

KSTAR Motor Generator(MG) 시스템 Overhaul 과업지시서

2022. 11

목 차

1. 과업명	3
2. 목 적	3
3. 일 정	3
4. 범 위	3
5. 과업 세부내용	14
6. 제출서류	32
7. 과업수행 일반지침	33

1. 과업명

- KSTAR Motor Generator(MG) 시스템 Overhaul

2. 목적

- 한국핵융합에너지연구원의 KSTAR 초전도자석 전원장치 전원공급에 사용되고 있는 Motor Generator(이하 MG) 시스템에 대하여 절차에 따른 정밀점검을 수행함으로써 KSTAR 실험 시 발생할 수 있는 MG 시스템의 이상상태를 미연에 방지하고 정상적인 전력공급을 수행하기 위함.

3. 일정

3.1 과업 수행 일정

- 3.1.1 본 과업은 2023년 5월 31일까지 MG 시스템에 대한 Overhaul 및 시운전을 완료해야 한다.

- 3.1.2 Overhaul 일정은 한국핵융합에너지연구원(이하 KFE)의 업무수행에 지장이 없는 범위 내에서 상호 협의하여 결정하여야 하며, MG 시스템에 장애가 발생하였거나 긴급 수리 상황이 발생한 경우 등 KFE의 요청에 따라 즉시 조치하여야 한다.

- 3.1.3 현장에서 과업 수행 완료 후 본 과업의 계약완료일 이전까지 6장에서 명시한 서류를 제출해야만 한다.

4. 범위

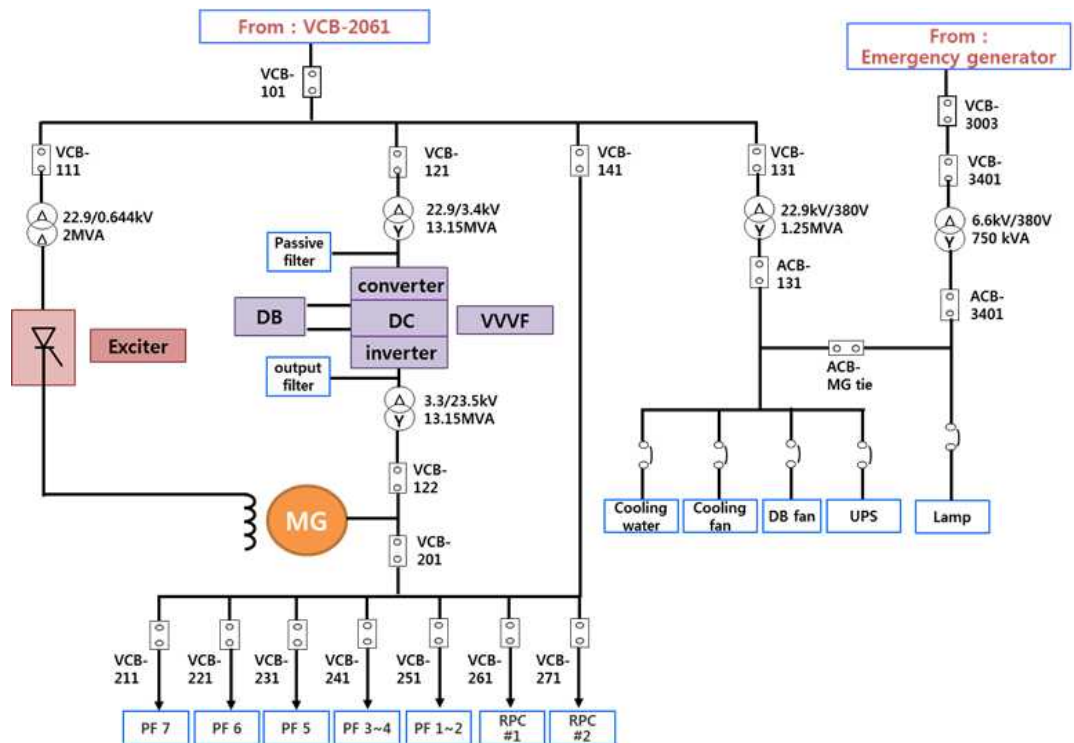
4.1 일반사항

- 4.1.1 위치: 한국핵융합에너지연구원 전원동 MG 장치실 및 전기실

- 4.1.2 과업 범위 : 발전기, VVVF, Excitation 시스템, 부대설비 및 현장제어 시스템 등 MG 시스템에 대한 정밀 점검을 통해 장치의 이상유무를 점검, 조치 후 정상상태를 확인하기 위한 시험가동을 포함한다.

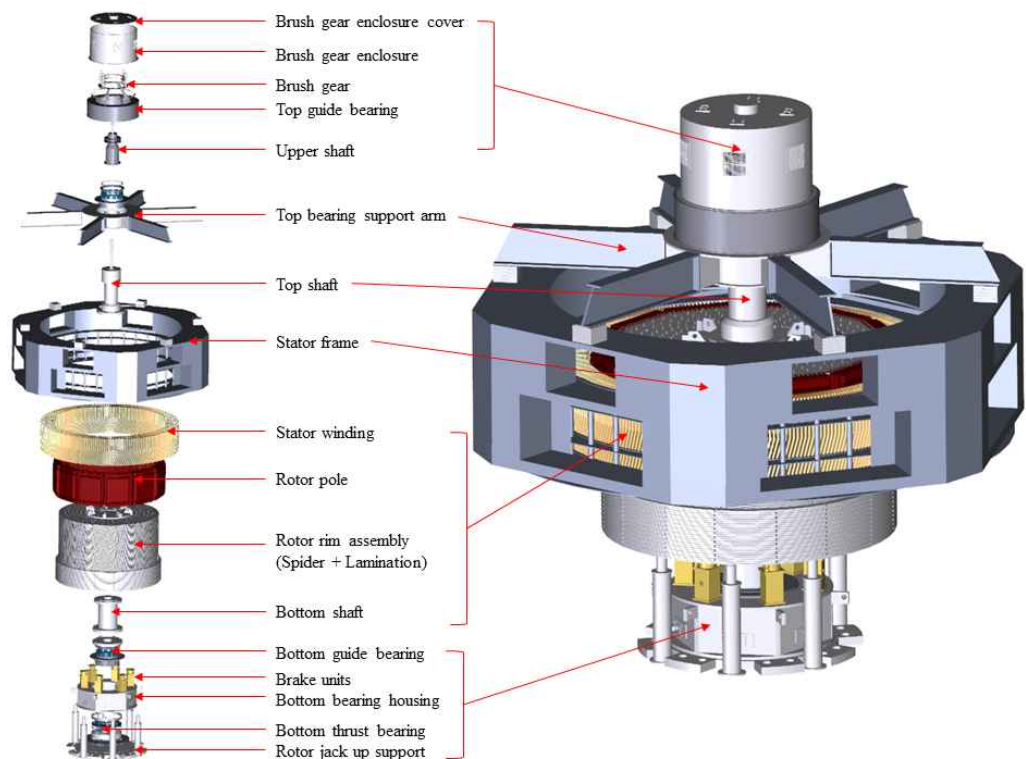
4.2 MG 시스템 구성

4.2.1 MG 전력계통도



4.2.2 발전기

0. 구조



O. 사양

구분	내용	비고
Type	Vertical	
Pole	14 Pole, salient	
Capacity	200 MVA	
Rated speed	480~548.5rpm(56~64 Hz)	
Connection	3 Phase, Y	
Rated voltage	22.9 kV	
Rated current	5,024 A	
Weight	564 Ton	
Storage energy	2,193 MJ	
제조사	GE UK	

