

도심건물 밀집지역 배전 Station 건설 (하)

강 희 태

한국전력공사 서울지역본부 배전계획부 부장

설 규 환

한국전력공사 서울지역본부 배전계획부 과장

4. 배전 Station의 시공

가. 지하 전력구 토목공사

우선 매입한 건물을 각종 배전기들이 설치될 수 있도록 내부건축과 동시에 건물 내에서 배전선로 인·출입을 위한 수직구 및 전력구 건설이 필수적이다.

도심 변화가의 한 중심에서 특히 주변상가와 연결한 건물이라 어떤 작업보다도 주변민원과 안전시공이 중시되는 작업이었다. 제1 S/T은 지상 5층 건물이 43년, 제2 S/T은 지하 1층 지상 3층 건물이 46년 된 오래된 건물들이라 건설공사 전에 우선 건물 내부에 전력기기(중량물) 설치 가능성 여부를 파악하기 위해 정밀구조진단을 실시했다. 진단결과 구조물 보강이 필요하다는 지적에 따라 수직구 굴착 전에 건물 기초부와 수직구 주변에 지반 및 차수보강 그라우팅을 실시했다. 제2 S/T 건물의 경우에는 수직구 주변을 모두 70cm 철근콘크리트로 보강을 했다.

이와 함께 해당 건물 바닥, 옥상, 수직구에 1/1000mm 까지 계측 가능한 계측기를 설치, 매주 2회씩 지반변동을 측정 인접건물에 피해 발생에 대비하며 공사를 진행하였다.

명동지역 특성상 수직구 굴착작업 소음으로 당장 민원이 발생, 공사 진행에 차질을 빚을 수 있는 만큼 주간에는 굴착작업만 하고, 유동인구가 적고 작업차량진입이 가능한 심야(밤12시 이후)에 굴착토사를 운반하는 일을 굴착, 운반작업조를 2개조로 운영하여 주야 24시간 작업을 계속하였다.

또한 건물 내 층고가 낮고 건물기초가 노후, 연약해 건물 내부에 굴착 및 파일항타 장비 진·출입이 곤란하고 또한 주변상가 및 통행인이 많아 환경친화적 시공관

리가 이뤄져야 하는 등 상당한 어려움 속에서 작업을 시행하였다.

수직구 굴착시 장비 진입이 곤란해 인력으로 굴착을 해야 했고, 765kV 송전철탑 공사시 사용하는 강지 Liner Plate 공법을 전력구 건설공사에 처음 도입, 안전에 만반의 준비를 다했다. 한편 수직구 굴착시 지하수 누출이 많아 시공과정 단계단계 마다 선행 그라우팅(차수공법의 일종)을 하면서 굴착해야 하는 어려움이 있었다.

전력구 공사시엔 건물 안전을 위해 무소음, 무진동공법인 Messer Shild 공법을 적용하였으며, Messer Shild 공법은 터널막장을 굴착할 때 터널형태에 따라 강지보재 위에 Messer Plate를 배열한 후 Plate의 진행에 따라 토류판을 설치하며 진행되는 공법이다. 이 공법은 터널 굴진에 필요한 장비 및 설비가 간단하고 시공시 소음이나 진동발생이 없는 반면 굴착기간이 상당히 오래 걸리는 단점이 있다.

하루 전력구 굴착 작업진도가 60cm에 불과하여(전력구 길이 1S/T: 27.4m, 2S/T: 7.8m) 전력구 굴착에만 46일이나 소요되었다. 이처럼 주변 건물과 통행인들에게 피해를

를 최소화하도록 사전준비를 철저히 하여 민원에 대비하면서 공사를 추진하였다(사진 1 참조).

