대분류 / 19 **전기·전자**	중분류 / 01 **전기**	소분류 / 03 **송배전설비**	세분류 / 02 **송변전배전설비운용**	학습모듈 / 03

03
송전운영

LM1901030203_14v2

KRIVET 한국직업능력개발원
충북도립대학 Chungbuk Provincial College
교육부

송변전배전설비운용 학습모듈

01. 계통계획

02. 계통운영

03. 송전운영

04. 변전운영

05. 배전운영

06. 계통보호협조

07. 송전설비 유지보수

08. 변전설비 유지보수

09. 배전설비 유지보수

10. 안전관리

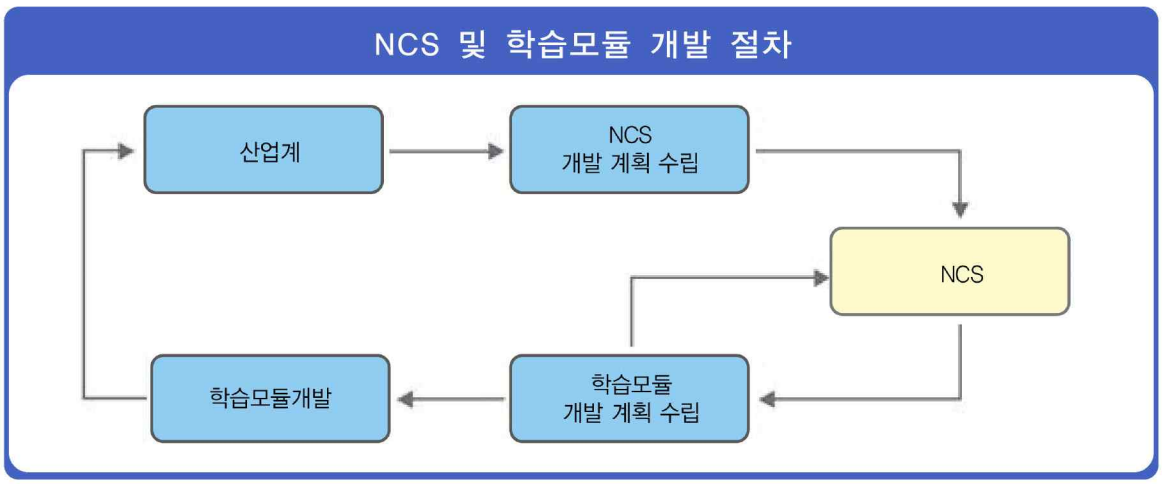
NCS 학습모듈의 이해

※ 본 학습모듈은 「NCS 국가직무능력표준」 사이트(http://www.ncs.go.kr) 에서 확인 및 다운로드 할 수 있습니다.

(1) NCS 학습모듈이란?

- 국가직무능력표준(NCS: National Competency Standards)이란 산업현장에서 직무를 수행하기 위해 요구되는 지식·기술·소양 등의 내용을 국가가 산업부문별·수준별로 체계화한 것으로 산업현장의 직무를 성공적으로 수행하기 위해 필요한 능력(지식, 기술, 태도)을 국가적 차원에서 표준화한 것을 의미합니다.

- 국가직무능력표준(이하 NCS)이 현장의 '직무 요구서'라고 한다면, **NCS 학습모듈은 NCS의 능력단위를 교육훈련에서 학습할 수 있도록 구성한 '교수·학습 자료'입니다.** NCS 학습모듈은 구체적 직무를 학습할 수 있도록 이론 및 실습과 관련된 내용을 상세하게 제시하고 있습니다.



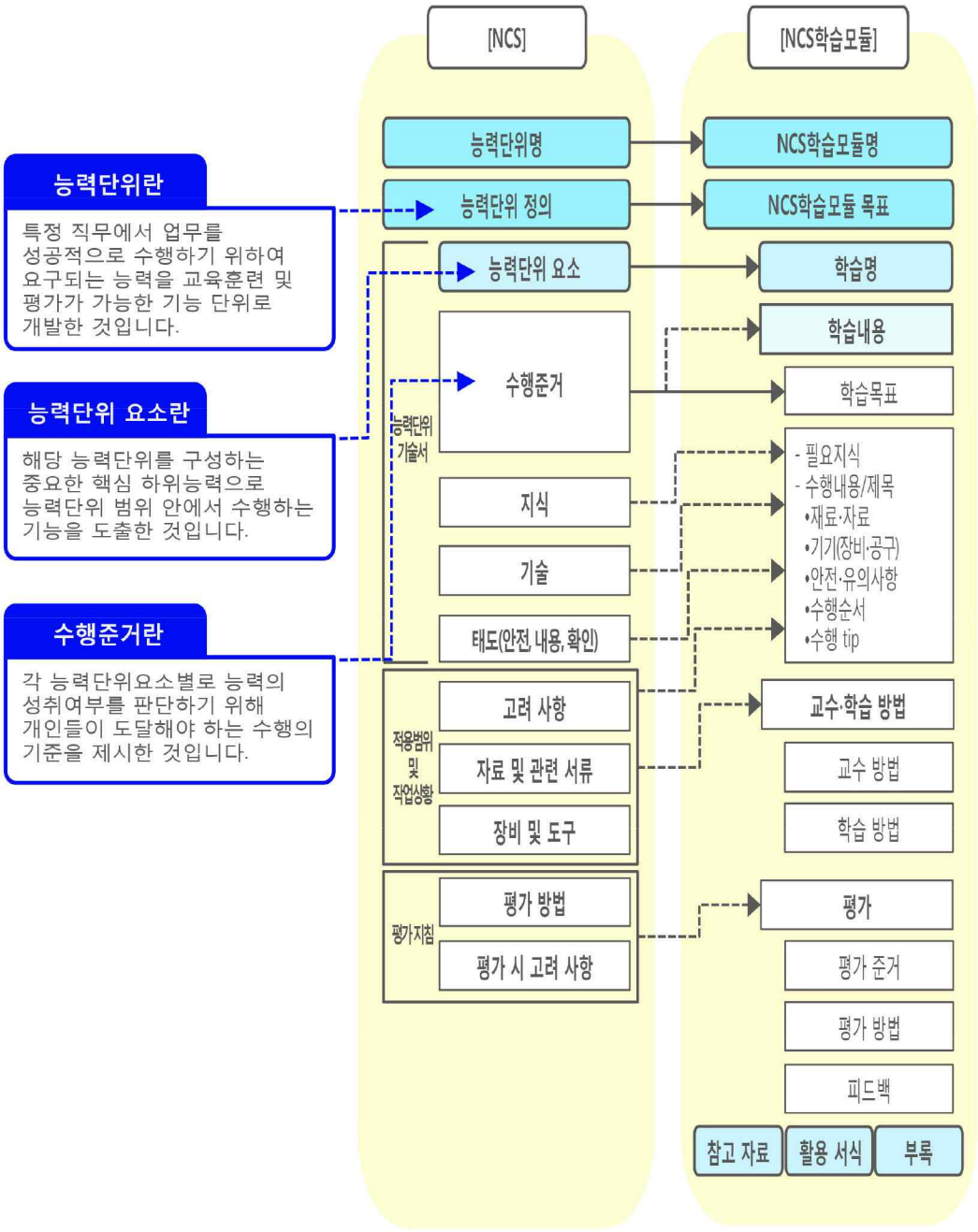
- **NCS 학습모듈은 다음과 같은 특징을 가지고 있습니다.**

  첫째, NCS 학습모듈은 산업계에서 요구하는 직무능력을 교육훈련 현장에 활용할 수 있도록 성취목표와 학습의 방향을 명확히 제시하는 가이드라인의 역할을 합니다.

  둘째, NCS 학습모듈은 특성화고, 마이스터고, 전문대학, 4년제 대학교의 교육기관 및 훈련기관, 직장교육기관 등에서 표준교재로 활용할 수 있으며 교육과정 개편 시에도 유용하게 참고할 수 있습니다.

● NCS와 NCS 학습모듈 간의 연결 체제를 살펴보면 아래 그림과 같습니다.

NCS와 NCS 학습모듈의 연결 체제



(2) NCS 학습모듈의 체계

● NCS 학습모듈은 1.학습모듈의 위치, 2.학습모듈의 개요, 3.학습모듈의 내용 체계, 4.참고 자료, 5.활용 서식/부록 으로 구성되어 있습니다.

1. NCS 학습모듈의 위치

● NCS 학습모듈의 위치는 NCS 분류 체계에서 해당 학습모듈이 어디에 위치하는지를 한 눈에 볼 수 있도록 그림으로 제시한 것입니다.

예시 : 이·미용 서비스 분야 중 네일미용 세분류

NCS-학습모듈의 위치

대분류	이용·숙박·여행·오락·스포츠
중분류	이·미용
소분류	이·미용 서비스

세분류	능력단위	학습모듈명
헤어미용	네일 샵 위생 서비스	네일숍 위생서비스
피부미용	네일 화장물 제거	네일 화장물 제거
메이크업	**네일 기본 관리**	**네일 기본관리**
네일미용	네일 랩	네일 랩
이용	네일 팁	네일 팁
	젤 네일	젤 네일
	아크릴릭 네일	아크릴 네일
	평면 네일아트	평면 네일아트
	융합 네일아트	융합 네일아트
	네일 샵 운영관리	네일숍 운영관리

학습모듈은

NCS 능력단위 1개당 1개의 학습모듈 개발을 원칙으로 합니다. 그러나 필요에 따라 고용 단위 및 교과단위를 고려하여 능력단위 몇 개를 묶어서 1개의 학습모듈로 개발할 수 있으며, NCS 능력단위 1개를 여러 개의 학습모듈로 나누어 개발할 수도 있습니다.

2. NCS 학습모듈의 개요

구 성

● NCS 학습모듈 개요는 학습모듈이 포함하고 있는 내용을 개략적으로 설명한 것으로서 학습모듈의 목표, 선수 학습, 학습모듈의 내용 체계, 핵심 용어로 구성되어 있습니다.

학습모듈의 목표	해당 NCS 능력단위의 정의를 토대로 학습목표를 작성한 것입니다.
선수 학습	해당 학습모듈에 대한 효과적인 교수·학습을 위하여 사전에 이수해야 하는 학습모듈, 학습 내용, 관련 교과목 등을 기술한 것입니다.
학습모듈의 내용 체계	해당 NCS 능력단위요소가 학습모듈에서 구조화된 방식을 제시한 것입니다.
핵심 용어	해당 학습모듈의 학습 내용, 수행 내용, 설비·기자재 등 가운데 핵심적인 용어를 제시한 것입니다.

활 용 안 내

예시 : 네일미용 세분류의 '네일 기본관리' 학습모듈

네일 기본관리 학습모듈의 개요

학습모듈의 목표

고객의 네일 보호와 미적 요구 충족을 위하여 효과적인 네일 관리로 프리에지 형태 만들기, 큐티클 정리하기, 컬러링하기, 보습제 도포하기, 마무리를 할 수 있다.

선수학습

네일숍 위생서비스(LM1201010401_14v2)

학습모듈의 내용체계

학습	학습내용	NCS 능력단위요소 코드번호	요소명칭	수준
1. 프리에지 형태 만들기	1-1. 네일 파일에 대한 이해와 활용 1-2. 프리에지 형태 파일링	1201010403_12v2.1	프리엣지 모양 만들기	3
2. 큐티클 정리하기	2-1. 네일 기본관리 매뉴얼 이해 2-2. 큐티클 관리	1201010403_14v2.2	큐티클 정리하기	3
3. 컬러링하기	3-1. 컬러링 매뉴얼 이해 3-2. 컬러링 방법 선정과 작업 3-3. 젤 컬러링 작업	1201010403_14v2.3	컬러링	3
4. 보습제 도포하기	4-1. 보습제 선정과 도포 4-2. 각질제거	1201010403_14v2.4	보습제 바르기	2
5. 네일 기본관리 마무리하기	5-1. 유분기 제거 5-2. 네일 기본관리 마무리와 정리	1201010403_14v2.5	마무리하기	3

핵심 용어

프리에지, 니퍼, 푸셔, 폴리시, 네일 파일, 스퀘어형, 스퀘어 오프형, 라운드형, 오발형, 포인트형

학습모듈의 목표는

학습자가 해당 학습모듈을 통해 성취해야 할 목표를 제시한 것으로, 교수자는 학습자가 학습모듈의 전체적인 내용흐름을 파악할 수 있도록 지도하는 것이 필요합니다.

선수학습은

교수자나 학습자가 해당 모듈을 교수 또는 학습하기 이전에 이수해야 할 학습내용, 교과목, 핵심 단어 등을 표기한 것입니다. 따라서 교수자는 학습자가 개별 학습, 자기 주도 학습, 방과 후 활동 등 다양한 방법을 통해 이수할 수 있도록 지도하는 것이 필요합니다.

핵심 용어는

학습모듈을 통해 학습되고 평가되어야 할 주요 용어입니다. 또한 당해 모듈 또는 타 모듈에서도 핵심 용어를 사용하여 학습내용을 구성할 수 있으며, 「NCS 국가직무능력표준」 사이트(www.ncs.go.kr)에서 색인(찾아보기) 중 하나로 이용할 수 있습니다.

3. NCS 학습모듈의 내용 체계

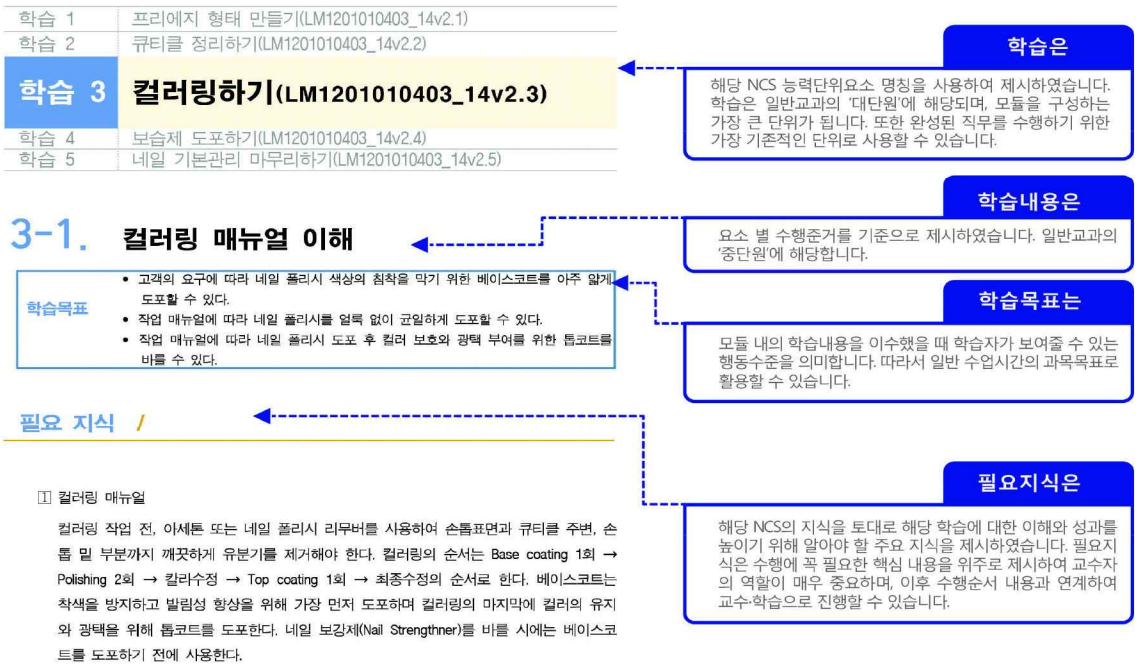
구 성

● NCS 학습모듈의 내용은 크게 학습, 학습 내용, 교수·학습 방법, 평가로 구성되어 있습니다.

학습	해당 NCS 능력단위요소 명칭을 사용하여 제시한 것입니다. 학습은 크게 학습 내용, 교수·학습 방법, 평가로 구성되며 해당 NCS 능력단위의 능력단위 요소별 지식, 기술, 태도 등을 토대로 학습 내용을 제시한 것입니다.
학습 내용	학습 내용은 학습 목표, 필요 지식, 수행 내용으로 구성하였으며, 수행 내용은 재료·자료, 기기(장비·공구), 안전·유의 사항, 수행 순서, 수행 tip으로 구성한 것입니다. 학습모듈의 학습 내용은 업무의 표준화된 프로세스에 기반을 두고 실제 산업현장에서 이루어지는 업무활동을 다양한 방식으로 반영한 것입니다.
교수·학습 방법	학습 목표를 성취하기 위한 교수자와 학습자 간, 학습자와 학습자 간의 상호작용이 활발하게 일어날 수 있도록 교수자의 활동 및 교수 전략, 학습자의 활동을 제시한 것입니다.
평가	평가는 해당 학습모듈의 학습 정도를 확인할 수 있는 평가 준거, 평가 방법, 평가 결과의 피드백 방법을 제시한 것입니다.

활 용 안 내

예시 : 네일미용 세분류의 '네일 기본관리' 학습모듈의 내용



수행 내용 / 컬러링 매뉴얼 실습하기

재료 · 자료

- 컬러링 관련 네일 미용 자료들
- 정리바구니, 베이스코트, 네일 폴리시, 톱코트, 오렌지우드스틱, 닫지면, 폴리시리무버, 디스펜서 등

기기(장비 · 공구)

- 컴퓨터, 빔 프로젝터, 스크린 등

안전 · 유의사항

- 컬러링 재료들의 냄새를 직접적으로 맡지 않도록 유의한다.
- 컬러링 제품들이 대부분 유리병에 들어 있기 때문에 깨지지 않도록 각별히 조심한다.
- 컬러링 제품들은 상온에 마르기 때문에 개봉 후 뚜껑을 잘 닫도록 한다.

수행 순서

[1] 네일 폴리시를 바르게 잡는다.

1. 손바닥에 네일 폴리시를 놓고 약지 소지를 이용하여 네일 폴리시를 잡는다.
2. 폴리시를 쥔 손의 엄지와 검지로 고객의 작업손가락을 잡는다.
3. 폴리시를 쥔 손의 중지 손가락을 곧게 펴서 받침대가 되도록 한다.
4. 반대편 손으로 네일 폴리시의 뚜껑을 열고 소지 손가락을 펴서 네일 폴리시를 쥔 중지 손가락 위에 받쳐놓는다.
5. 다양한 형태의 폴리시를 잡아본다.

수행 tip

- 흰색이 많이 섞인 네일 폴리시의 경우는 붓의 각도를 높이 세워 빠르게 브러시 작업을 해야 붓 자국이 나지 않는다.
- 컬러링은 기본 2회 정도이나 컬러에 따른 도포량과 컬러감에 따라 1-3회 사이로 증감할 수 있다.

수행 내용은

모듈에 제시한 것 중 기술(Skill)을 습득하기 위한 실습 과제로 활용할 수 있습니다.

재료·자료는

수행 내용을 수행하는데 필요한 재료 및 준비물로 실습 시 필요 준비물로 활용할 수 있습니다.

기기(장비·공구)는

수행 내용을 수행하는데 필요한 기본적인 장비 및 도구를 제시하였습니다. 제시된 기기 외에도 수행에 필요한 다양한 도구나 장비를 활용할 수 있습니다.

안전·유의사항은

수행 내용을 수행하는데 안전상 주의해야 할 점 및 유의사항을 제시하였습니다. 수행 시 유념해야 하며, NCS의 고려사항도 추가적으로 활용할 수 있습니다.

수행 순서는

실습과제의 진행 순서로 활용할 수 있습니다.

수행 tip은

수행 내용에서 수행의 수월성을 높일 수 있는 아이디어를 제시하였습니다. 따라서 수행tip은 지도상의 안전 및 유의사항 외에 전반적으로 적용되는 주안점 및 수행과제 목적에 대한 보충설명, 추가사항 등으로 활용할 수 있습니다.

학습3 교수·학습 방법

교수 방법

- 컬러링 제품의 성분과 칼라별 점도의 차이, 베이스코트와 톱코트의 역할, 폴리시 잡는 방법, 큐어링 시간 등의 내용을 화면 자료와 함께 설명한다.
- 서식지를 활용하여 네일 컬러링 방법을 그림으로 그려 보게 한 뒤, 다양한 컬러링의 매뉴얼을 그려서 숙지하도록 한다.
- 젤 컬러링 시 주의사항을 계속 숙지시키도록 하며, 큐어링 시간에 대해 작성하도록 한다.

학습 방법

- 컬러링을 위한 재료의 필요성과 사용방법을 숙지하고 컬러링 매뉴얼 과정에 맞추어 작업 내용을 이해한다.
- 컬러링의 다양성에 대한 용어를 숙지하고 진행과정에 맞추어 내용을 작업한다.
- 젤 컬러링 시 적합한 큐어링 시간을 선택해서 큐어링 해본다.

교수·학습 방법은

학습목표를 성취하는데 필요한 교수 방법과 학습 방법을 제시하였습니다.

교수 방법은

해당 학습활동에 필요한 학습내용, 학습내용과 관련된 학습자료명, 자료 형태, 수행내용의 진행 방식 등에 대하여 제시하였습니다. 또한 학습자의 수업참여도를 제고하기 위한 방법 및 수업진행상 유의사항 등도 제시하였습니다. 선수학습이 필요한 학습을 학습자가 숙지하였는지 교수자가 확인하는 과정으로 활용할 수도 있습니다.

학습 방법은

해당 학습활동에 필요한 학습자의 자기주도적 학습 방법을 제시하였습니다. 또한 학습자가 숙달해야 할 실기능력과 학습과정에서 주의해야 할 사항 등으로 제시하였습니다. 학습자가 학습을 이수하기 전에 반드시 숙지해야 할 기본 지식을 학습하였는지 스스로 확인하는 과정으로 활용할 수 있습니다.

학습3 평 가

평가는

해당 NCS 능력단위 평가방법과 평가 시 고려 사항을 준용하여 작성하였습니다. 교수자 및 학습자가 평가항목 별 성취수준을 확인하는데 활용할 수 있습니다.

평가 준거

- 평가자는 학습자가 학습 목표 및 평가 항목에 제시되어 있는 내용을 성공적으로 수행하였는지를 평가해야 한다.
- 평가자는 다음 사항을 평가해야 한다.

학습내용	평가항목	성취수준 상	중	하
컬러링 매뉴얼 이해	- 고객의 요구에 따라 네일 폴리시 색상의 침착을 막기 위한 베이스코트를 아주 얇게 도포할 수 있다.			
	- 작업 매뉴얼에 따라 네일 폴리시를 얼룩 없이 균일하게 도포할 수 있다.			
	- 작업 매뉴얼에 따라 네일 폴리시 도포 후 컬러 보호와 광택 부여를 위한 톱코트를 바를 수 있다.			

평가 준거는

학습자가 해당 학습을 어느 정도 성취하였는지를 평가하기 위한 기준을 제시하고 있습니다. 학습목표와 연계하여 단위수업 시간에 평가항목 별 성취수준을 평가하는데 활용할 수 있습니다.

평가 방법

- 작업장 평가

학습내용	평가항목	성취수준 상	중	하
컬러링 매뉴얼 이해	- 고객의 요구에 따라 네일 폴리시 색상의 침착을 막기 위한 베이스코트를 아주 얇게 도포할 수 있다.			
	- 작업 매뉴얼에 따라 네일 폴리시를 얼룩 없이 균일하게 도포할 수 있다.			
	- 작업 매뉴얼에 따라 네일 폴리시 도포 후 컬러 보호와 광택 부여를 위한 톱코트를 바를 수 있다.			

평가 방법은

NCS 능력단위의 평가방법을 준용하였으며, 평가 준거에 따른 평가방법을 2개 이상 제시하였습니다. 평가방법으로는 포트폴리오, 문제해결 시나리오, 서술형 시험, 논술형 시험, 사례연구, 평가자 체크리스트, 작업장 평가 등이 있으며, NCS의 능력단위 요소 별 수행 수준을 평가하는데 가장 적절한 방법을 선정하여 활용할 수 있습니다.

피 드 백

1. 작업장 평가
   - 작업 결과물을 확인하여 수정사항을 제시하고 수정 부분을 인지하도록 한다.

피드백은

평가 후에 학습자들에게 평가 결과를 피드백하여 부족한 부분을 알려주고, 학습 결과가 미진한 경우, 해당 부분을 다시 학습하여 학습목표를 달성하는 데 활용할 수 있습니다.

4. 참고 자료

참고자료

- 김미원(2011). 『Nail Study』. 서울: 사)한국네일지식서비스협회.
- 민방정(2015). 『미용사(네일)필기』. 서울: 에문사.
- 박은주(2014). 『네일미용』. 서울: 정담미디어.

참고자료는

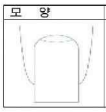
해당 학습모듈의 필요지식에 대한 출처와 인용한 참고자료 및 사이트를 제시하였습니다.

5. 활용 서식/부록

활용서식

프리에지 형태 실습지

1. 프리에지 형태의 이해

모 양	이 름	특 징
	( ) Square nail	·강한 느낌의 사각형태 ·네일의 양끝 모서리 부분이 90° 사각의 형태이다. ·( ) ·발톱의 형태 활용 ·내인성 발톱의 보정시에 적용

활용서식은

평가 서식, 실습시트 등 교수학습 시 활용 가능한 다양한 서식들로 구성하였습니다. 과제 진행에서 평가에 이르기까지 필요한 서식을 해당 학습모듈의 특성에 맞춰 개발하거나 기존의 양식을 활용하여 제시하였습니다

부록

네일 기본관리 도구와 재료 목록

목록	비고	준비
위생가운	흰색	작업자 착용
위생 마스트	흰색	작업자 착용
보호안경	투명한 렌즈 (안경으로 대체 가능)	작업자 착용
재료정리함	재질, 색상 무관	작업대

부록은

활용서식 이외에 교수·학습과정에서 참고할 수 있는 자료가 있는 경우 제시하였습니다.

[NCS-학습모듈의 위치]

대분류	전기· 전자
중분류	전기
소분류	송배전설비

세분류	능력단위	학습모듈명
송변전배전설비 설계		
송변전배전설비 운용	계통계획	계통계획
	계통운영	계통운영
	송전운영	**송전운영**
	변전운영	변전운영
	배전운영	배전운영
	계통보호협조	계통보호협조
	송전설비유지보수	송전설비유지보수
	변전설비유지보수	변전설비유지보수
	배전설비유지보수	배전설비유지보수
	안전관리	안전관리

차 례

학습모듈의 개요 ---- 1

학습 1. 설비보강계획 수립하기

1-1. 송전설비보강 기본계획 수립 ---- 3

1-2. 가공송전선로 보강계획 수립 ---- 13

1-3. 지중송전선로 보강계획 수립 ---- 21

- 교수·학습 방법 ---- 30
- 평가 ---- 31

학습 2. 송전설비 순시점검하기

2-1. 송전설비 순시점검계획 수립 ---- 33

2-2. 가공송전선로 및 지중송전선로의 순시점검 ---- 43

- 교수·학습 방법 ---- 60
- 평가 ---- 61

학습 3. 송전설비 감시시스템 운영하기

3-1. 송전설비 감시시스템 구성 및 운영 ---- 63

- 교수·학습 방법 ---- 75
- 평가 ---- 76

학습 4. 송변전 지리정보시스템 운영하기

4-1. TGIS의 구성 및 운영 ---- 78

- 교수·학습 방법 ---- 96
- 평가 ---- 97

학습 5. 고장복구체계 수립하기

5-1. 송전계통 고장복구체계 수립 ---------- 99

5-2. 송전계통 고장의 복구계획 수립 ---------- 109

- 교수·학습 방법 ---------- 118
- 평가 ---------- 119

참고 자료 ---------- 121

활용 서식 ---------- 122

송전운영 학습모듈의 개요

학습모듈의 목표

송전운영은 가공 및 지중설비 등의 송전설비를 이용하여 양질의 전력을 공급하기 위하여 설비 보강계획의 수립, 순시점검, 송전시스템 운영, 지리정보시스템 운영, 복구체계 수립 등을 통하여 최적의 송전설비 운영환경을 조성할 수 있다.

선수학습

송전설비 유지보수(1901030207_14v2), 변전운영(1901030204_14v2), 송배전공학, 경제성평가기법

학습모듈의 내용 체계

학습	학습 내용	NCS 능력단위 요소		
		코드 번호	요소 명칭	수준
1. 설비보강계획 수립하기	1-1. 송전설비보강 기본계획 수립	1901030203_14v2.1	설비보강계획 수립하기	5
	1-2. 가공송전선로 보강계획 수립			
	1-3. 지중송전선로 보강계획 수립			
2. 송전설비 순시점검하기	2-1. 송전설비 순시점검계획 수립	1901030203_14v2.2	송전설비순시 점검하기	4
	2-2. 가공송전선로 및 지중송전선로의 순시점검			
3. 송전설비 감시 시스템 운영하기	3-1. 송전설비 감시시스템 구성 및 운영	1901030203_14v2.3	송전설비감시 시스템 운영하기	4
4. 송변전 지리 정보 시스템 운영하기	4-1. TGIS의 구성 및 운영	1901030203_14v2.4	송변전지리정보 시스템 운영하기	4
5. 고장복구체계 수립하기	5-1. 송전계통 고장복구체계 수립	1901030203_14v2.5	고장복구체계 수립하기	5
	5-2. 송전계통 고장의 복구계획 수립			

핵심 용어

송전설비 보강계획, 순시점검, 지중전력구, 송변전 지리정보시스템(TGIS), 고장복구, 국가지리정보체계(GIS), 전력계통, 복구대응절차, 긴급복구, 표준복구절차(SOP)

학습 1	**설비보강계획 수립하기 (LM1901030203_14v2.1)**
학습 2	송전설비 순시점검하기(LM1901030203_14v2.2)
학습 3	송전설비 감시시스템 운영하기(LM1901030203_14v2.3)
학습 4	송변전 지리정보시스템 운영하기(LM1901030203_14v2.4)
학습 5	고장복구체계 수립하기(LM1901030203_14v2.5)

1-1. 송전설비보강 기본계획 수립

학습 목표 • 송전설비 보강에 대한 기본계획과 방침을 정할 수 있다.

필요 지식

① 송전특성

1. 송전용량의 정의

경제적으로 또는 기술적으로 송전할 수 있는 최대전력을 송전용량(transmission capacity)이라고 한다.

송전용량에 관련되는 항목으로는 ① 전선의 허용전류, ② 허용전압강하, ③ 허용전력손실(경제적 측면에서 보면 송전효율을 90% 정도 이상이 되도록 한다), ④ 정전압송전인 경우의 조상기용량(경제적 측면에서 수전전력의 약 70% 이하로 되어 있다), ⑤ 안정도(송·수전단전압간의 위상차가 약 30~40° 로 되어 있다) 등인데 이들에 대해 각 항목별로 검토하여, 그 최소전력으로서 송전용량이 되게 한다.

실제문제로서는 단거리 송전선의 송전용량에는 ①~③항이 관련 있고, 장거리 송전선에서는 주로 ③~⑤항이 관련이 있다.

2. 송전용량의 개략식

송전용량에는 전술한 바와 같이 각종 항목이 관련되어 있어 엄밀하게 이것을 계산하려면 시간이 소요되기 때문에 근사적으로 계산하는 각종 방법들이 발표되어 있다.

(1) 고유 부하법

수전단에 선로의 특성 임피던스와 같은 임피던스가 있는 경우에는 선로 각 점의 무효

전력은 저항과 누설 콘덕턴스를 무시하면 영(zero)이 되어, 이상적인 송전을 할 수 있다. 이 부하를 그 선로의 고유부하(固有負荷 : surge impedance loading)라고 한다.

이 방법은 고유부하를 송전용량의 기준으로 한 것인데, 선로의 공칭전압을 V [kV], 인덕턴스를 L [H], 정전용량을 C [F]로 하면 송전용량 P는 다음 식에 의해 나타낼 수 있다.

$$P = \frac{V^2}{Z_w} = \frac{V^2}{\sqrt{L/C}} \text{ [MW]} \qquad (1.1)$$

이 식은 길이가 약 40 km 이상인 장거리 송전선의 송전용량을 결정할 경우 적당한 것이며, 선로의 길이가 작아짐에 따라 커지고 길이 100 km 정도에서 송전용량은 고유부하의 약 3배가 된다.

(2) 송전용량 계수법

전력원선도에 의해 결정되는 최대전력은 공칭전압을 V [kV], 선로길이를 l [km]로 하면 근사적으로 $P_m \propto V^2/l$로 나타낼 수 있으나 이 방법은 전기 최대전력에 있는 계수를 곱해서 송전용량으로 하는 방법인 것이다. 즉,

$$P = k\frac{V^2}{l} \text{ [kW]} \qquad (1.2)$$

k를 송전용량 계수라 한다. 저항 r과 리액턴스 x 값의 비율에 의해 대략 다음과 같이 변화한다.

$$\frac{r}{x} = 0.4 \sim 0.6 \qquad k = 600 \sim 800$$

$$\frac{r}{x} = 0.2 \sim 0.4 \qquad k = 800 \sim 1{,}000$$

$$\frac{r}{x} = 0.2 \text{ 이하} \qquad k = 1{,}000 \sim 1{,}200$$

이 식은 길이 400 km 정도 이하의 장거리 송전선의 송전용량에 대한 개략적 산출에 적당한 것으로 되어 있다.

3. 송전용량의 증가대책

앞에서 송전용량에 관련되는 주요 항목을 열거하였지만, 다시 이들 항목과 관련이 있는 주요 사항에 대해 간단히 설명하기로 한다.

(1) 전선의 굵기 : 전선을 굵게 하면 선로손실, 전압강하 모두 감소되고 송전용량이 증가된다. 하지만 경제적인 이유로 굵기의 제한이 발생한다.

(2) 전압의 상승 : 다른 조건을 일정하게 하면 전압강하율과 선로손실률은 모두 전압의 제곱에 반비례하며, 안정도는 전압의 제곱에 비례하여 상승한다. 따라서 전압을 높이면 송전용량은 증가하지만 여기에도 경제적인 제한이 존재한다.

(3) 계통 리액턴스 : 계통 리액턴스를 감소시키면 안정도가 향상되고 전압강하가 감소되며 송전용량이 증가한다. 리액턴스를 감소시키려면 회선수를 증가시키며 전선을 굵게 하

고 선간거리를 가급적 작게 한다. 또한 복도체방식을 사용하고, 직렬콘덴서를 사용한다. 개폐소 사이의 간격을 작게 하고 고장시에 있어서 1회선 송전구간의 거리를 작게 하는 등의 방법이 있다.

(4) 고속도 차단방식의 사용 : 고장회선의 차단시간을 짧게 하면 안정도가 향상된다.

(5) 속응여자방식의 사용 : 동기기의 전압조정을 신속히 하면 안정도는 향상된다.

(6) 조속기의 신속한 동작 : 여기에는 한도가 있다.

(7) 중간조상기의 사용 : 장거리 송전선에서는 그 중간위치에 조상기를 설치하고 그곳의 전압을 일정하게 유지하면 안정도가 향상된다.

2 용어의 정의

1. 송전선로(송전설비)라 함은 발전소 상호간, 또는 변전소 상호간, 발전소와 변전소를 연결하는 전선로와 이에 속하는 기타 전기설비 및 부대설비를 말한다. 단, 통신전용선로는 제외한다.
2. HVDC 선로 : 고압직류 송전선로로서 교류-직류변환소 간을 연결하는 해저케이블, 직류지중선로, 전극선로, 해저광통신케이블 및 이와 관련된 부대설비를 말한다.
3. 수전설비 : 전력회사로부터 전기를 공급받아 구내 전기를 사용하기 위한 고객 소유의 전기설비로서 전기사업법 시행규칙 제 2조 6항으로 규정된 전기설비를 말한다.
4. 주관부서 : 송전설비 운영업무를 주관하는 부서를 말한다.
5. 설비관리부서 : 송전설비 운영업무를 수행하고 관리하는 담당부서를 말한다.
6. 설비운영부서 : 송전설비 운영업무를 직접 수행하는 사업소 담당부서를 말한다.
7. 정비업무 : 송전선로의 순시, 점검, 측정, 유지 보수 등 송전설비의 기능유지 및 최적운영환경 조성을 위해 수행하는 업무를 말한다.
8. 송전활선작업 : 345kV 이하 전압이 가압된 송전선로나 기기에서 송전활선원이 활선장비를 사용하여 시행하는 작업을 말한다.
9. 직접활선작업 : 765kV 전압이 인가되어 있는 전선이나 설비와 같은 전압으로 등전위된 상태에서 작업자가 직접 전선이나 설비를 유지 보수하는 행위를 말한다.
10. 헬기활선작업 : 헬기를 이용하여 765kV 송전선로가 활선상태에서 직접활선작업자를 이동시키거나 직접 활선작업을 수행하는 작업을 말한다.
11. 도전복 : 전계강도로부터 직접 활선작업자를 보호하기 위해 도전성을 갖는 천연 또는 합성섬유로 조밀하게 짜서 만든 도전성을 갖는 작업복을 말한다.
12. 도전복 세트 : 도전복, 도전화, 도전장갑, 안면보호대(눈보호용 안경), 도전양말 등으로 이루어진 세트
13. 활선작업대 : 송전직접활선원이 활선에 근접하기 위해 탑승하는 장비.
14. 안전거리 : 충전부위에 대하여 인체부위 통전 및 정전유도에 대한 보호조치를 하지 않고서는 안전작업거리 이내로 접근하여서는 안되는 거리를 말한다.

15. 활선작업거리 : 활선공구의 충전부 접촉점과 작업자의 손으로 잡은 부분과의 최소한계거리로 안전작업거리를 말한다.
16. 활선주수간 거리 : 활선애자 청소시 물분사구와 주수애자간의 최소한계거리를 말한다.
17. 직접 및 헬기활선 최소작업 절연거리 : 활선작업시 활선작업자의 신체나 활선작업자가 다루는 공구와 다른 전위의 전극간에 반드시 유지되어야 하는 전기적 최소 공기절연거리.
18. 측정점 : 지역별 염분 부착량을 알기 위해 해안으로부터 거리별로 전국에 pilot 애자(254mm 현수애자)를 설치하고 등가염분부착밀도(mg/cm^2)를 분석하여 오손 등급을 정한 지점을 말한다.
19. 누적오손(장기오손) : 염해 또는 매연, 분진에 의해 점진적으로 누적되어 오손된 애자류가 빗물에 의해 일부 씻겨지고 또 오손되는 현상이 반복되어 오손이 누적된 평상시의 오손 상태를 말한다.
20. 급속오손 : 태풍, 계절풍 등으로 인해 단시간에 현수애자가 급속히 오손되는 상태를 말한다.
21. 계약전력 : 전력회사와 고객간의 계약에 따라 사용할 수 있는 최대전력을 말한다.
22. 설비고장 : 송변전 설비 중 주설비나 부속설비의 이상으로 주설비 기능이 정지된 것을 말하며, 설비사고로 확산되지 아니한 것을 포함한다.
23. 설비사고 : 송변전배전설비의 화재, 폭발, 붕괴, 가스 유류의 유출 및 분출 등으로 전력공급에 지장을 주는 재산상 손상 또는 인명피해가 발생되거나 타 설비의 손상을 유발시킨 사고로 전력회사 내부에서 수습가능한 것을 말한다.
24. 초기대응 : 대응자료 확정 이전에 고객 또는 언론에서 고장 문의시 최초로 대응하는 것을 말한다.
25. 풍속관측시스템 : 가공송전설비의 일부분으로 로컬시스템 및 데이터수집/처리 시스템으로 구성된다.
26. 로컬 시스템 : 철탑에 부착된 풍속계(풍속/풍향센서), 솔라셀, LS 전원장치함, RTU, 배터리, TRS 모뎀/PAD/안테나 등으로 구성된다.
27. 데이터 수집/처리 시스템 : 각 원격소에 설치된 무선 데이터 주장치와 통합게이트웨이 및 마스터 장치, 중앙에 설치된 WEB 서버 로 구성된다.

3 투자운영예산에 대한 지식

송전선로에 대한 설비 투자는 전선, 애자, 철탑이 대표적이다. 송전선로 건설 이후 운영상황에서 투자가 필요한 사안은 이들 설비들에 대한 전기적, 기계적 외란들로 인해 발생하는 설비의 열화, 손괴 등을 원상으로 회복시키기 위한 유지보수비 및 송전선로 주변 환경의 변화로 인한 선로의 이설이나 부하의 증설로 인해 추가 소요되는 송전용량을 감당하기 위해 승압, 전력선 교체 등에 발생하는 투자비를 예상할 수 있다.