4.2.3 VVVF(Variable Voltage Variable Frequency)

O. 구조



○. 사양

구분	내용	비고
Capacity	12 MVA	
Rated voltage	3.3 kV	
Rated current	2,100 A	
Control method	Inverter, PWM	
Frequency	0~64 Hz	
제조사	GE France	

4.2.4 Excitation system

○. 구조



○. 사양

구분	내용	비고
Capacity	2 MVA	
Rated voltage	580 Vdc	
Rated current	1,645 A	
Control method	Converter, 6 pulse	
제조사	GE UK	

4.2.5 부대설비

O. High Pressure Unit(HPU) & 오일 순환 펌프



O. Brake Jacking Unit & 압축공기 제어부



O. Dust extractor



구분	내용		비고
Model	CAPS-300		
Turbo Blower	Motor	2.2kw X 2Ph	
	풍량	40 m ³ /min	
	정압	230 mmAq	
Cartridge Filter	여과면적	16.9 m ²	
	재질	Polyester	
	수량	6 bag	
	Size	Φ145 X 500L X 75th	
Air Volume	111.6 l/min		
Dust 회수방식	Dust box 31 Litter		
Weight	224 kg		

4.2.6 전력설비

○. 유입 변압기



THE-111



THE-121

○. 몰드 변압기



MTE-121

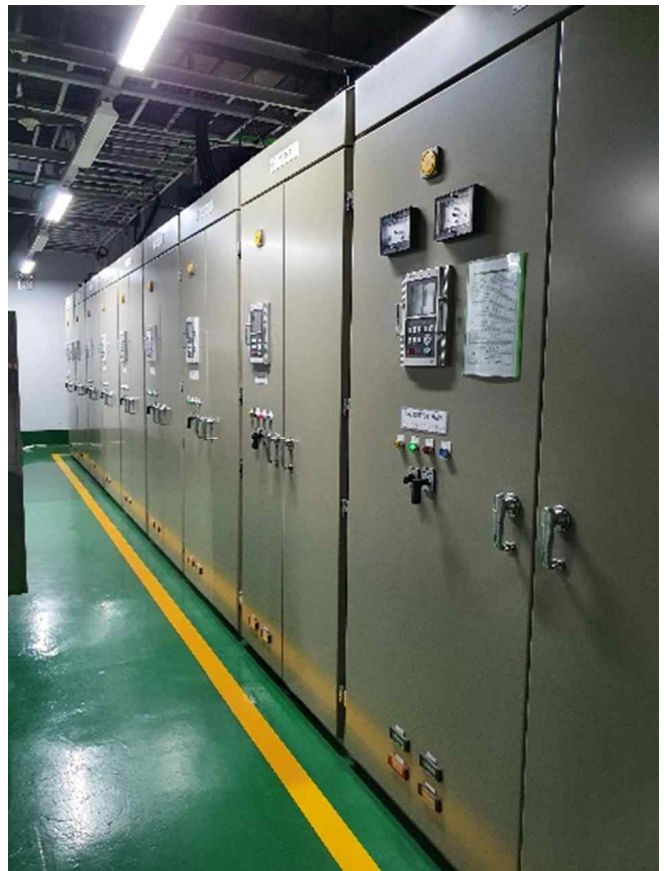


MTE-131

○. VCB 차단기반



MG 장치실 3층



MG 전기실 2층

O. 전력 분전반



LSE-131



LSE-131



LSE-132



PSH-2-MG1



PSH-2-MG2



PSH-2-MG3



PSH-2-MG4



PSH-1-MG1



UMP-MG1



UMP-MG2



LSE-2-2

O. VVVF Input filter



Pre-charge 저항, 필터 콘덴서&리액터, Damping resistor PNL



공심 리액터

4.2.7 현장제어

O. Maintenance 용 PC



O. Red lion(HMI)



5. 과업 세부내용

5.1 요약

- 발전기 고정자, 회전자, Bearing의 Overhaul
- VVVF, 여자기 구성품의 성능 확인 및 이상 유무 점검을 위한 측정
- 부대설비(HPU, Brake Jacking Unit, Dust extractor)의 기능점검
- 냉각팬 및 팬 모터 기능점검, 팬 및 모터 베어링 교체
- 상하부 베어링의 윤활유 전량 회수 / 폐유처리 및 신유 충유
- 베어링 누유부 점검 및 보완
- 전력설비(변압기 및 VCB) 전체 기능점검 (필요시 예비품으로 교체)
- 현장 제어시스템의 Software Update 및 HMI 기능점검
- 인터록 레벨(Level 1~4)에 따른 시스템 인터록 시험
- Overhaul 완료 후 기능 확인을 위한 시험가동

5.2 정밀 점검 항목

5.2.1 발전기

- 고정자
 - 고정자 권선 절연 저항 및 Polarization Index(PI) 측정
 - 고정자 권선 절연저항 측정 기준 : 5,000 V, 10 min. 500 M Ω 이상
 - 고정자 PI 측정 기준 : 5,000 V 10 min. 최소 1.5 이상 (R10/R1)
 - 마이크로 저항 기기 (Ductor test)을 이용하여 각 상의 권선 저항값 측정
 - 고정자 권선의 청결 상태, 방전의 흔적, 느슨한 패킹, 찢기의 이동 등 검사
 - 고정자 코어의 조임 점검- 코어의 벌어지거나 누락 된 부분이 있는지 확인
 - 고정자 에어 덕트의 오염 검사- 먼지 또는 찌그러짐 검사 후 제거
 - 고정자와 회전자 사이의 공간(Air gap) 측정 (기준 : 25 mm \pm 2 mm)
 - 권선 끝단(End-Winding)의 용접 부위 육안 검사
 - Bolt의 체결 상태 확인
 - Bolt 사이즈별 적정 토크 기준

Bolt Diameter(mm)	Torque(Nm) : Grade 8.8(high tensile)
4	3.1
5	5.7
6	9.8
8	23.6
10	47
12	81
16	193
20	377
24	645
30	1290
36	2260

O. 회전자

- 회전자 권선 절연 저항 측정
 - 회전자 절연저항 측정 기준 : 500 V, 1 min. 2.5 MΩ 이상
- 계자 코일의 청결성, 회전 간 절연물의 이동, 깨지거나 금이 간 플랜지 등이 있는지 점검
- 크로스 샤프트 리드 검사- 절연 손상, 패킹 블록의 이상 여부 확인
- 각 극의 끝에서 댐퍼 바 및 단락 세그먼트의 상태 점검
- 컬렉터 링과 브러시 기어 청소 및 마모상태 검사
- 웨이지(Wedge) 움직임 여부 검사
- 로터 패킹 블록 움직임 여부 검사
- 상부 및 하부 계자 코일 연결 부분에 대한 검사
- 상부 및 하부 브러쉬 록커 장비에 대한 절연 저항 측정
(기준: 1000V, 1 min, 100MΩ 이상)
- 브러쉬 마모도 및 스프링 장력 값 측정, 손상이 발견 될 시 조치 및 신환 후 조립

