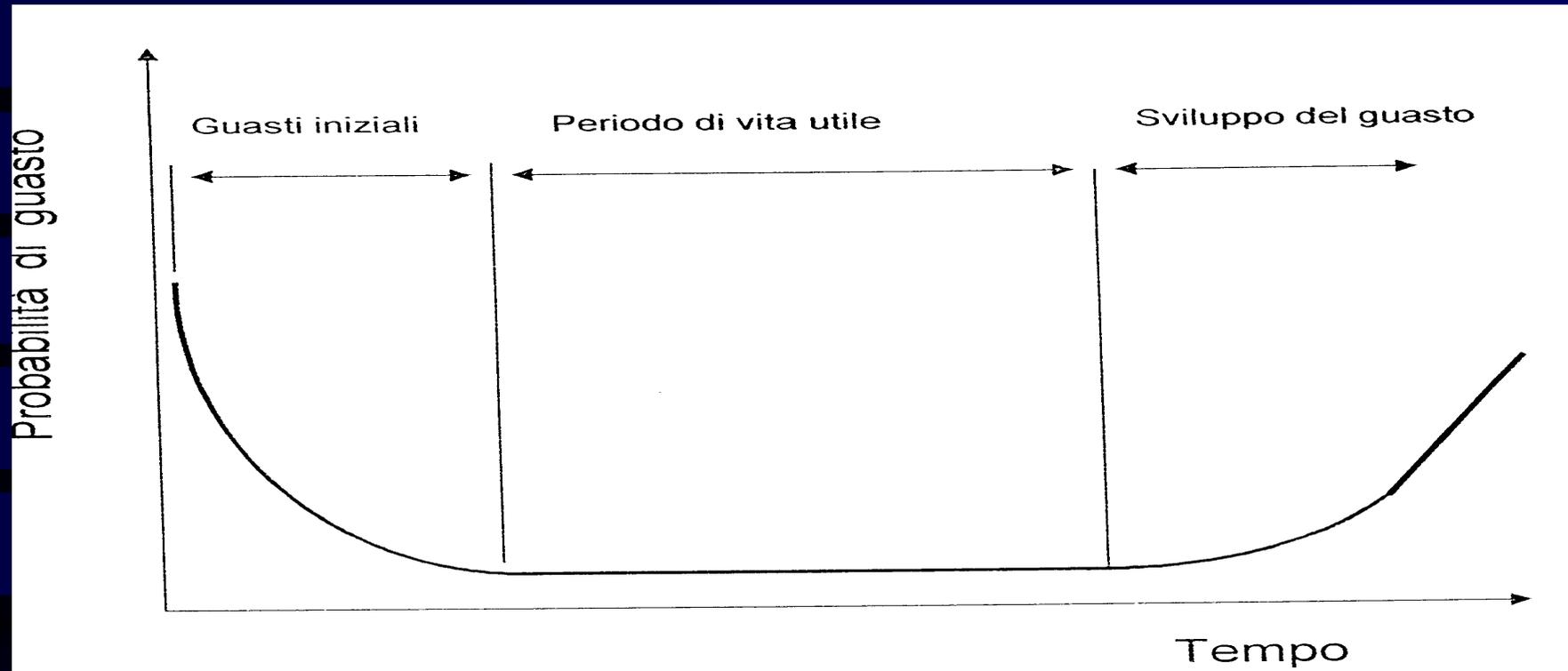


Vibrazioni generate dal macchinario rotante

Metodologie di manutenzione

- A guasto
- A programma (preventiva periodica)
- Su condizione

Curva a vasca da bagno



Manutenzione a programma

Curva a "vasca da bagno"

Obiettivi principali di un programma di manutenzione su condizione

- Drastica riduzione dei guasti improvvisi
- Programmazione delle riparazioni
- Mantenimento delle capacità di produzione
- Razionalizzazione del lavoro del manutentore

Tecniche utilizzate in un programma di manutenzione su condizione (predittiva)

- Rilievo periodico delle vibrazioni
- Rilievo continuo delle vibrazioni “on line”
- Analisi degl'oli e delle particelle inquinanti
- Termografia
- Analisi della corrente elettrica assorbita

