

KSTAR RPC & HF 시스템 운전 성능향상 기술시방서

2016년 09월



목 차

제1장 일반사항	3
제2장 기술사항	6
제3장 작업시방	14
제4장 성능시험	18

제 1 장 일반사항

1.1. 목적

본 시방서는 KSTAR 실험시 PF MPS에서 발생하는 무효전력과 고조파를 보상하기 위한 무효전력보상장치(이하 RPC 시스템)의 운전 시간을 320초까지 연속 운전이 가능하도록 냉각장치의 설치(냉각팬, 송풍 덕트, 모터제어반(MCC) 등)와 제어시스템 업그레이드 및 수정, 보호 시스템 수정에 관한 모든 공정에 대해 적용하며, 예정 공정의 모든 업그레이드를 완료하여 향후 KSTAR 장시간 플라즈마 실험시 안정적으로 RPC 시스템을 운전함에 그 목적이 있다.

1.2. 개요

가. 과 업 명 : KSTAR RPC & HF 시스템 운전 성능향상

나. 과업대상 : KSTAR RPC & HF 시스템

다. 과업수행 장소 : 국가핵융합연구소 내 RPC & HF 시스템 설치장소

라. 과업기간 : 2016.10.15. ~ 2017.02.28. (착수 후 4.5개월 이내)

1.3. 범위

KSTAR RPC 시스템은 PF 초전도 코일에 전원을 공급하기 위한 PF MPS 운전시 발생하는 무효전력과 고조파를 보상하고 제거하기 위한 장치이다. 현재 RPC 시스템의 싸이리스터 밸브는 Heat pipe에 의한 자냉, 공냉식 냉각방식으로 최대 120초까지 운전이 가능하다. RPC & HF 시스템의 운전시간을 320초로 증가시키기 위해서는 현재의 자냉, 공냉 방식으로는 Heat pipe의 방열 능력이 부족하며, 냉각능력을 증가시키는 목적으로 냉각장치를 설치하여 싸이리스터 밸브의 냉각능력을 강화시켜야 하며, 이에 따라 보호 시스템 및 제어 프로그램을 업그레이드 및 수정하여야 한다.

구 분	업그레이드 범위	비 고
RPC & HF 시스템 운전 성능향상	- RPC & HF #1~#7 시스템 냉각장치 제작 및 설치 (냉각팬 및 송풍 덕트 등의 제작 및 설치)	
	- 모터제어반(Motor Control Center) 제작 및 설치	
	- 제어시스템 운전 시간 조정(320초)	
	- 보호 시스템 및 제어 프로그램 업그레이드 및 수정	
	- 시운전 및 종합 성능 시험	

1.4. 적용규격

업그레이드에 적용되는 주요 기준은 아래와 같다.

- 한국공업표준 (KS)
- International Electrical Committee (IEC)
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
- 본 설비 관련 생산국의 표준 규격

상기에 언급한 규정 간에 상이점이 발생 시 발주자 의견을 우선하여 적용한다.

1.5. 용어의 정리

가. KSTAR : Korea Superconducting Tokamak Advanced Research

나. MG set : Motor Generator set

다. RPC & HF : Reactive Power Compensator & Harmonics Filter

라. PF MPS : Poloidal Field Magnet Power Supply

마. MCC : Motor Control Center

1.6. 시운전 및 종합성능시험

공급자가 공급하는 모든 냉각장치의 설치, 제어시스템 업그레이드 및 수정, 보호 시스템 수정 등이 완료되면 공급자의 책임 하에 시운전 및 종합성능시험을 실시한다. 이때 공급자는 실험 계획서 및 Test sheet를 제출하여 승인을 득하여야 하며, 승인된 계획서에 준하여 시운전 및 종합성능시험을 실시한다.

1.7. 제출서류

1.7.1. 일반사항

- 1) 공급자는 착수 전 운전 성능향상과 관계되는 기초자료 특히, 320초 이상 운전시 싸이리스터 온도상승 및 온도포화에 대한 예측 자료와 팬 용량 설계 근거 자료 등을 NFRI에 제출하여 사전 승인을 받은 후 업그레이드를 진행해야 한다.
- 2) 공급자가 각 Scope, 업그레이드계획서 등이 이미 NFRI의 승인을 득했다하더라도, 냉각능력미달 등의 기술적 결함, 타 설비와의 Interface상 중대한 결함, Project Guarantee상 사양 변경이 불가피한 경우 또는 검사로 인하여 수정사항이 발생될 경우 공급자는 이를 이유 없이 수정하여야 하며, 이에 따

라 발생하는 제반 비용 일체를 공급자가 부담한다.

- 3) 공급자는 제출서류의 미비, 부실 또는 기한 내 미제출로 인하여 야기되는 제반 문제에 대하여 책임을 진다.
- 4) 모든 제출서류 및 자료는 복사 가능한 재질을 사용하고, 또한 복사상태가 양호해야 하며, 분해 가능한 책으로 편철해야 한다.

