

III-4 Degradation diagnosis of Heliotron components by higher harmonics diagnosis method

By Junya Nitta (Arcadia Co.)

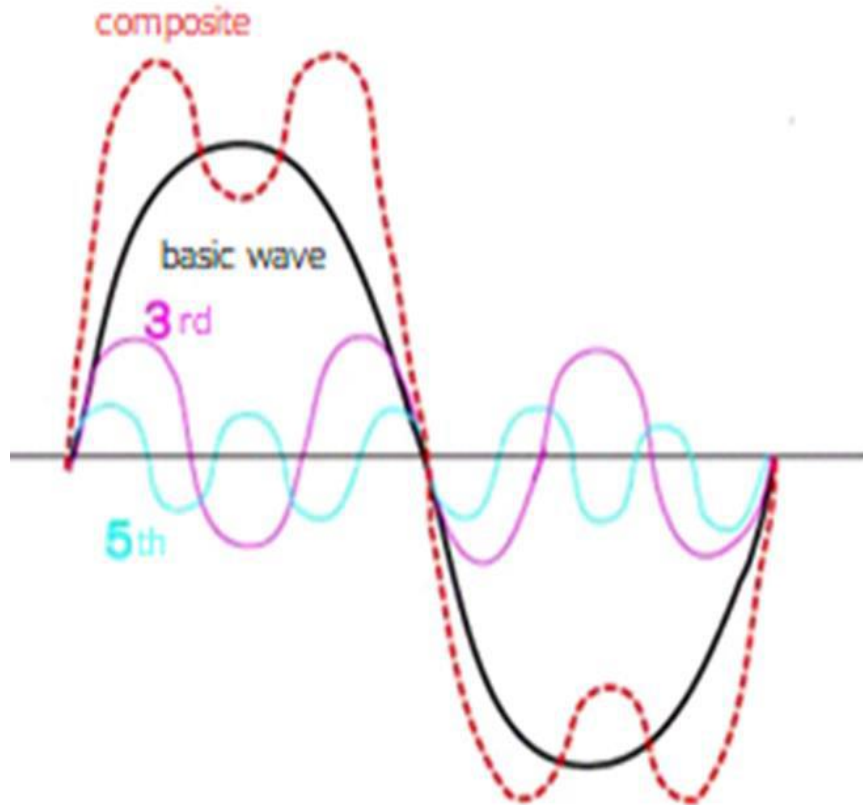
Part 1: Higher harmonic diagnosis system of electrical equipment failure

Part 2: Example result of adapting the Higher Harmonic Diagnostic System to Water cooling pumps of Heliotron J

Part 1: Higher harmonic diagnosis system of electrical equipment failure

Higher harmonic diagnosis method

- What is higher harmonics?
- What is higher harmonics diagnostic method?

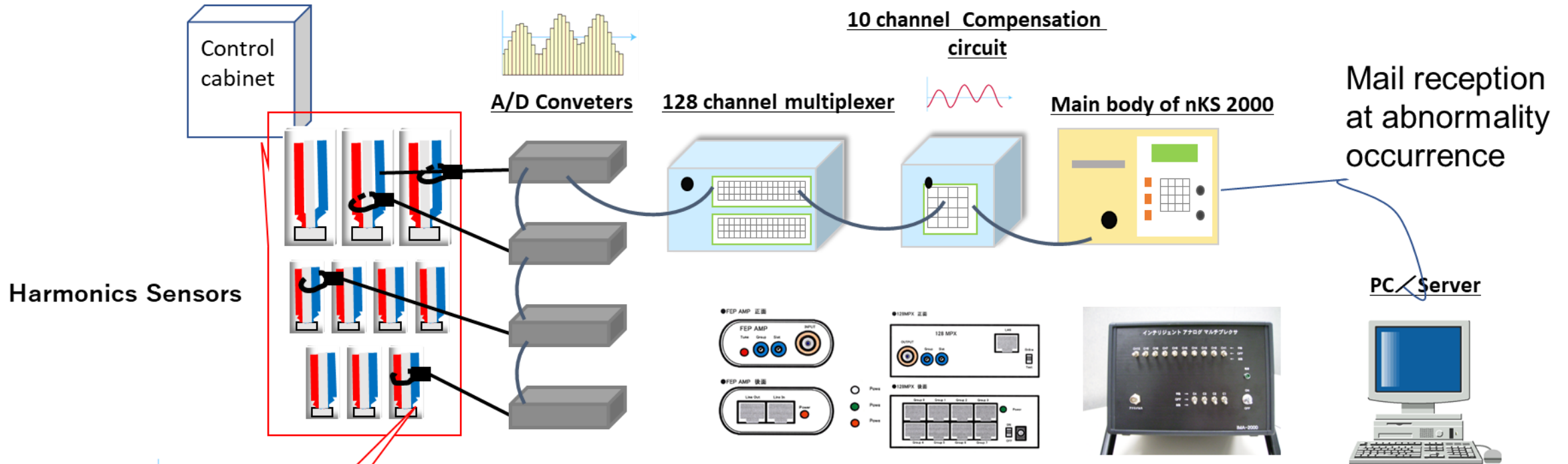


- The electric current flows through the electric equipment basically as the form of distorted wave which is the composite of basic wave and many higher harmonic waves.
- If the equipment is working normally, higher harmonic components are not so large in the electric current.
- But when some problem occurs somewhere in parts and modules, specific orders of higher harmonics will appear and exhibit higher percentage in the distorted wave.
- Higher harmonics diagnosis method will diagnose the state of electric equipment by examining what kinds of higher harmonics with their percentage are contained in the distorted wave.

Portable Harmonic Diagnostic Instrument



HAMOS System Configuration for continuous remote monitoring



Functions and Features

The Remote MPX can be extended to max 200m long with daisy-chained LAN cables, where one lane consists of 16 channels, and max 8 lanes of the Remote MPXs can be connected. Max 10 units of the Remote MPX can be connected to the Compensation Circuit, and therefore status monitoring of max 1280 channels of systems can be made by the harmonics measurement tool.

Merit of Higher harmonic diagnosis system

1. A diagnostic tool under contactless and live state using Harmonics
2. System diagnosis of Abnormality and/or Degradation with daily trend management
3. Enables energy saving operation and extended system life with Operation Mode Diagnosis
 - Power efficiency degraded with system abnormality and/or degradation
 - Appropriate preventive action recommended based on abnormality and/or degradation prediction
4. The status monitoring system, HAMOS, is a powerful tool for preventing unpredicted accidents
5. Improving system availability, by preventing unpredicted accidents, will directly result in an improved profitability
6. **From TBM to CBM to PdM**
TBM :System Maintenance by System Operation Hours
CBM : System Maintenance by System State Management
PdM : Predictive Maintenance

Target of Harmonics Diagnosis

■ Diagnosis Target

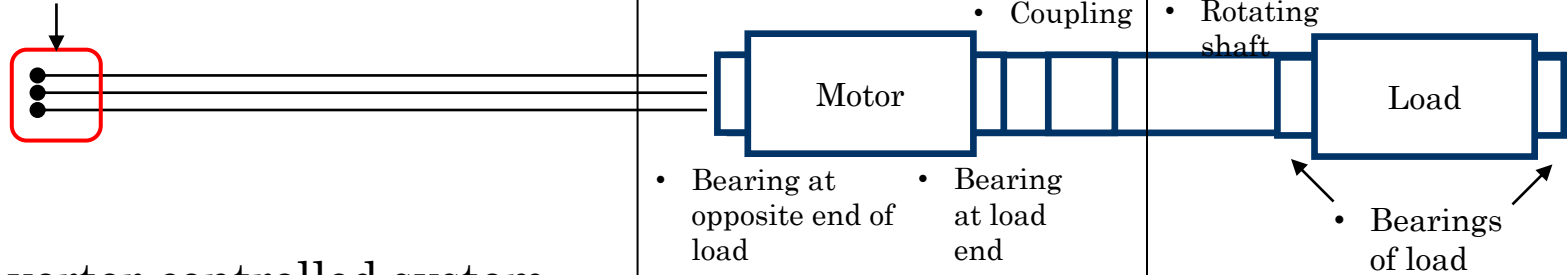
The primary target of Harmonics Diagnosis is **Motor System** and **Inverter**, the driving power source for every industrial moving equipment. In addition, transformer, capacitor, generator, UPS, and power transmission/distribution cable can be diagnosed as well.