Tecniche utilizzate in un programma di manutenzione su condizione (predittiva)

- Rilievo delle vibrazioni

Periodico (off-line)

Continuo (on-line)

- Analisi degl'oli

Viscosità

Acqua in sospensione

Acqua libera

Inquinanti metallici (vari metalli)

Benefici ottenibili da un programma di manutenzione su condizione (predittiva)

- Riduzione dei guasti improvvisi
- Riduzione dei costi di manutenzione
 - riduzione degli interventi al minimo necessario
 - migliore programmazione degli interventi e ridotto impatto sulla produzione
- Aumento della vita operativa del macchinario

Benefici ottenibili da un programma di manutenzione su condizione (predittiva)

- Significativi risparmi di energia
 - macchine ben equilibrate e allineate assorbono fino al 20% in meno d'energia.
- Miglioramento della qualità del prodotto
- Incremento della produzione

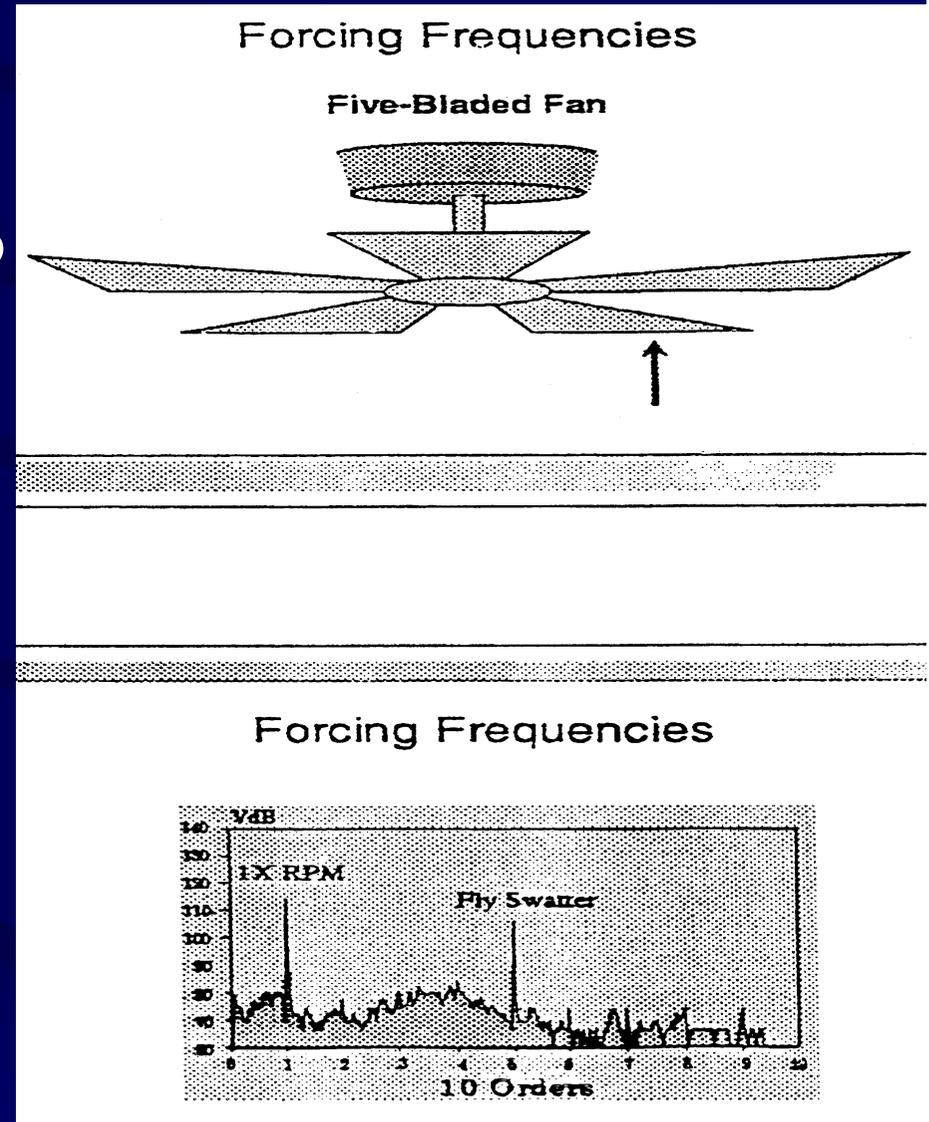
Frequenza di pala

- Frequenza di pala:

Il valore in [Hz] è definito dal prodotto della frequenza di rotazione per il numero di pale.