1.7.2. 제출자료의 명세

구 분	제출 서류 내역	부수	제 출 기 일	비고
승인 시/ 작업 전	승인원(근거자료 포함)	2부	계약 후 1개월 이내	
	외형도 및 승인용 도면	2부	계약 후 1개월 이내	
	종합성능시험 계획서	2부	계약 후 1개월 이내	
납품 시	시험성적서	2부	납품 시	
	운전 및 정비 Manual	2부	납품 시	
완료 후	완료계	2부	완료 후 7일 이내	
보고서	종합성능시험 결과보고서	2부	시험 완료 후 15일 이내	
	최종 준공도서	2부	준공 후 1개월 이내	

※ 상기의 제출자료, 부수 및 기일은 Project 추진현황에 따라 변동될 수 있으며, NFRI의 별도 요구가 없는 한 상기 계획에 따라 추진되어야 한다.

2장 기술 사항

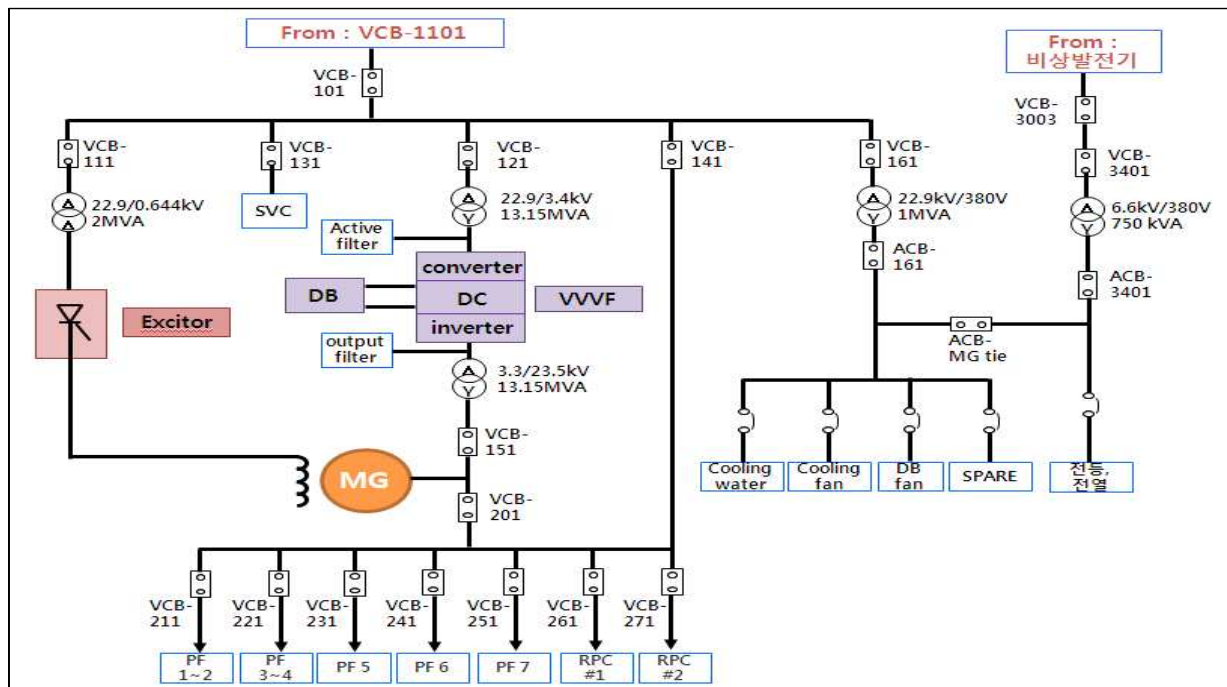
2.1. 개요

본 시방서는 KSTAR 실험시 PF MPS에서 발생하는 무효전력과 고조파를 보상하기 위한 RPC 시스템의 운전 시간을 320초까지 연속 운전이 가능하도록 냉각장치 설치(냉각팬, 송풍 덕트, 모터제어반(MCC) 등)와 제어시스템 업그레이드 및 수정, 보호 시스템 수정에 관한 모든 공정에 대해 적용하며, 모든 업그레이드를 완료하여 2017년 KSTAR 장시간 플라즈마 실험시 안정적으로 RPC 시스템을 운전함에 그 목적이 있다.

- A) RPC & HF #1~#7 시스템 냉각장치의 제작 및 설치(냉각팬, 송풍 덕트 등)
- B) 모터제어반(MCC) 제작 및 설치
- C) 제어시스템 운전시간 조정(320초)
- D) 보호 시스템 및 연계 프로그램 업그레이드 및 수정
- E) 시운전 및 종합성능시험