■ Measurement Location and Diagnosable Part

Harmonics measurement at Control Panel enables diagnosis of the overall system. It is indeed equivalent to the principle of blood tests. The following figure indicates the diagnosable parts with the Harmonics Diagnosis tool.

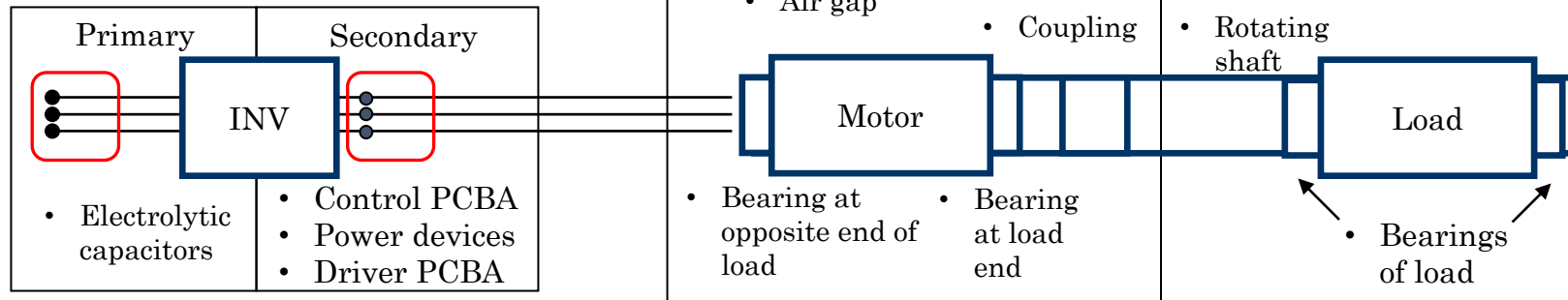
For motor system

Measured between U and V at Control Panel



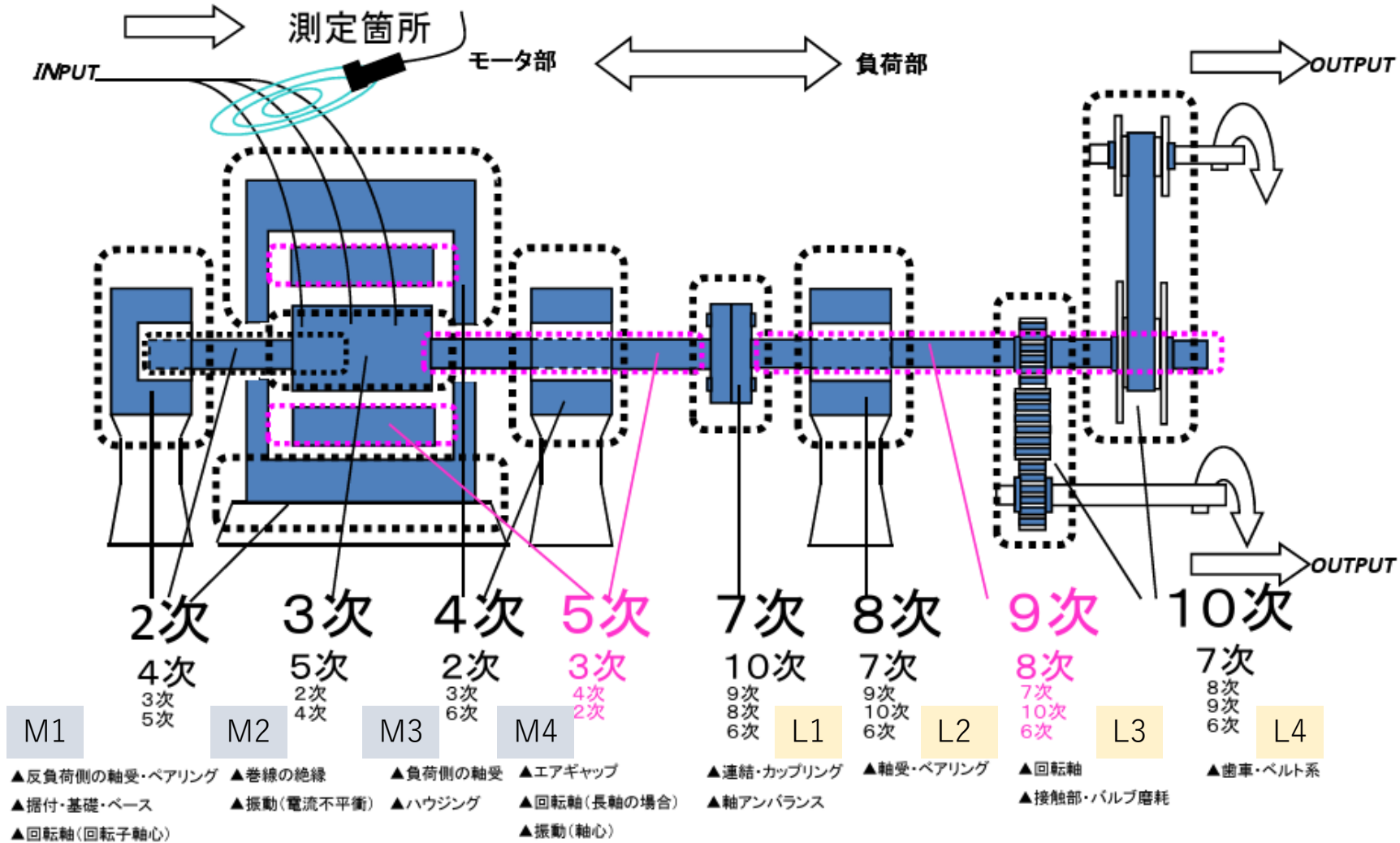
For inverter-controlled system

Measured between U and V of Primary/Secondary circuits at Control Panel



Correlation diagram between harmonic order and motor and load

高調波次数とモータ負荷側の相関図



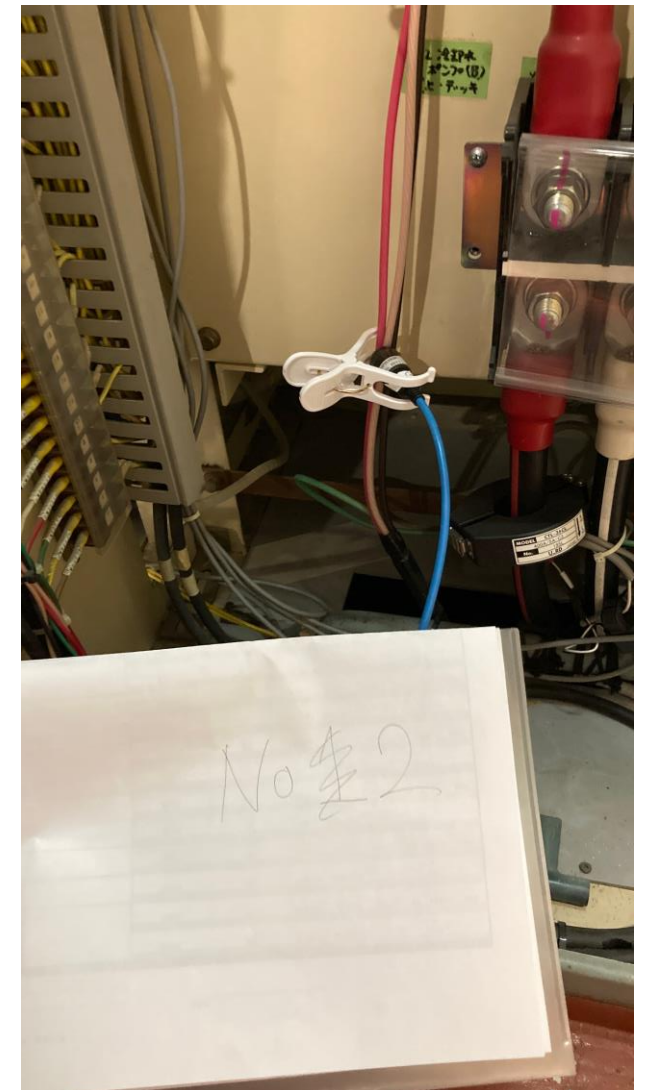
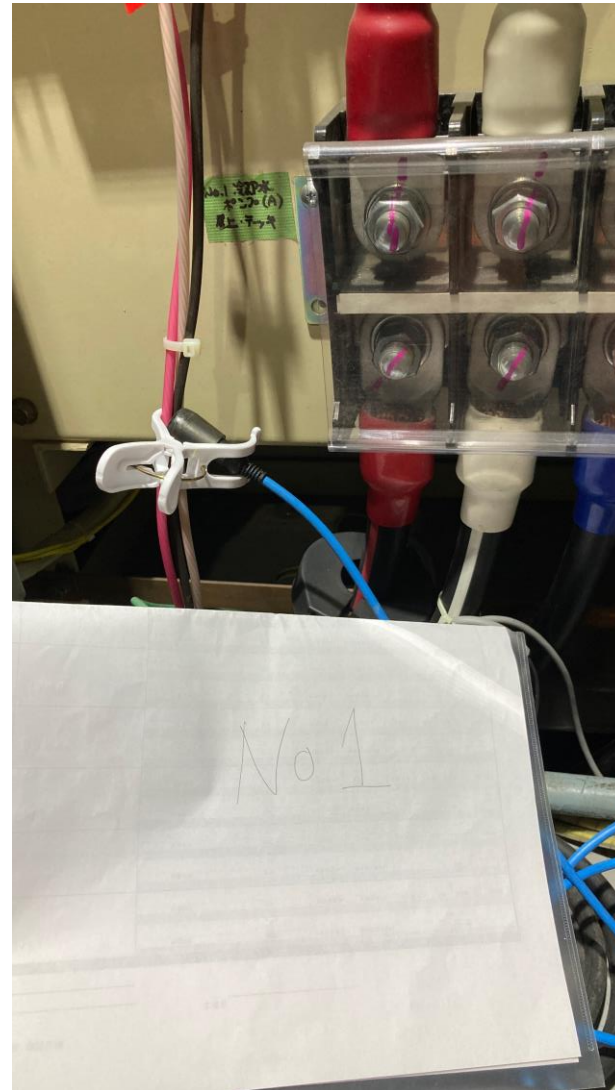
Copyright(C)2007 ARCADIA SYSTEMS Inc. ALL rights reserved

