  $\sigma_2 = 2.4152$  เป็น  $\sigma_2 = 2.2542$  และสังเกตจากรูปถ่ายกล่าวคือเมื่อนำปรากฏการณ์คาวิเทชันที่มี  $\sigma_2 = 2.4152$  และ  $\sigma_2 = 2.2542$  มาเปรียบเทียบกันจะปรากฏว่าปรากฏการณ์คาวิเทชันที่มี Cavitation Number ต่ำกว่าจะมีความหนาแน่นและปริมาณฟองไอยู่มากกว่า ซึ่งจะส่งผลให้ปรากฏการณ์คาวิเทชันรุนแรงขึ้น

ในส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติมากที่สุดที่ 7525 CPM นั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ที่ความถี่ 7250 CPM) นี้ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) แล้วสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์ไปผสมกับยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7525 CPM จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างกว่าปกติอย่างที่เห็นและเนื่องจากสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์มีความรุนแรงมากขึ้นเมื่อ Cavitation Number ลดลงสัญญาณที่ผสมกันจึงมีฐานของยอดสัญญาณกว้างขึ้นด้วยเมื่อ Cavitation Number ลดลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5-132 สัญญาณการสั่นสะเทือนของออร์ฟิต  $B=0.4$  ที่ระดับความรุนแรงต่างกัน

รูปที่ 5-132 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชันเนื่องจากออร์ฟิตรุนแรงขึ้น ( $\sigma_2$  ลดลง) ขนาดการสั่นสะเทือนของ Noise Floor ก็เพิ่มขึ้น

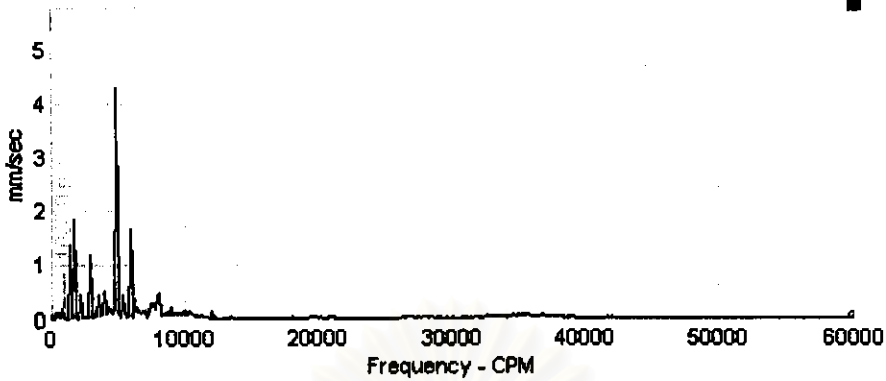
นอกจากนี้ยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ที่ 7250 CPM) จะมีขนาดสัญญาณการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้นดังแสดงในรูป 5-133



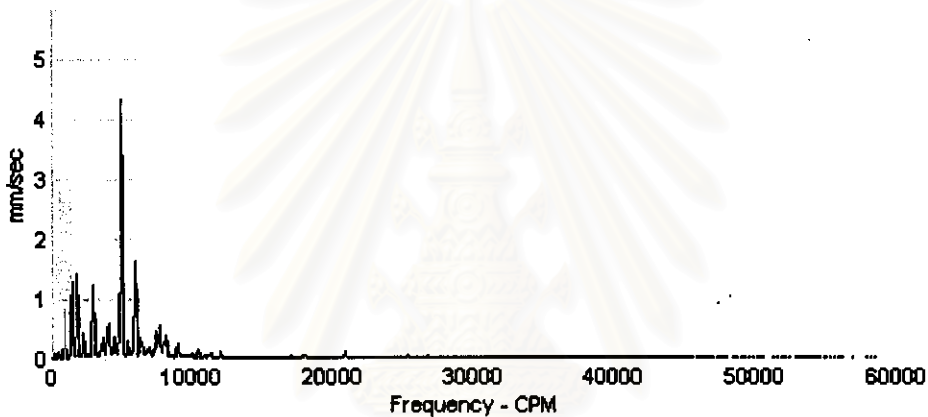
รูปที่ 5-133 แสดง Amplitude ที่ 7250 CPM ของออร์ฟิต  $B=0.4$  ที่ระดับความรุนแรงต่างกัน

รูปที่ 5-133 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปรากฏการณ์ควาวิเทชันมีความรุนแรงขึ้น ( $\sigma_2$  ลดลง) ยอดสัญญาณที่เกิดเนื่องจากการผสมกันระหว่างยอดสัญญาณที่เกิดจากการเกิดเรโซแนนซ์ของ Noise Floor กับความถี่ธรรมชาติ กับยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7250 CPM จะมีขนาดการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้หากพิจารณารูปที่ 5-132 ประกอบจะเห็นว่าช่วงฐานของยอดสัญญาณนี้จะกว้างขึ้นเมื่อปรากฏการณ์ควาวิเทชันรุนแรงขึ้น

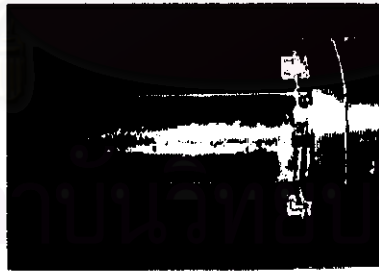
ผลการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนสำหรับอริฟิส  $B = 0.5$



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-134 สัญญาณการสั่นสะเทือนที่  $\sigma_2 = 4.53$  ของอริฟิส  $B=0$ . เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิด

ปรากฏการณ์คาวิตีชัน ( $\sigma_2=9.04$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิตีชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตีชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิตีชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ



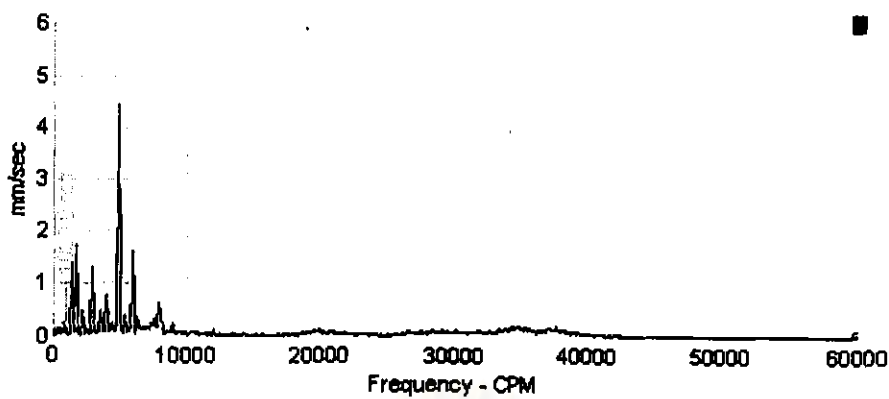
รูปที่ 5-134 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั้นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์  
 คาวิตชัน ( $\sigma_1 = 4.53$ ) แทบไม่ต่างกับสัญญาณการสั้นสะเทือนของชุดทดลองที่ยังไม่เกิด  
 ปรากฏการณ์คาวิตชัน ( $\sigma_2 = 9.04$ )