O. 베어링

- 베어링 절연 저항 측정 및 점검 (기준 : 500 V, 30 min. 1 MΩ 이상)
 - 현장 상태에 따라 점검 (리포트 주석 확인 요망)
- Thrust 및 가이드 베어링 마모상태 검사
 - 하부 Trust 베어링 접촉 부분 상태 점검 및 두께 측정
(Trust Pad와 Trust Pad간의 최대 두께 차이는 0.03mm이내)
 - 상부 및 하부 가이드 베어링의 육안 점검 그리고 PT (비파괴 검사)를 통한 베어링 손상 여부 확인
 - 베어링 스프링을 전량 취외하여 소재 및 육안 점검 실시, 손상으로 인한 추가

작업이 필요시 조치 후 조립

- 상부 및 하부 베어링의 오일 전량 교체 및 폐유처리
- 하부 베어링 하우징 내부의 오일 냉각기 소제
- 하부 베어링 내부 압력 배출 장치의 내부 소제 및 필터 신환, 배출 계통에 누유 및 손상 발견 시 점검 및 신환 하여 조립
- 베어링 팬 모터절연 저항 측정 및 점검 (기준: 250V, 1 min, 50 MΩ 이상)
- 하부 베어링 하우징의 레비린스 씰 상태 점검 및 소제
레비린스 씰 날개 부분에 대해서는 소제 및 보완 후 조립
- 베어링 하우징 내부 청소
- 2019년도에 발견 된 하부 베어링 하우징 내부의 냉각수 호수를 신환 및 압력 테스트 실시
- 베어링 누유방지를 위한 조치(O ring 재질 변경, RTD케이블 관통부 보강)
- ㄱ. 하부 베어링 하우징의 O-ring 점검
- ㄴ. 하부 베어링 하우징의 커버 가스켓을 신환 및 가스켓 씰란트를 첨가하여 조립
- ㄷ. 각종 파이프 연결(피팅류) 부분은 나사선 상태 확인 후 필요시 신환 및 조립시 록타이트 577 (윤활유 부분 보강제)를 첨가 하여 조립
- ㄹ. 하부 베어링 하우징 볼트 부분은 취외 후 O-ring의 경화 및 상태를 확인 후 신환
- ㅁ. RTD 케이블 관통부는 취외 후 나사선 확인 및 케이블 그랜드 신환 후 록타이트 577을 첨가 하여 조립
- 오일 레벨 플로트 스위치 작동상태 점검

O. 기타

- 모든 압력 스위치의 작동상태 점검
- 유수 검지기의 씰 및 멤브레인의 손상여부 점검
- 상부 베어링의 스페이스 히터 누유 점검 및 조치
- 손상된 하부 베어링의 스페이스 히터 신환
- 상부 및 하부 베어링의 스페이스 히터 절연 저항 측정
(기준: 500V, 1 min, 50 MΩ 이상)
- 모든 RTD의 신뢰성 테스트
- 하부 베어링 측의 손상된 RTD의 센서를 신환
- 오일, 물 및 압축공기 배관에서의 Leakage 점검
- 공기 냉각기의 누수, 막히거나 손상된 핀이 있는지 검사
- 샤프트의 전류 접지 브러쉬의 마모, 손상여부 검사

- 진동 프로브에 인접한 샤프트 트랙 점검 - 오일이 묻어있는지 또는 스크래치로 손상되지 않았는지 확인
- 고정자 프레임 조인트의 부식 여부 확인
- 심 (Shim)의 부식 또는 이동의 흔적이 없는지 점검
 - 회전자의 고정 철판의 풀림 또는 손상에 대한 상태 점검
- 상부 브래킷 암과 고정자 프레임 사이의 볼트 위치를 확인하여 이동 / 부식 여부 확인
- 하부 베어링의 이동이나 심의 이동 여부 점검
- 케이블과 중성 터미널 박스의 볼트 연결이 단단히 조여져 있는지 확인
 - 중성 터미널 박스 내부의 연결 볼트 및 너트를 전량 신환 후 토크 테이블에 따라 조립
- 필요에 따라 브러시 기어의 극성 교체
- 브레이크 리미트 스위치 위치 조정 및 작동 테스트 실시
- 여자기 브러시 점검 (필요시 교체)
- 샤프트 접지 브러시 점검 (필요시 교체)
- 예비 부품 점검

5.2.2 VVVF

○ 육안 점검

- 패널의 램프와 버튼 동작 상태 확인
- 냉각수의 누수 여부
- 부식 및 과열, 열화, 변색, 변형 상태 확인
- 과열에 의한 버스 바 손상 여부 확인
- 저항, 커패시터, 리액터, 반도체 소자 등의 변형 여부 확인
- 접지 스위치의 접속 상태 및 변형 여부 확인
- Cubicle 내부 먼지 제거
- 부스바, 케이블, 터미널 등의 연결 상태 확인
- 이상 소음 발생 여부 확인
- MCCB 상태 확인

○ 제어부 PNL

- PECe 컨트롤러 확인 [부팅 및 바이오스 확인]
- CPU 이벤트 로그 검토
- 내부 부품 검사 (등급 및 손상)
- 제어 전원 220V, 440V 및 690VAC 측정
- 모든 연결 지점 점검 및 재 확인


- PCB 및 전면 커넥터의 플러그 인 상태 확인
- CPU 배터리 교체
- 모든 소프트웨어 및 EPROM 버전, 날짜, 상태, 스토리지 기록

O. 냉각수 시스템 PNL

- 냉각수 파라미터 확인 : 압력, 유량, 온도 및 전도도
- 냉각수 펌프 모터의 전류 점검
- 냉각수 및 탈 이온수의 누수 육안 점검
- 부식 및 과열에 대한 육안 점검
- 냉각수 배출 / 냉각수 필터 교체
- 이온교환 수지 교체
- 펌프 모터 절연 저항 테스트
- 팽창 탱크 압력 점검
- 냉각수 충전 - NFRI 순수 제공
- 워터 펌프 모터의 전류 점검
- 냉각수 및 탈 이온수의 누수 육안 점검
- Solenoid 밸브 / 센서 기능 점검
- 냉각수 압력 시험
- 에어벤트 설치(추가)