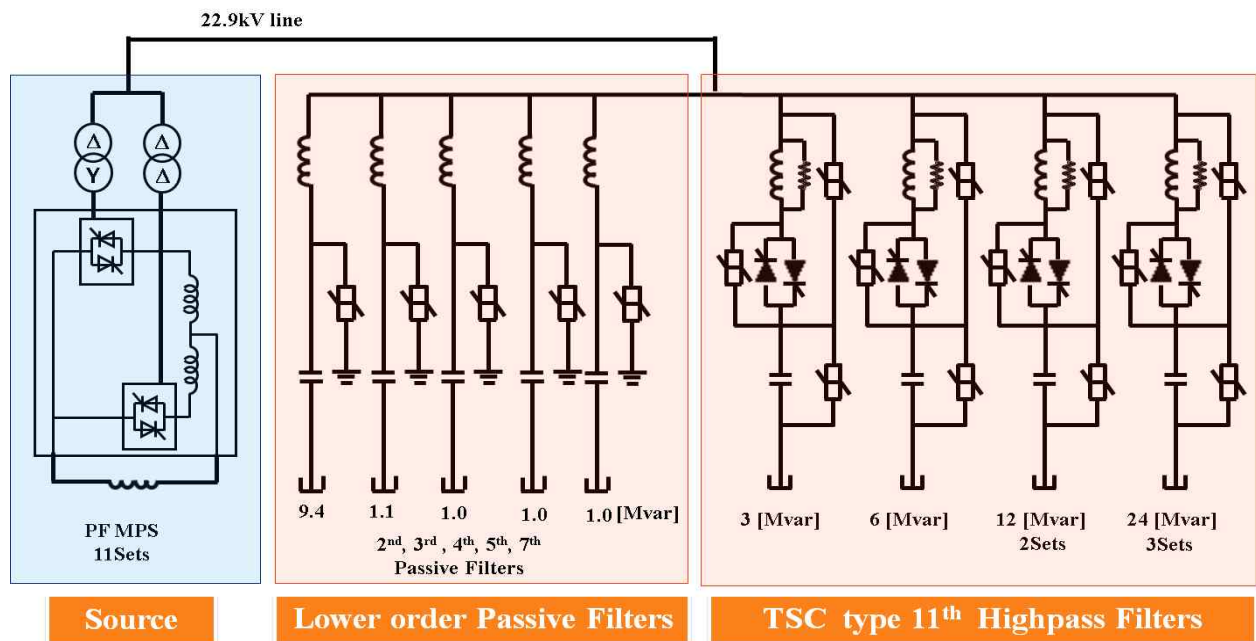
2.2. RPC & HF 시스템 설치 현황

2.2.1. MG 전력계통도(2016년)



- RPC 시스템은 PF MPS 운전시 발생하는 무효전력과 고조파를 제거하기 위해 MG 전력계통에 설치되어 있음.

2.2.2. RPC 시스템 전력계통도(2016년)



- RPC 시스템은 Passive 타입의 2차, 3차, 4차, 5차, 7차 고조파 필터와 TSC 타입의 11차 high-pass 필터로 구성되어 있음.

2.2.3. 싸이리스터 밸브 사양

정격전압	23 kV
싸이리스터 직렬 수	27 Series(2단)
싸이리스터 Spare 수	2개
냉각용 방열판	모델명 : RZP-S90A-569 냉각 방식 : 공냉식

2.2.4. 싸이리스터 사양

제조사	ABB
모델명	5STP 03D6500
Repetitive 피크전압(VRRM/VDRM)	5,600 V
Nom-Repetitive 피크전압(VRRM/VDRM)	6,500 V
정격 전류 :	ITAVM : 380 A (Tcase : 70 도)
최대 허용 온도	125 도

2.2.5. 현장 사진



RPC & HF 제어시스템



싸이리스터 밸브



싸이리스터 밸브



싸이리스터 방열 Heatpipe



싸이리스터 광케이블 닥트



싸이리스터 전원용 변압기

2.3. RPC 시스템 운전 성능향상 계획

2.3.1. RPC & HF #1~#7 시스템 냉각장치 설치(냉각팬, 송풍 덕트 등)

RPC 시스템 싸이리스터 밸브의 냉각은 Heat pipe를 적용한 자냉, 공랭식이며, 최대운전시간은 120초이다. 운전시간을 320초로 증가시키기 위해서 Heat pipe의 냉각 능력을 증가시켜야 한다. 현재 자냉, 공랭식으로는 Heat pipe의 방열 능력이 부족하므로, 냉각 능력을 증가시키는 목적으로 냉각팬, 송풍 덕트 등을 이용한 강냉 방식으로 밸브의 냉각 능력을 강화시켜 320초 운전시 RPC 시스템이 안정적인 온도범위에서 정상적인 운전되어야 한다.

- 1) KSTAR RPC 시스템에는 싸이리스터 밸브로 운전되는 7개의 (3, 6, 12, 12, 24, 24, 24 Mvar) 고조파 필터가 있으며, 각 필터의 싸이리스터 밸브는 3상으로 되어 있으며, 각 상은 3개의 밸브(R, S, T)로 구성된다.
- 2) 고조파 필터 각 상에 1개 이상의 송풍 덕트를 설치하여 냉각 팬을 이용하여 상부로 송풍하는 구조로 Heat pipe를 냉각시킨다.
- 3) 냉각장치의 설계시 현장의 주변온도를 고려하여 설계하여야 한다.
- 4) 송풍용량은 최상단(최상부) Heat pipe와 연결되어 있는 싸이리스터를 기준으로 320초 연속 운전시 싸이리스터 표면 온도 최대 55℃ 이하 및 싸이리스터 junction 온도 최대 100℃ 이하로 유지될 수 있도록 송풍 용량이 선정되어야 하며 최종 제작 승인 전 싸이리스터 온도 상승에 대한 예측 자료 및 팬 용량 근거 자료를 제출하여 NFRI 승인을 득하여야 한다.
- 5) 고조파 필터 용량에 따른 각 밸브에 요구되는 송풍 용량이 다르겠지만, 유지보수의 편의성을 위하여 최대 필요 용량의 송풍팬을 기준으로 모든 싸이리스터 밸브에 동일하게 적용한다.

