

부산항 신항 154kV변전소 전력설비 개선(교체) 사업 (GIS 및 TR 제조 · 구매 · 설치)

설 계 서

2026. 02.

	설계용역사	설 계 자	심 사 자	대 표 자
2026년 02월 설계	(주)한양케이앤이	이 준 호 	신 인 철 	김 홍 인 

부산항 신항 154kV변전소 전력설비 개선(교체) 사업 (GIS 및 TR 제조 · 구매 · 설치)

설 계 서

2026. 02.

BPA  | 부산항만공사

- 목 차 -

제 1 장	설 계 설 명 서
제 2 장	정 전 최 소 화 방 안 (154kV 수전변압기(MTR) 및 가스절연개폐장치(GIS) 교체작업
제 3 장	1 5 4 k V G I S 기 술 규 격 서
제 4 장	1 5 4 k V 변 압 기 기 술 규 격 서
제 5 장	상 세 시 방 서
제 6 장	예 정 공 정 표
제 7 장	설 계 내 역 서 (별 첨)
제 8 장	설 계 도 면 (별 첨)

제 1 장 설 계 설 명 서

제1장 설계설명서

1.1 사 업 명

부산항 신항 154kV변전소 전력설비 개선(교체) 사업(GIS 및 TR 제조·구매·설치)

1.2 사업위치

부산항 신항 154kV변전소(부산광역시 강서구 신항남로 330)

1.3 사업목적

부산항 신항 운영사의 장래전력수요 증가 및 한국전력공사 변전소와의 전력공급 계통상 설비 보강 필요성으로, 154kV변전소 전력설비 개선사업 추진

1.4. 사업 범위

GIS(170kV 1,250A 50kA 8BAY) 및 MTR(35/40MVA 3SET) 교체

1.5 사업기간

착수일로부터 28개월

1.6 설계 변경조건

- (1) 천재지변 등 불가항력적인 상황이 발생하였을 때.
- (2) 설계 시 가정한 수치와 실제 시공차가 현저하게 상이 할 때.
- (3) 현장의 제반조건이 설계도서와 현저하게 상이 할 때.
- (4) 도급자로부터 신공법의 제안이 있어 이를 수락하였을 때.
- (5) 구조물 위치 및 구조변경이나 공법변경이 필요할 때.
- (6) 계약서 기준에 따라 물량 공량 증감에 의한 변경이 필요할 때.
- (7) 관련 법규가 개정되어 설계변경이 필요할 때.
- (8) 기타 발주자가 필요하다고 인정할 때.

제 2 장 정 전 최 소 화 방 안 (154kV 수전변압기(MTR) 및 가스절연개폐장치(GIS) 교체작업)

제2장 154kV 수전변압기(MTR) 및 가스절연개폐장치(GIS) 교체 작업 정전 최소화 방안

2.1 교체 작업 기본 전제

- 항만운영을 365일 24시간 계속할 수 있도록 무정전 또는 정전 최소화 방안이어야 함
- 안전 작업절차서를 작성하여 철저히 준수해야 함
- 작업 지휘 계통을 일원화하여 현장에서 혼란이 일어나지 않도록 해야 함
- 장비 반출입 및 작업 공간 확보를 안전하게 해야 함

2.2 예비 T/L 및 예비 수전 변압기(MTR) 활용하여 순차로 교체작업

- STEP 1 : 한전 용원S/S에서 공급 받는 #2 T/L GIS 철거, #3 TR Bay, 변압기 철거
- STEP 2 : GIS 6 Bay 신규 설치 / #3 변압기 교체 / #6 TR Bay - 신설 GIS 연결(Docking)
- STEP 3 : 신설 GIS 가압 - 전력공급 / #2 변압기 교체 / #4 & #5 TR Bay - 신설 GIS 연결(Docking)
- STEP 4 : #1 T/L → #2 T/L 전환 / 기존 GIS OFF 시킴
- STEP 5 : #1 변압기 교체 / #1 TR Bay - 신설 GIS 연결(Docking) / #1 T/L GIS 설치 후 기존 GIS 철거

- 1) 한전에서 수전 받는 수전선로 #1 T/L 및 #2 T/L 가운데 예비선로를 이용하고, 수전변압기 #1, #2, #3 뱅크 가운데 예비변압기 한 대를 활용하여 #3 변압기, #2 변압기, #1 변압기 순서로 교체하여 무정전 또는 1시간 이내의 정전 최소화 방안으로 완료하는 것이 이번 공사의 핵심임.
- 2) 수전 변압기(MTR)와 가스절연개폐장치(GIS)를 순차로 일괄 교체하는 작업 시나리오를 짜서 동시에 작업함으로써 오히려 정전을 최소화 할 수 있는 방안을 계약자가 제시하여야 함.

2.3 단계별 MTR & GIS 교체 작업 및 절체 순서

■ 교체 절차 순서 1

- 한전 용원 S/S에서 수전 받는 154kV #2 T/L이 예비선로로 대기하는 상태에서 먼저 #2 T/L에 접속된 GIS 부분을 먼저 철거하여 공간을 확보한 다음, #3 변압기와 #3 TR Bay GIS를 분리한다.

■ 교체작업 및 절체 순서 2

- #2 T/L → #1 T/L 로 절체 상태에서
- #3 TR & #6 TR Bay CB Open 한 후, #2 T/L Bay 해체 및 철거
- **#3 변압기 철거** & #3 TR Bay 접속관 철거
- #6 TR Bay 접속관 철거

■ 교체작업 순서 3

- #1 T/L Bay, TR 5 Bay - 신규 GIS 6 Bay 설치
- #3 TR Bay 기존 GIS 와 연결
- **신규 #3 변압기 설치**
- #6 변압기 접속관 연결

■ 교체작업 및 절체 순서 4

- #3 TR Bay 연결 CB Close → 신규 GIS 가압
- #2, #5 TR Bay CB Open

■ 교체작업 순서 5

- #5 TR Bay 접속관 철거

■ 교체작업 순서 6

- **신규 #2 변압기 설치** 및 접속관 연결
- #5 TR Bay 접속관 연결

■ 교체작업 및 절체 순서 7

- #2, #5 TR BAY CB Close
- #4 TR Bay CB Open

■ 교체작업 순서 8

- #4 TR Bay 접속관 철거

■ 교체작업 순서 9

- #4 TR Bay 접속관 연결

■ 교체작업 및 절체 순서 10

- #1 T/L → #2 T/L 절체
- #3 TR Bay 연결하고 CB Open
- #4 TR Bay CB Close

■ 교체작업 순서 11

- 기존 GIS 철거
- **#1 MTR 철거**

■ 교체작업 순서 12

- #1 T/L Bay, #1 TR Bay 설치
- **#1 MTR 설치**

2.4 MTR 교체 작업 안전 포인트

■ #3 변압기 교체작업 안전

- 1) 현재 운전대기 상태에 있는 #3 변압기의 1차측 GCB(OXGC-05) 170kV 1200A 31.5kA(N.O) 차단기가 열려 있는지 (OPEN) 확인한 다음 DS -9 170kV 1200A(모터 조작) 단로기도 열려 있는지 확인하여 예비 변압기 베이(Bay)가 무전압 상태임을 재확인한다.
- 2) 154kV #3 변압기 2차측 VCB(N.O) 24kV 1250A 25kA(OHPC-B05) 차단기가 열려 있는지(OFF) 확인한 다음, Tie VCB(N.O) 24kV 1250A 25kA(OHPC-T02)의 열림(OPEN) 상태를 확인한다.
- 3) 154kV #3 변압기 개스오일부싱(GAS- OIL BUSHING)과 GIS GCB(OXGC-05)차단기 2차측의 접속점이 되는 충전부를 접지시켜 안전을 확인한 다음 변압기 분리 작업을 시작한다.
- 4) 3-BCT 200-150/5A C200 CT교체는 GIS 교체공사 과업 범위임.
- 5) 변압기 1대 교체 설치에 소요 되는 기간은 2개월 이내로 하며,
- 6) #3 변압기 교체작업을 마치고 운전중인 변압기와 교대 운전을 위해 투입절차에 들어가기 전에 작업 안전을 위해 충전부를 접지했던 접지선을 모두 제거하고 확인 또 확인하여야 한다.
- 7) #3 변압기 교체작업을 마친 후 운전 중인 변압기와 교대 운전을 위하여 절체 투입하는 절차는 위에서 변압기 분리 작업 시작할 때와 역순으로 하여 무전압 상태에 있는 단로기부터 먼저 투입한 다음 차단기를 투입하여야 한다.
교대 운전을 위한 변압기 투입 절체작업에 소요 되는 시간은 20분 이내로 하여 부두 운영 중단을 최소화하여야 한다.
- 8) 이 모든 작업 절차는 미리 감독자의 승인을 받은 <변압기 교체작업 절차서>에 따라 엄격히 시행하여 안전사고를 예방하여야 한다.

2.4 MTR 교체 작업 안전 포인트

■ #2 변압기 교체작업 안전

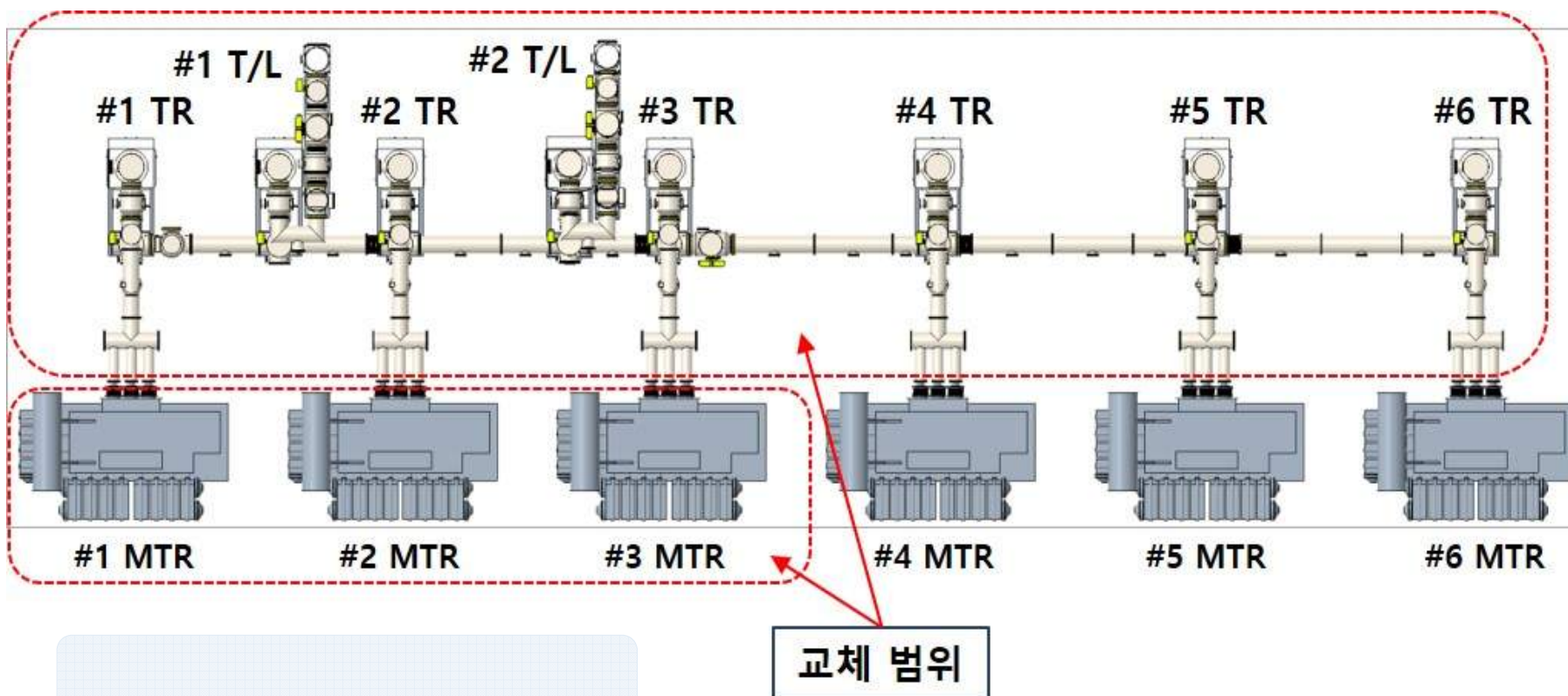
- 1) 현재 운전대기 상태에 있는 #2 변압기의 1차측 GCB(OXGC-04) 170kV 1200A 31.5kA(N.O) 차단기가 열려 있는지 (OPEN) 확인한 다음 DS -8 170kV 1200A(모터 조작) 단로기도 열려 있는지 확인하여 예비 변압기 베이(Bay)가 무전압 상태임을 재확인한다.
- 2) 154kV #2 변압기 2차측 VCB(N.O) 24kV 1250A 25kA(OHPC-T04) 차단기가 열려 있는지(OFF) 확인한 다음, VCB(N.O) 24kV 1250A 25kA(OHPC-T05) 및 24kV 1250A 25kA(OHPC-T02) 두 대의 Tie VCB의 열림(OPEN) 상태를 확인한다.
- 3) 154kV #2 변압기 개스오일부싱(GAS- OIL BUSHING)과 GIS GCB(OXGC-04)차단기 2차측의 접속점이 되는 충전부를 접지시켜 안전을 확인한 다음 변압기 분리 작업을 시작한다.
- 4) 3-BCT 200-150/5A C200 CT교체는 GIS 교체공사 과업 범위임.
- 5) 변압기 1대 교체 설치에 소요 되는 기간은 2개월 이내로 하며,
- 6) #2 변압기 교체작업을 마치고 운전중인 변압기와 교대 운전을 위해 투입절차에 들어가기 전에 작업 안전을 위해 충전부를 접지했던 접지선을 모두 제거하고 확인 또 확인하여야 한다.
- 7) #2 변압기 교체작업을 마친 후 운전 중인 변압기와 교대 운전을 위하여 절체 투입하는 절차는 위에서 변압기 분리 작업 시작할 때와 역순으로 하여 무전압 상태에 있는 단로기부터 먼저 투입한 다음 차단기를 투입하여야 한다.
교대 운전을 위한 변압기 투입 절체작업에 소요 되는 시간은 20분 이내로 하여 부두 운영 중단을 최소화하여야 한다.
- 8) 이 모든 작업 절차는 미리 감독자의 승인을 받은 < 변압기 교체작업 절차서>에 따라 엄격히 시행하여 안전사고를 예방하여야 한다.

2.4 MTR 교체 작업 안전 포인트

■ #1 변압기 교체작업 안전

- 1) 현재 운전대기 상태에 있는 #1 변압기의 1차측 GCB(OXGC-03) 170kV 1200A 31.5kA(N.O) 차단기가 열려 있는지 (OPEN) 확인한 다음 DS – 7 170kV 1200A(모터 조작) 단로기도 열려 있는지 확인하여 #1 변압기 베이(Bay)가 무전압 상태임을 재확인한다.
- 2) 154kV #1 변압기 2차측 VCB(N.O) 24kV 1250A 25kA(OHPC-A05) 차단기가 열려 있는지(OFF) 확인한 다음, Tie VCB(N.O) 24kV 1250A 25kA(OHPC-T05)의 열림(OPEN) 상태를 확인한다.
- 3) 154kV #1 변압기 개스오일부싱(GAS- OIL BUSHING)과 GIS GCB(OXGC-03)차단기 2차측의 접속점이 되는 충전부를 접지시켜 안전을 확인한 다음 변압기 분리 작업을 시작한다.
- 4) 3-BCT 200-150/5A C200 CT교체는 GIS 교체공사 과업 범위임.
- 5) 변압기 1대 교체 설치에 소요 되는 기간은 2개월 이내로 하며,
- 6) 변압기 교체작업을 마치고 운전중인 변압기와 교대 운전을 위해 투입절차에 들어가기 전에 작업 안전을 위해 충전부를 접지했던 접지선을 모두 제거하고 확인 또 확인하여야 한다.
- 7) #1 변압기 교체작업을 마친 후 운전 중인 변압기와 교대 운전을 위하여 절체 투입하는 절차는 위에서 변압기 분리 작업 시작할 때와 역순으로 하여 무전압 상태에 있는 단로기부터 먼저 투입한 다음 차단기를 투입하여야 한다.
교대 운전을 위한 변압기 투입 절체작업에 소요 되는 시간은 20분 이내로 하여 부두 운영 중단을 최소화하여야 한다.
- 8) 이 모든 작업 절차는 미리 감독자의 승인을 받은 < 변압기 교체작업 절차서>에 따라 엄격히 시행하여 안전사고를 예방하여야 한다.

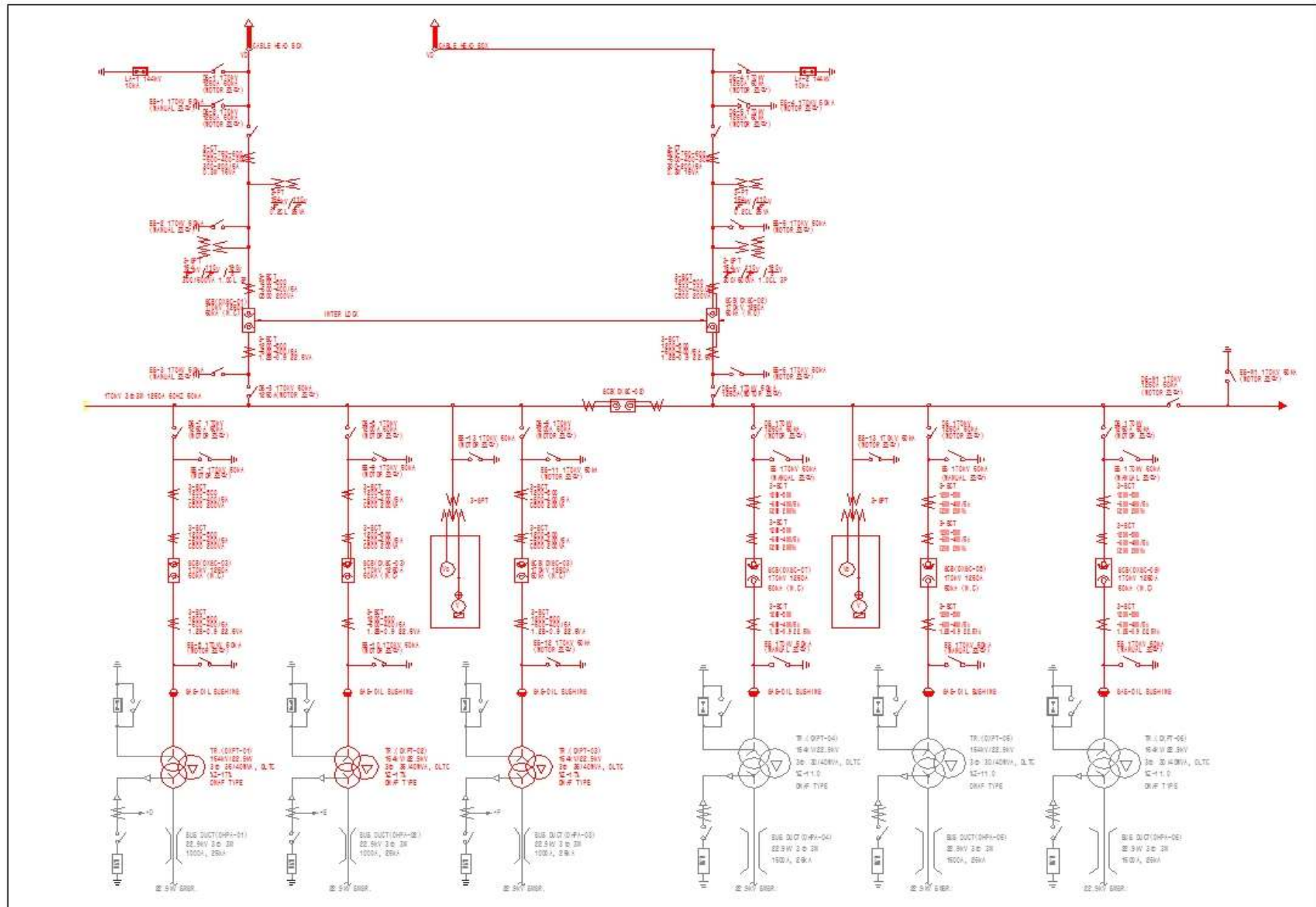
<그림 2-01> 【 MTR 및 GIS 교체 범위 】



교체 대상

- T/L bay : 2bay
- TR bay : 6bay 및 GIB
- MTR : #1, #2, #3

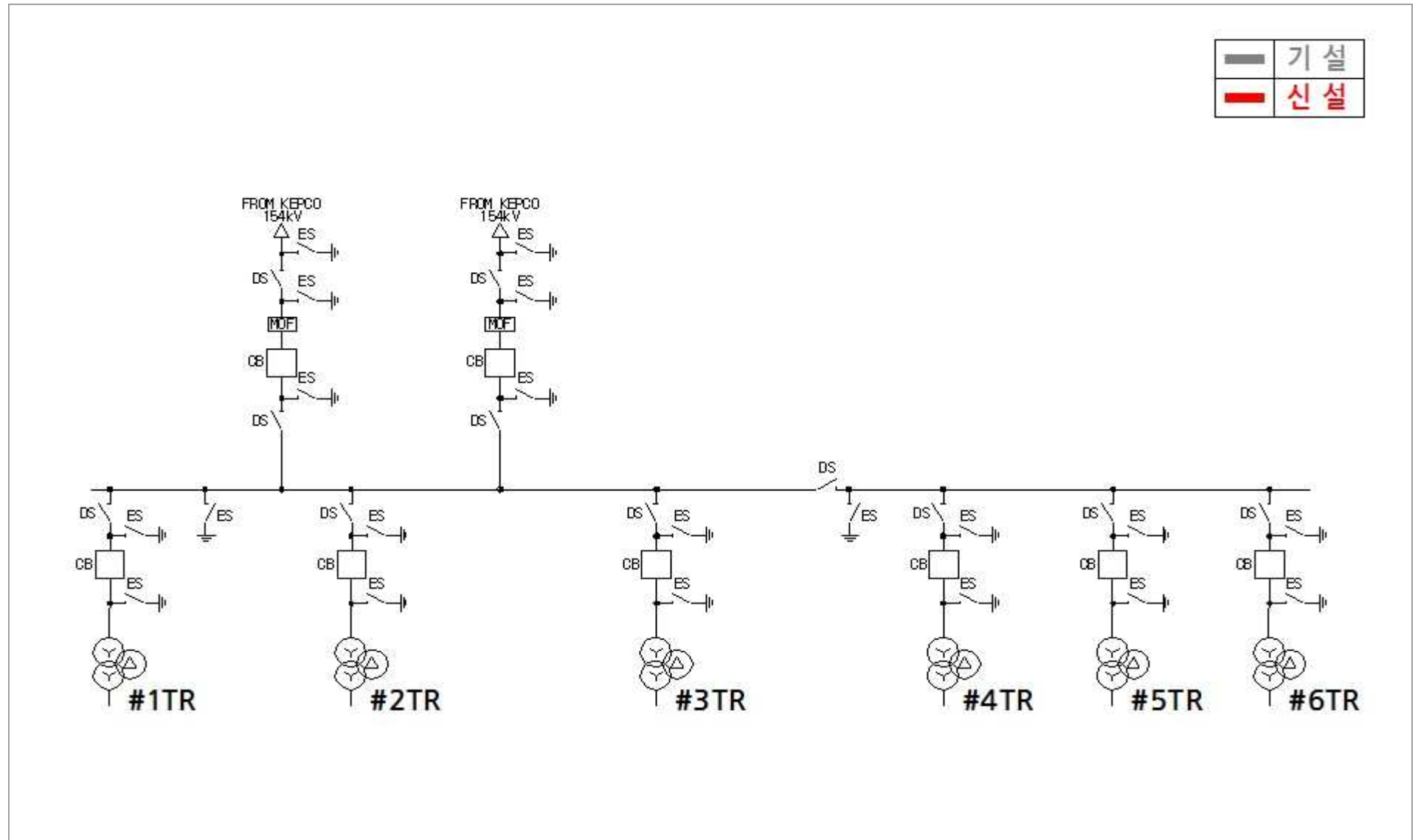
<그림 2-02> 【 단선도 】



2.5 단계별 주요 작업 내용

■ 변경전

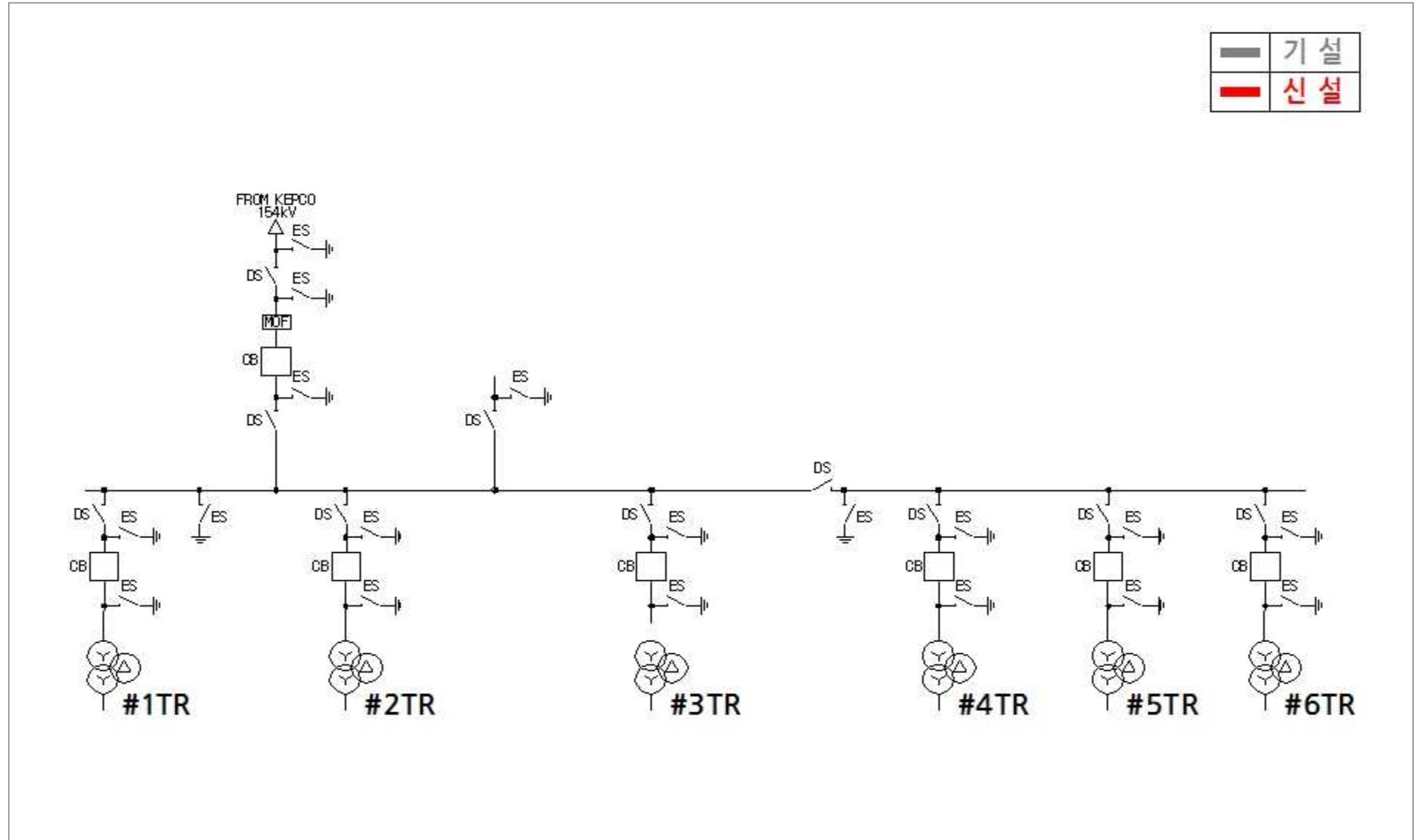
<그림 2-03> 【 변경전 】



2.5 단계별 주요 작업 내용

■ STEP 1 : #2 T/L GIS 철거, #3 변압기와 #3 TR GIS 분리

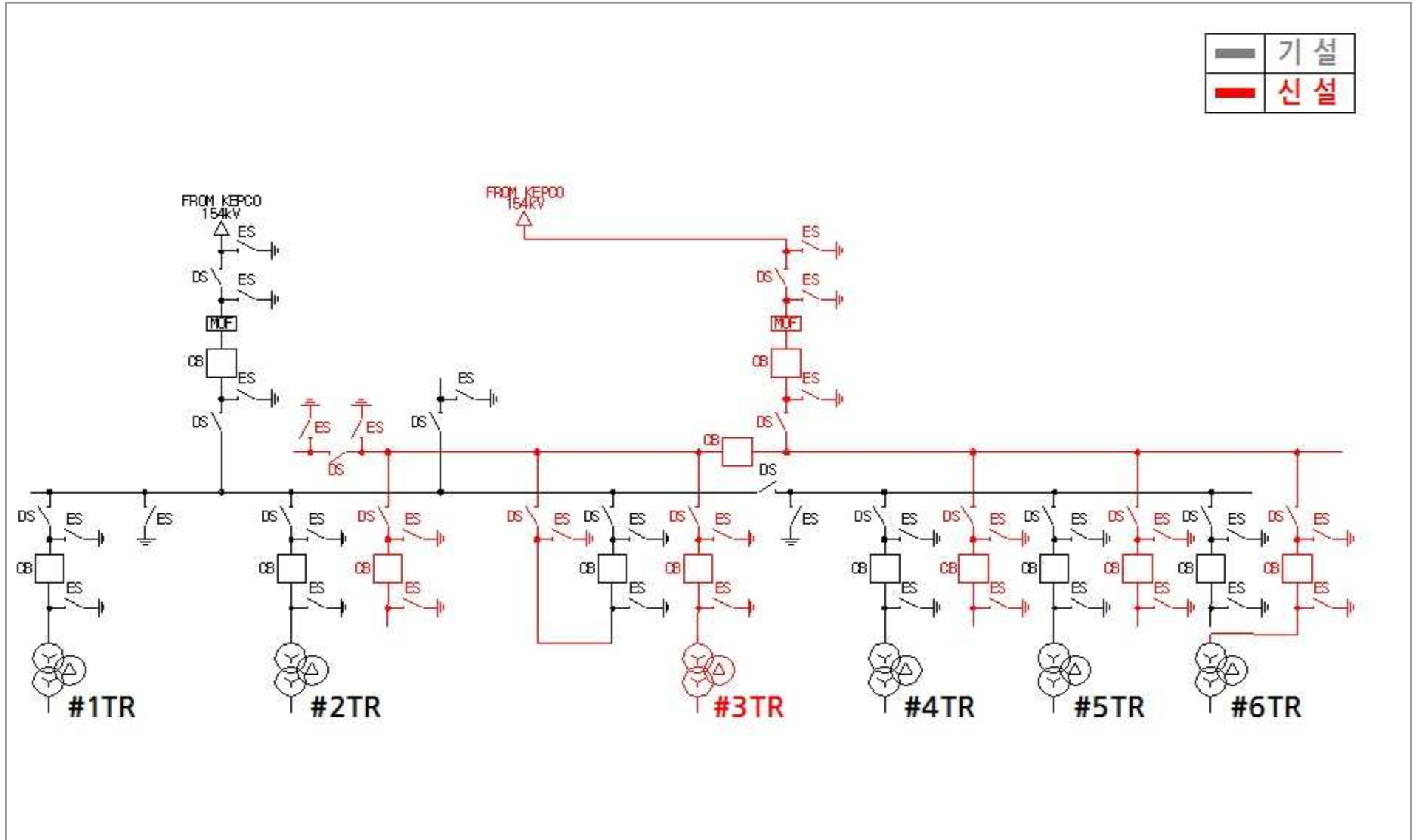
<그림 2-04> 【STEP 1 : #2 T/L GIS 철거, #3 변압기와 #3 TR GIS 분리】



2.5 단계별 주요 작업 내용

■ STEP 2 : GIS 6 Bay 신규 설치 / #3 변압기 교체 / #6 TR - 신설 GIS 연결(docking)