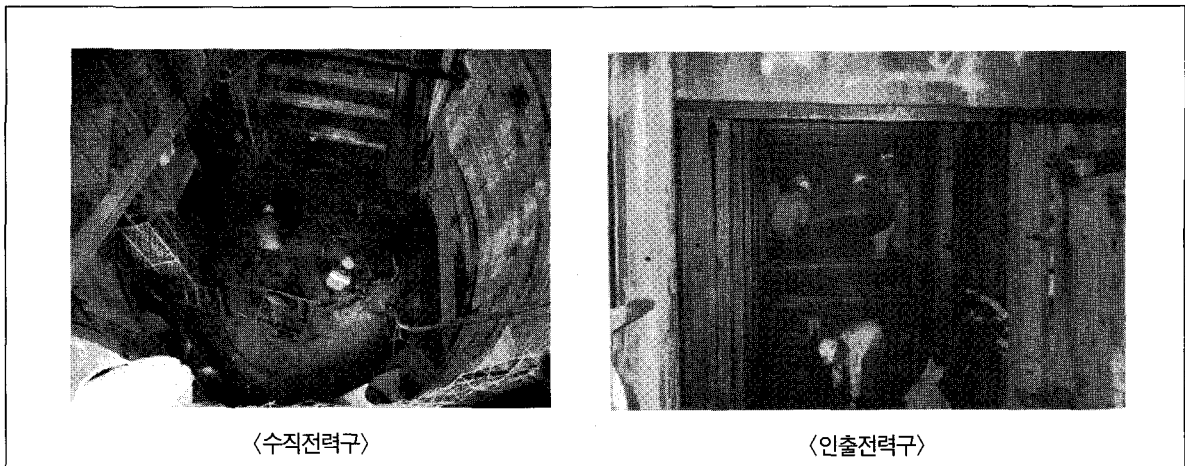
(1) 전력구 터널공법 Messer Shield Tunnel 공법 적용

복잡한 시내구간으로서 연장이 짧은 본 스테이션의 조건에 적합한 터널공법으로 Messer Shield 공법을 적용하였으며, 이 공법에 대한 특징은 표 4와 같다.

(표 4) Messer Shield 공법의 개요 및 특징

구 분	Messer Shield 공법
공법개요	Messer란 Knife을 뜻하며 터널 막장을 굴착할 때 터널 형태에 따라 강지보재 위에 Messer Plate를 배열한 후 Plate 한 매씩 유압 Jack으로 관입한 후 막장을 굴착하고 후방에 Messer Plate의 진행에 따라 토류판을 설치하며 진행되는 공법으로서 산악터널공법과 Shield 터널공법의 조합된 공법이라고 할 수 있다.
특 징	<ul style="list-style-type: none"> • 정확히 굴진되며 각종 단면에 적용가능 • 신속하고 굴착면의 침하를 최소화한다. • 터널굴진에 필요한 장비 및 설비가 간단함. • 시공시 소음이나 진동발생이 없음
적용범위	<ul style="list-style-type: none"> • N=60 이하 토사층에 적합하며 풍화암도 가능 • 곡선시공은 R=60m 이상 가능

※N : 표준관입시험시 63.5kg의 추가 75cm 높이에서 붐을 타격시 붐이 30cm 흠에 관입하기 위한 타격 횟수



〈사진 1〉 배전 Station 지하 수직전력구 및 인출전력구 작업과정

(2) 수직구 가시설 공법 Liner Plate 공법 적용

도로의 지하에 설치되는 전력구와 연결하기 위한 배전 스테이션 예정건물의 내부에 수직구가 설치되어야 한다. 좁은 건물 내에서 수직구의 시공이 이루어지는 점을 감안할 때 굴착장비 등의 진입이 불가능하여 일반적인 토류공법을 적용할 수가 없어 여러 가지 토류공법 안에 대하여 검토 후 Liner Plate 공법을 적용하였다(표 5 참조).

(표 5) Liner Plate 공법의 개요 및 특징

구분	Liner Plate 공법
공법개요	공장제품의 Liner Plate를 굴착과 동시에 원형으로 설치하여 측벽토압에 대응하게 하고 지반의 이동을 방지하면서 가설 흙막이 벽체를 형성 굴착하는 방법
특징	<ul style="list-style-type: none"> • 얇은 철판제품을 이용하므로 운반이 용이하다. • 철판을 파형굴곡해서 제작되므로 단면성능이 크다. • 조립은 볼트체결만으로 가능하므로 전문성을 요하지 않는다.
장단점	<ul style="list-style-type: none"> • 원형으로만 시공이 가능하여 소요면적이 크다. • 공간이 협소한 곳에서 작업이 가능하다. • Segment 조립을 위한 여유 굴착으로 지반 이완 발생소지가 있다. • Pile의 형타가 불필요하고 시공이 간편하여 경제적이다.