RPC 구분	RPC 용량	팬용량	수량	비고
#1 ~ #7	3, 6, 12, 24 Mvar	500W이상	21 Set	

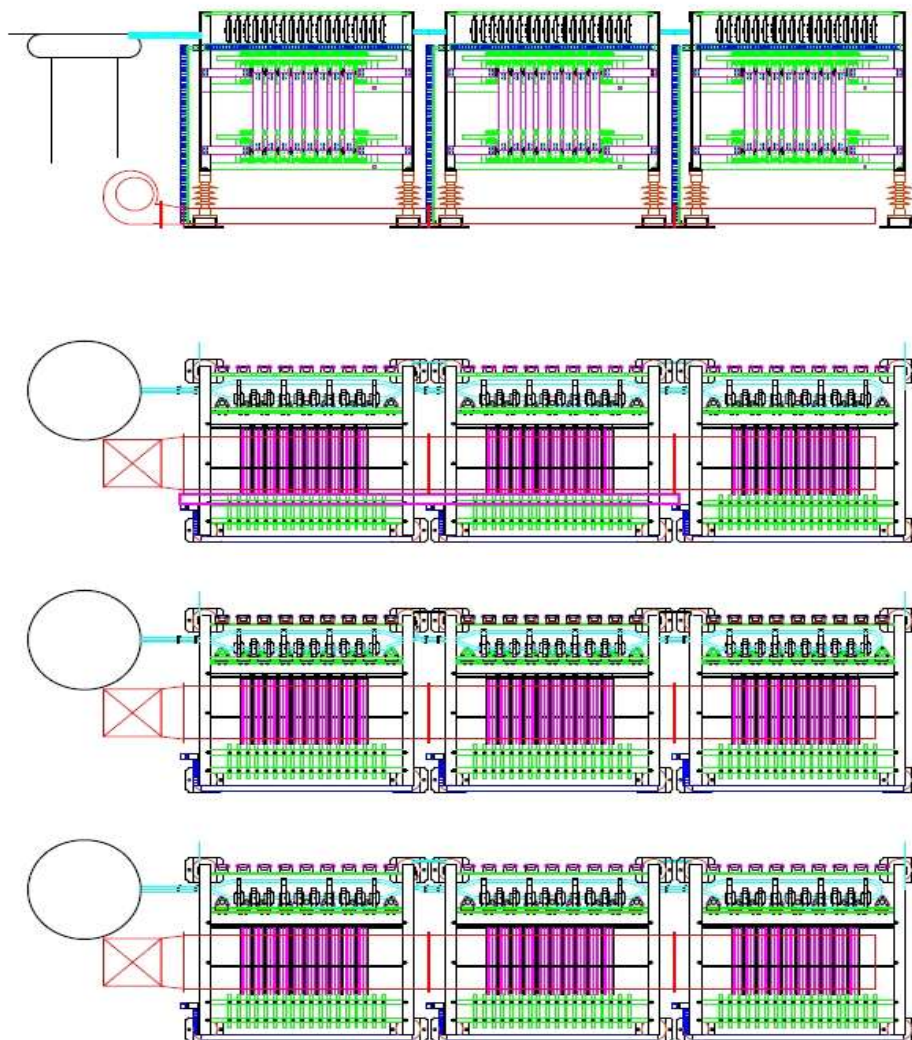
- 6) 냉각팬은 저소음, 고용량의 3상 AC 팬을 적용한다.
- 7) 송풍 덕트는 아연도금 강판으로 제작하며 송풍 덕트의 크기는 기 설치되어 있는 RPC 시스템을 고려하여 설치하여야 하며, 총 4개의 덕트를 현장에서 하나로 연결하고 조립하여 사용한다.
- 8) 송풍 덕트는 싸이리스터 밸브 하단에 기 설치되어 있는 광케이블 덕트와 TE 보드 전원 공급용 변압기의 설치 위치를 고려하여 설계, 제작되어야 하며

기존 설비의 이동 및 이설 없이 설치되어야 한다.

- 9) 냉각팬 및 송풍 덕트 설계, 제작 및 설치시 팬에 의한 진동을 고려하여야 하며, 진동 방지 대책이 반영되어야 한다.
- 10) 유지보수를 위하여 아래 수량의 예비 냉각팬을 공급하여야 한다.