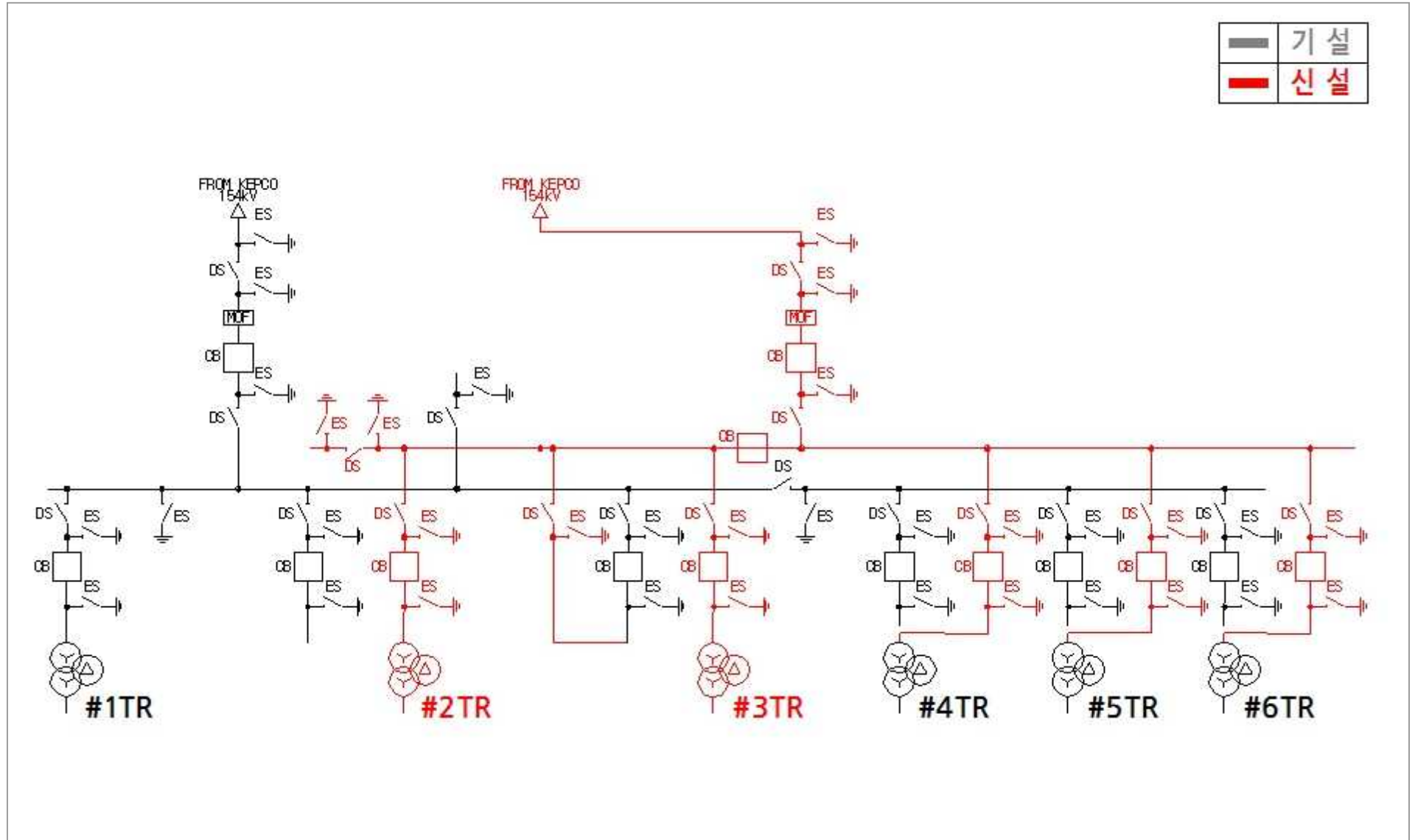
<그림 2-05> 【 STEP 2 : 신규 GIS 6 Bay 설치, #3 변압기 교체 】



2.5 단계별 주요 작업 내용

■ STEP 3 : 신설 GIS 가압 - 전력공급 / #2 변압기 교체 / #4 & #5 TR - 신설 GIS 연결(Docking)

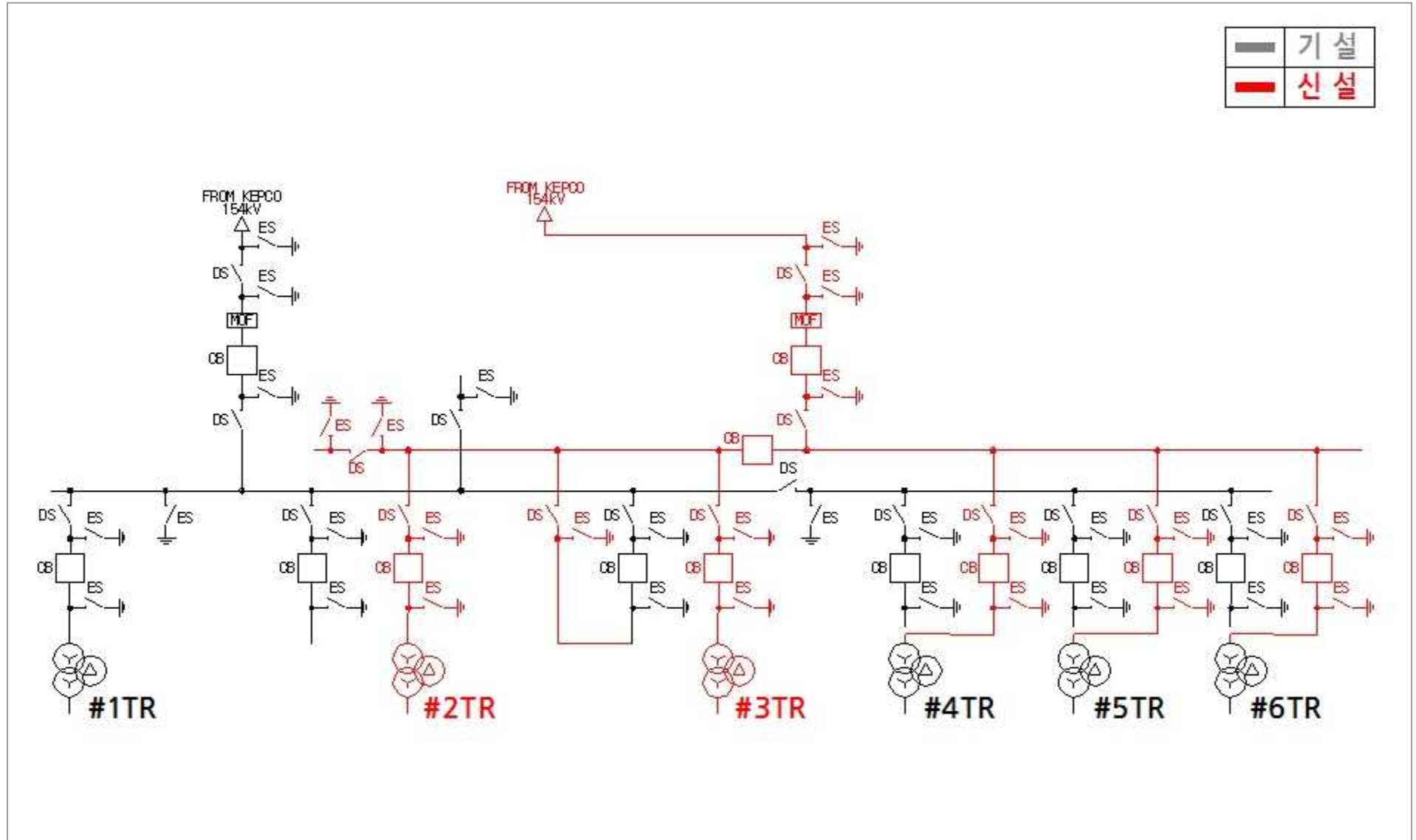
<그림 2-06> 【 STEP 3 : 신설 GIS 가압 - 전력공급 】



2.5 단계별 주요 작업 내용

■ STEP 4 : #1 T/L → #2 T/L 전환, 기존 GIS OFF

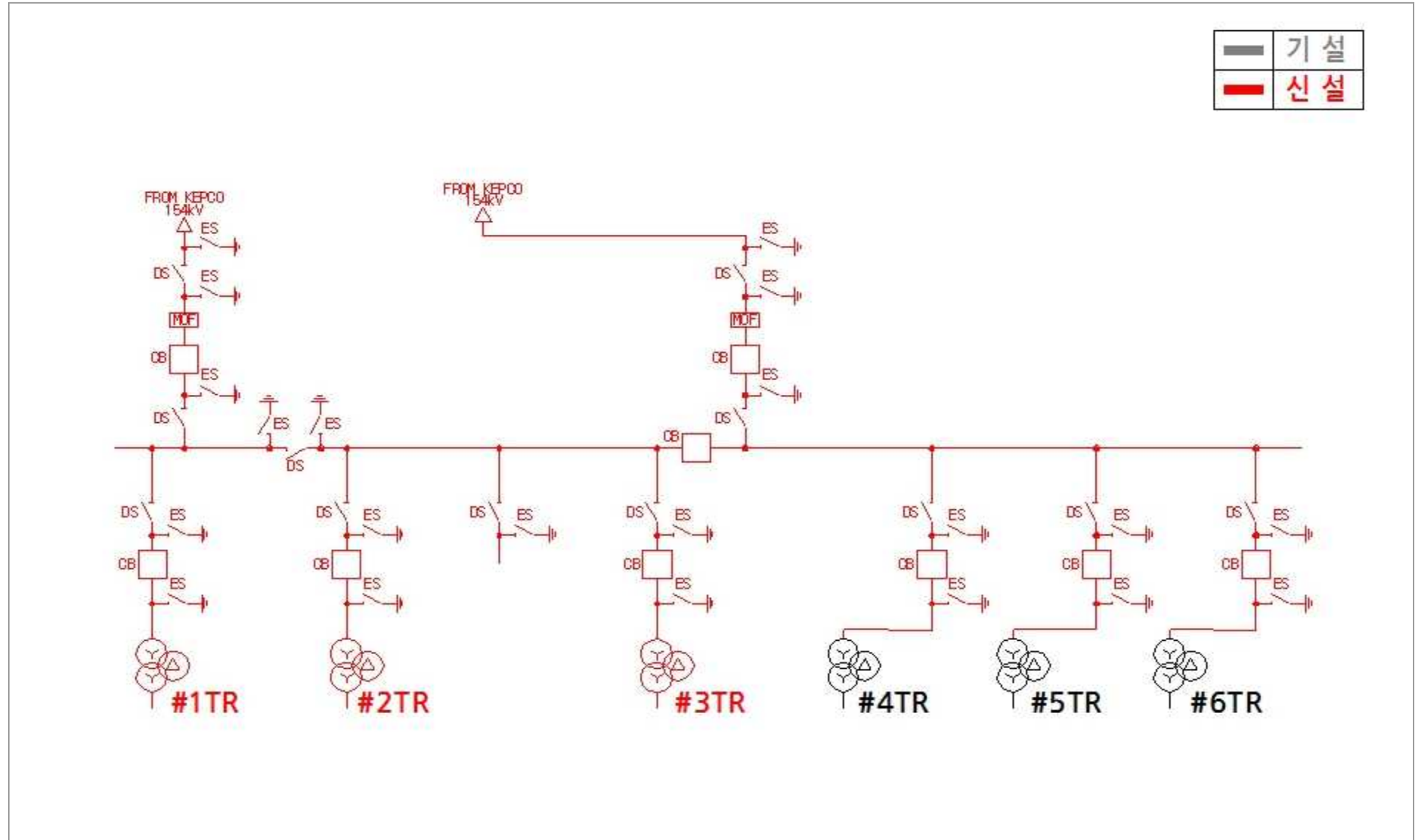
<그림 2-07> 【 STEP 4 : #1 T/L → #2 T/L 전환, 기존 GIS OFF 】



2.5 단계별 주요 작업 내용

■ STEP 5 : #1 변압기 교체, #1 TR - GIS 설치, #1 T/L GIS 설치, 기존 GIS 철거

<그림 2-08> 【 STEP 5 : #1 TR 교체, #1 TR GIS 설치, #1 T/L GIS 설치, 기존 GIS 철거 】



제 3 장 154kV GIS 기술 규격서

154kV GIS 기술규격서

1. 적용범위

1.1 일반사항

이 규격서는 부산항 신항 154kV 변전소 안정화 사업으로 변압기 용량확충 공사에 설치 할 154kV GIS의 설계, 제작, 운송, 설치, 시험 및 검사와 기술도서의 제출 등에 대한 기술적인 요건과 요구사항을 규정한 것임.

이 규격은 한전 표준규격 ES - 6110-0002를 근간으로 하되, 일부 내용을 추가하였으며 이 규격에 명시되지 않은 사항은 IEC 60076-1 / IEC 62271-203 등 관련기기 규격에 따르며, 제작자는 ES - 6110-0002 최근 Version을 적용하여야 한다.

부산항 신항 154kV 변전소의 154kV GIS 및 수전 변압기 MTR이 안전하게 그 기능을 온전히 발휘할 수 있도록 본 기술규격서 보다 더 상세한 규격은 공급자가 공급 서류에 명시하여 제출하여야 함.

인용표준

KS C 4202 (2013)	일반용 저압 3상 유도전동기
KS C 4204 (2003)	일반용 단상유도전동기
KS D 3503 (2014)	일반구조용 압연강재
ES-5920-0005	전력용 피뢰기
ES-5925-0001	교류차단기
ES-5950-0005	계기용 변압기
ES-5950-0006	변류기
ES-6110-0007	170kV 이상 GIS용 절연물 시험방법
ES-6110-0008	배전반
IEC 60137 (2017)	Insulated bushings for alternating voltages above 1,000V
IEC 60376 (2005)	Specification and acceptance new sulphur hexafluoride
IEC 60480 (2004)	Guidelines for the checking and treatment of sulfur hexafluoride (SF6) taken from electrical equipment and specification for its re-use
IEC 60529 (2013)	Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)

인용표준

IEC 61462 (2007)	Composite hollow insulators - Pressurized and unpressurized insulators for use in electrical equipment with rated voltage greater than 1000V-Definitions, test methods, acceptance criteria and design recommendations
IEC 62146-1 (2013)	Grading capacitors for high-voltage alternating current circuit-breakers - Part 1 : General
IEC 62217 (2012)	Polymeric HV insulators for indoor and outdoor use-General definitions, test, methods and acceptance criteria
IEC 62271-1 (2017)	High-voltage switchgear and controlgear - Part 1: Common specifications
IEC 62271-100 (2017)	High-voltage switchgear and controlgear Part 100 : Alternating-current circuit-breakers
IEC 62271-102 (2013)	High-voltage switchgear and controlgear - Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches
IEC 62271-203 (2011)	High-voltage switchgear and controlgear - Part 203: Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV
IEC 62271-207 (2012)	High-voltage switchgear and controlgear Part 207: Seismic qualification for gas-insulated switchgear assemblies for rated voltages above 52 kV
IEC 62271-4 (2013)	High-voltage switchgear and controlgear - Part 4 : Handling procedures for sulphur hexafluoride (SF6) and its mixtures
NEMA SG 4 (2013)	Alternating Current High-voltage Circuit Breakers
DS-0050	송배전설비 내진설계 기준

1.2 공급범위 및 적용 규격

1.2.1 이 규격은 정격전압 72.5kV 이상인 주파수 60Hz의 3상 교류회로에서 사용하는 옥내 및 옥외용 가스절연개폐장치(이하 GIS라 한다)에 대하여 적용한다. 이 규격에서 명시되지 않은 사항은 ES-6110-0008, IEC 62271-203 등의 관련 기기 규격을 따른다.

1.2.2 특히 GIS를 구성하는 전력용 피뢰기, 교류 차단기, 계기용 변압기, 변류기(MOF용 변류기 포함), 모선, 모선용 단로기, 선로용 3단 개폐기, 선로용 접지개폐기(High Speed Earthing Switch ; HES), 기기용 접지개폐기(ES), MOF 변압기, Cable Head Box, Cable Plug-in System 등이 모두 교체 범위이며 각각 아래 한전 표준규격에 따름을 원칙으로 한다. 그 밖의 추가할 내용은 제작자 표준에 따른다.

- (1) ES-5920-0005 전력용 피뢰기
- (2) ES-5925-0001 교류차단기
- (3) ES-5950-0005 계기용 변압기
- (4) ES-5950-0006 변류기
- (5) ES-6110-0003 단로기
- (6) ES-6110-0003 접지개폐기 (Earthing Switch ; ES)
- (7) ES-6110-0007 170kV 이상 GIS용 절연물 시험방법

2. 사용상태

2.1 정상사용상태

- 2.1.1 주위 온도는 최고 40℃, 최저 -25℃, 24시간 평균온도 35℃이하
- 2.1.2 풍속은 40m/sec 이내
- 2.1.3 주위 공기 오손이 현저하지 않은 장소

2.2 특수사용상태

2.2.1 2.1항에 규정한 이외의 자연환경 또는 계통상 특수한 사용조건은 필요시 별도로 규정한다.

2.2.2 내진 성능

- (1) 내진 성능은 "송배전설비 내진설계 기준(DS-0050)"을 만족하여야 하고 조작시 충격하중, 단락시 전자력에 해당하는 하중이 중첩되어도 설비의 건정성이 유지되어야 한다.
- (2) 설계지반운동은 지반종류별 최대지반가속도를 반영한 가속도 표준설계 응답스펙트럼을 모두 포함하여 적용하고, 발주자의 별도 요구가 있을 경우 이를 만족하여야 한다.
- (3) 내진 등급은 다음과 같이 구분하며, 제작규격 제출시 내진등급 및 최대지반가속도(PGA), 기기증폭비, 구조물 내부 증폭비 등을 명시하여야 한다.

내진 등급		대 상
특등급	중 요	기설 765kV 및 765kV 미만 변전소 설치용 설비

3. 정 격

3.1 정격전압

정격전압은 GIS에 부과될 수 있는 사용회로전압의 상한을 말하며 계통의 공칭전압에 따라 <표 1>을 표준으로 한다.

<표 1> 정격전압의 표준값

공 칭 전 압 (kV)	정 격 전 압 (kV)
154	170

3.2 절연강도

GIS의 절연강도는 <표 2>와 같다.

<표 2> GIS의 절연강도(170kV 이하)

정격전압 (kV, rms)	상용주파내전압 (kV, 실효치)		뇌임펄스내전압 (kV, 파고치) 1.2/50 μ s	
	대지 및 극간, 상간	DS 극간	대지 및 극간, 상간	DS 극간
170	325	375	750	860

3.3 정격주파수

정격주파수는 이 GIS가 규정의 조건에 적합하도록 설계된 주파수를 말하며 60Hz로 한다.

3.4 정격전류

3.4.1 주회로의 정격전류는 정격전압, 정격 주파수에서 규정된 온도상승 한도를 초과하지 않고 그 회로에 연속적으로 흘릴 수 있는 전류 한도를 말하며 <표 4>를 표준으로 하고 표시방법은 다음과 같다.

- (1) 회로 단위(Unit)에 있어 분기회로의 정격전류와 모선의 정격전류가 다른 경우
(예) 분기 1,250A/모선 2,000A
- (2) 정격전류가 다른 여러 개의 회로 단위(Unit)로 구성될 경우
(예) 분기 1,250/2,000/4,000A/모선 4,000A
- (3) 정격전류가 다른 여러 개의 회로단위(Unit)로 구성되어 전체 정격전류를 약칭할 필요가 있는 경우는 분기 또는 모선의 정격전류 최대의 것으로 표시한다.

3.5 온도상승

3.5.1 주위 온도 40℃를 넘지 않을 때 GIS 각 부분의 온도상승은 IEC 62271-1 Table1 4에 규정된 허용 한도를 초과하지 말아야 한다.

3.5.2 IEC 62271-1 Table 3에 규정되지 않은 GIS내 구성요소의 온도상승은 그 구성요소의 표준규격에 합당한 허용 한도를 초과하지 말아야 한다.

3.5.3 접근할 수 있는 외부표면의 온도상승은 30K(40K)를 초과하지 말아야 하며, 접근할 수 있는 외부표면의 경우 운전 중 접촉할 필요가 없을 때는 온도 상승 한도가 40K(65K)까지 증가 되어도 좋다.

3.6 정격 단시간 전류

- 3.6.1 GIS의 정격 단시간 전류(r.m.s)를 800kV는 2초간, 362kV 이하는 1초간 그 장치에 흘렸을 때 이상이 발생하지 않는 전류의 최대한도를 말하며 <표 4>를 표준으로 한다.
- 3.6.2 D.C 시정수는 45ms를 표준으로 하며, 정격 단시간 전류의 최대 파고치는 정격 단시간 전류의 2.6배로 한다.

<표 4> GIS의 정격 표준치

정격전압(kV)	정격 단시간 전류(kA, rms)	정 격 전 류(A)	비 고
170	50	1250	

3.7 정격 조작전압, 조작압력 및 제어전압

- 3.7.1 정격조작전압, 조작압력 및 제어전압의 변동범위는 <표 5>와 같다.

<표 5> 정격 조작전압, 조작압력 및 제어전압

장치 및 기구별		정 격 치	변 동 범 위
조작장치	전동기 및 전동스프링 정격조작전압	DC 125V 또는 AC 380/220V	정격치의 85%~110%
	압축공기 정격조작압력	-	정격치의 85%~110%
	유 압 정격조작압력	-	-
제어장치	정격제어전압	DC 125V 또는 AC 220V	정격치의 85%~110%

비고 1. 압축공기 조작방식 정격치, 유압 조작방식의 정격치·변동범위는 제작자의 규격에 준한다

2. CB 및 800kV HSES는 정격제어전압의 '개방'시의 변동범위는 60%~110%를 적용한다.
3. 조작장치 : 개폐기의 가동접촉부를 직접 동작시키기 위해 필요한 구동력을 발생시키고 전달하는 장치를 말함(예: 직결 모터, 스프링 조작용 모터, 공압, 유압용 모터 등)
4. 조작전압 : 조작장치의 전동모터 등의 단자에 인가되는 전압
5. 제어장치 : 조작장치에 의한 구동력 등 조작에너지를 전기적인 신호로 제어할 수 있는 장치(예 : 전자조작 솔레노이드 등)
6. 제어전압 : 제어장치에 인가되는 전압을 말하며 투입의 경우 투입제어전압, 개방의 경우 개방제어전압이라고 한다.

3.8 정격 가스압력

정격 가스압력은 차단기 0.7 MPa.G / 차단기 외 0.5 MPa.G

4. 구 조

4.1 구조 일반

- 4.1.1 GIS는 차단기, 단로기, 모선, 접지개폐기, 변류기, 계기용 변압기, 부싱, 피뢰기 등을 조합하여 구획(Bay)을 구성하고 이것을 적정 배치 접속하여 개폐장치를 구성한다.
- 4.1.2 충전부는 SF6 가스를 충전한 접지된 금속제 외함에 수납하고 적당한 위치에 접지단자를 설치한다.
- 4.1.3 외함(Enclosure)내의 가스누기 및 흡습을 최소화 하기 위하여 가스 기밀구조로 특별한 배려를 할 것이며 수분 및 분해 가스를 흡착할 수 있는 흡착제를 필요한 개소에 설치해야 한다.
- 4.1.4 금속 외함(Enclosure)의 재질은 알루미늄이나 철 등 열적, 전기적, 기계적으로 본 규격에 충분한 강도의 것을 사용한다.
- 4.1.5 유지점검 보수를 고려하여 각 구성기기는 손쉽게 분리 인출이 가능한 구조로 하고, 온도변화, 조립할 때의 오차 및 콘크리트 기초의 상대 부등침하 등에 대처할 수 있도록 적당한 위치에 위 변형을 흡수할 수 있는 설비를 갖추어야 한다.
- 4.1.6 사람이 직접 접근할 수 있는 부분은 특별히 안전한 구조로 하여 움직일 수 있는 레버(lever) 등에는 덮개를 씌우도록 한다.
- 4.1.7 GIS를 쉽게 순시점검 조작할 수 있도록 적당한 위치에 승강단(Platform)이나 사다리를 설치하여야 한다.
- 4.1.8 설치 및 증설을 고려한 구조이며, 설치한 후에도 상 구별이 쉬워야 하며 동일정격, 동일구조의 부품은 호환성이 있어야 한다.
- 4.1.9 GIS는 계기용 변압기, 주변압기, 분로리액터 등 주변기기와 철 공진이 발생하지 않는 구조이어야 한다.
- 4.1.10 GIS의 현장조작감시반(LCP)에 감시, 제어, 계측, 보호계전, 인터록 기능을 수행하기 위하여 IEC 61850 기반 SA용 현장제어 지능형 전자장치(IED)를 해당 기기별로 내장하여야 하며, 기타 언급되지 않은 사항은 관련 ES 규격을 따른다.
- 4.1.11 GIS 현장조작감시반 인접하여 IEC 61850 기반 SA용 154kV 송전선로 보호계전 IED반 또는 Feeder용 IED를 취부할 수 있는 구조이어야 한다.
- 4.1.12 GIS 구성기기(차단기, 단로기, CT, PT 등)와 IED간 연결은 제어케이블로 구성하고, IED와 외부간 연결은 GIS LCP에 내장된 OFD(ST Type)을 이용하여 광케이블로 구성한다.
- 4.1.13 차단기 극 사이에 콘덴서가 설치되는 경우 IEC 62146-1에 따라 성능이 검증된 제품을 사용한다.
(단, 1점절 차단기를 적용한 GIS는 콘덴서가 설치되지 않는 구조이어야 한다.)
- 4.1.14 154kV 1.5차단방식 GIS가 설치되는 경우 긴급보수, GIS 대체 등에 지장이 없는 구조로 납품되어야 하며, 154kV 모선부 GIS 가스 구획은 Bay별로 구성하고, 장경간 GIB가 발생 되는 구간은 가스 회수, 진공, 가스 재주입을 8시간 안에 완료할 수 있는 구간마다 별도 Spacer 구비하여야 한다.

4.2 차단기

4.2.1 GIS의 차단기는 ES-5925-0001의 4항(구조)에 준하여야 하며 사용등급은 ES-5925-0001의 3.17항(차단기 사용등급)에 따른다.

4.3 단로기 및 접지개폐기

4.3.1 GIS의 단로기는 개로 상태에서 충전부와 절연을 확보할 수 있는 구조로 되어야 하며, 단락시를 포함한 운전 중에 발생하는 압력에 의해서 우발적인 개폐 동작을 하지 않는 구조로 되어야 한다.

4.3.2 GIS의 모선 및 기기의 내부를 점검할 때 안전을 위하여 주회로를 접지할 수 있도록 소정의 위치에 접지 개폐기를 설치하여야 한다.
또 접지개폐기는 접지선을 분리할 경우 통전 주회로를 점검하는 측정용 단자로도 사용 가능한 구조로 한다.

4.4 모 선

4.4.1 주 모선은 3상 분리형 또는 일괄형 2중 모선을 표준으로 하고, 분기 모선은 별도로 지정하지 않는 한 제작자의 표준에 따른다.

4.5 부속 변류기

4.5.1 변류기의 제 특성은 ES-5950-0006에 따르며 주회로의 절연강도는 GIS 절연강도에 따른다.

4.5.2 변류기는 GIS의 구조 및 사용에 적합하여야 한다.

4.5.3 3상 일괄형 GIS 계전기용 변류기의 유도전류(피크값)는 정격 단시간 전류(피크값)의 0.5%이하가 되도록 설계하여야 한다.

4.6 계기용 변압기

4.6.1 계기용 변압기는 SF6 가스절연형을 표준으로 하며 기타 사항은 ES-5950-0005에 따른다.

4.7 피뢰기

4.7.1 GIS의 구조 및 사용에 적합하되 제 특성은 ES-5920-0005에 따른다.

4.8 SF6 가스 관리

4.8.1 GIS에 전기절연재료로 사용되는 SF6 가스는 IEC 60376, IEC 60480, IEC 62271-4에 따른다.

4.8.2 가스의 구획은 가스의 관리를 쉽게 함은 물론 점검 증설 사고시의 정지범위 등을 고려해서 운용상 지장이 없도록 구분하고 각 가스 구획에는 아래의 설비를 설치한다.

- (1) 온도 보상부 압력 스위치
- (2) 가스 보급구
- (3) 가스 압력계(단, 모선용 단로기부 압력계는 순간 상승압력 경보용 압력계 적용)
- (4) 수분 및 불순물 흡습장치

4.8.3 온도 보상부 압력스위치 및 가스 압력계는 점검이 쉬운 곳에 부착하고 표시기(Annunciator)는 현장조작감시반(Local Control Panel)에 설치하여야 하며 중앙감시실 표시반에서도 감지 가능토록 접점을 인출할 수 있는 구조로 한다.

4.8.4 차단기는 점검을 고려해서 다른 기기, 모선으로부터 독립된 가스 구획으로 한다.

단, CT는 차단부와 동일구획에 설치할 수 있다. 이 경우 유도현상 및 개폐 켜지(surge) 등의 영향이 최소화 되도록 차폐 시설을 설치한다.

4.9 연동장치(Interlocks)

4.9.1 GIS의 각 기기 사이에는 안전 및 조작의 편의성을 고려한 연동장치를 구비하여야 한다.

4.9.2 내부 점검시의 안전을 고려하여 회로를 전원으로부터 분리시키는 단로기는 우발적인 투입을 막는 구조로 되어야 하며, 접지개폐기는 개방을 방지하는쇄정장치를 구비하여야 한다.

4.9.3 단로기는 관련되는 차단기 및 접지개폐기가 개방되었을 때 조작 가능하도록 하며, 접지개폐기는 관련되는 차단기 및 단로기가 개방되었을 때 개폐 가능하도록 연동장치를 구비하여야 한다.

4.9.4 연동장치는 전기적 연동장치로 함을 원칙으로 하되 선로측 접지개폐기와 이와 연동되는 단로기는 기계적 연동장치를 부과할 수 있다.

4.9.5 GIS의 연동회로 구성을 위한 각 기기는 차단기(CB)의 보조접점은 10,000회 기타 기기 (DS, ES, 800kV HSES)의 보조접점은 2,000회 연속개폐후(기계적 동작시험)에도 기계적, 전기적으로 성능에 이상이 없어야 한다.

4.10 조작방식

4.10.1 압축공기식

- (1) 압축공기를 차단기 및 단로기의 조작 매체로 사용하는 경우에는 공기압축기, 전동기, 압축공기 저장 탱크 및 운전 중에도 이상 없이 점검보수 가능한 배관계통을 구비하여야 한다.
- (2) 압축공기 발생장치에서 각 조작기기로 공급하는 데에는 이중배관에 의한 중앙공급방식을 표준으로 하되 상황에 따라 별도의 방식을 취할 경우도 승인시 제시되어야 한다.
- (3) 압축공기 계통의 저장 탱크 용량은 연결돼있는 전 조작기기를 공기압축기 동작 없이 CO 2회 이상 행할 수 있는 용량으로 한다.
- (4) 공기압축기용 전동기의 정격전압은 3상 220/380V를 원칙으로 하고 KS C 4202, 4204 등에 따라야 한다.
- (5) 압축공기 저장 탱크는 ES-5925-0001의 4.3.2항에 준한다.

4.10.2 유압조작식

- (1) 조작유의 양을 식별할 수 있는 유면계를 구비해야 하며 유면이 제작자가 지정한 수준 이하로 저하될 경우 경보를 발생할 수 있는 플로트 스위치(Float Switch)를 구비하여야 한다.
- (2) 차단기의 유압이 규정된 동작책무를 수행할 수 없는 압력까지 저하될 경우 그에 해당하는 경보 또는쇄정을 할 수 있는 압력스위치를 구비하여야 한다.

- (3) 유압이 최대운전압력(펌프정지 압력)의 10%를 초과하지 않도록 하기 위하여 안전장치를 구비하여야 한다.
- (4) 유압회로의 내부 누유 등으로 펌프용 전동기가 장시간 가동될 경우 경보를 발생시키는 타임릴레이를 구비하여야 한다.
- (5) 유압 압축기용 전동기의 정격전압은 220/380V를 원칙으로 하고 KS C 4202, 4204 등에 의하여야 한다.

4.10.3 스프링식

- (1) 스프링이 충분히 충전되었을 때, 정격값까지의 모든 전류를 투입 및 차단할 수 있어야 한다.
- (2) 유지보수를 위한 저속조작인 경우를 제외하고, 주 접점은 구동부의 동작에 의해서만 설계된 방식으로 움직여야 한다.
- (3) 투입이나 차단 동작이 가능할 정도로 충분히 충전되지 않은 경우는 가동자의 위치를 변동할 수 없도록 하는 구조이어야 한다.
- (4) 수동 충전의 경우 핸들의 동작 방향을 명확히 표시해야 하며, 수동 충전하는데 필요한 힘은 IEC 62271-1의 5.6항 및 62271-102의 5.105항에 따른다.
- (5) 스프링 충전을 위한 모터 및 보조회로는 공급전압의 85%~110%의 전압에서, 교류인 경우 정격주파수에서 만족스럽게 동작하여야 한다.

4.10.4 차단기, 단로기 및 선로측 접지개폐기는 원방조작이 가능토록 하고 기기용 접지 장치는 수동조작으로 한다.

4.10.5 차단기는 그 조작압력이 저하해도 자연히 동작하지 않는 구조로 해야 한다.

4.11 기기 접지

4.11.1 GIS의 주회로 및 보조회로와 접속되지 않는 금속 외피 부분은 접지해야 하며 외피와 가대 및 용접부 등은 전기적으로 확실한 접속이 되는 구조로 해야 한다.

4.11.2 배관류와 기타 필요한 곳은 순환전류 또는 사고전류에 의하여 이상이 발생하지 않아야 한다.

4.12 예방진단설비

4.12.1 GIS의 열화 및 운전상태를 상시 예방진단 할 수 있는 감지장치(Sensor)를 취부하여 예방진단시스템에 적용할 수 있는 구조로 한다.

4.12.2 GIS 예방진단 항목은 UHF 부분방전 검출 기준을 따르며 센서(Sensor)는 GIS 부분방전 진단시스템(GS 6110-0041) 및 GIS 내장형 UHF 부분방전 검출센서(GS 6625-0030) 구매규격에 따른다.