Part 2: Example result of adapting the Higher Harmonic Diagnostic System to Water cooling pumps of Heliotron J

summary

- In this experiment of applying the higher harmonic diagnostic system to Heliotron J, the pumps of water cooling system were measured among the auxiliary equipment of Heliotron J which are maintained by the staff of the Heliotron Center.
- Between November 6 and 10, 2023, five channels of pure water pumps, rotary pumps, pure water circulation pumps for cooling magnetic coils in the vacuum tube were simultaneously measured and recorded, and portable diagnostic equipment was installed in the pure water pump of the NBI power supply room, and data was collected and analyzed by HAMOS.
- In the following presentation, we will focus on the diagnostic results of both the pure water supply pump and pure water circulation pump.

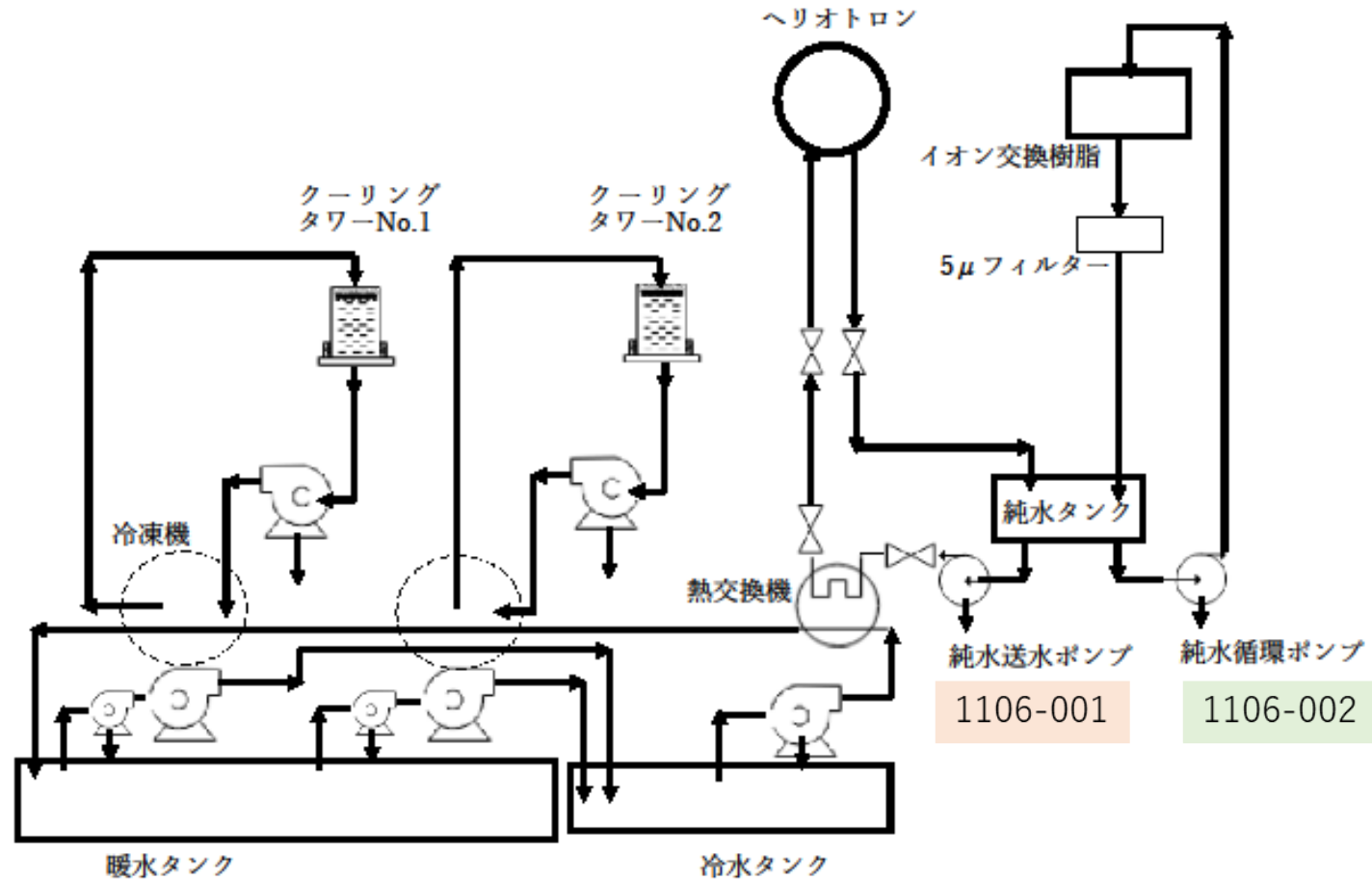
Attaching harmonic sensors



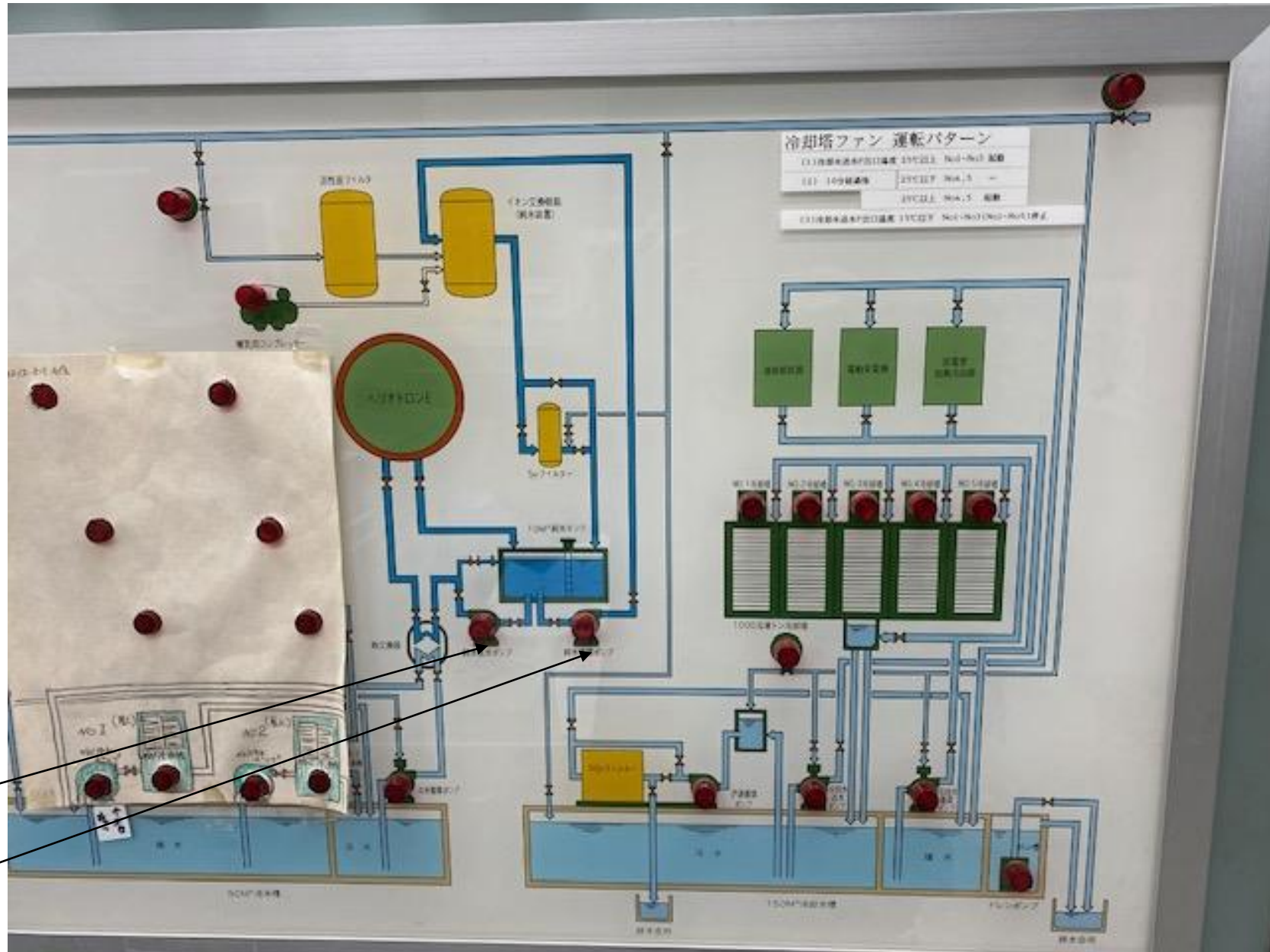
Installation of condition monitoring system



Illustration of cooling water circuit for the magnetic coils in the Vacuum Tube in of Heliotron J



Display of the water cooling circuit in the main control room



1106-001

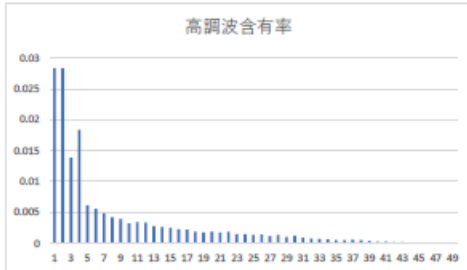
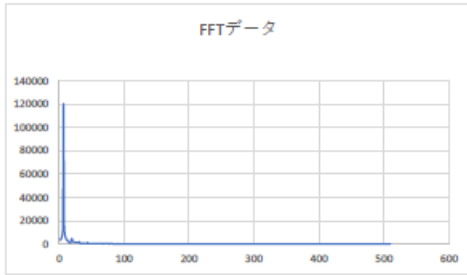
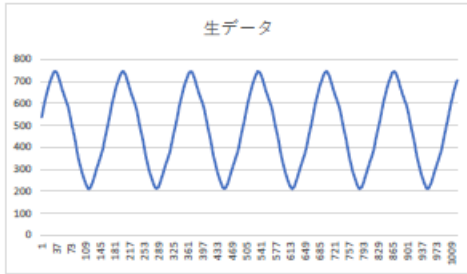
1106-002

1106-001

波形データ

真空系純水送水ポンプ

装置コード: 1106-001
測定日時: '23/11/06 16:02:08



主な高調波含有率

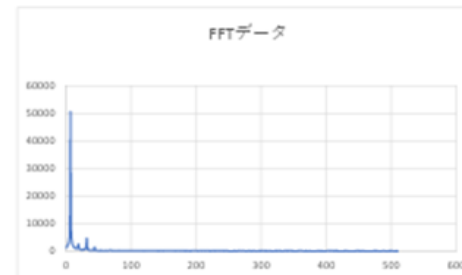
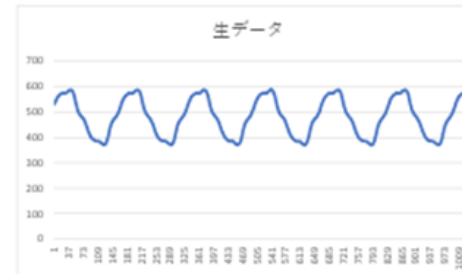
次数	含有率%	次数	含有率%
2	2.8	3	2.8
4	1.4	5	1.8
6	0.6	7	0.6
8	0.5	9	0.4
10	0.4	11	0.3
13	0.3	17	0.2
19	0.2	23	0.2
25	0.1	38	0.1
THD	4.8		

1106-002

波形データ

真空系冷水循環ポンプ

装置コード: 1106-002
測定日時: '23/11/06 16:53:29



主な高調波含有率

次数	含有率%	次数	含有率%
2	2.5	3	5.1
4	0.9	5	3.7
6	0.6	7	0.4
8	0.3	9	0.2
10	0.4	11	0.4
13	0.1	17	0.1
19	0.1	23	0.2
25	0.2	36	0.0
THD	6.9		