RPC 구분	RPC 용량	팬용량	수량	비고
#1 ~ #7	3, 6, 12, 24 Mvar	500W이상	7 Set	

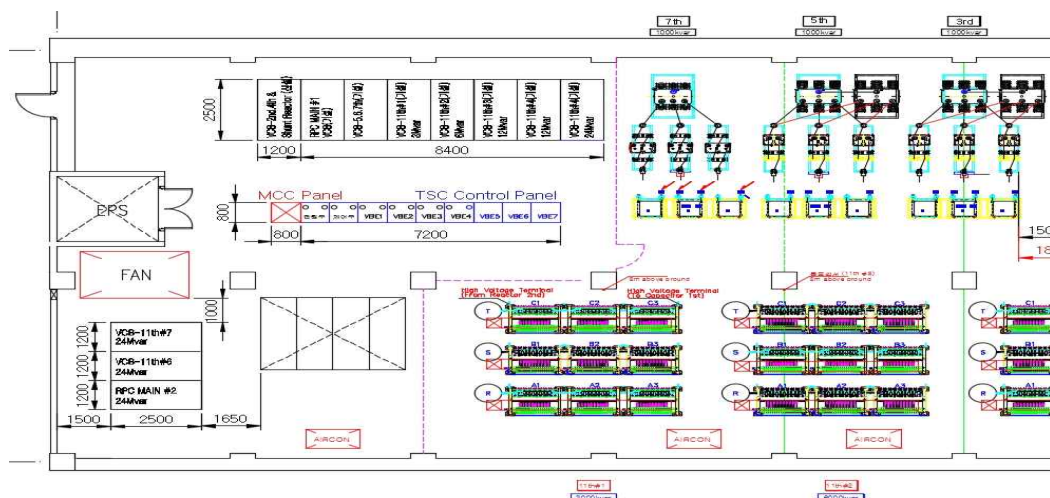
- 11) RPC & HF #1~#7 시스템 냉각팬 및 송풍 덕트 제작 전 관련 도면 및 근거 자료를 제출하여 NFRI 승인을 득하여야 한다.



<RPC 시스템 냉각팬 및 송풍 덕트 설치 도면(예)>

2.3.2. 모터제어반(Motor Control Center) 제작 및 설치

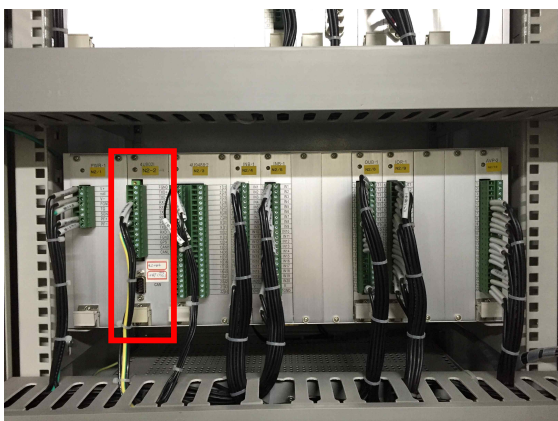
- 1) RPC #1~#7 시스템 냉각팬용 모터제어반(Motor Control Center)을 별로 제작하여 기존 RPC 제어시스템 내 전원 패널과 열반 설치하여 운영되어야 한다.
- 2) 각 상에 설치된 팬은 모터제어반에 의해 투입, 개방되어야 한다.
- 3) 모터제어반 구성은 전체 Main MCCB (AC), 각 밸브용 팬에 해당되는 MCCB, 보호회로 구성되어야 한다.
- 4) 각 RPC 시스템 밸브용 팬 회로보호를 위해 개별 MCCB에 OCR (고정식, 1.3~1.4배 과전압시 동작)을 설치하여야 한다.
- 5) 각 상 팬의 투입, 개방 상태는 MCCB 접점에 의해 모터제어반 전면에 램프로 표시되어야 한다.
- 6) 모터제어반의 주요자재는 국내수급이 용이한 국산(ex. LS) 부품 또는 ABB, 지멘스와 같은 월드 메이커의 제품이 적용하여야 한다.
- 7) 모터제어반 MCCB 동작은 기존 RPC 전원 시스템 내 변압기 전원용 회로와 동일하게 방식으로 조작되어야 한다.
- 8) 각 RPC 시스템별 팬이 정상 투입되어 운전되어야만 RPC 시스템용 VCB 투입 및 VBE 트리커가 발생될 수 있도록 제어 회로가 구성되어야 한다.
- 9) 냉각팬 고장에 의한 과전류, 불평형 전류 등의 이상 발생시 MCCB에 설치되어 있는 자체 OCR에 의한 보호 회로를 구성하여야 한다.
- 10) 냉각팬 이상시 OCR로 검출 불가능한 고장(팬 회전속도 저하, 송풍 용량 부족)에 대한 검출 회로가 구성되어 모터 제어반 전면에 램프로 표시되어야 한다.
- 11) 냉각팬 고장시 모터제어반에 팬의 이상 유무가 램프로 표시되어야 한다.
- 12) 모터제어반 제작 전 관련 도면을 제출하여 NFRI 승인을 득하여야 한다.