이와 같은 운영을 위한 유지보수비 및 투자비를 어떤 비율로 지출하는 것이 효율적인가 하는 질문은 전력망에서 유지해야 하는 공급신뢰도와 소요비용과의 관계로 정의할 수 있다. 즉 공

급신뢰도 기준이 높을수록 유지보수비의 지출은 늘어나게 된다. 우리나라의 경우 현재 공급신뢰도 기준은 7차 전력수급계획시 설계기준으로 공급지장확률 LOLP(Loss Of Load Probablity)로 0.3일/년을 적용하고 있다. 여기서는 일반적으로 전력 보강, 증설에 필요한 투자를 하는 경우 경제성을 분석하는 방법을 서술한다.

1. 단순상환기간 (Simple payback period)

프로젝트의 경제적 가치를 평가하는 가장 보통의 방법은 회수기간 해석이다. 이는 연간 이득 S에 대해 추가초기비용 ΔP의 비율로 계산할 수 있다.

$$\text{단순상환기간}(yr) = \frac{\text{추가초기비용}\Delta P(\$)}{\text{연간이득}(\$/yr)} \tag{1-4}$$

이 단순상환은 모든 경제적인 평가에 가장 이해하기 쉬운 장점이 있는 반면, 전력망처럼 장수명 운전을 하는 경우의 수명을 고려하지 않는 단점이 있다.

2. 초기단일회수율(Initial simple rate of return)

초기단일회수율은 단일회수기간의 역수로 정의된다.

$$\text{초기단일회수율} = \frac{\text{연간이득}(\$/yr)}{\text{추가초기비용}\Delta P(\$)} \tag{1-5}$$

이 초기단일회수율은 추가되는 비용에 대한 연간 이득으로 이율과 비교될 수 있기 때문에 최소한의 투자한계를 나타내는 지표역할을 할 수 있다. 만약 투자를 한 경우 초기단일회수율이 이자보다 낮으면 더 이상 투자를 진행할 필요가 없다.

3. 총현재가(Net present value)

단순회수기간과 초기단일회수율은 너무 간단하여 실제 상황에 적용하는데 한계가 있다. 만약 오늘 P의 투자를 하는데 이자율을 i 라 하자. 기간을 n년 이라 하면 미래의 가치 F 는

$$F = P(1+i)^n \tag{1-6}$$

이 되고 이 미래의 가치를 현재가로 환산하면

$$P = \frac{F}{(1+i)^n} \tag{1-7}$$

이 된다. 미래의 가치 F를 현재가치 P로 변환시 이자 항목인 i 를 종종 할인율 d 라 부른다. 만약 연간 10%의 이자를 받는 경우, 100만원을 투자했다면 5년간의 현재가치는

$$P = \frac{F}{(1+d)^n} = \frac{1000,000}{(1+0.10)^5} = 620,920 \tag{1-8}$$

이 된다.

4. 현재가치함수 PVF(Present Value Function)

연간 계속되는 현금의 흐름 A 이 할인율 d 로서 n 년간의 미래에 지속될 경우 이 가치를 현재 가치화하는 데는 현재가치함수 PVF 를 이용하는 것이 편리하다.

$$P = A \times PVF(d,n)$$

단, $$PVF(d,n) = \frac{1}{1+d} + \frac{1}{(1+d)^2} + \ldots + \frac{1}{(1+d)^n} = \frac{(1+d)^n - 1}{d(1+d)^n} \qquad (1\text{-}9)$$

5. 생애주기비용(Life cycle cost)

프로젝트의 현재와 미래에 대한 모든 비용에 대한 현재 가치를 시스템의 생애주기비용(Life cycle cost)이라 한다. 흔히 투자를 할 경우 두 가지 대안에 대한 선택은 현재가 또는 생애주기비용을 통해 비교하여 결정한다.

6. 순현재가치(Net present value : NPV)

두가지 대안을 생애주기로 비교한 경우 양자간의 낮은 비용에 대한 차이를 순현재가치(Net present value)라 한다. 어떤 송전망의 효율화사업에 투자하여 미래에 전력손실의 감소액이 연간 ΔA만큼 발생하였다고 하고 여기에 투자된 비용이 ΔP라 하면 이 투자의 NPV는 다음과 같이 계산할 수 있다.

NPV = 연간 이익의 현재가치 - 효율화투자비

$$= \Delta A \times PVF(d,n) - \Delta P \qquad (1\text{-}10)$$

7. 내부회수율(IRR : Internal Rate of Return)

내부회수율은 에너지 효율 투자에 가장 설득력있는 지표이다. 이는 또한 다른 경쟁에 있는 투자에서 얻을 수 있는 회수 이익과 종종 비교되는 지표이다. IRR은 순현재가치 NPV를 0으로 하는 할인율로 정의된다.

$$NPV = \Delta A \times PVF(IRR,n) - \Delta P = 0 \qquad (1\text{-}11)$$

이를 다시 정리하여 단순회수기간으로 나타내면

$$PVF(IRR,n) = \frac{\Delta P}{\Delta A} = \text{단순회수기간} \qquad (1\text{-}12)$$

이 경우, 투자에서 얻는 이익 IRR이 현재 이율에 비해 크다면 투자해도 좋다는 판단이 되는 것이다. 어떤 프로젝트가 길어지는 경우 IRR은 초기회수율에 가까워진다.

수행 내용 / 송전설비보강 기본계획 수립하기

재료·자료

- 송전설계기준, 가공송전운영업무기준, 지중운영업무기준, 긴급복구 업무편람, 급전운영업무절차서, 시공품질점검표, 송변전 실무교재, 설비별 이력자료, 기기취급 설명서, 대관 인·허가 서류, 용지확보 관련서류, 경과지형도, 종단평면도, 철탑 설계도, 조립도, TGIS 운영 매뉴얼, 인쇄용지 등

기기(장비·공구)

- 운영프로그램 : 송변전지리정보시스템, 가공송전선로 감시시스템, 지중전력구감시시스템 등
- 기타 : 컴퓨터 및 주변장치 등

안전·유의 사항

- 실습이 끝난 다음 컴퓨터 및 장비들의 전원이 OFF 되었는지를 확인한다.
- 실습장을 퇴실한 다음 잠금 장치를 확인한다.

수행 순서

1 송전설비 보강계획 수립기준 및 업무절차를 숙지한다.

1. 계획수립기간

가공송전설비 중기보강계획의 수립기간은 5년 단위로 한다.

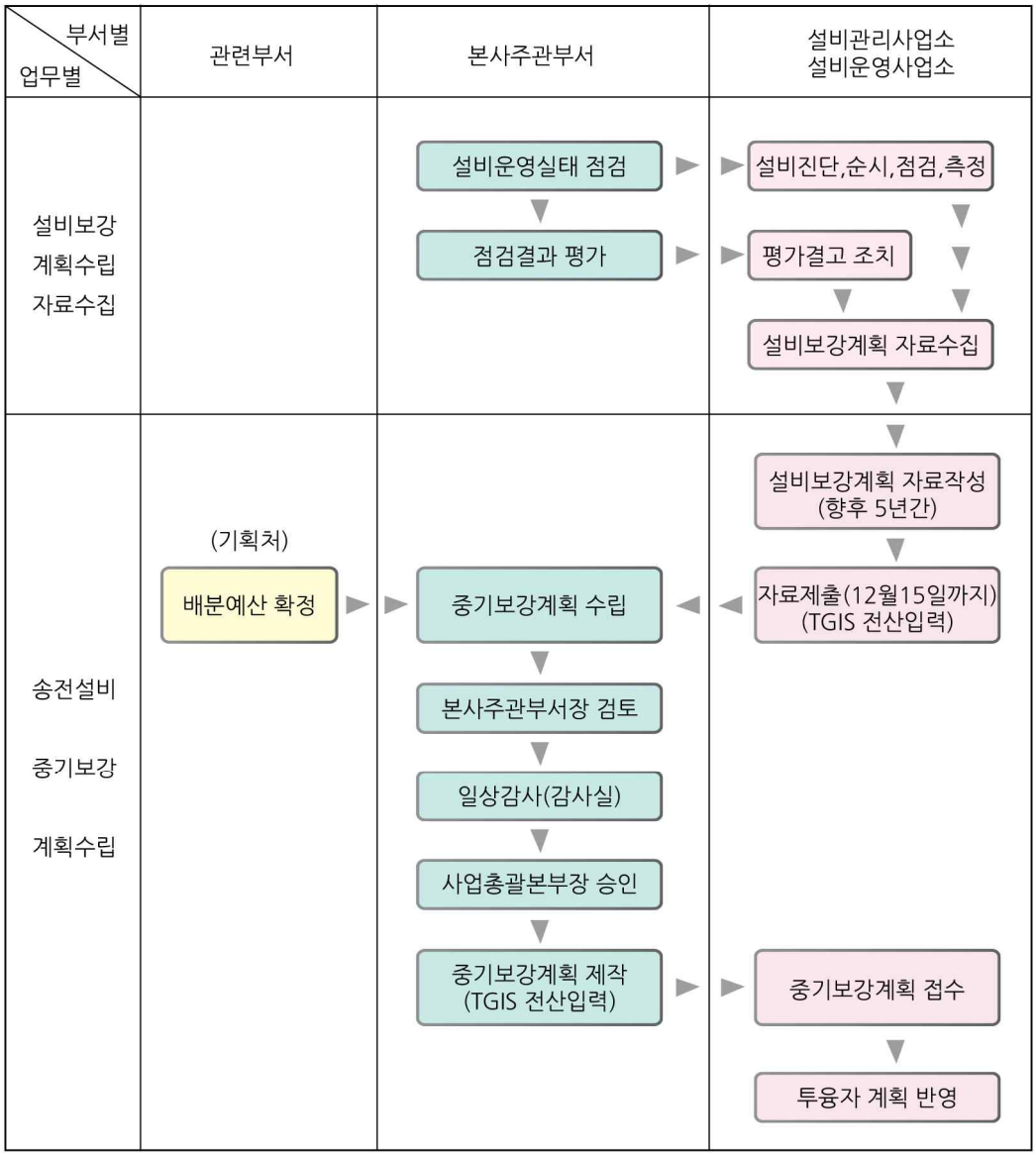
2. 계획수립 기본방침

중기보강계획은 다음의 기본방침을 근간으로 하여 수립한다.

(1) 전기품질 향상 및 전력수급 안정
(2) 송전설비 운영환경의 최적화 구축
(3) 송전설비 예방정비 및 예지보전체제 구축
(4) 민원예방 및 환경개선
(5) 투자의 효율성 향상

3. 업무처리절차

중기보강계획 수립 절차는 다음 업무흐름도와 같다.



출처 : 가공송전운영업무기준, 한국전력공사, pp.154 2011.11.28.
[그림 10-1] 중기보강계획수립 업무 흐름도

2 중기보강계획을 수립한다.

1. 중기보강계획자료 확보

설비관리사업소는 사업별, 선로별, 연도별 사업량 및 소요예산이 포함된 중기보강계획을 매년 지정된 기한까지 송변전 지리정보시스템(TGIS)에 전산 입력한다.

2. 중기보강계획 자료 작성 제출

설비관리사업소에서는 설비운영사업소에서 수집 작성한 설비보강계획 자료를 토대로 사업별 우선 순위에 따라 중기보강계획을 작성하며, 중기보강계획 추진실적 관리사업은 추진실적을 포함하여 작성한다.

3. 사업우선순위에 따른 중기보강계획 작성

주관부서는 설비관리사업소에서 제출한 중기보강계획자료를 토대로 기본방침을 종합검토하여 설비관리사업소에서 요청한 사업우선순위에 따라 중기보강계획을 작성하며, 주관부서장이 이를 검토한다. 다만 자율 편성대상사업의 경우는 설비관리사업소 주관부서장이 검토한다.

(1) 중기보강계획에는 다음 사항을 포함하여 작성한다.

(가) 전력수요예측 및 설비변동 전망

(나) 경영목표 (전원측 호당정전시간, 설비고장목표)

(다) 중기보강사업 투자예산

(라) 연도별 중기보강계획

(마) 사업소별 중기보강계획

(바) 사업별 중기보강계획

(사) 사업소별 송전선로 철거 정비계획

(아) 연도별 송전선로 철거 정비계획

(2) 각종 설비보강 교체로 인한 하중 증가 시, 지지물 등 주요설비의 안전성을 검토하여 필요시 적절한 대책을 세워 중기보강계획에 반영한다.

(3) 예산배분

계획수립기간 초년도 중기보강계획은 배분예산을 기준으로 수립한다. 2차년도부터는 장기사용설비 중 성능저하 여부 및 취약성, 사업의 시급성, 투자의 효율성 등을 종합 검토하여 사업소의 요청사업 우선순위에 따라 계획을 수립한다.

4. 사업 우선순위 결정

중기보강계획의 수립, 투융자 및 예산편성 시 사업 우선순위 결정은 다음과 같이 한다.

(1) 전력수급사업(최우선 투자)

(2) 자연재해 대비 송전설비 보강사업

(3) 장기사용 송전설비 교체사업

(4) 취약송전설비 보강작업

(5) 법령, 규정에 의한 사업

(6) 송전설비 성능개선사업

(7) 154kV 송전선로용 피뢰기 설치

(8) 계획에 의한 사업

5. 중기보강계획 확정

중기보강계획은 일상감사를 거쳐 사업총괄본부장의 승인을 받아야 한다.

6. 중기보강계획의 관리

주관부서는 중기보강계획 개정 필요시 사업총괄본부장의 승인을 받아 설비관리부서

에 통보하며, 설비관리부서장은 투융자계획 수립 시 최근 발행 중기보강계획을 우선 반영한다. 중기보강 세부계획은 소책자로 발간(그림1-2)하여 송변전지리정보시스템에 등록하여 발간 및 자료 송부를 대체한다.

○○○설비 보강사업(사업명)

(단위:백만원)

사업소	선로별	보강실적		보강계획		○○년		○○년		○○년		○○년		○○년		비고
		사업량	집행액	사업량	총예산	기	예산	기	예산	기	예산	기	예산	기	예산	
계																

※ 사업형태에 따라 양식 변경 가능

출처 : 가공송전운영업무기준, 한국전력공사, pp.244 2011.11.28.
[그림 1-2] 송전 중기보강 세부계획

1-2. 가공송전선로 보강계획 수립

학습 목표

- 노후 및 취약 송전선로에 대해 고장우려를 고려하여 보강계획을 수립할 수 있다.
- 노후 및 취약 지지물에 대한 고장상정 보강계획을 수립할 수 있다.
- 송전선로 안전이격거리 확보를 위한 보강계획을 수립할 수 있다.
- 태풍과 빙설해 등 자연재해에 대한 취약철탑 보강계획을 수립할 수 있다.
- 철탑 기초와 보호설비에 대한 보강계획을 수립할 수 있다.
- 절연물과 금구류에 대한 보강계획을 수립할 수 있다.
- 송전용 피뢰장치에 대한 보강계획을 수립할 수 있다.

필요 지식

[1] 가공송전선로 사업별 보강계획 수립기준에 대한 지식

[2] 사업의 시급성, 투자의 효율성 및 송전선로 유지보수기준에 대한 지식

송전설비 보강사업의 시급성을 판단하는 우선순위에 대한 기준은 가공송전운영업무기준에 명시되어 있다. 이 경우 판단 참고자료로서 투자비 및 고장손실 효과 비교금액이 사용된다. 고장손실효과의 비용은 일반적으로 고객이 전력을 원할 때 만족할 만한 전력을 공급하지 못하여 발생하는 경제, 사회활동 및 일상생활상 발생하는 영향의 정도를 화폐가치화한 전력공급지장비용을 적용한다. 우리나라의 경우 공급지장비용은 3.6$/kWh(1998년 7월 KERI)로 산정, 적용하고 있다. 우선순위는 다음과 같다.

1. 전력수급사업(최우선 투자)

   기존 송전선로의 용량증대 사업으로 전력선을 ACSR을 HSTACIR/AW 로 변경하는 것이다. 인근 선로 고장시 전력공급이 제한되거나 과부하가 발생하는 경우에 시행된다. 송변전 부서에서 계통의 조류를 검토하여 과부하가 될 경우 계통계획부서에서 전력계통을 검토하고 보강 계획을 수립하게 된다.

2. 자연재해 대비 송전설비 보강사업

   태풍, 빙설해, 철탑기초취약으로 인해 철탑도괴나 파손의 우려가 있을 때 이를 예방하기 위해 시행한다. 정전요인, 재해요인, 부하율, 송전전압, 공급능력 등을 검토하여 사업의 우선순위를 결정한다.

3. 장기사용 송전설비 교체사업

부식, 산화 등으로 단선고장이나 송전용량이 감소된 전력선 또는 철선이나 ACSR $65mm^2$ 가공지선, 그리고 부식 변형되어 강도가 부족한 지지물이 대상이다. 사용기간, 정전요인, 부하율, 송전전압, 공급능력을 감안하여 우선순위를 판정한다. 참고로 ACSR 전선의 한계수명은 일반적으로 청정지역에서는 48년, 공해지역에서는 42년, 염해지역에서는 36년으로 연구되었다.

4. 취약송전설비 보강작업

철탑기초유실을 방지하기 위해 시행하는 기초보호설비보강, 낙뢰로 인한 애자파손고장 방지를 위한 아킹혼 설치공사, 염진해 섬락고장방지를 위한 애자련 보강공사, 변전소 인출정비나 송전선로 경과지 변경을 위한 전력계통보강공사, 승탑자의 추락방지를 위한 철탑추락방지공사, 전선접소개소 과열예방 및 기타 설비보강을 위한 공사 등이 있으며, 취약도, 정전요인, 부하율, 송전전압, 공급능력을 감안하여 사업 시행여부를 판단한다.

5. 법령, 규정에 의한 사업

도로법, 국유재산법, 산림법, 지방재정법 등에 의해 발생하는 지장송전선로 이설공사나 지상고 부족으로 발생하는 민원 또는 안전사고 여지를 해소하기 위해 시행하는 안전이격확보공사가 있으며, 긴급도와 정전요인, 부하율, 송전전압, 공급능력 순위로 시급도를 판단한다.

6. 송전설비 성능개선사업

물성자체가 취약하거나 경년열화, 진동 및 응력으로 인해 불량률이 증가하는 애자들을 교체하는 사업으로 철도, 전철, 고속도로 등 중요횡단구간을 지나는 선로에 대해 최우선으로 시행하며, 기타 위해개소나 회선별 완성도에 따라 투자가 결정된다.

7. 154kV 송전선로용 피뢰기 설치

낙뢰고장 또는 그 파급 고장으로 고객 측에 큰 피해가 발생하거나 사회적 물의가 야기될 우려가 있는 곳에 사업을 시행한다. 낙뢰고장률, 정전요인, 부하중요도, 철탑기수, 시공방법 등을 순차적으로 고려하여 사업시행을 선택한다.

8. 계획에 의한 사업

송전선로에 수시로 발생되는 경상적인 보강공사 또는 고장복구공사로서 업무중요도, 사용빈도 등을 감안하여 투자를 결정한다.

수행 내용 / 가공송전선로 보강계획 수립하기

기기(장비·공구)

- 운영프로그램 : 송변전지리정보시스템, 가공송전선로 감시시스템, 지중전력구감시시스템 등
- 송전설계기준, 가공송전운영업무기준, 지중운영업무기준, 긴급복구 업무편람, 급전운영업무절차서, 시공품질점검표, 송변전 실무교재, 설비별 이력자료, 기기취급 설명서, 대관 인·허가 서류, 용지확보 관련서류, 경과지형도, 종단평면도, 철탑 설계도, 조립도, TGIS 운영 매뉴얼, 인쇄용지 등
- 기타 : 컴퓨터 및 주변장치 등

안전·유의 사항

- 실습이 끝난 다음 컴퓨터 및 장비들의 전원이 OFF 되었는지를 확인한다.
- 실습장을 퇴실한 다음 잠금 장치를 확인한다.

수행 순서

1 사업 별로 가공송전선로 설비보강 대상을 선정하고 보강 계획을 수립한다.

1. 장기간 사용으로 성능이 저하된 전력선 및 취약한 전력선을 교체한다.

장기간으로 사용된 전력선 중 성능이 저하된 전력선 및 취약한 전력선을 교체하는 사업의 교체계획은 기준에 따라 다음과 같이 수립한다.

(1) 교체대상 선정

현장조사 및 점검 결과, 장기간 사용 등으로 부식이 심한 전선을 색출하여 교체대상을 선정한다. 특히, 염진해 지역은 전선 시료를 채취한 후 부식 조사를 시행하여 교체 여부를 판정한다. 또한, 진동 및 금구류 장악 불량 등에 따른 소선단선 과다개소나, 계통조류 증가로 송전용량이 부족하거나 부족이 예상되는 선로들을 조사하여 선정한다.

(2) 계획 수립

선정된 교체대상 개소에 대해 사업시기 및 보강방법을 결정한다. 사업시기는 공사기간 중 부하절체에 따른 휴전작업의 가능성을 검토하여 정한다. 전선을 교체할 경우 송전용량이 부족하면 송전용량증대전선(STACIR/AW)으로 교체한다. 동일전선보다 상위 규격을 적용할 경우에는 지지물의 안전성을 검토해야 한다.

2. 장기사용 성능저하 가공지선 및 취약가공지선을 교체한다.

장기간 사용된 가공지선 중 성능이 저하된 가공지선 및 취약한 가공지선 교체사업의 교체계획 수립 기준은 다음과 같다.

(1) 교체대상 선정

현장 조사를 시행하고 고장 이력 등을 분석하여 교체 대상을 선정한다. 교체 대상은 기준에 따라 장기간 사용에 따른 성능저하 등으로 단선고장의 우려가 있는 선로나, 소선단선 및 부식이 심한 선로, 345kV 송전선로 중 가공지선이 ACSR 65 mm^2 인 선로로 고장전류용량이 부족한 선로, 154kV 송전선로 중 가공지선이 아연도강연선(GSW) 70 mm^2, 55 mm^2 인 선로 등이 포함된다.

(2) 계획 수립

선정된 교체 대상 가공지선에 대해 기준에 따라 보강계획을 수립한다. 이때, OPGW 설치대상 가공지선은 교체 대상에서 제외한다. 또한 철선은 내부식성 및 순시고장 허용전류용량이 다음 각 호의 큰 알루미늄피복강연선(AWS)으로 교체한다.

(가) ACSR 65mm^2 가공지선은 AWS 100 mm^2 로 교체

(나) GSW 70mm^2 가공지선은 AWS 70 mm^2 로 교체

(다) GSW 55 mm^2 가공지선은 AWS 55 mm^2 로 교체

3. 노후 및 취약 지지물에 대한 고장 상정 보강계획을 수립한다.

장기사용 지지물 중 성능이 저하된 지지물 및 취약 지지물 교체사업의 교체계획 수립은 다음과 같다.

(1) 교체 대상 선정

순시 또는 점검에 의해 부식 및 균열 등으로 강도가 저하된 목주 및 철근콘크리트주를 색출한다. 또한, 부재의 부식, 변형, 설계하중 초과 등으로 안정도가 저하된 철탑을 색출한다.

(2) 계획수립

유사고장 이력을 분석하고 기술적 검토를 한 후 지지물 보강방법을 결정한다. 66kV 지지물은 재해 발생 시 정전 등 사회적 물의가 예상되는 개소에 한하여 사업을 시행하되, 경제성을 고려하여 교체 또는 보강방법을 결정한다. 계획 수립 시, 용지 확보 및 휴전작업 가능성을 우선적으로 검토하여 보강시기를 결정하며, 투자의 효율성을 고려하여 긴요하지 않은 개소에 대한 교체를 지양하도록 한다.

4. 송전선로 안전이격거리 확보를 위한 보강계획을 수립한다.

가공송전선로의 안전이격거리 확보사업의 계획수립 기준을 숙지한다. 교체계획 및 보강계획수립방향은 다음과 같다.

(1) 보강대상 선정

보강 대상으로는 전기설비 기술기준에 저촉되는 설비를 우선적용 대상설비로 선정한다. 또한, 정전유도 및 지상고 부족으로 인한 민원개소 및 민원발생이 예상되는 개소, 상습 수목벌채개소 및 손실보상 협의가 되지 않는 집단 지장수목지역, 안전이격거리 미달로 안전사고 또는 설비고장이 우려되는 개소를 선정한다.

(2) 계획 수립

현장 여건을 조사하고 풍압 및 수평각에 의한 애자련 및 전선횡진을 고려하여 이격거리를 확보하기 위한 대책으로 지지물 교체, 계탑, 할입 등의 보강방법을 검토하여 계획을 수립한다.

5. 태풍 취약철탑 보강계획을 수립한다.

태풍 취약철탑 보강사업의 계획수립은 다음과 같이 한다.

(1) 보강대상의 선정

풍속설계기준 개정('87. 6) 이전의 기준으로 설계된 철탑 중, 다음 사항에 해당되는 철탑을 보강대상으로 선정한다.

(가) Ⅰ, Ⅱ 지역 철탑 중 강도가 부족한 철탑

(나) Ⅲ 지역 철탑 중 태풍(강풍) 피해 실적이 있거나 피해 예상지역의 철탑

태풍 피해발생지역 또는 영동지역 등 동절기 국지적으로 강풍이 발생하는 지역의 철탑이나 특이지형 등으로 강풍피해가 예상되는 지역 또는 경험적으로 취약하다고 판단되는 지역의 철탑을 보강대상으로 선정한다.

(다) Ⅲ 지역 철탑 중 Ⅱ 지역 경계점에서 15km 이내의 지역에 위치한 철탑으로 재해예방을 위해 사전 보강이 필요하다고 판단되는 다음 장소의 철탑

좌우 경간비가 2 이상인 철탑이나, 장경간(표준경간 + 250m) 개소로서 계곡, 호수, 바다 등의 횡단으로 이상풍압이 예상되는 지역을 횡단하는 선로의 양측 지지물과 이에 가장 인접한 지지물, 그리고 철도, 전철, 고속국도, 왕복 4차선 이상의 도로 및 주요 공작물 횡단 개소의 지지물을 보강대상으로 선정한다.

(2) 계획 수립

(가) 보강 판정방법

건설당시의 설계조건에서 고려된 전선장력, 실 하중조건(경간, 수평각도), 설계기준의 풍압하중 적용 및 응력해석법에 의해 안전도를 검토하여 판정한다. Ⅱ 지역 철탑 중 보강 검토대상 철탑은 Ⅱ지역의 풍압하중을 적용하여 설계조건에 의거, 보강대상을 판정하고 보강 검토를 시행한다.

(나) 보강방법 선정

철탑에는 부재 덧대기, 부재 교체, 보조재 추가설치 등을 시행하며, 그 방법은

송전철탑 및 기초보강용역(89.2) 결과에 의한다. 기초에는 덧씌우기 공법, 주체부 보강공법, 주체부 인발보강 치환공법, 인발보강 블록공법, 인발보강 치환공법 등을 시행하며, 방법은 철탑기초 보강공사 종합개선용역('06.9) 결과에 의한다.

(3) 사업추진 시 고려사항

사업 추진 시 철탑보강으로 인한 수직 및 수평하중 증가분을 고려하여 철탑기초 보강을 결정해야 하며, 만약 보강이 곤란하거나 안전이격확보 등의 사업과 병행하여 교체하는 것이 효과가 우수하다고 판단되는 철탑은 교체를 시행해야 한다. 이러한 의사 결정은 선로별 완성도 측면에서 판단하는 것이 필요하다.

6. 빙설해 취약철탑 보강계획을 수립한다.

빙설해 취약철탑 보강사업의 계획수립 기준에 따라 다음과 같이 시행한다.

(1) 보강대상

다설지역 철탑 중 기타지역 조건의 기준으로 설계된 강도 부족 철탑(다설지역, 기타지역은 설계기준 1111의 저온계 지역구분을 준용한다.), 기타지역 철탑 중 빙설해 피해실적이 있거나 피해 예상지역의 철탑으로 빙설해 피해 실적이 있거나 착빙설 설계하중을 초과하여 빙설이 부착된 실적이 있는 지역, 계곡풍의 영향으로 빙설 부착이 쉽게 발달되는 지역, 그리고 착빙설로 인해 경간의 수직하중이 설계하중을 초과한 지역에 대해 보강계획을 수립한다.

(2) 계획 수립

(가) 보강판정방법

1) 전선장력(건설당시 설계조건), 실 하중조건(경간, 수평각도), 설계기준의 착빙설조건 적용 및 응력해석법에 의한 안전도 검토, 판정
2) 기타지역 철탑 중 보강검토대상 철탑은 다설지역의 착빙설 기준을 적용하여 1)항에 의거 보강판정 및 보강검토 시행

(나) 보강방법

철탑 탑체의 보강은 부재 덧대기, 부재 교체, 보조재 추가 설치 등의 공법(송전철탑 및 기초보강 용역(' 89.12))에 의해, 기초보강은 덧씌우기 공법, 주체부 보강공법, 주체부 인발보강 치환공법, 인발보강 블록공법, 인발보강 치환공법 등(철탑기초 보강공사 종합개선 용역(' 06.9))에 의해 수행한다. 필요 시 철탑교체, 할입 철탑 설치, 경과지 변경 등의 대책을 강구한다.

(다) 사업추진 시 고려사항

선로별 완성도 위주로 사업을 시행하되, 충분한 기술검토 후 경제성 및 시공성을 고려하여 보강방법(철탑교체, 철탑할입, 경과지 변경 등)을 결정한다. 철탑

보강의 경우, 보강으로 인한 수직 및 수평하중 증가분을 고려하여 철탑기초 보강여부 결정해야 한다. 만약, 보강이 곤란하거나 안전이격확보 등의 사업과 병행하여 교체하는 것이 효과가 우수하다고 판단되는 철탑은 교체한다. 철탑을 할입할 경우에는 최대한 수직하중경간(Weight Span)을 축소할 수 있는 방안을 강구한다.

철탑의 Arm 간격 및 Off Set를 결정 시에는 겔로핑(Galloping) 등에 의한 전선의 도약(Sleet Jump)을 고려하여야 한다. 전선이 도약할 경우 과도적인 무장력 상태가 발생하기 때문에 이로 인한 불평균장력으로 철탑이 파손되는 것을 방지할 수 있도록 설계한다.

또한, 과부하, 주위온도 상승으로 인한 전선의 팽창, 기타 원인으로 인해 전선수하(電線垂下)가 발생하여 전력선 혼촉이 초래되지 않도록 방지방안을 고려하여 사업을 추진한다.

7. 절연물과 금구류에 대한 보강계획을 수립한다.

(1) 애자련 절연보강

농무, 염진해 등으로 고장 발생 실적이 있는 지역 및 고장발생 예상지역이나, 오손지구의 애자련 절연 미보강개소 또는 급속히 오손이 발생한 실적이 있는 지역의 송전선로에 대해 애자련 절연보강 사업계획을 수립한다.

(가) 계획수립

1) 오손지구의 일반애자를 내무애자로 교체 (필요시 내장애자련도 내무애자로 교체)
2) 내무애자로 교체 불가개소는 애자증결
3) 염진해 고장발생 예상선로 우선 시행
4) 애자련 보강시 전력선 교체공사가 최소화 되도록 계획 수립

(2) 기타 금구류 보강

구형 압축인류크램프 교체, 스페샤-댐파 전면 교체 등 연차별 설비보강사업이 필요한 경우에는 중기보강계획에 포함하여야 한다.

8. 송전용 피뢰장치에 대한 보강계획을 수립한다.

(1) 아킹 혼(Arcing horn) 설치

154kV 송전선로 중 다음과 같이 아킹 혼이 설치되어 있는 회선에 대해 아킹혼이 미설치된 개소에 다음 기준에 의거, 아킹 혼을 보강 설치한다.

(가) 2회선 선로는 1회선만 설치

(나) 4회선 이상 선로는 좌우측 중 편측(전체의 1/2) 설치

(다) 3회선 선로는 2개 회선 설치 (좌우측 중 편측 미설치)

(라) 1회선 선로는 해당 회선 전체에 설치

(마) 이미 아킹혼을 부분적으로 취부한 회선은 해당회선의 나머지 철탑 모두 취부 후 사업 종결(철탑 피뢰기 설치 대상 회선은 아킹혼 취부 불요. 아킹혼 취부여부에 불구하고 피뢰기 설치가 가능하므로 불필요한 투자 방지를 위해 일부회선 미설치함)

(바) 철탑피뢰기 설치계획이 미수립된 선로(회선) 중 낙뢰가 빈발하거나, 낙뢰로 인해 애자가 파손된 실적이 있는 개소 등에는 상기(1)~(5)의 규정에 불구하고 사업소 여건을 고려하여 아킹혼 설치 가능

아킹 혼 보강 계획은 아킹혼 취부 시 금구류 교체로 인한 전력선 재시공을 최소화하는 방안으로 수립되어야 한다. 또한, 시공은 철탑, 전력선 교체 등 각종 공사에서 애자련 작업이 수반되는 경우 아킹혼을 병행 취부하는 것이 좋다. 회선별 아킹혼 설치 실적이 70% 이상이 되는 경우, 회선별 완성도를 높이기 위해 해당 회선의 잔여분에 일괄적으로 설치한다.

수행 Tip

- 송변전설비의 운전한계, 특성, 수명, 계통안전성과 안전문제 등을 통합적으로 고려한다.

1-3. 지중송전선로 보강계획 수립

학습 목표

- 지중선로의 접속개소(접속함, 절연통 보호장치 등)에 대한 보강계획을 수립할 수 있다.
- 전력구 감시시스템과 소화설비에 대한 보강계획을 수립할 수 있다.

필요 지식

1 지중송전선로의 특성

지중송전선로는 법규상의 제약, 용지상의 제약 혹은 안전, 지역 환경과의 조화 등 가공송전선로 건설이 곤란한 경우, 주로 도심지 도로 밑에 건설된다. 따라서 지중송전선로는 가공송전선로에 비하여 도시환경과 조화를 이룰 수 있고 기후(폭풍우, 낙뢰 등)의 영향이 거의 없으며 동일 경과지에 다회선을 설치할 수 있는 장점이 있지만, 지중에 건설됨에 따라 열방산의 문제로 송전용량에 제약이 있고, 송전용량 당 건설비가 많으며, 한번 고장이 발생하면 고장점 탐지 및 복구에 시간이 오래 걸리는 등의 문제가 있다.

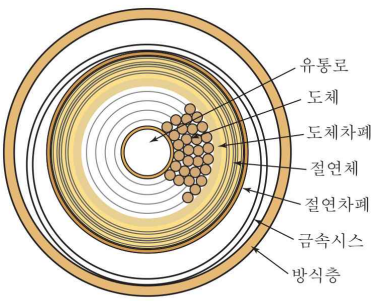
1. 지중송전선로의 구성

지중송전선로는 케이블 및 케이블 접속장치, 급유설비와 각종 부대설비로 이루어지며 이들을 수용할 수 있는 관로(맨홀) 및 전력구로 구성된다.

(1) 케이블의 구조와 특성

(가) OF 케이블

OF 케이블은 절연유가 통과하는 유통로, 도체(銅), 절연지, 금속시스(Al) 및 외피(Sheath)로 되어 있으며 단면은 그림 1-3과 같다.

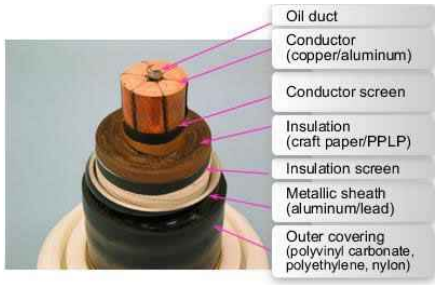


[그림 1-3] OF 케이블 단면도

단심 OF 케이블은 800㎟ 이하의 경우 중공 원형연선이, 1000㎟ 이상의 경우 중공 분할압축 원형연선이 사용되고 3심 OF 케이블의 도체는 압축 원형연선이 사용된다.

그림 1-4는 OF 케이블에서 사용되는 중공원형연선 및 중공분할 압축 원형연선의 도체 형상을 나타낸 것이다. 단면적이 큰 도체의 경우 표피효과에 의한 전류저감을 무시할 수 없기 때문에 중공 분할 압축 원형연선 도체에 있어 각 분할도체 사이를 절연지로 절연 하는 경우도 있다.

(a)중공압축



(b) 중공분할

[그림 1-4] OF 케이블 도체 형상

OF 케이블은 내부에 유통로가 설치되어 있어 저점도 절연유를 탈기·탈습 상태로 케이블에 충전시켜 외부에 별도로 설치된 급유조에 의해 대기압력 이상의 유압을 가하는 것으로, 온도변화에 의한 절연유의 팽창 수축을 흡수하여 보이드의 발생을 억제하고 케이블 열화를 방지하는 구조로 되어 있으며 주요 장점은 다음과 같다.

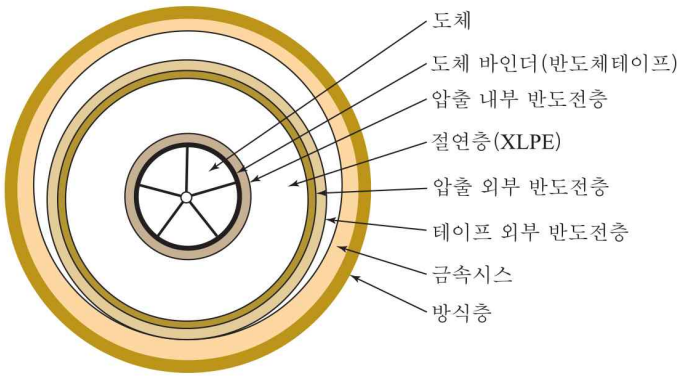
1) 전리현상이 거의 일어나지 않아 절연체가 급격히 열화하지 않는다.
2) 절연체의 허용온도는 지절연(紙絶緣) 솔리드(Solid) 케이블에 비하여 높아 송전용량을 크게 할 수 있다.
3) 높은 전계에 견딜 수 있기 때문에 절연두께를 얇게 할 수 있다.
4) 유압, 유량을 감시하여 케이블에서의 누유를 조기에 검출할 수 있다.

※ 케이블 설치비 : 약 12억원/km(154 kV 기준)

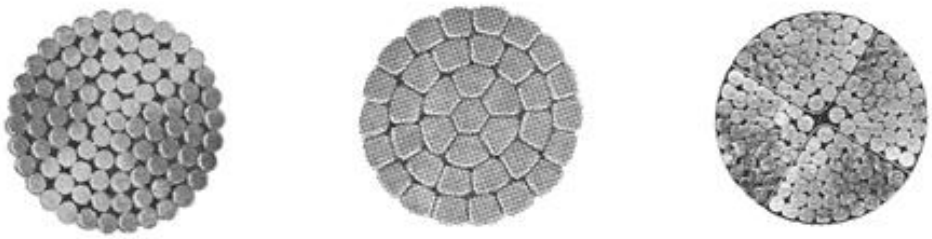
(나) XLPE 케이블

XLPE 케이블은 도체(銅), 절연체(가교 폴리에틸렌), 금속시스(Al) 및 외피(Sheath)로 되어 있으며 단면은 그림 1-5와 같다. XLPE 케이블의 도체는 원형(Round, Compress, Compact) 또는 분할압축형태로 설계한다. 그림 1-6은 각종 XLPE 케이블용 도체형태를 나타낸 것이다.

국내의 경우 동 도체는 단면적이 800㎟ 이상인 경우에는 분할 압축도체로 설계하고 있으며, 분할의 수는 4분할 또는 5분할로 하고 있다. 분할도체 연합시 분할도체 사이를 종이테이프로 절연하여 표피효과 및 근접효과에 의한 전류를 줄일 수 있다.



[그림 1-5] XLPE 케이블 단면도



출처: 송배전공학 문운당
[그림 1-5] XLPE 케이블 도체 구조 (원형연선, 원형압축, 원형분할압축)

XLPE 케이블은 폴리에틸렌을 가교시켜 폴리에틸렌의 결점인 열연화성을 대폭 개선한 것으로 국내 전력케이블의 주류를 이루고 있다. 현재 국내에서 XLPE 케이블은 600 V에서 345 kV 까지 폭넓게 사용되고 있으며, 주요 장점은 다음과 같다.