Esempio:

$$F_{\text{pala}} = 50 \text{ [Hz]} \times 5 = 250 \text{ [Hz]}$$



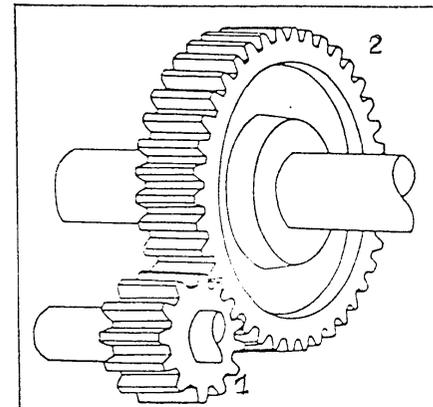
Frequenza d'ingranamento

- Frequenza d'ingranamento:

Prodotto della frequenza di rotazione del pignone con il relativo numero di denti.

Esempio:

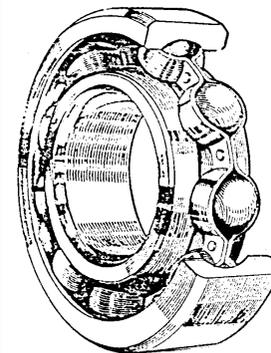
$$F_{\text{gear}} = 50[\text{Hz}] \times 36 = 1800[\text{Hz}]$$



FREQUENZA DI INGRANAMENTO F_x

$$F_x = \frac{(N_1 \times Z_1)/60}{(N_2 \times Z_2)/60} =$$

N_1 = RPM RUOTA 1
 N_2 = RPM RUOTA 2
 Z_1 = N° DI DENTI RUOTA 1
 Z_2 = N° DI DENTI RUOTA 2



$$BPFI = \frac{n}{2} \left(1 + \frac{B_d}{P_d} \cos \theta \right) RPM$$

$$BPFO = \frac{n}{2} \left(1 - \frac{B_d}{P_d} \cos \theta \right) RPM$$

$$BSF = \frac{P_d}{2B_d} \left[1 - \left(\frac{B_d}{P_d} \right)^2 (\cos \theta)^2 \right] RPM$$

$$FTF = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{B_d}{P_d} \cos \theta \right) RPM$$

BPFI = Ball Pass Frequency, Inner Race
BPFO = Ball Pass Frequency, Outer Race
BSF = Ball Spin Frequency
FTF = Fundamental Train Frequency
 B_d = Ball diameter
 P_d = Pitch diameter of the bearing
 n = Number of rolling elements
 θ = contact angle

Anomalie su cuscinetti a strisciamento

- Analisi dell'orbita :