4.13 현장조작 감시반

4.13.1 GIS 각 구획별로 적당한 위치에 현장 조작감시반(Local Control Panel)을 설치하여야 한다.

4.13.2 모든 CB 및 DS 그리고 선로용 접지개폐기는 중앙 배전반실에서나 현장 조작감시반에서 조작이 가능한 구조로 하며 각 현장 조작감시반에는 지능형 전자장치(IED) 등을 이용한 Remote/Local 절체 기능을 구비해야 한다.

4.13.3 GIS와 현장조작감시반 간의 모든 배선과 배관은 제작자가 공급하여야 한다. 현장조작감시반 내부배선은 차폐형 동 연선으로 90°C, 600V 정격의 산소지수(Oxygen Index)가 25 넘는 난연성, 방습 및 내열특성을 가지는 SIS 또는 XHHW형 이어야 하며, 현장조작감시반과 각 기기 사이의 전선관 또는 케이블 트레이에 수용되는 전선은 ES-6145-0018에 의한 FR-CWS전선으로 사용하며, 모든 전선은 KS C IEC 60811-1-1 또는 ICEA S-66-524에 따른 난연성 시험에 통과한 것이어야 한다.

4.13.4 현장조작감시반(Local Control Panel), GIS 그룹제어반(Group Control Panel), 기기 조작함, PT제어반 등 모든 배전반류의 보호등급은 IEC 60529의 IP 4X에 따르며, 단자함의 외함 및 단자대 등의 재질은 비부식성이어야 한다.

4.13.5 GIS에서 출입하는 모든 제어반은 현장 조작감시반의 단자를 통과해야 한다.

4.13.6 현장조작 감시반은 SA 운영장치반과 타 현장조작감시반과의 통신네트워크가 가능한 구조로 하여야 하며 SA 운영장치반의 기술사항은 사용자 측에서 제공한다.

4.13.7 현장조작 감시반에는 해당 구획의 모의모선, 개폐표시, 고장표시가 되어 있는 구조로 해야 한다.

4.13.8 현장 조작 감시반에는 방습히터와 환기팬을 구비하여야 한다.

4.13.9 기타 사항은 ES-6110-0008에 따른다.

4.14 개폐 표시장치

4.14.1 차단기, 단로기 및 접지개폐기의 조작함에는 기계적인 개폐 표시장치를 구비하여야 한다.

4.15 도 장

4.15.1 ES-5925-0001의 4.10 항을 따르되 외부로부터 보이는 부분은 Munsell No. 5Y 7/1의 도료로 도장하여야 한다.

4.15.2 현장 설치 완료 후 각 구획별로 단선도를 기기 배치순에 따라 GIS 외함에 적색으로 식별이 쉬운 곳에 표시한다.

4.15.3 가스배관 및 가스구획표시는 노랑색(Munsell No. 2.5Y 8/12)으로 한다.

4.16 부싱

4.16.1 GIS 부싱은 IEC 60137, IEC 61462에 따른다.

5. 성능

5.1 주회로의 절연

5.1.1 내 전압치

각 기기의 표준시방에 명시되어 있는 내 전압치에 견디어야 한다.

5.1.2 영(零) 기압 때의 AC절연내력

SF6 가스압력이 대기압(0 MPa)으로 되어도 절연내력은 정격전압을 대기간/극간에 인가하여 1분 이상 견디어야 한다.

5.1.3 GIS의 모든 보조회로는 충전부와 대지 사이에 2,000V 상용주파 전압을 인가하여 1분간 견디어야 한다.

5.2 접지개폐기

5.2.1 접지개폐기는 정격 단시간 전류 통전 능력을 갖추어야 하며 정격최대 전류치를 투입할 수 있는 투입용량 부 접지개폐기와 정격 단시간전류 통전 능력만 갖추고 정격 최대전류 투입용량을 갖추지 않는 일반 접지개폐기로 구분한다. 투입용량 부 접지개폐기는 선로측 접지개폐기 및 800kV HSES 에 한하여 유도에 의한 전압, 전류를 개폐할 수 있어야 한다.

5.2.2 800kV 고속도 접지개폐기의 동작책무는 C - 0.4초 - O로 한다.

5.3 외함(Enclosure)

5.3.1 GIS의 모든 외함은 이상 상태의 가스압력은 물론 단시간 전류로 인한 내부 아크를 IEC 62271-203의 규정시간까지 견딜 수 있도록 제작되어야 한다.

5.3.2 사용상태에서 기름(油), 공기, 가스 등 압력이 가하여지는 부분은 IEC 62271-203의 규정에 따라 다음의 압력에 견디어야 한다.

구 분	주물 (AL 혹은 복합알루미늄)	용 접 (알루미늄, 철)
인정시험	$[3.5/0.7] \times \text{설계압력}$	$[2.3/u] \times \text{설계압력}$
검수시험	$2.0 \times \text{설계압력}$	$1.3 \times \text{설계압력}$

※ 설계압력이나 용접계수(u) 등의 규정은 IEC 62271-203을 따른다.

5.3.3 탱크 등에는 최고 허용압력 이하에서 작동하는 안전장치를 구비 해야 하고 최고허용압력은 도면 승인시 제작자가 제시하여야 한다. 단, 안전장치를 생략할 경우, 내부 아크 등에 의한 압력상승에 충분히 견딜 수 있는 구조로 해야 하며 이를 보증할 수 있는 자료를 제출하여야 한다.

5.3.4 상시 가스가 밀봉되는 부분은 IEC 62271-1의 6.8항(Tightness test) 및 Annex E에 만족할 수 있는 구조로 설계, 제작해야 하고 상시 가스로 밀봉되는 부분은 가스 누기량이 연간 0.5% 이내로 되어야 한다.

5.4 방수처리

옥외용 GIS의 경우 플렌지 접속부 또는 절연 스페이샤 조임부 등 빗물 침입 가능성이 있는 부분에 대해서는 GIS 설치시 빗물 침입 방수처리를 해야 한다.

6. 시험 및 검사

6.1 시험은 인정시험과 검수시험, 현장시험 및 참고시험으로 구분하며 시험 및 검사항목은 표 6과 같다.

6.1.1 인정시험은 제품의 품질확인 및 제작자의 품질 유지 능력을 인정하기 위한 것으로 시험 및 검사항목에 대한 판정은 당사 시험성적서 또는 공인시험기관에서 시행한 공인 시험성적서에 의한다.

- 6.1.2 검수시험은 구입시 해당 물품의 인정시험으로 확인된 성능을 보증하기 위해 인정시험 항목의 일부를 행한다.
- 6.1.3 현장시험은 검수시험 필한 제품을 수송 및 설치 후 이상 발생 여부를 확인하는 절차로 한다.
- 6.1.4 참고시험은 인정시험 이외의 제 특성 중 당사의 설계, 공사, 운전 및 보수상 참고하기 위한 것으로 개발시험시 실시하되 개발제품을 인정하기 위한 개발시험의 합, 부 판정에는 무관하다.
- 6.1.5 시험시 허용오차는 IEC 62271-1의 Table F의 규정을 따른다

6.2 시험방법 일반사항

- 6.2.1 시험방법 적용상 문제가 있을 시는 사용자와 제작자 사이의 협의에 의한다.
- 6.2.2 시험은 전형적인 개폐장치의 전체조립시험으로 하여야 하며 부득이한 경우에는 도면 승인 때 승인을 받아 대표적 조립품 또는 부분 조립품으로 할 수 있다.
- 6.2.3 인정시험
- (1) 이미 성능이 검증된 단위 구성기기(4.1.1항)에 대하여 구성기기 시험의 일부 또는 전체를 면제할 수 있다.
 - (2) 또한 설계변경이 필요하지 않은 단위 구성기기 불량 때에는 제작자의 요청에 따라 사용자와 협의하여 재시험할 수 있다.

<표 6> 시험 및 검사항목

시험 및 검사항목	인정시험	검수시험	현장시험	참고시험	시험 방법
1. 구조 외관검사	○	○			6.3.1항
2. 전기적 절연시험					6.3.2항
가. 뇌충격 내전압시험	○				
나. 개폐충격 내전압시험	○				
다. 상용주파 내전압시험	○	○			
라. 인공오손시험	※				
마. 부분방전시험	○	○			
바. 보조회로의 절연시험	○	○ ^{주1)}			
사. 확인시험	○				
3. RIV 시험	○				6.3.3항
4. 온도상승시험	○				6.3.4항
5. 주회로 저항측정	○	○ ^{주1)}			6.3.5항
6. 단시간 전류시험	○				6.3.6항

시험 및 검사항목	인정시험	검수시험	현장시험	참고시험	시험 방법
7. 투입 및 차단능력시험					6.3.7항
가. 단락투입차단시험	○				
나. 임계전류시험	○				
다. 단상 지락 또는 2상 지락 고장시험	○				
라. 근거리선로 고장차단시험	○				
마. 탈조 차단시험	○				
바. 충전전류 개폐시험					
1) 선로충전	○				
2) 케이블충전	○				6.3.8항
3) 콘덴사군 전류	※				
사. 유도성 부하전류 개폐시험	○				
8. 기계적 동작시험(대기온도 조건)					6.3.9항
가. 차단기	○	○			
나. D.S & E.S	○	○			
9. 기계적 동작시험(내 환경 조건)					6.3.9항
가. 차단기					
1) 한계온도(고, 저온)	※				
2) 습도조건	※				
3) 빙설조건	※				
4) 단자하중조건	※				6.3.9항
나. D.S & E.S					
1) 한계온도(고, 저온)	※				
2) 결빙조건	※				
3) 단자하중조건	※				6.3.10항
10. 접지개폐기 투입능력 확인시험	○				
11. 보조회로의 보호등급 확인시험	○				
12. 외함시험(파열압력 또는 비파괴압력)	○				
13. 내후성 시험(Weatherproofing Test)	※				

시험 및 검사항목	인정시험	검수시험	현장시험	참고시험	시험 방법
14. 내부고장시 아크상태 시험	○				6.3.14항
15. 외함 압력시험	○	○			6.3.15항
16. 보조기기(Sequence) 시험	○				6.3.16항
17. 절연저항 시험	○	○ ^{주1)}			6.3.17항
18. 단로기 모션루프 전류 개폐능력 확인시험	○				6.3.18항
19. 기밀시험	○				6.3.19항
20. 재질시험	○				6.3.20항
21. BCT 시험	○	○			6.3.21항
22. P.T 시험	○	○ ^{주1)}			6.3.22항
23. LOCAL CONTROL PANEL 시험	○	○			6.3.23항
24. 부상시험	○	○			6.3.24항
25. 피뢰기시험	○	○ ^{주1)}			6.3.25항
26. 도금시험	○	○			6.3.26항
27. 내진시험	○				6.3.27항
28. 소음시험				○	6.3.28항
29. 설치 후 시험					6.3.29항
가. 구조 및 외관검사			○		
나. 상용주파 내전압시험			○ ^{주3)}		
다. 부분방전시험			○		
라. 보조회로 절연시험			○		
마. 주회로 저항측정			○		
바. 보조기기(sequence)시험			○		
사. 절연저항 측정			○		
아. 기밀시험			○		
30. 단로기 충전전류 개폐시험	○				6.3.30항
31. 접지개폐기 유도전압.전류개폐시험	○				6.3.31항
32. 800kV HSES 유도전압.전류개폐시험	○				6.3.32항
33. 절연물 시험	○				6.3.33항

주1) 제작사 자체시험성적으로 대체할 수 있다.

주2) ※ 발주자 요청 때 실시한다.

주3) 증설시 현장여건이 곤란할 경우(안전사고, 설비고장 우려 등) 시험생략 가능

6.3 시험방법

6.3.1 구조 및 외관검사

ES-5925-0001의 6.2.1항(구조 및 외관검사)에 따른다.

6.3.2 전기적 절연시험

전기적 절연시험의 각종 시험은 IEC 62271-203의 6.2항에 따른다. 최대 허용 부분방전량의 인정시험치 5pC 이하를 원칙으로 한다.

6.3.3 RIV 시험

RIV 시험은 170kV 이상에 대하여만 시행하며, IEC 62271-203의 6.3항에 따른다. 이 시험은 부상에 대하여만 실시한다.

6.3.4 온도상승시험

온도상승시험은 IEC 62271-203의 6.5항(Temperature-rise tests)에 따른다.

6.3.5 주회로 저항 측정

주회로 저항 측정은 IEC 62271-203의 6.4항(Measurement of the resistance of the main circuit)에 따른다.

6.3.6 단시간 전류 시험

단시간 전류 시험은 IEC 62271-203의 6.6항(Short-time withstand current and peak withstand current tests)에 따른다.

6.3.7 투입 및 차단능력 시험

- (1) 투입 및 차단능력 시험은 ES-5925-0001의 6.2.7항(투입 및 차단능력 시험)에 따른다
- (2) 두 개 이상의 차단부가 직렬로 구성된 경우 전 극(full pole) 시험을 원칙으로 한다.

6.3.8 기계적 동작시험(대기온도 조건)

- (1) 차단기의 기계적 동작시험은 ES-5925-0001의 6.2.8항(기계적 동작시험(대기온도 조건))에 따르며, 동작시험에는 stroke curve 시험을 추가한다.
- (2) DS/ES의 기계적 동작시험은 IEC 62271-102의 6.102항에 따르며, 단로기 사용등급은 M1(2,000회), 접지개폐기는 2,000회로 한다.

6.3.9 기계적 동작시험(내 환경 조건)

- (1) 차단기의 기계적 동작시험은 ES-5925-0001의 6.2.9항(기계적 동작시험(내 환경 조건))에 따른다.
- (2) DS/ES의 기계적 동작시험은 IEC 62271-102의 6.104항에 따른다.

6.3.10 접지개폐기 및 800kV HSES 투입능력 확인시험

접지개폐기 및 800kV HSES 투입능력 확인시험은 IEC 62271-102의 6.101항에 따르며, 투입능력 등급은 E1(2회)으로 한다.

6.3.11 보조회로의 보호등급 확인시험

보조회로의 보호등급 확인시험은 IEC 62271-203의 5.13항(Degrees of protection by enclosures)에 따른다.

6.3.12 외함 시험

외함 시험은 IEC 62271-203의 6.103항(Proof tests for enclosures)에 따른다.

6.3.13 내후성 시험

내후성 시험은 IEC 62271-203의 6.7항(Verification of the protection)에 따른다.

6.3.14 내부고장 시 아크상태 시험

내부고장 시 아크상태 시험은 IEC 62271-203의 6.105항(Test under conditions of arcing due to an internal fault)에 따른다.

6.3.15 외함 압력시험

외함 압력시험은 IEC 62271-203의 7.101항(Pressure tests of enclosures)에 따르며, 제작자의 시험성적서로 대체할 수 있다.

6.3.16 보조기기 시험

보조기기의 시험은 IEC 62271-203의 7.103항(Tests on auxiliary circuits, equipment and interlocks in the control mechanism)에 따른다.

6.3.17 절연저항 시험

절연저항 시험은 메거를 사용하여 주회로는 1,000MΩ 이상, 보조회로- 대지 사이는 2MΩ 이상이어야 한다.

6.3.18 단로기 모선 루프 전류 개폐성능 확인시험

모선 루프 전류 개폐성능 시험은 IEC 62271-102의 4.104, 6.106, AnnexB 및 <표 7>에 따르며, 170kV 이하급만 실시한다.

<표 7> 모선 루프전류 개폐성능 기준

항 목	시 험 기 준
개 폐 전 류	정격전류 × 80% [최대값 : 1,600A]
시 험 전 압	10 (V) [170kV 이하]
시 험 회 수	100회

주) 시험회로의 역률은 0.15 이하로 한다.

6.3.19 기밀시험

기밀시험은 ES-5925-0001의 6.2.11항(기밀시험) 및 IEC 62271-203의 6.8항(Gas tightness tests)에 따른다.

6.3.20 재질시험

재질시험은 GIS의 가대에 대해 실시하고 재질은 KS D 3503의 SS275 또는 동등 이상의 것을 사용하여야 하고 가공 후 불순물을 제거하고 전면 균일하게 500g/m² 이상의 용융아연도금을 사용한다.

6.3.21 BCT 시험

BCT 시험은 ES-5950-0006에 따르며, GIS 외함 외부에 설치하여 사용되는 경우 임펄스 및 상용주파 내전압시험과 부분방전 시험은 생략한다. 검수시험은 공인시험기관 시험성적서로 대체할 수 있다.

6.3.22 P.T 시험

P.T 시험은 ES-5950-0005에 따르며, 검수시험은 국외 제작사 자체시험성적서 및 국내 GIS 제작사 자체시험성적서로 대체할 수 있다.

6.3.23 Local Control Panel 시험

Local Control Panel 시험은 ES-6110-0008에 따른다.

6.3.24 부상시험

부상시험은 IEC 60137 및 IEC 61462에 따르며, 검수시험은 공인시험기관 시험성적서로 대체할 수 있다.

6.3.25 피뢰기 시험

피뢰기 시험은 ES-5920-0005에 따르며, 검수시험은 국외 제작사 자체시험성적서 및 국내 GIS 제작사 자체시험성적서로 대체할 수 있다.

6.3.26 도금시험

도금시험은 ES-5925-0001의 6.2.16항(도금시험)에 따른다.

6.3.27 내진시험

- (1) 내진시험은 "송배전설비 내진설계 기준(DS-005)"을 따른다.
- (2) 시험적 방법 및 해석적 방법으로 시행하며, 세부방법은 발주자와 협의하여 시행한다.
 - (가) 시험적 방법 : 인정시험용 피시험품으로 공인시험기관에서 시행
 - (나) 해석적 방법 : 옥내변전소 설치 기준으로 최소 및 전체 Bay 배치를 모두 시행

구 분	최소 Bay 배치	전체 Bay 배치
170kV	단일 모선 1차단방식(MTR)	단일 모선 1차단방식
	단일 모선 1.5차단방식(MTR+T/L)	단일 모선 1.5차단방식

(3) 구조물 내부 증폭비는 다음과 같이 적용하며, 발주자의 별도 요구가 있을 때 그에 따른다.

(가) 특등급 핵심 등급 설비는 옥외 및 옥내 1층에 설치되는 경우로 1을 적용한다.

(나) 특등급 중요 등급 설비는 170kV의 경우 최소 2.07을 적용한다.

(4) 시험적 방법의 인정시험 시행 때 DS-0050 인용표준에 대한 KOLAS 인정 공인시험기관이 없을 경우 IEEE 693 인용표준에 대한 KOLAS 인정 공인 시험기관에서 시행 할 수 있다.

(5) 소프트웨어(SW) 모델

3차원 구조해석모델(FEM) 이용이 가능한 성능이 검증된 상용프로그램을 사용하여야 하며, 적절한 검증 매뉴얼을 통해 그 신뢰성이 먼저 입증된 경우에 사용 가능하다.

(가) 인정시험 및 고장분석 등 발주자가 소프트웨어 모델에 관한 자료 요구가 있을 경우 제출하여야 하며, 관련 자료는 기자재 내용년수 만큼 보관하여야 한다.

(나) 3차원 구조해석모델 최종 실행 파일은 변경되어서는 안 되며, 저장 일시는 시험적 방법의 경우 시험 종료일 이전이어야 하고 해석적 방법의 경우 제작규격 최종 승인일 이전이어야 한다.

(다) 성능보증 평가 기간* 종료 때까지 3차원 구조해석모델이 상용프로그램의 최신 버전에서 동작할 수 있도록 최신 SW모델을 구비하여야 한다.

* 성능보증 평가 기간 : 준공 후 3년(평가결과에 따라 최대 5년까지 연장)

(라) 모델 요구사항

상용프로그램을 이용한 3차원 구조해석모델은 실행파일을 제출해야 하고, 기하학적 위치 및 재료 물성치 등을 선언할 수 있고 텍스트 형태로 편집이 가능한 Input Data, SW모델 사용을 위해 외부 자동화 프로그램이 필요한 경우 이를 함께 제출해야 한다.

(마) SW모델 개발 계획서 및 검증 계획서 제출

계약자는 SW모델 제출 시 모델 시연 및 사용자 매뉴얼을 제출해야 한다.

6.3.28 소음시험

소음시험은 NEMA SG-4의 4.3항에 따른다.

6.3.29 설치 후 시험

설치 후 시험은 IEC 62271-203의 10.2.101항(Tests after installation on site)에 따른다.

6.3.30 단로기 충전전류 개폐시험

단로기 충전전류 개폐시험은 IEC 62271-102의 6.108항에 따른다.

6.3.31 접지개폐기 유도전압 전류 개폐시험

접지개폐기 유도전압 전류 개폐시험은 IEC 62271-102의 6.107항에 의거 <표 8>에 따른다.

<표 8> 접지개폐기 유도전압, 전류 개폐시험 기준

정격전압(KV)	유도전류(A)		회복전압(KV)		전류개폐시험횟수	
	전자유도	정전유도	전자유도	정전유도	전자유도	정전유도
170	80	3	2	9	10	10

6.3.32 GIS용 절연물 시험

GIS용 절연물의 시험은 ES-6110-0007에 따르며 Spacer는 X-ray 사진과 자체시험 성적서를 검수시험 성적서에 첨부한다.

7. 표시 및 명판

GIS의 각 구성기기 및 관련 부속장치는 보기 쉬운 곳에 다음의 사항을 기재한 명판을 취부하여야 한다.

명판은 스테인리스강(Stainless steel)과 동등 이상의 재질이어야 하며 기재사항은 장기간 사용해도 명료하여 쉽게 읽을 수 있어야 한다.

7.1 GIS 명판

- 7.1.1 기기의 종류 및 형식(제작자 형식)
- 7.1.2 정격전압(kV)
- 7.1.3 정격전류(A)
- 7.1.4 정격주파수(Hz)
- 7.1.5 정격 단시간 전류(kA, 1초)
- 7.1.6 정격 뇌임펄스 내전압(kV)
- 7.1.7 정격 개폐임펄스 내전압(kV) (362kV 이상)
- 7.1.8 정격 제어전압(DC - V)
- 7.1.9 정격 조작압력(MPa)
- 7.1.10 정격 가스압력(MPa)
- 7.1.11 가스 특성곡선(별도 명판)
- 7.1.12 중 량
- 7.1.13 제작자명 또는 약호

7.1.14 제작 년월, 제조 로트 및 일련번호(△○○○○)

제작 년월, 제조 로트 및 일련번호는 외함에 각인하여 외부에서 확인 가능토록 한다.

(1) 로트번호(△) : 1자리, 월별 납품 차수

(2) 일련번호(○) : 4자리, 동일 로트번호별 일련번호(0001 ~ 9999)

7.1.15 기타 필요한 사항

7.2 차단기, 단로기, 접지개폐기, 변류기, 계기용 변압기, 피뢰기 등 각 기기의 기재사항은 관련 표준규격(ES)에 따른다.

8. 운송 및 포장

8.1 운송을 위한 기기의 분할 시 흡습의 우려가 있는 부분은 충분한 방습조치를 취하고 각 부품은 운송 및 현장 보관 중에 외상 또는 부식이 발생하지 않도록 구조와 강도를 고려하여 포장해야 한다.

8.2 부상은 개별적으로 충분히 포장하고 움직이지 않도록 견고히 지지하여야 한다.

8.3 계기, 밸브 등의 모든 돌출된 부품은 이들이 운송 중에 손상되지 않도록 포장하여야 한다.

8.4 합격품의 보관, 보존, 이동, 운송에 대한 품질보증은 제작도면 승인 시 제출하여 승인을 받고 관리하여야 한다.

9. 품질 보증

제조업체는 자주적인 품질보증 활동으로 기자재에 대한 품질을 보증해야 하며, 당사가 요구할 때 관련 품질보증 구매시방서에 따라야 한다.

10. 예비품 및 측정기기

예비품 및 측정기기는 별도의 계약조건에 따라 공급함을 원칙으로 하되 제작자는 아래의 예비품 및 측정기기를 언제든지 공급할 수 있도록 확보하여야 한다.

10.1 예비품

10.1.1 가동 및 고정접촉자(차단기, 단로기, 접지개폐기)

10.1.2 소호실

10.1.3 투입, 트립코일

10.1.4 부싱

10.1.5 절연물

10.1.6 CT, PT

10.1.7 각종 표시등

10.1.8 SF6 가스

10.2 측정기기

10.2.1 접촉저항 측정기

10.2.2 SF6 가스 중 수분 측정기

10.2.3 가스 누기 탐지기

11. 제출자료

11.1 입찰 때 제출자료

입찰 때는 다음에 명시된 자료를 제출하여야 한다.

11.1.1 기술평가 자료

- (1) 항만 운영의 연속성을 담보하기 위해 정전 최소화 방안으로 MTR & GIS 교체작업 할 수 있는 구체적인 방안.
- (2) 각 Bay별 중량, GIS 전체 중량 (kg, 운전기준)
- (3) 각 구획별, Bay별 및 GIS 전체 SF6 가스 중량(kg) (실측치와 설계치 제출, 주입 때 손실분 제외, 실 운전기준)
- (4) 차단기 조작기 부 동하중(kg)

11.1.2 외형도, 배치도 및 개략 치수도

11.1.3 GIS 개개 격실의 단면도

11.1.4 기기별 기본원리에 대한 설명서, 관련도면 및 기기시방

11.1.5 가스 구획 별 가스소요량, SF6 가스 계통도와 가스특성 곡선도

11.1.6 조작 및 제어회로도 설명서(Interlock도면 포함)

11.1.7 GIS의 정격

11.1.8 부품의 내외자 구분, 수량명세표, 중량

11.1.9 기타 관련 자료

11.2 도면 승인

계약자는 아래 사항을 제작 전 별도로 정하는 기일 안에 제출하여 승인을 받은 후 제작하여야 한다.

11.2.1 숫자를 표시한 외관도면(모든 기기의 배치도, 평면도, 측면도, 입면도)

11.2.2 CB, DS, 접지장치, CT(BCT 2차 여자 특성곡선 도면 포함) 등의 상세도면

11.2.3 모든 기기의 제어회로 및 결선도

11.2.4 각 가스 구획 별 단면도 및 가스소요량 명세

11.2.5 가스 계통에 관한 상세도(밸브의 위치 및 수량, 압력 Flow, 온도보상 부 압력스위치, 압력계 등 표시)

11.2.6 기기 기초도면(닥트 내부, 앵커볼트 크기, 위치, 하중 등 표시)

11.2.7 명 판

11.2.8 기기 가대 상세도

11.2.9 운반 치수 및 중량

11.2.10 연동장치(Interlocks) 상세도

11.2.11 부품의 내외자 구분, 수량 및 제작자 명세표(부속품 및 측정기기 포함)

11.2.12 기타 관련 자료

11.3 최종도면 및 운전지침서

계약자는 도면 승인 때 수정 언급된 사항에 따라 수정 보완한 최종도면, 운전지침서를 각 5부 이상 기기 납품 때 제출하여야 한다.

11.3.1 운전지침서에 포함되어야 할 사항

- (1) GIS 구성기기 및 부품 구매요청에 필요한 설명서 및 자료
- (2) GIS 구성기기 단면도, 조작기구 도면 및 설명서
- (3) GIS 조립, 설치에 관한 사항
- (4) GIS 운전, 유지, 보수에 관한 사항
- (5) GIS 운반, 현장시험에 관한 사항
- (6) GIS 부품, 예비품, 공구, 측정기기, Gasket 등의 List 및 취급설명서

(7) 기타 관련 자료

11.4 시험성적서

제작자는 검수시험 성적서(BPA 입회 확인된 것) 5부를 기기 납품 때 제출하여야 한다.

12. 하자 보증기간

12.1 제품의 하자 보증기간은 납품일로부터 3년 6개월로 한다.

12.2 하자보증 기간 내 제작, 설치, 시험 또는 설비의 결함에 따른 제반 문제에 대하여 계약자 부담으로 교체 또는 교정하여야 한다.

12.3 계약자는 하자보증기간 동안의 구체적인 하자보증계획(설비별 정기 점검, 하자보수, 긴급출동, 인원 등)을 제시하여야 한다. 아울러 하자 보증기간 만료 후 공사의 고장수리 요청시 신속하게 응하여야 하며 사후관리(A/S) 계획(기술지원조직, 고장수리조치계획 등)을 구체적으로 제시하여야 한다.

13. 납기

계약일로부터 28개월 이내

제 4 장 변 압 기 기 술 규 격 서

154kV 전력용 변압기 기술규격서

1. 적용범위

1.1 일반사항

이 규격서는 부산항 신항 154kV 변전소 안정화 사업으로 변압기 용량확충 공사에 설치 할 154kV 변압기의 설계, 제작, 운송, 설치, 시험 및 검사와 기술도서의 제출 등에 대한 기술적인 요건과 요구사항을 규정한 것임. 이 규격은 한전 표준규격서 ES 6120-0001를 근간으로 하되 일부 내용을 추가하였으며 이 규격에 명시되지 않은 사항은 ES-6110-0008, IEC 60076-1 등 관련기기 규격에 따르며, 제작자는 ES - 6120 - 0001 최근 Version을 따른다. 변압기가 그 기능을 온전히 발휘할 수 있도록 본 기술규격서 보다 더 상세한 제작사 규격은 공급자가 공급 서류에 명시하여 제출하여야 함.

인용표준

KS C IEC 60076-3(2002)	전력용 변압기 - 제3부 : 절연 등급, 절연 시험 및 이격
KS C IEC 60227-3(2005)	정격전압 450/750V 이하 염화비닐 절연 케이블 - 제3부 : 배선용 비닐 절연전선
KS C IEC 62155(2005)	1,000V 보다 큰 정격 전압의 전기기기에 사용되는 중공의 압력이 가해진 것과 압력이 가해지지 않은 세라믹과 유리 애자
KS D 3503 (2014)	일반구조용 압연강재
KS D 6024 (2009)	구리 및 구리합금 주물
ES-5306-0003	육각 볼트너트의 재질과 시험방법
ES-5920-0005	전력용 피뢰기
ES-5950-0006	변류기
ES-5950-0009	변압기의 소음 레벨 기준치
ES-6120-0008	공냉형 수냉각기
IEC 60076-1 (2011)	Power transformers - Part 1: General
IEC 60076-2 (2011)	Power transformers - Part 2: Temperature rise for liquid-immersed transformers
IEC 60076-5 (2006)	Power transformers - Part 5: Ability to withstand short circuit
IEC 60137 (2008)	Insulated bushings for alternating voltages above 1 000 V
IEC 60214-1 (2003)	Tap-changers Part1 Performance requirements and test methods First Edition

인용표준

IEC 60296 (2012)	Fluids for electrotechnical applications - Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear
IEC 60529 (2013)	Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)
IEC 61462 (2007)	Composite hollow insulators-Pressurized and unpressurized insulators for use in electrical equipment with rated voltage greater than 1000V
IEC 62217 (2012)	Polymeric HV insulators for indoor and outdoor use - General definitions, test, methods and acceptance criteria
IEC 62770 (2013)	Fluids for electrotechnical applications - Unused natural esters for transformers and similar electrical equipment
AWS D1.1 (2008)	Structural Welding Code-Steel
IEEE C57.12.90 (2010)	Standard Test code for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers
[참고규격 : KEPIC EEC 2200, 2006, 유입변압기 시험]	
IEEE C57.121 (1998)	Guide for Acceptance and Maintenance of Less Flammable Hydrocarbon Fluid in Transformers
IEEE 693 (2005)	IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations
DS-0050	송배전설비 내진설계 기준

1.2 사용상태

1.2.1 정상사용상태

(1) 주위 온도

(가) 최고온도는 40°C 이하(상시), 30°C 이하(월 평균기온 최고 월), 20°C 이하(연 평균)

(나) 최저온도는 -25°C 이상(옥외), -5°C 이상(옥내)

(2) 표고 1,000m 이하

(3) 대기가 현저하게 오손 되지 않은 장소

1.2.2 특수사용상태

(1) 1.2.1항에 규정한 이외의 자연환경 또는 계통상의 특수한 사용조건은 필요 시 별도로 규정한다.

(2) 내진 성능

(가) 내진 성능은 “송배전설비 내진설계 기준(DS-0050)”을 만족하여야 하고 설비 건전성을 유지하여야 한다.

- (나) 설계지반운동은 지반종류별 최대지반가속도를 반영한 가속도 표준설계응답스펙트럼을 모두 포함하여 적용하고, 발주자의 별도 요구가 있을 경우 이를 만족하여야 한다.
- (다) 내진 등급은 다음과 같이 구분하며, 제작규격 제출시 내진 등급, 최대지반가속도(PGA), 기기증폭비, 구조물 내부 증폭비 등을 명시하여야 한다.

내진 등급		대 상
특등급	중 요	765kV 미만 변전소 설치용 설비

1.3 공급범위

- 1.3.1 154kV 전력용 변압기
- 1.3.2 고압 중성점 접지 단로기
- 1.3.3 고압 중성점 피뢰기
- 1.3.4 예비품 및 특수공구
- 1.3.5 기자재 운반 / 상하차 포함
- 1.3.6 공장 및 현장시험
- 1.3.7 현장조립
- 1.3.8 기타 온전한 성능 발휘를 위해 필요한 부속 기자재

2. 종류 및 규격

- 2.1 변압기의 종류는 1차, 2차 및 3차 정격전압, 정격용량에 따라 <표 1>과 같다.