จากสัญญาณการสั้นสะเทือนสามารถอธิบายได้ว่าสัญญาณการสั้นสะเทือนจากปรากฏ  
 การณ์คาวิตชันมีขนาดน้อยมากจนไม่สามารถสังเกตเห็นได้

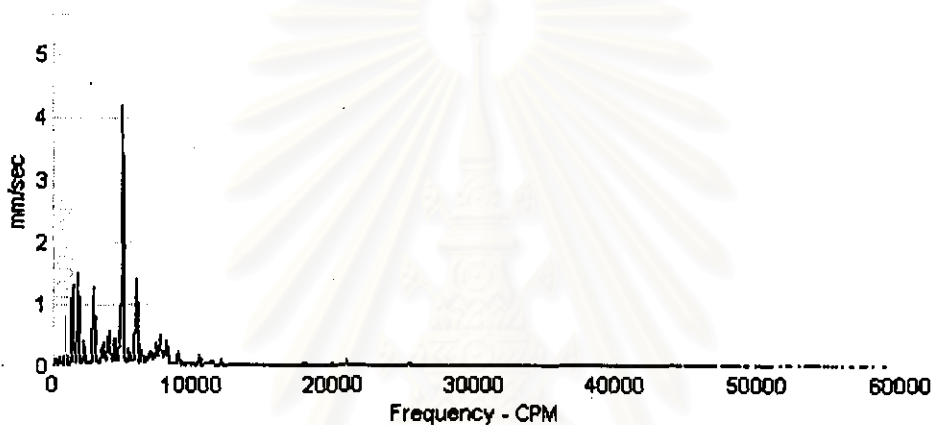
เมื่อนำรูปถ่ายประกอบการพิจารณาจะเห็นว่ามิฟองไอเกิดขึ้นในปริมาณน้อยมากจึงสร้าง  
 การสั้นสะเทือนให้กับโครงสร้างน้อยมากจนไม่สามารถเห็นความแตกต่างของสัญญาณการสั้น  
 สะเทือน



สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-135 สัญญาณการสั่นสะเทือนที่  $\sigma_2 = 4.5$  ของออร์บิต  $B=0.5$  เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิด

ปรากฏการณ์คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 8.95$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงาน of ปั๊มเดียวกัน

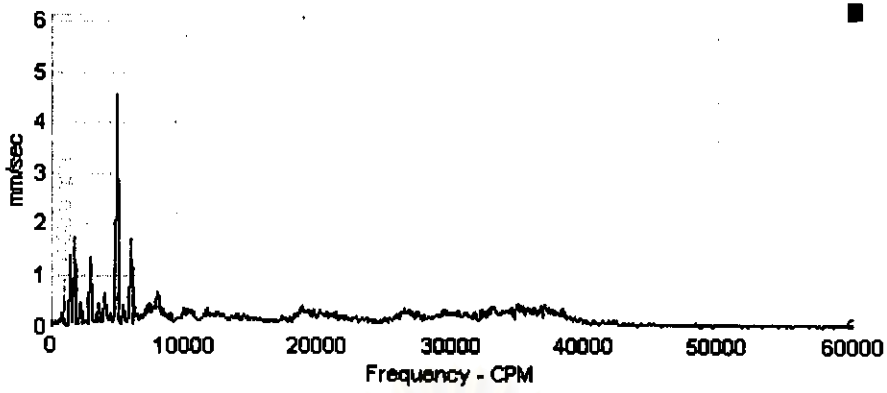
รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

รูปที่ 5-135 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวีเทชัน ( $\sigma_2=4.5$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวีเทชัน ( $\sigma_2=8.95$ ) เล็กน้อย กล่าวคือ จะมี Noise Floor ที่มีขนาดใหญ่มากเกิดขึ้นในช่วงความถี่ ประมาณ 20000 CPM ถึง 40000 CPM

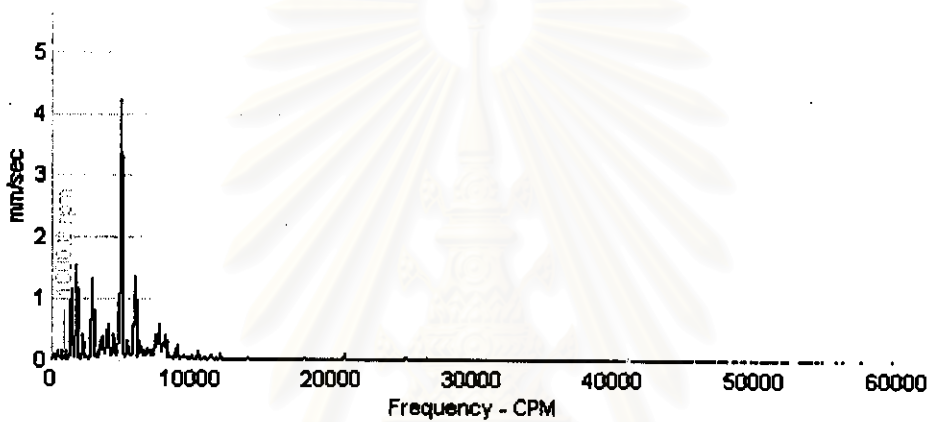
แต่ในส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของ ปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor สามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์ คาวีเทชันจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการ สั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น

จากการพิจารณาภาพถ่ายจะเห็นว่าภาพถ่ายมีปริมาณและความหนาแน่นของฟองไอน์น้อย ส่งผลให้ปรากฏการณ์คาวีเทชันมีความรุนแรงน้อย ขนาดสัญญาณการสั่นสะเทือนของ Noise Floor ที่ปรากฏจึงน้อยมาก



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-136 ตัณญาณการสั่นสะเทือนที่  $\sigma_2 = 4.2267$  ของออร์บิต  $B=0.5$  เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิด

ปรากฏการณ์ควิเทิร์น ( $\sigma_2 = 8.35$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) ตัณญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์ควิเทิร์นของชุดทดลอง

รูป ข) ตัณญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทิร์นของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

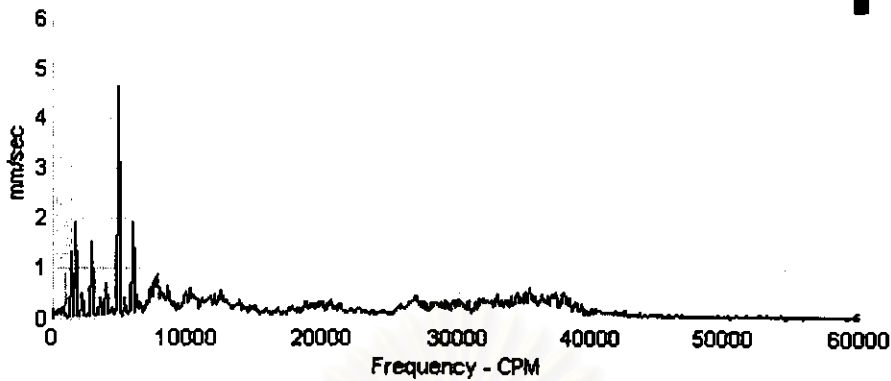
รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์ควิเทิร์นที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