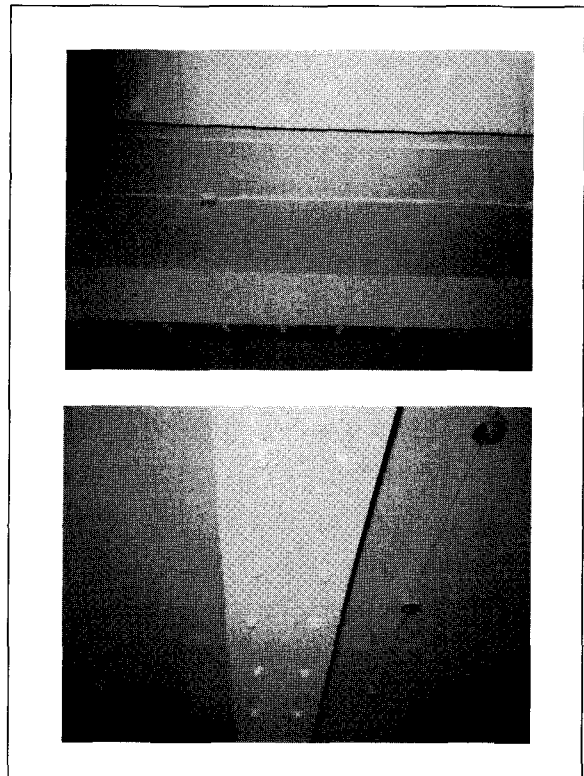
나. 배전스테이션 건축공사

(1) 스테이션 건물 구조보강

제1, 2 배전스테이션 대상건물은 재령 40년을 초과한 노후건물로서 일반적인 용도로 사용하기에는 무난하나 변압기 설치 및 운용 등 중량물을 적재하기에는 건물의 구조안정성 및 내구성이 절대적으로 기준에 미달하였고, 건물재령이 오래되어 건물의 구조상태나 내구력을 측정할 수 있는 건물도면 등 기술적 자료가 전무하여 건물의 이력을 파악할 수 없어 현 상태를 기준으로 구조안전진단을 통해 적절한 건물구조보강공법을 결정하고, 변압기하중 및 운전중 진동하중으로 인한 건물구조체 손상을 방지하기 위한 다양한 기술적 접근을 시도하여 대체로 만족할 만한 성과를 얻을 수 있었다.

제1, 2 S/T 건물은 구조체 형태 및 보존상태가 각각 상이하여 건물구조안전진단 결과를 토대로 구조보강공법의 선정도 두 건물의 구조상태에 따라 구별하여 적용하였다. 1 S/T 건물은 철근콘크리트 라멘조 건물로서 구조체의 보존상태가 비교적 양호하였고, 기둥 및 보의 배열이 규칙적이어서 변압기 설치에 큰 문제점이 없다고 판단되었으며, 구조보강을 위해 탄소섬유보강공법을 적용하여 변압기하중 및 운전하중을 지지하도록 하였다.

반면에 2 S/T 건물은 당초 예상보다 건물 구조물의 내구성이 매우 취약하고 콘크리트 구조물의 강도, 중성화 정도 및 철근콘크리트 표면부식상태가 심하여 1 S/T와 같이 주요구조부에 대한 탄소섬유보강공법으로는 변압기하중을 지지할 수 없어 기둥 및 보는 철판보강공법을 사



〈사진 2〉 건물 천정의 탄소보강

용하였고, 슬라브하부는 고강도 콘크리트 보강재를 사용하여 구조 보강하였다(사진 2 참조).

(2) 변압기 기초 및 수직운반을 위한 구조체 보강

(가) 변압기 기초보강

명동지역 배전스테이션은 명동지역의 특성상 건물 신축이 불가능한 관계(건축법 및 주차장법 등 법규상의 문제)로 기존의 노후된 건물 매입 후 건물구조보강 및 내·외부 공간의 리모델링을 통해 최대한 배전스테이션의 기능과 장기적인 안정성을 충분히 확보하는 데 목표가 있었으며, 따라서 다음의 3가지 전제조건이 제시되었다.

첫째, 변압기를 지지하기에 충분한 건물구조내력 및 구조안정성의 확보

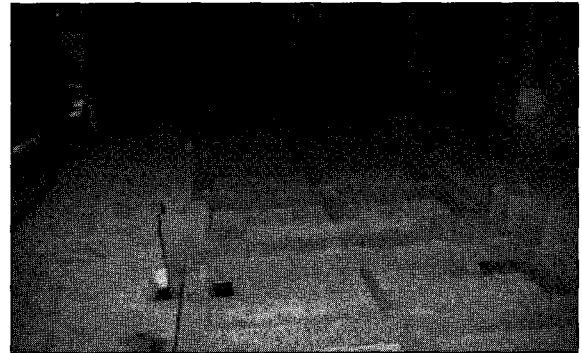
둘째, 배전스테이션 운용시 주변상가에 민원을 야기하지 않도록 기기소음 및 진동의 외부전달 차단

셋째, 변압기 등 기기의 입출입을 위한 적정 동선의 설계 및 수평, 수직 이동공간의 확보 등이다.