O. 전원부 PNL

- 냉각수 연결부 Leakage 검사
- 과열에 의한 버스 바 손상여부 검사
- 전원 구성 소자 건전성 점검
- DC 커패시터 측정 및 평가
- Injection test - DC 링크 전압 피드백 확인
- Injection test - 출력 전류 피드백 확인
- Injection test - 입력 전류 피드백 확인
- IGBT 스택 검사 및 필요시 볼트 조임 : 5.2.1항 Bolt 사이즈별 토크 기준 참고
- AFE 및 Machine Bridge에 대한 IGBT 펄스 점검 [IGBT 및 다이오드 측정]
- Cubicle 내부 먼지 제거 및 육안 점검
- 터미널 단자 확인 및 볼트 조임 (토크 렌치 이용)
- 전원부의 절연 저항 시험
 - 전원부 절연저항 측정 기준 : 5,000 V, 1 min. 10 M Ω 이상(냉각수 포함)
- 터미널 단자 확인 및 볼트 조임 (토크 렌치 이용)

METAL BOLTS ELECTRICAL CONNECTIONS							
size	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14
with flat washers	1.5	3	6	12	24	45	65
with contact type washer	2	4	6.5	16	31	54	85
Add torque with Philidas self locking nuts 	+0.5	+1	+1.4	+3.5	+7	+10	+17

PLASTIC BOLTS (polyamide)						
size	M4	M5	M6	M8	M10	M12
torque	0.5	1	1.5	3	8	15

< 토크 기준표 >

5.2.3 전력설비

○ VCB(전력 차단기)반

No.	PNL 번호	사양		비고
1	VCB-101	24kV 2000A 25kA	1차측	비츠로테크
2	VCB-111	24kV 630A 25kA	1차측	비츠로테크
3	VCB-121	24kV 630A 25kA	1차측	비츠로테크
4	VCB-131	24kV 630A 25kA	1차측	비츠로테크
5	VCB-141	24kV 2000A 25kA	1차측	비츠로테크
6	VCB-201	24kV 6300A 50kA	2차측(PF Main)	Siemens
7	VCB-211	24kV 1250A 25kA	2차측	비츠로테크
8	VCB-221	24kV 2000A 25kA	2차측	비츠로테크
9	VCB-231	24kV 2000A 25kA	2차측	비츠로테크
10	VCB-241	24kV 2000A 25kA	2차측	비츠로테크
11	VCB-251	24kV 2000A 25kA	2차측	비츠로테크
12	VCB-261	24kV 2000A 25kA	2차측	비츠로테크
13	VCB-271	24kV 2000A 25kA	2차측	비츠로테크
14	VCB-122	24kV 1250A 25kA		비츠로테크
15	NGR PNL	24kV 5kA		Ohiovra-ss
16	냉각수 펌프용	인버터 PNL	냉각수펌프 기동	

- 외관 검사(내,외부 청소 포함)
- 차단기 동작시험 : Local에서 동작시험

- VCB 외부 발청, 도장상태, 볼트/너트 풀림상태 등 외관검사
- 절연저항 측정 : 상간, 극간, 대지간, 보조회로에 대해 측정하되, 2,000V 메가를 사용하여 측정한다.
 - 주회로 1,000MΩ, 보조회로 500MΩ이상
- 접촉저항 시험 : VCB를 투입시킨 상태에서 R, S, T상의 접촉저항을 측정 DC 100A를 흘려 전압강하법에 의해 실시한다.

정 격	기 준 값	
	진공밸브 수평구조형	진공밸브 수직구조형
600 A	125 x 1.2	123 x 1.2
1200 A	115 x 1.2	114 x 1.2
2000 A	52 x 1.2	53 x 1.2

- 개폐특성 시험 : 정격에서 VCB를 투입/개방하여 각상의 상태를 측정

구 분	Chattering	Contact Open-Time	투입 Time	Trip Time
기준값	6ms 이하	6ms 이하	100ms 이하	50ms 이하

- 차단기 반 내부 Heater 상태 점검

O. 저압반 / 분전반

번호	PNL 번호	부하명	비고
1	TR-HTE131	변압기반	
2	LSE-131	ACB반	
3	LSE-132	MCCB반	
4	PSH-2-MG1	FAN 기동반	
5	PSH-2-MG2	FAN 기동반	
6	PSH-2-MG3	DAMPER 및 HP PUMP 기동반	
7	PSH-2-MG4	외부 열교환기 오일 PUMP 기동반	
8	PSH-1-MG1	VVVF 냉각수 펌프 기동반	
9	UMP-MG1	100kVA UPS 분전반	
10	UMP-MG2	30kVA UPS 분전반	
11	AC,DC AUX	AC,DC 보조전원용 분전반	

- 외관검사 (내부 청소 포함)
- 기능점검 : 램프 동작상태, 전장품 동작상태, 각 부하 확인

O. 변압기

번호	TR 명칭	사양	비고
1	TR-HTE111	2MA 22.9kV/644V	Oil type
2	TR-HTE121	13.15MVA 22.9kV/3.4kV	Oil type
3	TR-MTE121	13.15MVA 3.3kV/23.5kV	Mold type
4	TR-HTE131	1.25MVA 22.9kV/380V	Mold type

- Oil type 변압기
 - 외관 검사 (청소 포함)
 - 전장부 검사
 - 변압기 오일 누유 확인 및 교환
 - 전압비, 각변위, 여자전류, 단락전류, 호흡기 점검, 권선온도계, 유온도계, 유면계, 컨서베이터 점검
- Mold type 변압기
 - 외관검사 (청소 포함)
 - 절연저항 측정

O. 기타

- 필터 콘덴서

구분		14th	비고
정격 전압 [V]	정격	1,973	
	* 부하시	2,383	
회로 전압 [V]	정격	3,400	
	* 부하시	-	
정전 용량 [uF]		81.2	
정격 용량 [kvar]	정격	60.5	
	* 부하시	127	
정격 전류 [A]	정격	119.2	
	* 부하시	173.8	
정격 주파수 [Hz]		60	
상 수 [PHASE]		1	
비 고		FUSE 외장형 콘덴서	

- 외관검사 (내부 청소 포함)
- 절연저항 측정(절연계급 3A호, 16kV BIL)

• 필터 리액터

구분		공심형 필터 리액터	14th 제거용 필터 리액터(철심)	비고
정격 전압 [V]	회로 정격	348	10	
	설계 정격	798	257	
회로 전압 [V]		3,400	3,400	
정전 용량 [mH]		0.329	0.147	
% L		—	0.51	
정격 전류 [A]	회로 정격	2,292	181	
	설계 정격	2,821	381	
정격 주파수 [Hz]		60	60 / 840	
상 수 [PHASE]		1	3	
절연 레벨		F	H	

- 외관검사 (내부 청소 포함)
- 절연저항 측정 : 500M Ω 이상 (1000VDC, Ambient temperature)

• 방전 코일

구분	14th	비고
정격 전압 [V]	3,420	
회로 전압 [V]	3,400	
방전 용량 [kVA]	1,072	
정격 주파수 [Hz]	60	

- 외관검사 (내부 청소 포함)
- 도체저항시험 : Digital 저항계로 측정 (상 불평형 $\pm 10\%$ 이내)
- 절연저항 측정 : 500M Ω 이상 (1000VDC, Ambient temperature)

• 필터 저항

구분	Pre-Charge	14th	비고
정격 용량 [W]	197	6	
정격 저항값 [Ω]	1.5	30	
정격 전압 [V]	3,400	10 / 257	
정격 주파수 [Hz]	60	60	
정격 전류 [A]	362	9	
회로 전압 [V]	3,400	3,400	
절연계급	3A	3A	
운전조건	1 Sec	연속운전	

- 외관검사 (내부 청소 포함)
- 절연저항 측정 : 1000V MEGGER로 5MΩ 이상이어야 함.