รูปที่ 5-136 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 4.2267$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 8.35$ ) ก่อนข้างชัดเจนกว่าคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM

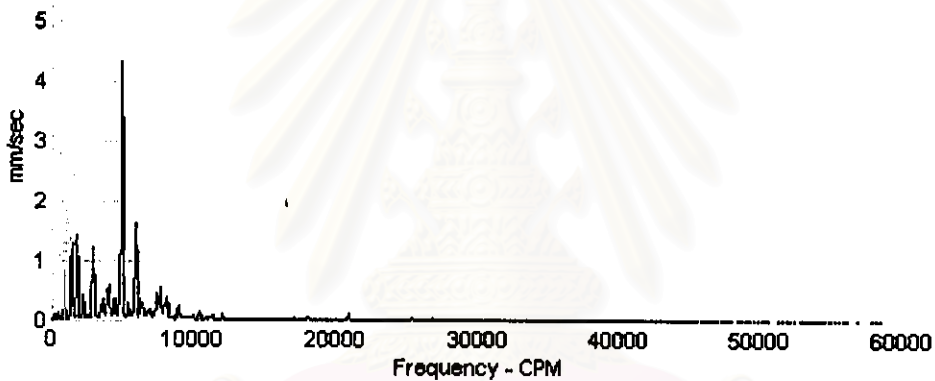
ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor สามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์ คาวิเทชันจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น ส่วนสัญญาณของ Noise Floor ที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 4.5$  นั้นเกิดจากความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิเทชันที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถสังเกตได้จาก Cavitation Number ลดลงและจากรูปถ่าย

ส่วนรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 4.5$  จะสังเกตเห็นว่าปรากฏการณ์คาวิเทชันที่มี Cavitation Number ต่ำกว่าจะมีปริมาณและความหนาแน่นของฟองไอน์มากกว่าทำให้ปรากฏการณ์คาวิเทชันมีความรุนแรงสูงกว่าส่งผลให้การสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้นด้วย



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-137 สัญญาณการสั่นสะเทือนที่  $\sigma_2 = 3.757$  ของออร์บิต B=0.5 เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิด

ปรากฏการณ์คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 7.43$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวีเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

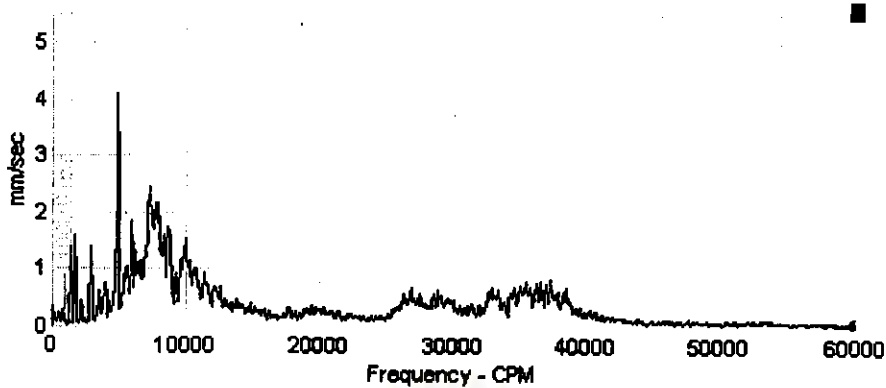
รูปที่ 5-137 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์คาวิตेशन ( $\sigma_2 = 3.757$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตेशन ( $\sigma_2 = 7.43$ ) ชัดเจนมากถ้าหากจะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM

ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

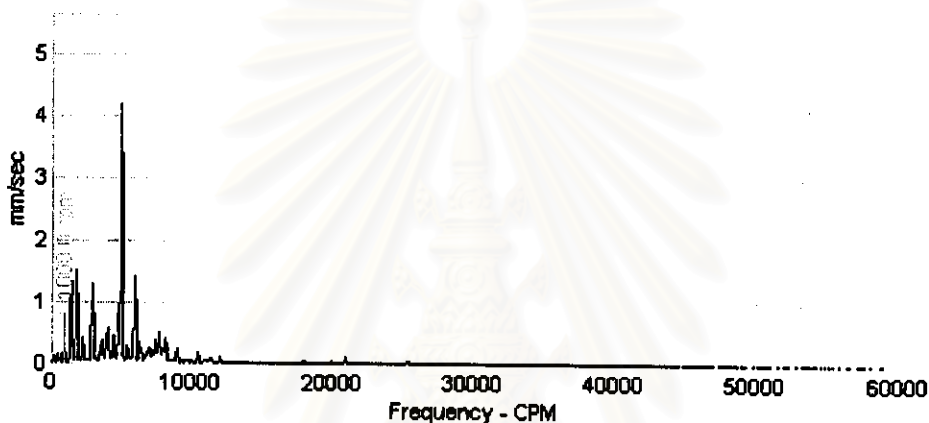
สัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor สามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์คาวิตेशनจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น ส่วนขนาดสัญญาณการสั่นสะเทือนของ Noise Floor ที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิตेशनที่  $\sigma_2 = 4.2267$  นั้นเกิดจากความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิตेशनที่เพิ่มขึ้นซึ่งเห็นได้จากค่า Cavitation Number ที่ลดลงและจากการสังเกตรูปถ่าย

ในส่วนของรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิตेशनเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิตेशनที่  $\sigma_2 = 4.2267$  จะเห็นว่ารูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิตेशनที่ Cavitation Number น้อยกว่าจะมีความหนาแน่นและจำนวนฟองไอบามากกว่าส่งผลให้ความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิตेशनเพิ่มขึ้น





รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-138 สัญญาณการสั่นสะเทือนที่  $\sigma_2=3.381$  ของออร์บิต  $B=0.5$  เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิด

ปรากฏการณ์ควิเทชัน ( $\sigma_2=6.7$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์ควิเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

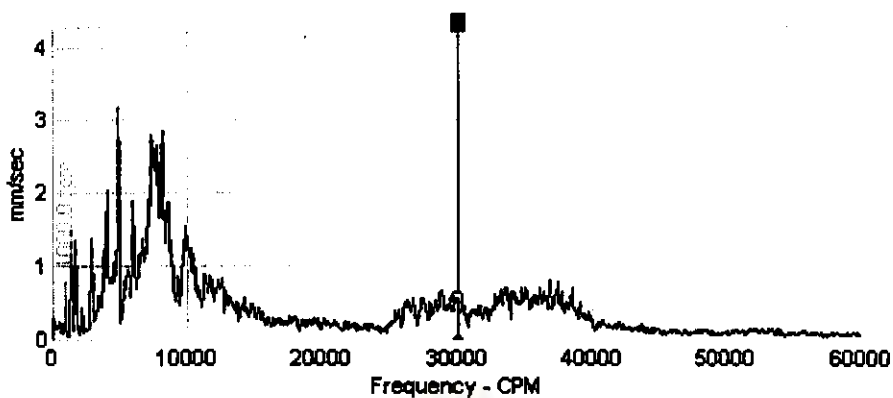
รูปที่ 5-138 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 3.381$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 6.7$ ) ชัดเจนมากถ้าพูดถึง จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติ ที่ความถี่ประมาณ 7425 CPM โดยฐานของยอดสัญญาณจะมีช่วงความถี่อยู่ที่ความถี่ 5800 CPM ถึง 12000 CPM

ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

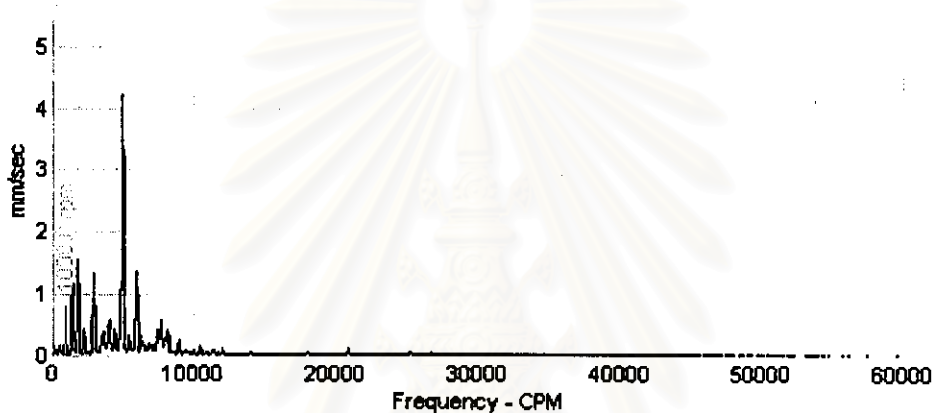
Noise Floor ที่สังเกตเห็นจะมีขนาดสูงขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวีเทชันที่  $\sigma_2 = 3.757$  ซึ่งเกิดจากการที่ปรากฏการณ์คาวีเทชันมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นโดยสังเกตได้จาก Cavitation Number ลดลงจาก  $\sigma_2 = 3.757$  เป็น  $\sigma_2 = 3.381$  และจากการพิจารณาภาพถ่าย ส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7425 CPM ซึ่งมีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกตินั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง(ที่ความถี่ 7250 CPM) ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) แล้วสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์ไปผสมกับยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7425 CPM จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณอย่างที่ปรากฏ

เมื่อพิจารณาจากภาพถ่ายประกอบจะเห็นว่าความหนาแน่นและจำนวนของฟองไอน้ำปริมาณมากขึ้นเมื่อเทียบกับรูปถ่ายของปรากฏการณ์คาวีเทชันที่  $\sigma_2 = 3.757$  ส่งผลให้ความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวีเทชันเพิ่มขึ้น

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-139 สัญญาณการสั่นสะเทือนที่  $\sigma_2 = 2.8178$  ของออร์ฟิส  $B=0.5$  เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิด

ปรากฏการณ์คาวิตีชัน ( $\sigma_2 = 5.59$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิตีชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตีชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

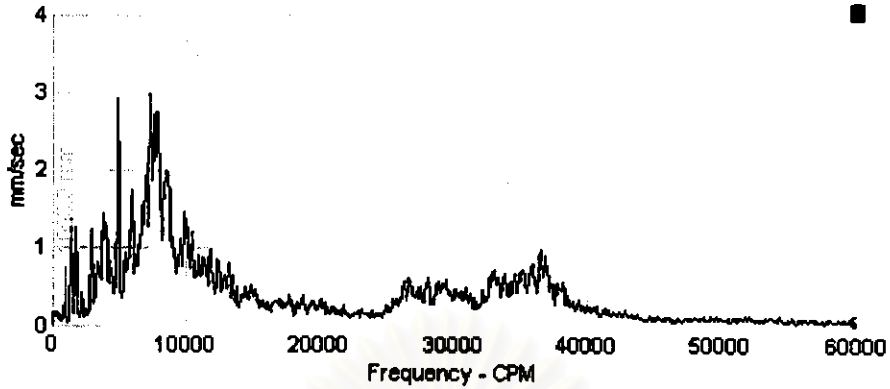
รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิตีชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

รูปที่ 5-139 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 2.8178$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 5.59$ ) ชัดเจนมากถ้าหากจะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติมากที่สุดที่ความถี่ประมาณ 7520.5 CPM โดยที่ฐานของยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนมีช่วงกว้างจากที่ความถี่ประมาณ 5000 CPM ถึง 13000 CPM

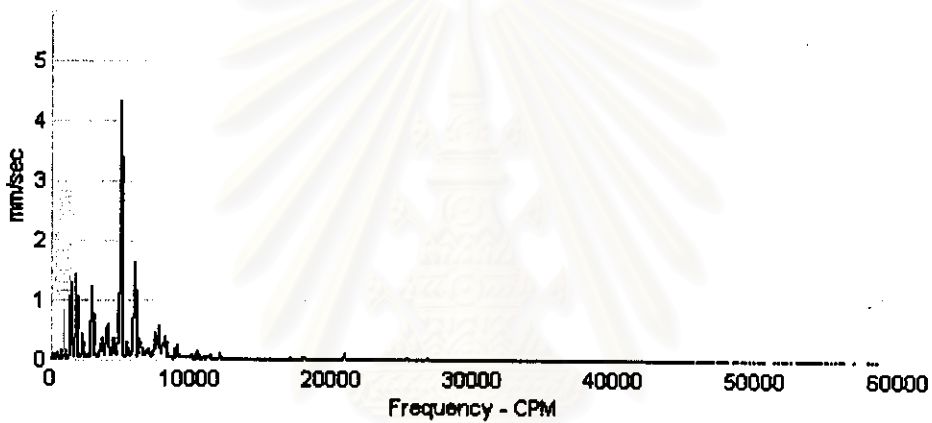
ส่วนสัญญาณหลักๆ ก็คือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor ซึ่งเกิดจากการที่ปรากฏการณ์คาวิเทชันสร้างการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย และการที่ Noise Floor มีขนาดการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 3.381$  นั้นเนื่องจากปรากฏการณ์คาวิเทชันมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนโดยเห็นได้ Cavitation Number ลดลงจาก  $\sigma_2 = 3.381$  มาเป็น  $\sigma_2 = 2.8178$  และสังเกตได้จากรูปถ่าย โดยจากรูปถ่ายจะเห็นว่าความหนาแน่นและปริมาณของฟองไอเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อ Cavitation Number ลดลงจาก  $\sigma_2 = 3.381$  มาเป็น  $\sigma_2 = 2.8178$  ซึ่งจะส่งผลให้ปรากฏการณ์คาวิเทชันมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นอย่างมาก

ส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7520.5 CPM ซึ่งมีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกตินั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ที่ความถี่ 7250 CPM) ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) แล้วสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์ไปผสมกับยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7520.5 CPM จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างอย่างที่ปรากฏ



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-140 สัณฐานการสั่นสะเทือนที่  $\sigma_2 = 2.4152$  ของออร์บิต  $B=0.5$  เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิด

ปรากฏการณ์คาวีเทชัน ( $\sigma_2 = 4.8$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) สัณฐานการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลอง

รูป ข) สัณฐานการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวีเทชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