Raw data of electric current

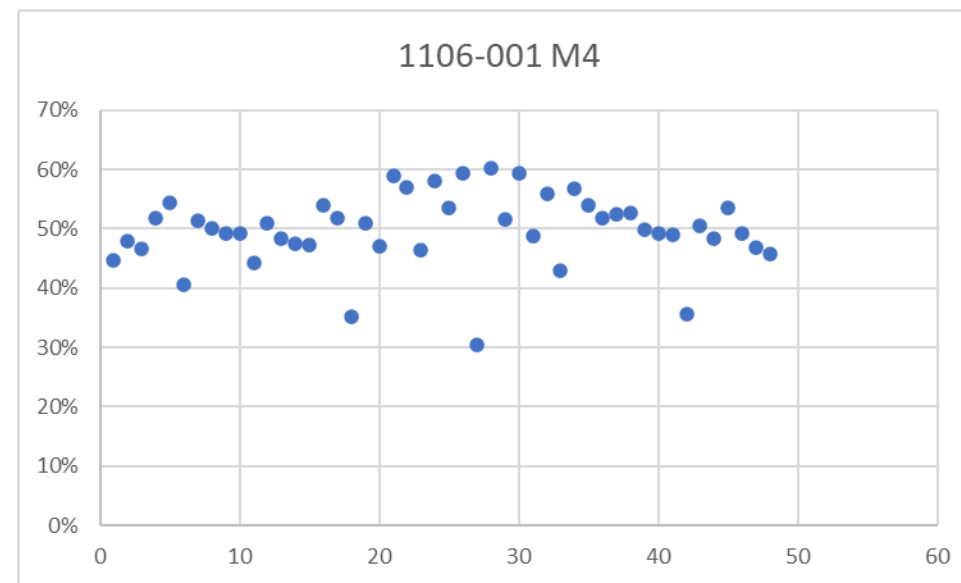
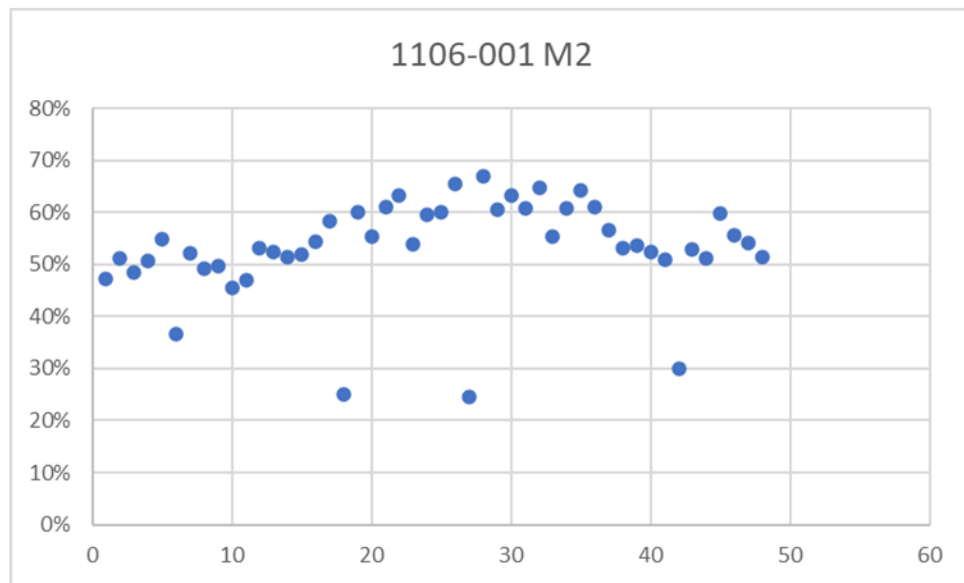
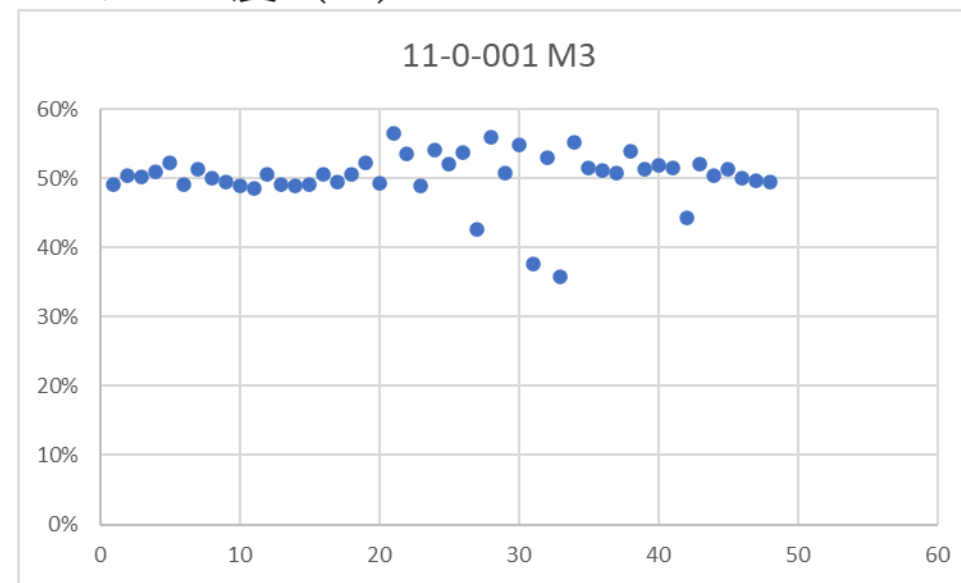
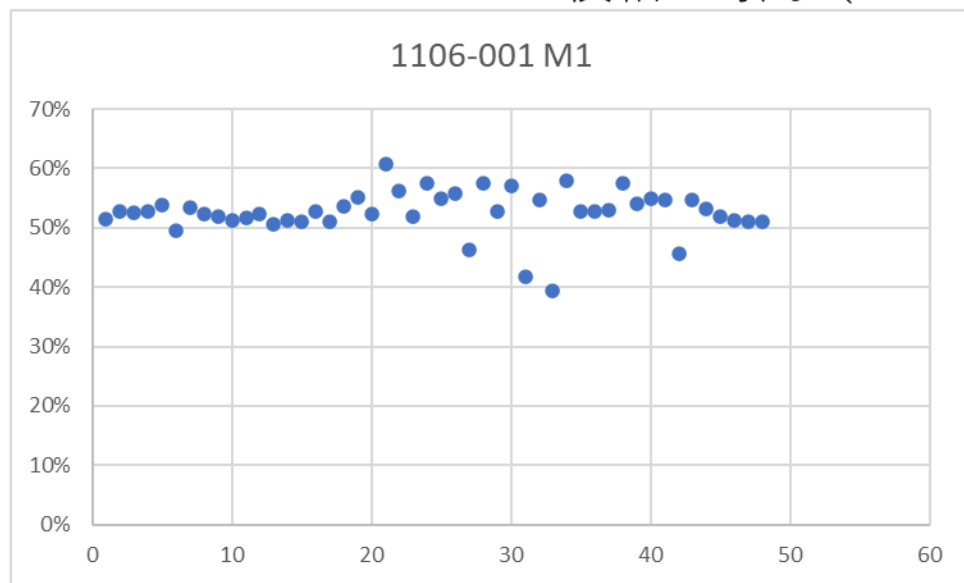
FFT Waveform