1 S/T 건물의 경우 앞에서 언급한 바대로 건물구조체의 상태가 비교적 양호하고 옆 건물과 어느 정도 이격되어 있어 건물구조보강공사를 통해 구조체의 내력을 증가시킬 경우 변압기를 기존 건물에 그대로 설치, 운용하는데 큰 문제점이 없는 것으로 분석되었으나, 2 S/T 건물은 건물의 한쪽 측면의 구조체가 옆 건물과 연결되어 있어 추후 변압기의 소음과 진동이 옆 건물 상가에 전달될 수 밖에 없는 상태였으며, 건물구조체 또한 기둥과 보의 배열이 불규칙하고 콘크리트의 증성화 및 부식도 역시 상당히 진행되어 매우 우려되는 상황이었다.

따라서 2 S/T 건물은 변압기의 하중을 충분히 지지하면서도 소음 및 진동이 옆 건물로 전달되지 않도록 하는 특별한 조치가 요구되었는데 인근 건물과 구조체의 분리가 현실적으로 불가능한 상황에서 변압기 하중이 건물구조체와 근본적으로 분리되어 변압기 하중부담 및 소음,

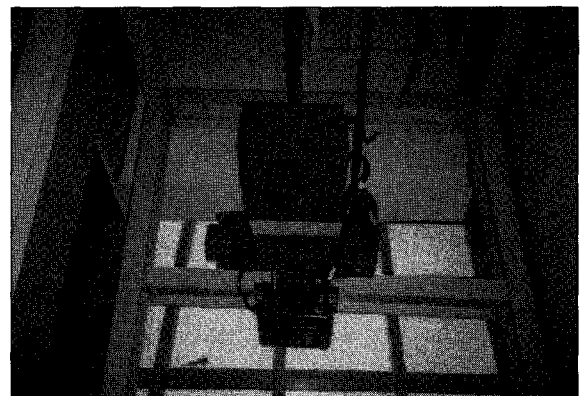
진동의 차단 효과도 동시에 획득할 수 있도록 건물 지하층 바닥에서부터 변압기 지지를 위한 철골구조체를 각층 슬라브를 관통하여 설치함으로써 변압기하중이 근본적으로 건물구조체에 부담을 전혀 주지 않게 되었고, 변압기 소음 및 진동이 구조체에 전달되지 않게 됨으로써 앞서 제기되었던 문제점들을 효과적으로 극복할 수 있었다(사진 3 참조).



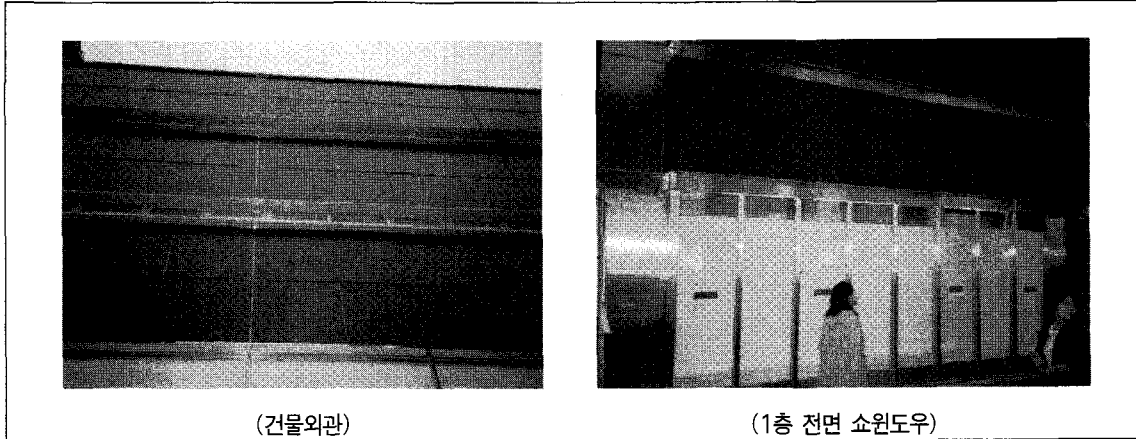
〈사진 3〉 변압기 소음·진동 차단을 위한 철골구조체

(나) 변압기 반출입 및 수직이동을 위한 구조보강

명동 배전스테이션은 지역적 특성상 상가밀집지역으로서 평소 보행인의 왕래가 매우 빈번한 중심상업지역 내에



〈사진 4〉 중량물 등 기기 반출입을 위한 호이스트



(건물외관)