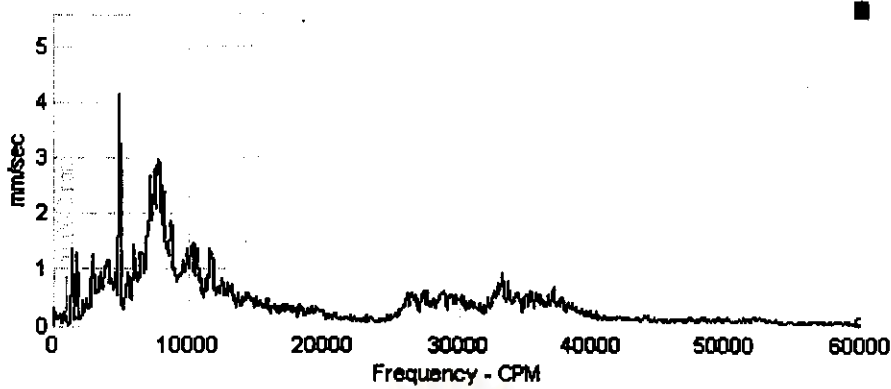
รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวีเทชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ

รูปที่ 5-140 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 2.4152$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 4.80$ ) ชัดเจนมากกว่าคือ จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติมากที่ความถี่ประมาณ 7425 CPM โดยที่ฐานของยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนมีช่วงกว้างจากที่ความถี่ประมาณ 5000 CPM ถึง 14000 CPM

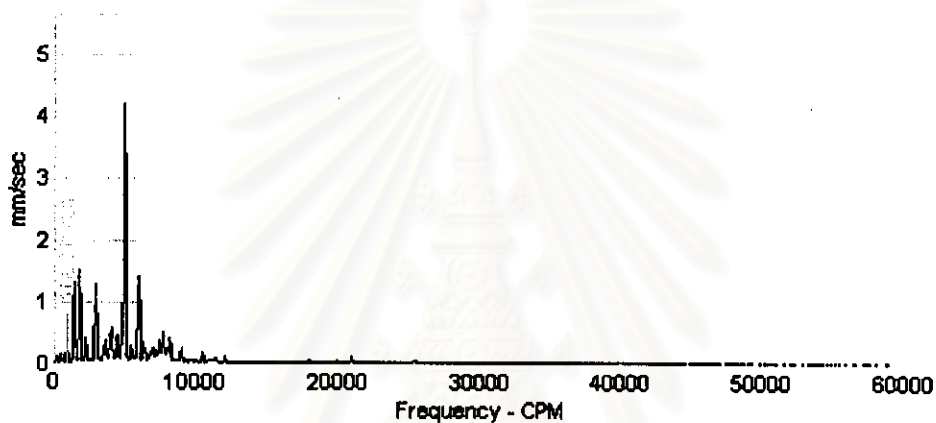
ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor สามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์ คาวิเทชันจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างส่งผลให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างด้วย ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น และการที่ Noise Floor มีขนาดการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.8178$  นั้นเนื่องจากปรากฏการณ์คาวิเทชันมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นโดยเห็นได้ Cavitation Number ลดลงจาก  $\sigma_2 = 2.8178$  มาเป็น  $\sigma_2 = 2.4152$  และสังเกตได้จากรูปถ่าย โดยจากรูปถ่ายจะเห็นว่าความหนาแน่นและปริมาณของฟองไอเพิ่มขึ้นเมื่อ Cavitation Number ลดลงจาก  $\sigma_2 = 2.8178$  มาเป็น  $\sigma_2 = 2.4152$  ซึ่งจะส่งผลให้ปรากฏการณ์คาวิเทชันมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7425 CPM ซึ่งมีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติอย่างมากนั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง(ที่ความถี่ 7250 CPM) ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) แล้วสัญญาณที่เกิดจากการเรโซแนนซ์ไปผสมกับยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7425 CPM จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างผิดปกติอย่างที่เห็น



รูป ก



รูป ข



รูป ค

รูปที่ 5-141 ตัณญาณการสั่นสะเทือนที่  $\sigma_2 = 2.2542$  ของออร์บิต  $B=0.5$  เปรียบเทียบกับขณะไม่เกิด

ปรากฏการณ์คาวิตีชัน ( $\sigma_2 = 4.55$ ) ของรอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ก) ตัณญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์คาวิตีชันของชุดทดลอง

รูป ข) ตัณญาณการสั่นสะเทือนเมื่อยังไม่เกิดปรากฏการณ์คาวิตีชันของชุดทดลองที่รอบการทำงานของปั๊มเดียวกัน

รูป ค) ภาพถ่ายปรากฏการณ์คาวิตีชันที่ระดับความรุนแรงนั้นๆ



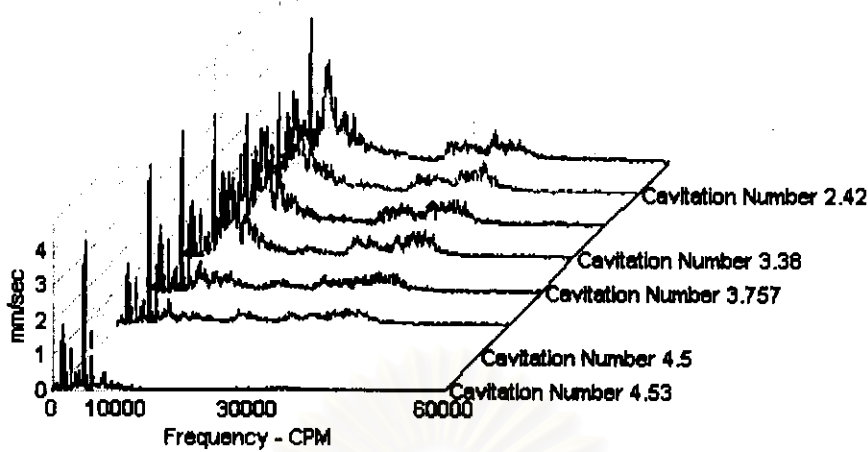
รูปที่ 5-141 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะที่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 2.2542$ ) ต่างกับสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองที่ยังไม่เกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน ( $\sigma_2 = 4.55$ ) ชัดเจนมากถ้าหากจะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM และมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่มีฐานของยอดสัญญาณที่ความถี่ 7500 โดยฐานของยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะอยู่ในช่วงความถี่ 5000 CPM ถึง 14000 CPM

ส่วนสัญญาณหลักๆคือที่ 1500 CPM 3000 CPM 4500 CPM 6000 CPM 9000 CPM ซึ่งเป็นรอบการทำงานของมอเตอร์และฮาร์มอนิกของมัน และส่วนที่เป็นรอบการทำงานของปั๊มและฮาร์มอนิกของมันจะคล้ายคลึงกันมาก