5.2.4 부대설비

O. High Pressure Unit(HPU)

- 작동상태 점검 및 확인
- 절연저항 측정, 권선저항 측정, 가동 시 기동전류 측정
- 절연저항 측정:
 - ㄱ. 테스트 전압: 500V
 - ㄴ. 테스트 방법: 1분
 - ㄷ. 측정 기준: 50 MΩ 이상
- 권선 저항 측정:
 - ㄱ. 측정 방법: 저항계로 측정
 - ㄴ. 측정 기준: 각 상이 10MΩ 이상
- 기동 전류 측정:
 - ㄱ. 측정 방법: 전류 측정기를 이용하여 측정
 - ㄴ. 측정 방법: 3상이 균일해야 함. 상간의 차이가 평균값의 $\pm 5\%$ 이내
- 오일 누유 상태 및 정상압력 토출 상태 확인
- HP 운할 시스템의 필터 검사 및 교체
- 오일 펌프 및 모터 베어링 점검 및 교체

O. 오일순환펌프

- 오일 펌프 및 모터 베어링 점검 및 교체
- 오일 필터 교체
- 절연저항 측정, 권선저항 측정, 가동 시 기동전류 측정
- 절연저항 측정:
 - ㄱ. 테스트 전압: 500V
 - ㄴ. 테스트 방법: 1분
 - ㄷ. 측정 기준: 50 MΩ 이상
- 권선 저항 측정:
 - ㄱ. 측정 방법: 저항계로 측정
 - ㄴ. 측정 기준: 각 상이 10MΩ 이상
- 기동 전류 측정:
 - ㄱ. 측정 방법: 전류 측정기를 이용하여 측정
 - ㄴ. 측정 방법: 3상이 균일해야 함. 상간의 차이가 평균값의 $\pm 5\%$ 이내

O. Brake Jacking Unit

- 제동 제어 패널의 압축공기 라인과 밸브 누출여부 점검
- 브레이크 패드의 마모 여부 검사. 브레이크 트랙에 왜곡이나 균열여부 확인
- Jacking unit의 작동상태 확인 및 유지 보수
- 마모율에 따라 필요시 브레이크 패드 교체

O. Dust extractor

- 작동상태 점검 및 확인
- 사용 및 마모율에 따라 먼지 추출 장치 필터 교체 및 먼지함 청소

O. 냉각팬 및 팬 모터

- 작동상태 점검 및 확인(전력분석)
- 모터 베어링 점검 및 교체
- 절연저항, 권선저항, 가동 시 기동전류 측정
 - 절연저항 측정:
 - ㄱ. 테스트 전압: 500V
 - ㄴ. 테스트 방법: 1분
 - ㄷ. 측정 기준: 50 MΩ 이상
 - 권선 저항 측정:
 - ㄱ. 측정 방법: 저항계로 측정
 - ㄴ. 측정 기준: 각 상이 10MΩ 이상
 - 기동 전류 측정:
 - ㄱ. 측정 방법: 전류 측정기를 이용하여 측정
 - ㄴ. 측정 방법: 3상이 균일해야 함. 상간의 차이가 평균값의 $\pm 5\%$ 이내
- 팬 가동 시 Fault 발생 원인 규명 및 보완
- 팬 사양
 - ㄱ. Flow Rate : 430m³/min
 - ㄴ. Static Pressure : 285mmAq
 - ㄷ. Speed : 1,770 R.P.M
 - ㄹ. Diameter : 820mm
 - ㅁ. Power Drive : DIRECT
- 모터 사양
 - ㄱ. 사용 전력 : 50 HP, 37kW, 3상 380V
 - ㄴ. Poles : 4 POLES
 - ㄷ. FRAME NO. : 200L

ㄹ. 무게 : 360 kgf

ㅁ. 회전수 : 1,770 R.P.M

ㄴ. 절연계급 : F종

ㄷ. 모터 타입 : 삼상 유도 전동기(THREE PHASE INDUCTION MOTOR)

ㅇ. 베어링 제번 : 6212C3, 6313C3

• 점검 범위는 다음과 같다.(점검 수량은 총 12set임)

- 팬 베어링 점검/교체

- 모터 베어링 점검/교체

- 모터 회전자 절연저항 측정

- 모터 샤프트 공차 측정

- 모터 브라켓 공차 측정

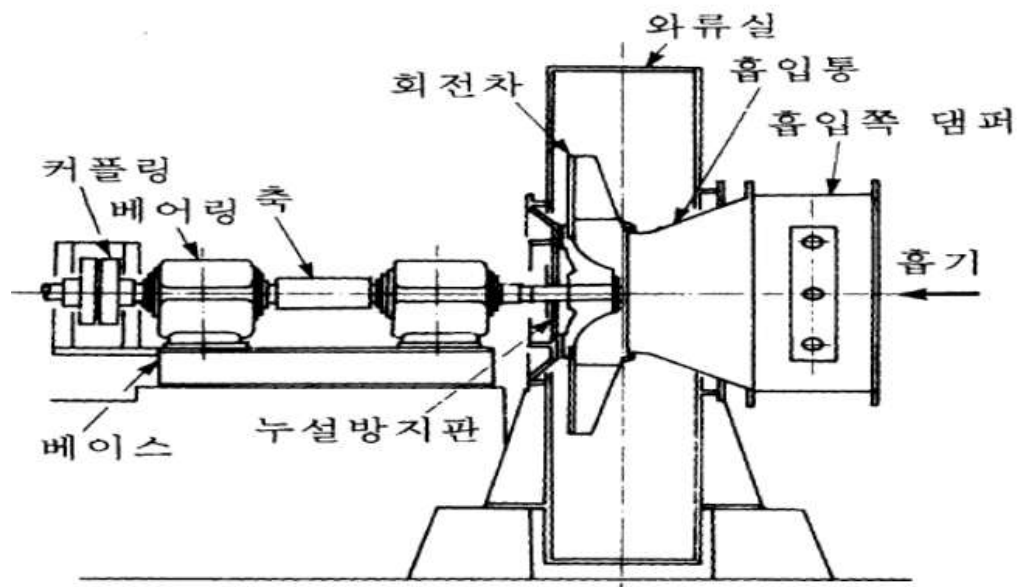
- 모터와 팬의 축 정렬 및 발란스 확인

• 열교환기 팬 및 모터는 대지면 기준 4M 높이에 구조물에 설치되어 있으므로 해체시 안전사고 예방 및 작업 공간을 확보하기 위해 비계등 안전조치를 진행한 다음 작업을 진행하여야 한다.