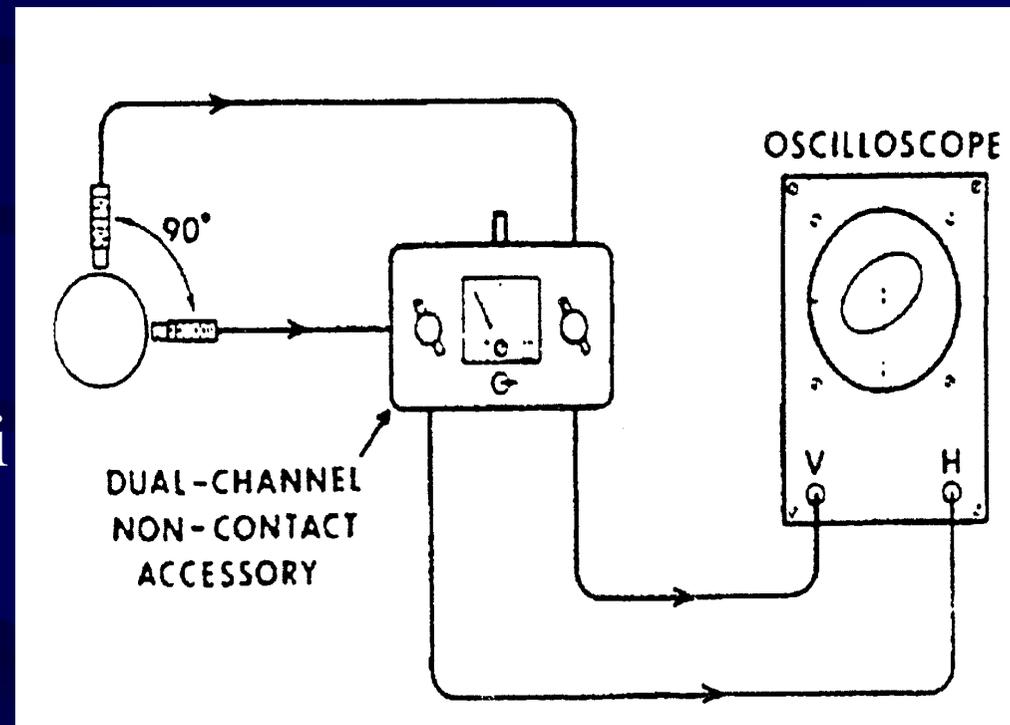
Moto dell'asse

Moto erratico

Contatti, sfregamenti

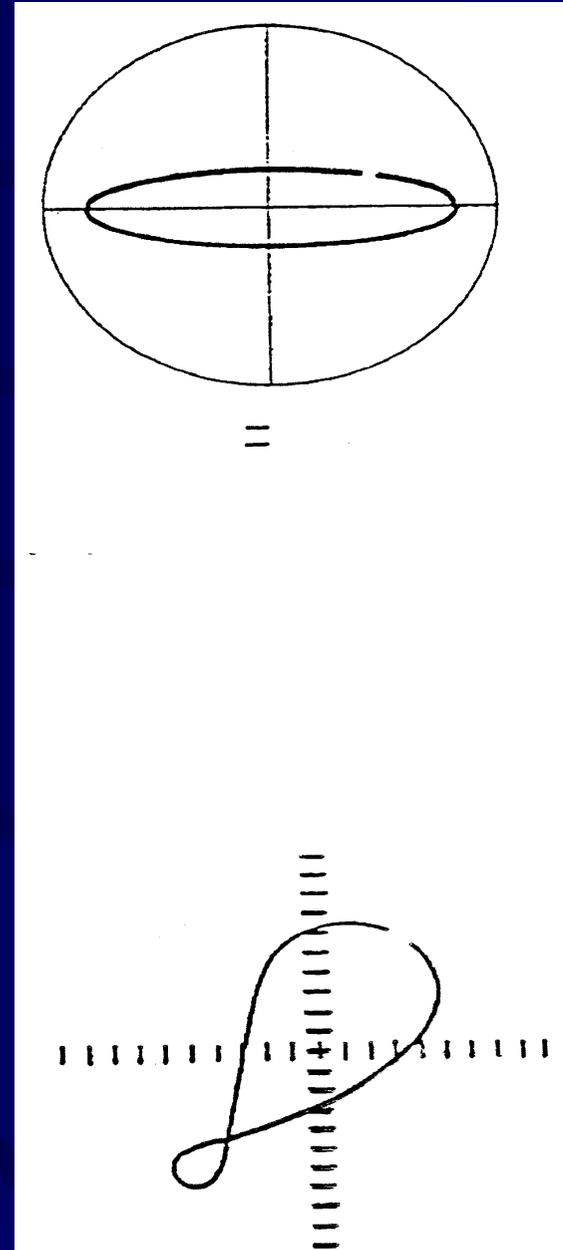
Disallineamenti

Squilibrio



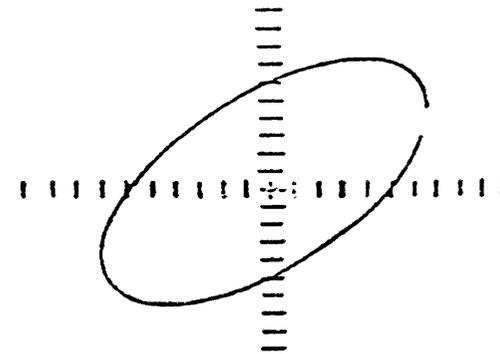
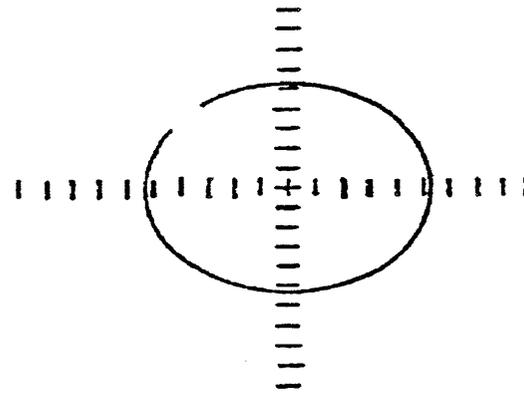
Orbite

- Esempio di disallineamento
- Effetto combinato di gioco e disallineamento