จากสัญญาณการสั่นสะเทือนจะสังเกตเห็น Noise Floor ซึ่งเกิดจากปรากฏการณ์คาวิเทชัน ทำให้โครงสร้างที่จุดวัดเกิดการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้าง ดังนั้นเมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ให้เห็น ส่วนสัญญาณของ Noise Floor ที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.4152$  นั้นเกิดจากความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิเทชันที่เพิ่มขึ้นซึ่งเห็นได้จากค่า Cavitation Number ที่ลดลงจาก  $\sigma_2 = 2.4152$  เป็น  $\sigma_2 = 2.2542$  และจากการสังเกตรูปถ่าย โดยในส่วนของรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.4152$  จะเห็นว่ารูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชันที่  $\sigma_2 = 2.2542$  จะมีความหนาแน่นและจำนวนฟองไอบามากกว่าส่งผลให้ความรุนแรงของปรากฏการณ์คาวิเทชันเพิ่มขึ้น

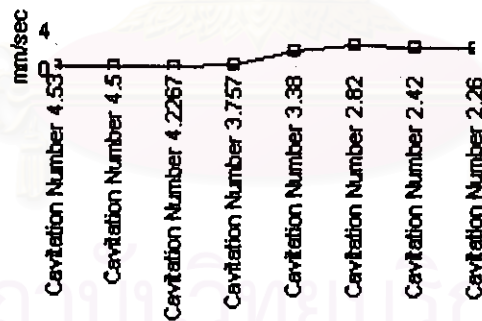
ส่วนยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7500 CPM ซึ่งมีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติ นั้นคาดว่าเกิดจากการที่ Noise Floor ซึ่งมีช่วงความถี่กว้างมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ประมาณ 7250 CPM) ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) จึงทำให้เกิดยอดสัญญาณที่มีฐานความถี่กว้างผิดปกติและมีขนาดการสั่นสะเทือนสูงอย่างเห็น

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5-142 สัญญาณการสั่นสะเทือนของออร์ฟิส  $B=0.5$  ที่ระดับความรุนแรงต่างกัน

รูปที่ 5-142 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเกิดปรากฏการณ์ควิเทชันเนื่องจากออร์ฟิสรุนแรงขึ้น ( $\sigma_2$  ลดลง) ขนาดการสั่นสะเทือนของ Noise Floor ก็เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (ที่ 7250 CPM) จะมีขนาดสัญญาณการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้นดังแสดงในรูป 5-143



รูปที่ 5-143 แสดง Amplitude ที่ 7250 CPM ของออร์ฟิส  $B=0.5$  ที่ระดับความรุนแรงต่างกัน

รูปที่ 5-143 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปรากฏการณ์ควิเทชันมีความรุนแรงขึ้น ( $\sigma_2$  ลดลง) ยอดสัญญาณที่เกิดเนื่องจากการผสมกันระหว่างยอดสัญญาณที่เกิดจากการเกิดเรโซแนนซ์ของ Noise Floor กับความถี่ธรรมชาติ กับยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ 7250 CPM จะมีขนาดการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้หากพิจารณารูปที่ 5-142 ประกอบจะเห็นว่าช่วงฐานของยอดสัญญาณนี้จะกว้างขึ้นเมื่อปรากฏการณ์ควิเทชันรุนแรงขึ้น

**สรุปผลการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์ควิเทชัน  
ของการทดลองโดยรอบการทำงานของมีมกที่แต่ปรับวาล์วปรับอัตราการไหล**

จะมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่วัดขณะเกิดปรากฏการณ์ควิเทชันในชุดทดลองแบบ  
ออร์ทิสต่างจากสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควิเทชันกล่าว  
คือ

- 1) จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM
- 2) ช่วงความถี่ที่ใกล้กับยอดความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (7250 CPM) จะมียอด  
สัญญาณการสั่นสะเทือนที่เห็นชัดเป็นพิเศษ และจะมีฐานของยอดสัญญาณนี้กว้างเป็น  
พิเศษเช่นกัน



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 5-7 อภิปรายผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่ายอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่วัดขณะเกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชันในชุดทดลองแบบอริพีตต่างจากสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองขณะยังไม่เกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชันและจะมีลักษณะสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดทดลองในขณะที่เกิดปรากฏการณ์ควาวิเทชันคล้ายคลึงกันดังนี้

#### การทดลองโดยวาล์วปรับอัตราการไหลของที่แต่ปรับรอบการทำงานของมัน

##### ในแนว x

- 1) จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM
- 2) ช่วงความถี่ที่ใกล้กับยอดความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (7250 CPM) จะมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่เห็นชัดเป็นพิเศษและมีฐานของยอดสัญญาณนี้กว้างเป็นพิเศษ

##### ในแนว y

- 1) จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM ขึ้นไป
- 2) ช่วงความถี่ที่ใกล้กับยอดความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (8500 CPM และ 9850 CPM) จะมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่เห็นชัดเป็นพิเศษและมีฐานของยอดสัญญาณนี้กว้างเป็นพิเศษ

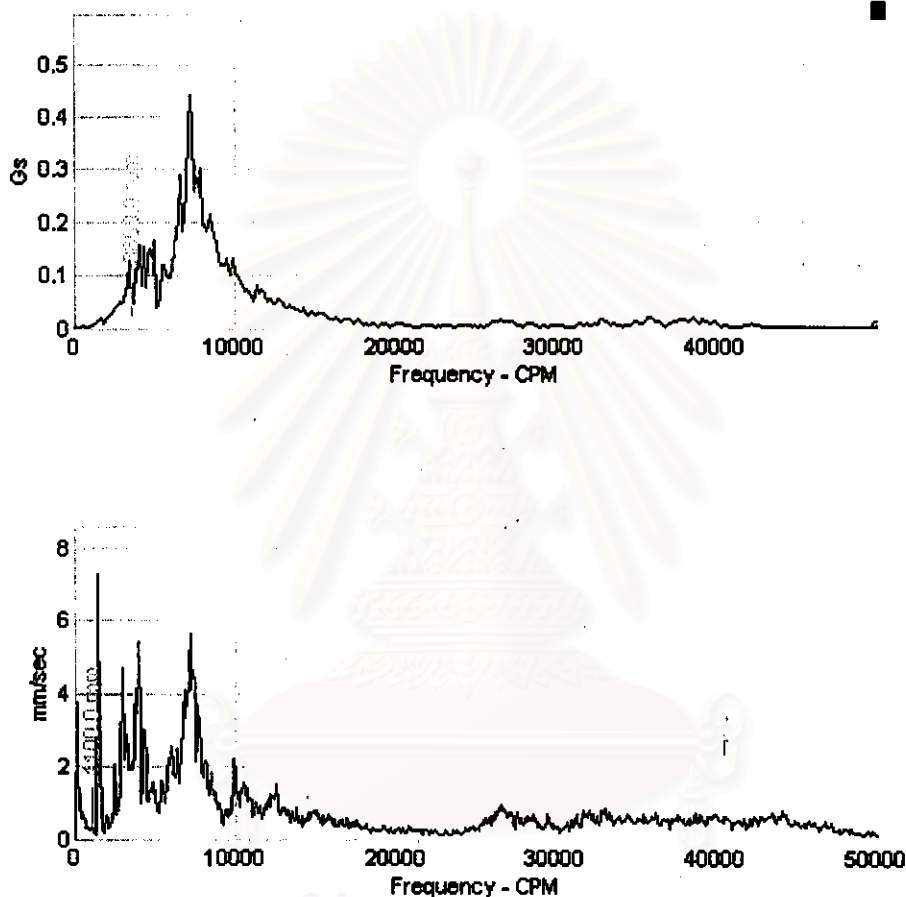
#### การทดลองโดยรอบการทำงานของมันคงที่แต่ปรับวาล์วปรับอัตราการไหล