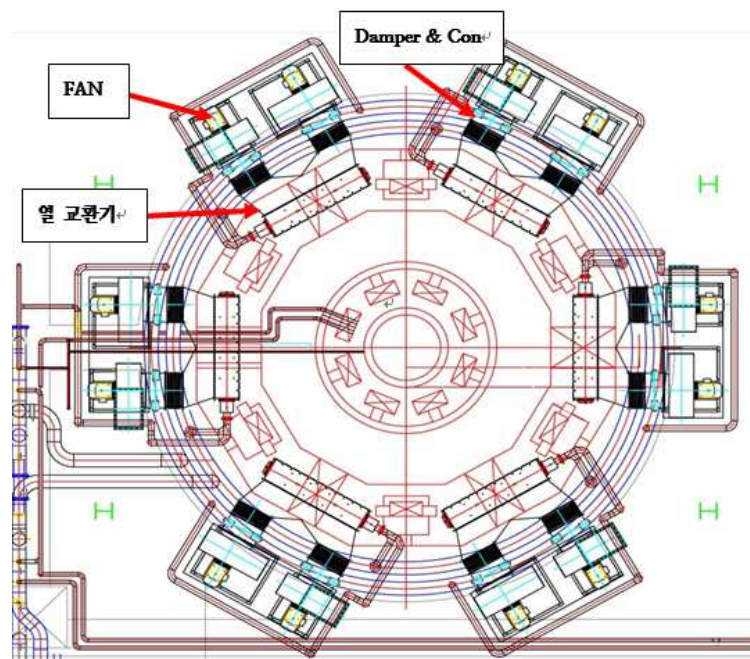
• 장비 해체시에는 모터와 팬을 동시에 철거한 이후 외부로 반출하여 전문 업체를 통하여 점검 및 교체를 진행하여야 한다.

• 장비 해체를 위한 크레인 설치등을 할 시에는 기타 타설비의 유지보수 및 운전엔 영향을 주지 않는 범위에서 진행하여야 한다.

• 장비 점검 및 교체를 완료한 후에는 현장 설치 업무를 수행하고, 팬 운전을 통한 정상 동작 여부를 확인한다.



팬과 모터 결합도(예시)



팬과 모터 현장 설치도(총 12set)



현장 설치 사진



현장 설치 사진

5.2.5 인터록 시험

- MG 제어시스템(Intouch)과 VVVF 및 Interface controller 간의 데이터 통신 상태를 확인한다.
- MG 시스템의 장치별 점검 완료 후 MG 시스템의 인터록 레벨(Level 1~4)에 대한 동작 시험을 한다.
- 각각의 인터록에 대해 임의의 신호를 주어 상태를 확인하는 시뮬레이션 방법으로 검사를 진행한다.
- 각 레벨 발생에 따른 로직 및 알람의 정상 작동을 확인한다.
- 인터록 리스트
 - Utility

No	Division	Condition				
		Normal	4	3	2	1
1	Coolant pump Operation	2 run 1 stand-by	1 fault			2 faults
2	a. MG Room Air Temperature	35 °C	Over 43 °C	Over 45 °C		Over 50 °C
	b. Coolant supply temperature	25 ± 5 °C	Over 30 °C	Over 35 °C		Over 40 °C
	c. Coolant supply flow rate	Over 155 lps	Under 140 lps	Under 120 lps		Under 100 lps
	d. Coolant supply pressure	6 ± 1 bar	Over 7 bar Under 4 bar	Over 8 bar Under 3.5 bar		Over 9 bar Under 3 bar
3	HPU Operation	1 run 1 stand-by	1 fault			2 fault (480 RPM)
4	Fan Operation	12 run	1 fault			2 faults
5	Leak detector	No fault	1 fault			
6	HPU pressure	100~130 bar		1. S/W : Under 90 bar (5sec) 2. Switch : Under 88 bar		

- Generator

No	Division	Condition				
		Normal	4	3	2	1
1	Stator Temperature	Under 105 °C	Over 105 °C	Over 110 °C (I/F 에서만 동작)		Over 150 °C
2	Rotor Temperature	Under 120 °C	Over 120 °C			
3	Speed encoder	Normal	Fault (no signal)			
4	Rotor Grounding	Normal			64F relay	
5	Stator ratio differential relay	Normal			87G relay	
6	Stator grounding	Normal			Over 330 A at NGR(40ohm)	
7	Machine inlet air temperature	Under 35 °C	Over 40 °C	Over 45 °C		Over 50 °C
8	Machine outlet air temperature	Under 75 °C	Over 80 °C	Over 85 °C (I/F 에서만 동작)		Over 90°C

- Top Bearing

No	Division	Condition				
		Normal	4	3	2	1
1	Top bearing vibration	Below 220 μm	Over 220 μm			Over 250 μm
2	Bottom bearing vibration	Below 220 μm	Over 220 μm			Over 250 μm
3	Top guide bearing Pad temperature	Under 103 $^{\circ}\text{C}$	Over 103 $^{\circ}\text{C}$			Over 105 $^{\circ}\text{C}$
4	Top bearing Oil Temperature	Below 75 $^{\circ}\text{C}$	Over 75 $^{\circ}\text{C}$			Over 78 $^{\circ}\text{C}$
5	Top bearing Oil level	O.K	Low			Low <u>Low</u>
6	Top bearing Oil in water	O.K	Fault(DI)			Fault(65%)

- Bottom Bearing

No	Division	Condition				
		Normal	4	3	2	1
7	Bottom guide bearing Pad temperature	Below 105 $^{\circ}\text{C}$	Over 105 $^{\circ}\text{C}$			Over 108 $^{\circ}\text{C}$
8	Bottom thrust bearing Pad Temperature	Below 105 $^{\circ}\text{C}$	Over 105 $^{\circ}\text{C}$			Over 108 $^{\circ}\text{C}$
9	Bottom bearing Oil Temperature	Below 75 $^{\circ}\text{C}$	Over 75 $^{\circ}\text{C}$			Over 78 $^{\circ}\text{C}$
10	Bottom bearing Oil level	O.K	Low			Low <u>Low</u>
11	Bottom bearing Oil in water	O.K	Fault(DI)			Fault(65%)

- VVVF

No	Division	Condition				
		Normal	4	3	2	1
1	VVVF AFE state	O.K	-	-	Fault	
2	DC Link Overvoltage	O.K (5,600 V) (1p.u : 4,666 V)	AFE X MB 0.6 p.u (5.6 kV)	-	AFE 0.643 p.u(6.0 kV) MB 0.663 p.u(6.19 kV)	
3	DC Link Under voltage		0.4 p.u (3.73 kV)	-	Under 0.4 p.u (Under 3.73 kV)	
4	DC Link Imbalance	8.4% Within		-	Over 8.4 %	
5	Auxiliary Supplies	O.K	-	-	Power fault	
6	AFE IEGT over temperature	O.K	-	-	-	
7	Cooling Pump	O.K (35 $^{\circ}\text{C}$, 0.9 bar)	1 Fault (40 $^{\circ}\text{C}$, 0.9 bar)	-	2 Fault (43 $^{\circ}\text{C}$, 0.5 bar)	