(1층 전면 쇼윈도우)

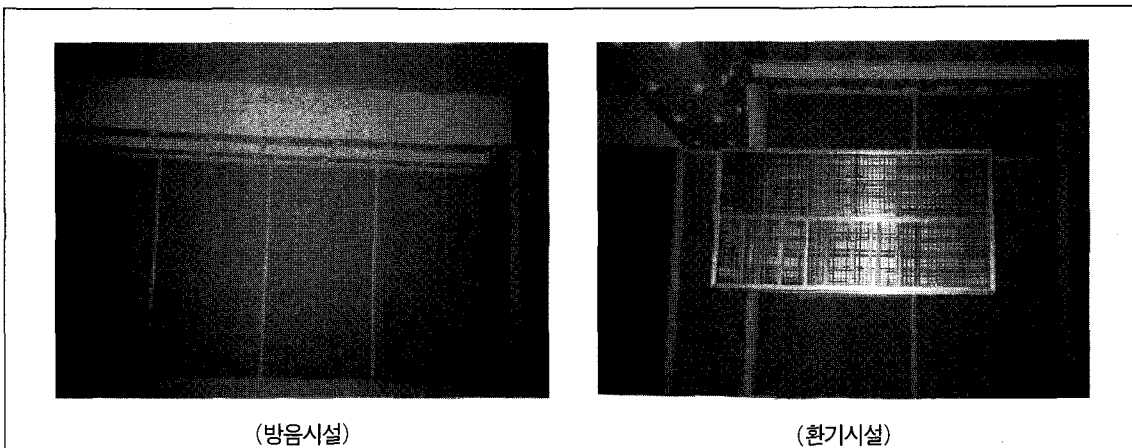
〈사진 5〉 건물외관부 및 1층 전면부 쇼윈도우 구성

위치하고 있어 건물외관상 인근 상가와 동질감을 유지해야 하고, 전력설비를 수용하는 건물로 인식되지 않도록 노력하였다. 따라서 초기에 각층 외벽에 개폐식 해치타입의 변압기 반출입 형식이 제시되었으나, 부적절하다고 판단하여 그 대안으로서 1층 주출입구 계단실의 일부에 기존 건물 구조체와 분리되는 별도의 철골구조체로 “Unloading Bay”를 구성하여 건물의 구조 안정성 확보와 변압기 등 기기 전용 공간의 확보 및 인근 상가건물과의 민원유발

가능성의 사전 차단 등 몇 가지 난제들을 해결할 수 있었다(사진 4 참조).

(3) 스테이션 건물외관 및 인테리어

우리 나라의 중심상업지역으로서 명동 배전스테이션 건설은 이러한 지역적 특성을 고려하여 추후 설비 운용시 건물외관 및 변압기에서 발생될 수 있는 진동, 소음으로 인해 인근 상가로부터 제기될 수 있는 민원들에 대해 각



(방음시설)

(환기시설)

〈사진 6〉 내부 소음을 차단하기 위한 방음시설 및 내부 환기시설

부문별로 기술적인 검토와 대책이 요구되었다.

따라서 건물외관 계획은 인근 상가와 동질성을 유지할 수 있도록 상업건물의 미려한 외관으로 계획하였고, 내부 인테리어는 변압기에서 나오는 소음을 최대한 차단할 수 있는 불연 흡음성 내장재로 계획하였다. 그밖의 사무실 공간은 일반적인 사무실 설계기준이 적용되었다(사진 5 참조).

(4) 기타 건축설비

기타 건축설비로는 변압기에서 발생하는 소음에 대하여 최대한 외부로 전달되지 않도록 하기 위하여 스테이션의 벽면에 흡음재를 부착하는 방음시설을 구비하였으며 또한 실내온도가 일정온도에 도달하면 자동으로 배기팬이 작동하여 내부공기를 건물옥상으로 배출되도록 공기조화설비를 시설하였다(사진 6 참조).