##### ในแนว x

- 1) จะมี Noise Floor เกิดขึ้นในช่วงความถี่ประมาณ 5500 CPM ถึง 55000 CPM
- 2) ช่วงความถี่ที่ใกล้กับยอดความถี่ธรรมชาติของชุดทดลอง (7250 CPM) จะมียอดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่เห็นชัดเป็นพิเศษและมีฐานของยอดสัญญาณนี้กว้างเป็นพิเศษ

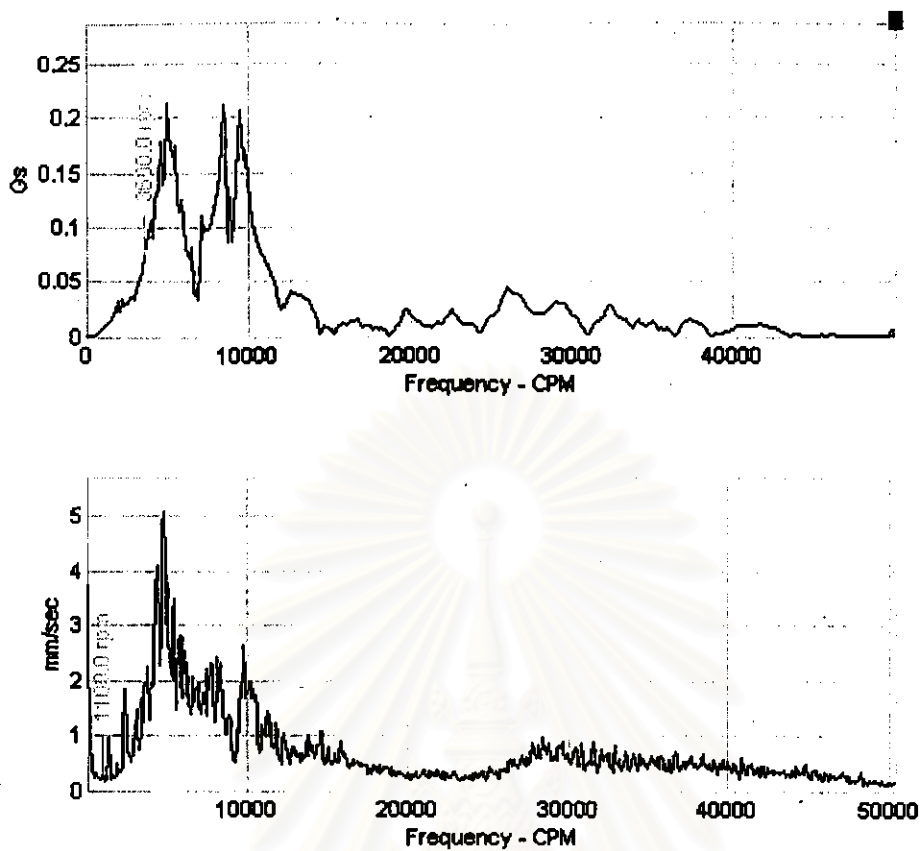
จะวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนสรุปได้ดังนี้

1) เมื่อทำการเปรียบเทียบสำหรับยอดสัญญาณการสั่นสะเทือนของสัญญาณที่วัดจากปรากฏการณ์คาบิเทรชันทั้งในแนว x และแนว y กับ ความถี่ธรรมชาติของชุดทดลองในแนวเดียวกัน ดังตัวอย่างรูปที่รูปที่ 5-143 ถึงรูปที่ 5-145



รูปที่ 5-144 เปรียบเทียบความถี่ธรรมชาติของชุดทดลองแบบออริฟิตกับสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาบิเทรชัน  $\sigma_2 = 2.582$  ที่ 1100 rpm ของออริฟิต  $B = 0.5$  ในแนว x

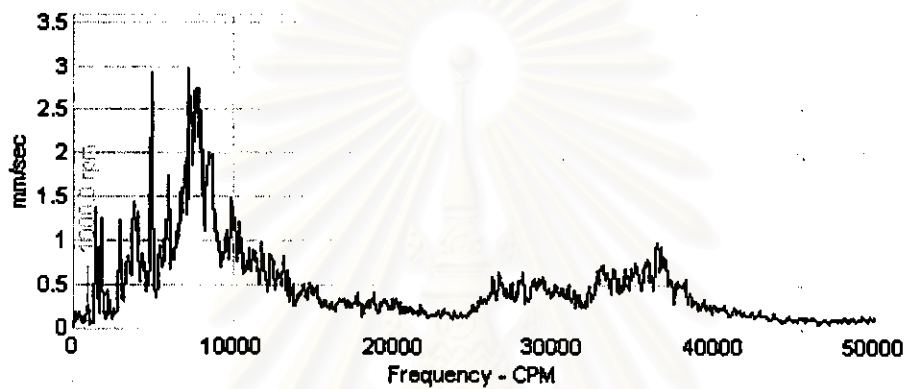
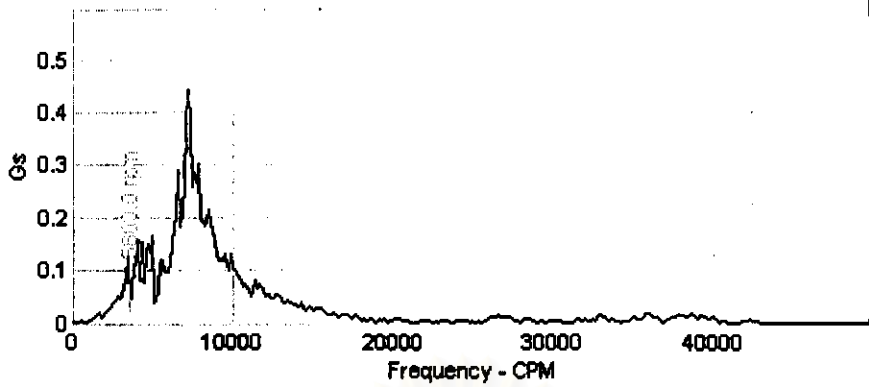
- หมายเหตุ
- 1) รูปบน เป็นความถี่ธรรมชาติของชุดทดลองแบบออริฟิต
  - 2) รูปล่างเป็นสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาบิเทรชันที่เกิดจากชุดทดลองแบบออริฟิต



รูปที่ 5-145 เปรียบเทียบความถี่ธรรมชาติของชุดทดลองแบบออร์บิตกับสัญญาณการสั่นสะเทือน  
จากปรากฏการณ์ควิเทชัน  $\sigma_2 = 2.582$  ที่ 1100 rpm ของออร์บิต  $B = 0.5$  ในแนว  $y$

- หมายเหตุ
- 1) รูปบน เป็นความถี่ธรรมชาติของชุดทดลองแบบออร์บิต
  - 2) รูปล่างเป็นสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์ควิเทชันที่เกิดจากชุดทดลองแบบออร์บิต