No	Division	Condition				
		Normal	4	3	2	1
8	Water Flow	O.K	Low (Under 28000 LPH, 1 sec)		Low Low (Under 28000 LPH, 2 sec)	
9	Water conductivity	O.K	High (1.5 us)		High High (1.9 us)	
10	DC link discharge fault	O.K			Fault	
11	DB chopper state	O.K			none	
12	VVVF Machine Bridge state	O.K			Fault	
13	Zero sequence Fault (Ground Fault)	O.K			Ground fault (Over 700 V)	
14	Machine Bridge IEGT over temperature	O.K	-		-	

- Exciter

No	Division	condition				
		Normal	4	3	2	1
1	Excitation State	O.K	-	-	Fault	
2	Excitation inner MCCB	CLOSE	-	-	Open(Trip)	
3	Stator Voltage	22.9kV	-	-		
4	Excitation Coil heating limit	O.K	-	-		
5	Excitation suppression field fuse	O.K		-	Fault	
6	Excitation system Inhibit Circuit Fuse	O.K	-	-	Fault	
7	Excitation system Convertor Fuse	O.K	-	-	Fault	

No	Division	Condition				
		Normal	4	3	2	1
8	Excitation Convertor Over temperature	O.K	Alarm	-		
9	Excitation Convertor state	O.K	-	-	Fault	
10	Excitation controller state	O.K	-	-	Fault	
11	Excitation Aux. power	O.K	-	-	Fault	

- Communication

No	Division	Condition				
		Normal	4	3	2	1
1	INTERFACE CONTROLLER - MG control system(Intouch)	Normal		Communication loss		
2	VVVF CONTROLLER - INTERFACE CONTROLLER	Normal	Communication Loss(AFE)	Communication Loss(MB)		
3	EXICITION CONTROLLER - INTERFACE CONTROLLER	Normal		When loss of Communication		
4	MG control system(Intouch) - MG power analysis system	Normal		When loss of Communication		
5	Red Lion (Interface PNL display)	Normal	Communication Loss(Remote)			Communication Loss(Local)

5.2.6 시험가동

- 개별 장치의 Overhaul이 완료된 후, MG 시스템의 정상 가동상태 확인을 위한 시험 운전을 한다.
- 장치 운전 절차에 따라 가동하며, <Idle mode> 상태에서 30분간 운전을 유지한 뒤 절차에 따라 정지한다.
- MG 시스템의 ‘정지상태 - 전원투입 - 가속 - Idle - Normal - 제동’의 운전을 진행하는 동안 장치의 토크, 플럭스, 전압, 전류, 속도, 벡터 등의 상태를 감시하며 필요시 제어시스템을 정정한다.
- 발전기 가동시험 동안 발전기 누유여부 확인(베어링, HP시스템 등) 및 냉각용 Fan 및 모터 가동 시 Fault 발생 여부 확인

5.3 점검 기록보고서 작성

- 5.2 정밀점검 내역에 포함되어 있는 모든 항목에 대해 점검 및 측정 결과에 대해 기록을 실시하고 그 결과를 제출하도록 해야 한다.
- 점검 기록 보고서의 양식은 제조사에서 공급한 Maintenance & Overhaul manual에 포함되어 있는 “Standard checklist for Maintenance”(첨부 # 1, 2)를 참고한다.

6. 제출서류

구 분	도 서 내 역	제출부수	제 출 기 일
승인 시	정밀점검 계획서 - 점검 일정 - 점검절차서 ※ MS word or 한글 파일로 작성	하드카피 1부 전자파일 1부 (USB로 제출)	계약 후 1주일 이내
정밀점검 후	정밀점검 결과보고서 - 공정별 절차서에 따라 점검 전·후 사진을 포함한 점검 및 조치결과 - 교체 및 수리 현황 - 시험성적서 ※ MS word or 한글 파일로 작성, 단, check sheet에 수기로 작성한 점검기록표는 스캔하여 PDF파일로 제출한다.	하드카피 3부 전자파일 1부 (USB로 제출)	점검완료 후 10일 이내

- . 계약체결 후 1주일 이내에 각 장치별 정밀점검 절차서 및 일정을 포함한 정밀점검 계획서를 제출해야 한다. 정밀점검 계획서는 MS word 또는 한글파일로 작성하여 상기 표와 같이 제출하여 KFE의 승인을 득한다.
- . KFE 감독관에 의한 정밀점검 계획서의 검토 및 승인 이후 현장에서 과업을 진행할 수 있다.
- . 검사 완료 후 발전기, VVVF, 여자기, 부대설비 등 과업범위에 있는 해당 장치에 대한 정밀검사 결과보고서를 제출하도록 한다.
- . 정밀점검 결과 보고서 포함 사항은 상기표와 같으며, 점검완료 후 10일 이내에 제출한다.

7. 과업수행 일반지침

7.1 적용범위

본 과업지시서는 한국핵융합에너지연구원 KSTAR 초전도자석 전원장치 전원공급에 사용되고 있는 MG 시스템의 정밀검사를 위함이고 상기 항목에 대한 검사 및 시험 등에 대한 과업에 적용한다. 이하 한국핵융합에너지연구원을 “갑”이라 하고 점검용역업체를 “을”이라고 하며 아래의 사항을 적용한다.

7.2 일반지침

7.2.1 일반적 의무사항

- “을”은 계약기간 동안 현장 관리자로서의 주의 및 의무를 다하여야 하며 감독관의 통제 또는 감독관의 위임을 받은 “갑” 측 직원의 지시내용에 따라 신속, 정확하게 작업을 수행하여야 한다.
- 계약된 점검 작업에 소요되는 인원, 장비, 자재 등은 작업의 안전성 확보를 위하여 과업수행 및 관리상 적정한 것으로 투입하여야 하며, 사전에 “갑”의 승인을 득하여야 한다.
- 용역수행자는 점검 작업으로 인하여 “갑”의 업무 등에 방해가 되지 않도록 최대한 노력하여야 한다.
- 수행업체로 선정된 “을”은 그 지위를 제 3자에게 양도할 수 없다.

7.2.2 손해배상 및 사고발생 시 처리

- 과업 수행 중 건물의 손상, 물품의 도난, 분실, 파손, 화재 등 “갑”의 재산상의 손해와 인명피해에 대하여 “을”은 “갑”이 지정하는 기한 및 방법에 따라 즉시 원상복구 또는 배상하여야 한다.
- “을”은 과업 수행과정에서 발생하는 근로자의 사망 또는 부상, 제3자의 사망 또는 부상, 차량 또는 기타 장비의 손괴 등 제반사고로 인한 손해에 대하여 “을”이 민.형사상 모든 책임을 지며 “갑”에게 그 배상을 청구할 수 없다.
- “을”은 물품에 대하여 이전 중 파손, 분실 등으로 “갑”에게 손해를 끼쳤을 경우 해당 물품을 계약기간 만료 전 전까지 원상복구 또는 배상하여야 한다.
- 과업 수행과 관련하여 제3자에 대하여 발생하는 민원 및 분쟁 등은 “을”의 책임하에 해결하여야 한다.

7.2.3 기 타

- “을”은 작업완료 후 발생한 폐기물을 포함하여 주위환경을 깨끗이 청소하여야 한다.