1) 절연내력 및 체적저항이 높고, 유전손실률 및 유전율은 낮다.
2) 상시 연속 최고허용온도가 90℃로 송전용량이 크다.
3) 물리적, 기계적 특성이 우수하다.
4) 중량이 가벼워 다루기 쉽고 포설이 용이하다.
5) 건식 타입이며, OF 케이블에서와 같은 별도의 급유설비가 필요없어 유지보수가 간단하다.
6) 내약품성이 우수하다.
7) 절연유를 사용하지 않기 때문에 환경오염이 없다.

그러나 상기와 같은 장점이 있는 반면에 다음과 같은 단점도 있다.

1) 교류전압에 있어 전압-시간(V-t) 특성이 OF 케이블에 비하여 떨어진다.
2) 부분방전 특성(내 코로나성)은 OF 케이블에 비하여 좋지 않다.
3) 절연파괴 고장시 사전 경보시스템이 없다.

※ 케이블 설치비 : 약 15억 원/km(154 kV 기준)

2. 지중선로 송전용량

케이블의 허용전류는 지중송전선로의 송전용량을 결정하는 가장 큰 요소 중 하나로, 케이블 절연체의 최고허용온도를 초과하지 않고 도체에 흘릴 수 있는 연속 전류를 말한다. 즉 케이블의 도체에 전류가 흐르게 되면 전기적인 손실에 의해 열이 발생되고 케이블 각 부분의 온도가 상승하게 되는데, 이때 절연체의 절연성능을 저해하지 않는 온도까지 흘릴 수 있는 전류값을 의미한다.

케이블의 허용전류는 도체 최고허용온도, 손실(발생 열), 열저항, 토양의 열특성 및 주변온도 등의 요소에 의하여 결정된다. 따라서 지중송전선로의 허용전류는 가공송전선로와 달리 동일 규격의 케이블이라도 포설조건, 케이블 배치, 접지방식 등 여러 가지 요소에 따라 그 값이 달라지며, 케이블 내에 저장되는 에너지와 통전전류의 지속시간에 의하여 다음과 같이 정상상태와 과도상태로 구분한다.

(1) 정상상태 허용전류

상시허용전류 : 정상상태에서 상시 도체 최고온도를 초과하지 않고 케이블에 지속적으로 흘릴 수 있는 최대전류를 말한다.

(2) 과도상태 허용전류

(가) 단시간 허용전류 : 2회선 운전 중 어떤 원인에 의해 한 선로가 송전을 중단하여 나머지 한 선로에 일시적(10시간)으로 과부하 운전시 단시간 도체 최고허용온도를 초과하지 않고 흘릴 수 있는 최대전류를 말한다.

(나) 고장순시 허용전류 : 지락 또는 단락 고장시 고장지속시간 동안에 도체의 고장순시 최고허용온도를 초과하지 않고 보낼 수 있는 최대전류를 말한다.

<표 1-1> 도체 최고허용온도

구 분	XLPE	OF	비 고
상시 도체 최고허용온도[℃]	90	85	상시 허용전류
단시간 도체 최고허용온도[℃]	105	95	단시간 허용전류
고장순시 도체 최고허용온도[℃]	250	150	고장순시 허용전류

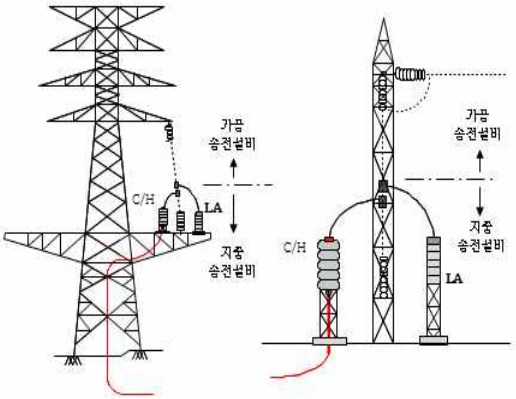
2 설비의 운영 한계

송·변전설비간의 운영 및 책임한계는 다음과 같이 구분한다.

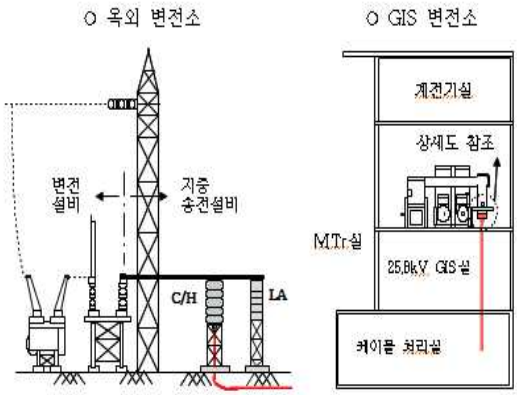
1. 가공송전설비와 지중송전설비

가공송전설비와 지중송전설비가 접속되는 경우 책임한계는 철탑형 케이블 헤드 설비인 경우는 가공설비는 철탑, 전선, 애자금구류까지, 지중설비는 케이블헤드 및 피뢰기 리드선 연결 크람프까지(케이블헤드 부지, 울타리 포함)로 한다. 철구형 케이블헤드인 경우는 가공설비는 전선, 애자금구류까지이고 지중설비는 철구, 케이블헤드 및 피뢰기 리드선 연결 크람프까지(케이블헤드 부지, 울타리 포함)로 한다. 옥내형 케이블헤드인 경우는 가공설비

는 전선, 인입내장애자련, 리드선까지로, 지중설비는 케이블헤드 및 Wall Bushing 단자까지(건물, 부지, 울타리 포함)로 한다.



[그림 1-6] 설비한계(가공-지중)



[그림 1-7] 설비 한계(지중-변전)

2. 지중송전설비와 변전설비

지중송전설비와 변전설비가 접속되는 경우 책임한계는 옥외변전소(기중형)인 경우 지중설비는 선로측 DS 인출 리드선까지로, 변전설비는 선로측 DS 인출 단자까지로 한다. GIS변전소 (가스중형)인 경우는 지중설비는 케이블헤드 도체 인출봉까지로 하고 변전설비는 도체 인출봉 접속 금구류까지로 하는 것이 일반적이다.

수행 내용 / 지중송전선로 보강계획 수립하기

재료·자료

- 송전설계기준, 지중운영업무기준, 긴급복구 업무편람, 급전운영업무절차서, 시공품질점검표, 송변전 실무교재, 설비별 이력자료, 기기취급 설명서, 대관 인·허가 서류. 용지확보 관련서류,
- TGIS 운영 매뉴얼
- 인쇄용지 등

기기(장비·공구)

- 운영프로그램 : 송변전지리정보시스템, 지중전력구감시시스템 등
- 점검 및 안전장비 : 개인용 안전장구세트, 검전기, 접지장치, 망원경, 열화상측정기, 무전기 등
- 기타 : 컴퓨터 및 주변장치 등

안전·유의 사항

- 실습이 끝난 다음 컴퓨터 및 장비들의 전원이 OFF 되었는지를 확인한다.
- 실습장을 퇴실한 다음 잠금 장치를 확인한다.

수행 순서

[1] 지중송전설비의 중기보강계획을 수립한다.

1. 중기보강계획 수립기준 및 업무절차

지중송전설비 중기보강 계획의 수립기간, 기본방침, 업무처리절차, 계획수립방법 등은 『가공송전 운영업무기준』과 동일하며, 사업우선순위 결정은 경제성, 시급성, 안전 등을 통합적으로 고려하여 미리 설정한 순위에 따른다.

2. 사업별 보강계획 수립

(1) 노후취약 케이블 교체사업

노후화되어 누유고장 등이 발생한 케이블이나 국내생산이 불가능하여 고장복구가 곤란한 케이블 또는 계통조류 증가로 송전용량이 부족하거나 부족이 예상되는 선로 및 케이블의 비정상 포설로 전력구 단면활용 및 통행에 지장을 발생한 케이블을 대상으로 노후 취약 케이블 교체 보강계획을 수립한다.

보강계획수립을 위해 교체대상을 선정할 경우에는 토목구조물의 재사용 가능여부를 충분히 검토한다. 또, 사업 시기는 공사기간 중 부하절체에 따른 휴전작업 가능성을 검토한 후 결정한다. 만약, 가공선로와 연계된 선로인 경우, 가공선로 용량 증대공사 시에 병행 추진하도록 계획을 수립한다.

(2) 시스전압제한기 보강사업

지중송전선로 접속함의 시스전압제한기 보강계획을 다음과 같이 수립한다.

(가) 보강대상

345kV 및 154kV 편단접지개소, 접속함중 대지간 접지(Link Box) 방식 개소나 구형 시스전압제한기(SVL) 설치개소, 가스중 종단접속부(EB-G)에 시스전압제한기 미설치 개소 또는 시스전압제한기 고장 개소에 대해 보강계획을 수립한다.

(나) 계획 수립

보강방법은 다음과 같으며 이에 따른 계획을 수립한다.

1) 편단접지개소 : 방전 2등급 1개 설치
2) 대지간 접지방식 구간 : 크로스본드 접지방식 변경 (대지간→교락비접지)
3) 구형 SVL : 신형(현 규격품)으로 설치
4) 고장개소 및 EBG등 미 설치개소 : 현 규격품으로 교체 및 설치

5) 병행지선 설치 시 설치개소는 과거 절연통보호장치의 소손사례가 발생한 개소(편단접지개소, 제 1크로스본드 구간)로 한다. 사업추진 시 선로별 완성도 위주로 고려하며, 부하전류, 선로별 중요도에 따라 사업을 시행한다.

(3) 전력구 감시시스템 설치사업

전력구 감시시스템 설치사업의 보강계획 수립은 다음과 같은 기준으로 한다.

(가) 보강대상

345kV 케이블 수용 전력구, 154kV 케이블 수용 전력구로서 길이가 1km이상 연결된 전력구, 특정지역 공급, 다회선 케이블을 수용하는 중요 전력구

(나) 계획수립방향

감시시스템은 설비운영사업소 단위로 설치하며 중요 전력구부터 우선순위를 정하여 수용한다. 중장기 계획상의 전력구 규모를 감안하여 감시시스템 용량 산정한다. 단, 345kV 케이블 수용 전력구는 송변전건설처에서 별도 추진한다.

(4) 전력구 소화설비 설치사업

전력구 소화설비 설치사업의 보강계획 수립은 다음과 같이 수행한다.

(가) 설치대상

전력구 또는 변전소내 설치된 154kV 이상 OF 케이블 접속부와 지하복합변전소에 연결된 모든 전력구를 대상으로 한다.

(나) 계획 수립

강화액 자동소화설비는 OF 케이블의 중간접속부 (보통접속함 제외)에 설치한다. 방화문의 경우는 인출 전력구 및 OF 케이블 중간접속부 양단에 설치한다.

사업계획 수립 시에는 다음을 유의해야 한다.

1) 지하복합변전소 구내 접속함 등 화재발생시 사회적물의가 큰 개소 우선적으로 시행한다.
2) 인출 전력구의 방화문은 하론설비 이후 매 100m마다 1개씩 300m까지 설치(상시개방상태로 운전)한다.
3) 전력구 본선구간 OF 케이블의 접속부 양단 약 10m 지점(방화문)에 설치한다.
4) 소화장치 및 방화문은 화재발생시 자동화재탐지설비에 의해 동작되는 기능을 구비한다.

2 선로의 지중화에 의한 보강계획을 수립한다.

가공선로의 존치, 대체가 불가능한 선로, 인구가 밀집된 상업지역 또는 주거 지역내 선로, 국가 정책상 지중화가 필요한 선로, 지중화에 대한 사회적 책임 수행이 요구되는 선로, 요청자 (지자체 포함) 부담 지중화 요청 선로, 기타 지중화가 필요한 선로기설 가공 송전선로 등에 대해 지중화를 추진하여 선로의 보강은 물론 전력사업의 원활한 추진과

효율적인 투자 및 설비관리를 도모하기 위하여 지중화 보강계획을 수립한다.

1. 지중화 심의

지중화는 가공송전선로에 비해 비용이 수배에 달하므로 지중화 여부, 시기, 규모, 공사비 부담한계 등을 심의하기 위해 심의위원회를 운영한다. 이때 가공송전 및 지중송전부서와 계통계획 운영부서, 변전설비 운영부서 등 관련 부서의 담당자들이 위원회에 참여하여 시기, 규모, 지중선로 경과지 및 시공가능성, 지중토목설비 적용 공법 타당성, 부지확보 가능성 등 지중화에 대한 설비차원의 검토와 계통구성, 설비규모, 계통보호설비등 계통측면에서의 검토 등의 심의를 수행한다.

2. 심의자료

지중화 심의에 필요한 자료들은 다음과 같다.

(1) 축적 1/25,000 및 1/5,000 지형도

(2) 축적 1/25,000의 도시계획도

(3) [부록Ⅶ-4]의 기설선로 우선순위 산출표등 현장조사서

(4) 측량성과물 (건폐율 산정용)

(5) 지중토목설비 적용검토서 (본심의 시)

건설처 건설환경팀 설계담당에서 작성하여 사업소(본부)에 제출

(6) 선로 활용성 검토서

(7) 신설 및 계획 지중화와 병행시공 여부

(8) 요청자(지자체 포함)부담 지중화 요청 시의 자료

(가) 지중화 요청서

(나) 비용 부담 근거

(9) 기타 필요한 자료

3. 지중화사업 시행 우선순위 결정

(1) 우선순위 결정방법

(가) 다수의 기설선로를 지중화 할 경우 우선순위는 순위별 결정기준을 적용하는 것이 좋다.

(나) 동일순위 사업간 의 우선순위는 산출점수가 높은 순으로 하며, 동점일 경우에는 도심지 및 교육시설의 인접성, 권원확보의 경제성, 경제성 및 시공효율성, 설비의 운용성, 지역 균형성 순으로 하는 것이 좋다.

(2) 순위별 결정기준 사례

한국전력에서 지중화를 하는데 적용하는 순위를 참고로 소개하면 다음과 같다.

(가) 1 순위

1) 기설선로 지중화 우선순위 산출표에 의하여 80점 이상인 선로

2) 가공선로 건설당시 허가조건이행 및 이행계약체결 대상선로

3) 요청자가 지중화 공사비 전액을 부담하는 선로

(나) 2 순위

기설선로 지중화 우선순위 산출표에 의하여 70점 이상인 선로

(다) 3 순위

기설선로 지중화 우선순위 산출표에 의하여 60점 이상인 선로

학습 1 교수·학습 방법

교수 방법

- 발전력과 부하를 연결하여 전력망을 구성하는 설비로서 송전설비의 역할을 인식시킨다.
- 송전설비의 사고로 인해 발생한 정전 사례를 소개하여 송전운영의 중요성을 인식시킨다.
- 투자를 위한 경제성 평가방법에 대한 기본이론을 사례를 들어 설명한다.
- 송전용량에 대한 평가, 증대방안, 저하요인 및 정상 시와 이상 시에 대응방법을 설명한다.
- 가공송전설비와 지중송전설비의 구성, 특성을 파악하도록 한다.
- 보강계획 수립과 관련된 제 이해당사자들과 협력하는 방법을 기준에 따라 설명한다.
- 투자의 시급성을 판단하는 기준을 설명하고 사례를 제시하여 사례분석결과를 발표하도록 한다.

학습 방법

- 설비별 경제성 검토자료 분석능력을 양성한다.
- 설비별 성능저하에 따른 건전도 평가기술을 양성한다.
- 설비별 보강 우선순위를 결정할 수 있도록 사례를 학습하고 토론한다.
- 유사고장 이력을 분석하고 기술 검토를 한 후 보강방법을 결정하도록 한다.
- 연간 보수비용, 설비가격을 고려한 경제성 검토가 가능하도록 실습한다.

학습 1 평 가

평가 준거

- 평가자는 학습자가 수행 준거 및 평가 내용에 제시되어 있는 내용을 성공적으로 수행하였는지를 평가해야 한다.

학습 내용	평가 항목	성취수준 상	중	하
송전설비보강 기본계획 수립	- 송전설비 보강에 대한 기본계획과 방침을 수립할 수 있다.			
가공송전선로 보강계획 수립	- 노후 및 취약 송전선로에 대한 고장우려를 고려하여 보강계획을 수립할 수 있다.			
	- 노후 및 취약 지지물에 대한 고장상정 보강계획을 수립할 수 있다.			
	- 송전선로 안전이격거리 확보를 위한 보강계획을 수립할 수 있다.			
	- 태풍과 빙설해 등 자연재해에 대한 취약철탑 보강계획을 수립할 수 있다.			
	- 철탑 기초와 보호설비에 대한 보강계획을 수립할 수 있다.			
	- 절연물과 금구류에 대한 보강계획을 수립할 수 있다.			
	- 송전용 피뢰장치에 대한 보강계획을 수립할 수 있다.			
지중송전선로 보강계획 수립	- 지중선로의 접속개소(접속함, 절연통 보호장치 등)에 대한 보강계획을 수립할 수 있다.			
	- 전력구 감시시스템과 소화설비에 대한 보강계획을 수립할 수 있다.			

평가 방법

- 서술형시험

학습 내용	평가 항목	성취수준 상	중	하
송전설비보강 기본계획 수립	- 송전선로 보강기본계획의 방침, 경제성 평가이론과 기술기준, 우선순위결정			
가공송전선로 보강계획 수립	- 가공송전선로 보강계획의 우선순위 수립방법			
지중송전선로 보강계획 수립	- 지중송전선로 보강계획의 우선순위 수립방법			

• 사례연구

학습 내용	평가 항목	성취수준 상	중	하
송전설비보강 기본계획 수립	- 조별 활동을 통한 송전선로 보강 기본계획 수립 실습			
가공송전선로 보강계획 수립	- 조별 활동을 통한 가공송전선로 보강/신증설 필요사례를 제시하고 경제성/기술성 판단			
지중송전선로 보강계획 수립	- 조별 활동을 통한 가공송전선로 보강/신증설 필요사례를 제시하고 경제성/기술성 판단			

• 구두발표

학습 내용	평가 항목	성취수준 상	중	하
가공송전선로 보강계획의 수립	- 노후 및 취약 송전선로에 대한 고장우려를 고려한 보강계획 수립과정			
	- 노후 및 취약 지지물에 대한 고장상정 보강계획 수립과정			
	- 송전선로 안전이격거리 확보를 위한 보강계획 수립과정			
	- 태풍과 빙설해 등 자연재해에 대한 취약철탑 보강계획 수립과정			
	- 철탑 기초와 보호설비에 대한 보강계획 수립과정			
	- 절연물과 금구류에 대한 보강계획 수립과정			
	- 송전용 피뢰장치에 대한 보강계획 수립과정			
지중송전선로 보강계획의 수립	- 지중선로의 접속개소(접속함, 절연통 보호장치 등)에 대한 보강계획 수립과정			
	- 전력구 감시시스템과 소화설비에 대한 보강계획 수립과정			

피 드 백

1. 서술형 시험
   - 우수한 학생은 경제성을 감안한 송전용량 증대대책을 검토하도록 한다.
2. 사례연구
   - 송전계통의 투자 우선순위에 따른 송전보강계획에 대한 사례를 조간에 교환 검토한다.
3. 구두발표
   - 국내외 송전선로 보강 사례 발표결과에 대해 조 상호간 토론하여 장단점을 상호인식한다.

학습 1	설비보강계획 수립하기(LM1901030203_14v2.1)
학습 2	**송전설비 순시점검하기 (LM1901030203_14v2.2)**
학습 3	송전설비 감시시스템 운영하기(LM1901030203_14v2.3)
학습 4	송변전 지리정보시스템 운영하기(LM1901030203_14v2.4)
학습 5	고장복구체계 수립하기(LM1901030203_14v2.5)

2-1. 송전설비 순시점검계획 수립

학습 목표

- 순시점검 종류와 기준에 대해 구분하고 항목에 따라 점검할 수 있다.
- 송전설비 고장사례 분석을 통하여 유사고장 방지대책을 수립할 수 있다.
- 송전설비와 변전설비의 경계점을 구분할 수 있다.
- 송전선로 명칭부여 기준을 확인하고 번호찰을 기준에 맞게 설치 운영할 수 있다.

필요 지식

[1] 가공 송전선로 순시 점검

1. 보통순시

설비운영부서장이 임명한 선로별 담당정비원이 계획된 시기에 시행한다. 다만 항공순시 대상선로는 가급적 항공순시와 도보순시의 시행시기가 중복되지 않도록 순시계획을 수립하여야 한다.

2. 고장순시

고장순시는 선로 고장 시에 고장지점의 발견, 선로의 복구 및 응급조치 등을 위해 복구반에 의해 수행된다.

3. 기타순시

예방순시, 특별순시, 간부순시 등은 설비운영부서장의 결정에 따라 순시계획을 수립한다.

[2] 지중송전선로 순시·점검

지중송전선로는 대부분 도로에 매설되어 있어 상하수도, 지하철, 통신, 가스공사 등 굴착공사 등으로 손상을 받을 우려가 많다. 또한 케이블 고장 발생시 가공송전에 비해 복구기간이 길어 사회적 문제를 야기할 수도 있다. 따라서 지중송전선로의 고장 요소를 조속히 발견하여

사전 예방을 도모하는 것이 중요하고, 이러한 것을 염두에 두고 효과적인 순시를 실시하여 고장 요소의 조기발견에 노력하여야 한다.

1. 지중송전선로 순시의 종류

(1) 순시의 종류

(가) 보통순시

주 1회 정기적으로 지중송전선로 및 주변상황을 조사하는 순시로서, 전력구내 구조물 및 부대설비와 선로상황을 관찰하고 선로의 보안상 장애 또는 그 위험성을 사전에 방지하기 위하여 실시한다.

(나) 예방순시

송전선로 부근의 굴착, 건축공사 등으로 인하여 설비에 위해가 예상되는 등 보통 순시만으로 고장예방을 기대할 수 없는 구간, 또는 전력구내 누수된 물을 배수하기 위하여 시설된 집수정, 양수기의 동작 상태를 점검하기 위하여 예방순시를 시행한다.

(다) 특별순시

기상여건이 악화되거나, 천재지변 등으로 인하여 송전선로에 고장 발생이 우려되는 구간 또는 정비업무의 시행상태의 확인이 필요한 구간에 대하여 필요시 특별순시를 수행한다. 특히 하절기 폭우에 대비하기 위하여 또는 동절기나 해빙기의 선로 도괴의 위험을 방지하기 위하여 특별점검을 수행할 목적으로 특별순시를 수행한다. 중요행사시 시설보안 유지를 위한 순시도 특별순시에 포함된다.

(라) 고장순시

송전선로에 고장이 발생하였을 경우 고장개소 발견을 위하여 고장순시를 수행한다. 영구고장 시는 발생 즉시 순시를 시행하고, 순간고장 발생 시는 순시여건을 고려하여 시행한다.

2. 지중송전선로 점검

(1) 초기점검

전력구 케이블 및 전력구내 부대설비에 대한 이상유무를 초기에 확인하기 위하여 설비별로 준공 후 1-2 년 사이에 시행하는 점검이다.

(2) 정기점검

전력구 구조물, 케이블, 배수설비, 환풍설비, 방재설비, 전력구내 금구류 설비의 성능을 육안으로 정기적으로 시행하는 점검이다.

수행 내용 / 송전설비 순시 점검계획 수립하기

재료·자료

- 송전설계기준, 가공송전운영업무기준, 지중운영업무기준, 시공품질점검표, 송변전 실무교재 , TGIS 운영 매뉴얼, 인쇄용지 등

기기(장비·공구)

- 운영프로그램 : 송변전지리정보시스템, 가공송전선로 감시시스템, 지중전력구감시시스템 등
- 기타 : 컴퓨터 및 주변장치 등

안전·유의 사항

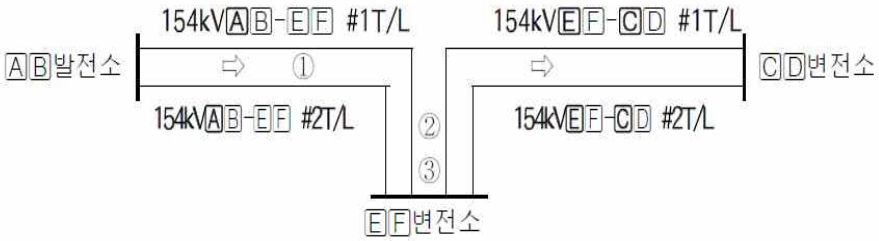
- TGIS(송변전 지리정보 시스템)의 데이터 관리항목을 점검하여 순시점검의 효율화를 기한다.

수행 순서

1 송전선로의 명칭부여를 하고 번호찰을 설치 운영한다.

1. 송전선로 명칭부여하기

송전선로의 명칭은 다음 그림과 같이 전력조류가 흐르는 방향에 따라 전압, 전원측 발변전소 - 부하측 발변전소, 회선번호 T/L 순으로 부여한다.

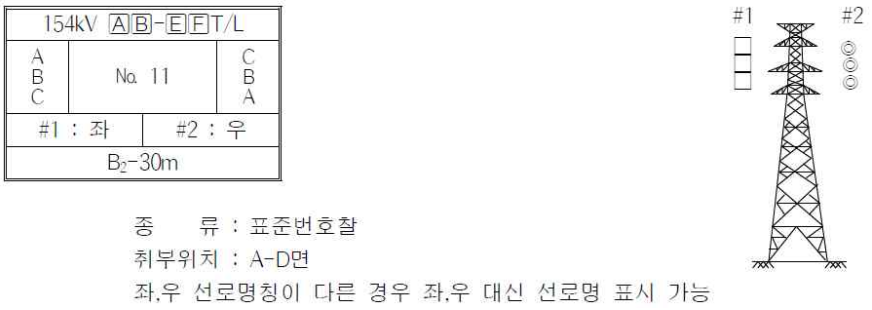


출처: 한국전력공사 가공송전운영업무기준 p.171
[그림 2-2] 송전선로 명칭부여 방법

2. 송전선로 번호찰 부여하기

(1) 2회선 수직배열 철탑 번호찰 부여

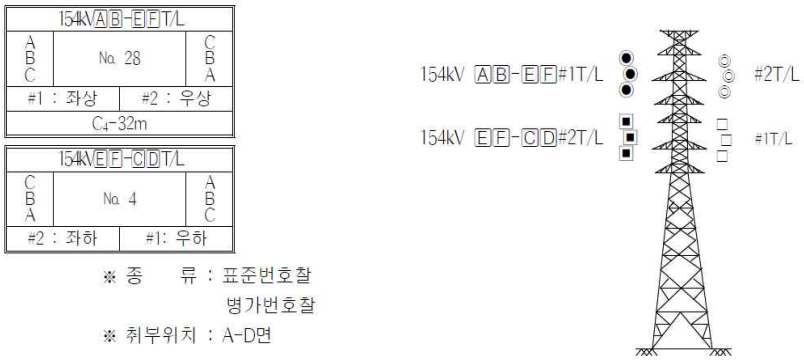
그림 2-2의 ①번에 설치된 철탑은 154kV AB-EF #1 T/L과 #2 T/L 2회선을 지지하고 있으므로 전원단에서 부하단을 바라보면 왼쪽이 #1 T/L, 오른쪽이 #2 T/L이 되도록 표준 번호찰을 취부한다. 표준 번호찰은 다음 그림과 같이 제작한다.



출처: 한국전력공사 가공송전운영업무기준
[그림 2-3] 2회선 송전선로 번호찰 취부 방법

(2) 4회선 수직배열 철탑 번호찰 부여

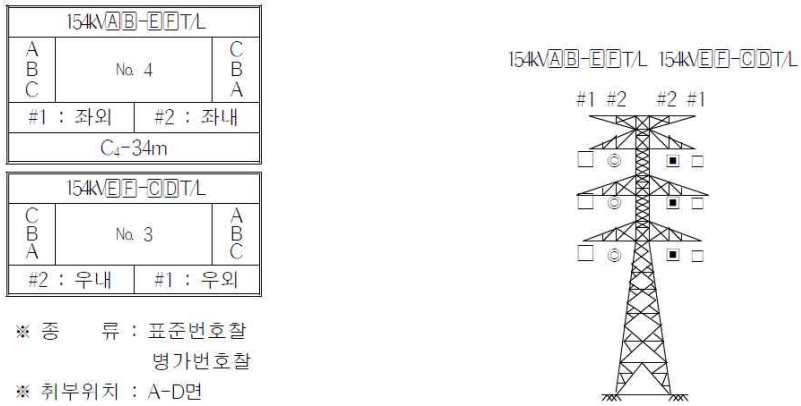
그림 2-2의 ②, ③번에 설치된 철탑은 전원쪽에서 오는 AB-EF선로를 상단에, 부하쪽으로 가는 EF-CD선로를 하단에 배치하고 있다. 이 경우 번호찰은 A-D면에 다음 그림과 같이 제작 취부한다.



출처: 한국전력공사 가공송전운영업무기준
[그림 2-3] 4회선 송전선로 번호찰 취부 방법

(3) 4회선 수직특수배열 철탑 번호찰 부여

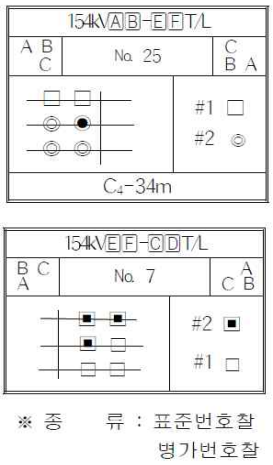
그림 2-2의 ②, ③번에 그림 2-4와 같이 암이 긴 특수 철탑을 설치하여 수직배열을 하는 경우 철탑번호찰은 A-D 면에 그림2-4와 같이 취부한다.

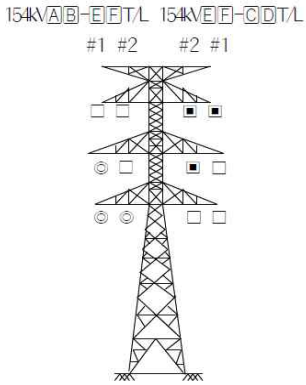


출처: 한국전력공사 가공송전운영업무기준
[그림 2-4] 4회선 수직특수배열철탑 번호찰 취부 방법

(4) 4회선 수평특수배열 철탑 번호찰 부여

그림 2-2의 ②, ③번에 그림 2-5와 같이 암이 긴 특수 철탑을 설치하여 수평배열을 하는 경우 철탑번호찰은 A-D 면에 그림2-4와 같이 취부한다.





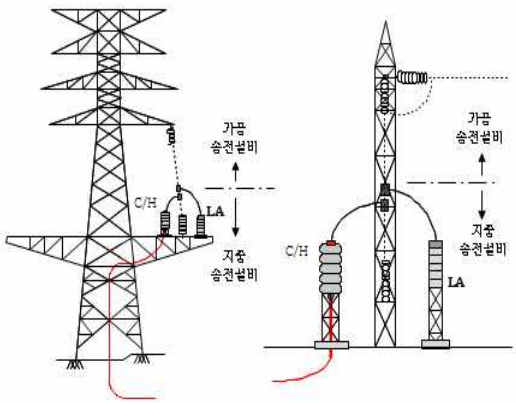
출처: 한국전력공사 가공송전운영업무기준
[그림 2-5] 4회선 수평특수배열철탑 번호찰 취부 방법

2 송전설비와 변전설비의 운영 한계를 구분한다.

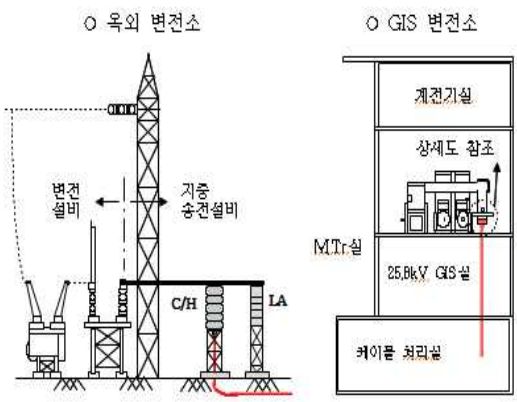
송·변전설비간의 운영 및 책임한계는 다음과 같이 구분한다.

1. 가공송전설비와 지중송전설비

가공송전설비와 지중송전설비가 접속되는 경우 책임한계는 철탑형 케이블 헤드 설비인 경우는 가공설비는 철탑, 전선, 애자금구류까지, 지중설비는 케이블헤드 및 피뢰기 리드선 연결 크람프까지(케이블헤드 부지, 울타리 포함)로 한다. 철구형 케이블헤드인 경우는 가공설비는 전선, 애자금구류까지이고 지중설비는 철구, 케이블헤드 및 피뢰기 리드선 연결 크람프까지(케이블헤드 부지, 울타리 포함)로 한다. 옥내형 케이블헤드인 경우는 가공설비는 전선, 인입내장애자련, 리드선까지로, 지중설비는 케이블헤드 및 Wall Bushing 단자까지(건물, 부지, 울타리 포함)로 한다.



[그림 2-5] 설비한계(가공-지중)



[그림 2-6] 설비 한계(지중-변전)

2. 지중송전설비와 변전설비

지중송전설비와 변전설비가 접속되는 경우 책임한계는 옥외변전소(기중형)인 경우 지중설비는 선로측 DS 인출 리드선까지로, 변전설비는 선로측 DS 인출 단자까지로 한다. GIS변전소 (가스중형)인 경우는 지중설비는 케이블헤드 도체 인출봉까지로 하고 변전설비는 도체 인출봉 접속 금구류까지로 하는 것이 일반적이다.

3 송전설비 고장사례를 분석하고 유사고장 방지대책을 수립한다.

1. 고장 통계에 의한 고장 사례의 분석

송전설비에 발생한 고장사례를 설비별, 원인별로 분석하고 이를 일정기간 동안 통계처리하여 각 설비별 고장발생의 원인을 파악한다.

2. 유사 고장 방지대책을 수립한다.

고장의 원인 요인에 대해 주기적인 점검 측정을 하여 위해의 정도를 파악하고 이에 기초한 유사사고 방지대책을 수립한다.

4 설비의 순시점검 및 측정 계획을 수립하고 수행한다.

1. 순시 종류별 순시기준

순시의 회수는 설비의 노후도나 고장의 발생빈도, 기상여건 및 설비상태와 계통의 중요도에 따라 증감 시행될 수 있다.

(1) 보통순시는 지상순시인 경우 6개월에 1회 시행하며, 도보순시를 원칙으로 하고 중요선로 및 고장우려 개소는 승탑 점검을 병행한다. 항공순시는 항공순시 및 점검규정에 정한 바에 따른다.

(2) 예방순시는 상주, 현장출근, 2~3일중 1회, 주중 1회 중 선택해서 시행한다. 위해의 정도에 따라 설비운영 책임자가 결정한다.

(3) 특별순시는 4대 재해(태풍, 호우, 폭설, 산불) 발생 지역에 1회 이상 실시한다. 또한, 해빙기, 폭염, 한파 등 계절적 특이 시기나 계통상 중요선로에 대해 운영소관 부서의 결정에 따라 시행한다.

(4) 고장순시는 고장 발생시에 시행한다. 영구고장이 발생하면 즉시 순시를 시행한다. 순간고장에 대해서는 순시여건을 고려하여 순시시기를 결정, 시행한다.

(5) 간부순시는 해당 설비의 책임자가 취약개소에 대해 시행한다. 6개월 또는 3개월에 1회 수행한다.

2. 순시 시 병행가능 작업

(1) 초기점검, 기별점검

<표 2-1> 순시 대상 송전설비의 종류

구분	조사항목	조사내용	순시종류	
			도보 순시	항공 순시
송전 설비	철탑, 철주, 관형주 등	경사, 부재의 변형, 탈락, 부식 등	○	○
	콘크리트주, 목주	경사, 균열, 파손 등	○	
	기초 및 보호설비	붕괴, 균열, 매몰 등	○	
	지선류	단선, 소선단선, 부식, 장력부족 등	○	
	애자류	파손, 균열, 애자련 인상, 아크 흔적등	○	○
	금구류	부식, 변형, 탈락, 볼트풀림 등	○	○
	전선류	소선단선, 이도변화 등	○	○
	항공장애등	점등여부, 파손 등	○	
	항공장애표시구	탈락, 파손, 볼트풀림, 퇴색 등	○	○
	접지설비	매설지선 노출, 부식, 단선 등	○	
	표시찰류	퇴색, 부식, 탈락, 손상 등	○	○
설비 환경	수목	이격거리, 도괴우려 등	○	○
	건조물, 공작물	신.증축, 접근상태	○	○
	도로신설, 농지정리등	지형변경으로 인한 설비위해	○	○
	중장비	중장비 접촉	○	○
기타	순시로	통행 지장유무	○	
	위해요인	기타 위해설비사항	○	○

3. 순시 시 병행가능 작업

(1) 초기점검, 기별점검, 정밀점검, 특별점검, 자연재해대비 점검, 불량애자검출, 지장수목벌채(순시시 시행하는 간단한 수목제거작업은 제외), 스페이서 점검, 고배율망원경 점검은 지상순시와 병행해서는 안된다.

(2) 초기점검, 기별점검, 정밀점검은 상호병행해서는 안된다.

(3) 동일년도에 기별점검과 정밀점검이 중복될 경우, 정밀점검만 시행하고 기별점검은 생략한다.

4. 점검방법

송전설비 점검은 점검방법과 설비특성을 고려하여 휴전 또는 활선 등 적합한 공법을 선택하여 시행한다. 점검조는 최소 2인 1조로 편성함을 원칙으로 한다. 다만 조편성이 곤란하거나 평지 등 점검자에게 위험이 없다고 인정되는 경우에는 1인으로 할 수 있다. 점검종류별 점검대상 및 항목, 점검결과의 기록은 <표 2-2>와 같다.

<표 2-2> 점검종류별 점검대상 및 항목

점검종류	점검대상	점 검 항 목	비고
초기점검	신설선로	○ 별표#13의 기별·정밀점검 항목 ○ 애자금구, 스페샤, 댐퍼 등 상시충전부 : 전량점검 ○ 철탑볼트조이기 및 로킹너트 취부 ○ 전선접속개소 점검 (휴전 전 또는 후에 가압상태에서 시행) ○ 접지저항측정	
기별점검	전 설 비	○ 별표#13의 기별점검항목	
정밀점검	전 설 비	○ 별표#13의 기별·정밀점검 항목 ○ 철탑 볼트류 : 5~10% 발취점검 ○ 애자금구, 스페샤, 댐퍼 등 상시충전부 : 전량점검	
특별점검	필요설비	○ 필요 점검항목	
항공장애등점검	전 설 비	○ 기별점검항목중 항공장애표시등 점검항목	
스페샤 점검	전 설 비	○ 정밀점검항목 중 스페샤 점검항목	
전선접속개소점검	전 설 비	○ 압축인류크램프 및 압축스리브, 보수스리브 과열여부	
전선접속편심측정	필요개소	○ 가공송전선로 시공품질점검표에 의함	
접지저항측정	전 설 비	○ 가공송전선 지지물 접지기준 (설계기준-1101)	
불량애자검출	필요설비	○ "Ⅵ" 항(불량애자검출)의 규정에 의함	
자연재해대비점검	필요설비 (주)	○ 별표#13의 기별점검항목 ○ 철탑 볼트류 : 5~10% 발취점검	
산지철탑 정기점검	전 설 비	○ 산지 철탑부지 유지관리지침에 따름	
산지철탑 예방점검	필 요 시	〃	
산지철탑 특별점검	필 요 시	〃	
하천철탑 정기점검	전 설 비	○ 하천 철탑부지 유지관리지침에 따름	
하천철탑 예방점검	필 요 시	〃	

(주) 자연재해대비 점검대상 설비
1. 태풍대비 점검 : Ⅰ, Ⅱ지역 송전선로
2. 빙설해대비 점검 : 다설지역 송전선로
3. 기타 자연재해대비 점검 필요개소

5. 점검결과 판정

(1) 전선접속개소 점검

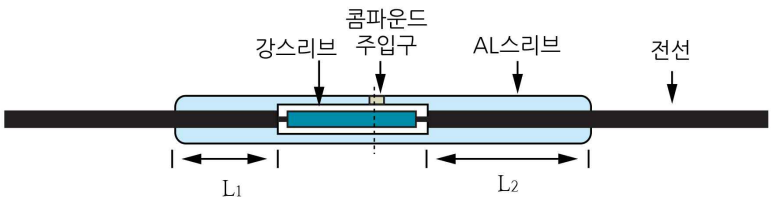
적외선열상장비(Thermovision)로 전선접속개소와 전선간의 온도차, 전선접속개소와 타 전선접속개소간의 온도차, 전선접속개소 각 부분의 온도차를 측정 비교하여 <표 2-3>의 온도차에 따라 과열여부를 판정한다.