<표 1> 변압기의 종류

정격전압(kV)			정격용량(MVA)					결선			형태
1차	2차	3차	유입자냉식	유입풍냉식	송유풍냉식	송유수냉식	냉매냉각식	1차	2차	3차	
154	23	6.6	35	40				Y	Y	△	삼상

2.2 정격전압 23kV 또는 $\frac{23}{\sqrt{3}}$ kV 권선은 Y결선으로 하여야 하며, 이의 중성점에 부상을 구비하여 중성점 접지계통과 비접지계통에서 공용할 수 있어야 한다.

2.3 1차 및 2차 결선이 각각 Y결선인 경우는 1차 권선용량의 1/3에 해당하는 안정권선을 내장하여야 한다.

3. 정 격

3.1 정격전압

3.1.1 변압기의 정격전압은 <표 2-1>과 같다.

<표 2-1> 변압기의 정격전압

구분	정격전압(kV)		
	1 차	2 차	3 차
삼상 (3권선)	154	23	6.6

3.1.2 탭 전압은 전용량 탭 전압으로서, 2권선 변압기는 2차 권선에 3권선 변압기는 1차 권선에 설치하며, 탭 범위(Tap range)는 <표 2-2>와 같다.

<표 2-2> 변압기의 탭 범위

구 분	탭 범 위
삼상 (3권선)	$(154 \pm 10 \times 1.25\%) / 23\text{kV}$

3.2 정격주파수

변압기가 접속되는 회로의 정격주파수는 60Hz이다.

3.3 각변위 및 단자 기호

3.3.1 각변위

3상변압기의 1차 권선과 2차 권선 사이의 각변위는 Y-Y 결선의 경우에는 0°, △-Y 결선의 경우에는 2차 권선측이 1차 권선측보다 30°지상(Lagging)이어야 하며, 결선방식에 따른 각변위 표시는 IEC 60076-1의 7항(삼상변압기의 결선 및 위상 변위 기호)에서 규정하는 벡타(Vector)군 기호에 의하여 다음과 같이 명시한다.

결 선 방 식	각 변 위 표 시	기 호
Y-Y-△ 결선		YNyn0d1

3.3.2 단자 기호

- (1) 2권선 변압기의 경우 1차 권선 단자는 1차측에서 보아 본체 탱크 케이스의 오른쪽으로부터 H1, H2, H3, H0로 2차 권선 단자는 2차 측에서 보아 본체 탱크 케이스의 왼쪽으로부터 X1, X2, X3, X0로 표시하여야 한다.
- (2) 3권선 변압기의 경우 1차 권선 단자 및 2차 권선 단자 전(1)항에 따라 H1, H2, H3, H0 및 X1, X2, X3, X0로 표시하여야 하고, 3차 권선 단자는 3차측에서 보아 본체 탱크 케이스의 왼쪽으로부터 Y1, Y2, Y3, Y0로 표시하여야 한다.

3.4 백분율(%) 임피던스전압

3.4.1 전력용 변압기의 백분율 임피던스전압은 <표 3>에 의하여야 한다.

3권선 변압기의 경우 1차 권선과 2차 권선 사이의 백분율 임피던스전압은 <표 3>에 의하며, 1차와 3차 사이 및 2차와 3차 사이의 백분율 임피던스전압은 제작자의 표준설계에 따르되, 필요시에는 사용자의 요구에 따른다.

<표 3> 변압기의 백분율 임피던스전압

계통 공칭전압(kV)		백분율 임피던스전압(%)	비 고
1차	2차		
154	22.9	17.48	FA 용량 기준 기준 변압기의 %Z에 용량 비례 $13.11\% \times 40 \div 30$

3.4.2 백분율 임피던스전압치의 허용오차는 2권선 변압기나 3권선 변압기의 1-2차 사이는 $\pm 7.5\%$, 기타 권선 사이는 $\pm 10\%$ 로 한다.

3.5 변압기 3대는 언제든지 교대운전과 병렬운전이 가능하도록 백분율 임피던스전압 등 모든 특성이 같아야 한다.

4. 구 조

4.1 일반구조

4.1.1 외형은 운전, 유지, 보수하기 쉬운 구조이어야 한다.

4.2 철심

철심은 투자율이 높고 히스테리시스손실(Hysteresis Loss)이 적은 Non-aging 방향성 규소강판을 사용하여야 한다.

또한 철손이나 여자전류가 적도록 내철형으로 적층 조립 제작해야 한다.

4.3 권선(Winding)

4.3.1 코일은 온도변화 때의 수축팽창에 의한 절연손상 및 이상 운전상태에서 동요, 만곡 등을 방지할 수 있고 절연유가 순환되도록 하되 국부가열(Hot Spot)의 발생을 줄일 수 있는 적합한 형상으로 제작해야 한다.

4.3.2 권선과 철심 사이 및 고저압 권선 사이에는 적당한 절연격리판(Barrier)을 사용하여야 하고, 코일 단말(End Coil)은 선로의 이상 상태에서 충분히 견디도록 제작해야 한다.

4.3.3 권선의 접속 부분에 대한 접속방법은 용접접속 또는 압착접속을 원칙으로 한다.

단, 충분한 기계적 및 전기적 성능을 유지할 수 있는 경우에 한하여 납땜접속으로 할 수 있다. 권선으로부터 단자판 및 부싱까지의 모든 리드(Lead)등은 코일 및 접속부의 변형이나 진동에 의한 손상이 일어나지 않도록 견고하게 지지해야 한다.

4.4 부싱(Bushing)

4.4.1 부싱의 정격은 계통 공칭전압에 따라 <표 4>와 같다.

4.4.2 계통 공칭전압 22.9kV-y결선의 중성점 부싱은 정격전압 25.8kV, 정격전류는 상일괄형 400A, 상분리형 1,600A 부싱을 사용한다.

<표 4> 부싱의 정격

종 류	정격전압 (kV)	노임펄스내전압 (kV 파고치)	상용주파내전압 (kV 실효치)	최소연면누설거리 (mm)
1차선로	170	750	355	3,740
1차중성점	72.5	325	155	1,450
2차선로	25.8	125	55	516
2차중성점	25.8	125	55	516
3차	7.2	60	22	144

- 4.4.3 변압기 부상의 절연강도는 이 부상이 연결되는 선로측 권선단자 및 중성점측 권선 단자 각각의 기준충격절연강도 이상이어야 한다.
- 4.4.4 부상의 형식은 30kV 미만에서는 단일형 부상, 30kV 이상에서는 콘덴서형 부상을 사용하여야 한다.
콘덴서형 부상은 절연 전면(全面)의 전위경도를 균일하게 해야 하고 또한 대기에 대하여 완전 밀봉되고 최악의 운전상태에서도 열적으로 안정하여야 한다.
유입콘덴서형 부상일 경우에는 유면계를 구비해야 하며, 그 절연유는 태양광선에 의해 열화되지 않고 보호될 수 있도록 하여야 한다.
- 4.4.5 부상의 재질은 균등질의 자기(磁器)제, 고품질의 폴리머(Polymer)재질 (애자하우징은 실리콘고무 계열) 또는 이와 동등 이상의 것을 사용하여야 하며, 그 구조는 공동(空洞)이나 금, 흠 등이 없고 견고하고 습기가 침투할 수 없는 방습형이어야 한다.
또한 내, 외부에서 코로나의 발생 없이 운전되어야 하며, 밀봉 부분이나 기타 중요 부품에 손상을 일으키지 않고 아크 섬락에 견딜 수 있어야 한다.
자기제 이외의 부상을 사용할 때는 이의 특성자료와 4.4항(절연강도)에 의한 시험성적서를 11.2항에서 정하는 바에 따라 도면 승인시 확정한다.
- 4.4.6 외부단자의 모든 접촉표면은 나사 부분을 제외하고는 은도금을 하여야 하며, 부상 단자와의 모든 접속은 분해 조립할 수 있도록 크램프형(Clamp type) 또는 스터드형(Stud type)의 접속단자를 사용하여야 한다. 이 접속 단자류의 치수는 도면 승인시 확정한다.
- 4.4.7 콘덴서형 부상은 내부 콘덴서의 열화(전계의 균등분포)를 확인 측정할 수 있는 역율 시험탭(power factor test tap)을 구비하여야 한다.
- 4.4.8 각 부상은 4.5항에서 규정하는 부상변류기를 내장하여야 한다.
- 4.4.9 권선과 연결되는 부상 등의 위치는 변압기의 성능에 영향을 미치지 않는 범위 안에서 그 위치를 결정하여야 하며, 특별한 경우 부상 형태 또는 설치 위치 등은 도면승인 시 확정한다.
- 4.4.10 3차측 안정권선용 부상은 성능 및 규격 등 품질확인을 위해 4개(단상변압기의 경우 2개) 인출한다.
단, 부상변류기는 내장하지 않는다.

4.5 부상변류기(BCT)

- 4.5.1 각 권선의 선로측 및 중성점측 부상에는 아래에서 규정하는 부상변류기를 내장하여야 한다.
- 4.5.2 정 격
부상변류기의 정격은 ES-5950-0006에 따른다.
- (1) 부상변류기의 정격 1차전류는 2중비로 한다.
 - (2) 선로측 부상변류기의 정격 1차전류(2중비 중 큰 값)는 ES-5950-0006의 표 2의 변류기 정격전류의 차 상위 전류를 택한다.
 - (3) 중성점측 부상변류기 정격 1차전류는 삼상변압기는 선로측 부상 변류기 정격 1차전류의 1/2로 한다.
 - (4) 부상변류기의 정격부담 및 오차계급은 계전기용은 B-2(C-200)이상, 계기용은B-0.5(1.2)이상으로 한다.
단, 중성점측 부상변류기의 계기용은 제외한다.

- 4.5.3 변압기 카바(Cover)를 열지 않고서도 설치할 수 있는 적당한 개구(開口)가 구비되어야 한다.
- 4.5.4 각 변류기의 모든 2차 리드선은 강관을 통하여 각(부상) 변류기 부근의 점검하기 좋은 높이에 위치한 방수, 방습, 방진형의 접속함으로 인출하고 다시 공통단자함으로 인출하여 공통단자함 내의 단자블록에 접속하여야 한다.
접속함 내의 리드선 접속 및 분리는 납땜으로 해서는 안 된다.
단자 블록은 변류기와의 연결을 쉽게 알 수 있도록 문자 또는 기호가 명시되어야 한다.
- 4.5.5 공통단자함 내의 단자 블록에는 어떤 특정한 변류기 또는 모든 변류기를 쉽게 단락접속 시킬 수 있는 단락접지 장치가 구비되어야 한다.
- 4.5.6 변압기의 중성점 부상으로부터 접지단자에 이르는 접지설비에 대하여는 도면 승인시 확정한다.

4.6 부하시 탭 절환장치(On Load Tap Changer)

4.6.1 일반사항

- (1) 부하시 탭 절환장치는 권선전압의 지정된 범위를 자동적으로 조정할 수 있어야 한다.
- (2) OLTC는 탭 선택기(Tap selector 또는 Arcing tap switch), 절환개폐기, 한류 저항기 또는 한류리액터, 구동장치, 자동제어장치 및 보호장치 등으로 구성되어야 한다.
- (3) OLTC는 변압기의 3상 전압을 동시에 동일한 탭에 조정할 수 있어야 하며, 원격수동조작 및 원격자동운전 또는 변압기 설치장소에서의 수동조작에 적합하도록 제작되어야 한다.
- (4) OLTC의 원격자동운전을 위한 자동전압조정기(AVR)를 구비하여 그 기능을 수행할 수 있어야 한다.
- (5) 원격제어반(보호배전반)에 취부된 디지털 전압계에서 입력받은 신호(High, Low)로 OLTC 구동기능을 수행하여야 한다.
- (6) OLTC 구동장치는 원격제어반(보호배전반)에 부착된 탭절환기 위치표시기에 신호를 제공하여야 한다.
- (7) 변압기 본체의 측온 저항체에 의해 감지된 온도를 원격제어반(보호배전반)에 취부된 권선온도 지시계기에 제공하여야 한다.
- (8) 변압기의 각종 기계적 보호장치 동작 및 경보 등을 원격제어반(보호배전반)에 제공하여야 한다.
- (9) 부하시 탭절환장치는 별도의 절연유 여과장치 없이 모든 절연유내에서 원활하게 동작할 수 있는 OLTC를 사용하여야 한다.
- (10) 난연유가 적용되는 OLTC 운전온도는 5°C 이상이며, 5°C 미만에서는 OLTC가 구동되지 않도록 보호회로를 구성하여야 한다.

4.6.2 탭 선택기 및 절환개폐기

- (1) 탭 선택기 및 절환개폐기는 1개 이상 호흡기가 부착된 유입실내에 설치하고 이 유입실의 절연유는 변압기 본체의 절연유로부터 완전 분리되어야 한다. 단, 아크를 수반하지 않은 것에 한하여 변압기 본체에 내장할 수 있다.
- (2) 탭 선택기 및 절환개폐기의 점검은 변압기 본체와 관계없이 단독으로 행할 수 있는 구조이어야 하며, 유입실에는 내부고장 보호용 장치를 구비하여야 한다.

4.6.3 구동 기구

구동 기구는 수동조작에 필요한 핸드 크랭크 또는 핸드 휠(Hand wheel)을 구비하여야 한다. 수동조작기구는 사용중에 모터 기구에 의한 조작을 저지할 수 있도록 연동(Inter Lock)장치를 구비하여야 한다.

또한 구동 기구에는 탭의 조정 상하한을 조정하는 전기적 리미트 스위치(Limit Switch) 및 기계적 저지장치가 설치되어야 한다.

4.6.4 동작 수명

- (1) OLTC는 탭의 절환 도중 탭선택기가 임의의 위치에 있는 경우에도 정격 용량으로 운전될 수 있어야 하며, 제작자가 보증할 수 있는 최대 부하 상태하에서도 연속적으로 절환될 수 있어야 한다.
- (2) 탭절환장치의 접촉자와 조작기구는 변압기가 정상운전 시 다음의 기대수명 동안 보수를 하지 않고 사용할 수 있어야 한다.

항 목	기대수명 동작 회수
기계적 동작 수명	80만 회 이상
전기적 동작 수명	30만 회 이상

4.6.5 제어장치

제어장치는 OLTC 본체에 부착된 내후성 제어함에 내장하여야 하고, 승강용 수동 제어스위치를 구비하여야 한다.

또한 제어함은 경첩이 달린 문(Hinged Door)의 구조이어야 하며 하부에는 제어전선 관통용의 적당한 구멍을 뚫어야 한다. 자동제어장치는 다음과 같은 기능을 가지는 부속품을 내장하여야 하고, 동등 이상의 기능을 가져야 한다.

- (1) 전압 검출장치가 여자된 후 OLTC가 한 단계의 동작을 완료할 때까지의 한시 장치는 승강 양방향으로 60초~120초 이내에서 임의로 조정할 수 있어야 한다.
- (2) OLTC의 동작을 자동적으로 제어하는데 필요한 전압조정 평형계전기는 별도로 제어 기준전압을 100V~200V 까지 임의로 정정할 수 있는 장치 및 제어장치의 평형 위치로부터 제어동작을 일으키게 하는 편차 즉 동작대역폭을 조정할 수 있는 장치를 구비하여야 한다.
- (3) 제어 기준전압과 동작 대역폭을 조정하는데 필요한 시험장치 및 전압 시험단자
- (4) 자동 - 수동 제어 절환스위치
- (5) 조정용 저항 및 리액턴스를 갖는 선로 전압강하 보상기(LDC) 및 그 조정장치
- (6) 각종 제어회로, 변류기 및 계기용변압기 등의 리드선을 접속하기 위한 기호 표시부 단자블록
- (7) OLTC 자동운전에 필요한 계기류, 계전기류, 신호등(信號燈), 스위치류 등이 설치되어야 한다.
- (8) 자동제어장치는 $\pm 1\%$ 이내의 오차(오차계급 1.0)를 유지하여야 한다.

4.6.6 탭 위치 지시기(Tap position Indicator)

OLTC는 탭의 동작 위치를 나타내는 탭 위치 지시기를 구비하여야 하며, 변압기 본체의 탭 위치 지시기는 변압기 설치 장소에서 OLTC를 수동으로 조작할 때 읽을 수 있도록 설치되어야 한다.

4.6.7 활선 정유장치(Hot Line Oil Purifier)

- (1) 부하시 탭절환장치의 탭 선택기 및 절환개폐기가 내장된 유입실의 활선 정유장치는 변압기 본체에 고정식으로 부착되어야 한다.
단, 유입실 절연유의 여과가 필요 없는 부하시 탭절환장치의 경우 활선 정유장치를 생략할 수 있다.
- (2) 활선 정유장치는 여과중 여과장치 내에서는 기포가 생성되지 않으며 급격한 내부압력의 변화로 OLTC 보호계전기의 오동작을 유발하지 않는 구조로 탱크 상부에 기포가 축적 되지 않아야 하고, 최대압력에서도 누유되지 않아야 한다.
- (3) 활선 정유장치의 형식 및 정격 기타사항은 도면 승인시 확정한다.

4.6.8 기 타

- (1) 수동복귀장치를 갖는 모터 회로 제어용의 전자개폐기
- (2) 스위치부 단상 220V용 나사식 램프소켓
- (3) 히터(Heater)
- (4) 동작 횟수의 누산 장치

4.7 냉각방식

변압기의 냉각방식은 유입자냉식, 유입풍냉식으로 한다.

4.7.1 유입자냉식

- (1) 방열기(Radiator)는 발열효율이 좋고 외측 표면에 물이 고이지 않고 또한 탱크에 절연유를 채울 때 잔여 기포가 탱크를 거쳐 완전히 배기될 수 있어야 한다. 방열기의 방열소자는 여러 개를 하나로 조합해서 상하의 후렌지 헤더(Flanged Header)에 용접하고 본체의 탱크에 붙어 있는 본체와 볼트로서 부착 할 수 있어야 한다. 본체와 헤더 사이에는 상하의 각각 밸브를 부착하여 본체의 탱크에서 절연유를 빼내지 않고 방열기를 분리할 수 있어야 하며, 본체와 동시 진공을 시행할 수 있는 충분한 강도를 갖는 구조이어야 한다.
- (2) 방열기의 총방열 면적은 변압기를 자냉식 용량으로 연속 운전할 때 변압기의 온도 상승한도를 넘지 않을 정도로 충분하여야 한다.

4.7.2 유입풍냉식

- (1) 방열기의 구조는 유입자냉식의 구조와 동등 이상의 기능을 가지는 것으로 하여야 하고 또한 저소음이고 고효율의 냉각용 선풍기(Fan)로 공기를 순환시켜서 자냉식 용량을 30%이상 증가시킬 수 있는 선풍기를 변압기에 설치하여야 한다.
이들 선풍기는 보호망에 의하여 보호되어야 하며, 보수와 부착이 쉽고 인접된 선풍기의 운전에 지장을 초래하지 않는 구조이어야 한다.

(2) 냉각장치는 자동제어에 필요한 다음 장치를 구비하여야 한다.

(가) 변압기 권선온도에 대응하여 선풍기의 구동경보 등의 기능을 가진 온도 계전기

(나) 자동 수동 제어용 절환 스위치

(다) 자동제어에 필요한 부속장치를 내장하는 내후성 제어함

4.8 절연유 보존장치

4.8.1 변압기는 절연유가 대기 중에 노출되지 않도록 절연유 보존장치를 구비하여야 하며, 이것은 장기간의 운전하에서도 절연유의 열화를 방지할 수 있고 신뢰성이 있는 적합한 구조와 필요한 부속장치를 구비하여야 한다.

4.8.2 절연유 보존장치는 절연유의 온도변화에 따른 수축 팽창에 적당한 용량을 가져야 하며 공기와 직접 접촉하지 않도록 공기주머니식(Air Seal cell Type) 컨서베이터 또는 동등 이상의 성능을 갖는 장치이어야 하며, 공기와 접촉 부분이 있는 경우 유 보존장치의 적당한 곳에 습기의 침입을 방지할 수 있는 흡습호흡기(Dehydrating breather)를 부착하여야 한다.

4.9 탱크

4.9.1 변압기 본체의 탱크는 KSD 3503의 SS275를 사용하여 운반 및 취급 시의 충격 진동 등에 충분히 견딜 수 있어야 한다.

4.9.2 변압기 본체 탱크는 내부고장 시 내부압력(5kg/cm²)에 견딜 수 있는 충분한 기계적 강도를 가져야 하고, 진공 주유를 할 수 있는 구조로 제작되어야 하며 또한 필요한 부속장치를 구비하여야 한다.

완전조립된 변압기는 적합한 가스켓(Gasket)을 사용하고, 운전상태에서 절연유가 누유되지 않아야 하며, 탱크 상부에는 기계적 안전장치로서 트립 접점을 갖는 방압장치를 설치하여야 한다.

탱크에는 점검 및 보수에 편리하고 적당한 크기의 맨홀(Man Hole) 또는 핸드홀(Hand Hole)을 구비하여야 한다.

내부의 조립품은 단락고장 시 기계력에 충분히 견디고 운전 시 충격이나 진동에 견딜 수 있도록 탱크에 견고하게 지지하고 안전하게 고정시켜야 한다.

4.9.3 변압기 본체탱크의 용접 개소는 AWS D1.1에 따라 비파괴검사를 시행하고 시험성적서를 제출하여야 하며, 변압기 본체탱크에 연결된 배관의 이음부는 내, 외부 모두 틈새가 없어야 한다.

4.9.4 피뢰기는 변압기 본체 위에 설치할 때 이의 지지대는 제반 운전조건에 적합한 구조와 기계적 강도를 가지는 철구로 구성되고 각 부상에 인접하여 설치하여야 한다.

4.9.5 탱크 베이스는 내부 권선 철심 등의 중량으로 인하여 베이스의 일부가 타 부분에 비하여 특히 침하되지 않도록 설계한 스킴형(Skid type)이어야 하며, 변압기 내진성능 확보를 위한 적정규격의 기초볼트가 시공될 수 있도록 기초볼트 삽입 홀을 구비하여야 한다.

4.10 절연유

4.10.1 전기절연유는 폴리염화비페닐(Polt Chlorinated Biphenyls : PCB)이 함유되지 않은 것으로 IEC 60296을 따른다.

4.10.2 난연형 변압기에 사용하는 난연성절연유는 폴리염화비페닐(Poly Chlorinated Biphenyls : PCB)이 함유되지 않은 것으로 <표 5>에 따르며, 이에 명시되지 않은 사항은 KSC 2301 1종 4호 또는 IEEE C57.121에 적합한 것을 사용하여야 한다.

<표 5> 난연성 절연유의 허용치

구 분	허용치		비고 (시험방법)
	최소 허용치	최대 허용치	
절연파괴전압(0.08 in gap, kV)	50	-	ASTM D1816
절연유 총 산성수치(mg KOH/g)	-	0.03	ASTM D974
절연역률(Dissipation Factor) (%, 25°C)	-	0.1	ASTM D924
(%, 100°C)	-	1	
수분 함유량(ppm)	-	25	ASTM D1533
투명도	투명(Clear)		ASTM D1524
인화점(°C)	275	-	ASTM D92
발화점(°C)	300	-	ASTM D92
계면장력(mN/m, 25°C)	38	-	ASTM D971
동점도(cst, 40°C)	-	130	ASTM D445
색상	-	L 2.5	ASTM D1500

4.11 표준부속품

4.11.1 변압기는 완전한 하나의 유닛(unit)로서 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 필요한 모든 부속품 및 보조장치를 구비하여야 하며, 그 주요한 부속품 및 보조장치는 다음과 같다.

기타 변압기 기능 발휘에 필요한 보조장치 및 부속품은 도면승인 시 확정한다.

(1) 방압장치

이 장치는 별도의 보호 커버를 갖춘 트립용 접점을 구비하여야 하고 트립용 접점 보호 커버 등 접점 신호의 연결에 관계되는 부품과 접속점은 IEC 60529의 보호등급 IP65를 만족하여야 한다.

방압장치는 하나의 커버로 보호되고 그 안에 별도의 커버로 보호되는 트립용 접점이 들어가 있는 구조이어야 하며, 트립용 접점은 이 커버들의 분리 없이도 수동으로 접점 테스트가 가능하여야 한다.

또한 절연유 분출 통로를 구비하여 유사시 절연유가 변압기 표면으로 유출되지 않는 구조이어야 한다.

(2) 충격압력계전기(Sudden Pressure Relay)

이 계전기는 트립 접점을 구비하여야 한다.

(3) 권선온도 지시계기(Winding Temperature Indicator)

이 계기에는 경보용 접점, 트립용 접점과 냉각장치의 자동운전을 위한 접점들이 구비되어야한다.

(4) 유온 지시계기(Oil Temperature Indicator)

이 계기에는 경보용 접점이 구비되어야 한다.

(5) 다이얼형 유면계(Dial type oil Level Indicator)

경보용 접점이 구비되어야 한다.

(6) 유류지시계기(Oil flow Indicator)flow Indicator)

경보용 접점이 구비되어야 한다.

(7) 부흐홀쯔 계전기(Buchholtz Relay)(콘서베이타형)

이 계전기는 변압기 운전 중 지상에서 부흐홀쯔 계전기내의 가스축적을 쉽게 점검 조작할 수 있는 가스점검용 밸브가 있어야 하며, 1단계 경보, 2 단계 트립 접점을 구비하여야 한다. 단, 이 계전기의 기능을 대신 할 수 있는 장치가 있을 경우 생략할 수 있다.

(8) 가스검출계전기(Gas Detector Relay)

이 계전기는 경보용 접점을 구비하여야 하며, 변압기를 정지시키지 않고도 가스를 배출시킬 수 있는 구조이어야 한다.

(9) 보조접점

모든 트립용, 경보용 및 기타 신호용 보조접점의 정격은 DC 125V이며 상시 개로 상태이고 접지되지 않아야 한다.

단, 별도 요구시 DC 110V 정격을 사용할 수 있다.

(10) 공통단자함

- (가) 모든 경보접점, 트립접점, 신호용접점 기타 보조접점과 부상변류기의 2차 리드선 등은 충분한 크기의 도금된 강관을 통하여 공통단자함(이하 단자함이라 한다)으로 인출 집합하여야 한다. 단자함은 경첩이 달린 문(Hinged door)를 구비하고 방수, 방진, 방습형이어야 한다.

- (나) 단자함의 상부에는 변류기의 2차 리드선 접속용 단자블록(terminal block)을 구비하고 하부에는 강관의 인입 인출을 위한 적당한 개구(開口)를 마련하여야 하며 이 개구는 가스켓을 사용하여 강관의 인입 인출과 상하의 볼트 조임으로 완전히 밀폐되는 구조이어야 한다.
- (다) 변류기 2차회로 접속용 단자블록은 단락 장치가 구비되어야 한다.
보조냉각 장치의 제어를 위한 제어함은 이 단자함과 공용할 수 있다.
- (라) 단자함 안에는 전원용 배선을 위한 별도의 단자블록을 마련하고 금속격벽에 의하여 다른 부분과 격리시켜야 한다. 강관의 크기 및 수는 도면 승인 시 확정한다.
- (마) 모든 배선용 전선은 KS C IEC 60227-3에서 규정하는 600V 난연성 비닐절연전선을 사용하며 배선용 압착단자를 사용하여야 한다.

(11) 사다리(용량 10MVA 이상에만 적용)

(12) 명판

(13) 예방진단 설비

- (가) 변압기의 OLTC 활선 정유장치는 압력, 수분, 온도를 측정하는 감지장치(Sensor)를 설치하며, 관련 센서는 종합 예방진단시스템(GS 6110-0269) 및 변압기 OLTC 진단시스템(GS 6110-0275) 구매규격에 따른다. 단, OLTC를 VI Type으로 적용 시에는 감지장치를 제외할 수 있다.
- (나) 변압기의 부분방전 진단을 위한 외장형 센서(부분방전 진단용 점검창 포함) 또는 밸브 삽입형 센서를 2개 이상 설치하여야 하며, 관련 센서에 대한 시험성적서를 납품 시 제출하여야 한다.
관련 센서는 변압기 부분방전 진단시스템 및 종합 예방진단시스템(GS 6110-0275) 구매규격에 따른다.
- (다) 변압기의 On-line 유중 가스 분석을 위한 전용 밸브(상, 하)를 2인치 이상 규격으로 구비하여야 한다.
(단, 절연유 주입을 위한 여과밸브는 별도 구비)

4.11.2 피뢰기

- (1) 정격전압 20kV이상 변압기의 선로측 단자와 정격전압 60kV 이상 변압기의 중성점 단자에는 피뢰기를 설치할 수 있도록 가대를 부착하되 세부사항은 제작도면에 따른다.
이 경우 피뢰기는 별도 공급함을 원칙으로 하며 불필요하다고 인정되는 경우에는 공급대상에서 제외할 수 있다.
- (2) 피뢰기의 정격은 ES-5920-0005에 따른다.

4.11.3 수냉각기

수냉각기의 정격은 ES-6120-0008에 따른다.

4.12 조작 및 제어 전원

변압기의 조작 및 제어 전원은 AC 3상 4선식 220/380V 및 DC 125V이다. 단, 별도 요구 시 DC 110V를 사용할 수 있다.

4.13 접속단자 및 접지단자

4.13.1 형식 및 규격

부싱 접속단자 및 접지단자의 형상은 부싱단자의 형상 및 모선측 인하선의 도체 형상과 이들의 전류 용량에 따라 볼트조임형, 크램프형(Clamp type) 또는 스터드형(Stud type)으로 하여야 한다.

본체 및 볼트 너트 와셔 등의 규격은 적용 도체의 부착에 적합하여야 한다.

적용 도체의 규격은 70°C(주위온도 40°C)에서 안전전류를 기준으로 결정하며, 적용할 규격은 도면승인 시 확정한다.

4.13.2 재질

부싱 접속단자 및 접지단자의 재질은 모선측 인하선 도체의 재질에 따라 다음에 의하여야 하며, 이는 11.2항에 따라 도면승인 시 확정한다.

- (1) 도체의 재질이 경동인 경우 본체의 재질은 KSD 6024의 3항(종류 및 기호)에서 정하는 청동주물 7종(CAC407)으로 하여야 하며, 볼트 너트 및 와셔는 ES-5306-0003의 2항(종류)에서 정하는 스테인리스스틸 또는 규소 청동을 사용하여야 한다.
- (2) 도체의 재질이 알루미늄인 경우 본체의 재질은 고강도 알루미늄합금을 사용하여야 하고 볼트 너트 및 와셔는 ES-5306-0003의 2항(종류)에서 정하는 스테인리스스틸 또는 고강도 알루미늄 합금을 사용하여야 한다.

4.14 도 장

4.14.1 단자 이외에 노출된 모든 금속부분은 도장하기 직전에 산화 피막(Sealed), 기름(Oil), 먼지 등의 불순물을 완전히 제거한 후 양질의 방청도료로서 2회 이상 도장하고 Munsell Notation 5Y 7/1(밝은 노랑땀 회색)을 도장하여야 한다.

4.14.2 1차 방청은 무기징크계로 70 μ m 이상 도장하고, 2차 방청은 에폭시계로 50 μ m 이상 도장하며, 최종은 우레탄계로 40 μ m 이상 도장하여 총 도막 두께가 160 μ m 이상 되도록 도장하여야 한다.

4.14.3 기타사항은 도면승인 시 확정한다.

5. 특 성

5.1 온도상승 허용한도

변압기의 온도상승 허용한도는 주위온도가 40°C를 초과하지 않고 변압기 최저 전압탭에서 IEC 60076-2에 의한 방법으로 측정하였을 경우 연속정격출력을 낼 때 <표 6>의 값을 넘어서는 안된다.

<표 6> 변압기의 온도상승 허용한도

변 압 기 의 부 분	측정방법	온도상승 허용한도(K)
1. 권 선 유입자냉식 또는 유입풍냉식	저 항 법	65
2. 권선(Hot-spot)	-	78
3. 유 온 절연유의 최상부 본체 탱크내의 절연유가 외기(外氣)와 접촉하지 않는 경우	온도계법	60
4. 철심 및 기타부분 철심 및 기타 금속부분의 절연면에 접하는 표면	온도계법	근접 절연물을 손상하지 않을 온도

※ 온도상승 계산시 냉각매체 기준온도는 다음과 같다

- 유입자냉식, 유입풍냉식, 송유풍냉식 : 주위온도

5.2 절연강도

5.2.1 변압기 권선 및 Y결선으로 된 권선의 중성점 단자의 절연강도는 <표 7>과 같다.

<표 7> 변압기권선 및 중성점 단자의 절연강도

권 선 별	계통 공칭전압(kV)	뇌임펄스 내전압 1.2/50 μ s(kV 파고치)	상용주파 내전압(kV 실효치)
1차 권선	154	650	275
1차 중성점	-	325	140
2차 권선	22.9	125	50
2차 중성점	-	125	50
3차 권선	6.6	60	20

비고: 중성점 단자의 절연강도가 325kV인 변압기 중성점 단자에는 정격전압 72kV의 피뢰기를 적용하여야 한다.