7.3 안전관리 및 작업지침

7.3.1 안전관리

- “을”은 산업재해 예방과 건강관리를 위하여 산업안전보건법 및 당 연구원 안전관리 규정을 준수하고, 의무와 책임을 성실히 이행하여야 하며, 안전관리를 위한 “발주처”의 지시에 따라야 한다.
- “을”은 산업안전보건법에 따라 안전관리자를 두어야 하며, 안전 보호장비 지급, 안전교육 시행 등 법령을 준수해야 한다.
- “을”이 시행하는 모든 점검은 “발주처”의 입회하에 시행하여야 한다.
- “을”은 점검 중 호우, 홍수, 태풍 등 기상예보에 충분히 주의를 기울여야 하며, 유사시 피해를 최소화하려고 조치하여야 한다.
- 현장 내에서는 반드시 안전모와 안전화를 착용하여야 한다.
- “을”은 업무수행 중에 발생한 모든 사고에 대하여 민·형사상 모든 책임을 진다.

7.3.2 작업 준비(안전 확인)

- 계통 전원 차단 확인 후 점검 장비와 인력은 작업시작 30분전 현장에 도착되어야 한다.
- 안전관리자는 작업 전 항시 안전교육을 실시하고 주위 위험개소를 파악하여 사전 대책을 수립하며 작업자에게 안전의 중요성을 상기 시킨다. 작성된 위험요소별 안전대책은 KFE 감독관에게 제출하여 승인을 득한다.
- 작업에 필요한 공기구의 정리 정돈을 통해 작업의 효율성과 안전성을 높인다.
- 반드시 휴전 확인 후 작업에 임하여야 하며, 모선에 대해서 점검 전 접지를 실시하며, 모든 작업자는 접지의 범위를 숙지하고 점검 후 접지봉으로 유무를 확인 한다.

7.3.3 작업 전 점검

- 작업장 및 작업하여야 할 부분의 상태를 점검 시트에 기록하며 또한 작업사진을 촬영하여 작업 전/후 비교가 가능하도록 한다.
- 점검하고자 하는 기기의 제원을 기록하고 확인한다.
(제작 년/월/일, 형식, 정격사항, 기타 특별한 사항)
- MG 시스템 상위의 차단기가 모두 OPEN 위치에 고정되어 있어야 하며, Rack-out 상태인지 확인한다.

- . 기름, 물, 먼지, 부식성 가스로부터 청결한 상태를 유지하여야 하며, 충분히 사전 정리정돈을 통해 불필요한 요소를 제거한 후 점검을 실시해야만 한다.
- . 먼지, 분진 등은 장치의 절연파괴를 유발할 수 있으므로 진공청소 장비를 이용하여 일정한 주기로 제거함으로써 발전기 및 Cubicle 내부에 쌓이지 않도록 해야만 한다.
- . 기타 안전과 관련된 사항들을 확인하고, 주변 정리정돈을 실시한 이후에 점검이 이루어지도록 해야만 한다.

7.3.4 정밀점검 및 시험을 위한 장비 리스트

- . 정밀점검 및 시험을 위해 최소 준비해야 할 장비의 종류는 다음과 같다.

구분	장 비 명	목 적 / 사양
1	노트북(PC)	P80i / PECe 제어 소프트웨어 application
2	디지털 멀티미터	일반적인 측정
3	스코프 미터	2 channel 200 MHz
4	절연 테스터기	Megger 5 kV
5	전압/전류 injection kit	전압/전류 인입용 < 100 A
6	클램프 암페어 미터	< 30 A
7	Resistor[Resistance Decade]	RTD simulation 용
8	DC 전압/전류 calibrator	Signal calibration 용
9	LCR 미터	Measurement C, L, tanδ
10	저항계	권선저항 측정용
11	전원공급장치	230 Vac (<10 A)

* MG 정비 관련 장비 - 회전자, 고정자, 베어링 점검 용

구분	장 비 / 소 모 품 명	목 적
1	절연 테스터기	고정자 및 회전자 절연 점검
2	디지털 멀티미터	RTD 상태 점검 및 기타 전기적 점검
3	내경 계측기	라비린스 씰 측정
4	외경 계측기	Thrust 베어링 셸 측정
5	간극 계측기	고정자/회전자 에어 캡 및 베어링/샤프트 갭
6	산업용 내시경 카메라	MG 쿨러 내부 핀 상태 점검용
7	하이 토크 (High-torque)	하부 베어링 하우징 분해 시 로터 리프팅에 사용
8	사다리	고소 작업 시에 사용
9	전력 분석기	모터 전력 분석시에 사용
10	LOTO sets	모든 작업시에 기기 전력 차단에 사용
11	저 저항 측정기 (DLRO)	메인 로터의 각 코일간의 연결 상태 확인
12	소켓 세트	각 베어링 구성 요소 분해 및 조립 및 회전자와 고정자 점검 시에 사용
13	스페너 세트	
14	드라이버 세트	RTD 센서 및 전기 분해 및 조립에 사용
15	토크 렌치	상부 및 하부 베어링 구성 요소 조립 및 고정자와 회전자 검사 시에 사용
16	L-렌치 세트	각 베어링 구성 요소 분해 및 조립 및 회전자와 고정자 점검 시에 사용
17	체인 블럭	베어링 구성 요소 분해 및 조립 및 중장비 이동 시에 사용
18	슬링 밸트	
19	아이 볼트 및 리프팅 샤클	
20	다이얼 게이지 및 마그네틱 베이스	베어링 분해 및 조립 시에 사용
21	망치 (햄머)	각 베어링 구성 요소 분해 및 조립 및 회전자와 고정자 점검 시에 사용
22	망치 (슬레지 햄머)	
23	멀렛 (플라스틱 망치)	
24	해라 (Scraper)	상부 및 하부 베어링 하우징 소재 시에 사용
25	구급 상자	안전을 위해 작업 기간 동안 현장에 비치
26	회중 전등	어두운 현장에 작업 시에 추가 비치
27	3차원 측정기	트러스트 베어링 측정

* 예상 소모품

1	나사선 실란트 (Loctite 577)	하부 및 상부 베어링 하우징, RTD 연결 부분 조립 시에 사용
2	씰링 콤파운드 (Loctite SI 5926)	상부 및 하부 베어링 하우징 조립 시에 사용
3	윤활제 (WD-40)	베어링 구성 요소에 대한 소제 및 조립 시 사용
4	스티커 리무버 (Sticker remover)	상부 및 하부 베어링 하우징 소제 시 사용 / 하부 베어링 하우징 커버 소제 시 사용
5	마이크로 페이퍼 (Micro Paper)	샤프트 표면 소제 시 사용
6	3M 스카치브라이트	상부 및 하부의 Thrust 베어링 및 가이드 베어링 소제 시에 사용
7	대형 비닐 패킹 및 비닐 자루	볼트 및 너트 보관용 및 윤활유로 인한 현장 오손을 방지
8	종이 박스	Thrust 베어링 및 가이드 베어링 보관 시에 지면에 의한 손상 방지에 사용
9	쿨러 소제용 케미컬 및 이젝터 (CLEAN-S.R 또는 동급 제품 사용)	이젝터를 이용하여 에어 쿨러 소제 시 사용