Orbite

- Esempi indicanti la presenza di squilibrio

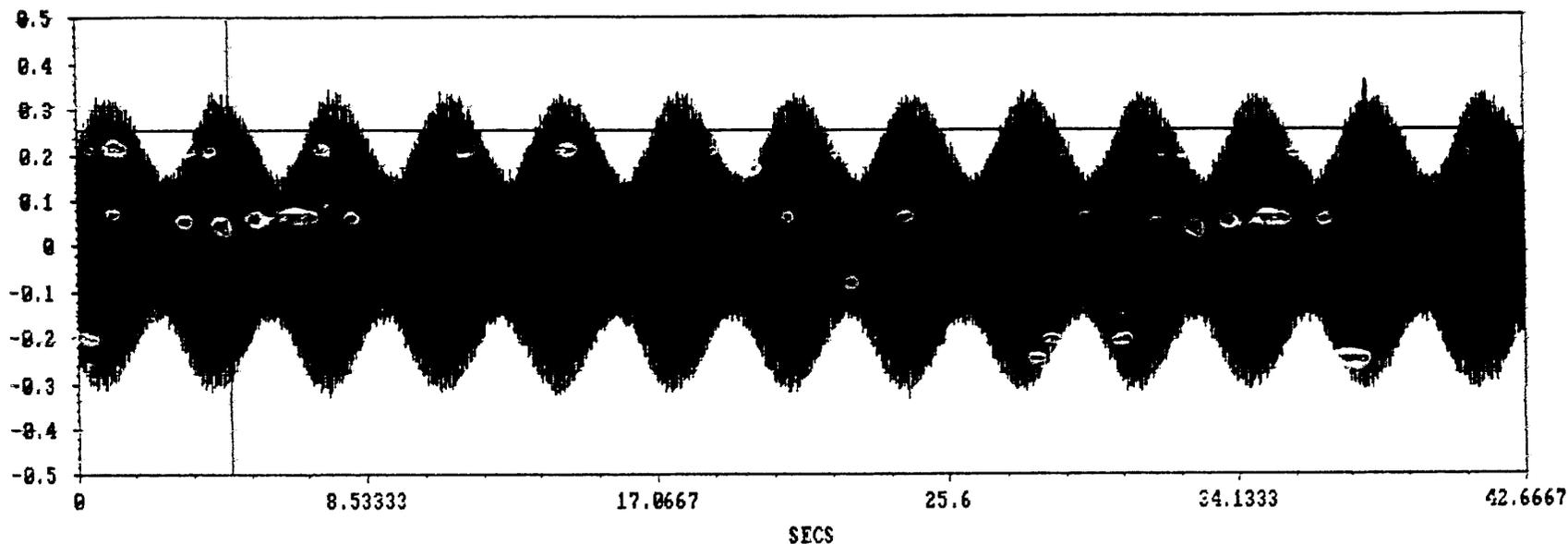


Data base

Single Time Record Plot

ET 62 TYPE: TIME RECORD DATE: 12-SEP-97 11:01:26
OL... ID: LG TIME 6400 0 DESC:
INDOW: UNIFORM LINES: 16384 AVER: 4 SECS: 0.000 - 42.667
TECT: RMS SPEED: 0.00 THRESHOLD: 0.0500 UNITS: Gs