5.2.2 계통 공칭전압이 22.9kV 이하의 Y결선 권선과 Δ 결선 권선에 대한 절연은 균등절연을 하여야 한다.

5.2.3 부상의 절연강도는 <표 4>와 같다.

5.3 유도내전압 시험

유도시험 전압의 파고값을 측정해야 하고, 파고값을 $\sqrt{2}$ 로 나눈 값이 시험전압값과 같아야 한다.

시험시간은 100% 시험 전압에서 시험주파수가 정격주파수의 2배 이하인 경우 60초이어야 하고, 시험주파수가 정격주파수의 2배를 초과하는 경우 시험시간은 다음과 같으며 15초 이상이어야 한다.

$$\text{시험시간(초)} = \frac{\text{정격주파수}}{\text{시험주파수}} \times 120$$

5.4 단락강도

5.4.1 변압기의 외부회로 단락고장시에 발생하는 단락전류가 소정 시간 동안 흘러도 열적, 기계적 손상 없이 견딜 수 있도록 설계, 제작되어야 한다. 외부 회로 단락 고장 지속시간은 2초로 한다.

5.4.2 재폐로 기능이 있는 선로에 사용되는 변압기는 선로의 단락 상태가 연속 발생되어 단락된 선로에 변압기가 연속적으로 선로와 연결되므로 인하여 상승되는 변압기의 온도를 정상온도로 환원시키지 않고도 손상없이 이에 견딜 수 있어야 하며 이때의 단락 누적시간은 상기에 명시된 단락시간을 초과하지 않아야 한다.

5.4.3 변압기의 단락강도는 IEC 60076-5에 따른다.

5.5 과부하내량

변압기가 단시간 최대로 부하를 걸 수 있는 과부하내량 및 접속시간, 주위온도 등을 명시하여야 한다.

풍냉식 변압기의 경우에는 냉각 유니트(Unit) 전손실 및 부분손실과 함께 유효 정격 출력 및 그 연속시간이 명시되어야 한다.

5.6 소음 레벨

변압기의 소음 레벨은 ES-5950-0009에 따른다.

5.7 부분방전전압

변압기의 부분방전 시험은 IEC 60076-3에 따른다.

5.8 절연물의 역율

변압기 고저압 일괄과 대지 사이, 각 권선 사이, 권선과 대지 사이에 규정전압을 가압한 상태에서 역율(% P.F)을 측정하며 시험전압 및 시험방법은 IEEE C57.12.90에 따른다. 시험은 개발시험 시, 검수시험 시 및 기기 이동 전후 등에 측정하여 경년변화 값을 기록 비교한다.

5.9 특성의 보증

제작회사는 변압기의 특성을 시험에 의한 검증 또는 시험에 의하여 검증할 수 없더라도 최소한 다음의 특성치(Data)는 제작자가 제출하고 보증하여야 한다.

- 5.9.1 75°C에서의 무부하손 및 부하손
- 5.9.2 75°C에서의 백분율 임피던스 전압
- 5.9.3 정격전압의 100%, 110%에서의 여자전류
- 5.9.4 지정온도 상승점에서 냉각장치 등의 보조장치에 대한 손실전력
- 5.9.5 정격용량 및 과부하내량
- 5.9.6 OLTC의 수명 및 점검주기
- 5.9.7 단락강도(계산치도 가함)

6. 시험 및 검사

시험은 인정시험과 검수시험 및 참고시험으로 구분하여 시행한다.

6.1 시험 및 검사항목

시험 항목은 <표 8>과 같으며 피뢰기의 시험 항목은 ES-5920-0005에 따르고, 수냉각기는 ES-6120-0008에 따른다.

<표 8> 시험 및 검사항목

시험 및 검사항목	인정시험	검수시험	참고시험	시험방법
1. 구조 및 외관검사	○	○		6.2.1항
2. 변압비 측정, 극성시험 및 각변위시험	○	○ ^{주2)}		6.2.2항
3. 임피던스 전압 및 전부하시험	○	○ ^{주2)}		6.2.3항
4. 무부하손 및 여자전류측정	○	○ ^{주2)}		6.2.4항
5. 권선저항 측정	○	○ ^{주2)}		6.2.5항
6. 유도내전압시험	○	○		6.2.6항
7. 상용주파 내전압시험	○	○		6.2.7항
8. 부분방전시험	○	○		6.2.8항
9. 절연물 역율시험	-	-	○	6.2.9항
10. 온도상승시험	○	○ ^{주1)}		6.2.10항
11. 뇌임펄스 내전압시험	○	○		6.2.11항
12. 부상변류기	○	○		6.2.12항

시험 및 검사항목	인정시험	검수시험	참고시험	시험방법
13. OLTC 구조점검	○	○ ^{주2)}		6.2.13항
14. OLTC 온도상승시험	○	-		6.2.14항
15. OLTC 개폐시험				6.2.15항
1) 실부하시험	○	-		
2) 차단용량시험	○	-		
16. OLTC 단락전류시험	○	-		6.2.16항
17. OLTC 한류임피던스시험				6.2.17항
1) 한류저항시험	○	-		
2) 한류리액터시험	○	-		
18. OLTC 기계적시험				6.2.18항
1) 기계적 내구성시험	○	-		
2) 시퀀스시험	○	○ ^{주2)}		
3) 내압력 및 진공시험	○			
19. OLTC 절연내력시험				6.2.19항
1) 상용주파 내전압시험	○	-		
2) 뇌임펄스 내전압시험	○	-		
20. OLTC 구동장치				6.2.20항
1) 기계적 동작시험	○	○		
2) 기계적 부하시험	○	-		
3) 오버런(over run)시험	○	-		
4) 외함보호등급시험	○	-		
5) 보조회로 절연시험	○	○ ^{주2)}		
21. 절연유 시험	○			6.2.21항
22. 전동기시험(FAN, OLTC)	○	-		6.2.22항
23. 조작 및 제어회로의 절연강도시험	○	○		6.2.23항
24. 소음레벨	○	○ ^{주1)}		6.2.24항
25. 변압기의 단락강도시험	-	-	○	6.2.25항
26. 부상시험	○	-		6.2.26항
27. 절연유중 PCB분석시험	-	-	○	6.2.27항
28. 방압변 구조점검	○	○	-	6.2.28항
29. 방압변 방진.방수시험	○	-	-	6.2.29항
30. 내진시험	○ ^{주3)}	-		6.2.30항

주1) 검수시험 중 온도상승시험과 소음레벨 시험은 Type 별로 연1회 이상 시행하며 필요시 추가할 수 있다.

주2) 제작사 자체시험성적서로 대체할 수 있다

주3) “동일한 타입”은 시험적 방법으로 시행한 공인시험성적서가 있는 경우 해석적 방법으로 대체할 수 있다.

동일한 타입이란 전압, 구성(단상/3상), 절연매질(절연유/가스), 냉각방식이 모두 동일한 변압기를 말한다.

6.2 시험방법

6.2.1 구조 및 외관검사

각부의 구조 및 치수의 승인도면과 일치 여부를 검사하고 외부 도장상태 및 명판 등 부착물 상태를 육안 검사한다.

6.2.2 변압비 측정, 극성시험 및 각변위 시험

변압비 측정, 극성시험 및 각변위 시험은 IEC 60076-1의 11.3항(전압비 측정 및 위상변위 검사)을 따른다.

6.2.3 임피던스 전압 및 전부하 시험

임피던스 전압 및 전부하 시험은 IEC 60076-1의 11.4항(단락회로 임피던스 및 부하손의 측정)을 따른다.

6.2.4 무부하손 및 여자전류측정

무부하손 및 여자전류측정은 IEC 60076-1의 11.5항(무부하손 및 전류측정)을 따른다.

6.2.5 권선저항 측정

권선저항 측정은 IEC 60076-1의 11.2항(권선저항 측정)을 따른다.

6.2.6 유도내전압 시험

유도내전압 시험은 IEC 60076-3의 12항(유도교류전압 시험)을 따른다.

6.2.7 상용주파내전압 시험

상용주파내전압 시험은 IEC 60076-3의 11항(분리전원 교류 내전압시험)을 따른다.

6.2.8 부분방전 시험

부분방전 시험은 IEC 60076-3의 12항(유도교류전압 시험)을 따른다.

6.2.9 절연물 역율 시험

절연물 역율 시험은 IEEE C57.12.90의 10.10항(Insulation power-factor tests)을 따른다.

6.2.10 온도상승 시험

온도상승시험은 IEC 60076-2의 7항(온도상승 시험)을 따른다.

6.2.11 뇌임펄스내전압 시험

뇌임펄스내전압 시험은 KS C IEC 60076-3의 14항(말단부에서 초핑된 뇌임펄스(LIC) 시험)을 따른다.

단, 검수시험서는 KSC IEC 60076-3의 13항(뇌 임펄스(LI)시험)을 따르며, 변압기 3차측 충격시험은 제외한다.

6.2.12 부상변류기 시험

부상변류기 시험은 ES-5950-0006의 6항(시험 및 검사)을 따르며, 검수시험은 공인기관 성적서로 대체 할 수 있다.

6.2.13 OLTC 구조점검

각부의 구조 및 치수의 승인도면과 일치 여부를 검사하고 외부 도장상태 및 명판 등 부착물 상태를 육안 검사한다.

6.2.14 OLTC 온도상승 시험

OLTC 온도상승 시험은 IEC 60214-1의 5.2.1항(Temperature rise of contacts)을 따른다.

6.2.15 OLTC 개폐 시험

(1) 실부하 시험

실부하 시험은 IEC 60214-1의 5.2.2.1항(Service duty test)을 따른다.

(2) 차단용량 시험

차단용량 시험은 IEC 60214-1의 5.2.2.2항(Breaking capacity test)을 따른다.

6.2.16 OLTC 단락전류 시험

OLTC 단락전류 시험은 IEC 60214-1의 5.2.3항(Short-circuit current test)을 따른다.

6.2.17 OLTC 한류임피던스 시험

(1) 한류저항 시험

한류저항 시험은 IEC 60214-1의 5.2.4.1항(Transition resistors)을 따른다.

(2) 한류리액터 시험

한류리액터 시험은 IEC 60214-1의 5.2.4.2항(Transition reactors)을 따른다.

6.2.18 OLTC 기계적 시험

(1) 기계적 내구성 시험

기계적 내구성 시험은 IEC 60214-1의 5.2.5.1항(Mechanical endurance test)을 따른다.

(2) 시퀀스 시험

시퀀스 시험은 IEC 60214-1의 5.2.5.2항(Sequence test)을 따른다.

(3) 내압력 및 진공시험

내압력 및 진공시험은 IEC 60214-1의 5.2.5.3항(Pressure and vacuum tests)을 따른다.

6.2.19 OLTC 절연내력 시험

(1) 상용주파 내전압시험

상용주파 내전압시험은 IEC 60214-1의 5.2.6항(Separate source AC withstand voltage test)을 따른다.

(2) 뇌임펄스 내전압시험

뇌임펄스 내전압시험은 IEC 60214-1의 5.2.6.7항(Lightning impulse voltage test)을 따른다.

6.2.20 OLTC 구동장치

(1) 기계적 동작시험

기계적 동작시험은 IEC 60214-1의 6.3.1항(Mechanical tests)을 따른다.

(2) 기계적 부하시험

기계적 부하시험은 IEC 60214-1의 6.2.1항(Mechanical load test)을 따른다.

(3) 오버런(over run)시험

오버런(over run)시험은 IEC 60214-1의 6.2.2항(Overrun test)을 따른다.

(4) 외함보호등급시험

외함보호등급시험은 IEC 60214-1의 6.2.3항(Degree of protection of motor-drive cubicle)을 따른다.

(5) 보조회로 절연시험

보조회로 절연시험은 IEC 60214-1의 6.3.2항(Auxiliary circuits insulation test)을 따른다.

6.2.21 절연유 시험

절연유 시험은 IEC 60296에 따른다. 단, 난연성 절연유 시험은 IEEE C57.121

6.2.22 전동기시험(FAN, OLTC)

전동기시험(FAN, OLTC)은 승인 사양에 따른다.

6.2.23 조작 및 제어회로의 절연강도시험

조작 및 제어회로의 절연강도시험은 조작 및 제어회로와 대지간에 AC 60Hz 2,000V를 1분간 인가한다.

6.2.24 소음 레벨

소음 레벨은 ES-5950-0009에 따른다.

6.2.25 변압기의 단락강도 시험

변압기의 단락강도 시험은 IEC 60076-5을 따른다.

6.2.26 부상시험

부상시험은 IEC 60137 및 KS C IEC 62155에 따른다. 폴리머 재질 부상인 경우 IEC 60137, IEC 61462, IEC 62217을 따른다.

6.2.27 절연유 중 PCB분석 시험

절연유 중 PCB 분석시험은 PCB 분석 공인기관(환경부령이 정하는 폐기물 분석 전문기관) 시험절차에 따라 시행한다.

6.2.28 방압변 구조점검

각부의 구조 및 치수의 승인도면과 일치 여부를 검사하고 외부 도장상태 및 명판 등 부착물 상태를 육안 검사하며, 보호 커버 분리 없이 수동으로 접점 시험의 가능 여부를 확인한다.

※ 제작사는 방압변을 통한 절연유 분출 관련하여 적정압력 저감에 관한 설계데이터 및 그 입증자료를 도면승인 시 제출하여야 한다.

6.2.29 방압변 방진.방수시험

방압변 방진.방수시험은 IEC 60529를 따른다. 시험 대상의 범위는 트립용 접점 보호커버 등 접점 신호의 연결에 관계되는 부품과 접속점으로 한다.

6.2.30 내진시험

- (1) 내진시험은 “송배전설비 내진설계 기준(DS-0050)”을 따른다.
- (2) 시험적 방법으로 시행하는 것을 원칙으로 한다. 단, 80 tonf을 초과하는 변압기(단상 포함)가 국내 시험설비의 여건으로 시험이 불가한 경우 발주자와의 협의를 통해 해석적 방법을 사용할 수 있다.
- (3) 해석적 방법으로 시행할 경우 제작규격 검토 요청 시 해석보고서를 제출해야 한다.
- (4) 시험적 방법으로 인정시험 시행시 DS-0050 인용표준에 대한 KOLAS 인정 공인시험기관이 없을 경우 IEEE 693 인용표준에 대한 KOLAS 인정 공인시험기관에서 시행 할 수 있다.
- (5) 소프트웨어(SW) 모델
3차원 구조해석모델(FEM) 이용이 가능한 성능이 검증된 상용프로그램을 사용하여야 하며, 적절한 검증 메뉴얼을 통해 그 신뢰성이 먼저 입증된 경우에 사용 가능하다.
 - (가) 인정시험 및 고장분석 등 발주자가 소프트웨어 모델에 관한 자료 요구가 있을 경우 제출하여야 하며, 관련 자료는 기자재 내용 년수 만큼 보관하여야 한다.
 - (나) 3차원 구조해석모델 최종 실행 파일은 변경되어서는 안 되며, 저장 일시는 시험적 방법의 경우 시험 종료일 이전이어야 하고 해석적 방법의 경우 제작규격 최종 승인일 이전이어야 한다.
 - (다) 성능보증평가기간* 종료시까지 3차원 구조해석모델이 상용프로그램의 최신버전에서 동작할 수 있도록 최신 SW모델을 구비하여야 한다.

* 성능보증평가기간 : 준공후 3년(평가결과에 따라 최대 5년까지 연장)

(라) 모델 요구사항

상용프로그램을 이용한 3차원 구조해석모델은 실행파일을 제출해야 하고, 기하학적 위치 및 재료 물성치 등을 선언할 수 있고 텍스트 형태로 편집이 가능한 Input Data, SW모델 사용을 위해 외부 자동화 프로그램이 필요한 경우 이를 함께 제출해야 한다.

(마) SW모델 개발 계획서 및 검증 계획서 제출

계약자는 SW모델 제출 시 모델 시연 및 사용자 매뉴얼을 제출해야 한다.

6.3 검수시험은 전량에 대하여 시행하여야 한다.

6.4 참고 시험은 인정시험 이외의 제 특성 중 당사의 설계, 공사, 운전, 및 보수상 참고하기 위한 것으로 개발시험 시 실시하되 개발제품을 인정하기 위한 개발시험 합부 판정에는 무관하다.

6.5 인정시험은 국제시험기관 인정기구협회의 상호인정협정에 서명한 인정기구로부터 인정받은 공인시험기관의 시험성적서에 의하며, 수냉각기와 국산개발품이 아닌 OLTC, 부상 및 피뢰기의 시험은 제작자 또는 공인기관에서 시행한 시험성적서 제출로 대신할 수 있다.

6.6 부품 호환사용 승인이 필요한 경우는 검수시험 요청 전까지 완료해야 한다.

7. 명 판

7.1 변압기

변압기에는 보기 쉬운 곳에 다음 사항을 기재한 명판을 부착하여야 하며, 명판의 재질은 청동주물(Cast bronze)또는 스테인레스강(Stainless steel)으로 한다.

7.1.1 변압기의 종류 및 명칭

7.1.2 제작자명 또는 약호

7.1.3 제작 일련번호

7.1.4 제작 년 월

7.1.5 각 권선의 정격용량(냉각방식에 따라 표시함)

7.1.6 정격전압 및 탭전압

7.1.7 상 수

7.1.8 정격주파수

7.1.9 정격전류

7.1.10 각 권선의 선로 및 중성점 단자의 뇌임펄스 내전압치

7.1.11 각 권선의 모든 탭 결선에 대한 정격전류

7.1.12 각 권선간 (안정권선 포함)의 백분율 임피던스전압 (풍냉식 용량 기준)

7.1.13 온도상승 허용 한도

7.1.14 각 권선 전압 간의 각 변위를 표시한 벡타도

7.1.15 모든 리드선 인출을 표시한 접속도 및 단자 기호 표시

7.1.16 냉각방식

7.1.17 절연유 종류

7.1.18 절연유의 양

7.1.19 운반 중량

7.1.20 총중량

7.1.21 절연유 보존계통의 최대 운전압력

7.1.22 철심구조(내철형, 외철형)

7.2 부하시 탭절환장치

부하시탭절환 장치에는 보기 쉬운 곳에 다음 사항을 기재한 명판을 부착하여야 한다.

7.2.1 명칭 및 형식

7.2.2 한류저항치 (한류리액터치)

7.2.3 정격주파수

7.2.4 대지절연강도

7.2.5 구동전동기 전원 직.교류별 상수, 전압, 주파수

7.2.6 제어 전원

7.2.7 제작자명

7.2.8 제작 일련번호

7.2.9 제작 년월

7.3 부상변류기

변압기 공통단자함 내에 다음 사항을 부상변류기 명판을 부착하여야 한다.

7.3.1 명칭 및 형식

7.3.2 정격 1차 전류 및 2차 전류

7.3.3 정격부담 및 오차 계급

7.3.4 권선 결선도

7.3.5 극성

7.4 피뢰기

피뢰기에는 적당한 곳에 ES-5920-0005의 8항(표시 및 명판)에 준해서 기재한 명판을 부착하여야 한다.

8. 운송 및 포장

8.1 철심 및 코일은 선적하기 전 또는 탱크에 조립하기 전에 절연유 또는 건조한 질소가스로써 완전히 건조 시켜야 한다. 선적 및 취급이 쉽게 부상 변류기 등을 포함한 여러 외부 부속품은 본체에서 분리하고 특수한 선적용 카바로서 대체하여야 한다.

습기의 영향을 받기 쉬운 부상, 방열기 및 기타 부속기는 내습성 물질로서 별도 포장해야 한다.

8.2 운반 시 변압기는 건조한 공기(Dry Air) 또는 건조한 질소가스(식물성 변압기 경우)로 충전 되어야 하며, 가스의 압력을 수시로 점검하여야 한다.

8.3 변압기는 운반 시 충격이 기록될 수 있도록 충격기록계를 구비 해야 하며(변압기 정치 후 충격기록계는 제작자에게 반환함), 모든 방향에서 중력가속도 1g 이하에서 견딜 수 있도록 설계 및 제작되어야 한다.

8.4 변압기는 철도수송 및 육로수송이 가능하도록 제작되어야 한다.

9. 예비품

변압기 제작자는 다음과 같은 예비품을 언제든지 공급할 수 있도록 충분히 확보하여야 한다.

9.1 1차 부상 1개

- 9.2 2차 부상 1개
- 9.3 각종 가스켓(Gasket) 1세트
- 9.4 부하시 탭절환기용 VI(Vacuum Interrupter) 1세트
- 9.5 흡습호흡기(breather) 1세트
- 9.6 실리카겔(silicagel) 5박스, 페인트(paint)18 liter 기타 제작자 추천 품목

10. 품질보증

제조업체는 자주적인 품질보증 활동으로 기자재에 대한 품질을 보증해야 하며 당사가 요구할 경우 관련 품질보증 구매시방서에 따라야 한다.

11. 제출자료

11.1 입찰시 제출자료

입찰자는 입찰시에 변압기와 변압기의 주요 부속품 피뢰기 등의 외관도면 및 5항(특성)에 기재된 항목 및 기타 특성자료를 제출하여야 한다.

11.2 도면승인

계약자는 아래 사항을 제작 전에 별도로 정하는 기일 안에 제출하여 승인을 받아야 한다.

- 11.2.1 치수가 명기된 변압기의 외관도
- 11.2.2 변압기 기초 상세도
- 11.2.3 치수가 명기된 피뢰기의 외관도
- 11.2.4 변압기의 OLTC를 포함한 결선도 제어회로도
- 11.2.5 치수가 명기된 부상 외관도(BCT포함) (고압, 중압, 저압, 중성점)
- 11.2.6 부상변류기 특성자료(2차특성곡선, 2차권선저항, 권선비, 오차)
- 11.2.7 명판 도면
- 11.2.8 콘서베이터 용적 검토서 (최고, 최저 온도시 적정 여부)

11.2.9 예방진단시스템 센서 장치 위치 도면

11.2.10 On-line 유증가스 분석 전용 밸브 위치 도면

11.2.11 시험 및 검사 계획 등 이 규격에서 정하는 도면승인 시 결정할 사항

11.3 최종도면 및 지침서

계약자는 납품 시 아래 사항을 포함한 도면 및 설치, 운전 및 보수에 필요한 한글로 표기된 지침서와 이에 준하는 자료 5부 이상과 도면에 관한 사항을 복사할 수 있는 원도 1부를 제출하여야 하며 지침서에는 변압기가 견딜 수 있는 통전전류(정격전류-최대 단락전류)와 허용시간에 관한 자료도 포함되어야 한다.

11.3.1 치수가 명기된 변압기와 외관도

11.3.2 치수가 명기된 권선과 철심의 상세도

11.3.3 치수가 명기된 부상 외관도(부상변류기 포함)

11.3.4 명 판

11.3.5 변압기의 결선도 및 제어회로도

11.3.6 변류기 2차 여자특성곡선

11.3.7 변류기 결선도

11.3.8 단자 상세도

11.3.9 변압기 피뢰기 및 중요 부속품의 설치, 운전, 보수에 관한 설명서

11.4 시험성적서

계약자는 납품 시 6항에 명시된 시험성적서 및 5.10항에 명시된 각종 특성의 보증자료(Data) 5부 이상을 제출하여야 한다.

12. 하자 보증기간

12.1 제품의 하자 보증기간은 납품일로부터 3년 6개월로 한다.

12.2 하자보증 기간 내 제작, 설치, 시험 또는 설비의 결함에 따른 제반 문제에 대하여 계약자 부담으로 교체 또는 교정하여야 한다.

12.3 계약자는 하자보증기간 동안의 구체적인 하자보증계획(설비별 정기 점검, 하자보수, 긴급출동, 인원 등)을 제시하여야 한다. 아울러 하자 보증기간 만료 후 공사의 고장수리 요청시 신속하게 응하여야 하며 사후관리(A/S) 계획(기술지원조직, 고장수리조치계획 등)을 구체적으로 제시하여야 한다.

13. 납기

계약일로부터 28개월 이내

제 5 장 상 세 시 방 서

154kV 수전용 변압기 및 GIS 시방서

1. 154kV 수전용 변압기 설치공사

1.1 일반사항

- 1.1.1 이 공사는 154 kV 부산신항변전소의 154kV 수전 변압기 및 GIS 교체 설치공사로서 365일 24시간 운영중인 부산신항만 설비의 중요성을 명확히 인식하여 계약자는 시공품질과 안전확보에 최선을 다하여야 한다. 항만 운영의 연속성을 담보하기 위해 정전 최소화 방안으로 MTR & GIS 교체작업 할 수 있는 구체적인 방안을 미리 제출하여 승인받아야 하며, 공종별로 승인된 세부 안전작업절차서와 시공계획서에 따라 시공하여야 한다.
- 1.1.2 시공관리책임자는 설비의 내용, 시공범위 및 업무 등에 대하여 각 책임자에게 설명지시를 하고, 동시에 작업공정에 의한 작업원 배치계획, 필요 공구의 조달, 자재 및 소모품 수배 계획표를 작성해서 작업준비를 하여야 한다.
- 1.1.3 시공사는 시공 전과 시공 중 및 시공 후 상태를 기록사진으로 제출하고, 중요 공정은 세부적으로 나누어 촬영하며 기성고 및 준공불 지불 요청 시 사진첩에 정리하여 제출하여야 한다.
- 1.1.4 모든 기기 조립은 제작사 제출 도서(기기취급 설명서, 표준현장시공 및 시험절차서, 공장시험성적서, 검사 시험 절차서(ITP : Inspection & Test Plan, Procedure) 및 부산항만공사(BPA)가 위임한 감독자의 지시, 감리자(supervisor) 입회 아래 계약서에 따른 요구사항 등에 의하여 작업내용, 공정 등을 확실히 파악하고 필요한 자재, 장비, 인력 등을 확보한 후 조립순서에 따라 시행하여야 한다.
- 1.1.5 기기 설치는 기초 콘크리트가 토목공사 시방서에 명시된 최소 양생기간 경과 후 작업하되 분진이 발생되지 않도록 조치한다.
- 1.1.6 기기 조립 후 최종 점검 및 조정 작업 시에는 시공관리책임자 또는 작업 책임자와 당해 공사 감독자 및 supervisor 입회하에 동작시험을 완료하여야 한다.
- 1.1.7 당해 공사 외의 시공 한계점은 설치 전 관련 시공업체와 그 한계점을 명확히 하여 누락되는 일이 없도록 하며 또한 기기가 제 성능을 발휘할 수 있도록 최대한 상호 협조해야 하며 관련 공법은 시방서의 해당 절 및 시공사가 부산항만공사가 위임한 감독자에게 제출하여 승인을 받은 시공계획서에 따라 시행한다.
- 1.1.8 기존설비 충전부에 접근하여 작업할 때에는 반드시 지상 감시자를 고정 배치하여야 하며, 작업자는 지상 감시자의 지시에 따라 움직여야 한다.
- 1.1.9 변전소 GIS 교체공사와 연관된 모든 작업은 제작사와 부산항만공사가 위임한 감독자 사이에 협의된 지시에 따라 시공한다.

1.2 현장하차 및 본체정지

- 1.2.1 운송 후 하차 전 충격기록계는 부산항만공사가 위임 한 감독자와 제작사 입회하에 봉인상태 및 그래프를 점검하여 운송 중 충격이 가해졌는지를 확인하고 이상이 없으면 운송된 기자재에서 분리한다.
- 1.2.2 탱크 외관, 부상 애관, 방열기, 부하시텟절환기용 Oil-Filter 배관, 각종 계기류가 파손되지 않았는지 점검한다.
- 1.2.3 모든 부속품과 부속 자재는 포장목록(Packing List)과 대조하여 부족분의 유무를 조사하고 운송 도중 손상의 흔적이 있는지를 확인한다.
- 1.2.4 변압기 하차 시 별도의 충격기록계를 부착, 봉인한 후 시행하고 부산항만공사가 위임한 감독자가 지정하는 위치에 정확히 정치하여야 한다. 충격기록계의 그래프를 확인하여 하차 중 충격이 가해 졌는지를 필히 확인하며, 기록지 원본을 회수 보관한다.
- 1.2.5 변압기 인양을 위한 크레인 및 로프는 사전에 변압기 중량을 충분히 고려하여 선정되었는지 확인한다.
- 1.2.6 하차 작업 시에 충격을 받지 않도록 주의하고 본체 및 부품이 손상되지 않았는지 확인한다.
- 1.2.7 인양 고리는 본체 또는 부품의 지정된 위치에 고정하며, 지정된 위치 이외의 부위로 인양하는 것은 손상의 우려가 있으므로 절대 금한다.
- 1.2.8 변압기 본체의 정위치 정치 여부 및 수평 유지 상태를 확인한다.
- 1.2.9 본체 질소가스 압력이 0.10kg/cm²이하 저하되었는지 확인한다.
- 1.2.10 부속품 보관 장소는 부속품이 손상되거나 변형되지 않도록 방수, 방습 및 직사광선 노출을 피할 수 있게 선정한다. 특히 부상은 상부를 적어도 7° 이상 세워서 보관하도록 한다.
- 1.2.11 기자재 하차 지연 시 공급자가 차량대기료를 지급한다. 현장 도착 시간에 맞춰 공급자는 하차 장비를 대기시킨다.

1.3 설치준비

- 1.3.1 기초 바닥면은 수평면을 유지하는지 확인한다.
- 1.3.2 본체의 위치, 덕트위치, 접지선의 인출위치, 제어케이블용 파이프의 인출 위치가 기초도면대로 시공되었는지 확인한다.
- 1.3.3 기초 내 배수(배유) 파이프 위치 및 구배가 적정한지 확인한다.
- 1.3.4 변압기 조립에 필요한 장비와 공구들이 준비되었는가 확인한다.
 - (1) 절연유 여과장치 : 154kV급 6,000 l/h 이상
 - (2) 진공펌프 : 150CFM(Cubic Feet/min, 분당 풍량) 이상, 0.2Torr 이하

- (3) 소내전원의 전압 및 용량(3상 380/220V, 100kW이상)을 확인한다.
- (4) 변압기 내부작업용 작업복 및 작업화는 준비되었는지 확인한다.
- (5) 변압기 내부 리드결선용 공구는 탈락방지용 끈을 매달았는지 확인한다.
- (6) 조립부품의 청결상태(습기, 먼지)를 확인한다.
- (7) 설치도면을 확인한다.

1.3.5 변압기 주위의 작업장 및 통로에 장비차, 유조차 및 크레인이 진입할 수 있는지 확인하고 작업장 주변을 정리한다.

1.3.6 우천 및 급변하는 기후 상태에서 변압기를 개봉하거나, 개봉된 채로 남겨두지 않도록 한다.

1.3.7 작업자가 젖거나 더러운 작업복을 입고 변압기 내부에 들어가지 않도록 사전 점검한다.

1.3.8 인수한 부품을 운반 정리하여 조립순서에 맞도록 운반 정리한다.

1.3.9 포장 해체는 설치 및 취부 순서대로 행한다.

- (1) 해체는 설치 또는 취부 장소의 가까운 곳 및 크레인의 활동 범위 내에서 행한다.
- (2) 충격에 의해 파손되기 쉬운 부품, 계기류 등을 해체할 때는 제품에 충격이나 손상이 가지 않도록 단단히 주의한다.
- (3) 하차 및 보관 중 제품에 이상이 생겼거나 파손되지 않았는지 확인한다.

1.4 부품조립

1.4.1 방열기(Radiator) 취부

- (1) 방열기 취부 시 물기나 이물질이 들어있는지 확인하고, 응축을 방지하기 위하여 주위 온도보다 더 낮은 온도에서는 기기 개방을 피한다. 이는 결로를 방지하기 위한 것이며 온도차가 3℃이상이면 작업이 불가하다.
- (2) 방열기를 설치하기 전에 변압기의 내부압력이 0.1kg/cm² 이상인지를 확인한다.
- (3) 방열기 조립 중 변압기 내부압력이 파괴되면 질소 가스나 건조공기로 충전하여 항상 정압력이 유지되도록 관리한다.
- (4) 방열기 조립 중에는 절대로 밸브를 열지 않도록 주의한다.
- (5) 방열판이 충격에 의하여 손상이 가지 않도록 주의하여 취급한다.
- (6) 각 방열기마다 적혀있는 번호와 변압기 본체 플랜지 위에 적힌 위치번호가 일치하는지 확인한다.
- (7) 방열기를 지면에서 인양할 때 다른 방열기를 손상시키지 않도록 주의한다.