<표 2-3> 전선접속개소 과열여부 판정기준

온 도 차	과열여부 판정	조 치 사 항
5℃ 미만	정 상	
5 ℃이상 ~ 10℃미만	요 주 의	재점검후 과열시 보수
10℃ 이상	이 상	재점검후 이상시 즉시 보수

(2) 전선접속개소 편심측정

압축스리브의 AL스리브 압축부위의 길이를 전선 삽입량검사기로 측정하여 다음과 같이 양부판정을 한다.



[그림 2-7] 전선 압축스리브 점검

(가) 편심길이 양부판정기준

1) 양호 : (L1+L2)/2 - L1 (또는 L2) ≤ 양부판정 기준치

2) 불량 : (L1+L2)/2 - L1 (또는 L2) > 양부판정 기준치

(나) 양부판정 기준치 : ±2.5cm

(다) 허용한계치

1) 240㎟ 이하 : ±3.0cm

2) 330~480㎟ : ±5.0cm

(라) 불량시 조치

전선접속개소 편심 판정 결과 불량 시에는 신설선로는 재시공을 하며, 기설선로에 대해서는 허용한계치 이하인 경우에는 전선접속개소의 점검주기를 강화(1회/년 이상)하고, 허용한계치 초과한 경우에는 전선접속개소를 보수한다.

6. 순시계획

(1) 보통순시는 선로별 담당 정비원이 계획된 시기에 시행한다. 단 항공순시 대상선로는 가급적 항공순시와 도보순시의 시행시기가 중복되지 않도록 순시계획을 수립한다.

(2) 고장순시는 송전선로에 고장이 발생한 경우 고장개소를 고장점표정장치, 계전기, 송전선로 종합감시시스템 등을 이용하여 고장개소를 예측한 후 순시구간을 선정하여 시행한다. 고장시 순시구간은 동원가능인원, 이동시간, 순시소요시간을 감안하여 분할하여 순시조를 편성, 순시한다. 고당순시원은 급전소 및 설비운영부서와 항상 통신이 가능하도록 통신장비를 휴대하고, 현장에서 응급조치가 가능하도록

필요공기구 및 복구자재를 순시용 차량에 탑재한다. 고장순시시 순시원은 송전선로의 충전유무에 관계없이 전력선에 접근하지 말아야 한다. 고장순시 결과 순시조는 순시결과를 즉시 보고한다.

(3) 전력구 및 맨홀에 들어갈 경우, 가스검출기를 이용하여 유해가스 유무를 확인한 후 순시한다.

(4) 예방순시, 특별순시, 간부순시는 설비운영부서장의 결정에 따라 순시계획을 수립한다.

수행 Tip

- 압축스리브의 AL스리브 압축부위의 길이를 전선삽입량검사기로 측정하여 기록 관리한다.

2-2. 가공송전선로 및 지중송전선로의 순시점검

학습 목표

- 순시점검 시 이상상황을 발견하면 대책을 수립하고 실행할 수 있다.
- 항공순시와 항공점검에 대한 절차와 방법을 확인하여 실행할 수 있다.
- 순시점검 시 신속하게 보수하기 위해 소요되는 비상용 보수자재를 확보할 수 있다.

필요 지식

1 가공송전선로 순시·점검

송전선로의 사고를 미연에 방지하여 열화 및 손상개소를 조기에 발견하려면 선로 전역에 걸쳐서 적당한 기간마다 지지물의 각기에 대하여 순시가 행해진다.

이것은, 보통 순시로 불린다. 보통 순시외, 경과지의 상황에 따라 특히 필요가 있는 구간, 예를 들어, 도시 근교의 건축물 접근의 문제가 생길 우려가 있는 지역, 중요한 철도, 도로의 횡단부 등에 대해서는 이것들을 중점적으로 조사하는 특정 순시가 행해진다. 또한 태풍, 호우등의 전후, 벌채기(伐採期) 등 선로에 이상의 우려가 있기 때문에 사고 방지상 필요한 때에 행하는 예방 순시와 공작물(工作物) 전반에 걸쳐서 이상의 유무를 조사하기 위해 2~3년에 1회 정도의 주기로 전선에 걸쳐, 지지물 1기마다 올라 상세한 점검이 실시된다.

1. 순시의 종류

순시의 종류는 순시의 필요성에 따라 보통 다음과 같이 나눌 수 있다.

(1) 보통순시

정기적으로 송전선로 및 주변상황을 조사하는 순시

(2) 예방순시

송전선로 부근에서의 공사 등 고장우려개소와 주요시설물과의 교차 또는 접근개소 등 보통순시만으로 고장예방을 기대할 수 없는 구간에 대하여 시행하는 순시(상주 포함)

(3) 특별순시

기상여건의 악화 또는 천재지변 등으로 인하여 송전선로에 고장 발생이 우려되는 구간 또는 정비업무의 시행상태의 확인이 필요한 구간에 대하여 시행하는 순시

(4) 고장순시

송전선로에 고장이 발생하였을 경우 고장개소 발견을 위하여 시행하는 순시

(5) 간부순시

설비상태의 확인 또는 특정목적으로 간부가 시행하는 순시

2. 순시기준

순시종류별 순시기준은 다음과 같다.

(1) 보통순시

보통순시는 도보순시를 하는 지상순시와 헬리콥터에 의해 수행되는 항공순시로 나뉜다. 지상순시는 1회/6개월의 주기로 수행하며, 중요선로 및 고장 우려개소는 승탑점검을 병행하여 시행한다. 항공순시는 별도로 정한 규정에 따른다.

(2) 예방순시

설비의 운영상 발생하는 재해를 예방하기 위해 설비사업운영소의 장이 결정하여 예방순시를 수행한다. 순시원이 상주하거나, 현장출근에 의해 수행하며, 1회/2~3일, 1회/주 중 선택 시행한다.

(3) 특별순시

4대 재해(태풍, 호우, 폭설, 산불)가 발생한 지역이나, 해빙기, 폭염, 한파 등 계절적으로 특이한 시기 또는 계통상 중요한 선로에 대해 특별순시를 수행한다.

(4) 고장순시

선로에 고장이 발생한 경우, 영구고장이 발생하면 즉시 순시를 시행하고, 순간고장이 발생한 경우에는 순시여건을 고려하여 해당 설비운영사업소장이 순시시기를 결정하여 시행한다. 고장에 취약한 개소에 대해서는 특별히 간부순시를 수행하여 설비의 노후도, 설비상태, 계통 상 중요도를 감안하여 대책을 수립하도록 하는 것이 좋다.

3. 순시와 병행되는 정비 및 점검 업무

지상순시 시는 간단한 수목제거 작업은 병행 수행이 가능하다. 그러나 초기점검, 기별점검, 정밀점검, 특별점검, 자연재해대비 점검, 불량애자 검출, 지장수목벌채, 스페이서 점검은 지상순시와 병행해서는 안 된다. 또한 초기점검, 기별점검, 정밀점검은 상호 병행해서는 안 된다.

2 지중송전선로 고장점검 및 측정

선로에 고장이 발생한 경우 가공송전선로는 육안으로 고장 개소의 발견이 용이하지만, 지중송전선로는 지중에 매설된 관계로 고장지점을 발견하는 것이 상대적으로 어렵다. 따라서 지중송전선로의 특성에 따른 누유탐지, 고장점 표정, 부분방전 특성조사 등 다양한 점검 및 측정방법에 대한 지식이 필요하다.

1. OF 케이블의 누유 탐지

(1) 육안 검사

OF 케이블 기름이 누설되는 경우 맨 처음으로 육안검사를 시행하며 오일게이지, 종단접속함, 선로의 노출부나 최근 토목공사지점, 지반침하 우려지역, 맨홀 내 고인 물에 기름이 떠오르는 지점, 교각횡단지점에서 교각의 곡률지점 등에 대해 점검을 시행한다.

오일게이지는 평상시와의 압력차를 비교하여 어느 상이 누유되는지 확인하여야 하며 오일게이지가 온도 및 계절에 따라 차이가 있으므로 누유 상에 대해서는 수시로 확인이 필요한 점검 포인트이다.

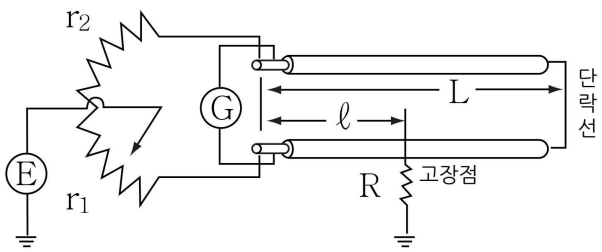
(2) 관로내 누유조사

OF 케이블로 구성된 지중선로에 누유가 발생한 경우, 관로 내의 누유 상태를 조사하기 위해 관로구 방수장치를 제거하고 기름 유출 여부를 조사한다. 기름이 관로구까지 자연 유출되어 있지 않은 경우에는 수압을 이용, 한쪽으로 주수하여 배출되는 물에 기름이 있는지 확인한다. 물이 있는 맨홀에 절연유 유출이 있는 경우 수면 전체에 기름이 확산된 경우와 맨홀 벽면에 기름이 남아 있는 경우가 있다. 특히 후자의 경우는 발견이 곤란 하므로 주의를 필요로 한다.

2. 고장점 측정

(1) 머레이 루프법(Murray Loop Method)

지중선로의 가장 전통적인 고장점 탐지법으로 휘스톤브릿지법의 원리를 이용하여 고장점까지의 거리를 측정하는 방법이다. 이 머레이 루프법은 측정전원의 전압에 따라 전원 전압이 직류 수백 V정도 이하의 저압 Murray loop법과 수천 V 이상의 고압 Murray loop법으로 구분한다.



[그림 2-1] 머레이 루프법에 의한 고장점 표정

E : 직류전압, G : 검류계

L : 케이블 길이(m)

l : 측정기측에서 고장점까지의 거리(m)

R : 지락저항(Ω)

머레이 루프법을 이용한 고장점 측정방법은 아래식과 같으며, 지락저항이 높으면(수 MΩ정도) 측정에 필요한 전류(10~50 mA)를 얻을 수 없으므로, 고전압을 인가하고 필요에 따라 속류를 크게 하여 고장점을 태운(Burning) 후 측정한다.

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{2L-l}{l} \qquad \text{(식 2-1)}$$

$$\therefore\ l = \frac{2\gamma_1}{\gamma_1+\gamma_2} \times L$$

r_1, r_2 : Murrey loop 저항(Ω)

3. OF케이블 절연유 분석

OF 케이블은 절연지와 절연유에 의한 절연이 이루어지며 이들은 각각 열적, 전기적, 기계적 스트레스에 의하여 열화가 일어나며, 이 열화과정은 전기적인 스트레스와 같이 일시적으로 일어나기도 하고 운전온도의 과열과 같이 서서히 진행되기도 한다.

절연지와 절연유에 이러한 스트레스가 가해지면 본래의 성질을 잃게 되고 각종 부산물들이 발생하여 절연성능을 저하시키고 과다한 열화가 일어났을 경우 절연파괴에 이르게 된다.

OF 케이블은 오랜 기간 사용되면서 케이블의 열화진단 및 분석 방법이 XLPE 케이블에 비교하여 체계적으로 확립되어 있다고 할 수 있다. 따라서 OF 케이블의 열화분석 방법은 절연지 및 절연유에 대한 전기적, 화학적, 기계적 등 여러 방법 등이 소개되어 있으나 국내에서 시행하고 있는 화학적인 분석방법(Dissolved Gas Analysis)에 대한 관리기준은 별도로 관리되고 있다.

4. 부분방전(Partial Discharge) 측정

XLPE 전력 케이블은 가교폴리에틸렌(Cross linked polyethylene)을 주 절연재료로 사용하는 케이블로서 선로의 시공성, 유지보수의 용이성 및 환경 친화성 등으로 인하여 OF케이블을 대체하여 사용하고 있다. XLPE 케이블 제조 기술과 접속 공법의 발전에 따라 XLPE 케이블 시스템의 신뢰성이 꾸준히 향상되어 현재 500kV급의 케이블 시스템에도 XLPE 케이블을 사용하기에 이르렀다. 이와 더불어 1960년대 이후 초고압 케이블의 준공시험으로 사용해온 DC전압시험을 고분자 케이블에 적합한 방식으로 개선해야 한다는 기술적인 요구에 의해서 DC 전압 시험을 대체하여 AC 전압으로 시행하고 있다.

또한 초고압 선로의 경우, 대부분 국가 기간망인 선로의 중요성과 운전중 사고 발생시에는 과다한 손실이 예상되어 보다 철저한 준공 후 품질 검사 방법으로 AC 전압인가와 더불어 접속 부위에 대한 미세한 결함을 검출할 수 있는 부분방전 시험을 병행하는 추세에 있다.

그러나 현재까지 XLPE 송전케이블에 대한 절연열화 진단 및 수명예측 관련 기술은 체계적인 정립이 안된 상태이며 최근에 가장 주목받은 기술로 고주파 부분방전 측정법에 대한 기술개발이 활발히 진행중에 있다. 절연체 내부의 보이드나 전기트리 등에서 발생되는 미세 방전현상, 제작·시공 불량에 의한 열화 및 경년열화에 대한 측정이 가능하여 전 세계적으로도 부분방전 측정이 유일한 활선진단 방안으로 제시되고 있다.

5. 적외선 열화상 탐지

적외선 열화상 카메라를 사용하여 케이블 및 접속함의 부분방전과 접속오류, 열화 등으로 인한 과열개소를 탐지하는 장비이며, 국부적으로 온도차가 발생한 부분은 그 온도분포를 그래프로 표시하여 온도차를 분석하여 진단하는 방법이다.

수행 내용 1 / 가공송전선로 순시점검 하기

재료·자료

- 송전설계기준, 지중운영업무기준, 긴급복구 업무편람, 급전운영업무절차서, 시공품질점검표, 송변전 실무교재, 설비별 이력자료, 기기취급 설명서, 대관 인·허가 서류. 용지확보 관련서류,
- TGIS 운영 매뉴얼
- 인쇄용지 등

기기(장비·공구)

- 운영프로그램 : 송변전지리정보시스템, 지중전력구감시시스템 등
- 점검 및 안전장비 : 개인용 안전장구세트, 검전기, 접지장치, 망원경, 열화상측정기, 무전기 등
- 기타 : 컴퓨터 및 주변장치 등

안전·유의 사항

- 실습이 끝난 다음 컴퓨터 및 장비들의 전원이 OFF 되었는지를 확인한다.
- 실습장을 퇴실한 다음 잠금 장치를 확인한다.

수행 순서

① 가공 송전선로를 순시 중 이상상황을 발견하면 대책을 수립하고 실행한다.

1. 순시방법

(1) 송전선로의 순시는 도보순시를 원칙으로 한다. 다만 고장순시 또는 특수한 목적으로 순시할 경우에는 설비운영부서장의 지시에 따라 도보, 차량, 항공, 선박, 기타 방법 중 순시목적에 적합한 방법을 선택하여 시행할 수 있다. 다만 항공순시는 본사주관부서장이 결정한다.

(2) 보통순시의 효율을 높이기 위하여 담당자별 순시구간을 변경하거나 다수인이 집중순시를 시행할 수 있다.

(3) 순시조는 2인 1조로 편성함을 원칙으로 한다. 다만 조편성이 곤란하거나 평지 등 순시원에게 위험이 없다고 인정되는 경우에는 1인으로 할 수 있다.

(4) 선로순시는 소정의 순시로를 따라 시행하며, 순시로는 순시에 지장이 없도록 보수, 유지, 관리되어야 한다.

(5) 순시원은 선로순시 시 급전소 및 설비운영부서와 항상 통신이 가능하도록 통신장비를 휴대하여야 하며, 순시용 수첩, 망원경, 벌목용 톱, 기타 필요한 공구를 휴대하여야 한다.

(6) 수렵기간 중 수렵허가 구역에서 순시하는 경우 순시원은 형광조끼, 적색 모자 등 눈에 잘 띄는 표식을 하여야 하며 한전은 설비운영사업소에서 해당 비품을 지급하고 위탁회사 등은 자체적으로 이에 준하는 안전조치를 하여야 한다.

(7) 순시원은 순시업무 수행 시 선로의 충전유무에 관계없이 충전부위에 접근하여서는 안 된다.

2. 순시보고 및 현장조치

(1) 순시원은 선로 순시 출발 전과 지시한 장소에 도착하거나 귀임 시에는 정비책임자에게 즉시 보고하여야 한다.

(2) 순시원이 순시업무 수행 중에 발견한 사항 중 현장에서 조치가 가능한 사항은 현장에서 조치한다.

(3) 순시원이 순시 중 현장에서 위해사항을 발견하였을 경우에는 즉시 적절한 조치를 취한 후 설비운영부서장에게 보고하여야 한다. 다만 긴급한 경우 또는 경미하여 현장에서 임의 조치가 가능한 경우에는 우선 조치 후 보고할 수 있다.

(4) 순시원이 다음 사항의 시행이나 시행계획을 알게 되었을 경우에는 그 사실을 조사하여 설비운영부서장에게 보고하고 지시에 따라 조치하여야 하며, 전기사업법 및 전기설비 기술기준 등 관계법령에 저촉되거나 위해의 발생이 우려될 경우에는 즉각적인 조치를 해야 한다.

(가) 건조물의 신·증축, 식목, 조림 등

(나) 타선로 또는 지하매설물, 기타 공작물의 건설

(다) 경지정리, 도로신설 및 확장, 하천개수, 어로작업, 기타 지형변경으로 인한 설비 위해 우려가 있는 경우

(라) 위험물 및 폭발물 취급소, 폐기물처리장 등을 건설하거나 발파현장 등 폭발물을 사용하는 경우

(마) 화재, 수해, 토사붕괴, 기타 지세의 변동 또는 이의 우려가 있는 경우

(바) 건축물 건설현장, 택지 및 공단조성 등 중장비의 출입이 빈번한 경우

(사) 기타 송전선로에 위해의 우려가 있는 경우

3. 송전선로 인근 공사현장 관리

송전선로 인근 공사현장은 인축의 안전과 선로 고장의 예방을 위해 위해의 심각도에 따라 적절한 등급으로 분류, 관리하여야 하며, 이를 위해 송전선로 인근 공사현장 관

리대장을 상시 비치하여 관리하는 것이 필요하다. <표 2-1>은 한국전력이 운영하는 위해등급별 관리기준이므로 참조하기 바란다.

<표 2-1> 송전선로 인근 공사현장에 대한 등급별 관리기준

관리등급	등급설정 기준	예방순시 횟수
A	○ 선로 직하에서 중장비 작업 중 ○ 선로 측방 20m이내에서 중장비 작업 중	현장상주 또는 현장출근
B	○ 선로 직하에서 중장비 간헐적 출입 ○ 선로 측방 20 ~ 30m에서 중장비 작업 중	3회/주 또는 1회/2일 이상
C	○ 선로 직하에서 중장비 없이 작업 중 ○ 선로 측방 30 ~ 50m에서 중장비 작업 중	2회/주 또는 1회/3일 이상
D	○ 선로 직하에 작업이 장기 중단된 공사현장 ○ 선로측방 50 ~ 100m에서 중장비 작업 중	1회 이상/주

주) 기타 위해요인은 상기 내용을 참조하여 유사한 위해 등급으로 선정 및 관리
(1) 송전선로 부근에 화재가 발생하였을 경우에는 설비운영부서장에게 보고한 후 상황을 조사하고 그에 필요한 조치를 하여야 한다.

4. 순시결과의 처리

순시원은 순시 완료 후 순시결과를 지정된 순시보고서 양식에 따라 해당 부서장에게 보고하여야 한다. 해당 부서장은 보고를 받은 경우 보고계통에 따라 보고하고 필요시 현장조사를 하여 이에 대한 대책을 수립, 시행하여야 한다. 만약 인축사고 또는 중장비 등 위해요인이 상존하는 개소가 있는 경우에는 안전구획로프 및 안내판을 설치하고 필요시 순시원이 상주하여 감시하도록 하여야 한다.

[2] 항공순시와 항공점검을 정해진 절차와 방법에 의해 실행한다.

항공순시는 태풍, 폭우, 폭설 등에 의한 송전설비피해가 예상되는 긴급 상황 발생 시 단기간에 설비피해상황 및 주변지형 변화 등을 신속히 파악할 필요가 있는 경우에 시행하는 순시로 항공관련 법규(항공법 및 동법시행령, 동법시행규칙과 관련법령 및 규정)의 적용을 받게 된다. 업무절차는 다음과 같다.

1. 대상선로의 선정

태풍, 폭우, 폭설이 경과한 지역의 선로를 대상으로 설비관리사업소에서 선정한다. 단, 765kV 송전선로는 설비 중요도를 고려하여 안정화 기간(인수 후 3년) 동안 지속 시행한다.

2. 시주기 및 시기 등

항공순시의 시주기는 태풍, 폭우, 폭설 내습 후 일주일 이내에 대상선로를 선정하여 시행하는 것이 좋다. 항공순시를 시행한 후 순시내용 및 결과를 설비주관부서에 보고한다.

3. 순시방법

345kV 이상 송전선로를 항공순시하는 경우는 왕복순시를 하며, 154kV 이하 송전선로의 항공순시는 편도순시를 행한다. 항공순시용 항공기는 5인승 헬리콥터 또는 이와 동등 이상의 기종으로 한다.

설비운영부서장은 항공순시 전에 순시원을 임명하여야 하며, 항공순시원은 쌍안경, 송전선로 경과지형도, 필기도구 등 필요한 도구를 휴대하고, 순시대상 선로의 전력선 및 가공지선, 애자금구류, 전선부착물 등의 이상 유무와 주변지형의 변화, 건조물의 신·증축 등에 대하여 면밀히 순시하여야 한다. 항공순시 완료 후에는 항공기 운항기록표를 작성하여 해당 설비운영사업소장에게 보고하여야 한다.

4. 항공점검

항공점검은 전력선의 단선고장 예방을 위해 적외선 열상장비(Thermovision)를 헬기에 탑재하여 전선접속개소의 과열여부를 점검하는 작업으로 세부절차는 다음과 같다.

(1) 대상선로의 선정

설비운영사업소는 매년 10월 중순까지 익년도 항공점검 대상선로를 선정하여 설비관리부서에 제출하여야 하며, 설비관리부서는 이를 집계하여 매년 11월 초순까지 본사주관부서에 제출하여 항공점검 대상선로를 선정한다.

(2) 점검주기

항공점검 대상선로에 대한 점검주기는 연 2회(상·하반기 각 1회)가 적절하며 하반기에는 하계 및 동계부하 시 송전선로의 이용율이 70% 이상인 선로에 대하여 시행하는 것이 좋다.

(3) 점검시기

우리나라의 경우 항공점검 시기는 상반기에는 5월 첫째주, 하반기에는 9월 첫째주에 시행하는 것이 좋다. 항공점검기간 중 세부일정은 기상조건 및 공휴일 등을 감안하여 항공점검 담당자와 항공사간의 협의일정에 따르며 중지일정은 순연한다.

(4) 대관승인

주관부서에서는 항공점검 시행 7일전까지 항공촬영 승인을 국방부에 신청하여야 하며, 국방부 승인 즉시 설비관리사업소 및 해당 항공사에 통보하여야 한다.

(5) 운항기종

항공점검용 항공기는 적외선 열상장비의 탑재 및 점검작업에 적합한 기종이어야 하며, 적외선 열상장비를 탑재할 수 있도록 교통관련관청의 수리개조 검사를 받은 항공기이어야 한다.

(6) 점검시행

항공점검 시 효율적인 점검 시행 및 헬기탑재용 적외선 열상장비(Thermovision)의

관리를 위하여 항공점검 담당사업소를 지정하여 운영하는 것이 바람직하다. 항공점검을 위해 점검담당자 및 안내자를 임명한다. 항공점검 담당자는 전선접속개소의 과열여부 분석을 위하여 점검 대상선로의 설비상태를 녹화하여 항공점검 관리자에게 제출 하여야 한다. 녹화결과는 항공점검 완료 후 국방부 심의를 받아야 하고 녹화 Tape 및 적외선열상장비(Thermovision)는 설비관리부서에서 관리하여야 한다.

(7) 점검결과의 조치

항공점검 완료 후 전선접속개소의 과열여부 분석결과는 해당 설비운영사업소에 통보되며, 전선접속개소의 과열 양부판정을 거쳐 과열개소에 대해서는 보수계획을 수립하고 단선고장이 발생한 긴급개소에 대해서는 휴전작업 또는 활선 by-pass등 적절한 조치를 강구한다.

5. 항공순시·점검방법

항공순시 때에는 2명이 탑승하여 수신하며, 앞좌석은 선로를 안내하고 뒷좌석은 선로순시를 수행한다. 순시 및 점검을 수행하는 경우에는 2명이 탑승하여 앞좌석은 선로안내 및 순시를 뒷좌석은 적외선 열상 측정을 한다.

구체적인 시행방법은 다음과 같다.

(1) 765kV : 순항(점검), 회항(순시)

(2) 345kV : 순항(점검), 회항(순시)

(3) 154kV : 동일 경과지로 회항시 순항(점검), 회항(순시)
다른 경로로 회항시 순항(순시·점검 동시시행)

6. 항공기 구비조건 및 조종사 자격

항공기는 산악지에서 미착륙 상태로 장척물 및 작업원 등이 내릴수 있도록 장비를 구비하여야 하며, 500kg 정도의 중량물(목주12m 기준)을 운반할 수 있어야 한다. 또한 항공기 조종사는 헬기조종 경력 2,000시간 이상인 자이어야 한다.

7. 안전운항조건

항공기의 비행속도는 보통순시때는 50 km/Hr, 특별순시 때는 70 km/Hr, 항공점검 시는 50 km/Hr, 비탑승 시는 200km/Hr (5인승 기준)로 한다. 다만 설비의 정밀한 관찰 및 점검이 필요하여 순시원 또는 점검자가 요청할 경우에는 정지 또는 저속으로 운항한다.

(1) 항공순시 안전이격거리

(가) 154KV송전선

- 상단 전력선으로부터 수평으로 20m (ⓧ)
- 상단 전력선으로부터 수직으로 15m (ⓨ)

(나) 345KV 송전선로

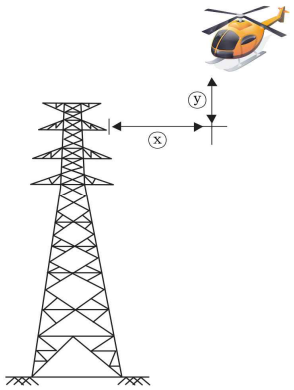
- 상단 전력선으로부터 수평으로 20m (ⓧ)
- 상단 전력선으로부터 수직으로 20m (ⓨ)

(다) 765KV 송전선로

- 상단 전력선으로부터 수평으로 40m (ⓧ)
- 상단 전력선으로부터 수직으로 40m (ⓨ)

(라) 항공점검(순시 동시시행 포함) 안전이격거리

- 전력선으로부터 30m(765kV T/L은 40m)



[그림 2-2] 항공순시 안전이격거리

(2) 운항중지조건

풍속이 10 m/s 이상일 때, 가시거리가 1,000m 이내일 때, 구름 높이가 지표상 304.8m (1,000ft) 이내일 때, 눈, 비, 안개 등 기상상태 악화로 설비운영사업소장 또는 항공기 조종사가 운항할 수 없다고 판단한 경우, 항공점검시 대지온도 상승으로 점검자가 전선접속개소 과열여부 점검을 할 수 없다고 판단한 때에는 운항을 중지한다.

(3) 헬리포트의 운영

항공기의 안전한 이착륙을 위하여 항공기는 비상 착륙시를 제외하고는 지정된 헬리포트를 이용하여야 한다.

3 순시점검 시 신속하게 보수하기 위한 비상용 보수자재를 확보하는데 협력한다.

순시점검 시 위해개소가 발견된 경우 현장에서 조치가 가능한 사항은 현장에서 조치한 후 보고한다. 그러나, 선로에 대하여 충전유무를 막론하고 충전부위에 접근하여서는 안 된다. 즉각적인 보수를 위해 현장의 상황을 촬영하고 통신장비를 통해 신속히 보고한다.

수행 내용 2 / 지중송전선로 순시점검 하기

재료·자료

- 송전설계기준, 지중운영업무기준, 긴급복구 업무편람, 급전운영업무절차서, 시공품질점검표, 송변전 실무교재, 설비별 이력자료, 기기취급 설명서, 대관 인·허가 서류. 용지확보 관련서류,
- TGIS 운영 매뉴얼
- 인쇄용지 등

기기(장비 · 공구)

- 운영프로그램 : 송변전지리정보시스템, 지중전력구감시시스템 등
- 점검 및 안전장비 : 개인용 안전장구세트, 검전기, 접지장치, 망원경, 열화상측정기, 무전기 등
- 기타 : 컴퓨터 및 주변장치 등

안전 · 유의 사항

- 실습이 끝난 다음 컴퓨터 및 장비들의 전원이 OFF 되었는지를 확인한다.
- 실습장을 퇴실한 다음 잠금 장치를 확인한다.

수행 순서

① 지중송전선로 및 부대설비를 순시·검사한다.

지중송전선로 및 각종 부대설비의 이상유무 등 상태를 사전에 확인하기 위하여 순시검사, 점검검사, 진단검사를 수행한다.

1. 순시검사

(1) 순시검사의 종류

(가) 정기순시

정기적으로 송전선로 및 주변상황을 조사하는 순시이다.

(나) 예방순시

송전선로 부근의 굴착, 건축공사, 기상여건의 악화, 천재지변 등으로 인하여 송전선로에 고장 발생이 우려되어 보통 순시만으로 고장예방을 기대할 수 없는 구간, 또는 전력구내 누수된 물을 배수하기 위하여 시설된 집수정, 양수기의 동작 상태를 확인하거나 중요행사에 대비하여 시설보안이 필요한 구간에 대해 예방순시를 시행한다.

(다) 고장순시

송전선로에 고장이 발생하였을 경우 고장개소 발견을 위하여 고장순시를 수행한다. 영구고장 시는 발생 즉시 순시를 시행하고, 순간고장 발생 시는 순시여건을 고려하여 시행한다.

(2) 순시검사의 기준

순시 종류별로 순시의 회수는 다음과 같다.

(가) 정기순시

도보 순시를 원칙으로 하며, 관로구간은 주 1회를 도보로 하거나 주 2회 차량

순시를 한다. 지중송전선로 전체가 배전선로와 병행하는 경우에는 배전에서 통합하여 순시한다.

전력구 구간은 2주에 1회 순시한다. 단, 154kV 전력구 감시시스템을 설치한 전력구에 대해서는 1개월에 1회 순시하며, 20년 이상 장기 사용한 OF 케이블 수용 전력구에는 2주에 1회 순시한다. 송전 전력구 내에 배전케이블이 있는 경우에는 송전에서 통합하여 순시한다.

옥내형 케이블헤드는 주 2회 순시한다.

교량첨가선로에 대해서는 주 1회 순시하는데, 차량순시를 할 경우 주 2회로 대체 가능하다. 단 구조물 내부를 순시할 수 있는 개수에 대해서는 2개월에 1회 내부순시를 추가로 시행한다. 내부순시가 불가능할 경우에는 외부에서 망원경에 의해 점검한다.

(나) 예방순시

예방순시는 차량순시을 원칙으로 한다. 관로구간에 대해서는 주 2회이상 시행하며 필요시 야간순시를 시행할 수 있다. 단 지중송전선로 전체가 배전선로와 병행하여 배전에서 정기순시를 시행하는 구간은 주 1회 시행한다.

전력구 구간은 2주에 1회 순시하며 필요시 야간 순시를 시행할 수 있다. 설비운영 책임자는 휴일이 2일 이상 연속될 경우 연휴 중 1일 이상 예방순시를 시행한다.

(다) 고장순시

고장순시는 고장 발생 시 시행한다.

(3) 순시검사의 방법

지중송전선로의 순시는 도보, 차량, 선박 기타 방법 중 순시목적에 부합되는 방법을 선택하여 실시한다. 순시조는 2인 1조로 편성하는 것이 좋으며, 관로 구간인 경우나 순시원에게 위험이 없다고 인정되는 경우는 1인으로 할 수 있다.

순시원은 선로 순시시 급전소 및 설비운영부서와 항상 통신이 가능하도록 통신장비를 휴대하고, 순시수첩, 가스검출기, 손전등, 휴대용 산소호흡기, 기타 공구 등을 휴대하여야 한다. 또한, 순시원은 선로 순시시 선로의 가압여부에 관계없이 충전부위에 접근하여서는 안된다.

순시시 각 설비에 대해 착안해 조사할 내용은 표2-2와 같다.

(4) 현장조치

순시업무 중에 발견한 사항 중 현장조치가 가능한 사항은 현장에서 조치한다. 또한 위해사항을 발견한 경우 즉시 운영부서에 보고하며, 긴급한 경우 선조치 후보고할 수 있다. 인축사고 또는 중장비 위해요인이 상존하는 개소에는 안전구획로프 및 안내판을 설치하고 필요시 정비원이 상주 감시하여야 한다.

정비원이 다음 사항의 시행이나 계획을 알게 되었을 경우에는 그 사실을 조사하

여 설비운영부서장에게 보고하고 지시에 따라 조치하여야 하며, 전기사업법 및 전기설비기술기준 등 관계법령에 저촉되거나 고장이 발생될 우려가 있을 경우에는 원인 유발자에게 위해안내서를 발부하고 허가관청에 위해건축물 조치의뢰서를 발송하여 위해 우려개소에 대한 사전 안전조치를 요청하여야 하며 송전 중지가 필요한 경우에는 그에 대한 조치를 하여야 한다.

(가) 선로인근에서의 도로굴착, 파일박기, 보링작업, 어스앵커 시설 등

(나) 지하철공사, 도로신설 및 확장 등 도로유관기관의 공사로 인한 설비위해 우려가 있는 경우

(다) 화재, 수해, 토사붕괴, 기타 지세의 변동 또는 이의 우려가 있는 경우

(라) 건축물 건설현장, 택지 및 공단조성 등 중장비의 출입이 빈번한 경우

(마) 기타 송전선로에 위해의 우려가 있는 경우

<표 2-2> 지중송전선로 순시조사내용

설비 구분		조 사 내 용
관로 및 케이블	케이블헤드 및 부지	출입문, 철구 등의 부식, 변형, 볼트이완 여부
		지지가대의 침하, 균열, 볼트이완, 부식 여부
		울타리, 배수로 이상유무
		유조부식여부, 유압 확인, 급유설비 누유여부
		입상케이블 크리트 탈락여부
		케이블헤드, 피뢰기 애관 오손 및 파손여부
		접지선 연결상태
		경보수신장치 이상 유무(동작회로 확인)
		표시찰(선로명, 상, 설비)
	관로	관로주변의 지반변동 유무
		맨홀뚜껑의 설치상태(파손, 매몰, 돌출)
		관로주변의 지질조사, 굴착 유무
	교량첨가 관로 및 케이블	첨가관로(선로)의 변형, 변위 유무
		지지금구류의 부식, 크리트 이탈유무
		케이블 보호시설의 이상 유무
	해저케이블	육표, 부표 파손 및 위치변동 여부
		케이블 경과지 위험한 어로작업 여부
전력구	구조물	누수, 균열 여부
		구조물 손상 및 변형여부
	전원 및 조명설비	조명기구 점등 여부
		배선, 분전반, 등기구, 배선기구류 이상유무
	배수설비	펌프 정상가동(소음, 진동) 여부
		조작반, 제어반, 수위 감지봉 이상 유무
		배수파이프, 밸브누수 여부
	환풍설비	환풍기 정상가동(소음, 진동) 여부
		조작반, 방풍막(방풍문) 이상유무
	전력구내	케이블 접속함 지지 상태

설비 구분		조 사 내 용
	케이블	금구류(케이블 지지대, 행거 등) 부식 및 변형 여부
		방식층보호장치 설치 상태
		크로스본드선, 접지선 접속상태
		접속부 발열 및 누유 여부
		타설비(배전, 통신 등) 설치 상태
	금구류	맨홀뚜껑의 설치상태(파손, 매몰, 돌출)
		그레이팅, 출입문 시건장치 손상여부
		난간, 사다리 등의 발청, 부식, 파손여부
	방재설비	난연도료, 난연테이프 시공 상태
		화재감지기 동작상태
		관통부 방재처리상태

(5) 순시검사 결과의 처리

순시원은 순시 완료 후 순시결과를 순시보고서, 정비대상개소 관리대장, 입회보고서 등 지정된 서식에 의해 설비운영책임자에게 보고하여야 한다.

2. 지중송전선로 점검

(1) 점검의 종류

(가) 초기점검

신설 또는 계통변경된 지중송전선로 부하가압 후 7일 이내에 지중송전선로의 이상유무를 확인하기 위한 점검이다.

(나) 정기점검

전력구 구조물, 케이블, 배수설비, 환풍설비, 방재설비, 전력구내 금구류 설비의 성능을 육안으로 정기적으로 시행하는 점검이다.

(다) 맨홀 점검

맨홀내부를 청소하고 구체의 균열, 누수 및 맨홀 뚜껑의 상태 및 내부설비의 상태를 확인하는 점검이다.

(라) 전력구 점검

전력구의 구체의 균열, 누수 등과 부대설비의 동작 및 시설 상태를 확인하는 점검이다.

(마) 관로 점검

관로의 도통상태를 확인하기 위하여 시행하는 점검이다.

(바) 케이블 및 접속함 점검

케이블 및 접속함의 외관상태, 시스전류 측정, 국부 과열여부 측정 등을 통해 설비 상태를 확인하는 점검이다.

(사) 교량첨가선로 점검

교량첨가선로의 지지금구 부식, 탈락, 변형, 열신축 및 진동에 의한 케이블 상태를 확인하기 위한 점검이다.

(아) 접속개소 점검

가공선과 케이블과의 접속개소(금구류, 파라렐 크람프 등) 및 Wall Bushing 연결부분에 대하여 적외선 열상장비(Thermo-vision)로 과열 여부를 확인하기 위하여 시행하는 점검으로 케이블 헤드 및 피뢰기의 과열여부 점검 병행한다.

(자) 경보회로 점검

OF 케이블의 유압감시 계통의 정상동작 여부를 확인하기 위하여 시행하는 점검이다.

(차) 접지저항 측정

케이블헤드, 전력구, 맨홀 등 접지설비의 접지저항치를 확인하기 위하여 시행하는 측정이다.