다. 고신뢰도 Slim형 전력설비 구축

배전스테이션 내의 전력기기는 유동인구가 많은 지역의 건물내 설치를 고려하여 기기를 선정하였다. 건물내 설치로 여러 가지 제약조건이 있으나 특히 건물의 구조보강과

관련하여 건물에 부담을 최소화하도록 중량이 비교적 적은 기기를 채택토록 했으며, 건물 화재에 대비하여 油入式을 배제하였다.

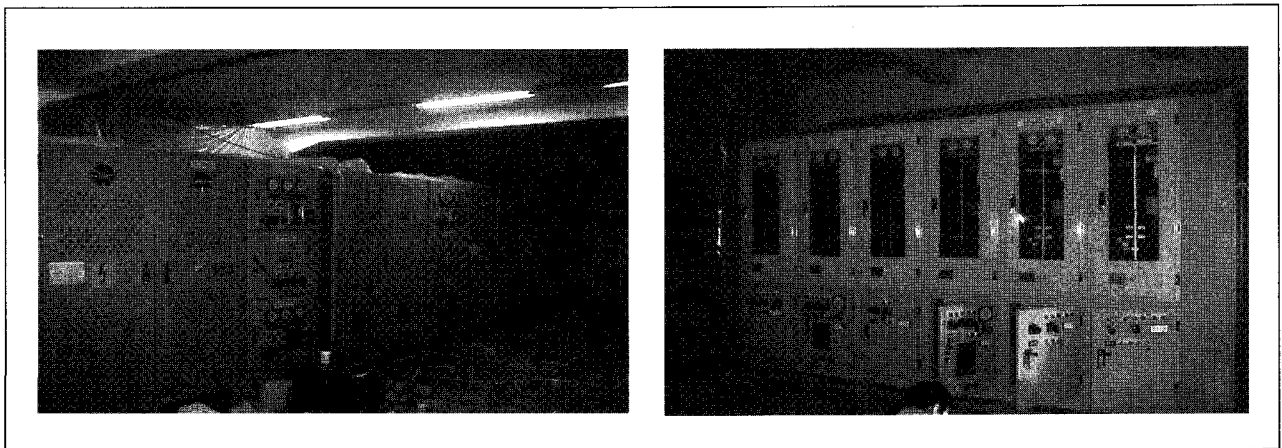
또한 가용공간을 최대한 활용하기 위하여 기기의 점유, 설치면적을 최소화하는 Slim형 기기를 채택하였으며, 설비 운영시 운전자의 안정성을 확보토록 모든 충전부를 큐비클 내부에 수납하는 형태로 충전부의 노출이 없도록 설비를 구성하였다.

고저압 케이블의 인출입, 스테이션내 각 기기간 연결케이블은 모두 바닥에 케이블트레이를 설치, 수용하고 악세스 플로아 바닥재로 은폐하여 내부 미관을 고려하였다(사진 7 참조).

라. 최신 보호설비 적용 유지관리

배전스테이션의 보호계통은 22.9kV 특고압측과 380V 저압측으로 구성되며, 각 구간별 사고에 대해 정전 없는 양질의 전력공급을 할 수 있도록 보호계통을 구성하였다.

각 구간별 보호기기 및 고장보호내용은 표 6과 같이 정리할 수 있다(보호협조의 세부 검토 내용은 지면부족으로 생략).



〈사진 7〉 배전스테이션 내 설치된 변압기, 차단기 등 전력기기

〈표 6〉 구간별 보호기기 및 고장보호

보호구간	기기구성	보호기기	고장보호내용
변전소-배전스테이션		변전소의 CB	배전선로의 과전류, 단락, 지락을 보호
특고압수전단-변압기		다회로 차단기의 인입선로측 LBS	보호기능 없음
		다회로 차단기의 PF부착형 LBS	특고압수용가의 대고장 전류로부터 배전S로 및 기기 보호
		다회로 개폐기	특고압수용가의 개폐, 보호기능 없음
		다회로 차단기의 VCB	변압기 과부하 및 단락보호
		변압기 1차측 전력휴즈(PF)	변압기 대고장 전류로부터 변압기 보호
변압기 2차측-간선차단기		2차 주차단기(ACB)	변압기 2차측 과부하로부터 변압기 보호
		Tie 차단기(ACB)	변압기 사고시 및 정비 등으로 인한 고장시 부하절체
간선차단기-수용가		저압간선 차단기(MCCB)	수용가측 고장 및 과부하에 동작

(1) 원격 감시제어설비 운영

명동 배전스테이션은 무인으로 작동, 감지 제어된다. 따라서 각 구역 배전스테이션을 중앙 감시실에서 감시 제어하기 위한 시스템은 각 배전스테이션에 설치되는 RTU (Remote Terminal Unit)와 LAN 통신을 이용해 각종 설비의 상태신호를 전송받아 디스플레이하고, 차단기 및 개폐기 설비 등을 조작할 수 있도록 구성하였다.