- (8) 운송 시에 취부된 밸브의 블라인드 커버와 개스킷을 제거하고 방열기와 조립되는 플랜지 표면을 깨끗이 한 후, 모든 밀폐 표면에 접착제를 바르고 새로운 개스킷을 붙인다.
- (9) 크레인으로 방열기를 들어 올려서 손으로 방열기를 당기고, 방열기를 경사지게 하여, 방열기 내부의 오일 찌꺼기를 제거하고 내부 청결상태를 확인한다.
- (10) 방열기 밸브와 방열기의 플랜지 표면을 일치 시키고 너트를 조일 때 대각선에 위치한 볼트, 너트 순으로 조인다.
- (11) 방열기 밸브는 취급 시 손상되지 않도록 주의한다.
- (12) 방열기에의 주유는 하부밸브를 열고 변압기 본체 탱크에서 방열기로 기름이 흐르도록 한 다음 상부밸브를 열어 순환시키는 과정에서 가스를 제거한다.
- (13) 방열기 밸브의 조작은 밸브의 상부에 위치한 보호 캡을 제거하고, 지시된 방향으로 스패너를 이용하여 밸브 스템(Stem)을 돌린 후 캡을 붙인다.
- (14) 방열기를 인양 혹은 취급 시 도장의 손상이 없도록 하고, 조그만 손상에 대하여도 충분히 재도장하여 녹 발생을 방지한다.

1.4.2 냉각팬(CoolingFan)

- (1) 냉각팬은 조립하기 전에 손으로 날개가 자유롭게 회전하는지를 조사한다.
- (2) 모터의 입력전압에 맞추어 결선 및 전동기 상회전 방향 이상 유무를 확인한다.
- (3) 방열기 바닥에 용접된 브래킷(Bracket) 위에 견고하게 취부한다.
- (4) 케이스에 있는 물기 제거용 작은 구멍의 위치를 적절히 조절하여 개방한다.
- (5) 냉각팬은 변압기반 내부온도 65도 이상시 작동될 수 있도록 구성한다.

1.4.3 오일 순환 펌프

- (1) 펌프가 분해되어 운송될 때 펌프의 상하부는 블라인드 커버로 밀폐되므로 설치시에 블라인드 커버를 제거한다.
- (2) 펌프의 내부에 습기나 오물이 들어 있는지 확인하고 펌프 내부를 뜨거운 오일로 세척한다.
- (3) 플랜지에 접착제를 사용해서 개스킷을 부착한다.
- (4) 하우징 위의 화살표가 오일(Oil)의 흐르는 방향을 가리키고 있는지 확인 한다.
- (5) 오일펌프(Oil Pump)용 밸브는 조립 작업 중에 절대로 개방되지 않도록 한다.
- (6) 변압기 및 펌프 라인에 절연유를 충전한 후 펌프 하우징(Housing)에 차있을지 모르는 공기를 배출한다.

1.4.4 유류 지시계(Oil Flow Indicator)

- (1) 유류 지시계를 취부하기 전에 유류지시계의 접점을 점검한다.
- (2) 유류 지시계 내부를 동작시켜 지침이 "ON"을 지시하는지 확인한다.
- (3) 유류 지시계는 반드시 유흐름의 정방향(화살표 표기)으로 설치되어야 한다.

1.4.5 콘서베이터

- (1) 콘서베이터를 설치하기 위하여 변압기 본체 운송용 커버를 개방할 경우 변압기는 외부 습기로부터 보호되어야 한다.
- (2) OLTC용 콘서베이터를 먼저 조립하고 본체용 콘서베이터를 조립한다.
- (3) 유입 콘서베이터는 외형도 상에 표시된 정확한 높이에 취부한다. 너무 높게 설치되면 탱크 속에 압력이 증가하고, 너무 낮게 설치 시 단일형 부싱들이 절연유에 완전히 잠겨지지 않을 수도 있다.
- (4) 콘서베이터는 조립 전에 상부에 있는 점검창을 열어 유면계가 정상으로 동작하는지 확인한다.
- (5) 유면계가 취부되지 않고 별도로 운송 될 경우는 사양서에 명시된 위치에 취부하고 아래사항을 점검한다.
 - (가) 유면계 부표는 수동조작에 의해서 지침이 상하로 움직이는지를 점검한다.
 - (나) 단자에 테스터를 연결하여 경보접점이 동작되는지 확인한다.
- (6) 지지대 위에 콘서베이터를 취부 할 때 인양 고리에 와이어를 사용하여 끌어올리고, 시방된 위치에 견고하게 취부 되었는지 확인한다.
- (7) 콘서베이터 조립 시 브흐홀쯔계전기 및 변압기 본체와의 배관조립 작업을 동시에 시행한다.
- (8) 브흐홀쯔계전기는 변압기 위에 설치하기 전에 콘서베이터에 먼저 취부하고 운송중 손상을 방지하기 위한 누름패드나 형걸 등을 제거한다.

1.4.6 부싱 취부

- (1) 부싱의 포장상자를 해체할 경우 애관 및 금구류 등의 손상에 주의한다.
- (2) 부싱 애관부분의 흙, 누유, 물리적 손상 여부를 확인한다.
- (3) 부싱 조립 전에 표면에 묻은 먼지와 습기를 깨끗이 닦아내고, 본체 내부에 들어가는 부싱 하부는 뜨거운 절연유를 이용하여 완전히 세척한다.
- (4) 부싱을 취급할 때는 손에서 습기와 염분이 묻지 않도록 맨손으로 부싱을 만지지 말아야 한다.
- (5) 변압기 내부 압력상태가 대기압과 같은 상태가 아니면 어떠한 경우라도 변압기 또는 부착물의 덮개를 열지 않도록 주의한다.
- (6) 부싱 인양 시에는 인양 밧줄과 보조 밧줄을 이용하여 인양한다.
- (7) 조립 시에 부싱의 유면계 방향이 정확한지 확인한다.
- (8) 부싱을 취부하기 전에 체결용 볼트와 너트를 준비하고, 특히 이러한 부품들이 변압기 본체 내부에 유입되지 않도록 세심한 주의를 기울인다.
- (9) 부싱을 취부 할 때 개스킷을 새로운 것으로 교체한다.
- (10) 작업 중에 장갑과 렌치 및 스패너 등이 변압기 탱크 속으로 떨어지는 것을 방지하기 위하여 작업자의 몸에 끈으로 묶고 작업을 시행한다.
- (11) 변압기에 오를 때 외부에 부착된 밸브, 파이프 및 부착물들은 작업자의 몸무게를 지탱하기에 부적합하므로 딛고 올라서거나 받침물로 사용하지 않도록 한다.
- (12) 부싱 조립 직후에 반드시 접지를 시행한다.

1.4.7 피뢰기

- (1) 피뢰기의 포장상자를 해체할 경우 애관 및 금구류 등의 손상에 주의한다.
- (2) 피뢰기 애관부분의 물리적 손상 여부를 확인한다.
- (3) 피뢰기 조립 전에 표면에 묻은 먼지와 습기를 깨끗이 닦아낸다.
- (4) 피뢰기 인양 시에는 인양 밧줄과 보조 밧줄을 이용하여 인양한다.

1.4.8 기타부품조립

- (1) 부속품들은 외형도에 표시된 대로 맞는 위치에 설치되었는지 확인한다.
- (2) 부품을 연결하는 파이프는 이물질의 침입여부를 확인하고 건조공기나 절연유로 세척한 후 취부한다.
- (3) 각 계기에 알맞은 크기의 개스킷을 사용하여 부착한다.
- (4) 제어에 사용되는 케이블이 변압기 운전 중에 흔들리지 않도록 고정장치를 이용하여 고정시킨다.
- (5) OLTC용 보호계전기는 시험 스위치가 상부에 놓인 상태에서 수평으로 설치하며, 단자 박스 덮개의 화살표 방향이 콘서베이터로 향하게 설치한다.
- (6) OLTC용 보호계전기는 스위칭 가스가 상부로 빠져나가기 위해 적어도 2°이상 경사지게 콘서베이터 쪽을 높게 취부하여야 하며, 계전기는 진동에 견딜 수 있도록 지지한다.
- (7) 권선온도계는 열전대의 손상이나 심한 굴곡(최소반경 25mm)을 피하며, 열전대를 클램프 튜브로 보호하고 방진패드를 이용하여 고정시킨다.
- (8) 방압 안전장치는 동작시험 후 반드시 복귀레버와 신호봉을 복귀시킨다.
- (9) 충격 압력계전기는 충격유 압력계전기와 충격가스 압력계전기로 구분되므로 특성에 맞도록 설치하여야 한다.
 - (가) 충격 유압력계전기는 설치 후 블리드밸브를 충분히 절연유가 흘러나올 때까지 열어 내부의 기포를 제거하여야 한다.
 - (나) 충격가스압력계전기는 주유나 진공작업 시 벨로우즈 내에 이물질이 침입하지 않도록 유의하여야 한다.
- (10) 변압기 3상 OLTC 탭이 11b에 위치하고 있는지 확인하고, 구동박스와 OLTC간에 롯드를 연결한다.(154kV 변압기의 경우)
- (11) 변압기 내진성능 확보를 위하여 기초볼트(각 상당 SS400 M20 × 4개)를 시공한다.

1.5 내부리드 결선

1.5.1 습도가 80% 이상일 경우 변압기를 개방하거나 내부 결선 작업을 해서는 안된다.

1.5.2 변압기 내부의 질소가 제거되었는지 확인한다.

- 1.5.3 내부 작업 전 변압기 내부의 산소 함유량이 19.5% 이상인지를 확인하여야 하며, 내부작업 시 건조공기를 계속 주입하면서 작업한다. (건조공기 습도 20% 이하)
- 1.5.4 변압기 내부에 작업자가 들어 갈 때에는 반드시 점검창 가까이서 한 사람이 내부작업자의 동태를 감시하여야 한다.
내부 작업 시는 내부 작업복 및 작업용 신발을 착용하여야 한다.
- 1.5.5 내부 조립용 공구는 끈으로 단단히 묶어서 코일 속으로 떨어지지 않도록 하여야 하며, 반입된 공구명 및 수량을 기록하여 작업 완료 후 반출 되었는지를 확인한다.
- 1.5.6 작업등이나 손전등을 준비한다.
- 1.5.7 내부 지지목의 고정상태, 탭리드의 체결상태 및 테이프 손상유무 등을 확인한다.
- 1.5.8 권선과 철심의 변형유무를 확인한다.
- 1.5.9 BCT는 정확히 고정 되었는가 확인한다.
- 1.5.10 부상 리드 터미널은 이중 너트로 확실히 조여졌는가를 확인하여야 하며, BCT 리드는 정확히 고정되었는지 점검한다.
- 1.5.11 변압기 카바에는 오일막이 형성되어 있을 가능성이 있으므로 커버 위를 걸을 때는 미끄러지지 않도록 주의한다.
- 1.5.12 우천시에는 어떠한 보완대책이 강구되어도 변압기 내부에 들어가거나 내부결선 작업을 하지 않도록 한다.

1.6 진공 및 절연유 주입

1.6.1 진공

- (1) 진공펌프는 규정된 수준의 진공을 얻고, 절연유 주입 중의 진공 수준을 계속 유지하기 위하여 충분한 용량의 진공펌프를 사용하여야 한다.
진공펌프의 용량은 150 CFM을 기준으로 0.2Torr 이하의 진공을 얻을 수 있어야 한다.
- (2) 진공펌프 및 연결에 사용하는 진공호스는 절연유나 습기가 들어있지 않아야 하며, 만약 습기나 이물질이 들어있는 경우 완전히 건조 시키거나 교체하여야 한다.
- (3) 진공기는 이상이 없는지를 확인하고, 호스는 정확히 연결되어야 하며, 연결 부분에 공기의 누설이 없는지를 확인한다.
- (4) 진공호스는 탱크 커버의 진공용 플랜지에 연결한다.
- (5) 진공계를 변압기 본체에 취부하여 진공을 확인한다.
- (6) 냉각장치의 모든 밸브를 완전히 개방한다.
- (7) 진공을 시작한 후 진공도가 3Torr에 도달하면 약 15분 동안 기밀시험을 실시한다.
- (8) 기밀시험에 이상이 없고 진공도가 3Torr 이하로 되면 소정의 진공시간 (8시간 이상) 경과 후 절연유를 주입한다.

- (9) 절연유 주입이 완료되어도 최소 2시간 이상 진공을 유지한 후 진공기를 끄고 건조 공기나 질소가스로 진공을 해제시킨다.
- (10) 진공이 걸린 상태에서 용접작업이나 충격이 가해지는 작업을 행하면 변압기 탱크가 변형될 우려가 있으므로 작업을 금한다.
- (11) 비가 오거나 변압기가 습기로부터 보호되지 못할 경우에는 진공작업을 하지 말아야 하며, 진공 작업 중 비가 올 경우 맨홀이나 호스 연결 부분을 비닐로 포장하여 습기가 침투하지 못하게 하여야 한다.
- (12) 부하시 탭절환기의 콘서베이터와 본체 탱크사이에 연결된 균압파이프에 설치되어 있는 등압밸브의 개방상태를 확인하여 진공 중에 탭절환기가 파손되는 것을 방지하여야 한다.
만일 균압파이프가 설치되어 있지 않으면 부하시 탭절환기의 콘서베이터와 본체 탱크사이를 호스로 연결한 후 진공 작업을 시행한다.

1.6.2 절연유 주입

- (1) 절연유는 반드시 주입 전에 유조차의 가장 낮은 부분에서 시료를 채취하여 절연유 내압시험을 실시하여야 하며 시험방법은 여과 후의 방법과 동일하다.
- (2) 절연유의 수분함량 등의 시험치는 제작사 시험성적서로 대체한다.
- (3) 절연유 주입은 10Torr 이하의 진공을 유지한 채 여과기를 통해 상부 여과 밸브로 주입하며, 절연유 속에 함유된 기포를 최소한으로 줄여야 한다.
- (4) 절연유는 서서히 주입하여야 하고, 주입 작업 중 호스 등의 연결 부분에 누유가 되어서는 안 된다.
- (5) 절연유 주입온도는 20°C (40°C) 이상 ~ 60°C 이하를 유지한다.
- (6) 최종 절연유 주입 시 콘서베이터 유면은 표준보다 +5°C 높게 채운다.
- (7) 절연유의 유면은 Oil Temperature VS Oil Level Curve에 따라 유면계의 적당한 유면이 지시될 때까지 계속 주입한다.
- (8) 변압기본체에 대한 절연유 주입이 끝나면, 부하시 탭절환기의 유면계로 OLTC 유격실의 절연유 주입 여부를 확인한다.
- (9) 절연유 주입 완료 후 본체와 OLTC 사이의 균압파이프를 제거하여 별도로 보관한다.

1.6.3 절연유 여과

- (1) 여과기는 변압기 규격 및 용량에 적합한지 확인한다.
- (2) 여과기의 입력 측 호스를 변압기의 하부 배유밸브에 연결하고, 출력측 호스를 변압기 상부의 여과 밸브에 연결하여 여과 작업을 실시한다.
- (3) 절연유 여과 시 절연유의 온도는 40~60°C를 유지하고 75°C를 초과하지 않도록 한다.
- (4) 절연유 여과 작업은 3회 이상 순환 여과시킨 후 절연유 시료를 채취하여 시험기관에 시험을 의뢰하여 가스함유량과 수분 함유량을 확인한다.
- (5) 열유(Heat Flow)가 부싱애관에 튀지 않도록 주의한다. (열적 충격으로 부싱애관을 파손할 우려가 있음)
- (6) 절연유 여과 작업이 완료되면 질소가스를 봉입하여 진공을 해제시키고 2시간 이상 절연유 순환펌프를 동작시킨다.
진공을 급격히 해제하면 부싱, 탱크 및 탭절환기에 갑작스런 충격이 가해져 파손될 우려가 있다.

(7) 모든 작업이 완료된 후 절연유 순환펌프 동작 없이 8시간 이상 변압기를 안정시킨다.

(8) 절연유 내압시험(여과 후)

(가) 절연유 내압시험은 60kV 이상 (전극간 간격 2.5mm, 직경 12.5mm의 구 상전극) 측정할 수 있는 절연유 시험기기를 사용하며, 2개의 시료를 채취하여 5회씩 총 10회를 측정하며, 각각의 최초의 측정값은 무시하고 8회의 평균값이 50kV 이상이어야 한다.

(나) 동일 시료를 2회 시험 시 시험결과의 차가 10kV를 초과하지 않아야 한다.

1.6.4 유면 조정

(1) 절연유 주입이 완료되면 1일후에 유면을 조정한다.

(2) 유면은 오일 조작설비의 상부 인입구와 냉각시스템의 상부 흡입밸브가 오일에 잠길 수 있을 정도의 높이를 유지한다.

(3) 유면조정은 본체 유온계의 온도에 따라 조정하여야 하며 25℃의 유면을 기준으로 가감 조치한다.

(4) 유면조정 시 겨울에는 약간 적게 여름철에 약간 많이 넣는다.

1.7 현장제어반 조립

1.7.1 제어반을 본체에 조립할 경우에는 변압기 자체 내 케이블이나 원방감시, 제어용 케이블 등의 출입에 지장이 없도록 취부하여야 한다.

1.7.2 운송을 위해 분리된 부품들과 기기들은 현장에서 재조립 후에 전선 단자 끝에 명기된 번호에 맞게 배선하였는지 확인한다.

1.7.3 지시, 신호, 냉각팬, OLTC 등을 위한 제어케이블은 도면에 나타난 대로 단자함에 연결하였는가 확인한다.

1.7.4 내부 리드나 기타 인입 리드에 손상이 가지 않도록 주의한다.

1.7.5 접속용 볼트의 조임을 확실히 하여 변압기 진동으로 인한 소음 발생을 억제하고, 나사 풀림에 의한 접속 불량에 생기지 않도록 주의한다.

1.8 조립 완료 후 점검

1.8.1 각 볼트의 조임 상태를 다시 확인한다.

1.8.2 변압기 탱크 표면에 연결된 케이블이 흔들리지 않도록 적당한 위치에 와이어 밴드로 고정시키고, 단자함 내부의 전선도 가지런히 묶어 고정시키며 인입 및 인출구는 방화재 또는 방수처리를 한다.

1.8.3 각종 계기의 창구를 깨끗이 닦아내고 계기의 세팅(Setting)을 확인한 후 계기의 취부 상태를 점검한다.

- 1.8.4 각 부싱의 단자에 연결된 리드선의 접속 상태를 확인하고 리드선에 의해 가해지는 힘으로 부싱에 과도한 스트레스가 가해지지 않는지 점검한다.
- 1.8.5 변압기 외함 및 중성점, 제어반 등의 접지가 제대로 되어 있는지 확인한다.
- 1.8.6 기름 새는 부분이 없는지 면밀히 점검한다.
- 1.8.7 제어회로에 대한 절연저항을 500V Megger로 측정하여 2MΩ 이상인지를 확인한다.

1.9 시험 및 검사

모든 시험 및 검사는 ES 6120-0001 기술규격에 따라 시행하여야 한다. 그 가운데 몇 가지 예를 제시하면 아래와 같다.

<현장시험 항목>

순번	항 목	순번	항 목
1	절연저항시험	5	여자전류시험
2	절연유 내압시험	6	단락전류시험
3	위상각 및 극성시험	7	BCT 극성 및 변류비 시험
4	전압비 시험	8	변압기 보호기기 연동시험

1.9.1 현장시험 시 주의사항

- (1) 변압기의 현장시험은 절연유 여과 완료 후 8시간 경과한 다음 시행하여야 한다.
여과 중에 절연유속에 포함된 공기로 인하여 절연내력이 약해질 수 있기 때문이다.
또한 절연유 순환펌프 가동도 시험 8시간 전에는 가동을 중지하여야 한다.
- (2) 변압기 1, 2차 측 차단기 및 단로기가 개방되어 있는지 확인한다.
- (3) 변압기 시험을 위한 시험 전압 인가 시 변압기 상부에 사람이 올라가지 않도록 관리한다.

1.9.2 위상각 및 극성시험

- (1) 시험목적
 - (가) 3상 변압기를 병렬 운전하려면 두 변압기의 위상각 및 극성이 같아야 하는데 3상 변압기는 위상각 시험으로 변압기 내부의 잘못된 결선 여부를 확인할 수 있다.

(나) 위상각 시험결과 이상이 있는 경우 부싱 리드 및 탭 리드의 잘못된 결선이 없는지를 확인한다.

(2) 시험 계기

교류전압계 (Volt-Meter, 0~1000V, AC)

(3) 시험방법

(가) 측정 시 인가 전원은 두 권선 가운데 정격전압이 높은 권선에 인가시킨다.

(나) H1과 X1 (H3와 X3)는 서로 연결한다.

(다) 3권선 변압기로서 3차 부싱이 Open-Delta로 인출되는 경우 3차 권선의 위상 각 시험은 불가능하다.

1.9.3 전압비 시험

(1) 시험목적 : 권선의 이상 유무 및 OLTC의 이상 유무를 확인

(2) 시험장비 : 0~1000V의 아날로그형(디지털형 사용금지) 전압계

1.9.4 여자전류 시험

(1) 시험목적 : 변압기 내부 권선의 이상 유무를 확인

(2) 시험계기 : A-Meter(mA, AC)

1.9.5 단락전류 시험

(1) 시험목적 : 변압기의 부하손, %전압강하, 전압 변동률을 측정하여 확인하고 변압기 운전 중 고장 원인분석을 위한 자료로 활용하기 위함

(2) 시험계기 : Volt-Meter(0~1000V, AC) 및 A-Meter 또는 Hook-Meter(0~400A, AC)

(3) 시험방법

(가) 측정하고자 하는 두 권선 가운데 저압측은 단락시키고, 나머지 측정하지 않는 권선은 개방상태로 둔다.

(나) 단락전류 측정 시 탭은 정격전압 탭에 위치시키고 인가 전원은 두 권선 가운데 정격전압이 높은 권선 측에 인가시킨다.

(다) 단락되는 권선의 단락전류는 개략적으로 계산식에 의해 산출되며 이러한 크기의 단락전류를 흘릴 수 있는 도체를 사용하여 저압 측을 단락시킨다.

(라) 3권선 변압기로서 3차 부싱이 Open-Delta로 인출되는 경우 3차 권선에 대한 시험은 불가능하다.

1.9.6 BCT 극성 및 변류비 시험

(1) 시험목적 : BCT 극성 및 변류비를 측정하여 결선 잘못 여부 확인

(2) 시험계기 : A-Meter 또는 Hook-Meter (0~400A, AC, DC) 및 배터리(DC 9V 또는 12V)

1.9.7 변압기 보호기기 연동시험

보호기기명	Device NO.	시험 방법	비고 (검출동작)
충격압력계전기	96P(Trip)	Cable 분리 접점 단락하여 확인	변압기 내부 이상압력
방압안전장치	96D(Trip)	Cable 분리 접점 단락하여 동작확인, 밀어서 복귀여부 확인	변압기 내부 이상압력
OLTC 보호계전기	96T(Trip)	Cable 분리 접점 단락하여 확인	OLTC 유격실의 절연유 이동
가스검출계전기	96G(경보)	Cable 분리 접점 단락하여 확인	변압기 내부 가스
권선온도계	26W(경보)	접점드럼을 밀어서 당겨서 접점 동작여부 확인	권선 온도 상승
유온도계	26Q(경보)	접점드럼을 밀어서 당겨서 접점 동작여부 확인	절연유 온도 상승
압력계	63F(경보)	Oil Filter 밸브를 잠그고 Oil Filter 강제 운전시 정지점까지 지침 동작여부 확인	Oil Filter 고압력
OLTC Source Breaker	30F2(경보)	Breaker Trip	OLTC Moter 전원상실
Oil Filter Source Breaker	8F(경보)	Breaker Trip	Oil Filter 전원상실
Fan Moter Protective Ry	49F(경보)	Breaker Trip	Fan Moter 전원상실
유류지시계	69Q	Cable 분리 접점 단락하여 확인	송유풍(수)냉식에서 유의 흐름
유면계 (본체)	33Q1	Cable 분리 접점 단락하여 확인	절연유 부족(본체)
유면계 (OLTC)	33Q2	Cable 분리 접점 단락하여 확인	절연유 부족(OLTC)

1.9.8 변압기 시험기를 활용한 시험

- (1) 시험 항목 : 위상각 및 극성 시험, 전압비 시험, 여자전류 시험, 단락전류 시험
- (2) 시험방법 : 각 케이블 결선 후 LCD 모니터에 나타나는 명령에 따라 조작 시행 후 결과를 프린터로 출력하면 된다.

1.9.9 CT 시험기를 활용한 시험

- (1) 변류기 1, 2차 권선을 시험기에 연결한 후 전압 절환 스위치 및 날짜 등을 설정한 후 시험하고 결과를 프린트한다.

1.10 도 장

- 1.10.1 변압기의 운반, 조립 중 손상된 부분은 부식의 우려가 있으므로 부식된 부분은 샌드페이퍼나 와이어 부러쉬로 녹을 완전히 제거한 후 희석제로 닦아내고, 프라이머 칠을 한 후에 부분 도장을 실시한다.
- 1.10.2 변압기의 표면에 묻은 기름은 희석제로 완전히 제거한다.
- 1.10.3 도장 전에는 계기류의 유리화 각종 명판 및 부싱 애자에 보호카바를 한 후 도장하며, 만약 애자에 도료가 묻었을 때는 깨끗이 닦아낸다.
- 1.10.4 도장 위에 재도장을 하는 경우는 재도장하기 전에 기존 도장 표면을 가볍게 문지르고 시행한다.
- 1.10.5 도막 두께를 얇게 반복 도장하는 것이 두껍게 한번 도장하는 것보다 효과적이므로 여러 번 도장한다.

1.11 가압 전 점검

- 1.11.1 현장 제어반에 AC 전원을 인가하여 방열기의 냉각팬 회전방향(바람이 밖에서 방열기측으로 흡입) 확인, 탭절환기 동작시험을 실시하여 동시에 필터가 구동되는지를 확인한다.
- 1.11.2 각 체결 부위 및 용접부를 상세히 점검하여 누유 여부를 확인한다.
- 1.11.3 변압기의 모든 밸브는 운전에 적합하도록 열려있거나 닫혀 있어야 하며 각종 램프는 정상상태를 표시하고 있어야 한다.
- 1.11.4 변압기에 취부된 유온계 및 권선온도계의 정정치를 확인한다.

1.12 가압시험

- 1.12.1 최종 점검이 완료되어 이상이 없는 경우, 시공부서 감독관 입회하에 가압시험을 시행한다.
이때, 보호배전반의 각종 계기 및 계전기는 이상이 없는 상태로 유지되어 있어야 한다.
- 1.12.2 가압시험은 기기를 실 계통에 병입하여 48시간 동안 운전하는 것을 말한다.
- 1.12.3 가압시험 시 시공관리책임자는 반드시 입회하여야 한다.

1.13 안전수칙

1.13.1 이 공사는 활선작업이 아닌 휴전작업을 원칙으로 한다. 그러나 365일 24시간 운영중인 부산신항만 각 부두에 전력 공급을 계속하면서 진행해야 하기 때문에 초고압 충전부에 근접해서 작업하는 경우 위험도가 매우 높은 공사이므로 부산항만공사(BPA)의 안전관리규정을 철저히 준수해야 한다. 또 한전 녹공변전소와 한전 용원변전소에서 수전받는 154kV인입 송전선로에 연결되는 GIS를 전면 교체하는 등 이번 공사의 위험성을 감안하여 BPA 안전관리 규정 내용을 보완할 수 있도록 한국전력공사 안전작업수칙(변전 및 배전)의 아래 내용 가운데에서 해당 부분을 준용한다.

(1) 한국전력공사 안전작업수칙(변전 및 배전)

제1장 총칙

제2장 일반 안전

제3장 전기작업 일반

제5장 지중작업

제9장 휴전작업

세부 내용은 <별첨 부록> 참조

2. 154kV GIS 설치공사

2.1 일반사항

- 2.1.1 이 공사는 154 kV 부산신항변전소의 154kV 수전 변압기 및 GIS 교체 설치공사로서 365일 24시간 운영중인 부산신항만 설비의 중요성을 명확히 인식하여 계약자는 시공품질과 안전확보에 최선을 다하여야 한다. 항만 운영의 연속성을 담보하기 위해 정전 최소화 방안으로 MTR & GIS 교체작업 할 수 있는 구체적인 방안을 미리 제출하여 승인받아야 하며, 공종별로 승인된 세부 안전작업절차서와 시공계획서에 따라 시공하여야 한다.
- 2.1.2 시공관리책임자는 설비의 내용, 시공범위 및 업무 등에 대하여 각 책임자에게 설명지시를 하고, 동시에 작업공정에 의한 작업원 배치계획, 필요 공구의 조달, 자재 및 소모품 수배 계획표를 작성해서 작업준비를 하여야 한다.
- 2.1.3 시공사는 시공 전과 시공 중 및 시공 후 상태를 기록사진으로 제출하고, 중요 공정은 세부적으로 나누어 촬영하며 기성고 및 준공불 지불 요청 시 사진첩에 정리하여 제출하여야 한다.
- 2.1.4 모든 기기 조립은 제작사 제출 도서(기기취급 설명서, 표준현장시공 및 시험절차서, 공장시험성적서, 검사 시험 절차서(ITP : Inspection & Test Plan, Procedure) 및 부산항만공사(BPA)가 위임한 감독자의 지시, 감리자(supervisor) 입회 아래 계약서에 따른 요구사항 등에 의하여 작업내용, 공정 등을 확실히 파악하고 필요한 자재, 장비, 인력 등을 확보한 후 조립순서에 따라 시행하여야 한다.
- 2.1.5 기기 설치는 기초 콘크리트가 토목공사 시방서에 명시된 최소 양생기간 경과 후 작업하되 분진이 발생되지 않도록 조치한다.
- 2.1.6 기기 조립 후 최종 점검 및 조정 작업 시에는 시공관리책임자 또는 작업 책임자와 당해 공사 감독자 및 supervisor 입회하에 동작시험을 완료하여야 한다.
- 2.1.7 당해 공사 외의 시공 한계점은 설치 전 관련 시공업체와 그 한계점을 명확히 하여 누락되는 일이 없도록 하며 또한 기기가 제 성능을 발휘할 수 있도록 최대한 상호 협조해야 하며 관련 공법은 시방서의 해당 절 및 시공사가 부산항만공사가 위임한 감독자에게 제출하여 승인을 받은 시공계획서에 따라 시행한다.
- 2.1.8 기존설비 충전부에 접근하여 작업할 때에는 반드시 지상 감시자를 고정 배치하여야 하며, 작업자는 지상 감시자의 지시에 따라 움직여야 한다.
- 2.1.9 변전소 GIS 교체공사와 연관된 모든 작업은 제작사와 부산항만공사가 위임한 감독자 사이에 협의된 지시에 따라 시공한다.

2.2 현장하차 및 본체정지

- 2.2.1 운송 후 하차 전 충격기록계는 부산항만공사가 위임 한 감독자와 제작사 입회하에 봉인상태 및 그래프를 점검하여 운송 중 충격이 가해졌는지를 확인하고 이상이 없으면 운송된 기자재에서 분리한다.
- 2.2.2 GIS는 현장의 기초가 완료된 후 운송 및 하차하므로 하차 시 해당 기기의 기초형강 상부에 설치하기 편리한 위치에 안전하게 안치하여야 한다.
- 2.2.3 제품 인양을 위한 크레인은 사전에 제품 및 포장물의 무게를 충분히 고려하여 안전 여부 확인한다.
- 2.2.4 인양 고리는 제품 및 포장물의 지정된 위치에 고정하며 지정된 위치 이외의 부위로 인양하는 것은 제품 또는 부품에 손상을 초래하므로 절대로 금하며 충분한 강도의 인양 로프를 사용하여야한다.
- 2.2.5 포장물 및 취급 설명서에 명기된 취급주의 사항을 충분히 고려하여 제품 또는 부품에 손상이 가지 않도록 주의하여야 한다.
- 2.2.6 제품의 현장 도착 시각에 맞춰 공급자는 하차 장비를 대기시킨다.

2.3 제품보관 및 설치준비

2.3.1 제품보관

- (1) 지반이 단단하여 침하 현상이 없고 배수가 양호한 보관장소를 선택하며, 습기가 많은 장소는 반드시 피해야 한다.
- (2) 각종 부품은 창고 내 또는 임시 설치한 창고 내 보관을 원칙으로 하며 부득이 옥외에 보관할 경우는 보관품의 점검을 강화하고 보관 기간을 최소화한다.
- (3) 포장을 해체한 상태에서 보관 시는 방진, 방습, 방수 대책을 실시하고 외부로부터 충격을 받지 않도록 해야 한다.
- (4) 옥외에 보관하는 제품들은 지면에 직접 방치되지 않도록 침목을 받쳐 보관한다.
- (5) SF6 가스는 40°C 이하의 장소에 보관하며 직사광선을 피하도록 한다.

2.4 모선(BUS) 연결 및 기기 설치

2.4.1 기준회선 안치

- (1) 모선 중심 높이가 설정된 설치기준 높이와 일치하지 않는 경우는 GIS 기기 가대와 기초형강 간에 라이너를 끼워 맞춘다.
- (2) 수평도의 확인은 절연 스페이서의 플랜지에 끼워져 있는 좌우의 스테드에 수준기를 놓고 행한다.
- (3) 모선 수직방향의 중심선이 기초면 위에 그려진 표시선과 일치하도록 조정한다.

- (4) GIS 기기 가대와 기초형강을 가 용접하여 움직이지 않도록 한다.