<표 2-3> 지중송전설비의 점검주기 및 점검항목

검 사 종 류		검사주기	점검항목
초기 점검		1회(가압후 7일이내)	신규 및 개보수선로에 대해 케이블 및 접속함을 점검한다.
특별 점검		필요시	해당대상설비에 대해 점검
맨홀 점검		1회/년	전 관로에 대해 맨홀설비 이상유무, 맨홀청소, 가스탐지
		1회/6개월	
		1회/3개월	
관로 점검		필요시	관로도통시험, 하자기간 만료전에 시행
전력구 점검		1회/년	전력구 및 부대설비의 이상유무
케이블 및 접속함 점검		1회/년	점속함의 온도측정, 금속씨스 전류측정, 케이블헤드 및 급유설비 점검
		1회/6월	
		1회/3월	
교량첨가선로 점검		1회/1년	지지금구류의 부식, 변형유무, 볼트풀림 여부
GIB 점검	하자점검	1회/3년	※ 변전전문업체 활용
	정밀점검	필요시	Gas압력저하, 이음 또는 PD발생시
전선접속개소 점검		1회/2년	케이블헤드의 접속개소 과열여부 [케이블헤드 리드선 및 Wall Bushing 연결부분 (케이블헤드 및 피뢰기 과열여부 측정 병행)]
		1회/1년	
		1회/6개월	
Wall Bushing 점검	정기점검	1회/년	Bushing애관 오손 및 파손여부, 도체접속부 과열, 볼트이완, 부식여부 등.
	정밀점검	필요시	
소내 변압기 점검	정기점검	1회/3년	절연저항 및 절연열화 측정, 접속부 점검, 볼트조임 및 외함점검.
	정밀점검	이상발견시	

검 사 종 류		검사주기	점검항목
소내회로 점검	정기점검	1회/3년	
경보회로 점검		1회/3개월	경보수신장치의 동작상태 단자함점검, 경보선 절연저항 측정 : 1회/년
		1회/2개월	
		1회/1개월	
접 지 저 항측정	케이블 헤드	1회/5년	접지저항측정. 측정시행 1년은 1회/반기
	맨홀	필요시	
전력구 소방 시설 점검	정기점검	1회/월	공공기관의 방화관리에 관한 규정 제15조(소방점검)에 의한 외관점검
	정밀점검	1회/년	공공기관의 방화관리에 의한 규정 제 15조(소방점검)에 의한 업체
	동작상태 점검	하자기간(2년) 만료이전, 1회/5년	
전력구 감시 시스템 점검	정기점검	1회/월	시스템 동작상태 및 기능(광전송장치, 센서, 소프트웨어 등)
	정밀점검	1회/년	

(카) 전력구감시시스템 점검

전력구감시시스템의 전산설비, 센서, 통신설비 등의 동작상태 및 기능을 확인하기 위하여 시행하는 점검이다.

(타) 전력구 소방시설 점검

전력구내 설치된 자동화재탐지설비, 연소방지설비, 자동확산소화장치, 강화액 소화설비, 소화기, 방화문 등 소방시설의 이상 유무를 확인하기 위해 시행하는 점검이다.

(2) 구성 설비별 점검 주기 및 점검개소

지중송전설비의 점검은 설비의 특성을 고려하여 휴전 또는 활선 등 적합한 공법을 택하여 시행한다. 지중전력 토목설비의 점검은 설비운영부서에서, 보수는 지중토목 담당부서에서 시행한다. 각 설비별 점검주기 및 점검개소는 표 2-3과같다.

3. 점검결과의 판정

(1) 전선접속개소 및 접속함 온도

적외선 열상장비(Thermovision)로 다음과 같이 측정 비교하여 [표Ⅲ-3]의 온도차에 따라 과열여부를 판정한다.

(가) 전선접속개소와 전선간, 접속함과 케이블간의 온도차

(나) 전선접속개소와 타 전선접속개소간, 접속함과 타 접속함간의 온도차

(다) 전선접속개소, 접속함 각 부분의 온도차

<표 2-4> 전선접속개소 및 접속함 과열여부 판정기준

과열여부 판정	온 도 차		조 치 사 항
	전선접속개소	접속함	
정 상	5℃ 미만	2℃ 미만	
요주의	5℃ 이상 10℃ 미만	2℃ 이상 4℃ 미만	추적 관리 (1회/주)
이 상	10℃ 이상	4℃ 이상	재점검 후 이상시 보수

단, 옥외접속함 등 접속함 위치에 따른 온도차 발생개소는 야간 측정 시행 원칙

학습 2 교수·학습 방법

교수 방법

- 순시점검 종류와 기준에 대해 구분하고 항목에 따라 순시점검을 설명한다.
- 송전설비의 사고로 인해 발생한 고장 사례를 소개하여 송전운영의 중요성을 인식시킨다.
- 송전설비 유사고장 방지대책 수립에 대하여 설명한다.
- 가공송전설비와 지중송전설비의 구성, 특성을 파악하도록 한다.
- 송전설비(가공, 지중)와 변전설비의 경계점을 기준에 따라 설명한다.

학습 방법

- 순시점검 종류와 기준에 대해 구분하고 항목에 따라 순시점검을 학습한다.
- 송전설비의 사고로 인해 발생한 고장 사례를 조사한다.
- 송전설비 유사고장 방지대책 수립에 대하여 학습한다.
- 가공송전설비와 지중송전설비의 구성, 특성을 파악하도록 한다.
- 송전설비(가공, 지중)와 변전설비의 경계점을 기준에 따라 이해 학습한다.

학습 2 평 가

평가 준거

- 평가자는 학습자가 수행 준거 및 평가 내용에 제시되어 있는 내용을 성공적으로 수행하였는지를 평가해야 한다.

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
송전설비 순시 점검계획 수립	- 순시점검 종류와 기준에 대해 구분하고 항목에 따라 점검할 수 있다.			
	- 송전설비 고장사례 분석을 통하여 유사고장 방지대책을 수립할 수 있다.			
	- 송전설비와 변전설비의 경계점을 구분할 수 있다.			
	- 송전선로 명칭부여 기준을 확인하고 번호찰을 기준에 맞게 설치 운영할 수 있다.			
가공송전선로 및 지중송전선로의 순시점검	- 순시점검 시 이상상황을 발견하면 대책을 수립하고 실행할 수 있다.			
	- 항공순시와 항공점검에 대한 절차와 방법을 확인하여 실행할 수 있다.			
	- 순시점검 시 신속하게 보수하기 위해 소요되는 비상용 보수자재를 확보 할 수 있다.			

평가 방법

- 문제 해결 시나리오

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
송전설비 순시 점검계획 수립	- 순시점검 종류와 기준에 대한 구분 및 항목에 따른 점검			
	- 송전설비 고장사례 분석을 통한 유사고장 방지대책 수립			

● 서술형 시험

학습 내용	평가 항목	성취수준 상	중	하
송전설비 순시 점검계획 수립	- 순시점검 종류와 기준에 대한 구분 및 항목에 따른 점검 방법			
	- 가공송전선로 유사고장 방지대책 수립방법			
	- 지중송전선로 유사고장 방지대책 수립방법			
가공송전선로 및 지중송전선로의 순시점검	- 순시점검 시 이상상황을 발견할 경우 대책의 수립 및 실행			
	- 항공순시와 항공점검에 대한 절차와 방법 확인 및 실행			
	- 순시점검 시 신속하게 보수하기 위해 소요되는 비상용 보수자재의 확보			

● 사례연구

학습 내용	평가 항목	성취수준 상	중	하
송전설비 순시 점검계획 수립	- 순시점검 종류와 기준에 대한 구분 및 항목에 따른 점검 방법 연구			
	- 송전선로 유사고장 방지대책 연구			

피 드 백

1. 문제 해결 시나리오
   - 송전설비 순시점검 및 고장대응을 위한 시나리오를 각 순시종류별로 작성해 보도록 한다.
2. 서술형 시험
   - 서술형 시험 결과를 평가한 후 하위권에 대해서는 순시점검 각 항목 실무에 대한 레포트를 부과한다.
3. 사례연구
   - 국내외 송전선로 순시 점검에 따른 유지보수 대응사례를 조사 발표하도록 한다.

학습 1	설비보강계획 수립하기(LM1901030203_14v2.1)
학습 2	송전설비 순시점검하기(LM1901030203_14v2.2)
학습 3	**송전설비 감시시스템 운영하기 (LM1901030203_14v2.3)**
학습 4	송변전 지리정보시스템 운영하기(LM1901030203_14v2.4)
학습 5	고장복구체계 수립하기(LM1901030203_14v2.5)

3-1. 송전설비 감시시스템 구성 및 운영

학습 목표

- 송전설비 감시시스템의 운영 필요성과 성능을 파악할 수 있다.
- 가공송전선로 감시시스템의 기능과 특성을 확인하여 운영할 수 있다.
- 지중 전력구 감시시스템의 기능과 특성을 확인하여 운영할 수 있다.
- 송전설비 감시시스템을 이용하여 송전설비 유지보수 업무를 수행할 수 있다.
- 송전설비 감시시스템에 이상상황 발생 시 조치할 수 있다.

필요 지식

1 송전설비 감시시스템

송전선로는 광범위한 지역에 걸쳐 발전소와 부하 간 전력을 수송하기 위해 시설되는 설비로 태풍, 폭우, 폭설, 고온일사조건에 노출되어 운전되므로, 다양한 외적인 열적, 기계적 고장요인 하에 있으며, 이러한 송전선로의 전력수송능력은 신뢰도 기준 및 전력선의 열적수송능력과 밀접한 관계를 갖는다.

이중 전력설비의 열적정격(Thermal Rating)은 전선의 허용온도로 결정되며, 허용온도은 주위온도와 온도상승의 합으로 계산되는 바, 주위온도의 변화에 따라 온도상승의 하계값이 변화되어 수송능력이 증감된다. 즉, 여름처럼 주위온도가 높으면 수송능력이 저하되고, 반대로 겨울철에는 수송능력이 높아지게 된다. 이와 같이 주위온도변화에 대응하는 전력선의 수송능력을 동적선로용량(Dynamic Line Rating)이라 한다.

이 동적 선로용량을 잘 활용하면 전선 용량의 기준온도보다 낮은 온도에서 높은 수송력을 발휘할 수 있으므로 송전선로의 용량이 제약된 개소에서 추가전력의 전송이 가능하게 된다.

따라서, 송전선로 주변의 기상조건과 전선의 현재온도, 풍속, 송전선로의 정비상태 등의 정보를 종합하여 송전설비의 건전성을 파악하고 온도에 따른 선로용량의 증대량을 계산하여 송전

망 운영에 활용하고자 하는 것이 송전설비 감시시스템의 목적이다.

2 낙뢰감시시스템

송전설비는 발전단과 수전단을 연결하면서 전력을 수송하기 때문에 광범위한 지역에 걸쳐 전력망을 형성하고 있다. 그 때문에 낙뢰에 노출되어 있으며, 번개의 내습으로 인한 설비피해 및 정전사고가 잦다. 이에 대처하기 위해 지역별 낙뢰의 빈도, 크기 등 통계 데이터베이스를 구축하여 피해방지 및 저감 설계에 활용하기 위해 개발된 시스템이 낙뢰감시시스템이다.

우리나라의 낙뢰감시시스템은 1995년 현재의 한국전력거래소 전신인 한전 계통운용처에 LPATS(Lightning Position And Tracking System)라는 이름으로 최초 설치하여 운영한 이래, 관련 기술지원 및 인프라 구축에 활용되어 왔다. 주요 기능은 다음과 같다.

1. 낙뢰정보 데이터 베이스 구축
2. 한반도 낙뢰특성 분석 : 뇌격누적분포곡선 작성, IKL Map 작성
3. KEPCO/KPX 및 일반인을 위한 홈페이지 및 관련 프로그램 운용
4. 시스템 유지보수를 위한 시스템 분석
5. 각종 낙뢰관련 기술지원 기본 데이터로 활용

LPATS는 1995~2004년까지 장기간 사용하면서 하드웨어의 노후화 및 사용연한 완료로 신규 시스템의 도입 필요성이 대두 되었다.

이에 따라 2005년에는 새로운 시스템 구축과 관련한 H/W 및 S/W를 개발하게 되었으며 이 신개발 시스템은 KLDNet(KEPCO Lightning Detection & Information Network)로 명명하였다.

3 풍속관측시스템

최근 자연재해 및 태풍규모 대형화 추세로 이에 대한 조기 대처가 필요하게 되었다. 특히, 2003년 9월 태풍 “매미” 내습 시 다수의 철탑이 도괴되면서 현재 적용하는 풍압기준의 적정성을 검토하고 실제 풍속을 관측하여 설계치와 비교할 필요성이 대두되었다.

인근 일본의 경우 1991년부터 전력회사에서 직접 풍속을 관측하기 시작하였으며 우리나라는 2004년 처음으로 42개소의 풍속관측시스템을 설치 한 후 시험운전기간을 거쳐 2005년 부터 관측을 시행하고 있다.

4 화상감시시스템

가공송전선로의 화상감시 시스템은 특수한 지형(급산악지, 해안가, 해월구간 등) 또는 자연환경 취약한 개소에 설치된 송전선로를 중점적으로 감시하기 위해 설치된 시스템으로 가공송전선로의 고장 데이터를 분석한 결과에 의거, 화상감시시스템 설치를 결정한다.

선정된 지역의 일부 구간에 있는 매 철탑 위에 설치하여 고장 상황을 실시간 또는 녹화 기록하는 기능을 가졌으며, 다음의 역할을 수행한다.

1. 감시설비의 종류 및 기능

(1) 화상감시 : 자연재해, 특이지형, 중요 횡단개소의 주간 상시감시

(2) 기상감시 : 온도, 풍향, 풍속 등을 측정하여 설계 및 정비자료로 활용

(3) 운전정보 : 전선온도, 낙뢰, 고장위치 등을 측정하여 효율적 설비운영

2. 설치현황

<표 3-1> 화상감시시스템 설치현황

설치개소	강원도 산간지역(강릉, 동해, 태백)
설치목적	빙설해 예방대책
설비종류	ITV(Industrial Television)
감시항목	빙설해, 산불방지
자료전송	OPGW 또는 전화선
설치시기	2000년 5월 ~ 2002년 12월
설치수량	화상감시 : 9개소

5 송전정비 추적관리시스템(Transmission Maintenance Tracking System)

순시, 점검, 결과이행여부 등 송전정비업무에 대한 관리·감독을 전산화하기 위해 2000년 7월에 도입하여 현재 전 지지물에 걸쳐 적용하고 있는 시스템으로, 송전설비정보 현장 제공으로 순시·점검업무에 대한 제반 정보지원 및 활용에 이바지하고 있다.

2003년 9월 태풍 '매미' 이후 확대 설치된 이 시스템은 2004년 6월 신형 PDA를 장착한 Button Reader로 개발 완료되어 실무에 적용되고 있다.

5 지중송전 전력구 감시시스템

전력구내 설치운영중인 지중송전 케이블에 대한 감시기능을 강화하기 위해 케이블의 접속개소를 실시간으로 온도를 감시하는 한편, 카메라 모니터링으로 영상감시를 하는 시스템이다.

수행 내용 / 송전설비 감시 시스템 운영하기

재료·자료

- 송전설계기준, 가공송전운영업무기준, 지중운영업무기준, 송변전 실무교재, 설비별 이력자료, 인쇄용지 등

기기(장비 · 공구)

- 운영프로그램 : 낙뢰감시시스템, 풍속관측시스템, 화상감시시스템, 송전정비 추적관리시스템, 지중전력구 감시시스템 등
- 기타 : 컴퓨터 및 주변장치 등

안전 · 유의 사항

- 실습이 끝난 다음 컴퓨터 및 장비들의 전원이 OFF 되었는지를 확인

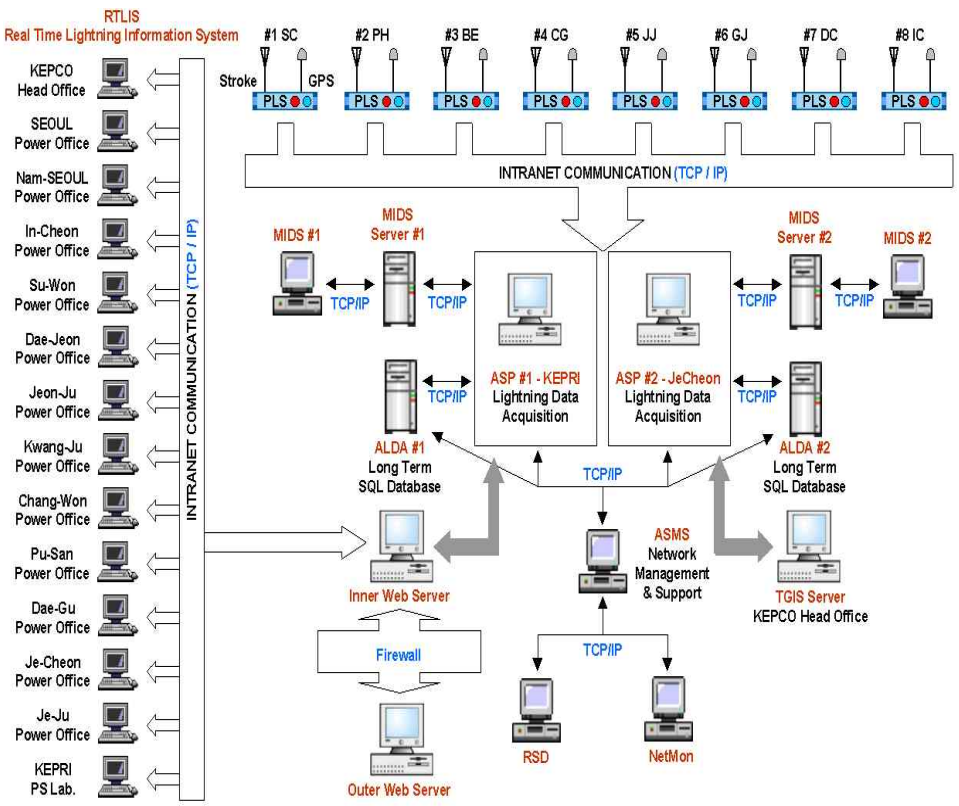
수행 순서

1 송전설비 감시시스템의 운영필요성을 파악한다.

2 낙뢰감시시스템을 파악한다.

1. System 개요

현재 우리나라의 한국전력에서 사용하고 있는 낙뢰감시시스템인 KLDNet(KEPCO Lightning Detection & Information Network)의 시스템 구성도는 그림 3-1과 같다.



출처: 한국전력공사
[그림 3-1] 시스템 구성도

이 시스템은 크게 낙뢰감지시스템(ALPSTM)과 실시간 낙뢰정보시스템(RTLIS)으로 구성되어 있으며 각 시스템의 설비 개요와 기능은 다음과 같다.

(1) 낙뢰감지시스템(ALPSTM : Advanced Lightning Precision System)

(가) Precision Lightning Sensors (PLSTM)

Lightning에 의해 방사된 Electro-magnetic Wave Data를 감지하고, 시각 동기를 위한 GPS 신호를 수신하여, 낙뢰 Data와 GPS 데이터를 동기화하여 ASP로 데이터 전송하는 기능을 담당한다.

(나) Dual-Redundant Advanced Stroke Processor(ASPTM)

TOA(도달시간차) 방식에 의해 Lightning 정보를 결정하고, 결정된 낙뢰정보를 관련시스템으로 전송하며, 전체시스템의 설정치를 보관한다.

(다) ALDA Long Term SQL Database

ASP로부터 얻어진 Lightning 정보를 체계적으로 데이터베이스화한다.

(라) NetMonTM

PLS 센서 상태를 나타내는 한편 센서의 낙뢰활동 보고 횟수, 센서가 솔루션에 참가한 수 등의 참고자료를 수집한다. 또한, 과거자료 분석을 위해 DB로 접근할 수 있다.

(마) RSD(Remote Sensor Diagnostics) System

ASP를 통해 전 시스템 접속하여 각종 S/W와 펌웨어 다운로드, 전원상태 감시, 센서들의 온도 측정하는 역할을 한다.

(바) Map Information and Display Systems Server

실시간 낙뢰의 표현을 위해 관련자료들을 저장하는 서버이다.

(사) Map Information and Display Systems(MIDSTM)

실시간 낙뢰의 표현을 위한 지도, 정보를 시스템화한 것이다.

(2) 실시간낙뢰정보시스템(RTLIS : Real Time Lightning Information System)

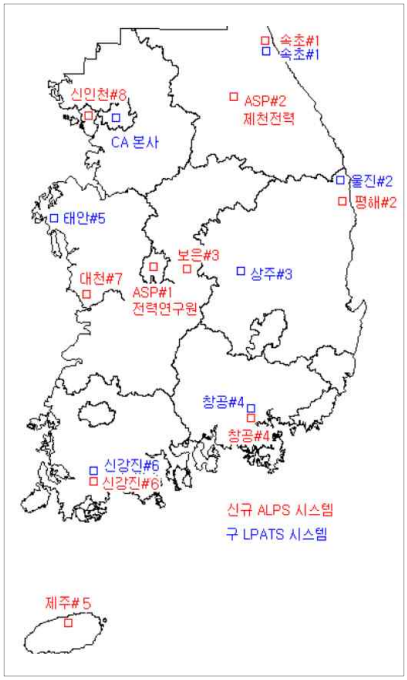
(가) Web server

낙뢰 데이터 DB와 송전선로 DB 등 관련자료를 Backup하고, 사내외 사용자를 관리하며, 시스템 유지보수 상의 이력관리를 한다. 또한, 송변전분야 절연설계에 직접 사용 가능한 형태의 데이터를 제공한다.

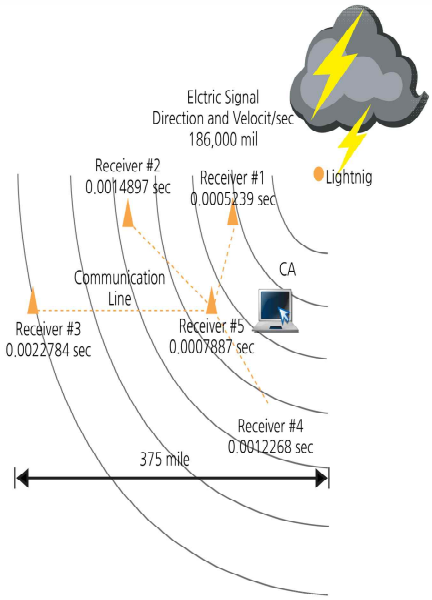
(나) Client Program for Real Time Lightning Display

TGIS(송전지리정보시스템)와 연계하여 데이터를 이용하는 한편, GIS Map을 바탕으로 하여 실시간으로 낙뢰화면을 표시할 수 있는 장치이다.

2. PLS 센서 구성방식과 낙뢰검출 원리



출처: 한국전력공사
[그림 3-2] 센서 위치



[그림 3-3] TOA(Time Of Arrival)방식 원리

(1) PLS의 구성

낙뢰를 검출하기 위해 8개의 PLS 센서들이 적정한 Base Line을 유지(각 센서 간 200 ~300 km)하면서 구성되어 있다. PLS로부터 TCP/IP 통신을 이용하여 네트워크를 구성하고 있다.

(2) 도달시간차 방식에 의한 낙뢰검출 원리

(가) 방식 : 도달시간차 방식 (TOA : Time Of Arrival)

(나) 낙뢰발생 위치로부터 생성되는 Electro-magnetic Wave를 각 수신기에서 서로 다른 시간에 수신

(다) 도달한 신호를 수신기의 GPS(Global Positioning System) 시각과 동기화시켜 1/10,000,000초 단위로 중앙 분석기로 송신

(라) 중앙분석기에서 각 파형의 도달시간차를 이용하여 낙뢰정보 결정

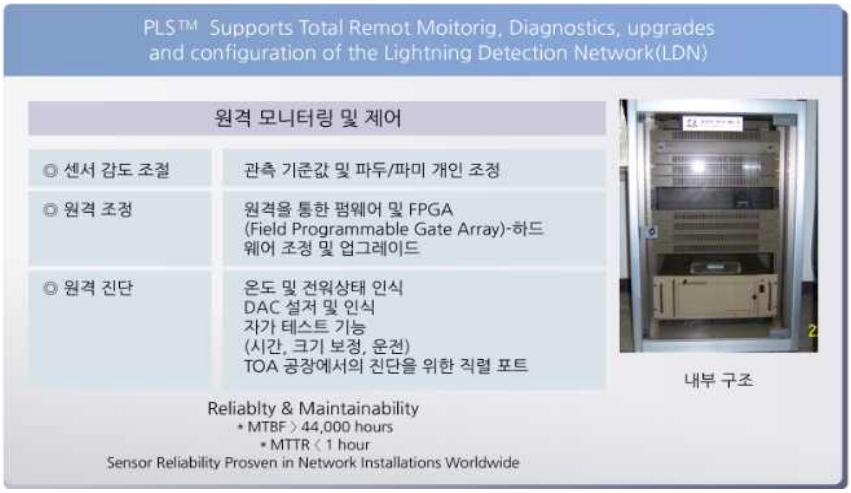
- 위치, 시각, 뇌격전류의 크기, 극성 등

3. PLS 센서의 특성

(1) PLS의 동작 특성

[그림 3-4] PLS 센서 동작 특성

(2) PLS의 제어 방법



[그림 3-5] PLS센서 제어 방법

4. 활용 목적 및 분야

(1) 전력산업분야

(가) 전력계통 운용분야 : 급전실 실시간 낙뢰발생 모니터링

(나) 송변전 및 발전 분야 : 낙뢰사고 예방 및 원인 분석 기술지원

1) TGIS(송전지리정보시스템)와 연계 활용 방안 제공

(다) 연구분야 : 전력연구원 주관 한반도 낙뢰고유 특성 분석

1) 뇌사고율 계산 프로그램 개발

- TGIS와 연계 송변전분야 IT 적용 연구과제 발굴

(라) 관련 기술 해외사업에의 적용

- 동남아 해외사업에의 관련 분석기술 및 소프트웨어 사용

(마) 사내 인트라넷 홈페이지 운용 : 정보제공, 기술력 홍보, 이미지 향상

(2) 기상 및 재난분야

(가) 낙뢰집중 발생기간 대국민 예보

(나) 국가 종합 재난 시스템의 기본 데이터 제공

(다) 우주 항공분야 기상자료 제공

(3) 통신 및 일반 건축물 내뢰기준 분야

(가) 통신 분야 내뢰대책 분야

(나) 건축물 내뢰설비기준 설계 지표 제시

(다) 고 건축물 설비 운용 시 실시간 낙뢰발생 모니터링 운용

(4) 공적 기능 수행 : 낙뢰 발생 인증센터 추진

(가) 산자부 기술 표준원 주관 인증센터 추진

(나) 각종 낙뢰 사고로 인한 분쟁시 공인 인증서 발급

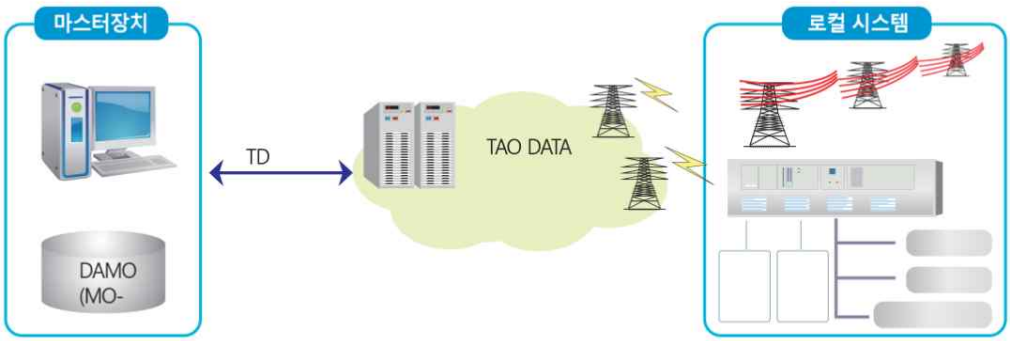
(다) 낙뢰 발생 홈페이지 운용 : 전력연구원 전력계통연구소 기술력 홍보

(5) 시스템 데이터를 이용한 수익사업 수행

3 풍속관측시스템을 파악한다.

1. 설치 및 운영현황

2004년 10월 현재 우리나라에는 풍속관측전용의 관측개소가 38개소(제천(5), 대전(1), 전주(3), 광주(8), 대구(3), 부산(6), 창원(9), 제주(3)), 화상감시를 병행하는 관측개소가 4개소(제천관내 3개소, 영흥T/L 1개소), 도합 42개소의 풍속관측시스템이 설치 운영되고 있다. 이는 태풍경로 및 고장실적 지역, 국지강풍예상 지역 등을 기준으로 선정하였는데, 주요 요소장치로는 풍향/풍속계(센서), 솔라셀, PC(S/W) 등과 화상감지장치로 구성되어 있다. 그림 3-6은 풍속관측시스템의 개략도로서 마스터 장치(MS : Main Station)는 남서울 T/C에, 감지부 장치(LS : Local Station)는 전국 각 지역 철탑 42개소에 설치되어 있고 통신망은 TRS 데이터 통신망을 이용하고 있다.



[그림 3-6] 풍속관측시스템 개략도 · 출처 : 한국전력공사

이 시스템은 2005년 1월부터 풍속관측 및 자료취득을 시작하여 2005년 8월부터 파워넷에 공개하여 풍속자료를 제공하여 왔고 연간 및 월간 풍속분석 자료집을 발간하고 DB를 구축해왔다. 해당 자료들은 철탑보강, 신설, 경과지 선정 자료로 활용되는 한편 풍하중 관련기술 개발 등 풍속활용연구를 위해서도 활용되었다.

④ 화상감시시스템을 파악한다.

1. 화상감시시스템 개요

가공송전선로의 화상감시 시스템은 특수한 지형(급산악지, 해안가, 해월구간 등) 또는 자연환경이 취약한 개소(빙설해 다발지역, 낙뇌 다발지역, 풍우빈번지역, 태풍 내습 다발 경로, 염진해 지역 등)을 다년간 가공송전선로의 운영 데이터를 분석하여 화상감시 시스템을 매 철탑 위에 설치하여 고장발생 동기 및 전이 상태를 녹화기록하기 위한 시스템이다.

(1) 화상감시설비[ITV(Industrial Television)]의 활용성

화상감시설비는 험산, 해월, 태풍, 착빙설, 갤러핑 등 사람의 접근이 곤란하고, 악천후 인 경우에도 상시 감시를 할 수 있으며, 고장요인을 사전에 발견할 수 있어 순시점검이나 휴전작업, 기상감시 및 산불발생 조기발견 등에도 유리하게 이용할 수 있다.

(2) 화상감시설비[ITV(Industrial Television)] 설치시 제약사항

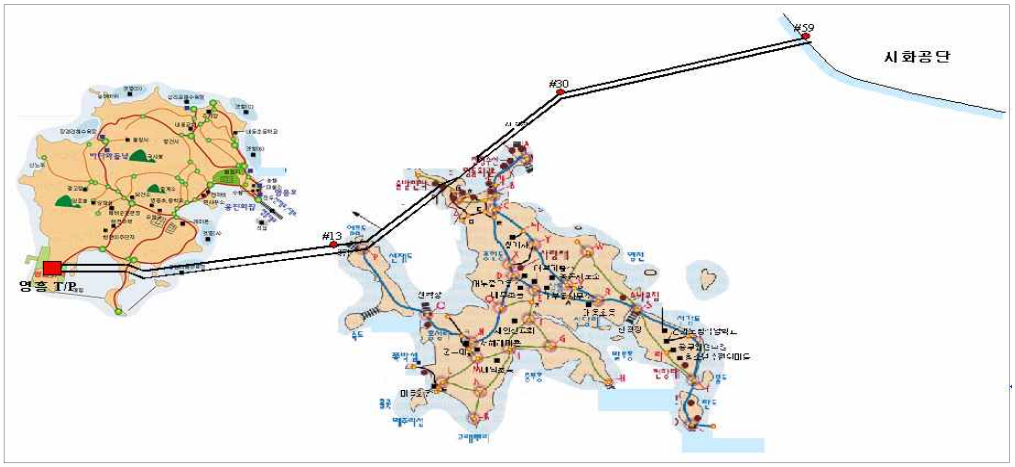
그러나 전송매체가 유선(OPGW, 전화선)을 활용하기 때문에 동화상 정보전송에 따른 용량 제약이 있으며, OPGW가 없는 구간에서는 단거리 무선 통신을 병행해야 하는 점과 배전선로 인출이 불가한 경우 태양전지를 이용하여야 하는 점등의 제약이 있다.

2. 설치 사례(영흥송전선로 감시설비)

영흥송전선로의 화상감시시스템은 선로가 설치된 해상구간의 선로 순시 및 설비감시 지원, 해상구간의 설비주변 개발상황의 감시(선박, 낚시터, 위락시설 등), 특이 기상(태풍, 강풍, 폭우 등) 발생 시에 대한 설비이상 유무 감시 등을 위해 설치되었다.

설비는 화상감시설비(ITV)를 3개소(13, 30, 59호)에 설치하였는데 모두 태양전지식을 사용하여 기상자료 및 설비운전정보의 감시가 가능하도록 하였다.

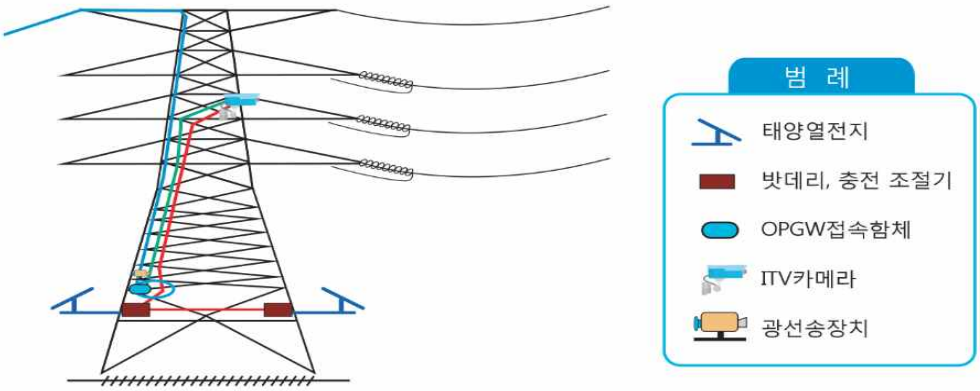
이중, 30호에 설치된 기상감시설비는 해상구간의 특이 기상현상을 감시하면서 기상감시 기술을 표준화하기 위해 풍향, 풍속, 기온, 습도, 강우, 강설의 6개 항목을 감시한다. 그리고 풍향·풍속계는 풍속관측시스템과 연계운영이 가능하다.



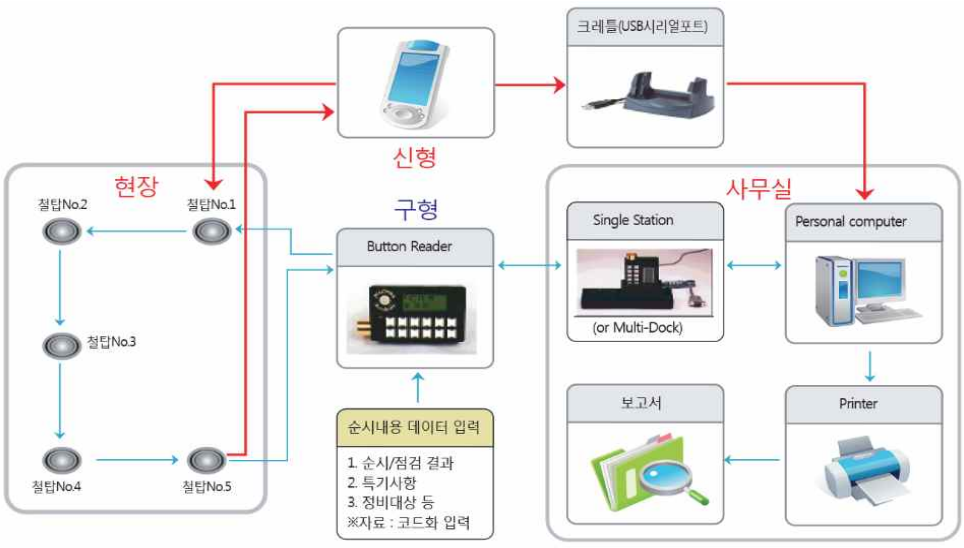
[그림 3-7] 송전선로 감시설비 설치 사례 ・출처: 한국전력공사

시설방식은 OPGW를 활용하고 태양전지와 축전지를 적용하여 그림 3-8과 같이 설치하였다. 시스템 구조는 그림 3-9와 같다.

순시·점검 데이터를 PC에 저장하거나 기록관리를 함은 물론, 순시보고서 작성, 불량개소 발견사항 정비대장에 기록하고 조치하기 위한 기반시스템으로 활용된다.



[그림 3-8] 철탑 내 시스템 설치도 출처 : 한국전력공사

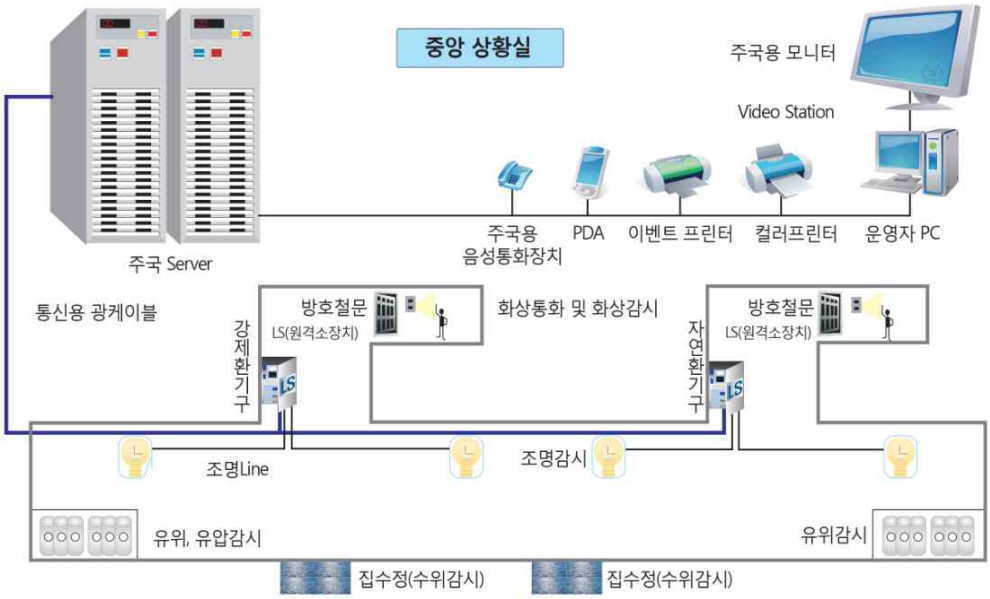


[그림 3-9] 송전정비 추적관리시스템 구조 ・출처: 한국전력공사

5 지중송전 전력구 감시시스템을 파악한다.

1. 구성과 기능

지중송전 전력구 감시 시스템은 그림 3-8과 같이 구성되어 있으며, 주요기능에는 원격감시, 원격측정, 원격제어, 기록, 경보발생 등이 있다.



[그림 3-10] 지중송전 전력구 감시시스템 구성 · 출처: 한국전력공사

(1) 원격감시

지중 송전 전력구 상의 화재발생, 화재위치, 출입자 (음성, 영상), 출입문 개폐 상태 등을 감시하는 한편 소방, 배수, 환기 및 조명설비 운전상태 및 케이블 접속부 상태(영상), 전력구 침수여부에 대한 상황을 원격 감시한다.

(2) 원격측정

154kV 케이블 접속함의 온도와 전력구의 온도, OF케이블 유압을 원격 측정한다.

(3) 원격제어

출입문 개폐, 환풍기, 배수펌프 기동/정지 및 소방설비의 제어를 원격으로 실시한다.

(4) 기록 업무

시간별, 일별, 주간별, 월별로 자료를 통계, 기록하는 한편, 경보발생시 즉시 관련 내용과 기기 조작내용을 기록한다.

(5) 경보발생

동작상태의 변화 및 Analog 값이 상·하한을 초과 또는 미달하는 경우나, 장치 또는 감시요소의 상태에 이상이 발생한 경우 화재, 유압, 소방설비, 전력구 및 접속부 온도 등에 이상이 있는 경우 경보를 발생하고 운영자 및 급전운영자의 이중감시가 상시 가능하도록 SMS 및 SCADA시스템에 공동 수용한다.

2. 전력구 운영시스템

154kV용 감시시스템 및 345kV용 운영시스템의 기능은 아래 표와 같다.

<표 3-2> 전력구 운영시스템 기능

항 목		154kV용	345kV용
정보 관리	○ 출입자 관리 및 작업내역 관리 ○ 각종 제어반 및 설비운전정보 관리 ○ 설비의 제원 및 이력관리 ○ 케이블 및 접속함 열화 검출 ○ 실시간 송전용량 산정 ○ 화재징후 조기 감시	○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○
운전 관리	○ 전력구내 화재감지(발화점 확인) ○ 수위 감시 및 배수펌프 연동제어 ○ 환기팬 감시 및 연동제어 ○ OF 케이블 누유 감시 ○ 냉각시스템 연동제어	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○
보안 관리	○ 무단출입자 감시 및 출입문 원격제어 ○ 주출입구 출입자 화상감시 및 전개소 ○ 음성통화	○ ○	○ ○

학습 3 교수·학습 방법

교수 방법

- 가공송전 운영과 지중송전 운영의 구성, 특성을 비교하여 설명한다.
- 송전설비 감시시스템의 운영 필요성과 성능을 설명한다
- 가공송전선로 감시시스템의 기능과 특성을 설명한다
- 지중 전력구 감시시스템의 기능과 특성을 설명한다
- 송전설비 감시시스템을 이용하여 어떻게 송전설비 유지보수 업무를 수행하는지 설명한다.
- 송전설비 감시시스템에 이상상황 발생 시 조치에 대하여 설명한다.