Power Spectrum

Harmonic content

HAMOS測定結果 真空系純水送水ポンプ モータ部
横軸 時間 (Hour) 縦軸

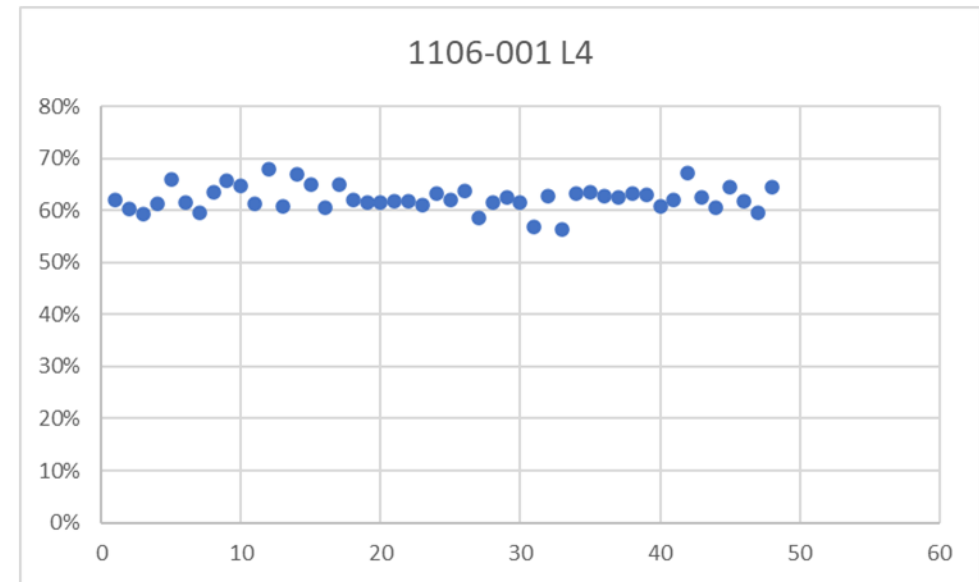
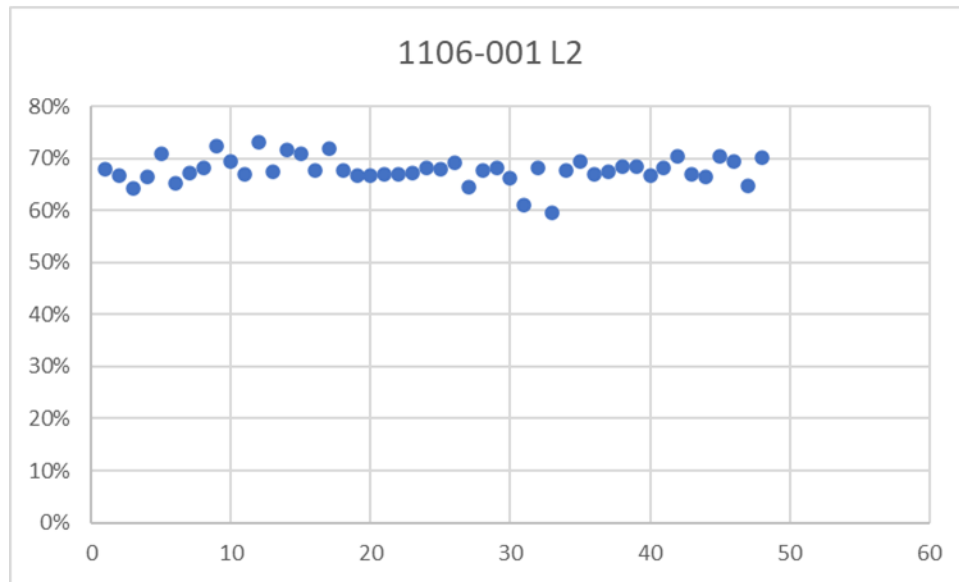
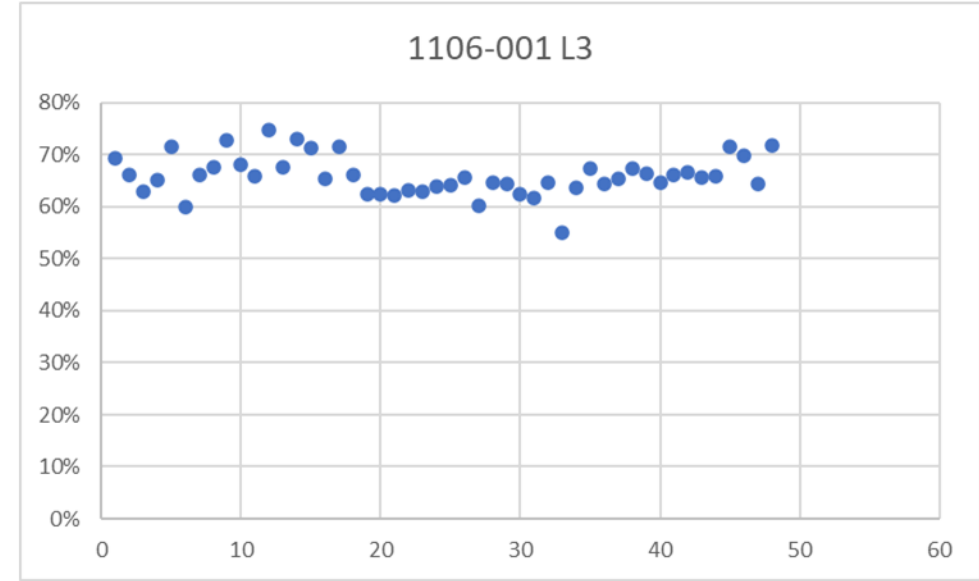
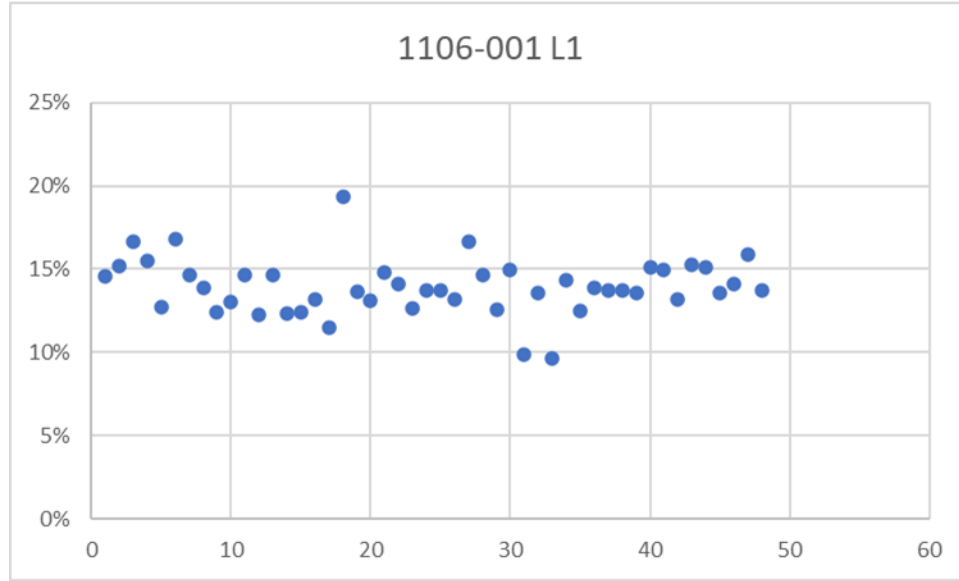
2023/11/9 0:27~23:57の30分毎