SECS: 4.52344 AMP: 0.2497 INTERVAL: 33.3334 EQV FREQ: 0.03
X10



OVERALL: 0.165385

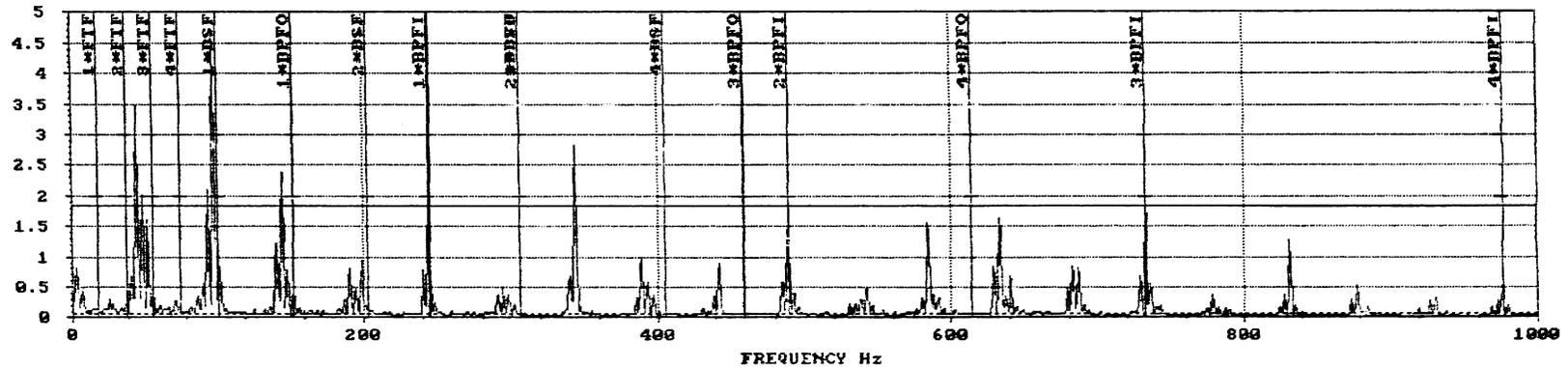
IDENTIFICATION OF ZERO POINT MARKERS
NO RELATIVE FREQUENCY CALCULATED

NO.	AMP.	SECONDS	NO.	AMP.	SECONDS
1.	0.2497	4.52344			

Data base

SINGLE SPECTRUM PLOT

ET: ID: SOP ENV V LG 4F TYPE: FFT DATE: 15-JAN-97 10:52:50
 INLOW: HANNING LINES: 1600 DESC: AVER: 3 FREQ: 0 - 1500 Hz
 ETECT: PEAK TO PEAK SPEED: 49.62 THRESHOLD: 0.0500 UNITS: Gs Env
 FREQ: 244.82 AMP: 1.8222 ORDER: 4.934 DEG: ---



IDENTIFICATION OF SPECTRAL PEAKS ABOVE THRESHOLD							
NO.	AMP.	FREQ.	ORDER	NO.	AMP.	FREQ.	ORDER
1.	3.4750	45.9	0.926	9.	1.8222	244.7	4.931
2.	2.0178	49.7	1.001	10.	2.8170	344.1	6.934
3.	1.6130	53.4	1.077	11.	0.9662	390.0	7.859
4.	2.1063	95.6	1.927	12.	1.4749	489.4	9.821
5.	4.6511	99.4	2.003	13.	1.5545	534.1	11.770
6.	1.2122	141.6	2.853	14.	1.6494	633.8	12.771
7.	2.3890	145.3	2.928	15.	1.9243	733.1	14.774
8.	0.9516	198.8	4.005	16.	1.2704	832.5	16.776