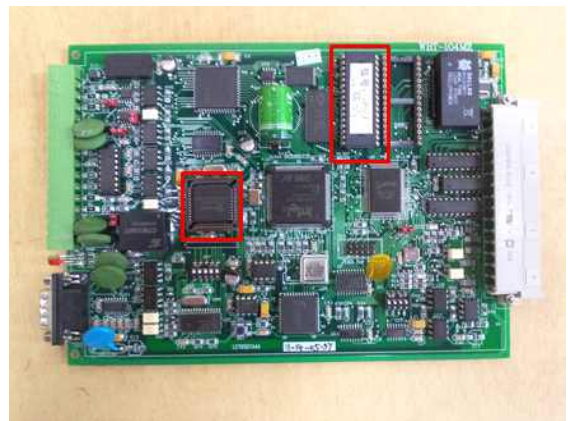
<모터제어반 설치위치(예)>

2.3.3. 제어시스템 운전시간 조정

RPC 시스템의 싸이리스터 밸브에 냉각팬, 송풍 덕트 및 모터제어반을 통한 하드웨어 업그레이드 완료 후 제어 및 보호시스템 내 120초로 제한되어 있는 운전 시간을 320초로 수정하고 상호 보호 연계 프로그램 조정하여 VEB 판넬내 N2 모듈의 902I 보드의 메인 칩셋 (ROM)을 교체해야 한다. 보호시스템 내 운전 제한 시간을 320초로 조정하는 것은 PF MPS의 상승, 하강에 따른 시간을 고려하여 RPC의 운전 시간을 안정적으로 300초 동작시키기 위함이므로 냉각팬 선정 및 관련 프로그램 변경 시 제한 시간 320초를 기준으로 하여야 한다.



VBE 판넬 - N2 모듈



N2 모듈 - 902i 보드

2.3.4. 보호 시스템 및 연계 프로그램 업그레이드

- 1) 모터제어반 - VBE 판넬 간 시퀀스 또는 통신에 의해 상호 연결되도록 VBE 프로그램이 업그레이드되어야 한다.
- 2) VBE 제어 신호에 의해 모터제어반의 투입 및 개방 조작을 할 수 있어야 한다.
- 3) VBE 판넬의 이상 없을시에만 모터제어반에 의해 팬이 기동될 수 있어야 한다.
- 4) 기타 RPC 제어시스템의 보호 프로그램을 운전시간 320초에 적합하도록 업그레이드하여야 한다.
- 5) 냉각팬 이상시 EOCR로 검출 불가능한 고장(팬 회전속도 저하, 송풍 용량 부족에 의한 싸이리스터 온도 이상 상승)에 대한 보호 시스템이 프로그램이 추가 되어야 한다.

2.3.5. 시운전 및 종합 성능 시험

‘제 4장 성능시험’에 준하여 시운전 및 종합성능 시험을 실시한다.

2.3.6. 기타

본 기술시방서에 명기되어 있지 않으나 업그레이드 관련 주요 추가 요청 사항은 공급자와 NFRI 상호 협의하에 설계에 최대한 반영하여야 하며, 기술 세부 사항에 대한 최종 승인서를 득 한 후 제작하여야 한다.

제 3 장 작업시방

3.1. 일반시방서

RPC & HF 시스템 업그레이드 작업은 표준시방서(기계, 전기, 계장분야)에 준함.

3.2. 특기시방서

3.2.1. 일반사항

- 1) 반내 작업 시 반 내의 기기류에 대한 오, 파손이 되지 않도록 주의한다.
- 2) 판넬 상부에는 및 Cable Duct, Cable에 연소 방지제 도포로 마감처리 한다.
- 3) 중량물 취급 시 협착 재해를 방지하기 위한 방안을 수립해야 한다.
- 4) 본 작업에 사용되는 기구 및 재료는 KS규격품을 사용해야 하며, 모든 자재는 NFRI의 검정 후 사용하여야 한다. 규격이 명시되지 않은 재료인 경우 시중 최상급 제품을 사용한다.
- 5) 도면은 협소한 지면에 작성된 것이므로 설치작업 조건을 상세히 검토하여 본 설계가 그 기능을 완전히 발휘하도록 모든 부속품 및 기기류를 구비하여 시공토록 한다.
- 6) 작업현장의 조건에 따라 도면에 표시되는 사항을 변경할 필요가 있을 때는 시공자가 사유와 변경코자 하는 도면 및 자료를 NFRI에게 제출하여 승인을 받아야 한다.
- 7) 본 설치작업에 대하여 언급되지 않아 불명확한 사항이 있을 경우, 현장 여건을 파악하여 감독자 및 관련 부서와의 협의, 승인 하에 시공하도록 한다.

3.2.2. 안전 특기시방

1) 안전관리

가) 시공자는 근로자의 산업재해 예방과 건강관리를 위하여 산업안전보건법 및 당 연구소 안전관리규정을 준수하고, 의무와 책임을 성실히 이행하여야 하며, 안전관리를 위한 NFRI의 지시에 따라야 한다.

2) 안전조치

- 가) 시공자는 공사 중 지진, 호우, 홍수, 태풍 등 기상예보에 충분히 주의를 기울여야 하며, 유사시 피해를 최소한도로 하기 위한 조치를 취하여야 한다.
- 나) 시공자는 관계법규에 따라 안전에 만전을 기하기 위한 조직, 계획, 점검, 훈련 등을 실시하고, 필요한 시설을 갖추어야 하며, NFRI의 승인과 검사를

받아야 한다.

다) 작업장 내에서는 반드시 안전모와 안전화를 착용하여야 한다.