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5-146 เปรียบเทียบความถี่ธรรมชาติของชุดทดลองแบบออริฟิตกับสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวีเทชัน  $\sigma_2 = 2.4152$  ที่ 1000 rpm ของออริฟิต  $B = 0.5$  ในแนว x

หมายเหตุ

- 1) รูปบน เป็นความถี่ธรรมชาติของชุดทดลองแบบออริฟิต
- 2) รูปล่างเป็นสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวีเทชันที่เกิดจากชุดทดลองแบบออริฟิต

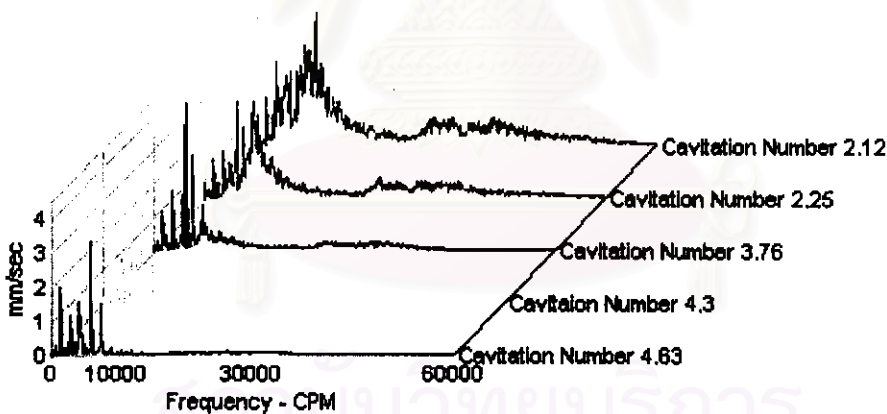
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



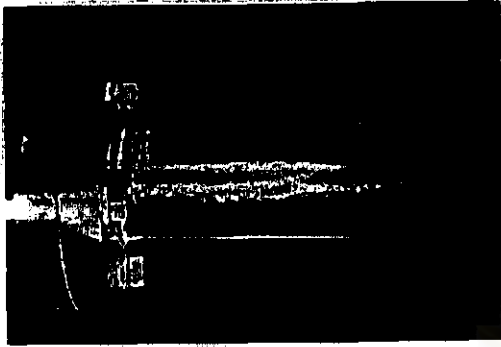
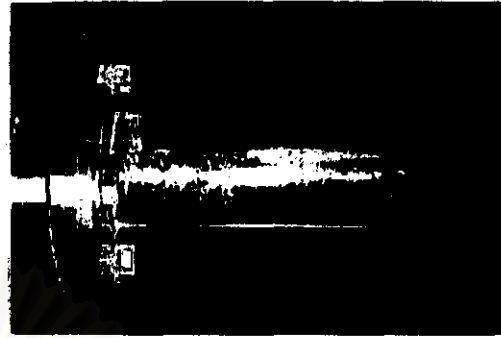
รูปที่ 144 ถึงรูปที่ 146 แสดงให้เห็นว่ามีขีดความถี่สัญญาณการสั่นสะเทือนของสัญญาณที่วัดจากปรากฏการณ์ควิเทชัน กับ ความถี่ธรรมชาติของชุดทดลองใกล้เคียงกัน จึงวิเคราะห์ได้ว่า มีแรงไปกระทำกับชุดทดลองที่ความถี่ตรงกับกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลองแบบออร์พิส ซึ่งแรงกระทำที่มีความถี่ตรงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลองแบบออร์พิสของการทดลองนี้น่าจะเป็นแรงกระทำเนื่องจากปรากฏการณ์ควิเทชัน

เมื่อนำ Noise Floor ที่สังเกตเห็นจากการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อเกิดปรากฏการณ์ควิเทชันมาประกอบการวิเคราะห์ จะอธิบายว่าปรากฏการณ์ควิเทชันจะสร้างการสั่นสะเทือนแบบสุ่มในช่วงความถี่กว้าง (5500 CPM-50000 CPM) ทำให้ชุดทดลองเกิดการสั่นสะเทือนแบบเดียวกันเมื่อความถี่ของการสั่นสะเทือนที่เกิดจากปรากฏการณ์ควิเทชันมาตรงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลองแบบออร์พิสจะทำให้เกิดเรโซแนนซ์ (Resonance) ขอดของสัญญาณการสั่นสะเทือนจึงเด่นขึ้นมาและมีฐานของขอดสัญญาณกว้างกว่าปกติ

2) การที่สัญญาณการสั่นสะเทือนของปรากฏการณ์ควิเทชันที่มี Cavitation Number ต่ำลง ขนาดการสั่นสะเทือน (Amplitude) ของ Noise Floor ที่วัดได้จะสูงขึ้น แสดงว่าเมื่อมี Cavitation Number ต่ำกว่าจะมีความรุนแรงจากปรากฏการณ์ควิเทชันสูงกว่าลงดังตัวอย่างรูปที่ 5-147 และรูปที่ 5-148



รูปที่ 5-147 สัญญาณการสั่นสะเทือนในแนว x ที่  $\sigma_2$  ต่างๆ ของออร์พิส B=0.3


 $\sigma_2 = 4.63$ 

 $\sigma_2 = 4.3$ 

 $\sigma_2 = 3.76$ 

 $\sigma_2 = 2.25$ 

 $\sigma_2 = 2.12$ 

รูปที่ 5-148 รูปถ่ายปรากฏการณ์ควิเทชันที่  $\sigma_2$  ต่างๆ ของออร์ฟิต B = 0.3

### 5-8 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะสามารถสรุปเพื่อนำมาบ่งชี้การเกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันที่เกิดในชุดทดลองแบบออร์พิสโดยใช้การวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนแบบสเปกตรัมได้ดังนี้

1) ออร์พิสจะเกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันเมื่อมี Cavitation Number ประมาณ  $\sigma_2 = 4.53$  และจากการทดลองปรากฏว่า Cavitation Number ที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันจะมีค่าใกล้เคียงกันในออร์พิสทั้ง 3 ขนาด และหากมี Cavitation Number ลดลงจะทำให้ปรากฏการณ์คาวิเทชันรุนแรงขึ้นโดยสังเกตได้จากสัญญาณการสั่นสะเทือนและรูปถ่ายปรากฏการณ์คาวิเทชัน

2) ปรากฏการณ์คาวิเทชันที่เกิดจากการที่ของเหลวไหลผ่านออร์พิสจะสร้างการสั่นสะเทือนแบบสุ่มช่วงความถี่กว้างให้กับท่อกลมทำให้เมื่อวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจะปรากฏ Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนให้เห็น และหากช่วงความถี่ของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์คาวิเทชันใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของชุดทดลองจะทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ (Resonance) ยอดความถี่ที่ตรงกับความถี่ธรรมชาติจึงโดดเด่นขึ้นมาและจะมีฐานของยอดสัญญาณกว้างกว่าปกติด้วย

3) Noise Floor ของสัญญาณการสั่นสะเทือนของปรากฏการณ์คาวิเทชันที่มี Cavitation Number ต่ำลงจะมี Amplitude สูงขึ้น