ストレス度 (%)



HAMOS測定結果 真空系純水送水ポンプ
横軸 時間 (Hour)

負荷部
縦軸

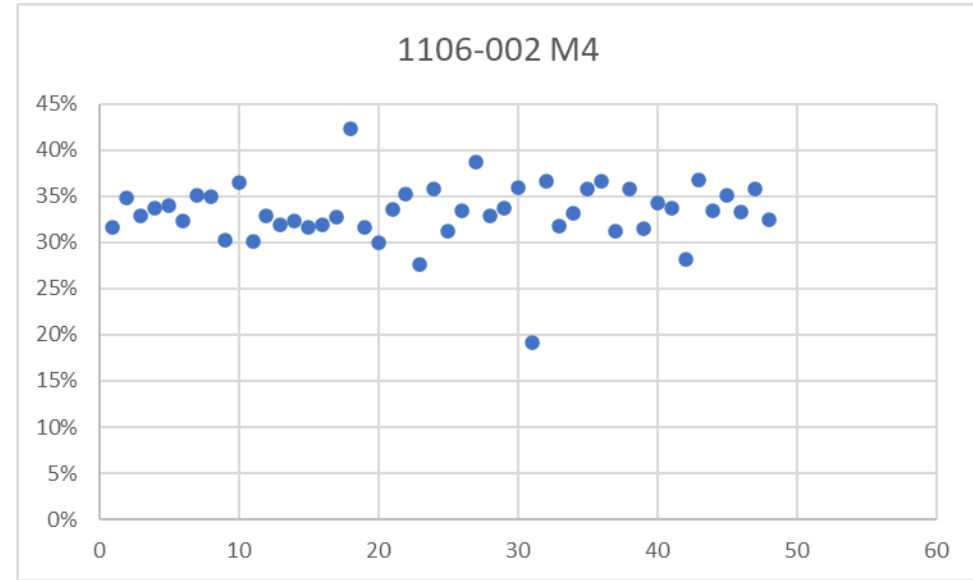
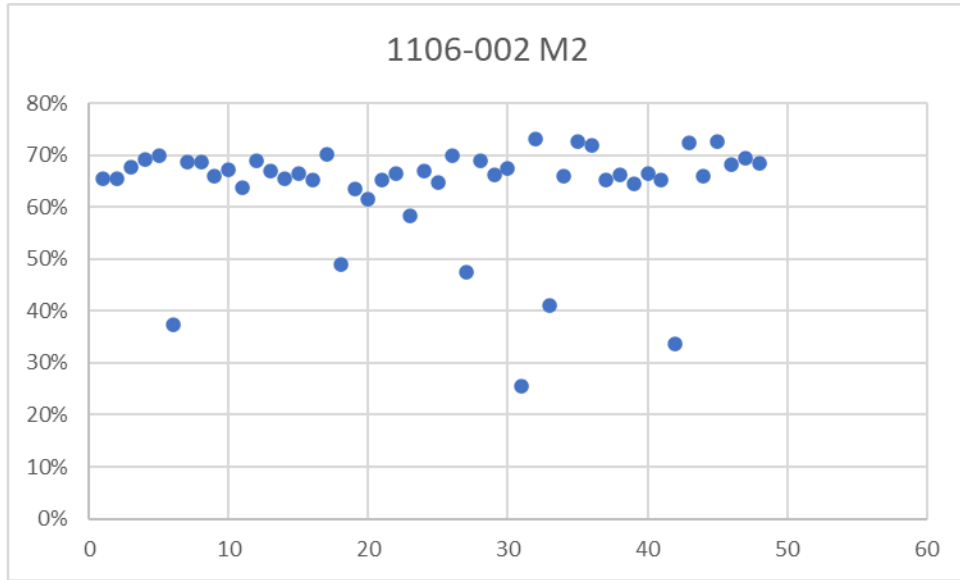
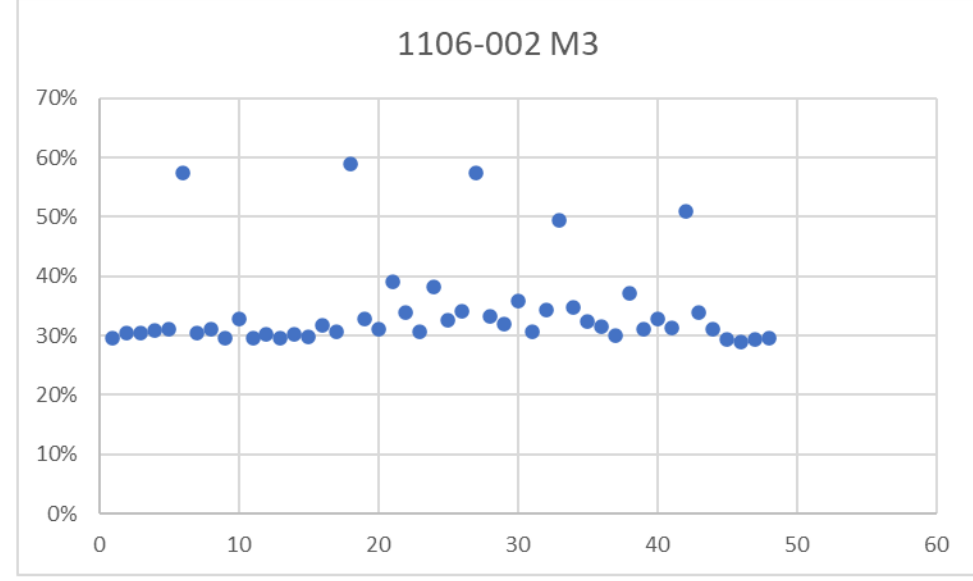
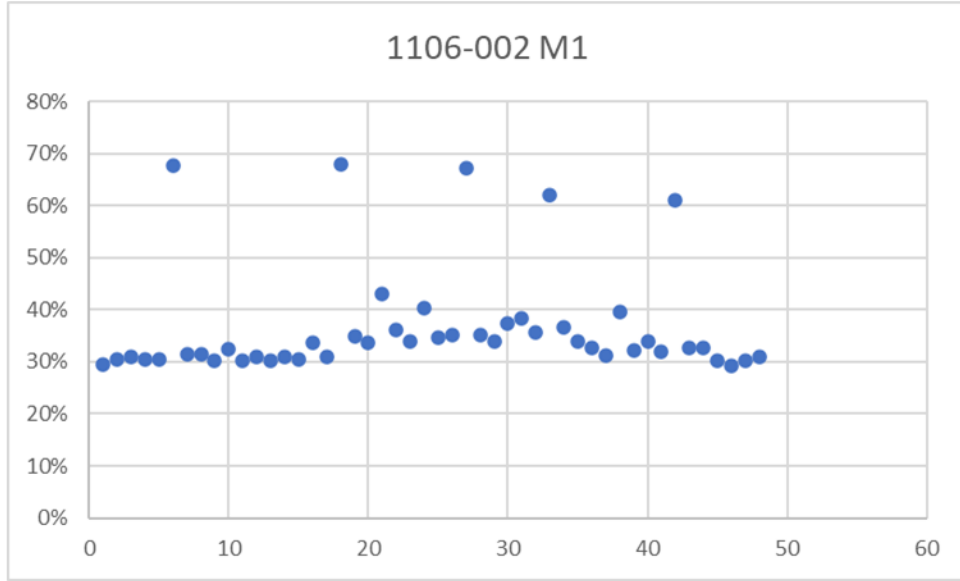
2023/11/9 0:27~23:57の30分毎
ストレス度 (%)