2.4.2 수송 커버 제거 및 내부청소

- (1) GIS 조립 시에는 수분 및 분진관리가 중요하므로 수송 커버는 조립 직전에 제거하여 개방시간을 최소화하여야 한다.
- (2) 탱크 접속 부위의 수송용 커버를 해체 후 내부 부품의 이상 유무를 확인하고 청소를 실시한다.
- (3) 수송용 커버를 해체 후에는 외부로부터의 이물질 침입을 방지하기 위해 비닐 등으로 방진커버를 만들어 씌운다.
- (4) 내부 조립부품 사이의 좁고 깊은 홈으로 되어 있는 부분은 이물질이 침입하면 쉽게 제거하기가 어려우므로 편평한 노즐 호스가 취부된 진공청소기를 사용하여 진공흡입에 의해 이물질을 제거한다.
- (5) 섬유질이 일어나지 않는 공업용 와이퍼에 휘발성이 높은 알코올 등으로 절연물, 쉴드, 도체 및 기타 탱크 내면을 청소한다. 이때 쉴드, 도체 등의 금속 부위를 청소한 와이퍼에는 미세한 금속 입자가 부착되기 때문에 금속 부위를 청소한 와이퍼로 절연물을 청소할 경우 와이퍼에 붙어 있는 금속 입자가 절연물에 부착될 염려가 있으므로 금속 부위를 청소한 와이퍼로 절연물의 청소를 하여서는 안 된다.

2.4.3 모선 연결 작업

- (1) 고정된 기기 및 연결할 기기의 가대 양측에 체인블럭을 설치한다.
- (2) 도체의 접촉자가 접촉하기 직전까지 양 회선 간 두 모선의 중심을 맞추면서 체인 블록을 천천히 조작하여 절연 스페이서의 O-링과 탱크의 플랜지를 살며시 접촉시킨다.
- (3) 탱크의 플랜지와 O-링간에 틈이 없도록 하여 가이드 스테드 이외에 스테드의 Seal, 와셔, 너트 순으로 장착한다.(조일 때는 처음에 대각 2개소를 동시에 조이고 다음에는 체결된 스테드와 직각의 대각 2개소를 동시에 체결한다.)
- (4) 연결된 회선의 설치 위치가 어긋난 경우에는 라이너와 벨로우즈에 취부된 너트를 조정한다.
- (5) 연결된 기기가대와 기초형강 간의 틈새가 발생시는 라이너를 삽입한다.
- (6) 모선 연결 접촉자 깊이는 각 제작사별 제작기준에 일치하여야 한다.

2.4.4 기기 설치

- (1) 차단기탱크 내에는 0.2~0.5kg/cm²의 SF6 가스, 기타 Tank 내에는 0.2~0.5kg/cm²의 질소가스가 충전되어 있으므로 탱크 연결부위 및 부품을 취부하는 이외의 가스구획 내 가스는 배기되지 않도록 주의한다.
- (2) 탱크 내부에서 작업할 경우는 내부에 공구를 놓아두지 않도록 아래와 같이 공구관리 및 작업을 행하여야 한다.
- (3) 조립 전에 반입된 부품의 총 수량을 확인하여 기록하고 작업 완료 후 사용된 부품과 나머지 부품 수량을 확인한다.
- (4) 가스 기밀 면은 제품의 생명이므로 기밀 면에 마찰, 긁힌 자국 및 도막의 벗겨짐 등을 확인한다.

2.4.5 상부 모선 조립

- (1) 상부 모선은 호이스트 최대 중량 이하 여부를 확인하고 인양 로프를 사용하여 상부 모선을 설치장소에 임시 배치시키며 이때 호이스트 작동은 숙련자가 시행하여 충격이 가하지 않도록 한다.
- (2) 접속부 양단의 질소를 방출시킨 후 양단의 수송 커버를 제거하고 방진 커버를 덮는다.
- (3) 플랜지면, O-링면, 실드, 도체, 스페이서 등의 이상 유무를 확인한다.
- (4) 외함 내부를 진공청소기로 먼지를 제거하고 휘발성이 강한 알코올로 닦아낸 후 신규 O-링을 취부한다.
- (5) 호이스트를 작동시켜 상부 모선을 접속부로 서서히 이동시킨 후 약 200mm 앞까지 이동시킨 후 Level, 중심 정렬을 확인하기 위한 미세 조정을 실시한다.
- (6) 가이드 스티드를 접속 측 플랜지에 접근되도록 크레인으로 상부 모선을 서서히 이동시켜 플랜지 면이 완전히 접속되도록 하여 볼트를 체결한다.

2.4.6 부싱 조립

- (1) 조립 전 부싱에 파손, 균열이 없는가 점검하며 부싱과 연결된 GIS 내부를 충분히 청소한다.
- (2) 부싱 인양 시는 전용로프를 사용하여야 하며 인양을 위한 로프의 위치는 양호한 가 확인하고 부싱을 적당한 위치로 인양한 후 방진용 비닐커버를 부싱 하부 측의 도체가 완전히 감싸지도록 덮는다.
- (3) 탱크 내의 가이드 봉이 느슨하지 않은가 확인 후 서서히 부싱을 내리면서 맨홀을 통하여 도체가 콘택트의 중심으로 완전히 접속되는지 확인한다.
- (4) 옥외형인 경우 시멘트 접속부의 실리콘 리버 및 플랜지부가 코킹처리는 되었는가를 확인한다.
- (5) 부싱 도체의 삽입 깊이는 각 제작사별 제작기준에 일치하여야 한다.

2.4.7 기기 및 가대 접지

- (1) 접속에 사용하는 공구는 100톤 이상의 유압식 압축장치와 접속 전선에 맞는 다이스(Dies)를 사용하여야 한다.
- (2) 덕트 내부에 포설되는 접지선은 랙(rack)의 최상단에 포설하며 양단은 주접지망에 연결한다.
- (3) 모든 기기 및 가대는 접지망과 연결하여 시공하며 이때 분기접지선의 보호를 위하여 동일 굵기의 2가닥 이상의 분기 접지선을 접지망의 서로 다른 접지선에 압축 접속한다.
- (4) 접지망과 연결 시 한쪽의 절단을 감안하여 양쪽 2개소를 연결한다.
- (5) 접지선의 분기 또는 기기 접속은 설계규격의 압축 스리브 및 압축단자로 시공하며 100톤 이상의 유압압축기를 사용하여 시공한다. 분기접지선의 길이는 가능한 짧게 하여야 하며, 부적합한 접속으로 인하여 접지저항을 상승시키지 않도록 유의하여 시공한다.
- (6) 기기접지용 접지선은 기기 정치 시 손상을 입지 않도록 다발로 묶어서 관리에 신중을 기해야 하며 만일 손상된 접지선이 발생할 경우는 즉시 교체하여야 한다.

2.5 흡습제 봉입

- 2.5.1 도킹 또는 점검이나 부품교환 등에 따라 30분 이상 대기에 노출된 가스구획 안에 있는 모든 흡습제는 새로운 흡습제로 교환, 봉입한다.
(작업시간은 20분 이내로 한다.)
- 2.5.2 흡습제 봉입에 따른 플랜지의 볼트 조임은 모션 연결 작업에 따른다.
- 2.5.3 흡습제 봉입은 작업등과 거울을 준비하여 내부 점검을 실시한 다음 흡습제를 봉입하며, 봉입망을 취부하는 볼트의 조임 상태를 확인한 후 볼트에 마킹한다.
- 2.5.4 흡습제의 흡습능력은 소량의 흡습제를 물에 넣었을 때 "쉬" 하는 소리와 함께 거품이 일면서 기포가 생기면 흡습능력은 양호한 것으로 본다.

2.6 방수처리

- 2.6.1 액체 패킹 주입 전에 각 패킹 주입구에 공기를 불어넣어 패킹 홈에 존재하는 수분을 완전히 제거한다.
- 2.6.2 패킹 주입 전 코킹 작업 시 플랜지 연결부의 접지패드 내부 쪽에는 가는 주걱 등을 사용하여 완전히 코킹이 이루어지도록 세심하게 작업한다.
- 2.6.3 수분을 제거한 후 수직 플랜지에 액체패킹 주입 시 상부측 주입구부터 주입하면 홈 내부의 패킹 흐름이 중지되어 패킹이 완전히 충전되지 않는 경우가 있으므로 하부측 주입구에서 주입하여 상부측 주입구로 패킹이 유출되는 것을 확인한다.

2.7 최종 도장 및 점검

2.7.1 최종 도장

- (1) 도장작업 전에 명판, 개폐표시기 유리창 등 도료가 묻어서는 안 될 부위 에 테이프 등으로 막아 도장작업 중 도료가 묻지 않도록 하며, 도장 후 필히 깨끗이 제거하여야 한다.
- (2) 운반 또는 설치 작업 시 손상된 도장 부위는 샌드페이퍼 등을 사용하여 녹 및 이물질을 완전히 제거 후 방청페인트 2회 도포 후 도장한다.
- (3) 증설 시에는 기설분 기기 탱크의 공기를 사용하지 말고 Air Comp.에서 직접 받아 사용한다.
- (4) 가스 구간의 스페이서 및 가스 배관은 황색으로 도장한다.
- (5) 기기 부호(BUS, CT, PT, CB, DS, EDS 등)를 사용해서 선로표시 도장을 적색으로 실시한다.

2.8 시험 및 검사

- 2.8.1 검수시험은 ES-6110-0002에 근거한 154kV GIS 기술규격에 따라 시행하여야 한다.
- 2.8.2 현장시험은 Supervisor 입회하여 현장시험에 대한 기술지도 및 확인을 한다.
- 2.8.3 기자재 남품시 SF6가스의 순도, 수분함유량 등 성능을 확인할 수 있는 성적서(검정서)를 제출해야 한다.

2.9 가압시험

- 2.9.1 최종점검이 완료되어 이상이 없는 경우, 부산항만공사(BPA)가 위임한 감독자 입회하에 가압시험을 시행한다. 이때, 보호배전반의 각종 계기 및 계전기는 이상이 없는 상태로 유지되어 있어야 한다.
- 2.9.2 가압시험은 변압기 2차측을 무부하 상태로 하여 시행한다.
- 2.9.3 가압시험은 무부하 및 실부하 가압시험으로 구분하여 시행한다.

2.10 안전수칙

- 2.10.1 이 공사는 활선작업이 아닌 휴전작업을 원칙으로 한다. 그러나 365일 24시간 운영중인 부산신항만 각 부두에 전력 공급을 계속하면서 진행해야 하기 때문에 초고압 충전부에 근접해서 작업하는 경우 위험도가 매우 높은 공사이므로 부산항만공사(BPA)의 안전관리규정을 철저히 준수해야 한다. 또 한전 녹공변전소와 한전 용원변전소에서 수전받는 154kV인입 송전선로에 연결되는 GIS를 전면 교체하는 등 이번 공사의 위험성을 감안하여 BPA 안전관리 규정 내용을 보완할 수 있도록 한국전력공사 안전작업수칙(변전 및 배전)의 아래 내용 가운데에서 해당 부분을 준용한다.

(1) 한국전력공사 안전작업수칙

제1장 총칙

제2장 일반 안전

제3장 전기작업 일반

제5장 지중작업

제9장 휴전작업

세부 내용은 <별첨 부록> 참조

3. 고장예방 시스템 시방서

3.1 일반사항

3.1.1 적 용 범 위

- (1) 본 시방서는 부산항만공사내 170kV GIS설비의 운전상태를 상시 감시하고, 내부의 이상 유무를 분석·진단하기 위하여 설치·운영하는 종합 예방진단 시스템의 구성 및 규격, 기능, 포장, 운반 및 기타사항에 대해 적용하며, 이 규격에 명시되지 않은 기타 사항은 IEC 등 국제규격과 제작사 제반 규정에 따라 결정한다.
- (2) 본 시방서에 명시되지 않은 일반사항은 발주처의 제반 규정에 따르며, 기술사항은 발주처와 계약자간의 협의에 의해 결정한다.

3.1.2 적용표준 및 규격

본 시방서는 다음의 규격에 따르며, 본 시방서에 명시되지 않은 사항은 발주처와 협의에 준한다.

- (1) 단선결선도(설계도면에 따름)
- (2) 구조 및 안전: IEC60255/IEC60950
- (3) 설계 및 제조: IEC 61000/ IEC 60255/ IEC 60068 /ISO14001/ISO9001

3.1.3 용어의 정의

- (1) 송전급 예방진단 시스템
변전소 내GIS, 변압기에서 발생하는 이상 신호를 센서를 통해 취득하고, DAU를 통해 처리된 신호를 상위시스템(HMI)로 전송한다. GIS의 부분방전, SF6가스밀도, 변압기의 유중가스분석 등에 대한 알고리즘을 활용하여 감시·분석·진단하고, 이상 징후로 판단된 Data와 중요한 감시 Data를 HMI로 전송하는 시스템으로 센서, DAU, DAU PANEL, HMI장치로 구성된다.
- (2) GIS 예방진단
GIS 부분방전, SF6가스밀도 등의 신호를 센서를 통해 취득하여 GIS 상태를 복합적으로 감시·분석·진단한다.
- (3) 변압기 예방진단
변압기 유중가스 검출 신호를 센서를 통해 취득하여 변압기 상태를 복합적으로 감시·분석·진단한다.
- (4) HMI(Human Machine Interface)
변전소 내 진단용 DAU로부터 이상 징후 신호와 중요 데이터를 상시 모니터링하고, 진단하는 알고리즘을 통해 전력설비의 이상유무를 판정하는

기능을 수행하며, 데이터를 분석하여 변전기기의 이상을 검출하여 경보를 발생시킨다.

(5) 진단 Workstation

GIS부분방전(PD), GIS가스 밀도, 변압기 유중가스 등을 진단하는 소프트웨어가 설치되어 있어, GIS 및 변압기에 대해 Local DAU에서 디지털값으로 변환된 취득 데이터와 정보를 종합진단·분석하여 결과를 도출하고 상위 HMI 등에 정보를 제공하는 역할을 한다.

(6) Local DAU(Data Acquisition Unit)

센서에서 취득된 신호를 표준화된 데이터로 변환하는 역할과 각종 센서에서 취득한 데이터를 GIS 부분방전, 변압기 유중가스 등을 진단하는 소프트웨어가 설치되어 있어, GIS, 변압기에 대해 Local DAU에서 디지털값으로 변환된 취득 데이터와 정보를 종합진단·분석하여 결과를 도출하고 상위 HMI 등에 정보를 제공하는 역할을 한다.

DAU의 종류는 다음과 같다.

(가) ST-DAU: GIS 및 변압기의 UHF PD신호, RS-485, 4~20mA 등

아날로그/디지털 입력신호를 처리하는 데이터취득장치

(7) Main Module은 DAU에 장착된 모듈에서 데이터를 수신받아 상위 HMI와 통신을 위한 장치이다.

(8) NGM/PDM은 300~ 1500MHz대역의 PD신호 검출 및 데이터처리를 위한 장치이다.

(9) CBM은 차단기 동작특성, 접점수명 및 가스밀도를 상시감시 분석하는 장치이다.

(10) Local DAU 패널

GIS 및 변압기의 각종 센서로부터 취득한 신호를 ST-DAU로 전송을 하며 이러한 DAU 및 통신장치, 전원장치 등을 취부한 패널에 해당한다.

(11) UHF PD센서(Ultra High Frequency Partial Discharge Sensor)

GIS 및 변압기 내부의 절연물 부분방전 신호를 검출하는 센서

(12) 노이즈센서

GIS 및 변압기 주변의 전자파 신호를 검출하여 진단장치에 유입되는 진성 부분방전신호를 구분한다.

(13) 부분방전(Partial Discharge)

전력설비의 내부 결함 발생 혹은 열화 진행 시 검출되는 전자파 신호로서, 사고예방을 위한 감시항목으로 활용되고 있다.

(14) PRPD(Phase-resolved Partial Discharge) Chart

검출된 부분방전 신호를 Phase(X축)-Magnitude(Y축)에 누적 Mapping한 Chart로서, 부분방전 패턴을 분석하기 위하여 활용된다.

(15) PRPS(Phase-resolved Pulse per Sequence) Chart

발생하는 부분방전 펄스 신호를 한 주기(1/60초)마다 Phase(X축)-Magnitude(Y축)에 Mapping한 Chart로서, 부분방전 신호의 연속적이 발생 여부를 분석하기 위하여 활용된다.

3.1.4 공 급 범 위

(1) 진단시스템 공급 및 설치

- (가) 170kV GIS설비에 UHF PD센서, 가스밀도센서, DGA센서를 적용하며, 송전급 예방진단장치 패널을 고객과 협의하여 지정된 장소에 설치하여 부분방전 발생 및 기타 이상 여부를 상시 감시할 수 있도록 한다.
- (나) 발주처에서 지정한 장소에서 송전급 예방진단시스템을 상시 감시할 수 있는 상위시스템(HMI)를 구성한다.
- (다) 시스템은 향후 증설 및 개보수 등에도 호환 및 변경 등이 용이하여야 한다.
- (라) 계약상대자는 계약 내용을 수행하는데 필요한 제반 현장 조건을 조사 확인 한 것으로 간주하며, 본 시방서에 명기된 On-Line 부분방전(PD), 진단장비 부속재의 설계, 제조, 시험, 운반, 포설, 접속 및 준공시험을 수행하여야 한다.

3.1.5 요 구 성 능

(1) 송전급 진단시스템 구성 및 기본 진단 항목

송전급 진단시스템은 [표 1]과 같이 ST-DAU, HMI로 구성되며, 시스템 구성 및 진단 항목은 [표 2] 및 [Fig. 1]과 같다.

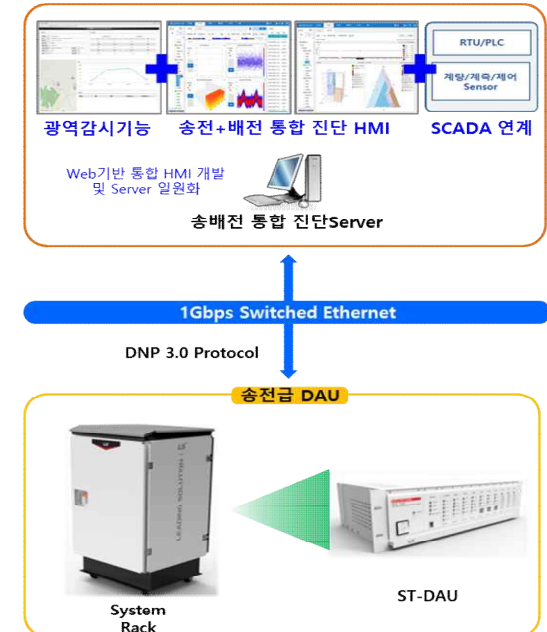
[표 1] 송전급 진단시스템 공급항목

No.	품 명	규격 및 구성	비고
1	DAU 및 패널	- 19인치 랙타입 - ST DAU, 통신장치 등	2Lot
2	Workstation	실제 사용하는 명칭	1Set
3	진단HMI		1Lot

[표 2] 송전급 진단시스템 진단항목

No	품명		감시 항목	비고
1	GIS	부분방전	- UHF대역(300~1,500MHz) 부분방전	
		가스밀도감시	- SF6가스밀도	
2	변압기	유중가스분석	- 4종 통합가스분석	

[Fig. 1] 송전급 종합예방진단시스템 구성도



(2) ST-DAU (Smart Transmission Data Acquisition Unit)

- (가) 송전급 전력설비에서 발생하는 부분방전(PD)을 실시간으로 감시하기 위한 데이터 수집 장치(DAU)로서, 전력 설비 내/외부에 설치되어 있는 진단센서를 연결하여 부분방전 신호를 검출한다.
- (나) ST-DAU는 Power Module, Main Module, Noise Gating Module(NGM), Partial Discharge Module, Power Module, Main Module, Communication Module(COMM), Analog Input Module(AIM), Digital Input Module(DIM), Circuit Breaker Module(CBM)로 구성되며, Discharge Module로 구성되며, 각 Module의 기능은 하기 [표 3]과 같다.
- (다) ST-DAU의 모든 모듈은 정상 동작 여부를 확인 할 수 있는 LED가 전면 Panel에 있으며, 설정된 동작 시퀀스에 따라 정상 여부와 진단 상황을 간략히 확인 가능하다.
- (라) Main Module은 상위 HMI와 통신을 위한 Electrical Ethernet 1 Port, Optical Ethernet 1 Port, Debugging RS-232 1Port가 있으며. 각종 NGM/PDM에서 전송된 데이터를 상위 HMI로 전송한다.
- (마) NGM/PDM은 300MHz ~ 1,500MHz의 검출대역을 가지는 UHF PD 센서를 이용하여 PD데이터를 검출한다.
- (바) NGM/PDM은 검출한 PD 데이터를 1도당 MAX값을 추출하여, 360도 DATA를 1초에 최대 60SET(전원 주파수 60Hz기준)를 만든다.
- (사) COMM, AIM, DIM, CBM용 Terminal Block(신호입력단자대, T/B)이 있으며, T/B은 센서 신호를 받기 위한 단자대 역할 및 모듈 보호 회로 역할을 한다.
- (아) AIM은 T/B를 통해 4-20mA 신호를 취득할 수 있으며, 모듈당 8 Channel로 구성되어 있다.
- (자) DIM은 T/B를 통해 0-5V의 Digital 접점신호를 취득할 수 있으며, 모듈당 16 Channel로 구성되어 있다.
- (차) CBM은 T/B를 통해 0-5V, 4-20mA의 센서신호를 취득할 수 있으며, 모듈당 GIS CB차단기 1Bay를 감시할 수 있다.
- (카) ST-DAU는 총 10EA의 Slot이 있으며, NGM/COMM/PDM/AIM/DIM/CBM을 혼합하여 구성할 수 있다.

[표 3] Module별 주요 기능

모듈명	기 능	센서
MAIN	- Main Process Unit - Comm., AI, DI, CBM 데이터 취합 - 데이터 Mapping 상위 전송 - 모듈별 측정 및 전송주기 설정 - 통신상태 점검기능 - 자가진단 Reset 기능	- Communication Module [Comm.] - Analog Input Module [AIM] - Digital Input Module [DIM]

모듈명	기 능	센서
Power Module	- 입력 전압 : 48VDC $\pm$ 10% - 출력 전압 : +5VDC(Max. 12A)	-
Noise Gating Module (NGM)	- 외부 노이즈 신호 취득 - 유효 주파수 신호 수신 - Sampling된 신호를 Main CP로 전송 - 상위 HMI와 연계하여 Noise Gating 연산 수행	- UHF PD 센서 : 부분방전신호 검출
Partial Discharge Module (PDM)	- 유효 주파수 신호 수신 - Sampling된 신호를 Main CPU로 전송 - UHF PD센서에서 신호 취득	- UHF PD 센서 : 부분방전신호 검출
COMM.	- 로컬 RS-485 통신 Gateway - 통신상태 점검기능	- DGA - 4종/8종 가스 및 수분 검출장치
AIM	- 4-20mA Analog 신호 검출 - 전면 PNL 표시기능(7 seg.) - GIS 가스밀도 상시 감시 - 센서 확장 2 Spare - 모듈 상태점검 기능	- 가스밀도센서[GDM] : GIS 가스밀도 검출
DIM	- 0 ~ 5V Digital 신호 검출 - OLTC 동작 횟수 감시 - OLTC Tap 위치 감시 - 외부 접점 신호 감시	-
CBM	- 4-20mA Analog 신호 검출 - 0~5V Analog 신호 검출 - 차단 전류 감시 - AUX A/B 접점 상태 감시 - 차단기 동작거리/속도 감시 - Trip/Close Coil 전류 감시	- DC전류센서 : Trip/Close Coil전류 감시 - Stroke센서 : 차단기동작거리/속도 감시 - CT 센서 : 차단 전류 감시
T/B	- 4-20mA Analog 신호 단자대(AIM) - 0~5V Digital 신호 단자대 (DIM) - 차단기동작특성 감시용 센서 - 단자대 (CBM) - RS-485 신호 단자대 (COMM.)	-

[표 4] ST-DAU 정격 및 사양

구 분	항 목		정 격 및 사 양
정격	사용환경		- 1000m 이하, 옥내.외 (외함 완제품 기준)
	동작 환경		- 사용온도 : 0°C ~ +55°C - 보관온도 : -20°C ~ +70°C - 사용습도 : 10 ~ 80% - 보존습도 : 95% 이하
	전원 입력		- 주전원 : 110VDC or 220VAC (허용오차: $\pm 10\%$)
주 처리 장치	주 제어부	Main Module	- Main Process Unit : Comm., AI, DI, CBM 데이터 취합 및 상위 전송 - 600MHz CPU/Electric 2port/Optical 2port/Debugging 1Port - IEC 61850 탑재 가능 H/W Spec.
		Back Plane	- Fast Ethernet Sub Board : 전원 공급라인 및 데이터 송수신 Route - Fast Ethernet Switch 1,2(slot 0~9) / Fast Ethernet 100Mbps
	서브 모듈	COMM Module	- Communication Module : 로컬 RS-485 통신 Gateway 및 통신 상태 점검 - 5K Isolation/Port - Sensor Protocol : Modbus - Core : ARM 32-bit Cortex™-M3 CPU (120 MHz) / 150 DMIPS/1.25 DMIPS/MHz - Two independent UART channels / RS-485 6Port support: 하위 DGA, ADM 통신
		AI Module	- Analog Input Module: 4-20mA analog 센서 신호 검출 - 신호-전원 GND분리를 통한 신호왜곡 최소화 / DC-DC 컨버터 적용 - Core: ARM 32-bit Cortex™-M3 CPU (120 MHz) / 50 DMIPS/1.25 DMIPS/MHz - 20MS/s 고속 A/D 모듈 탑재 - 0~+5V Input 8Ch. - 2KV Isolation, 1Ksps/Ch

구 분	항 목		정 격 및 사 양
주 처리 장치	서브 모듈	DI Module	- Digital Input Module : 알람 접점 신호 검출 - Dry Contact 모든 센서 적용가능 - 접점입력 : Max DC +24V - Digital Input : 16Ch. - Core : ARM 32-bit Cortex™-M3 CPU (120 MHz)/ 150 DMIPS/1.25 DMIPS/MHz
		CB Module	- Circuits Breaker Monitoring : CB 동작 특성 및 접점 수명 분석, CB 가스밀도 감시, 유압모터 전류 감시 - 0~+5V Input : 6Port , -5V~+5V Input: 3Port , 100Ksps/Ch - Core : ARM 32-bit Cortex™-M3 CPU (120MHz), 150 DMIPS, 1.25 DMIPS/MHz - PSRAM : 3.2Mbyte
		PDM/ NGM	- CPU : STM32F207, Cortex-M3 120MHz - RAM : Internal 128K Bytes - FLASH : Internal 512K Bytes - Fast Ethernet Back Plane Bus 1 Port
통신	전송 프로토콜		- TCP/IP 기반 전용프로토콜
기타	자가복구기능		- 각 모듈 상태 점검 및 자가진단 Reset 기능

(3) HMI(송전급 진단 S/W)

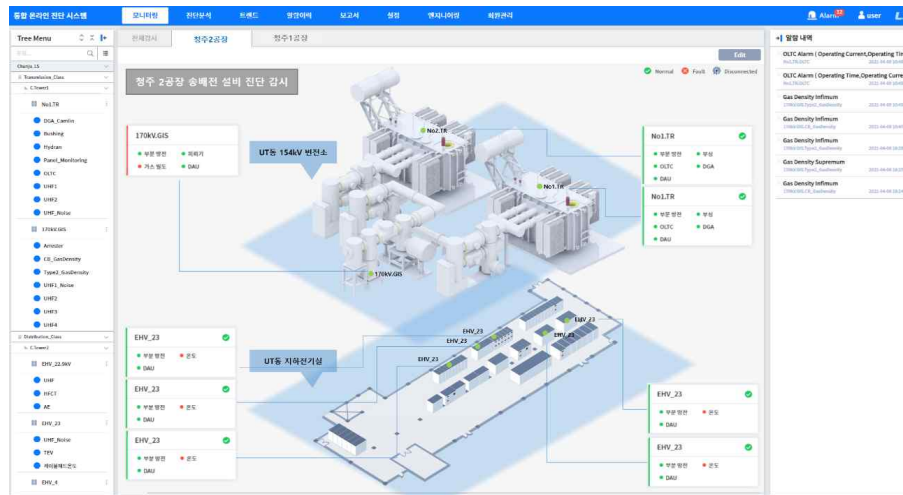
(가) 기본 기능

- HMI는 사용자 ID를 생성하고 Password를 통하여 보완/운영 관리된다.
- HMI는 감시 대상 전력 계통의 단선도 및 전력 설비의 3D 모델링 도면을 반영하여 전력 설비 상태 모니터링 및 분석화면 등을 제공한다.
- 감시 대상 전력 설비에 설치된 DAU, 각종 센서의 정보를 확인할 수 있는 탐색 화면이 있다.
- HMI는 부분방전, 부상, OLTC, 차단기 등의 센서에서 수집된 DATA의 실시간 감시 및 진단 화면을 제공하며 여러 개의 화면을 실행하여 감시 할 수 있다.
- 센서에서 수집된 DATA의 실시간 감시 기능과 과거 데이터 및 진단분석 결과를 조회하는 진단 및 트렌드 조회 기능이 있으며, 센서에서 수집한 DATA를 추출할 수 있다.
- 진단시스템의 정상 작동 여부를 확인할 수 있으며, 진단기준 및 H/W 세부 설정 기능이 있다.

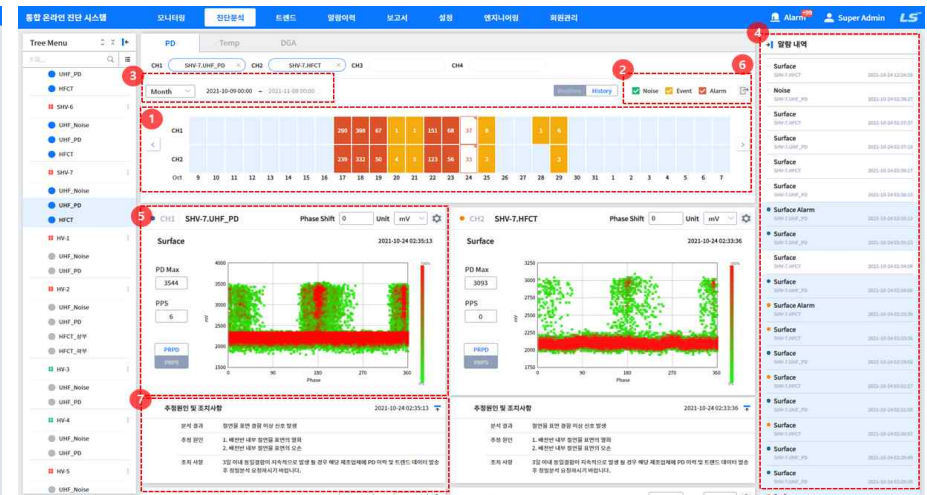
(나) 진단감시화면

- 전력 설비의 단선도 혹은 3D Modelling과 센서의 설치 위치를 직관적으로 확인할 수 있으며, 센서에서 측정되는 값을 개략적으로 확인할 수 있다.
- 센서에서 측정된 값은 진단감시 항목별로 설정된 기준치를 초과할 경우 측정값이 붉은색으로 표시되어 알람 발생을 표현한다.
- 진단감시화면에서는 탭 메뉴를 생성하여 여러 전력 설비 및 단선도를 추가 가능하다.
- 각 센서별 측정값 표시창에는 '상세' 혹은 '진단' 화면으로 이동할 수 있는 '바로가기' 기능이 있다.