라) 안전시설의 활용과 유지

- ① 출입금지 구역의 설정
- ② 도로의 교통제한 또한 금지
- ③ 전기, 하수도 및 통신 등 중요한 시설에 대한 보호
- ④ 위생적인 화장실과 배수 시설
- ⑤ 각종 표지판, 안전망, 낙하물 방지판, 조명시설
- ⑥ 기타 공중의 안전을 위해 필요하다고 NFRI가 지시하는 사항

마) 공사장에는 구급약을 상비하여야 한다.

바) 공사 시공 중에는 인접한 구조물에 피해를 주지 않도록 요구에 따라 보호 시설을 설치하여야 한다.

사) 공사 시공 중에는 통행에 지장이 없도록 적절한 조치를 강구 하여야 한다.

아) 시공자는 공사 수행 전에 공정표를 NFRI에게 제출하여 조업 및 정비에 지장이 없도록 충분한 검토를 한 연후에 작업을 수행하여야 한다.

3) 안전표지 및 안전 보호구

가) 공사현장의 적재적소마다 안전표지판 등을 설치하여야 한다.

나) 시공자는 공사현장 근로자에게 안전모, 안전화 이외에도 필요한 안전보호구 (안전대, 안전경, 안전장갑, 방진마스크, 방독마스크, 귀마개, 귀 덮개 등)를 착용케 하여야 한다.

4) 안전교육

가) 시공자는 현장관리자 및 근로자에게 정기안전교육을 실시해야 하고, 신규 채용자 발생 시 또는 작업내용 변경 시에는 특별교육을 실시하여야 한다.

5) 안전시공

가) 시공자는 산업안전보건법의 해당규정을 준수하고, 시공 중인 공사 또는 근로자에게 위해가 없도록 각종 가설공사와 안전설비의 설치, 시공방법, 시공 장비 운전 및 현장정돈에 특별히 주의하여야 한다.

6) 음식물 반입 금지

가) NFRI 내의 작업장에는 음식물을 반입할 수 없다.

3.2.3. 작업방법

1) 장비 반입 및 설치

- 가) 장비 반입시 NFRI 전기동 전 층의(3층~B2층) 장비반입구를 개방하여야 하므로 장비반입 전에 NFRI 현장을 방문하도록 한다.
 - 나) 모든 제작 및 설치 시 직각, 평행, 수직, 수평유지 및 진동에 견딜 수 있게 고정 설치한다. 특히 바닥의 수평도가 불량할 경우에는 적당한 받침판으로 수평도 편차가 3mm를 벗어나지 않도록 시공한다.
 - 다) 철재, 플라스틱재, 전기부품 등 모든 부품의 날카로움이 제거되어야 하고 케이블타이의 절단면에 날카로움이 전혀 돌출되어서는 안 된다.
 - 라) 모든 볼트가 너트 위로 돌출되는 길이는 너트 높이를 초과하지 않도록 한다.
 - 마) 설치 작업 시 화재 방지를 위한 방화대책을 강구하여 시공한다.
 - 바) 특히 공사 중 발생 가능성이 있는 사항에 대해서는 설비담당자에게 조속한 시간 내에 상호 협의하여 해결할 수 있도록 한다.
 - 사) 제작, 운송, 설치 및 시험 전 과정을 거쳐 외관의 도장면 및 형태가 손상되지 않도록 주의하여야 한다.
 - 아) NFRI 전기실 내에서의 모든 작업은 먼지가 발생하지 않도록 진공청소기로 흡입하며 실시하여야 한다.
 - 자) NFRI 내 작업현장은 항상 청결을 유지해야 하며 작업 후에는 작업장 주변 정리정돈 및 청소를 실시한다.
- 2) 전선관 배관
- 가) 전선관과 경로가 도면에 제시되어 있지 않는 경우 NFRI의 지시에 따른다.
 - 나) 전선관에 굴곡부분이 많으면 전선의 인입이 곤란하므로 관로는 가능한 굴곡개소를 적게 한다.(전선관 1개의 경로에 3개 이하의 굴곡개소가 되도록 한다.)
 - 다) 전선관과 Duct 및 Box와의 접속에 있어 전선관용 구멍은 Knockout Punch 등의 공구로 뚫고 접속한다.
 - 라) 전선관 절단은 쇠톱 또는 Cutter를 사용해야 하며, 절단한 후 그 부분은 반드시 줄 또는 Rimer 등으로 내측 면을 고르게 하고 돌출부분을 없애 Cable 외피의 손상을 막는다.
- 4) 강재 류 제작, 설치
- 가) 제작 전 조립되는 상대부분의 구조, 치수 및 취합상태를 엄밀히 확인한다.
 - 나) 도면 검토 시 각 조립부분의 상대방 구조, 치수 및 취합상황을 엄밀히 확인하여야 하며 현장 취부를 필요로 하는 제작물에 대해서는 작업여건을 충분히 고려하기 위하여 현장조사를 필히 하여야 한다.

다) 착공 전 도면과 현장여건을 충분히 대조하고 마킹에 앞서 재료를 확인해야 한다.

라) 모든 강재류의 가공은 돌출부분이 없도록 가공하여야 하며 면취 등 마무리 작업은 도장 전에 시행해야 한다.