HAMOS測定結果

真空系純水循環ポンプ
横軸 時間 (Hour)

モータ部 2023/11/9 0:28~23:58 の30分毎
縦軸 ストレス度 (%)

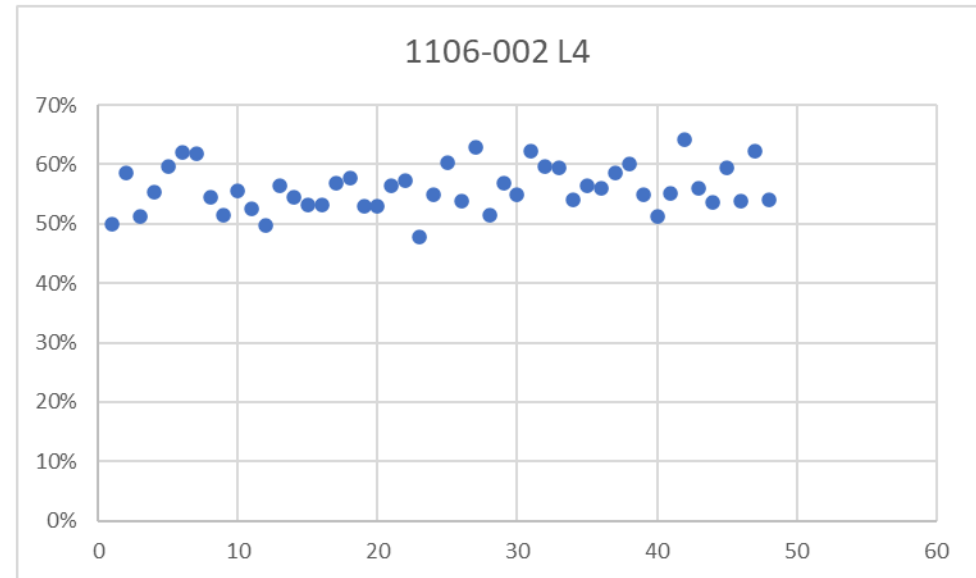
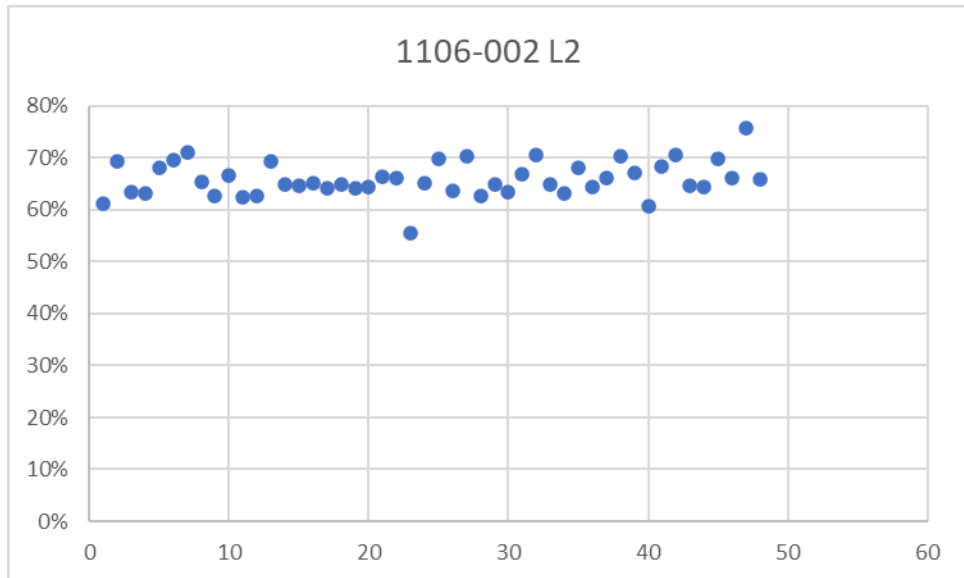
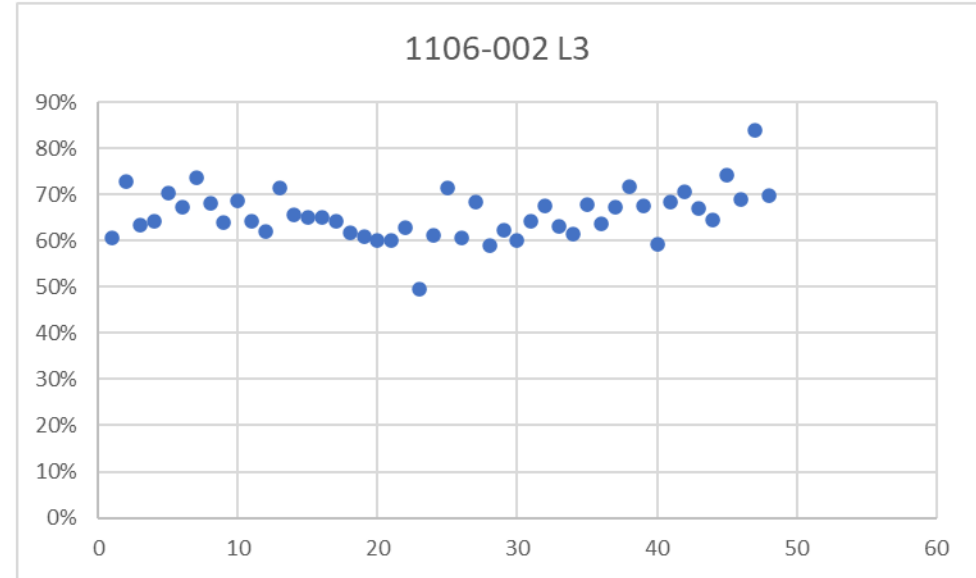
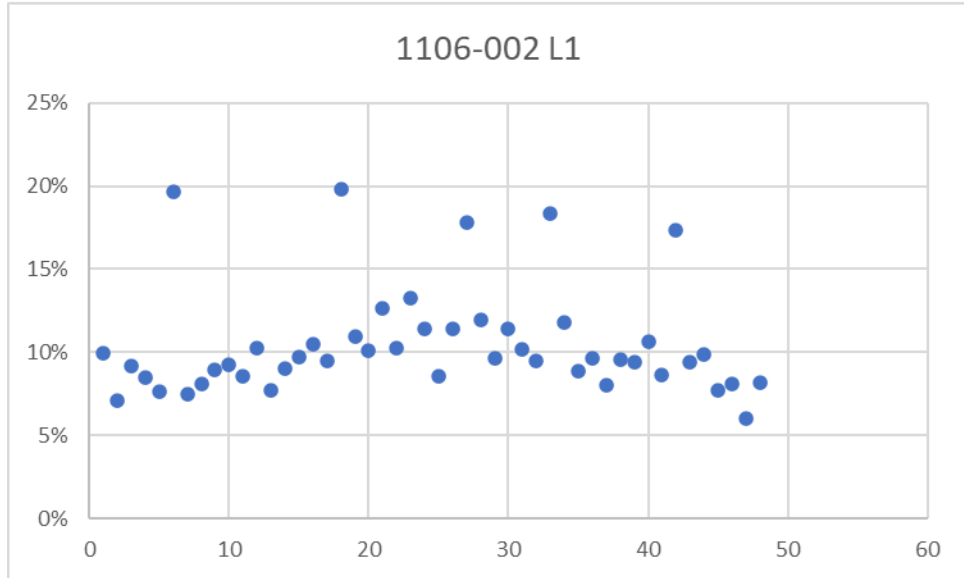