학습 방법

- 가공송전 운영과 지중송전 운영의 구성, 특성을 비교하여 학습능력을 양성한다.
- 송전설비 감시시스템의 운영 필요성과 성능, 평가기술을 양성한다.
- 가공송전선로 감시시스템의 기능 및 특성과 지중 전력구 감시시스템의 기능 및 특성사례를 학습하고 토론한다.
- 송전설비 감시시스템을 이용하여 송전설비 유지보수 업무를 분석하고 기술 검토를 한 후 보강방법을 결정하도록 한다.
- 송전설비 감시시스템에 이상상황 발생 시 조치 검토가 가능하도록 기능과 사용 방법을 충분히 학습 한다.

학습 3 평 가

평가 준거

- 평가자는 학습자가 수행 준거 및 평가 내용에 제시되어 있는 내용을 성공적으로 수행하였는지를 평가해야 한다.

학습 내용	평가 항목	성취수준 상	중	하
송전설비 감시시스템 구성 및 운영	- 송전설비 감시시스템의 운영 필요성과 성능을 파악할 수 있다.			
	- 가공송전선로 감시시스템의 기능과 특성을 확인하여 운영할 수 있다.			
	- 지중 전력구 감시시스템의 기능과 특성을 확인하여 운영할 수 있다.			
	- 송전설비 감시시스템을 이용하여 송전설비 유지보수 업무를 수행할 수 있다.			
	- 송전설비 감시시스템에 이상상황 발생 시 조치할 수 있다.			

평가 방법

- 문제 해결 시나리오

학습 내용	평가 항목	성취수준 상	중	하
송전설비 감시시스템 구성 및 운영	- 가공송전선로 감시시스템의 기능과 특성을 확인하여 운영 기술 향상 기여			
	- 지중 전력구 감시시스템의 기능과 특성을 확인하여 운영 기술 향상 기여			
	- 송전설비 감시시스템에 이상상황 발생 시 조치 능력 보유			

• 서술형시험

학습 내용	평가 항목	성취수준 상	중	하
송전설비 감시시스템 구성 및 운영	- 송전설비 감시시스템의 운영 필요성과 성능 파악 이해 능력			
	- 지중 전력구 감시시스템의 기능과 특성 파악 능력			
	- 가공송전선로 감시시스템의 기능과 특성 파악 능력			

• ,사례연구

학습 내용	평가 항목	성취수준 상	중	하
송전설비 감시시스템 구성 및 운영	- 송전설비 감시시스템들을 이용하여 유지보수 업무 수행 사례 조사 및 토의			
	- 송전설비 감시시스템들을 이용한 이상상황 시 대응 사례 조사 및 토의			

피 드 백

1. 문제해결 시나리오
   - 이해가 미흡한 경우 각 감시시스템의 구조와 기능, 사용방법에 대해 매뉴얼을 읽고 레포트를 작성 제출하도록 한다.
2. 서술형 시험
   - “하” 에 해당되는 경우, 송전설비 감시시스템들에 샘플 데이터들을 입력하여 입출력 검토를 함으로써 각 시스템의 동작을 파악하도록 과제를 부과한다.
3. 사례연구
   - “하”에 해당하는 경우, 활용 기업체를 방문하여 실제상황을 조사하도록 한다.

학습 1	설비보강계획 수립하기(LM1901030203_14v2.1)
학습 2	송전설비 순시점검하기(LM1901030203_14v2.2)
학습 3	송전설비 감시시스템 운영하기(LM1901030203_14v2.3)
학습 4	**송변전 지리정보시스템 운영하기 (LM1901030203_14v2.4)**
학습 5	고장복구체계 수립하기(LM1901030203_14v2.5)

4-1. TGIS의 구성 및 운영

학습 목표

- TGIS의 필요성과 수치지도, 좌표체계를 확인할 수 있다.
- TGIS시스템 프로그램 매뉴얼을 확인하고 운영할 수 있다.
- TGIS 시스템을 이용하여 송전선로 유지보수 이력관리를 수행할 수 있다.
- TGIS 시스템을 이용하여 송전선로 공사관리 업무를 수행할 수 있다.
- TGIS 시스템의 이상상황 발생 시 조치할 수 있다.

필요 지식

1 GIS(Geographic Information System) 개요

1. 개념

지구상에서 발생하는 시·공간상의 제반현상들에 대한 위치정보와 제원정보(속성정보)를 결합하여 컴퓨터를 통해 입력, 저장하고 검색, 갱신 등 정보를 관리하여 적절한 조작, 처리 및 분석을 통해 사용자에게 원하는 정보를 출력, 제공하는 정보시스템이다.

2. 필요성 및 발전과정

방대하고 복잡한 공간정보를 컴퓨터를 통해 처리하는 한편 공간에서 발생하는 누적된 데이터를 분석처리하여 의사결정 시 지원 도구로 사용하는데 활용하기 위해 1950, 60년대에 미국과 캐나다에서 시작되었으며, 주로 화면 캡쳐 또는 사진을 스캐닝 하여 얻어진 격자모양의 Raster 자료구조를 갖는 전산지도의 개념으로 주로 정부 등 공공기관에서 사용되었다. 그러나, 1970년대로 접어들면서 컴퓨터의 급속한 발전과 CAD의 등장으로 Vector 자료 구조를 일부 수용하게 되면서 자원관리 및 환경관리, 공공시설관리에도 활용이 시작되었다. 1980년대에 와서는 GIS의 저변확대기로 벡터 자료구조 및 위상구조가 본격적으로 도입되면서 공간정보와 속성정보의 유기적 연관 및 공간분석 기능이 강화되었고, 워크스테이션 등장/RDBMS 등장 등

으로 컴퓨팅 능력이 강화되자 정부하부조직 및 민간 영역에서도 GIS가 활발히 도입되었다. 1990년대에는 H/W, S/W의 급속한 발전으로 방대한 양의 데이터를 다룰 수 있게 되면서 Internet GIS, GPS, 3D GIS가 등장하였다.

3. 국가지리정보체계(NGIS)

국가지리정보체계(NGIS)는 1990년대 이후 GIS에 관한 관심의 고조, 관련 시장의 확대로 GIS가 중요성을 더함에도 불구하고 그 수준은 실험적 수준에 머물러 있었으며, 외국 기술에 대한 의존도가 심각한 상황이었다. 정부에서는 GIS를 국가경쟁력 강화 및 행정의 생산성 확대에기반이 되는 사회간접자본으로 인식하고 국가차원의 GIS를 구축하기로 하였다. 이에 따라 1995년, 건교부를 주축으로 11개 중앙부처가 참여하는 국가 GIS 추진위원회를 구성하고 국가지리정보체계 기본계획을 확정 추진하였다.

2 수치지도 개념

1. 정의

각종 지형정보와 이와 관련된 사항을 수치화한 후 전산시스템을 이용하여 이를 분석 및 편집하고 입·출력 할 수 있도록 제작된 수치 지형도와 수치 주제도 등을 말한다. 단, 지적법에 의한 지적도를 제외한다.

2. 수치지도 작성 과정

(1) 수치지도 작성

컴퓨터를 이용, 지형지물을 수치데이터로 취득하여 목적에 따라 편집하는 것이다.

(2) 수치 지도화

측량용 항공사진 또는 위성영상의 지형지물을 해석도화기 또는 좌표입력장치 부착 도화기에 의하여 수치데이터로 측정하여, 이를 컴퓨터에 수록된 데이터를 이용하여 정위치 편집, 구조화편집, 도면제작편집을 실시하는 것이다.

(3) 표준코드

수치지도를 구성하는 도엽코드, 레이어코드 및 지형코드로 구분되며 국토지형데이터베이스의 구축을 용이하게 하고 자료의 호환성을 확보하기 위하여 일정한 형식으로 구성한 코드이다.

(4) 정위치 편집

지리조사 및 현지 보완측량에서 얻어진 성과 및 자료를 이용하여 도화 성과 또는 지도데이터 입력 성과를 수정, 보완하는 작업을 말한다.

(5) 구조화 편집

데이터간의 지리적 상관관계를 파악하기 위하여 정위치 편집된 지형지물을 기하학적 형태로 구성하는 작업이다.

(6) 도면제작 편집

지도형식의 도면으로 출력하기 위하여 정위치 편집된 성과를 지도도식 규칙 및 표준 도식에 의하여 편집하는 작업이다.

3. 국가지리정보체계(NGIS)

국가적 차원에서 일괄적으로 수치지도를 제작 및 공급함으로써 GIS 구축사업을 효율적으로 추진 활용을 할 수 있는 기반으로 조성되었으며, 이는 각 수요기관별 개별적인 지도전산화 사업을 실시에 따른 중복 투자를 막고 정확도 및 호환성을 높이기 위해 수행되었다.

3 송변전 지리정보시스템(TGIS)의 정의

전국에 설치되어 있는 방대한 송변전 설비의 효율적 관리와 국가에서 추진하고 있는 국가 지리정보공유체계 구축을 위하여 지형 정보와 설비를 공간 DB화하고, 모든 송변전 설비의 제원, 이력, 계통 연결 정보 등을 지리적 위치 정보와 함께 관리할 수 있는 시스템이다.

1. 주요기능

(1) 기본도 관리 : 수치 지도 Geo DB변환, 에러 편집, 행정 구역 경계 관리 등

(2) 가공송전 설비정보관리 : 설비도 관리, 설비 정보(제원, 도면, 사진 등) 관리, 설비 이력(시공, 순시, 점검, 측정, 정비) 관리, 설비 현황 등

(3) 지중송전 설비정보관리 : 설비도 등록(지중 탐사 도면), 설비도 편집, 설비 속성 정보 관리, 설비 이력 관리, 설비 현황(통계, 계통도, 도로점용료) 등

(4) 수치 지도 및 시스템 관리 : 수치 지도 정보 관리, 사업소/코드/버전 관리 등

(5) 설비 검색(웹) : 설비도 및 설비 속성 정보 검색, 설비 현황 검색 등

(6) 재해 고장 분석 : 자연 환경적 재해 요인 정보를 축적하여 재해 요인과 고장 실적을 지리 정보 기술을 활용하여 분석

2. 시스템 구성

(1) ArcSDE

(가) DBMS 기반의 GIS 데이터 서버

나) GIS 클라이언트와 DBMS간의 게이트웨이

(2) ArcIMS

(가) 웹 기반의 인터넷/인트라넷 맵 서버

(나) 공간 데이터 인프라 GIS 네트워크 구축

(다) GIS Portal

(3) ArcGIS Desk Top

(가) 서버 기반의 GIS 응용 서버

(나) 엔터프라이즈 GIS 구축 플랫폼

출처: KDN 홍보자료
[그림 4-1] 송변전 지리정보시스템(TGIS)의 주요기능

수행 내용 / 송변전 지리정보시스템 운영하기

재료·자료

- 송전설계기준, 가공송전운영업무기준, 지중운영업무기준, 설비별 이력자료, 경과지형도, 종단평면도, 철탑 설계도, 조립도, TGIS 운영 매뉴얼, 인쇄용지 등

기기(장비·공구)

- 운영프로그램 : 송변전지리정보시스템
- 기타 : 컴퓨터 및 주변장치 등

안전·유의 사항

- 한국전력공사의 TGIS(송변전 지리정보 시스템)는 보안상 문제가 있는 시스템이므로 안내자의 지시에 따라 입출력 작업을 해야 한다.

수행 순서

1 TGIS (Transmission & substation Geographic Information System)를 파악한다.

전국에 산재된 송변전설비를 수치지도와 함께 종합DB화하여 과학적이고 효율적인 설비 관리를 위한 기반을 조성하고, 정부에서 추진하는 지하시설물 종합관리시스템에 설비정보를 제공하는 시스템이다.

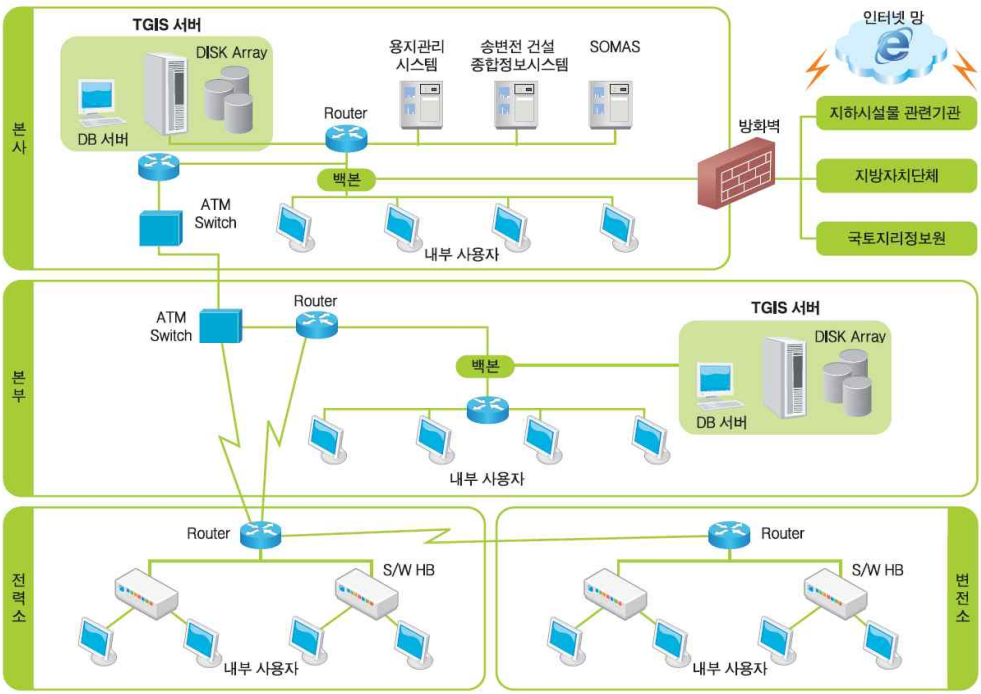
1. TGIS 대상 범위

<표 4-1> TGIS의 적용범위

구 분		적용 범위
대상설비	지중설비	전력구, 관로, 맨홀, 회선 등 25개 설비의 제원, 시공, 도면, 사진 및 정비이력/고장이력 관리
	가공설비	가공선로 및 부속설비의 제원, 공사
	변전설비	변전소부지 기본 정보 관리
주요기능	설비도관리	기본도 및 설비도 → TGIS DB변환
	설비정보	송전설비 정보관리 전반
	설비운영	송전설비 운영업무(고장/정비이력)
	공간정보활용	지형정보 활용업무

2. TGIS 구성도

TGIS 시스템은 송전설비를 운영 관리하는 담당자들이 외부와 방화벽에 의해 격리되어 보안을 유지할 수 있도록 시스템화되어 있다. 세부 구성은 [그림 4-2]과 같다.



[그림 4-2] TGIS 구성도 ・출처: KDN 홍보자료

3. TGIS 시스템의 주요처리 내용

<표 4-2> TGIS 시스템의 주요처리 내용

구 분	주요 처리 내용
기본도관리	ㅇ국가기본도(지형도:1/1000, 1/5000)를 인수하여 TGIS 포맷에 맞도록 변환하고 이를 검증하는 기능 ㅇ기본도 외에 지방자치단체 혹은 기타 기관으로부터 제공 받은 Shape 파일 변환 기능
중기보강계획 수립	ㅇ중기보강계획 대상 사업 등록 및 평가항목 관리(본사) ㅇ우선순위 검토를 통한 중기보강계획 수립 및 확정 ㅇ자연재해대비 보강사업 현황 및 실적관리 ㅇ연도별 사업소별 중기보강계획 검색 및 출력
계통계획관리	ㅇ설비도 기반의 계통도 생성 및 편집 ㅇ사업소별 계통도 변경 이력관리
가공송전설비 관리	ㅇ가공설비모델을 정의하고 설비 입력 및 구조화편집 ㅇ지지물 GPS측량을 이용 지지물 위치 생성 ㅇ국가 기본도 검색 및 한전 가공송전 설비의 제원, 점검, 보수, 고장, 측정 정보 저장 및 삭제 등 데이터의 변경 이력을 관리
지중송전설비 관리	ㅇ지중설비모델을 정의하고 설비 입력 및 구조화편집 ㅇ지중 탐사도면을 TGIS포맷으로 변환 ㅇ설비 측정, 정비, 이력 관리 ㅇ국가 기본도 검색 및 한전 지중송전 설비의 저장 및 삭제 등 데이터의 변경 이력 관리
설비이력관리	ㅇ선로순시/점검 및 측정 이력관리, 정비대상관리 ㅇ위탁업체 선로 순시/점검 및 측정 이력정보 관리 ㅇ순시/점검 및 측정 보고서 전자결재 연계
낙뢰관리	ㅇ낙뢰 정보시스템과 연계를 통한 실시간 낙뢰정보 제공 ㅇ낙뢰 현황 및 통계
업무지원	ㅇ예상경과지 생성 및 경과지도 출력
인트라넷 검색	ㅇWEB GIS 상에서 송전설비 관련정보를 검색 ㅇ국가 수치지도 관리(수치지도 신청/승인/배부)
단위시스템 연계	ㅇ용지확보 권원정보 및 계통부하 정보

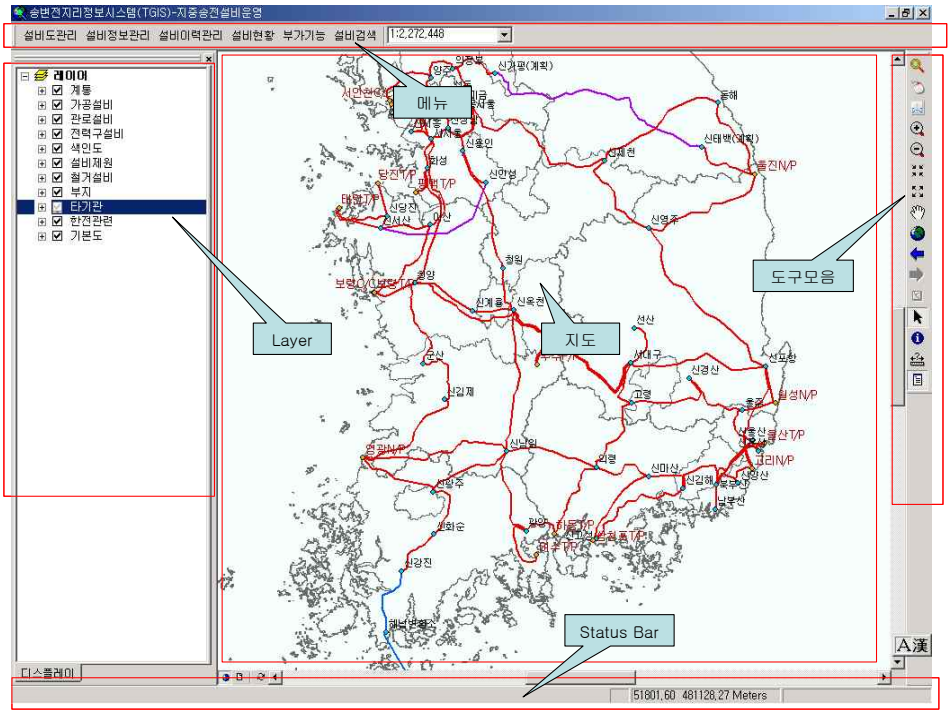
4. 주요 화면 소개

(1) 초기화면

[그림 4-3] TGIS의 초기화면

(2) 송전설비관리

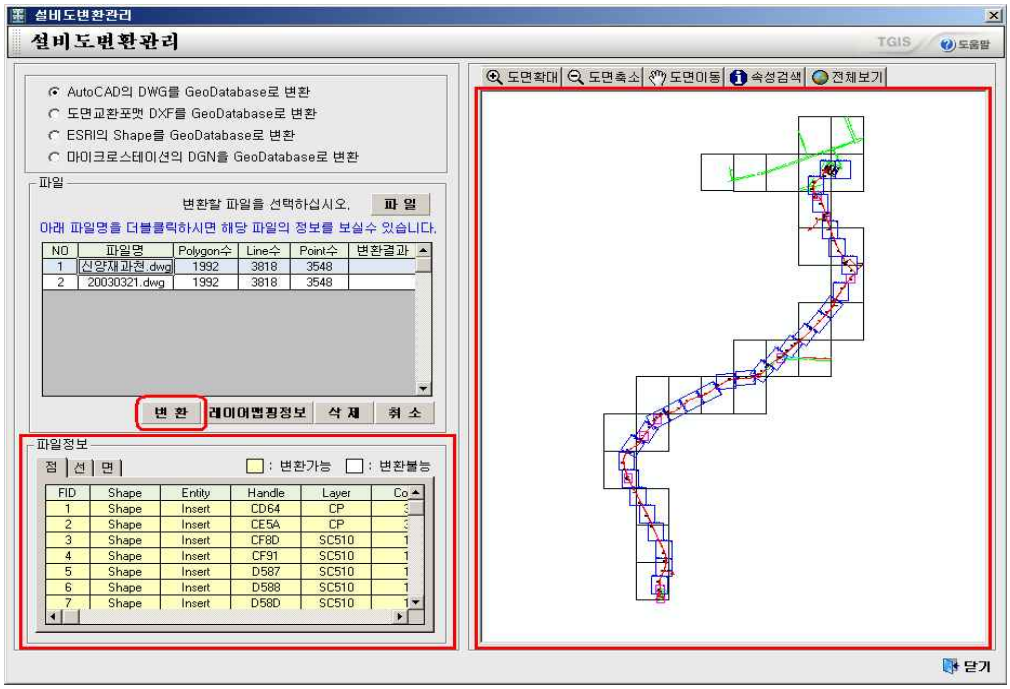
(가) 초기화면



[그림 4-4] TGIS의 송전설비관리 초기도면

(나) 설비도 변환

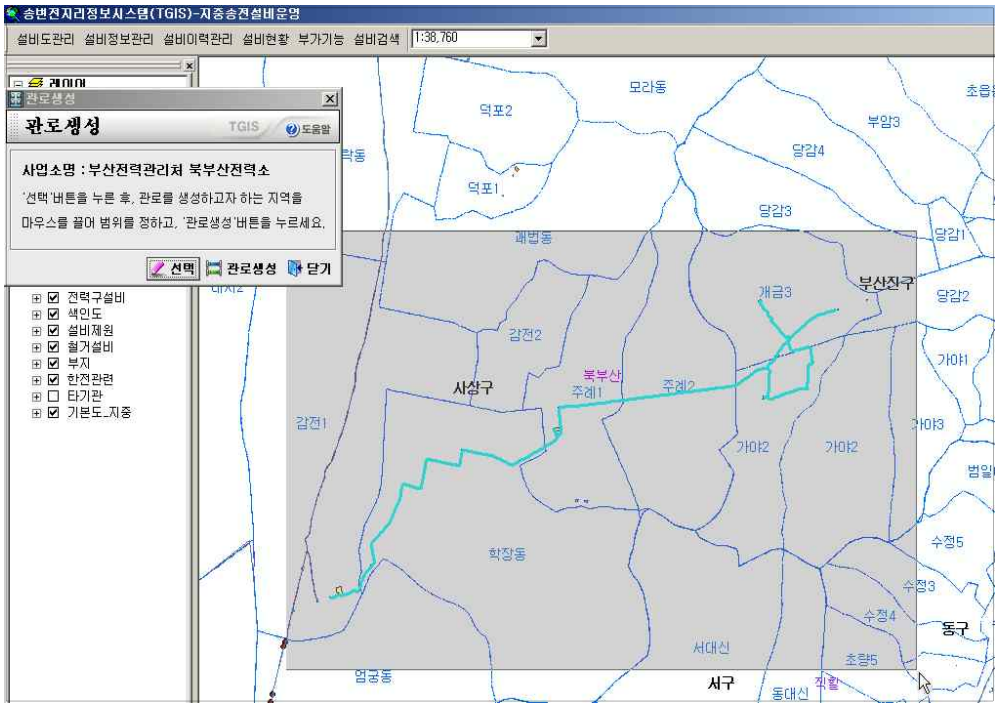
전력구, 환기구, 맨홀, 심도, 뚜껑, 중심선 등 CAD로 작성된 지하시설물도를 TGIS에 변환 입력하여 설비도로 변환한다.



[그림 4-5] TGIS의 설비도 변환관리

(다) 관로 생성

설비도 변환으로 생성된 중심을 이용하여 관로 생성한다.



[그림 4-6] TGIS의 관로도 생성

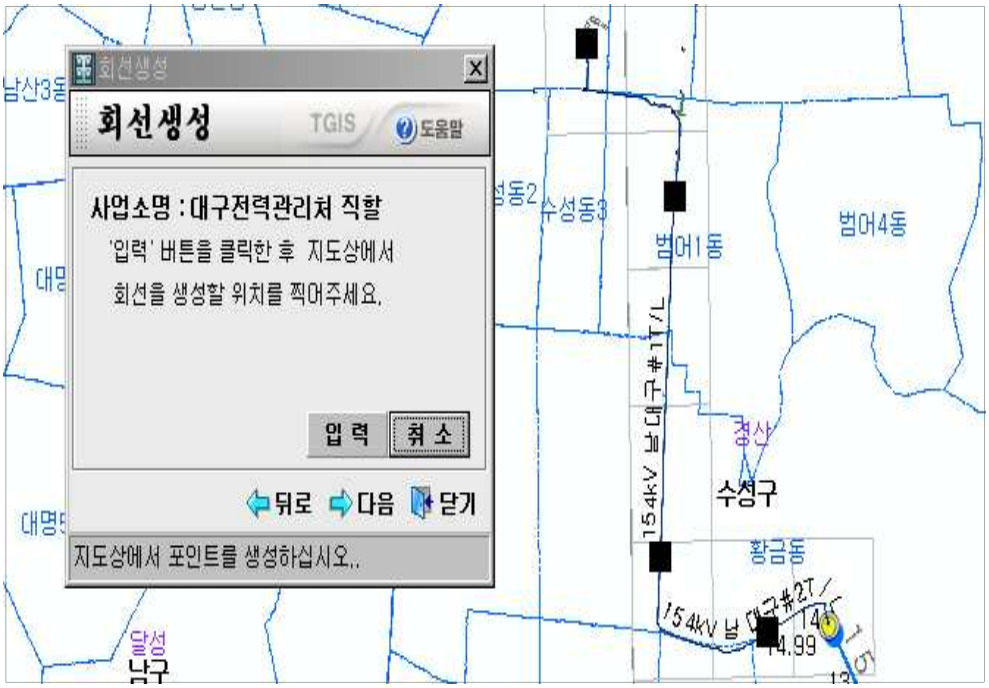
(라) 설비명칭 신청

지중설비(전력구, 관로, 선로, 회선 명칭 신청)

[그림 4-7] TGIS의 설비명칭 신청

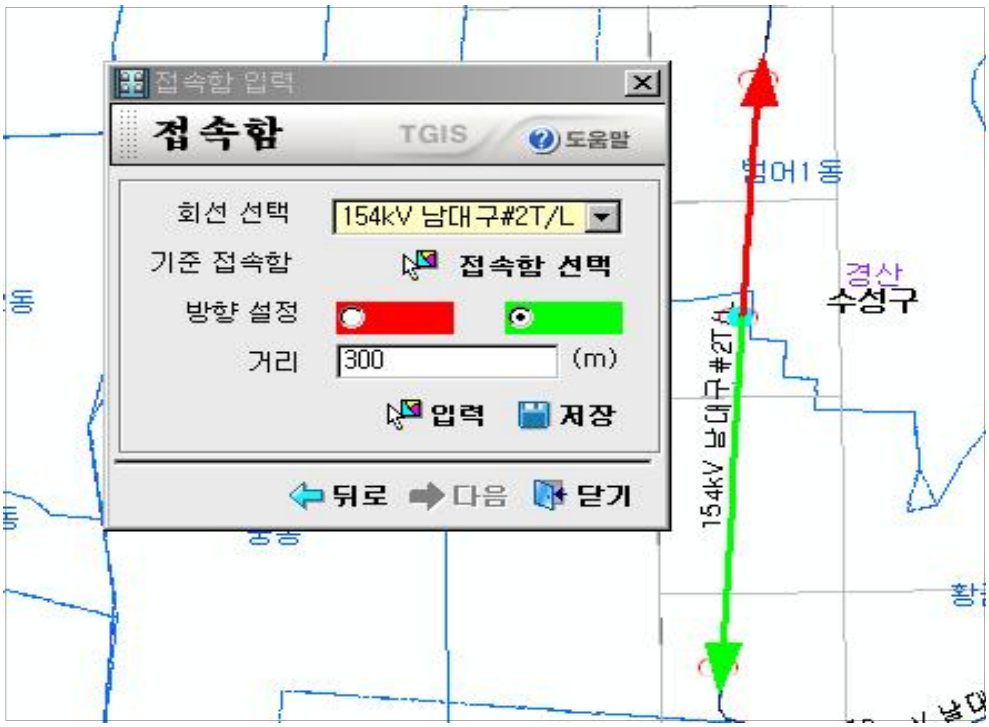
(마) 회선 생성

설비도 변환으로 생성된 중심을 이용하여 회선을 생성한다.



[그림 4-8] TGIS의 회선 생성

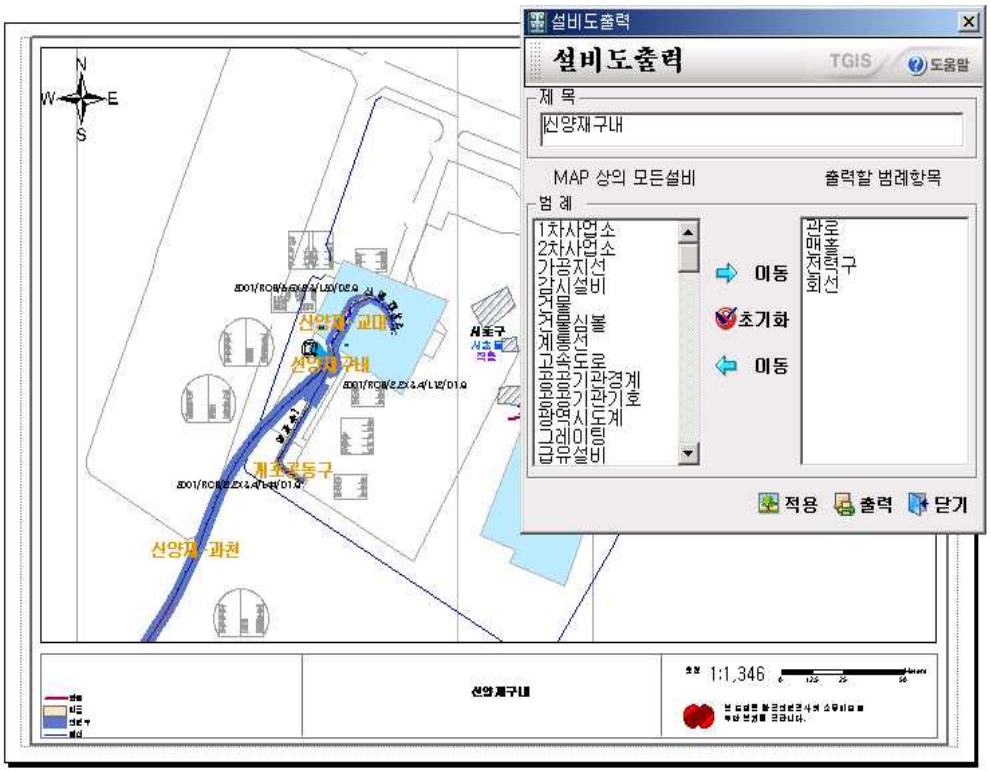
(바) 접속함 생성



[그림 4-9] TGIS의 접속함 생성

(사) 설비도 출력

TGIS를 이용하여 해당 설비도를 원하는 축척으로 출력 가능하다.



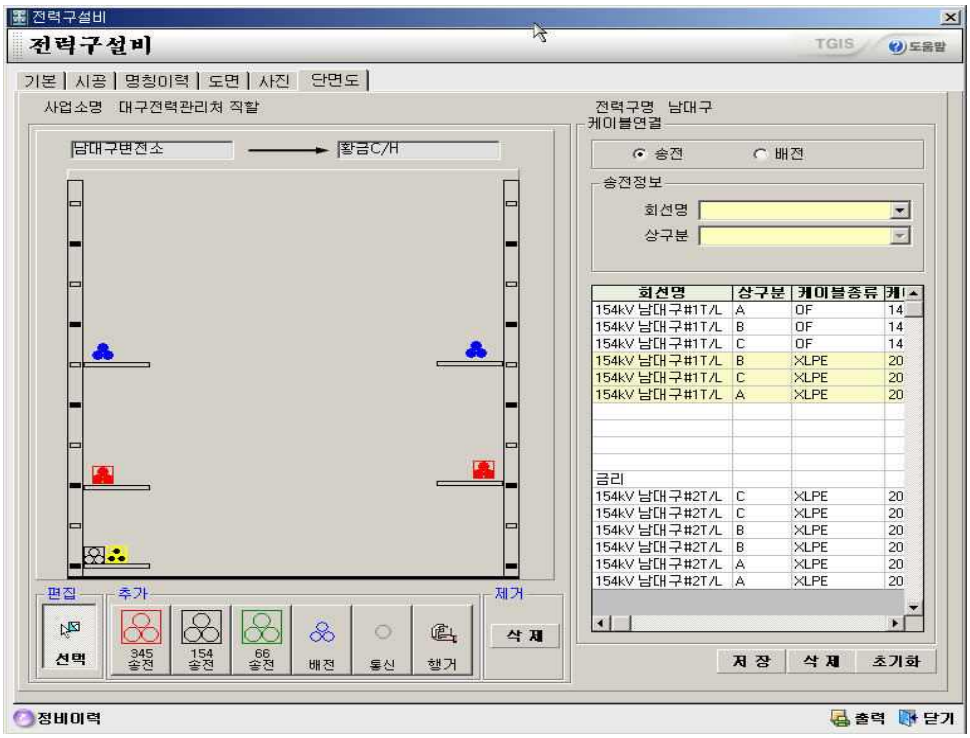
[그림 4-10] TGIS의 설비도 출력화면

(3) 송전설비 속성 정보 관리

(가) 속성정보 입력

[그림 4-11] TGIS 전력구/전력구 부속설비, 회선/케이블부속설비 속성 입력화면

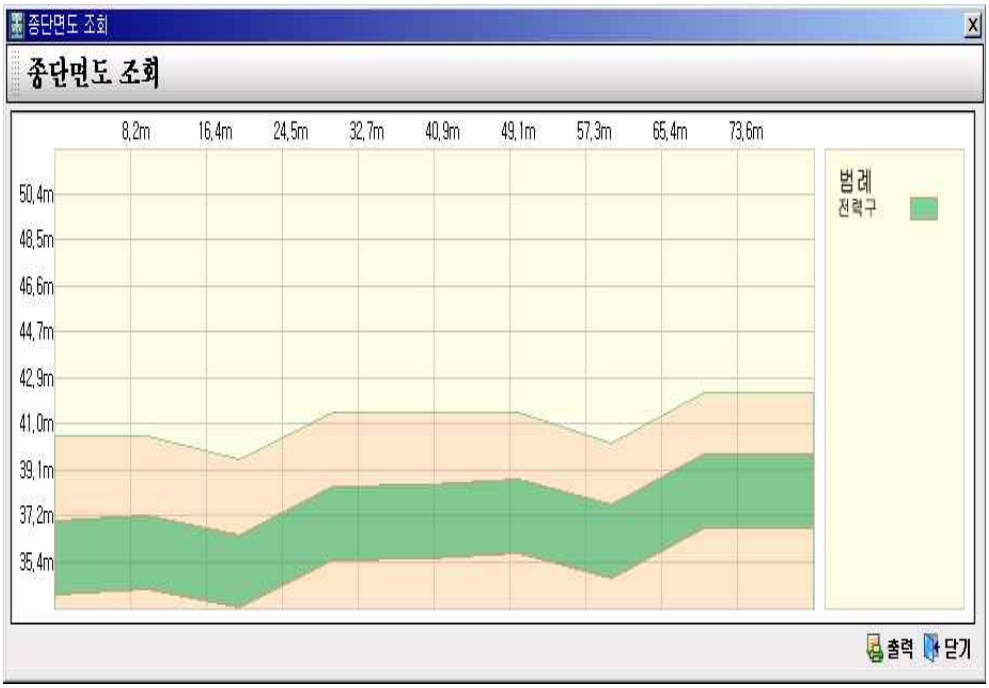
(나) 속성정보 검색



[그림 4-12] TGIS의 전력구 설비 속성정보 검색 화면

(다) 종단면도 조회

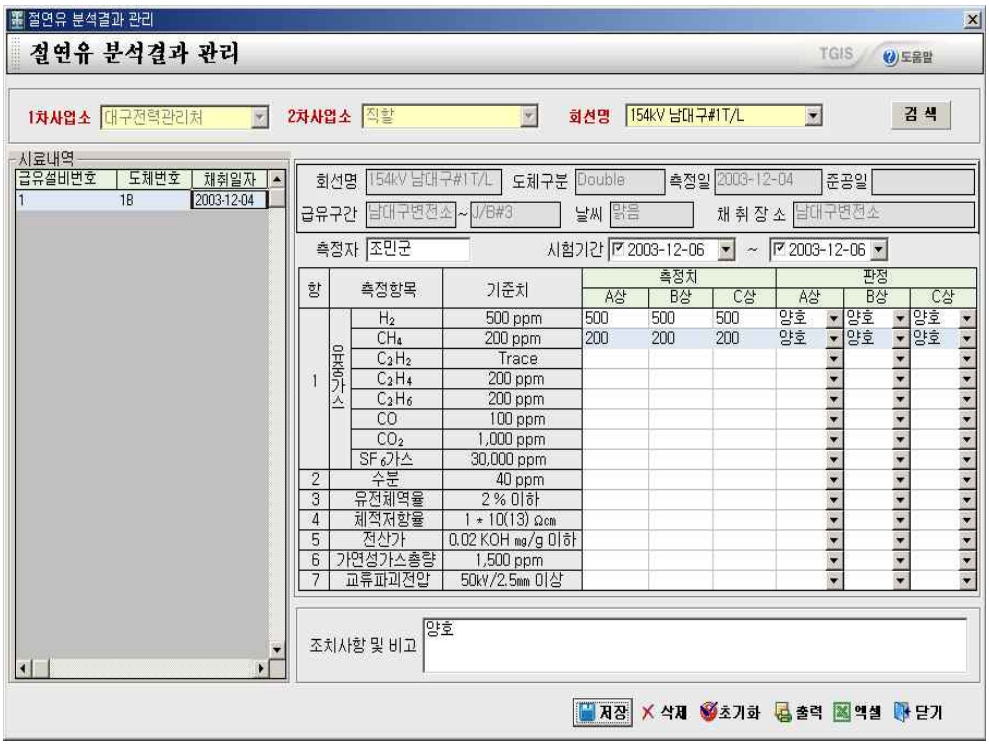
전력구, 관로의 위치 및 심도를 이용하여 종단면도 검색한다.



[그림 4-13] TGIS의 종단도면

(라) 절연유 분석결과 입력

TGIS의 절연유 분석 결과관리 화면이다.