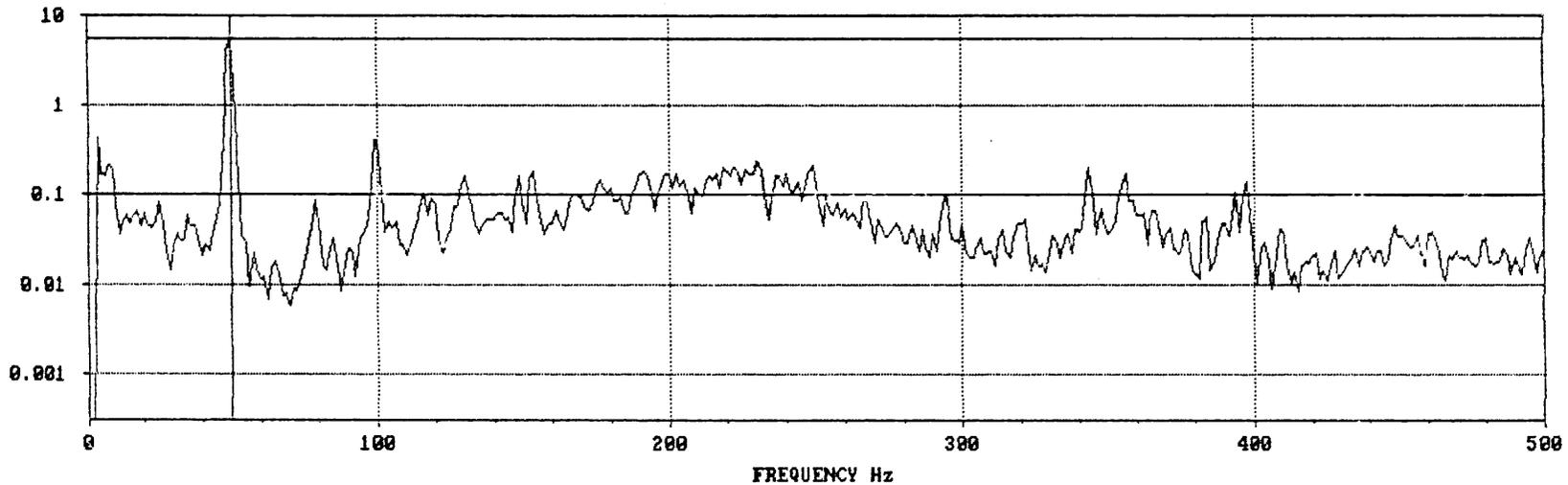
OVERALL	SPECTRAL ENERGY SUMMARY
10.501	SYNC 5.33529
	SUBSYNC 3.8413
	NONSYNC 8.1884

IDENTIFICATION OF FREQUENCY DATA			
ID	LABEL	AMPL	FREQ
SKF	6314 BPFO	0.5022	152.81
SKF	6314 BPF1	1.8222	244.69
SKF	6314 BSF	0.4249	102.19
SKF	6314 FTF	0.1514	18.75
SKF	6314 BPFO	0.0800	305.63
SKF	6314 BPF1	1.4749	489.36
SKF	6314 BSF	0.2259	202.50
SKF	6314 FTF	0.2572	38.44
SKF	6314 BPFO	0.0568	458.44
SKF	6314 BPF1	1.9243	733.13
SI	6314 BSF	0.0800	305.63
SI	6314 FTF	0.4321	57.19
SI	6314 BPFO	0.1021	614.00
SI	6314 BPF1	0.5287	977.81
SI	6314 BSF	0.0640	405.00
SK	6314 FTF	0.1211	75.94

Data base

SINGLE SPECTRUM PLOT

SET ID: SOP VEL X LGIR 24 TYPE: FFT DATE: 02-APR-96 09:15:38
 WIN W: HANNING LINES: 400 AVER: 3
 DETECT: RMS SPEED: 0.00 THRESHOLD: 0.1000 UNITS: mm/sec
 FREQ: 50.00 AMP: 5.5003 ORDER: --- DEG: ---