감시제어 System의 구성에 대하여 간추려 보면 다음과 같다.

- ① Operator Station은 Client-Server System으로 구성
 - ② 각 배전 Station에는 현장 Data를 취합 전송할 수 있는 RTU(Remote Terminal Unit)를 설치
 - ③ Operator Station과 RTU를 연결하기 위한 Data Way는 Data의 고속처리를 위해 100Mbps 전송이 가능한 LAN으로 구성하며 전송매체는 광Cable 사용
 - ④ Data 전송 및 원격감시 제어를 위한 Protocol은 TCP/IP 사용
 - ⑤ 감시제어 대상 설비의 감시/제어 항목을 설정하여 중앙감시실에서 감시 및 제어
- 원격 감시제어 대상설비를 보면
제1 S/T 및 제2 S/T의 전력설비, 동력설비, 소방설비,

소화설비, 공조설비로서 표로 정리해 볼 수 있으며, 디지털 종합보호감시장치와 전력품질감시, 온라인진단장치에 대해 추가 건설 추진중에 이 Tssm 제3 S/T에 시범적용을 하였으며, 관련 진단장치에 대하여 소개하면 다음과 같다.

(가) 디지털 전력종합보호감시장치

특고압 배전계통의 효율적 운영 및 관리를 위하여 계통의 보호, 감시, 제어, 계측, 통신 등의 기능을 종합적으로 제공하는 디지털종합보호감시장치(DIPM : Digital Integrated Protection & Monitoring Equipment)를 적용

(나) 전력품질감시장치(PQM : Power Quality Monitoring Equipment)

저압배전계통의 효율적인 운영관리 및 전력품질감시를 위하여 고정밀성이 요구되는 고조파, 전력 및 순시전압저하(Sag)를 감시하는 전력품질감시장치(PQM, Power Quality Monitoring Equipment)를 적용하여 전력품질을 감시

(다) 배전반 On-Line 진단장치

전기기기의 절연열화 및 접속불량 등으로 인한 기기의

이상 상태를 상시 감시할 수 있는 배전반 온라인 진단장치를 배전반 내에 설치 적용하며, 절연열화 및 접속불량 등으로 인한 배전계통의 사고를 사전에 예측 진단함으로써 전력의 안정적 공급을 가능하게 하며, 전기기기(TR, CT, PT, 차단기, 케이블 등)의 열화 및 접속 불량시 발생하는 부분방전을 전자파로 검출하여 전력설비의 열화 정도 및 상태를 판단하는 장치를 몰드변압기와 저압배전반에 적용하였다.

중앙제어실(Operator Station)의 감시제어 항목은 다음 표 7과 같다.

〈표 7〉 감시제어 항목

설비	기기	감시, 제어	Operator Station
1. 배전설비	LBS, VCB, ACB	투입/차단/고장	감시, 제어
	전압, 전류, 전력	순시값	감시
	계전기류	On	감시
	변압기 온도	High	감시
	고조파	순시값	감시
	SAG	순간전압 저하	감시
	부분방전	상태 High	감시
2. 동력설비	배수펌프	Run/Stop/Fault	감시, 제어
	Drain Pit 수위 Switch	High/Low	감시
	배풍기	Run/Stop/Fault	감시, 제어
	MCC 전압, 전류	순시	감시
	ATS	상용/예비	감시, 제어
3. 소방설비	화재수신반	동작상태/Reset	감시, 제어
4. 소화설비	CO ₂ 수신반	Run/Stop/방출 상태	감시, 제어

(2) 보안 설비

배전 Station의 주요 장소에 CCTV Camera 및 적외선 Sensor를 설치하여 출입자와 전력설비 상태를 중앙감시실 CCTV Console에서 원격 감시할 수 있도록 하였으며, 또한 각 배전 Station과 중앙감시실에 인터폰을 설치하여

상호 음성통화가 가능하도록 하였다(보안설비 관련 상세 내용은 생략함).