[그림 4-14] TGIS의 절연유 분석결과 관리화면

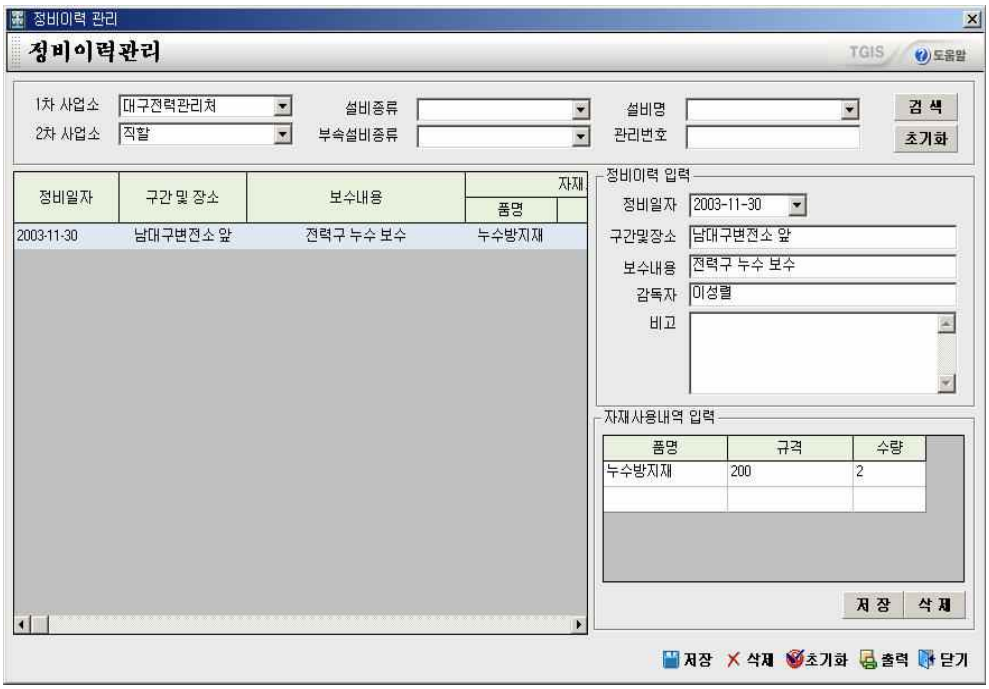
(4) 송전설비 점검 관리

(가) 접속함 점검기록 관리

접속함 점검기록을 관리하는 화면이다.

[그림 4-15] TGIS의 접속함 점검기록 관리화면

(나) 정비이력관리

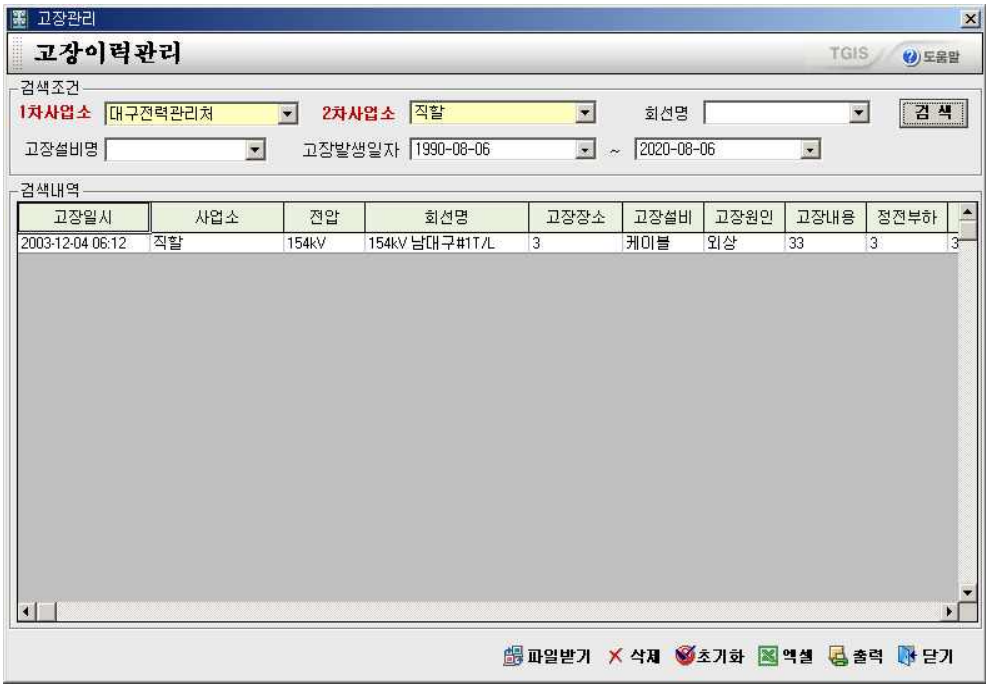


[그림 4-16] TGIS의 정비이력을 관리하는 시스템

TGIS 에서 정비결과를 관리하는 화면이다.

(다) 고장이력관리

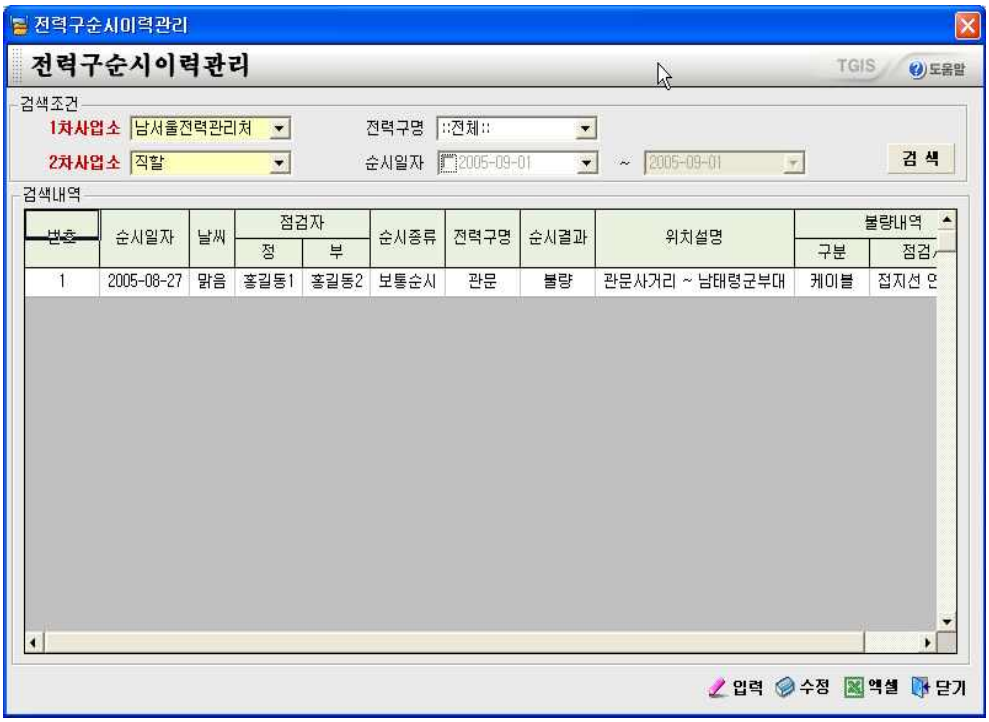
TGIS 를 사용하여 고장이력을 관리하는 화면이다.



[그림 4-17] TGIS의 고장이력 관리화면

(5) 설비운영관리

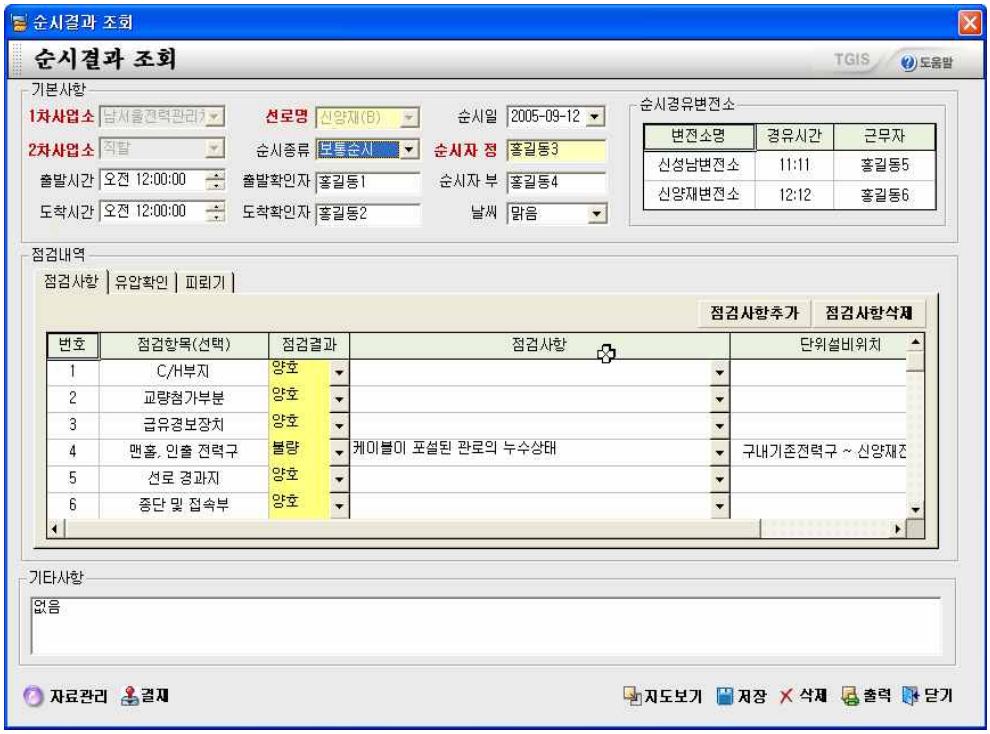
(가) 전력구 순시결과 관리



[그림 4-18] TGIS의 전력구 순시이력 관리화면

(나) 지중선로 순시결과 관리

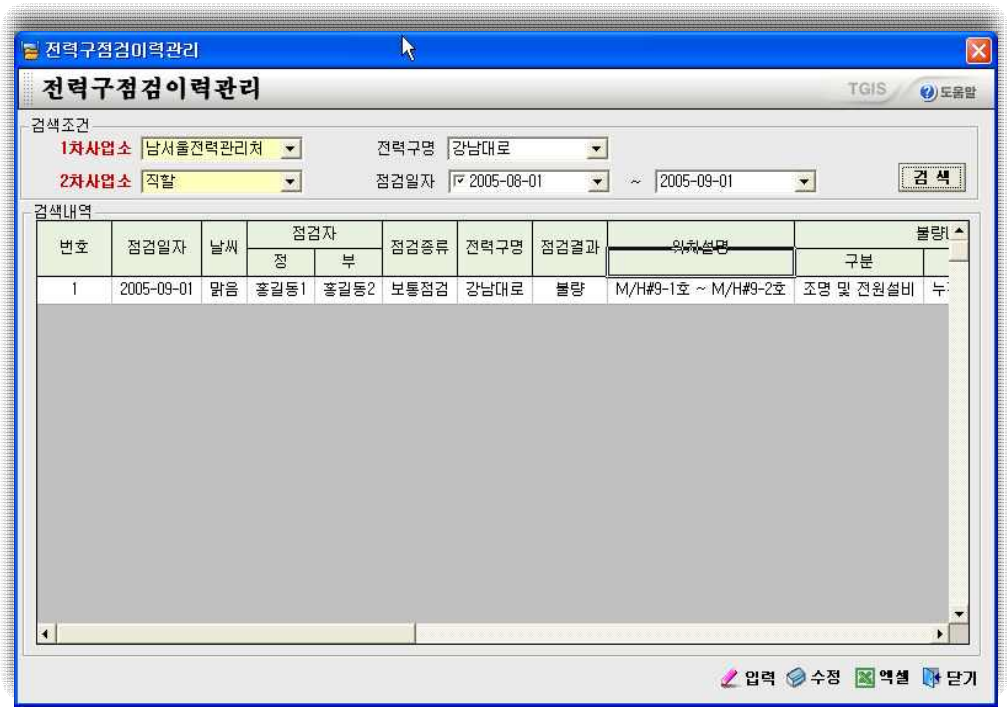
선로별 순시결과를 일자별로 입력 한다



[그림 4-19] TGIS의 지중선로 순시결과 조회화면

(다) 전력구 점검이력 관리

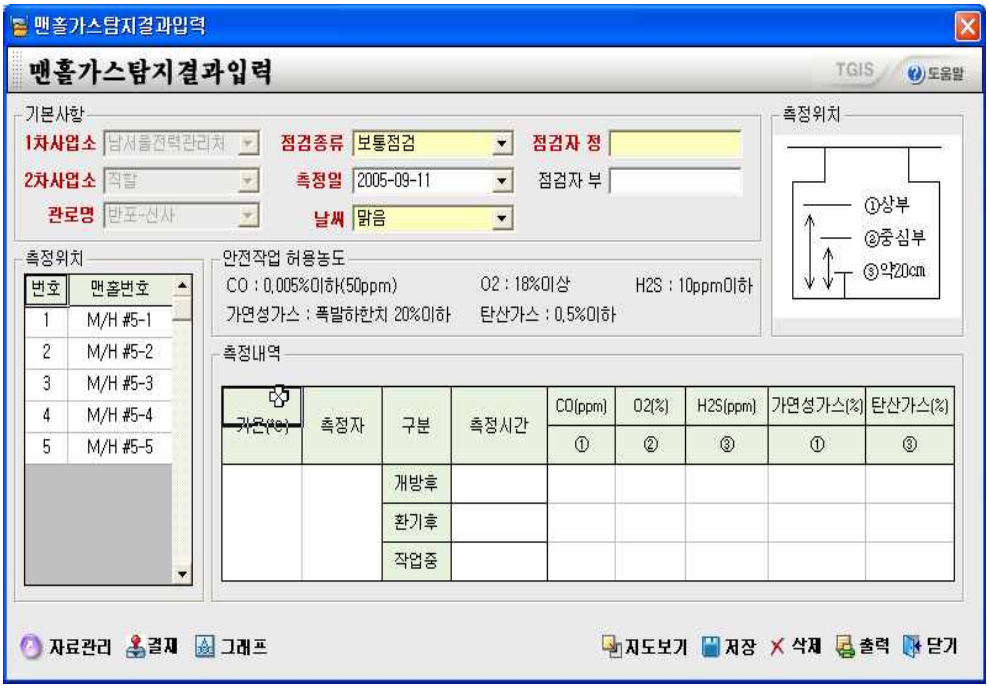
전력구 점검이력을 관리하는 화면(관로, 맨홀은 동일방법으로 수행)



[그림 4-20] TGIS의 전력구 점검이력 관리화면

(라) 맨홀가스탐지 결과관리

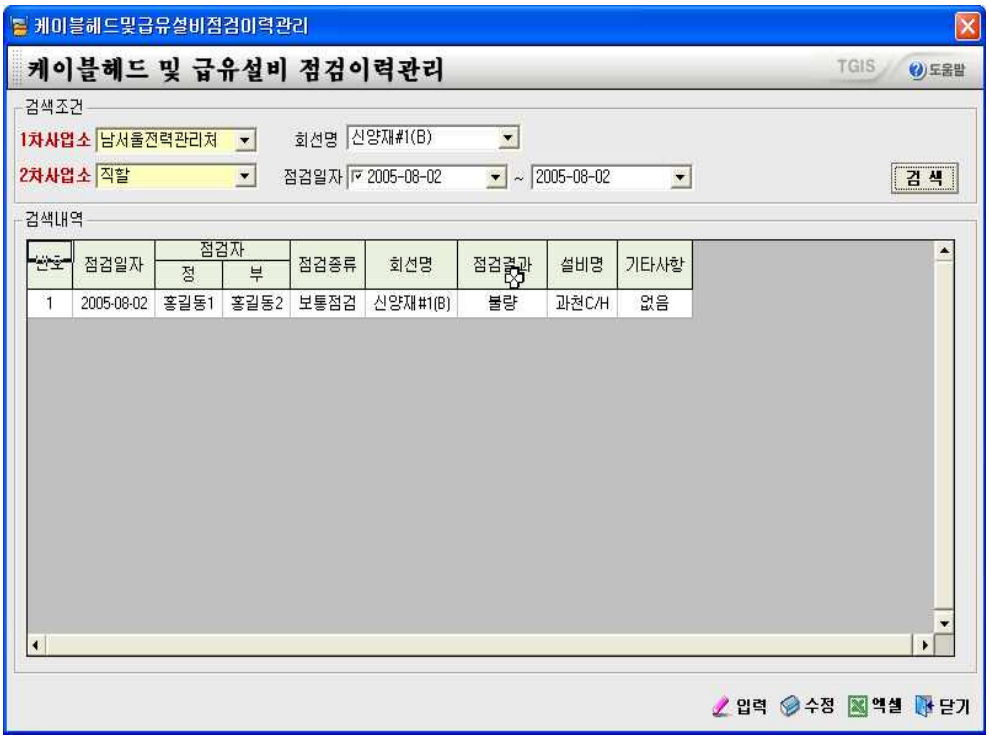
맨홀별 가스탐지결과를 입력 관리하는 화면



[그림 4-21] TGIS의 맨홀가스탐지 결과관리화면

(마) 케이블헤드 및 급유설비 점검이력관리

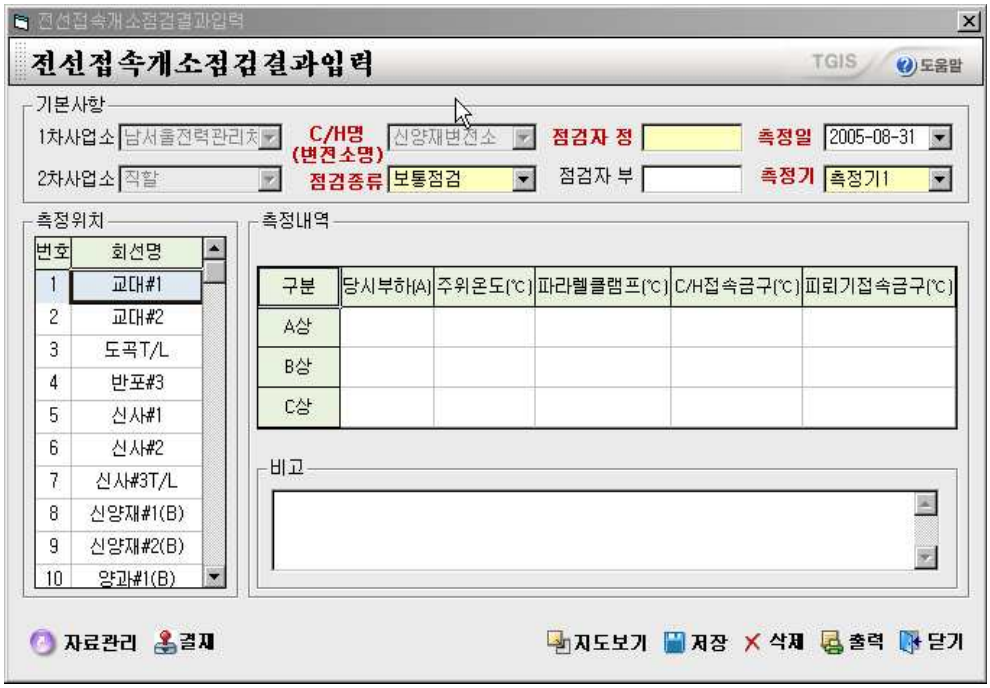
케이블헤드 및 급유설비 점검이력 관리하는 화면



[그림 4-22] TGIS의 케이블 헤드 및 급유설비 점검이력 관리화면

(바) 전선접속개소점검이력관리

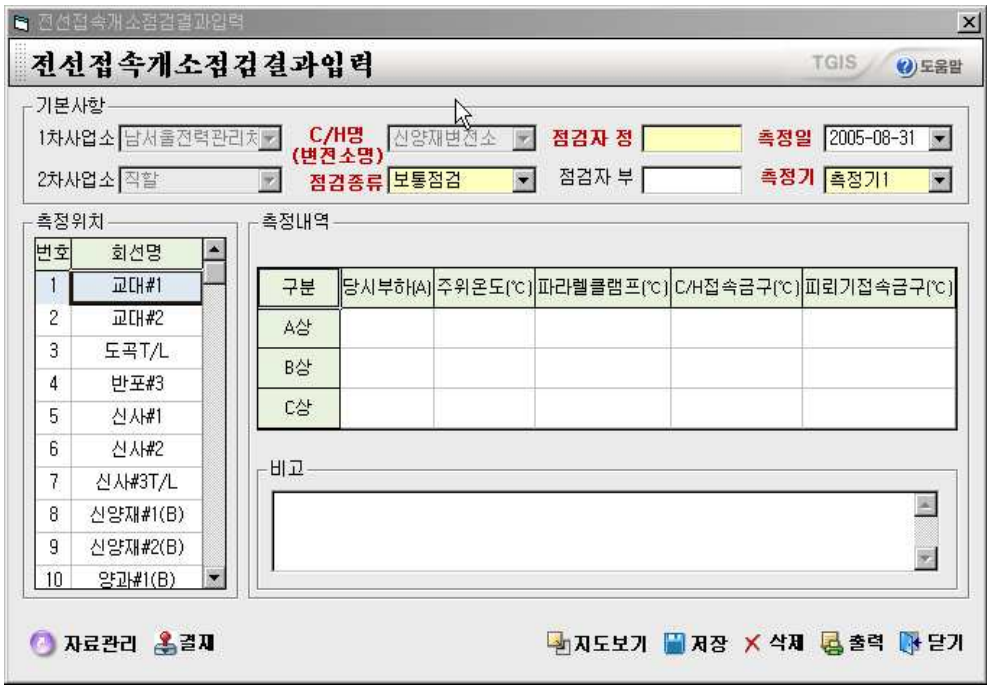
전선접속개소를 점검한 후 결과를 입력한다.



[그림 4-23] TGIS의 전선접속개소 점검이력 관리화면

(사) 전선접속개소점검이력관리

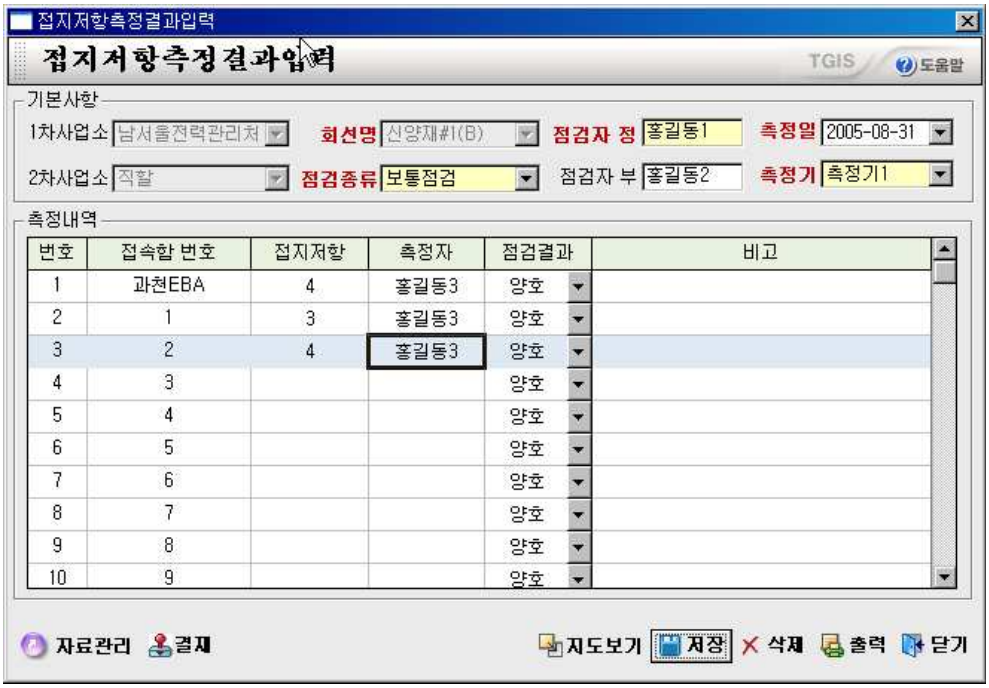
전선접속개소를 점검한 후 결과를 입력한다.



[그림 4-24] TGIS의 전선 접속개소 점검결과 입력화면

(아) 접지저항측정결과 관리

접지저항을 측정하여 결과를 관리하는 화면



[그림 4-25] TGIS의 접지저항 측정결과 관리화면

학습 4 교수·학습 방법

교수 방법

- TGIS의 필요성과 수치지도, 좌표체계를 설명한다.
- TGIS시스템 프로그램 매뉴얼을 확인하고 사용법을 설명한다.
- TGIS 시스템을 이용하여 송전선로 유지보수 이력관리의 수행 방법을 설명한다.
- TGIS 시스템을 이용하여 송전선로 공사관리의 업무수행 방법을 설명한다.
- 가공송전설비와 지중송전설비의 구성, 특성을 파악하도록 한다.
- TGIS 시스템의 이상상황 발생 시 조치 방법을 설명한다.

학습 방법

- TGIS의 필요성과 수치지도, 좌표체계에 대하여 학습한다.
- TGIS시스템 프로그램 매뉴얼을 확인하고 사용법을 숙지한다.
- TGIS 시스템을 이용하여 송전선로 유지보수 이력관리의 수행 방법을 숙지한다.
- TGIS 시스템을 이용하여 송전선로 공사관리의 업무수행 방법을 숙지한다.
- 가공송전설비와 지중송전설비의 구성, 특성을 파악하여 TGIS시스템 프로그램과의 관련성과 호환성에 대하여 검토하고 발표한다.
- TGIS 시스템의 이상상황 발생 시 조치 방법을 학습한다.

학습 4 평 가

평가 준거

- 평가자는 학습자가 수행 준거 및 평가 내용에 제시되어 있는 내용을 성공적으로 수행하였는지를 평가해야 한다.

학습 내용	평가 항목	성취수준 상	중	하
TGIS의 구성 및 운영	- TGIS의 필요성과 수치지도, 좌표체계를 확인할 수 있다.			
	- TGIS시스템 프로그램 매뉴얼을 확인하고 운영할 수 있다.			
	- TGIS 시스템을 이용하여 송전선로 유지보수 이력관리를 수행할 수 있다.			
	- TGIS 시스템을 이용하여 송전선로 공사관리 업무를 수행할 수 있다.			
	- TGIS 시스템의 이상상황 발생 시 조치할 수 있다.			

평가 방법

- 문제 해결 시나리오

학습 내용	평가 항목	성취수준 상	중	하
TGIS의 구성 및 운영	- TGIS의 필요성과 수치지도, 좌표체계확인 및 운영 이해 능력			
	- TGIS시스템 프로그램 매뉴얼을 확인 및 운영 이해 능력			

- 서술형시험

학습 내용	평가 항목	성취수준 상	중	하
TGIS의 구성 및 운영	- TGIS의 필요성과 수치지도, 좌표체계 이해 정도			
	- TGIS 시스템을 이용하여 송전선로 유지보수 이력관리수행 능력 정도.			
	- TGIS 시스템을 이용하여 송전선로 공사관리 업무를 수행 능력 정도			

• 사례연구

학습 내용	평가 항목	성취수준 상	중	하
TGIS의 구성 및 운영	- 조별 활동을 통한 GIS의 필요성과 수치지도, 좌표체계 검토			
	- 조별 활동을 통한 TGIS시스템 프로그램 매뉴얼 검토 및 실습			
	- 조별 활동을 통한 TGIS 시스템의 이상상황 발생 시 조치 검토			

피 드 백

1. 문제 해결 시나리오
   - TGIS의 이해 및 활용능력이 "하"에 해당되는 경우 샘플시나리오를 3개 이상 활용한 레포트제출을 요구한다.
2.서술형시험
   - TGIS 운영에서 서술형 시험의 각 항목의 성취도가 "하"에 해당되면 재시험을 부과한다.
3. 사례연구
   - 각 조별 사례연구 결과 발표와 상호 토의를 통해 습득한 지식을 교류하도록 한다.

학습 1	설비보강계획 수립하기 (LM1901030203_14v2.1)
학습 2	송전설비 순시점검하기(LM1901030203_14v2.2)
학습 3	송전설비 감시시스템 운영하기(LM1901030203_14v2.3)
학습 4	송변전 지리정보시스템 운영하기(LM1901030203_14v2.4)

학습 5 고장복구체계 수립하기 (LM1901030203_14v2.5)

5-1. 송전계통 고장복구체계 수립

학습 목표

- 고장발생 시 계전기 동작사항을 분석하고 순시를 통하여 고장위치와 고장내용을 파악할 수 있다.
- 응급조치, 임시복구, 긴급복구를 구분하여 설비고장 발생 시 조치할 수 있다.
- 송전설비 피해보고와 복구계획에 대해 내용을 확인할 수 있다.
- 설비고장 시 응급조치와 복구대응절차서를 활용할 수 있다.

필요 지식

[1] 보호계전기 관련 지식

1. 보호계전기 번호와 발생조건에 대한 지식

송전계통은 전 국토에 걸쳐 가공 및 지중송전선로로 구성되어 있으므로 자연환경에 노출되어 있어 태풍, 낙뢰, 이상 고온, 빙설해 등 자연조건에 의한 손상을 받을 수 있으며, 또한 과부하나 기기의 열화로 인한 절연의 파괴 등으로 인해 전력설비의 손상을 초래할 수 있으므로 송전계통의 열적, 전기적, 기계적 특성을 초과하는 외란이 발생하는 경우 적합한 보호계전시스템에 의해 고장 구간을 신속하게 분리하여 건전한 송전이 계속될 수 있도록 보호되어야 한다.

(1) 보호계전기 번호

다양한 보호계전기를 실무에서 활용하는 편의를 위해 다음과 같이 국제공통으로 번호를 적용하고 있다. 송전계통의 보호에 적용되는 보호계전기만을 요약하고 나머지는 부록을 참조토록 한다.

<표 5-1> 국제자동제어 번호체계

기구번호	명 칭	설 명
7	조정개폐기	기기를 조작 조정하는 것
7-24LR	ULTC용 Tap 조정개폐기	
7-24PC	P.C용 Tap 조정개폐기	
7-55	자동역률조정기용 조정개폐기	
8	제어전원개폐기	제어전원을 개폐하는 것
8A	교류제어전원 개폐기	
8C	공동제어전원 개폐기	
8D	직류제어전원 개폐기	
	계전기전원 개폐기	
21	거리계전기(미국, 영국)	단락 또는 지락거리계전기
21S	단락거리계전기	
21G	지락거리계전기	
24	Tap 절환장치	전기기기의 Tap을 절환하는 것
24LR	ULTC 전압조정용	
24PC	PC 전압조정용	
25	동기검출장치	교류회로의 동기를 검출함
26	정지기 온도계전기	변압기등 정지기의 온도에 의해 동작
26T	변압기용 온도계전기	
26LR	ULTC용 온도계전기	
27	교류 부족전압 계전기	교류전압이 부족할 때 동작함
43	제어회로 전환개폐기	제어회로를 자동 또는 수동으로 전환함
43-25	동기검출회로 전환개폐기	
43-79	재패로방식 전환개폐기	
43-87	모선보호용 전환개폐기	
43A	자동수동 전환개폐기	
43C	반송장치 전환개폐기	
43P	PT회로 전환개폐기	
43R	원방제어 전환개폐기	
44	거리계전기(일본)	
44G	지락거리계전기	
44S	단락거리계전기	
	Sequence Starting Relay(미국)	
46	역상 또는 불평형계전기	역상 또는 불평형전류에 동작하는 것
47	결상 또는 역상전압계전기	결상 또는 역상시에 동작함
47A	공기압축기용 Relay	
47F	변압기 냉각 Fan용	
47T	차단기 결상 Timer	
50	단락, 지락 선택계전기	단락, 지락회로를 선택하는 것
50G	지락 선택계전기	
50S	단락 선택계전기	
51	교류과전류 계전기	과전류에 동작하는 것
51G	지락과전류 계전기	
51N	중성점 O.C.R	
51P	MTr 1차 OCR	
51S	MTr 2차 OCR	

기호	명 칭	설 명
52 52C 52T 52H 52P 52S 52K	교류차단기 차단기 Closing Coil 차단기 Trip Coil 소내용 차단기 MTr 1차 차단기 MTr 2차 차단기 MTr 3차 차단기	교류회로를 차단하는 것
55	역률계전기 또는 조정기	무효전력이나 역률을 조정함
56 56S	동기탈조검출계전기(일본) 자동여자조정기(미국) 동기기 탈조검출 계전기	
61 61C	전류평형 계전기 콘덴서 고장검출 전류 Relay	2회로의 전류차로 동작하는 것
62	정지 또는 폐로지연용 계전기	
63 63A 63N	압력계전기 공기압력 계전기 질소압력 계전기	유체의 압력에 의해 동작함
67 67G	지락방향 또는 전력방향계전기 지락방향계전기	교류회로의 전력, 지락방향에 따라 동작함
68	탈조저지 계전기(미국)	동기탈조시 회로동작을 저지함
78 78G 78S	반송보호 위상비교 계전기 지락위방비교 계전기 단락위상비교 계전기	전류의 위상차를 반송파로 비교 동작하는 것
79 79TI 79T2 79T3	교류재폐로 계전기 재폐로준비용 Timer 재폐무압시간용 Timer 재폐로확인용 Timer	교류회로 재폐로를 제어함
87 87B 87G 87T	전류차동계전기 모선보호 차동계전기 발전기용 차동계전기 주변압기 차동계전기	단락 또는 지락 차전류에 의해 동작하는 것
88 88A 88F 88H	보조기용 접촉기 공기압축기용 개폐기 Fan용 개폐기 Heater용 개폐기	전동장치의 운전용 개폐기
95 95H 95L	주파수계전기 고정정 주파수계전기 저정정 주파수계전기	
96 96-1 96-2 96P	정지기 내부고장 검출장치 Bucholzz 경보계전기 Bucholzz Trip 계전기 순시압력 계전기	변압기 등의 내부고장을 기계적으로 검출하는 것

(2) 송전계통의 보호계전방식

(가) 154kV 송전선로 보호방식

일반적으로 154 kV 송전선로의 보호방식은 양단자 모두 캐리어방식과 단계한시 거리계전방식, 또는 전류차동방식(PCM)과 단계한시 거리계전방식을 조합해서 사용하며 협조 관계상 동일 제작사의 동일 형식의 보호계전기를 사용한다.

<표 5-2> 154 kV 환상망(loop) 계통송전선로 보호방식

피보호선로 구성		전송로	보 호 방 식
가공선로	표준 A	광	• 주 보 호 : 전류차동방식 • 후비보호 : 3단계 한시 거리계전방식
	표준 B	광	• 주 보 호 : 방향비교방식 • 후비보호 : 3단계 한시 거리계전방식
지중, 가공 복합선로		광	• 주 보 호 : 전류차동방식 • 후비보호 : 3단계 한시 거리계전방식
단거리 선로		광	• 주 보 호 : 전류차동방식(2계열) • 후비보호 : 3단계 한시 거리계전방식
자동재폐로			• 가공선로 : 적용 • 지중선로 : 적용 않음 • 복합선로 : 지중구간 30% 미만시 기능구비

차단방식은 3상 차단방식을 적용하므로 1상 지락, 2상 단·지락 및 3상 단락 등 고장 유형에 관계없이 3상 차단된다. 따라서 자동재폐로는 3상 재폐로를 사용하며 양단의 동기검정이 반드시 필요하다.

(나) 345kV 송전계통 표준보호방식

1) 345kV 송전계통의 보호는 보호범위를 중첩하고, 보호계전방식을 2계열화하여 각각에 주보호 및 후비보호를 적용하고, 차단기 트립코일 및 계전기용 CT를 2계열화하고, 보호계전기용 CT를 전용 사용함으로써 동작의 신뢰성을 보호하고 있다.

2) 송전선의 보호는 345kV 인출단의 변전소 모선 형태에도 불구하고 양 차단기에서 인출되는 것을 원칙으로 하고 있으며, 송전선의 보호방식은 2계열로 구성하고, 각각 주보호(주1, 주2)와 후비보호(후1, 후2)를 구비한다. 차단기의 트립코일과 보호계전기용 변류기는 2계열화하고 선로보호 및 계기용 변성기를 선로 측에 설치하여 사용한다.

<표 5-3> 345kV 송전계통 표준보호방식

계열	주보호	후비보호	비고
1계열 (Primary)	전력선반송 방향비교 (단락, 지락 공통)	단락시:단락거리계전기 지락시:지락거리계전기	3ϕ (24Hz) 1ϕ (48Hz) 3ϕ + 1ϕ
2계열 (Secondary)	전력선반송 전송차단 (단락, 지락 공통)	단락시:단락거리계전기 지락시:지락거리계전기	

3) 345kV 모선보호는 1.5차단방식으로 구성될 때에만 적용하고 Ring 모선은 원칙적으로 적용하지 않으며 #1, #2 각 모선에 대해 다음과 같이 2계열로 보호된다.

<표 5-4> 345kV 모선 표준보호방식

계열	주보호	후비보호	비고
1계열 (Primary)	전압차동방식 (단락, 지락 공통)		AND 조건으로 오동작 방지
2계열 (Secondary)	전압차동방식 (단락, 지락 공통)		

4) 345kV 변압기는 345kV/154kV/23kV 3ϕ 변압기 또는 1ϕ변압기 3대를 결선하여 사용하고 있으며, 보호방식은 다음과 같이 구성된다. 2대의 변압기가 병렬운전되는 경우에도 동일한 보호방식을 적용하며, 345kV 측이 양 CB방식으로 연결되는 경우 보호계전기용 345kV 측 변류기는 양 CB에 각각 설치되어 독립된 계전기에 연결된다. 주보호용 비율차동계전기는 4권선형을 사용한다.

<표 5-5> 345kV 변압기 표준보호방식

주보호	후비보호			
	구분	1차	2차	3차
전류 비율차동계전기 (단락, 지락 공통)	단락	2단계 DZR	2단계 DZR	OCR
	지락	DOCGR	DOCGR	OCGR

5) 345kV 차단기는 모선형태에 상관없이 다음의 차단실패 보호방식을 사용한다. 차단실패 보호방식은 Local Back-up 방식을 적용하며, 각 차단기에는 자동재폐로방식을 채택하여 3상, 단상, 단상+3상에 대해 고속도 1회 재폐로를 적용하고 있다.

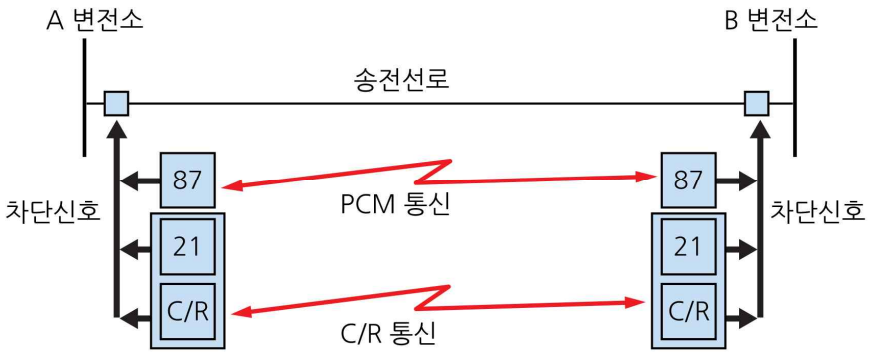
<표 5-6> 차단실패 보호방식

피보호설비	적용계전방식	비고
345kV 차단기	Local Back-up 방식 차단기 트립용 주계전기 동작조건에서 과전류계전기+Timer -> trip ① local trip(인근 차단기) ② Remote trip	송전선 제2 주보호용 전송회로 이용

2. 계전기 동작상태에 따른 고장종류 판별에 대한 지식

(1) 송전계통에 발생하는 고장과 보호계전기 동작

송전선로에 고장이 발생한 경우 보호계전기가 동작하여 선로의 차단기를 작동하여 고장 선로를 계통에서 분리한다. 그러나 주보호를 맡은 계전기가 동작하지 않는 경우(부동작)에는 후비보호계전기가 동작하며, 고장범위가 확대될 수 있다. 간혹 동작조건이 성립하지 않은 경우에 보호계전기가 동작(오동작)하는 경우가 있기도 하므로, 송전계통의 고장시 판단과 조치는 보호계전방식의 이해를 배경으로 한 보호계전기 Target의 동작과 차단기 동작상황을 종합적으로 판단하는 능력이 요구된다.