마) 모든 강재류의 제작 및 설치 시 직각, 평행, 수평, 수직을 철저히 지켜야 한다.

바) 모든 강재는 제작 후 도장을 행한다.

5) 도장 공사

가) 철 구조물 등 조립 후에 도장이 곤란한 부분은 조립 전에 도장하고 조립 후 보수도장을 하여야 한다.

나) 녹을 떨어낸 뒤 티끌이나 먼지를 제거한 후에 철재 면에 있는 수분을 적당한 방법으로 완전히 말려서 즉시 도장을 하여야 한다.

다) 바탕처리는 1급으로 처리한다.

라) 기타 도장에 관한 상세사양은 사전에 NFRI의 승인을 받은 후 시행한다.

제 4장 성능시험

4.1. 개요

공급사는 RPC 시스템 운전 성능향상관련 하드웨어 및 소프트웨어의 업그레이드 작업에 대한 보증 책임을 지며, 업그레이드 완료 후 전체 RPC 시스템의 성능을 확인하기 위하여 각종 시험 계획을 공급사가 제출하여 승인된 시운전 및 종합 연동시험 계획에 의거하여 성능시험을 실시한다.

4.2. 검사

공급사는 현장에 냉각팬, 송풍 덕트, 모터제어반(MCC) 등의 하드웨어를 설치하기 전에 설치요령, 취급방법 및 기타 필요한 자료를 제공하며, 설치에 대한 기술지도 및 성능시험 시 입회하여 확인을 득한다. 장비의 입고수량 검사완료 전에 발생하는 원형의 변형을 초래하는 경우는 공급사 책임 하에 재공급한다.

4.3. 종합성능시험

RPC 시스템 운전 성능향상에 대한 모든 Scope의 작업이 완료된 후를 기존 RPC 시스템과의 호환성 및 연계성을 모두 확인하여야 하며, 발주자의 초전도자석 실험 및 플라즈마 실험 등의 실험일정에 맞춰 교체작업 및 공사완료에 대한 종합적인 성능을 시험하여 시험결과에 대해 발주자에게 보고서를 제출하여야 한다.

4.3.1 KSTAR RPC 시스템 단독시험

KSTAR RPC 시스템의 운전 성능향상 완료 후 단독시험을 실시하여 아래의 성능조건을 만족하는지 확인한다.

- 1) 송풍 팬 및 송풍 덕트의 냉각 성능 확인
- 2) 송풍 팬 및 송풍 덕트의 외관, 결선 및 절연거리 확인
- 3) 모터제어반(MCC) - VBE 패널간 통신 시험
- 4) 모터제어반(MCC)의 전원 및 조작 상태 확인
- 5) 모터제어반(MCC)의 보호 회로 동작 시험
- 6) 기타 하드웨어 업그레이드에 따른 필요 시험

4.3.2. PF MPS 와 연동된 시험

- 1) 기존 RPC 시스템의 호환성 및 연계성시험으로 진행하여야 하며, 발주자의 시험일정에 맞추어 시험이 진행될 수 있도록 한다.
- 2) PF MPS 연동시험 시에는 시험 전 시험계획서를 제출하여 NFRI의 승인을 받아야 한다.
- 3) 시험 시에는 시험계획 및 시험절차에 의해 시험을 진행하여야 한다.
- 4) 공급자가 시행한 모든 성능시험이 공급자가 제출한 기술제안서의 성능에 미달한 경우에는 재설치 및 재공사를 통해 기존 성능에 도달할 수 있도록 한다.
- 5) 기존 성능은 아래와 같으며, 제어시스템 업그레이드 및 수정작업으로 인해 기존 RPC 시스템의 특성이 변해서는 안 되며, 특성에 대한 책임은 공급자에게 있다.

※ 기준 성능

- KSTAR RPC 시스템 단독시험 관련 모터제어반(MCC), VBE 정상 운전 여부 확인
 - RPC 시스템 연속운전 320초 및 320초 초과시 보호회로 정상 동작 여부 확인
 - 320초 운전 후 싸이리스터의 junction 온도 혹은 junction 온도를 환산한 싸이리스터 표면 온도가 최종 승인 요청시 제안된 예측 온도값 이하로 유지 여부 확인.
 - 기타 최종 승인 요청시 주요 내용에 대한 적합성 여부 확인
- 6) KSTAR 플라스마 shot interval 설정을 위해 320초 연속 운전 실험시 최소온도까지 걸리는 시간에 대한 data를 제출하여야 한다.
 - 7) 시운전 및 종합연동시험 결과에 따라 최대운전시간 설정을 공급자와 NFRI 상호 협의하에 변경할 수 있다.

4.4. 성능보증기간

- 1) 신설 장비 및 업그레이드한 장치에 대한 성능보증기간은 성능시험 완료 후 2년간을 성능보증 기간으로 한다. 공급사는 성능보증기간 중 발생한 사고 및 성능 발휘에 문제가 있을 경우 모든 책임을 지고 무상으로 대체 또는 교환한다. 단, 사용자의 오조작에 의해 발생한 사고 또는 천재지변으로 인한 사고에 대해서는 책임을 지지 않는다.