IDENTIFICATION OF SPECTRAL PEAKS ABOVE THRESHOLD

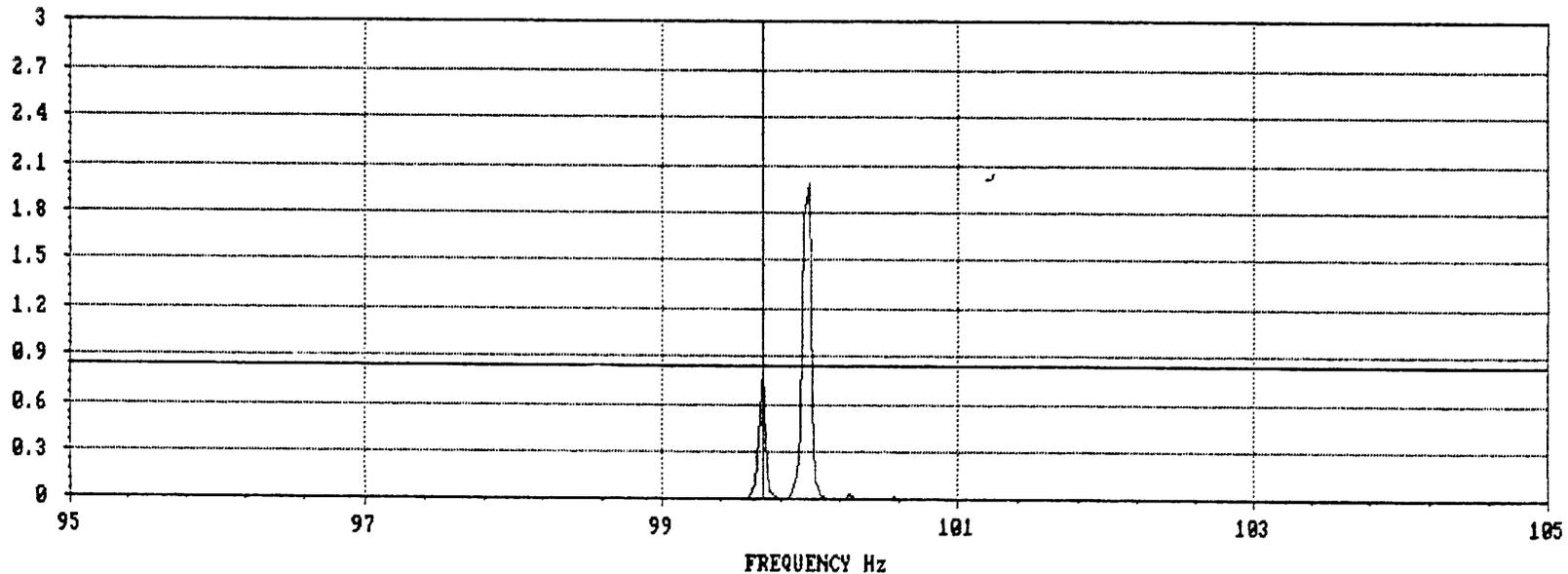
NO.	AMP.	FREQ.	ORDER	NO.	AMP.	FREQ.	ORDER
1.	0.4356	3.8	---	9.	0.1738	216.3	---
2.	0.2202	7.5	---	10.	0.2003	218.8	---
3.	5.5003	50.0	---	11.	0.2062	222.5	---
4.	0.4201	98.8	---	12.	0.1898	226.3	---
5.	0.1875	153.8	---	13.	0.2479	230.0	---
6.	0.1872	191.3	---	14.	0.2122	248.8	---
7.	0.1690	200.0	---	15.	0.2110	343.8	---
8.	0.1714	202.5	---	16.	0.1699	356.3	---

OVERALL 5.96216 SPECTRAL ENERGY SUMMARY
 SYNC 0 SUBSYNC 0 NONSYNC 0

Data base

SINGLE SPECTRUM PLOT

SET ID: 62 TYPE: FFT DATE: 12-SEP-97 11:01:26
 POINT ID: LG TIME 6400 O DESC:
 WINDOW: HANNING LINES: 6400 AVER: 4 FREQ: 0 - 150 Hz
 DETECT: RMS SPEED: 49.84 THRESHOLD: 0.0500 UNITS: mm/sec
 FREQ: 99.68 AMP: 0.8336 ORDER: 2.000 DEG: ---



IDENTIFICATION OF SPECTRAL PEAKS ABOVE THRESHOLD							
NO.	AMP.	FREQ.	ORDER	NO.	AMP.	FREQ.	ORDER
1.	0.8337	99.7	2.000				
2.	1.9941	100.0	2.006				

SPECTRAL ENERGY SUMMARY			
OVERALL	SYNC	SUBSYNC	NONSYNC
3.98159	1.26775	2.97747	2.31959