[그림 5-1] 송전선로의 보호방식과 통신선로의 역할

<표 5-7> 송전계통 고장과 보호계전기 동작

고장 종류	계전기		차단기	통신
1선지락	주보호	전류차동계전기(87)	해상 상의 차단기	해당 통신장치의 Announciator
	후비보호	거리계전기(21) 또는 OCR, OCGR		
3상단락	주보호	전류차동계전기(87)	해상 상의 차단기	해당 통신장치의 Announciator
	후비보호	거리계전기(21) 또는 OCR, OCGR		
선간단락	주보호	전류차동계전기(87)	해상 상의 차단기	해당 통신장치의 Announciator
	후비보호	거리계전기(21) 또는 OCR, OCGR		

3. 보호계전기 동작특성에 대한 지식

(1) 송전계통에 사용되는 보호계전기

(가) 전류차동계전기(Differential Current Realy : DCR)

보호설비에 유입되는 총 전류와 유출되는 총 전류간의 차이가 일정치 이상으로 되면 동작하는 계전기

(나) 거리계전기(Distance Realy)

전압과 전류의 비가 일정치 이하인 경우에 동작하는 계전기이다. 실제로 전압과 전류의 비는 전기적인 거리, 즉 임피던스를 나타내므로 거리계전기라는 명칭을 사용하며 송전선의 경우는 선로의 길이가 전기적인 길이에 비례하므로 이 계전기를 사용 용이하게 보호할 수 있게 된다. 거리계전기에는 동작특성에 따라 임피던스형, 모우(MHO)형, 리액턴스형, 오옴(OHM)형, 오프셑모우(off set mho)형 등이 있다.

- 임피던스(Impedance)형 거리계전기 : 계전기 설치점에서 측정된 전압과 전류의 절대치 크기만의 비가 일정치 이하일 때 통작하는 거리계전기로 방향특성을 갖지 못하며 임피던스의 절대치 크기에 따라 응동한다.
- 모우(MHO)형 거리계전기 : 방향특성을 갖는 거리계전기로 모우(MHO)라는 명칭

의 의미는 동작원리에서 볼 때 임피던스(단위 : ohm)의 역수 즉 어드미턴스(admittance : 단위 mho)의 일정각도에 대한 성분의 크기가 일정치 이상인 경우 동작하는 계전기이므로 부쳐진 이름이며 동작한계는 일반적으로 다음식과 같다. (1/Z)*cos($\psi-\theta$)≥K 여기서 Z는 측정된 임피던스, ψ는 전압, 전류간의 위상각, θ는 계전기 고유각도

- 리액턴스(Reactance)형 거리계전기 : 측정된 임피던스 중 리액턴스 성분의 크기가 일정치 이하일 때 동작하는 거리계전기로 방향성을 갖지 못하나 저항분의 크기와는 무관하여 사고점의 Arc 저항으로 인한 거리측정 오차가 없는 계전기이다.
- 오옴(OHM)형 거리계전기 : 모우(MHO)형 거리계전기와는 반대로 측정된 임피던스의 일정각도에 대한 성분의 크기가 일정치 이하로 된 경우 동작하는 계전기를 말하며 동작한계는 일반적으로 다음식과 같다. Z*cos($\psi-\theta$)≤1/K 여기서 Z는 측정된 임피던스, ψ는 전압, 전류간의 위상각, θ는 계전기 고유각도
- 오프셋모우(off set MHO)형 거리계전기 : 모우(MHO)형 거리계전기의 동작특성은 원점을 지나는 원으로 표시되나 약간씩 전후방향으로 off set된 원특성을 갖는 거리계전기를 말하며 주로 후방으로 off set된 것을 많이 사용한다.

(다) 표시선계전기(Pilot Wire Relay)

송전선로의 주보호(主保護)용으로 주로 사용하는 계전기로서 송전선 양단에 설치된 CT의 전류를 표시선(Pilot Wire)이라 하는 계전기 특성에 맞도록 고려된 통신선을 통하여 서로 비교하여 보호구간내의 사고 시에는 계전기 양부에 있는 동작코일에 전류가 흐르게 하여 동작토록 하고 부하전류나 외부사고 시는 계전기 내부 제어코일에만 전류가 흐르게 하여 동작치 못하도록 한 계전기이다. 이 계전기의 특징은 계전기 동작특성 자체가 비교특성으로 제어코일에 흐르는 전류와 동작코일에 흐르는 전류의 크기가 일정비율(약15%)이상에서 동작하게 되어 CT 오차에 의한 오동작을 방지하도록 되어 있고 동작특성이 표시선의 저항값 및 정전용량에 많은 영향을 받게 되므로 표시선의 최대 사용 긍장이 길게 되면 표시선 시설로 인한 경비문제로 5~12km와 같은 단거리 선로보호에 많이 사용된다.

(라) 표시선감시계전기(Pilot Wire Monitoring Relay)

표시선계전기와 조합 사용되는 표시선의 사고를 감시하여 표시선 사고 시에는 적절한 조치를 하도록 하는데 사용되는 계전기이며 일반적으로 송신측(sending side)과 수신측(receiving side)으로 구분되어 있다. 본 계전기의 동작원리는 평상시 표시선에 일정한 직류전류를 순환시키고 있다가 단선이나 단락사고 시는 직류 순환전류가 영(zero) 또는 증가하는 현상과 표시선 지락사고 시는 직류전원의 접지단자로 전류가 흐르는 원리를 이용하여 직류 저전류 검출계전기를 동작시켜 경보를

내도록 한다. 한편 최근의 표시선 감시계전기는 직류전류의 통로에 다이오드(diode)를 설치하고 표시선 극성의 오결선 시에 직류전류의 흐름을 저지 경보하여 표시선 오결선에 의한 표시선계전기의 오동작을 사전에 방지토록 한다.

(마) 수신계전기(Receiving Relay)

보호 목적을 달성하기 위하여 보호배전반 또는 어떤 회로의 감시 및 제어를 위한 특정 신호를 주고받는 경우에 신호를 받는 쪽 계전기를 수신계전기라 하며 적용 예로서는 반송보호배전반의 반송신호 수신계전기(Carrier Signal Receiving Relay)가 속한다. 수신계전기는 특정신호를 받아 제어기능을 충분히 수행하여야 하므로 동작 신호도 관계상 대부분 고속도 동작 및 고속도 복귀특성이 요구되며 이러한 요구특성을 만족시키기 위해서 전자형(電磁形)계전기에서는 유극형(有極形)을 많이 사용한다.

(바) 송신계전기(Sending Relay)

수신계전기와 반대되는 역할을 수행하는 계전기이며 적용 예로서는 방향비교 반송계전방식 배전반의 Carrier 신호 송출용 외부방향 거리계전기 등이 속하는데 이러한 송신계전기도 고속도 동작이 요구되므로 실제 적용시는 별도 고려를 하여야 한다.

수행 내용 / 송전계통 고장복구체계 수립하기

재료·자료

- 긴급복구업무편람, 급전운영업무 절차서, 송전계통도, 인쇄용지 등

기기(장비·공구)

- 기타 : 컴퓨터 및 주변장치 등

안전·유의 사항

- 실습이 끝난 다음 컴퓨터 및 장비들의 전원이 OFF 되었는지를 확인한다.
- 실습장을 퇴실한 다음 잠금 장치를 확인한다.

수행 순서

1 설비고장 시 응급조치 및 복구대응절차를 숙지한다.

전기설비의 고장 원인은 자연재해, 제작 및 시공상의 불량, 인적 실수 및 기타 외부요인으로 구분되며, 평소에는 고장 예방에 주력해야 하지만 고장발생시에는 고장상황을 인지하고 신속히 대응하여 정상상태로 복구할 수 있도록 한다. 여기서는 고장 시 대응하기 위한 고장 복구 체계에 대해 학습한다.

1. 급전상의 응급조치

(1) 전원송전선로 고장시

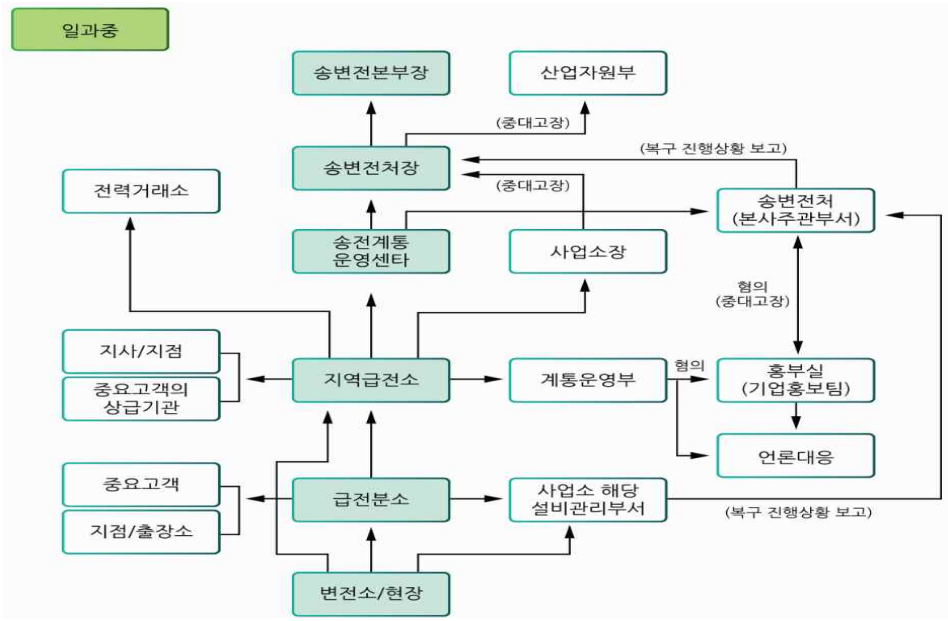
전원측 송전선로가 차단되어 변전소가 무압이 된 경우 전력시장 운영규칙(별표 3 전력계통 운영기준)의 6.0 시송전선로 및 황색차단기 지정기준 및 7.0 계통복구시 조작기준에 따라 송전선로 복구조작을 수행한다.

(2) 단일 송전선로 고장 시

송전선로 상의 기상조건, 경과지 상황, 조류상황, 계전기 동작설정상황, 작업 유무 등을 판단하여 신속한 복구 조작을 할 수 있도록 평소 대응절차를 숙지한다.

2. 고장 시 보고 체계

송변전 고장 시에는 미리 지정된 보고 계통을 따라 신속히 보고한다. 그림 5-2는 복구체계의 한 사례이다. 고장 보고 시에는 고장의 개요(발생일시, 장소, 고장설비, 고장원인), 정전사항, 조치사항, 기기 조작기사, 보호계전기 동작내용, 관련 계통도 등을 구비해서 보고한다.



[그림 5-2] 고장복구체계 사례

2 고장발생시 계전기동작사항을 분석하고, 고장상황을 파악한다.

1. 기상상황, 선로주변여건, 작업유무 등의 송전선로 상황과 보호계전기의 동작 유형에 따라 고장의 상황을 분석하고 신속히 대응한다.

2. 보호계전기는 해당 송전선로의 주보호방식과 후비보호방식에 사용되는 보호계전시스템의 특성을 파악한 위에 보호계전기 동작상황을 맵핑하여 단락, 지락, 단선 등의 고장 종류를 신속 정확하게 분석하도록 한다.

3 응급조치, 임시복구, 긴급복구를 수행한다.

송전계통의 고장 상황에 따라 응급조치를 수행한 후, 임시복구 및 긴급복구를 수행한다. (5-2절 참조)

5-2. 송전계통 고장의 복구계획 수립

학습 목표	• 응급조치 시 정전구역·시간 최소화를 위한 응급조치계획을 수립할 수 있다. • 임시복구 시 정전구역·시간을 고려하여 임시복구계획을 수립할 수 있다. • 긴급복구 시 공사설계, 발주, 입찰, 계약 및 공사기간을 고려하여 공정계획을 수립할 수 있다.

필요 지식

1 급전운영업무 절차 지식

자연재해 및 과부하 등으로 인하여 송전계통에 비상상황이 발생한 경우, 비상시 급전지시 절차를 숙지하고 관련 급전소의 급전지시에 따라 급전 조작 및 계통 복구 업무를 수행한다.

1. 계통조작

(1) 계통조작지시 기준

계통조작지시는 전력계통운영기준, 송전망에 주어진 물리적 상태를 고려하여 계통조작지시를 하여야 한다.

(2) 계통조작지시 종류

계통조작지시의 종류는 조작목적에 따라 자주조작, 1조작 1지시, 일괄조작 1지시, 1목적 조작지시 등이 있다.

2. 전력설비조작

(1) 전력거래소의 지시에 따라야 하는 설비조작

345kV 이상 송전망, 154kV 송전망, 20MW 이상 발전소 연계선로, 발전기출력을 조정하여야만 송전이 가능한 계통, 기타 전력거래소와 전기사업자가 합의한 중요 송전망, 제주지역의 송전망

(2) 송배전사업자의 위임조작사항

전력거래소가 운영하는 범위 이외의 전력계통은 전력거래소의 위임을 받은 송배전사업자가 운영할 수 있다. 단, 전기사업자는 전력설비의 조작일시, 조작내용 등을 기록 유지하여 전력거래소의 요구가 있을 때에는 즉시 그 내용을 제시하여야 한다.

(3) 계통연계 조작

병행송전선 및 연계계통의 투입은 동기검정장치에 의한 계통연계, 병행송전선로 1회선 운전 확인후 병행운전조작, 기타 연계가능한 경우로 판단될 경우 수동투입은 전력거래소의 지시에 따른다.

(4) 강행송전방향

고장 등으로 정전된 송전선로의 강행송전 방향은 송전단측에서 수전단측으로 하며 다음 각호를 원칙으로 한다.

(가) 345kV이상 송전계통은 신옥천변전소와 가까운 변전소를 송전단으로 하며 상대단 변전소를 수전단으로 한다.

(나) 154kV이하 송전계통은 345kV변전소를 송전단으로 하며 상대단 변전소를 수전단으로 한다.

(다) 발전소와 연계된 송전계통은 변전소를 송전단으로 하며 발전소를 수전단으로 한다.

(라) 말단계통에서 송, 수전단의 구분이 어려울 경우에는 전력을 공급하는 측을 송전단으로 한다.

(5) 송전선 등의 고장

(가) 방사상 부하공급 송전선로가 무전압이면 발, 변전소의 조작책임자는 제1차 강행송전을 한다. 다만, 그 결과가 불량한 경우에는 조작책임자의 판단으로 5분 경과 후 제2차 강행송전을 할 수 있다. 그 결과 또한 불량한 경우에는 선로순시를 실시하고 급전지시 계통에 순시 결과를 보고하고 즉시 고장복구 조치를 취하여야 한다.

(나) 주간선 및 연계 계통의 송전선로 고장시 차단된 송전선로가 가압 상태이면 계통연계조작을 하며 무전압상태이면 다음 각호와 같이 조작한다.

1) 송전단측 발, 변전소의 조작책임자는 제1차 강행송전을 하며 그 결과가 불량한 경우에는 급전지시 계통에 보고하고 급전지시에 따른다. 다만, 통신두절 등으로 인하여 급전지시 계통과의 연락이 5분이상 지연될 때에는 조작책임자의 판단으로 제2차 강행송전을 할 수 있다. 그 결과 또한 불량한 경우에는 자체에서 긴급고장 복구조치를 취함과 아울러 그 내용을 신속하게 급전지시 계통에 보고한다.

2) 수전단측 발, 변전소에서는 선로가 가압되면 계통연계조작을 한다. 다만, 선로의 가압이 5분이상 지연될 경우에는 급전지시계통의 지시에 따라 역방향으로 강행송전을 할 수 있다.

(다) 재폐로계전기가 설치되어 있는 선로에 있어서 자동재폐로 실패시의 제1차 강행송전은 발, 변전소 조작책임자의 판단으로 차단기의 동작책무를 고려하여 가능한 한 신속히 행한다.

(라) 선로의 전부 또는 일부가 지중화되어 있는 송전선로의 지중선측 고장으로 확인될 시에는 강행송전을 하지 아니함을 원칙으로 한다.

(마) 특수 기상조건이나 작업중인 선로고장시의 조작은 급전지시에 따라 다음 각호와 같이 행한다.

1) 폭풍우시 선로가 자동차단 된 경우에는 제2차 강행송전을 한 때로부터 15분 정

도 경과 후 제3차 강행송전을 할 수 있으며 그 결과가 불량한 경우에는 풍속의 약화등 기상조건을 고려하여 제4차 강행송전을 할 수 있다.

2) 폭설시 선로가 자동차단된 경우에는 약5분 정도 경과후 제1차 강행송전을 한다.

3) 농무나 염진해로 인한 고장이나 병행 2회선 또는 4회선 송전선로의 1회선 작업 도중에 건전선로에 고장이 발생한 경우에는 급전지시에 따라 강행송전 하는 것을 원칙으로 한다.

(6) 계통고장시 개폐기 조작

선로 및 기기 차단기의 전부 또는 일부가 차단되지 아니한 상태에서 전 모선이 정전되었을 때에는 그 차단되지 아니한 모든 차단기를 즉시 수동으로 개방하고 사전에 정해진 조작을 행한다.

(7) 방사상계통 변전소의 정전시 조작

(가) 수전측 선로가 가압되어 있으면 구내고장 유무를 확인한 후 즉시 모선에 수전하여 부하측에 공급한다.

(나) 수전측 선로가 무압이고 예비선로가 가압되어 있으면 수전측 차단기를 수동 개방하고 예비선로로 수전한 후 급전지시 계통에 보고한다.

(다) 모든 선로가 무압이면 주변압기 1차측을 제외한 모든 차단기를 수동 개방한 후 선로가 가압되는 즉시 모선에 수전하여 부하측에 공급한다.

(8) 변전소 구내 예비변압기 절체, 모선절체 등이 요구되는 고장 발생시 계통으로의 파급이 우려되지 않거나, 파급이 방지될 경우 조작

송전사업자의 운전원 책임하에 우선 조치하고 그 결과를 급전지시계통에 보고하여야 한다.

(9) 송전선 등의 고장시 조작

전력계통의 신속한 복구를 위해 전기사업자의 자체 판단에 의하여 조작할 수 있다.

2 긴급복구 업무편람 지식

- 비상연락체계 점검
- 고장위치 파악
- 휴전작업 운영기준
- 자재 및 장비 인력동원상태 점검
- 철탑도괴 대비 임시복구용 철주 조립 및 선로구성 훈련실시
- 고장구간 탐지 시스템
- 해저케이블 고장 시 복구

3 긴급복구 공정계획 수립 지식

수행 내용 / 송전계통 고장의 복구계획 수립하기

재료·자료

- 송전설계기준, 가공송전운영업무기준, 지중운영업무기준, 긴급복구 업무편람, 급전운영업무절차서, 시공품질점검표, 송변전 실무교재, 설비별 이력자료, 기기취급 설명서, 대관 인·허가 서류, 용지확보 관련서류, 경과지형도, 종단평면도, 철탑 설계도, 조립도, TGIS 운영 매뉴얼, 인쇄용지 등

기기(장비·공구)

- 운영프로그램 : 송변전지리정보시스템, 가공송전선로 감시시스템, 지중전력구감시시스템 등
- 점검 및 안전장비 : 개인용 안전장구세트, 검전기, 접지장치, 망원경, 열화상측정기, 무전기 등
- 기타 : 컴퓨터 및 주변장치 등

안전·유의 사항

- 실습이 끝난 다음 컴퓨터 및 장비들의 전원이 OFF 되었는지를 확인한다.
- 실습장을 퇴실한 다음 잠금 장치를 확인한다.

수행 순서

1 고장상황 및 대상설비의 상태판정과 보고를 한다.

1. 설비의 대상과 고장 상황에 따라 고장상태를 판정한다.

(1) 고장 종 → **피드백은**류

(가) 중대고장

1) 공급지장전력 3만kW 이상 10만kW 미만으로 정전시간 60분 이상의 설비고장. 단, 중요부하 지역은 30분 이상의 설비고장
2) 공급지장전력 10만kW 이상으로 정전시간이 10분 이상인 설비고장
3) 중앙일간지, TV 등에 보도 또는 보도 가능성이 있는 사고
4) 사회적 물의 발생이 우려되는 사고
5) 전력설비 화재사고 등 설비사고 및 재난
6) 시설붕괴, 천재지변 등에 의한 대규모 재산 손괴사고

(나) 보통고장

1) 중대고장 이외의 고장으로 공급지장전력이 있는 고장
2) 공급지장전력이 없는 고장으로 고장시간이 30분을 초과하는 고장
3) 공급지장전력이 없는 주요설비(철탑, 전선, 케이블, 변압기, 차단기)의 손상 고장
4) 동일설비(전선, 지지물 등)에 동일원인으로 인한 3회 이상의 순간고장
단, 산불 및 낙뢰로 인한 고장은 제외
5) 국가적 중요 행사장의 전력공급설비 고장(순간고장 포함)

(다) 순간고장

1) 순간 재폐로 고장
2) 공급지장전력 및 전력계통 운영에 지장이 없는 고장으로써 고장시간이 30분 이하인 고장

(2) 고장보고

고장보고는 고장속보 및 고장분석으로 하며 보고방법은 다음과 같다.

(가) 고장속보

고장속보는 최초보고, 중간보고, 완료보고로 나눈다.

1) 최초보고는 고장발생 후 15분 이내의 순간재폐로를 포함한 모든 고장을 보고하며, 고장개요(사업소명, 고장명, 발생일시, 정전복구일시, 설비복구일시 등)를 보고한다.

2) 중간보고

중간보고는 고장발생 후 1시간 이내에 고장설비 가압까지 1시간이 초과될 것으로 예상되는 고장에 대해 고장내용(고장원인, 계전기동작사항 등), 조치사항(정전복구일시, 설비복구일시 등)을 보고한다. 고장원인 및 복구상황 관련 조치사항 등은 설비운영부서에서 협조를 얻는다.

3) 완료보고

완료보고는 최초 보고고장에 대해 고장설비 가압 후 고장내용(고장원인, 계전기동작사항 등), 조치사항(정전복구일시, 설비복구일시 등)을 보고한다. 고장원인 및 복구상황 관련 조치사항 등은 설비운영부서에서 협조를 얻는다.

(3) 정전안내

다음과 같이 정전고장이 발생하였을 경우에는 신속하게 고객에게 안내를 하여야 한다.

(가) 중앙행정기관, 외국공관, 주한미군, 주요행사장의 정전

(나) 지하철, 전철 등 대중 교통수단의 운행 중단을 수반한 정전

(다) 급·배수 펌프장 등 국민의 생활과 직결되는 시설의 정전

(라) 대단위 아파트 단지 등 대규모 공동주택의 집단 정전

(마) 언론기간, 기간산업체 등 주요고객의 정전

(바) 양어장, 집단축사, 건조장 등 전력공급 중단 시 피해가 우려되는 정전

(사) 사회적 물의 발생이 우려되거나 정전안내가 필요한 정전

2. 고장조치 수행

(1) 고장순시

송전선로에 고장이 발생하였을 경우에는 다음과 같이 고장순시를 시행한다.

(가) 고장개소의 예측 : 송전선로에 고장이 발생하였을 경우 설비운영부서 및 관련부서는 고장점표정장치(LFL), 계전기, 송전선로종합감시시스템 등을 이용하여 고장개소를 예측 분석하고 순시구간을 선정하여야 한다.

(나) 순시구간의 분할 : 동원가능인원, 이동시간 및 순시 소요시간 등을 감안, 순시구간을 분할하여 순시조를 편성하고 설비의 이상 유무를 확인하여야 한다. 이 경우 고장예측개소에 우선 배치하여 순시하게 할 수 있다.

(다) 순시원의 동원 : 순시인원이 부족할 경우에는 위탁정비회사 및 협력회사 정비원의 동원 또는 인근사업소에 지원을 요청하여 순시인원을 확보하여야 한다.

(라) 통신연락 및 휴대장구 : 고장순시시 순시원은 급전소 및 설비운영부서와 항상 통신이 가능하도록 통신장비를 휴대하여야 하며, 현장에서 응급조치를 할 수 있도록 필요 공기구 및 복구자재를 순시용 차량에 탑재하여야 한다.

(마) 고장순시시 순시원은 송전선로의 충전유무에 관계없이 전력선에 접근하여서는 안된다.

(바) 전력구 및 맨홀에 들어갈 경우에는 가스검출기를 이용하여 사전에 유해가스 유무를 확인한 후 순시하여야 한다.

(2) 고장순시 결과보고

(가) 순시조별로 순시를 완료하였을 경우에는 설비운영부서장에게 순시결과를 즉시 보고하여야 한다.

(나) 고장개소를 발견하였을 경우 순시원은 고장설비, 고장내용, 피해상황, 조치방안 등을 설비운영부서장에게 즉시 보고하여야 한다. 고장 복구를 위한 범위를 설정하고 소요 자재 및 인력 조달계획을 수립한다.

(3) 고장조치

순시원은 송전선로의 고장개소를 발견하였을 경우 다음과 같이 조치하여야 한다.

(가) 고장정도가 경미하여 즉시 복구할 수 있는 경우에는 설비운영부서장과 협의하여 조치하여야 하며, 즉시 복구가 불가능한 고장은 설비운영부서장의 지시에 따른다.

(나) 선로를 휴전하지 않을 경우 고장확대가 우려될 경우에는 급전소에 선로의 휴전을 의뢰하여 고장이 확대되지 않도록 하여야 한다.

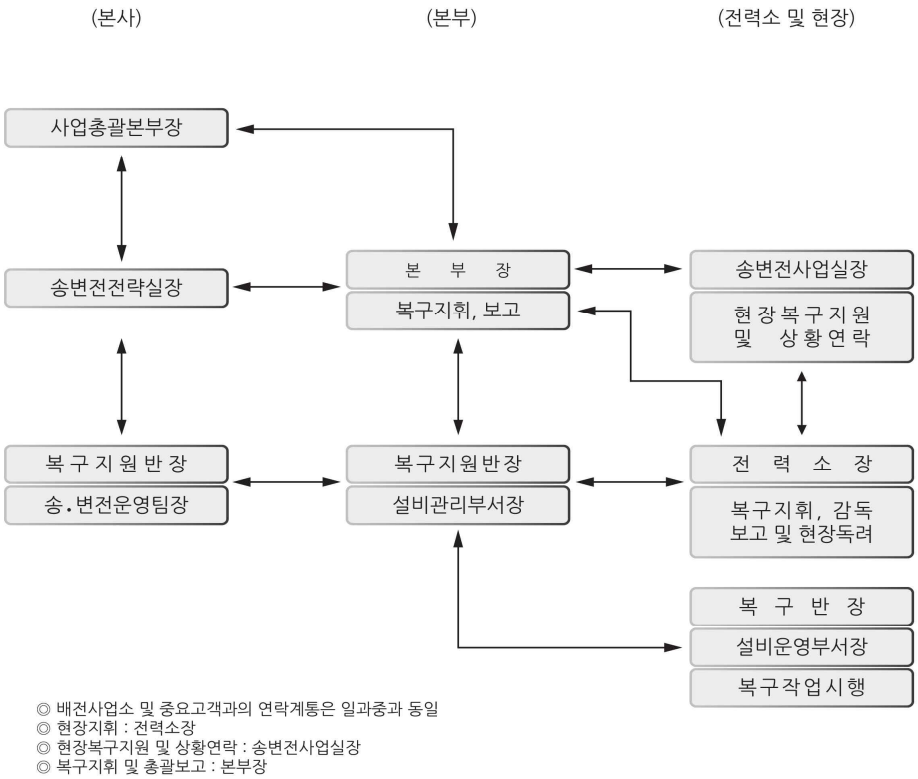
(다) 인축사고 또는 기타 위해의 발생이 우려되는 경우 안전구획로프를 설치하여야 하며 인근주민 또는 경찰관서에 안내하고 필요시 경계를 의뢰한다.

(라) 전력선이 단선된 경우에는 선로의 충전여부에 관계없이 현장을 경계하여야 한다.

(5) 고장구간의 분리

(가) 야간 또는 악천후로 인하여 선로순시가 불가능하거나 일부구간의 송전이 필요하여 고장구간의 분리가 필요한 경우 설비운영부서장의 결정으로 고장구간을 분리 할 수 있다.

(나) 고장구간의 분리는 내장애자련의 점퍼분리를 원칙으로 하며 고장 분리개소가 다수인 경우에는 부하측으로 부터 전원측 순서로 고장개소를 순차적으로 분리하여야 한다.



[그림 5-3] 고장복구절차도

2 고장복구 절차를 확인한다.

1. 설비운영부서장은 순시원으로부터 고장상황이 보고되면 고장내용 및 전력공급 상황 등을 고려하여 복구방법을 결정하고 복구반을 편성하여 복구지시를 하여야 한다.
2. 직영으로 고장복구가 불가능할 경우 설비운영사업소장은 협력회사 또는 전기공사 회사에게 선착공 지시하여 복구할 수 있다. 이 경우 업무 처리절차는 공사 및 표준품셈 관리규정(사규-기술0400) 6-4 “긴급공사” 에 따른다.
3. 지중송전선로의 고장복구는 긴급 고장복구 협정서에 의거 복구지정회사와 협조하여 복구하며 지정회사 도착 시까지 응급조치를 하여야 한다.

3 휴전작업 운영기준에 의한 휴전계획을 수립한다.

고장의 복구와 관련된 휴전작업은 긴급휴전, 임시휴전, 계획휴전으로 나눌 수 있다. 적용은 다음과 같다.

- 계획휴전 : 거래소 및 1차 사업소에서 확정한 월간 휴전계획에 따라 시행하는 휴전을 말한다.
- 임시휴전 : 송변전설비 운영중 설비 이상징후 발생으로 인해 계획휴전이외의 휴전작업이 필요할 경우 시행하는 휴전
- 긴급휴전 : 긴급히 휴전하지 아니하면 전력공급에 막대한 지장을 초래할 경우가 있거나, 인축사고의 우려가 있어 시간적 여유가 없는 경우에 시행하는 휴전과 돌발사고 복구를 위해 시행하는 휴전을 말한다.

1. 임시휴전 시행절차

(1) 휴전담당부서는 전력거래소 승인대상 송변전설비에 대한 임시휴전이 필요한 경우 계획휴전에 반영하지 못한 사유를 포함하여 10일전까지 휴전관리시스템에 입력하고, 휴전주관부서에 승인 요청한다.

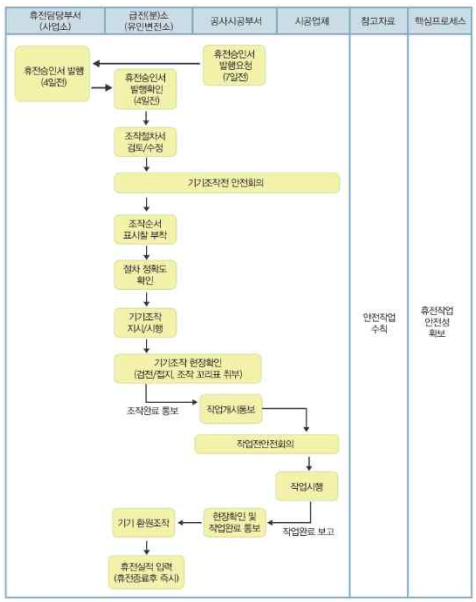
(2) 휴전주관부서는 임시휴전의 타당성 및 필요성 등을 검토하여 전력거래소에 요청한다.

2. 긴급휴전 시행 절차

(1) 거래소 승인 또는 통보설비의 긴급휴전 필요시 급전소 급전차장이 중앙전력관제센터에 요청 또는 통보하며, 휴전관리시스템에 입력한다.

(2) 기타설비의 긴급휴전 필요시 급전분소, 유인변전소, 설비담당부서 등 최초 인지부서에서 지역급전소에 요청하며, 휴전관리시스템에 입력한다.

(3) 긴급휴전 요청시에는 8.9항 긴급휴전요청서 서식 사용을 원칙으로 한다.



[그림 5-4] 휴전작업의 절차

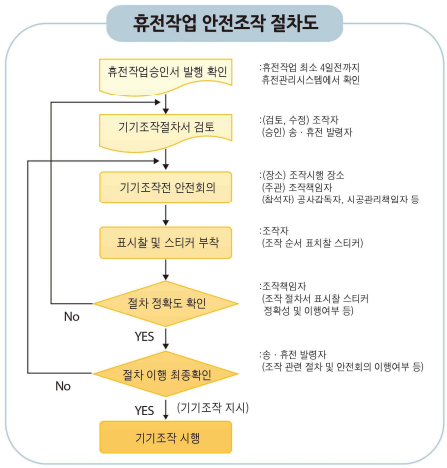


그림 5-5 휴전작업의 안전조작 절차도

[그림 5-5] 휴전작업의 안전조작 절차도

4 복구 작업을 수행하고 시험을 한다.

수행 Tip

- 현장조사 등이 어려울 경우, 가상의 상황을 설정하여 공급방안을 작성할 수 있도록 한다.

학습 5 교수·학습 방법

교수 방법

- 송전선로 고장상황을 사례를 들어 설명한다.
- 송전계통의 보호계전방식과 특징에 대해 설명한다.
- 가공송전설비와 지중송전설비의 고장상 차이점을 파악하도록 한다.
- 송전설비 복구계획 수립과 관련된 제 이해당사자들과 협력하는 방법을 기준에 따라 설명한다.
- 임시, 긴급복구의 특징을 이해한다.

학습 방법

- 송전계통의 고장 종류별 보호계전기 동작 상태를 분석하도록 사례별로 학습한다.
- 고장 상황을 판단하고 복구조작을 할 수 있도록 사례를 학습하고 토론한다.
- 고장 상태를 판정하고 복구계획을 수립하도록 시나리오를 작성한다.
- 복구에 따른 보수비용, 설비가격을 고려한 경제성 검토가 가능하도록 실습한다.

학습 5 평 가

평가 준거

- 평가자는 학습자가 수행 준거 및 평가 내용에 제시되어 있는 내용을 성공적으로 수행하였는지를 평가해야 한다.

학습 내용	평가 항목	성취수준 상	중	하
송전계통 고장 복구체계 수립	- 고장발생 시 계전기 동작사항을 분석하고 순시를 통하여 고장위치와 고장내용을 파악할 수 있다.			
	- 응급조치, 임시복구, 긴급복구를 구분하여 설비고장 발생 시 조치할 수 있다.			
	- 송전설비 피해보고와 복구계획에 대해 내용을 확인할 수 있다.			
	- 설비고장 시 응급조치와 복구대응절차서를 활용할 수 있다.			
송전계통 고장의 복구 계획 수립	- 응급조치 시 정전구역·시간 최소화를 위한 응급조치계획을 수립할 수 있다.			
	- 임시복구 시 정전구역·시간을 고려하여 임시복구계획을 수립할 수 있다.			
	- 긴급복구 시 공사설계, 발주, 입찰, 계약 및 공사기간을 고려하여 공정계획을 수립할 수 있다.			

평가 방법

- 서술형시험

학습 내용	평가 항목	성취수준 상	중	하
송전계통 고장 복구체계 수립	- 고장발생 시 계전기 동작사항을 분석하고 순시를 통하여 고장위치와 고장내용을 파악하는 방법			
송전계통 고장의 복구 계획 수립	- 복구시 정전구역 최소화를 위한 복구계획 수립방법			

• 사례연구

학습 내용	평가 항목	성취수준 상	중	하
송전계통 고장 복구체계 수립	- 송전선로 고장종류에 따른 복구체계 수립 사례 연구			

• 구두발표

학습 내용	평가 항목	성취수준 상	중	하
송전계통 고장의 복구 계획 수립	- 송전계통 고장시 복구계획 수립 사례 발표			

피 드 백

1. 서술형 시험
   - 송전계통의 고장 종류와 동작해야 할 보호계전기의 종류에 대해 서술하도록 지도한다.
   - 고장사례를 대상으로 고장 위치 및 내용을 분석하도록 과제를 제시한다.
2. 사례연구
   - 송전계통 고장 시 복구체계에 따른 고장복구 사례를 조사 분석하여 제시한다.
3. 구두발표
   - 송전계통 고장시 복구계획 수립 사례에 대해 발표하고 서로 장단점을 토의한다.

참고자료

- 김정훈(2013), 「송변전공학」 문운당
- 산업통상자원부 고시(2014), 『비상시 급전지시 절차 전력시장운영규칙 별표 12』, 전력거래소.
- 송전선로 고장관리, 한국전력공사 2011.
- 한국전력공사(2011,5.16), 『가공송전운영업무기준』, 한국전력공사
- 한국전력공사(2008), 『신입송변전 기초반 실무교재』, 한국전력공사
- 한국전력공사 송변전운영처(2014.7), 『지중송전운영업무기준』, 한국전력공사

<별표 1>

송전설비 점검표

선로명	kV T/L	점검자	직무명	성명
점검종류	(기별, 정밀점검 등 점검종류기록)			(인)
점검일시				(인)
날씨				(인)

점검종류	구분	점검대상	주요점검항목	지지물번호					
기별 점검 및 정밀 점검	송전설비	철탑, 철주, 관형주 등	경사, 부재의 변형, 탈락, 부식 등						
		콘크리트주, 목주	경사, 균열, 파손 등						
		기초 및 보호설비	붕괴, 균열, 매몰 등						
		지선류	단선, 소선단선, 부식, 장력부족 등						
		애자류	파손, 균열, 애자련 인상, 아크 흔적등						
		금구류	부식, 변형, 탈락, 볼트풀림 등						
		전선류	소선단선, 이도변화 등						
		항공장애등	점등여부, 파손 등						
		항공장애표시구	탈락, 파손, 볼트풀림, 퇴색 등						
		접지설비	매설지선 노출, 부식, 단선 등						
		표시찰류	퇴색, 부식, 탈락, 손상 등						
	설비환경	수목	이격거리, 도괴우려 등						
		건조물, 공작물	신.증축, 접근상태						
		도로신설, 농지정리등	지형변경으로 인한 설비위해						
		중장비	중장비 접촉						
	기타	순시로	통행 지장유무						
		위해요인	기타 위해설비사항						
정밀 점검	송전설비	전선이도	부적정 의심개소 이도측정						
		스페이서, 댐퍼	볼트풀림(규정토크), 소선단선, 취부상태등						
		아마롯드	풀림, 소선단선, 취부상태 등						
		점퍼	이격거리, 뒤틀림, 접속상태 등						
		항공장애표시구	풀림, 소선단선 등						
		기타점검	휴전상태에서 필요한 세부점검						
특기사항									

<별표 2>

설비사고 속보

1. 고장개요

○ 발생일시 :

○ 발생장소 : (고객설비 고장시 "고객소유 송전선로/변전소" 로 표시, T/L고장의 경우 해당S/S 명기)

○ 고장설비 :

○ 고장원인 :

2. 정전개요

○ 정전부하 : MW

○ 정전시간 : 분 ○ 정전호수 : 호

○ 정전지역 :

○ 중요고객 :

3. 조치사항

○ 복구일시 :

○ 조치사항 : (고객설비 고장시 "전력회사가 지원한 사항"을 기록)

○ 대 책 :

○ 특기사항 :

4. 기기 조작기사

5. 계전기 동작사항

붙임 : 고장관련 전력공급 계통도 : 별첨도면 참조

작성부서 : ○○소 △△부 (☏)

NCS 학습모듈 개발진

(대표집필자)

이근준(충북도립대학)*

(집필진)

방민재(LS 산전)*
김정훈(홍익대학교)
이근준(충북도립대학)*
오용택(한국기술교육대학교)
하복남(한전전력연구원)*
김일동(영인기술주식회사)
김세현((주)우암)
박인덕(대덕대학교)
김신철((주) 우암)

(검토진)

백승도(대한전기협회)
오창효(한국전력공사)
송석하(EPS 주식회사)
정영일(충북도립대학)
이재훈(대한전기협회)
이호웅((주)준영ENC)
최서익(프리랜서)

(개발기관)

이근준(충북도립대학)
김종구(충북도립대학)
전현모(프리랜서)

(연구기관)

옥준필(한국직업능력개발원)
김상진(한국직업능력개발원)
김성남(한국직업능력개발원)
김지영(한국직업능력개발원)
문한나(한국직업능력개발원)
이선영(한국직업능력개발원)

*표시는 NCS 개발진임

※ 본 학습모듈은 자격기본법 시행령 제8조 국가직무능력표준의 활용에 의거하여 개발하였으며 저작권법 25조에 따라 관리됩니다.

※ 본 학습모듈은 http://www.ncs.go.kr에서 확인 및 **다운로드할** 수 있습니다.

www.ncs.go.kr