HAMOS測定結果

真空系純水循環ポンプ
横軸 時間 (Hour)

負荷部
縦軸

2023/11/9 0:28~23:58 の30分毎
ストレス度 (%)



電気設備機器劣化診断結果報告書

■ 企業名 京都大学宇治	■ 工場名 ヘリオトロンJ	
■ 診断日 23/11/07	使用測定器 KS-2000	
■ 機器仕様	処理条件 乾式 コロガリ、ヨコ型	
設備名 真空系純水送水ポンプ	設備コード 1106-001	
ライン名 -	設備分類 -	
インバータ -	定格容量 - 100	
製造会社		
型式 -	運転周波数 - 比	
モータ -	型式 -	
製造会社		
定格容量 - 100	定格電圧 - V	定格電流 - A
極数 - 極	周波数 - 比	絶縁 - 種

■ 高調波測定<単位：%> インバータ (一次側) ■ 電流測定

次数	5次	7次	総合	U相 - Δ	V相 - Δ	W相 - Δ	
含有率	-	-	-	不平衡率 - %	電流診断結果 未測定		

モータ (入力)、もしくはインバータ (二次側)

次数	2次	3次	4次	5次	6次	7次	8次	9次
含有率	28	31	13	22	0.5	0.5	0.5	0.5
10次	11次	13次	17次	19次	23次	25次	38次	総合
0.4								6.2

■ 診断結果				コメント			
診 断 項 目	【モータ部】			結果	劣化度	数値	正常運転 M1の項、軽度ストレス兆候 M2の項、軽度ストレス兆候 M3の項、軽度ストレス兆候 M4の項、軽度ストレス兆候
	M1: 回転軸・軸受、摺り付け	A	39%	0.347			
	M2: 巻線の絶縁 (層間/相間) 振動	B 1	47%	0.425			
	M3: 軸受・ハウジングの損傷	B 1	43%	0.265			
	M4: エアギャップ不均一・振動	B 1	40%	0.35			
	【負荷側】			結果	劣化度	数値	運転モード: 二次側測定 L1の項、軽度ストレス兆候 L2の項、軽度ストレス兆候 L3の項、軽度ストレス兆候 L4の項、軽度ストレス兆候 6ヶ月毎の傾向管理をお勧めします
	L1: カップリング異常、軸のバラス	B 1	40%	0.0728			
	L2: 軸受損傷、異物付着	B 1	53%	0.075			
	L3: 回転軸異常、バルブ磨耗	B 1	53%	0.0746			
	L4: 歯車・ベルト系損傷	B 1	44%	0.0689			
	【インバータ】			結果	劣化度	数値	
	I1: 平滑 (電解) コンデンサ	-	-	-			
	I2: コントロール基板	-	-	-			
	I3: 電力素子	-	-	-			
I4: ドライブ基板	-	-	-				

電気設備機器劣化診断結果報告書

■ 企業名 京都大学宇治	■ 工場名 ヘリオトロンJ	
■ 診断日 23/11/07	使用測定器 KS-2000	
■ 機器仕様	処理条件 乾式 コロガリ、ヨコ型、2次元なし	
設備名 真空系冷水循環ポンプ	設備コード 1106-002	
ライン名 -	設備分類 -	
インバータ -	定格容量 - 100	
製造会社		
型式 -	運転周波数 - 比	
モータ -	型式 -	
製造会社		
定格容量 - 100	定格電圧 - V	定格電流 - A
極数 - 極	周波数 - 比	絶縁 - 種

■ 高調波測定<単位：%> インバータ (一次側) ■ 電流測定

次数	5次	7次	総合	U相 - Δ	V相 - Δ	W相 - Δ	
含有率	-	-	-	不平衡率 - %	電流診断結果 未測定		

モータ (入力)、もしくはインバータ (二次側)

次数	2次	3次	4次	5次	6次	7次	8次	9次
含有率	3	12	1.1	0.9	0.7	0.5	0.5	0.5
10次	11次	13次	17次	19次	23次	25次	38次	総合
0.4								4.1

■ 診断結果				コメント			
診 断 項 目	【モータ部】			結果	劣化度	数値	正常運転 M1の項、軽度ストレス兆候 M2の項、軽度ストレス兆候 M3の項、軽度ストレス兆候
	M1: 回転軸・軸受、摺り付け	B 1	51%	0.488			
	M2: 巻線の絶縁 (層間/相間) 振動	A	33%	0.292			
	M3: 軸受・ハウジングの損傷	B 1	52%	0.325			
	M4: エアギャップ不均一・振動	A	29%	0.257			
	【負荷側】			結果	劣化度	数値	運転モード: 二次側測定 L1の項、軽度ストレス兆候 L2の項、中度ストレスレベル L3の項、中度ストレスレベル L4の項、軽度ストレス兆候 3ヶ月毎の傾向管理をお勧めします
	L1: カップリング異常、軸のバラス	B 1	53%	0.109			
	L2: 軸受損傷、異物付着	B 2	62%	0.118			
	L3: 回転軸異常、バルブ磨耗	B 2	61%	0.117			
	L4: 歯車・ベルト系損傷	B 1	45%	0.107			
	【インバータ】			結果	劣化度	数値	
	I1: 平滑 (電解) コンデンサ	-	-	-			
	I2: コントロール基板	-	-	-			
	I3: 電力素子	-	-	-			
I4: ドライブ基板	-	-	-				

ストレス度に基づく診断結果の要約

- ストレス度の段階分け

A：40%以下 B1：40-60% B2:60-80% B3:80-90% C:90%以上

- トレンドグラフに於いて、60%以下は特に問題ないが、60%を定常的に超えていると、経年劣化が進んでいると判断する。

	001の平均値	002の平均値	
M1	40%以下	40%以下	002は定常的に60%以上（振動の為）
M2	70%以下	70%以下	
M3	60%以下	60%以下	
M4	60%以下	45%以下	
L1	20%以下	20%以下	負荷部軸受けは双方とも悪い 負荷部の軸は双方とも悪い この部位は実際は無いので無視
L2	70%	70%前後	
L3	70%	70%前後	
L4	65%	65%以下	

- 双方とも経年劣化が相当進んでいて点検整備が必要である。

This is the end of my
presentation.
Thank you very much.