(3) 건축전기설비

배전 Station 내부 전원설비는 배전 Station 3층의 Fan 실에 MCC를 설치하고 서로 다른 층의 변압기 2차측에서 2중으로 전원을 공급받도록 하고 ATS(자동절체스위치)를 사용하여 1선 고장시에도 정전이 되지 않도록 구성하였다.

- 저압배전계통 : 3Φ, 4W, 380-220V, 60Hz
- 저압 동력 : 3Φ, 3W, 380V, 60Hz
- 조명 및 전열 : 1Φ, 220V, 60Hz
- 조작 전원 : DC 110V 및 DC 24V
- 기타 : 조명은 일반조명과 비상조명으로 구분 고효율기기, 전력구내는 방습형 채용

(4) 기타설비(방진·방음설비, 소화설비, 환기설비 등)

몰드형 배전변압기의 적용으로 소음과 진동이 유입형 변압기에 비하여 비교적 큰 편이다(65db~68db 정도). 따라서 소음과 진동이 가능한 외부로 나가지 않도록 방음성이 우수한 실내재료로 벽면처리하고 설비 운전시 발생하는 진동에 대비하여 방진패드를 설치토록 하였으며, 외벽을 복층유리 사용과 단열재 시공으로 열전도가 최소화 되도록 하여 단열 처리하였다.

소화설비로는 무인으로 운전되는 점을 고려하여 자동 화재 탐지설비를 시설하여 CO₂ 설비와 연계하여 작동하고 화재시 원방 감시가 가능토록 하였다.

또한 다수의 변압기에서 발생하는 열로 정해진 온도 이상의 실내온도가 되면 옥상에 설치된 팬이 자동 작동하여 열을 외부로 배출되도록 하였다(사진 8 참조).



〈사진 8〉 명동 주변과 어울려 설치된 배전 Station 외관(사진 중앙부)

선 내의 모든 설비에 대해 무인화 감시제어 원격조작 운전을 기본으로 적용토록 하고 있기 때문에 설비운영 측면에서 기존의 보수개념에서 탈피해야 한다. 따라서 3개의 스테이션 건물관리를 포함하여 일상점검 및 설비 유지보수에 점차 아웃소싱을 추진하여 스테이션 관리 및 전력설비 운영체계를 개선해 나갈 계획이다.

5. 향후 계획

가. 환경친화적 설비 구축과 주변상권 조화

유행에 민감하고 자주 바뀌는 명동상가의 특성에 맞게 배전 Station 1층 전면부를 쇼윈도로 설치하고 디스플레이를 유행에 따라 교체하여 주변상권으로부터 전력시설물에 대한 친근감을 주도록 할 계획이다.

보다 적극적인 방법으로 상가변영회와 인접 상권관계자와 협의하여 설치 운영할 계획이며 또한 주변환경에 미치는 소음·진동 등을 주기적으로 측정, 관리하여 주변에 미치는 영향을 최소화 해 나갈 계획이다.

나. 배전 스테이션 운전의 안전과 유지보수

여러 많은 전력설비를 스테이션 건물 내에 집중하여 설치하다보니 주변환경 개선효과와 전력설비 점검 등 유지보수에 편의성을 제공하는 반면, 한 설비의 고장이 인접설비에 영향을 주어 연쇄적 고장을 일으키는 이른바 케스케이딩 현상을 우려하지 않을 수 없다. 더구나 스테이

다. 건물 잉여공간의 활용

여유공간이 주어지는 제1 S/T 4층을 활용하여 배전스태이션 홍보를 겸하는 교육장으로 활용할 계획이다. 활용도를 높이기 위해 평시에는 각종 사내 교육장소로서 활용하고 필요시 방문객의 홍보장소로 활용토록 추진할 예정이다.

6. 맺음말

'99년 4월 서울지역 전력설비 혁신 T/F Kick-Off를 시작하여 본 배전스테이션 준공까지 약 4년 가까이 직·간접적으로 관계하신 많은 분들의 노고와 협조에 감사드립니다. 특히 수차례 T/F 회합과 합숙토론에 적극 참여한 팀원들, 어려운 여건하에서 성실히 시공에 임해준 공사관계자, 본 사업의 취지를 이해하고 협조해 주신 상가변영회, 막대한 예산지원 등 적극 협조해 주신 한전 본사 관계자 기타 배전 Station의 준공이 있기까지 협조하여 주신 모든 분들께 지면을 통하여 진심으로 감사드립니다. ■