[Fig. 2] 변전소 진단감시화면



[Fig. 3] 부분방전 진단감시 화면



(다) 부분방전(PD)진단 분석화면

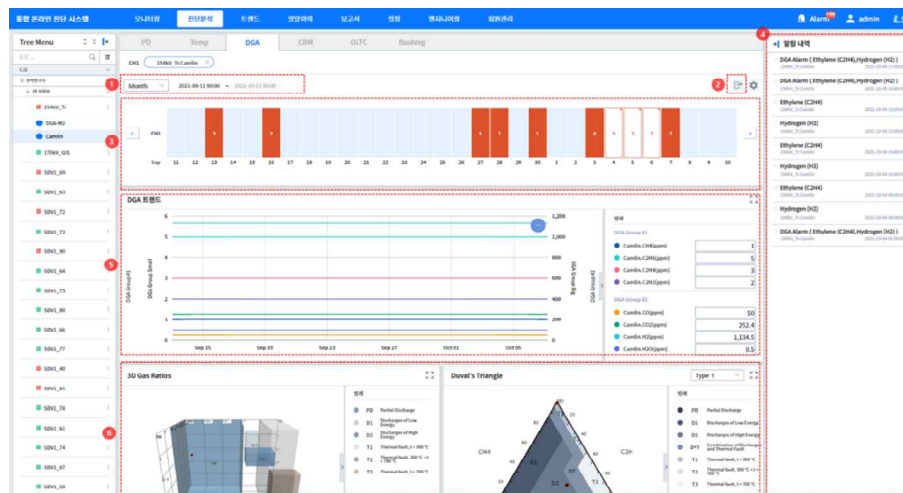
- 부분방전 진단분석화면에서는 실시간 PD 분석, 실시간 PD 다채널 분석, PD이력 분석, PD다채널 분석, Trend 조회화면이 있어야 한다.
- 실시간 PD분석 및 다채널 PD 분석화면에서는 감시 대상 설비 및 정보와 센서를 통해 검출된 PD 신호를 PD Chart(PRPD, Phi-Q, Phi-N, 3D, Q-N)에 표시할 수 있어야 한다.
- PD 이력분석, 다채널 PD 분석에서는 대상 설비 및 정보, PD알람, Trend Navigator, PD Chart, 판정 결과, 회귀 분석을 확인할 수 있어야 한다.
- PD 알람 이력 표시영역에서 기간을 설정하여 노이즈, 이벤트, 알람으로 구분하여 조회할 수 있으며, 측정된 신호의 분석 결과를 확인할 수 있어야 한다.
- Trend Navigator에서는 조회한 기간 동안에 측정된 신호의 분석 결과를 노이즈, 이벤트, 알람으로 구분하여 표시할 수 있어야 한다.
- PD이력 분석 및 다채널 분석화면에서는 설정한 기간에 발생한 알람을 조회 및 DATA를 추출할 수 있으며, 알람 이력을 선택할 경우 해당 알람에 관련된 PRPD Chart 및 패턴 분석 결과를 표시할 수 있어야 한다.
- PD Trend에서는 설정한 기간 동안에 선택한 PD센서의 측정값 및 기준치 이상 발생 횟수를 표시하여 PD의 변화 추이를 확인할 수 있어야 한다.

- 부분방전 Chart의 Y축 단위는 dBm, pC, mV 단위로 변환할 수 있으며, 설정에서 모든 Chart의 X-Y축Scaling을 수동/자동으로 설정 가능해야 한다.
- HMI에서는 분석을 위한 알고리즘이 포함되어 있어, 수집된 데이터를 토대로 패턴을 분석하고 발생 경향을 분석하여 이벤트와 알람을 발생시킬 수 있어야 한다.

(라) 변압기 유중가스 진단화면

- 유중가스 진단 화면에서는 감시 대상설비 및 정보, 유중가스 검출이력, Trend, 선택가스 농도, 선택가스 Bar Chart, 판단 결과를 확인 할 수 있어야 한다.
- TR정보와 날짜 정보를 기반으로 이력으로 저장된 유중가스 정보를 검색해 제공하며 측정 장치의 종류에 따라 H₂, CO, C₂H₂, C₂H₄의 4종 통합가스가 검색되어 제공될 수 있어야 한다.
- Trend 조회 기능을 통해 기간을 설정하여 조회된 이력 정보에 대한 추이를 확인할 수 있어야 한다.
- TR 유중가스 분석/진단 화면에서 사용자가 기간 설정을 통해 조회된 이력 정보에서 특정 시점의 데이터를 선택하면 해당 유중가스의 농도가 숫자로 표시되어야 한다.
- TR 유중가스 분석/진단 화면에서 사용자가 기간 설정을 통해 조회된 이력 정보에서 특정 시점의 데이터를 선택하면 해당 유중가스의 농도를 바 차트 형태로 표시해야 한다.
- 유중가스 한전기준 판단은 사용자가 유중가스 이력 데이터 중에 특정 시점의 데이터를 선택하면 해당 시점의 4종 통합가스를 기준으로 한전 기준으로 판단 가능해야 한다.
- 8종 가스 분석장치를 사용하는 경우 Duval Triangle 분석을 수행하며, Duval Triangle분석/진단 화면으로 이동할 수 있어야 한다.

[Fig. 4] 변압기 유중가스 진단 화면



[Fig. 5] 알람이력 List화면

No.	Time	Equipment	Alarm	Status
1	2022-08-28 10:00:00	154W_7c,Busking	Building Alarm : Medium,Intermittent,Closed,Candidate 1 m(Candidate 1 m)	대
2	2022-08-28 10:01:00	System	MSO Usage	대
3	2022-08-28 10:01:00	154W_7c,Busking	Building Alarm : Medium,Intermittent,Closed,Candidate 1 m(Candidate 1 m)	대
4	2022-08-28 10:01:00	154W_7c,Busking	MSO Usage	대
5	2022-08-28 10:01:00	154W_7c,Busking	Building Alarm : Medium,Intermittent,Closed,Candidate 1 m(Candidate 1 m)	대
6	2022-08-28 10:01:00	154W_7c,Busking	Building Alarm : Medium,Intermittent,Closed,Candidate 1 m(Candidate 1 m)	대
7	2022-08-28 10:01:00	154W_7c,Busking	Building Alarm : Medium,Intermittent,Closed,Candidate 1 m(Candidate 1 m)	대
8	2022-08-28 10:01:00	154W_7c,Busking	Building Alarm : Medium,Intermittent,Closed,Candidate 1 m(Candidate 1 m)	대
9	2022-08-28 10:01:00	154W_7c,Busking	Building Alarm : Medium,Intermittent,Closed,Candidate 1 m(Candidate 1 m)	대
10	2022-08-28 10:01:00	System	MSO Usage	대
11	2022-08-28 10:01:00	154W_7c,Busking	Building Alarm : Medium,Intermittent,Closed,Candidate 1 m(Candidate 1 m)	대
12	2022-08-28 10:01:00	154W_7c,Busking	Building Alarm : Medium,Intermittent,Closed,Candidate 1 m(Candidate 1 m)	대
13	2022-08-28 10:01:00	154W_7c,Busking	Building Alarm : Medium,Intermittent,Closed,Candidate 1 m(Candidate 1 m)	대
14	2022-08-28 10:01:00	154W_7c,Busking	Building Alarm : Medium,Intermittent,Closed,Candidate 1 m(Candidate 1 m)	대
15	2022-08-28 10:01:00	154W_7c,Busking	Building Alarm : Medium,Intermittent,Closed,Candidate 1 m(Candidate 1 m)	대
16	2022-08-28 10:01:00	154W_7c,Busking	Building Alarm : Medium,Intermittent,Closed,Candidate 1 m(Candidate 1 m)	대
17	2022-08-28 10:01:00	154W_7c,Busking	Building Alarm : Medium,Intermittent,Closed,Candidate 1 m(Candidate 1 m)	대
18	2022-08-28 10:01:00	154W_7c,Busking	Building Alarm : Medium,Intermittent,Closed,Candidate 1 m(Candidate 1 m)	대
19	2022-08-28 10:01:00	154W_7c,Busking	Building Alarm : Medium,Intermittent,Closed,Candidate 1 m(Candidate 1 m)	대
20	2022-08-28 10:01:00	154W_7c,Busking	Building Alarm : Medium,Intermittent,Closed,Candidate 1 m(Candidate 1 m)	대
21	2022-08-28 10:01:00	154W_7c,Busking	Building Alarm : Medium,Intermittent,Closed,Candidate 1 m(Candidate 1 m)	대
22	2022-08-28 10:01:00	154W_7c,Busking	Building Alarm : Medium,Intermittent,Closed,Candidate 1 m(Candidate 1 m)	대
23	2022-08-28 10:01:00	154W_7c,Busking	Building Alarm : Medium,Intermittent,Closed,Candidate 1 m(Candidate 1 m)	대

(마) 알람 이력 및 보고서

- 알람이력 화면에서는 시스템 및 진단 알람 이력을 관리 할 수 있어야 한다.
- 보고서 화면에서는 진단 알람에 일보, 주보, 월보 등의 정기 보고서가 생성되어야 한다.

(바) 송전급 진단장치의 세부 설정(단위, Chart Scaling, 알람 기준값, 기기 IP 설정 등)은 설정화면에서 수정 및 변경 가능해야 한다.

3.1.6 제 출 서 류

(1) 계약자는 착공 후 다음 사항을 발주처에 제출하여야 한다.

번호	서 류 명	부수	제 출 일	비 고
1	제작사양서 - 자재규격 및 수량 - 제품의 구조도 또는 제작도 - 진단장비 부속재 설치 상세도 - 부속자재 및 보수자재 목록	1부	계약 후 14 일	
2	기자재 공급, 설치 시험 일정표	1 부	계약 후 14 일	
3	각종 시험 성적서	1 부	시험완료 15 일 이내	
4	시험 절차서	1 부	계약 후 14 일	
5	포장 및 운반 계획서	1 부	계약 후 14 일	
6	현장 저장 및 취급설명서	1 부	계약 후 14 일	
7	품질보증 및 품질관리 절차서	3 부	시운전 완료 후 즉시	
8	준공 도서	3 부	시운전 완료 후 즉시	
9	USB(1~8번 서류 일체 저장)	3 개	시운전 완료 후 즉시	

(2) 기타 발주처에서 요구하는 서류를 제출하여야 한다.

3.1.7 하 자 보 증

- (1) 계약자는 공급되는 기기 및 자재에 대한 전체적인 성능 및 품질보증과 규정된 운전조건에서의 전기적 안정성, 신뢰성, 안전도 등 관련 시방에 제시된 사항에 대해 보증해야 한다.
- (2) 하자보증기간은 별도 계약에 따른다.

3.1.8 기자재 공급

- (1) 본 계약에 따라 공급되는 모든 기기 및 자재는 기술시방서의 내용에 일치하여야 하며, 본 계약의 목적에 부합되는 최신 제품으로 계약 당시 최신의 설계, 최근 수요자에게 공급되는 제품과 동일하거나 그보다 우수한 기술이 사용되어야 한다. 해당하는 모든 기기 및 자재에 대해서는 적용 가능한 범주내에서 최고 사양의 제품을 추천토록 한다.

3.1.9 검사 및 시험

송전급 진단시스템을 구축하고 준공 전 시스템 검사 및 시험을 진행하고 시험성적서를 제출하여야 한다.

- (1) 송전급 진단장치 시험성적서
(2) 송전급 진단시스템 시험성적서

3.1.10 교육 및 훈련

계약자는 시스템 운전 및 유지보수를 위해 발주처 직원에 대하여 다음 교육을 실시해야 한다.

[표 7] 교육/훈련 대상별 교육내용

구 분	대 상	교 육 내 용
운전교육	예방진단 운전요원	- 시스템 개요 이해 및 조작방법 - 예방진단 구성 및 사용법
보수교육	하드웨어 보수요원	- 시스템 하드웨어 구성 및 동작 이론 - 유지보수 점검 방법 등
	소프트웨어 보수요원	- 시스템 개요 이해 및 동작이론 이해 - 시스템 S/W 구성 및 동작이론 이해 - 데이터베이스 편집 및 운용능력 확보

3.1.11 납 기

별도 계약에 따른다.

3.2 기술사양

3.2.1 환 경 조 건

- (1) 주위온도: -25°C ~ 40°C
- (2) 습도: 20 ~ 85% (결로가 없는 상태)
- (3) 표고: 해발 1,000m 이하
- (4) 설치장소: 옥내(분진, 또는 유독성 가스가 없는 곳)
- (5) IP등급: IP52

3.2.2 주요기기 제작사양

- (1) 170kV GIS
 - (가) UHF PD센서
 - 센서설치 수량

구 분	Incoming Bay	MTR Bay	합 계
수 량(개)	8	12	20

- 취부방식 : 내장형
- 주파수 검출대역 : UHF 대역 500~1500MHz영역을 포함하고 GIS의 크기와 규격을 고려해야 한다.
- 센서 감도 : GIS에 설치된 센서로부터 1m 거리에서 IEC60270에 의한 걸보기 방전크기 10pC 이하의 부분방전을 검출할 수 있어야 하며, 이때 출력은 -40(0.1μW, 50Ω)이상이어야 한다.
- 센서의 신호선 연결부는 감쇠가 적은 N형 connector로 인출되는 구조로 하여야 하며, Local unit와 연결은 동축케이블을 이용하는 구조로 하여야 한다.
- 센서의 출력부는 우수 또는 세정장치에 의한 세정시에도 전기적, 기계적 이상을 초래하지 않는 방수구조로 해야 한다.
- 센서의 차폐 : GIS의 스페이서에 설치되는 모든 센서는 시스템의 측정 대역에서 외부 전자기파 잡음에 대해 10dB 이상 차폐되도록 설치하여야 한다.
- GIS 규격별로 동일한 종류의 센서가 사용되어야 하며 센서간의 감도 편차는 최소화 되어야 한다.
- 센서와 주변 부품이 GIS 설비 사고 고장 요인으로 작용하지 않도록 설계, 제작한다.
- 센서와 차폐체의 수명은 취부되는 GIS의 수명과 동등하거나 그 이상이 될 수 있도록 설계, 제작한다.

(나) 가스밀도 Monitoring

- 센서설치 수량

구 분	Incoming Bay	MTR Bay	합 계
수 량(개)	6	12	18

- GIS SF6가스 밀도센서를 설치하여 상/하한 및 경보감시를 하여야 하며, 변화추이 상태분석을 할 수 있어야 한다.
- 센서 설치 시 가스가 누기되지 않도록 안전조치를 하여야 한다.
- 센서의 4~20mA 아날로그 출력신호는 원격감시가 가능하도록 데이터취득장치에 신호를 전송하여야 한다.

(2) 154kV 주변압기

(가) 유증가스분석장치(4종통합가스)

- 센서설치 수량

구 분	주 변압기	합계
수량 (개)	6	6

- 취부방식 : 드레인밸브 취부형
- 분석장치 내에 센서와 제어부로 구성되어 있으며, 절연유내의 H₂(수소), CO(일산화탄소), C₂H₂(아세틸렌), C₂H₄(에틸렌)가스 및 수분을 이용하여 변압기의 상태를 감시할 수 있어야 한다.
- 분석능력 : 가스 - 선택적 가스 투과막과 가연성 가스 탐지기를 이용, 수분 - Thin film capacitive sensor
- 샘플링 포트: DGA(Dissolved Gas analysis)를 위한 오일 추출 및 설치시 이용 가능
- 표시범위: 가스 - 0~2,000ppm, 수분 - 0~100%RH
- 허용오차: 가스 - 지시값±10%, 수분 - ±2%
- 상대감도

성분	H ₂	CO	C ₂ H ₂	C ₂ H ₄
%	100	18	8	1.5

- RS-232 및 RS-485, 4-20mA 출력 단자를 가지고 있어야 한다.
- 출력은 전면의 LCD창 및 통신을 이용하여 현장 또는 원격지의 PC상에 설치된 소프트웨어상에 표시되어야 한다.
- 분석장치의 LCD창에는 가스, 수분, 날짜 및 알람 유무를 확인할 수 있어야 한다.
- 분석장치는 전원부에 이상이 생겨도 지장이 없도록 회로에 보호 장치를 구비하여야 한다.

(3) Local 데이터취득장치 및 판넬

- (가) Local 데이터취득장치 및 판넬은 GIS 부분방전용 DAU(Data Acquisition Unit)와 아날로그입력(A/I) 및 디지털입력(D/I)용 DAU, 전원공급장치, 광케이블 신호변환장치 및 분배기 등으로 구성된다.
- (나) ST-DAU(GIS 부분방전용 DAU) : GIS UHF센서로 부터 부분방전 신호 데이터를 취득하여 중앙처리장치에 데이터를 취합 및 분석하여 상위 HMI 시스템으로 전송하는 장치이다.
 - 300~3000MHz 대역의 부분방전 신호를 처리하는 RF 신호처리장치를 가지며, 최소 검출 신호 $-55\text{dBm}(0.03\mu\text{W})$ 이하의 광대역방식의 신호를 처리하여야 한다.
 - GIS 가스밀도 및 주변압기 유증가스분석장치, 절연유 및 권선온도 등의 데이터를 취득하여 상위 HMI가 인지할 수 있는 프로토콜로 변환하여 전송하는 장치이다.
 - 19인치 표준 서브랙에 취부가 가능하여야 하며, 1개 Unit은 9개이상의 입력채널과 외부노이즈를 검출하는 1개의 채널을 가지는 구조로 향후 확장성을 가져야 한다.
 - 상위 HMI시스템과 Data통신은 광시리얼로 연결 및 통신할 수 있는 구조여야 한다.

(4) 상위 HMI시스템

- 상위 HMI시스템은 데이터 취득 및 감시 소프트웨어와 O/S(Operation SW), A/S(Analysis SW) 및 Workstation, 모니터, 광통신변환장치, 서브랙 등으로 구성된다.
- 데이터취득 및 감시 소프트웨어는 데이터 취득, 처리 소프트웨어와 감시 및 진단운영 소프트웨어로 구성되며 Workstation에 설치되어 운영된다.
- 소프트웨어는 승인자만 접속할 수 있도록 Login ID 및 비밀번호 입력시만 구동될 수 있어야 한다.
- 소프트웨어는 뷰포트, 알람창, 트렌드감시화면, 보고서, 진단화면 등으로 구성되어야 한다.
- 뷰포트는 그래픽 화면을 보기 위한 윈도우화면으로 멀티윈도우로 운영자가 원하는 수만큼 생성하여 화면을 감시할 수 있어야 한다.
- 알람창은 알람 서버 연결 유무, 현재 미인지 알람 개수, 알람 메모리의 사용 용량, 설정버튼, 윈도우 위치 변경 버튼 등이 표시되어야 한다.
- 트렌드감시화면은 통합 엔지니어링 툴로써 엔지니어링 한 파일(이력수집그룹, 감시그룹, 차트 스타일, 테이블스타일)을 기반으로 실시간 및 이력 데이터를 그래프 형태로 제공해야 한다.
- 보고서 조회 화면은 Client 시스템에서 Host에 자동 생성된 보고서 파일을 조회하는 기능을 제공하며, 보고서 조회 파일로는 시보, 일보, 주보, 월보, 연보, 고정신호 파일을 조회할 수 있어야 한다.

- 진단화면에서 GIS PD 분석 조회는 온라인, 오프라인으로 나뉘어야 하며, TR 유중가스분석은 수기로 입력하는 방식으로 확인할 수 있어야 한다.
- GIS PD분석화면은 PD DAU에서 올라온 데이터를 저장하고, 이 데이터를 Phi-Q-N으로 분리해서 각 차트를 그리며, 이를 통한 통계적 데이터를 이용해서 GIS를 진단해야 한다.

4. SCADA 시스템 시방서

4.1 일반사항

4.1.1 적용 범위

- (1) 본 시방서는 부산항만공사내 전력 SCADA 시스템 구성 및 규격, 기능, 포장, 운반 및 기타사항에 대해 적용하며, 이 규격에 명시되지 않은 기타 사항은 IEC 등 국제규격과 제작사 제반 규정에 따라 결정한다.
- (2) 본 시방서에 명시되지 않은 일반사항은 발주처의 제반 규정에 따르며, 기술사항은 발주처와 계약자간의 협의에 의해 결정한다.

4.1.2 적용표준 및 규격

본 시방서는 다음의 규격에 따르며, 본 시방서에 명시되지 않은 사항은 발주처와 협의에 준한다.

- (1) 단선결선도(설계도면에 따름)
- (2) 구조 및 안전 : IEC60255/IEC60950
- (3) 설계 및 제조 : IEC 61000/ IEC 60255/ IEC 60068 /ISO14001/ISO9001

4.1.3 공급 범위

- (1) SCADA 시스템 공급 및 설치
 - (가) 이번 과업에 교체/변경 되는 전력설비들이 부산항만공사에 기 설치되어 운영중인 SCADA 시스템에 연계되어 감시/계측/제어 가능할 수 있도록 지정된 장소에 납품/ 설치/ 시험/ 시운전 하여야 한다.
 - (나) 시스템은 향후 증설 및 개보수 등에도 호환 및 변경 등이 용이하여야 한다.
 - (다) 계약상대자는 계약 내용을 수행하는데 필요한 제반 현장 조건을 조사 확인 한 것으로 간주하며, 본 시방서에 명기된 부속재의 설계, 제조, 시험, 운반, 포설, 접속 및 준공시험을 수행하여야 한다.

4.1.4 요구 성능

- (1) SCADA시스템 구성 및 기본 항목

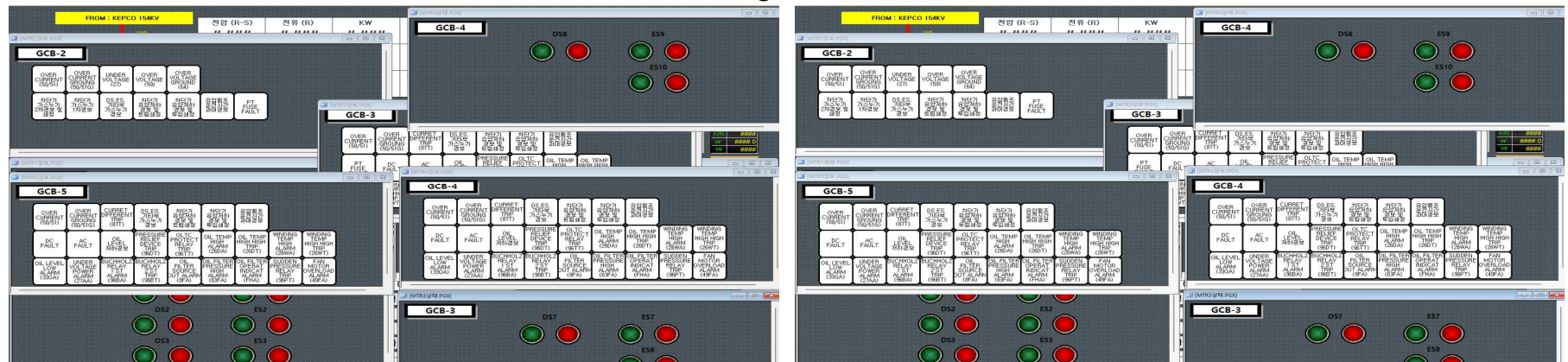
SCADA 시스템 구축을 위해 납품되는 device는 [표 1]과 같이 최대수요전력계 SDC-500과 S-link로 구성된다.

기설 운영중인 SCADA I/O 예는 [figure 1]과 같으나, 상세한SCADA I/O 정보는 기 설치된 SCADA로부터 확인해야 한다.

[표 1] SCADA 시스템 공급항목

No.	품 명	규격 및 구성	비고
1	최대수요전력계	SDC-500	1 Set
2	S-link	PCB ASS'Y,SLINK-AI-8CH, x 1 PCB ASS'Y,SLINK-DI-8CH, x 3	1 Set
3	S-link	PCB ASS'Y,SLINK-DI-8CH, x 4	7 Set

[figure 1]



(2) 기설 SCADA 연계

(가) RCP panel 8면 교체에 대한 SCADA 작업

- 기설 마이크로RTU 철거 및 신규 S-link8 Set RPC panel 내부 설치 및 연계 및 기설 SCADA 엔지니어링/시험/시운전
- 신규 GIPAM3000 통신 연계 및 기설 SCADA 엔지니어링/시험/시운전
- 각 감시 I/O는 기 설치되어 운영중인 SCADA I/O에 따른다. 단 신규 교체된RCP panel과 GIPAM3000에서 제공되지 않는 I/O는 예외

(3) 기타 요구사항

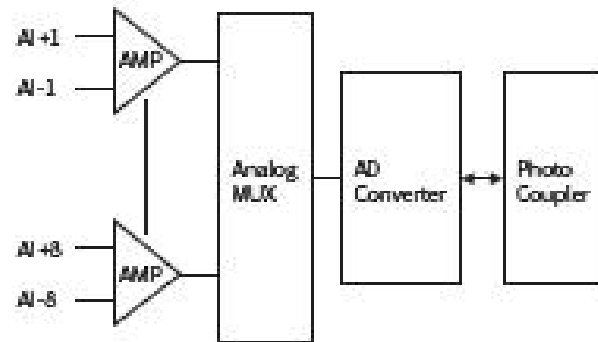
- (가) 각 신규 RCP panel에서 SCADA용 Hardwiring 접점 제공 필요
- (나) 각 신규 RCP panel 내부에 S-link 설치 필요 (설치위치 제공 필요)
- (다) GIPAM3000은 Modbus RS485 통신 프로토콜 제공 필요

[표 2] S-link 주요 사양

항목	SLINK
입력 전원	DC110V, AC220 V (50/60Hz) 겸용
소비 전력	26.25W
사용 온도	-25°C ~ 60°C
보관 온도	-40°C ~ 80°C
설치 타입	벽면 고정형
통신	Ethernet, RS485
E-Tool	콘솔 및 PC Program
프로토콜	Modbus, DNP3.0
확장 모듈	DI, DO, DO-latch, AI

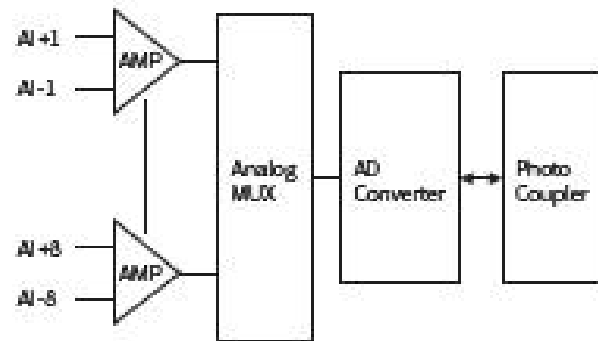
항목	SLINK
입력 전원	DC110V, AC220 V (50/60Hz) 겸용
소비 전력	26.25W
사용 온도	-25°C ~ 60°C
보관 온도	-40°C ~ 80°C
설치 타입	벽면 고정형
통신	Ethernet, RS485
E-Tool	콘솔 및 PC Program
프로토콜	Modbus, DNP3.0
확장 모듈	DI, DO, DO-latch, AI

SLINK 의 Analog Input 모듈 입니다.



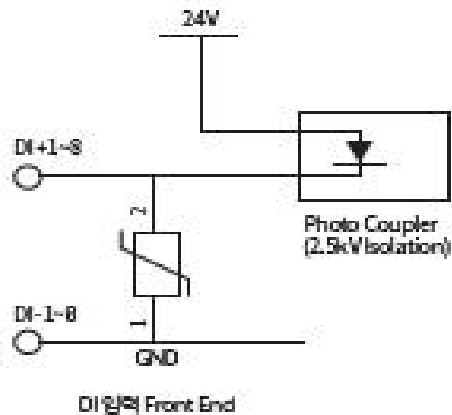
항목	내용
품명	SLINK-AI
Point	8Point 입력
입력범위	DC 4~20mA (전류), -5~+5V(전압)
계측오차	±0.2% (계측동작온도: -5℃ ~ 40℃)
특징	• 16 Bit Analog to digital Converter • 자동 입력 • Scan Time 1초 • 채널 별 Software Calibration • 절연방식: Photo coupler
상태표시 LED	AI, RUN
크기	38(W) X 166(H) X 135(D) mm
중량	280g
소비 전력	Max 3W

SLINK 의 Analog Input 모듈 입니다.



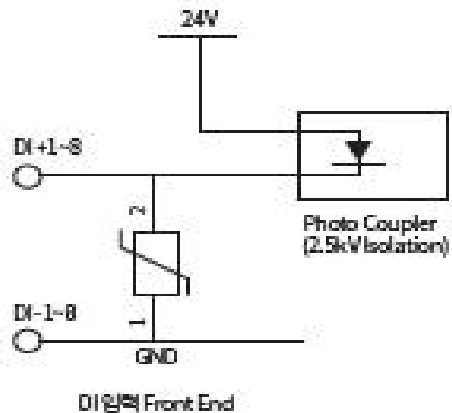
항목	내용
품명	SLINK-AI
Point	8Point 입력
입력범위	DC 4~20mA (전류), -5~+5V(전압)
계측오차	±0.2% (계측동작온도: -5℃ ~ 40℃)
특징	• 16 Bit Analog to digital Converter • 자동 입력 • Scan Time 1초 • 채널 별 Software Calibration • 절연방식: Photo coupler
상태표시 LED	AI, RUN
크기	38(W) X 166(H) X 135(D) mm
중량	280g
소비 전력	Max 3W

SLINK의 Digital Input 모듈 입니다.



항목	내용
품명	SLINK-DI
Point	8 Point 입력
특징	8 Point Photo Isolated Dry Contact
Debounce Time	16msec 이상. 설정 가능
감시 전압	24VDC(22.5V), 2.5kV Photo Isolated coupler
SOE(Sequence Of Event)	3msec 이내
부가 기능	DI counter 지원
상태표시 LED	DI, RUN, DI01~08
크기	38(W) X 166(H) X 135(D) mm
중량	265g
소비 전력	Max 2.6W

SLINK의 Digital Input 모듈 입니다.



항목	내용
품명	SLINK-DI
Point	8 Point 입력
특징	8 Point Photo Isolated Dry Contact
Debounce Time	16msec 이상. 설정 가능
감시 전압	24VDC(22.5V), 2.5kV Photo Isolated coupler
SOE(Sequence Of Event)	3msec 이내
부가 기능	DI counter 지원
상태표시 LED	DI, RUN, DI01~08
크기	38(W) X 166(H) X 135(D) mm
중량	265g
소비 전력	Max 2.6W

4.1.5 제출 서류

(1) 계약자는 착공 후 다음 사항을 발주처에 제출하여야 한다.

번호	서 류 명	부수	제 출 일	비 고
1	제작사양서 - 자재규격 및 수량 - 제품의 구조도 또는 제작도 - 진단장비 부착재 설치 상세도 - 부착자재 및 보수자재 목록	1부	계약 후 14 일	
2	기자재 공급, 설치 시험 일정표	1 부	계약 후 14 일	
3	각종 시험 성적서	1 부	시험완료 15 일 이내	
4	시험 절차서	1 부	계약 후 14 일	
5	포장 및 운반 계획서	1 부	계약 후 14 일	
6	현장 저장 및 취급설명서	1 부	계약 후 14 일	
7	품질보증 및 품질관리 절차서	1 부	시운전 완료 후 즉시	
8	준공 도서	1 부	시운전 완료 후 즉시	

(2) 기타 발주처에서 요구하는 서류를 제출하여야 한다.

4.1.6 하자 보증

(1) 계약자는 공급되는 기기 및 자재에 대한 전체적인 성능 및 품질보증과 규정된 운전조건에서의 전기적 안정성, 신뢰성, 안전도 등 관련 시방에 제시된 사항에 대해 보증해야 한다.

(2) 하자보증기간은 별도 계약에 따른다.

4.1.7 기자재 공급

(1) 본 계약에 따라 공급되는 모든 기기 및 자재는 기술시방서의 내용에 일치하여야 하며, 본 계약의 목적에 부합되는 최신 제품으로 계약 당시 최신의 설계, 최근 수요자에게 공급되는 제품과 동일하거나 그보다 우수한 기술이 사용되어야 한다. 해당하는 모든 기기 및 자재에 대해서는 적용 가능한 범주내에서 최고 사양의 제품을 추천토록 한다.

4.1.8 검사 및 시험

SCADA 구축하고 준공 전 시스템 검사 및 시험을 진행하고 시험성적서를 제출하여야 한다.

(1) SCADA 시스템 시험성적서

4.1.9 교육 및 훈련

계약자는 시스템 운전 및 유지보수를 위해 발주처 직원에 대하여 다음 교육을 실시해야 한다.

표 7 교육/훈련 대상별 교육내용

구 분	대 상	교 육 내 용
운전교육	SCADA 운전요원	- 시스템 개요 이해 및 조작방법 - 예방진단 구성 및 사용법
보수교육	SCADA 유지보수요원	- 시스템 하드웨어 구성 및 동작 이론 - 유지보수 점검 방법 등

4.1.10 납 기

별도 계약에 따른다.

4.2 기술사양

4.2.1 환경 조건

- (1) 주위온도 : -25℃ ~ 40℃
- (2) 습도 : 20 ~ 85% (결로가 없는 상태)
- (3) 표고 : 해발 1,000m 이하
- (4) 설치장소 : 옥내(분진, 또는 유독성 가스가 없는 곳)

제 6 장 예 정 공 정 표

제6장 예정공정표

※ 공사기간 : 착수일로부터 28개월

[개월]

일정		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
공정	GIS 제작																												
	SPEC. Review /DWG																												
MTR 제작	제작																												
	SPEC. Review /DWG																												
GIS 시공	철거																												
	신설																												
MTR 시공	#1 MTR																												
	#2 MTR																												
	#3 MTR																												
전기공사																													
계획공정(%)		1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	10	10	10	10	10	10	2
공정누계(%)		1	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	48	58	68	78	88	98	100

제 7 장 설 계 내 역 서 (별 첨)

2026년 2월 설계	설계용역사	설 계 자	심 사 자	대 표 자
	(주)한양케이앤이	이 준 호 	신 인 철 	김 홍 인 

부산항 신항 154kV변전소 전력설비 개선(교체) 사업 (GIS 및 TR 제조 · 구매 · 설치)

설 계 내 역 서

- ◎ 총 액 : 일금 일백칠십삼억일천칠백구십팔만이천원정(₩ 17,317,982,000)
- 수변전설비 제조 : 일금 일백육십삼억오천사백칠십일만이천원정 (₩ 16,354,712,000)
 - 수변전설비 설치 : 일금 구억육천삼백이십칠만원정 (₩ 963,270,000)

BPA | 부산항만공사

제 8 장 설 계 도 면 (별 첨)