

지중배전기술 개선사례 분석

한국전기안전공사 전력설비처 송배전검사팀

1. 서 론

국내 배전설비는 가공이나 지중으로 고객에게 직접 전원을 공급하는 설비로서 2001. 12월 현재, 전국에 걸쳐 연장길이가 696,164km에 이르는 총 5,884회선과 약 669만본의 지지물, 143만대의 변압기를 설치 운영하고 있다. 이 같은 배전설비는 실제 해마다 2,470여 건 이상의 배전사고가 발생하고 있으며, 배전설비의 사고에 따른 정전시간은 2001년의 경우 한 수용가 당 19분에 이르렀는데, 송·변전설비에 의한 정전시간인 1.53분과 비교하면 매우 높은 수치이다. 따라서 배전계통 전반에 대한 안전관리를 사업자가 직접 수행함으로써 나타난 문제로 지적할 수 있으며, '01.7.1.부터 공동구·전력구에 한하여 0.5km이상의 지중배전설비에 대한 검사권한을 정부로부터 위임받아 안전관리전문기관에서 수행하고 그 결과 기준에 부적합한 사항을 개선하고 기존의 설비에 대해서도 동일한 시공방법과 기준에 부합하도록 조치함으로써 여의도 지하공동구 사고와 같은 유사사고가 재연되지 않도록 하고 배전설비 전반에 대한 시공을 직접 수행하고 있는 공사관계자와 열병합발전 2차 배전계통 중 지하구나 전력구내 배전설비를 직접 유지관리하시는 안전관리자 여러분 모두에게 배전설비의 안전확보를 위해 한번쯤 되돌아보는 기회가 되었으면 한다.

2. 본 론

2.1 배전설비의 안전관리

여의도 공동구 화재사고 이후 관련법과 제반규정 개정('01.4.7)을 완료하고서 정부로부터 검사업무 세부 처리지침[에안 57343-519('01.6.30)] 받고 검사절차서, 세부검사기법 활용을 위해 준비과정을 거쳐 시행하기

까지 많은 어려움이 있었으나 이를 극복하고 1년여 걸쳐 84건의 검사를 실시, 현장조치를 위한 검사결과 지적서와 시공기술과 설치기준 부적합으로 시정요구서를 발행, 시정조치 하는 등 안전관리업무에 철저를 기하고 있다.

2.2 검사업무 추진경위

○ 추진경위

- '01년 4월 7일 : 전기사업법 시행규칙개정으로 검사대상에 포함된 일정규모 이상의 설비에 한하여 사용전검사 시행
 - '01년 7월13일 : 한전 배전처 정보교류 회의시 검사지침에 관한 설명회의 개최(지중배전팀장 외 실무과장)
 - '02년 10월25일 : 현재 사업용 배전설비의 원활한 검사를 위해 회의체 구성 필요성 제기 및 실무자 회의 개최
- ※ 향후 원활한 업무추진을 위하여 년 2회 이상 정기적인 교류회의를 갖도록 상호 의견 교환

2.3 배전설비 현황

2.3.1 주요 배전지표

항목 구분	정전시간(분/호)			규정 전압 유지율(%)	배 전 손실율(%)	배전 선로 지중화율(%)	비고
	작업	고장	계				
00년실적	12	8	20	99.9	1.79	8.7	
01년실적	11	8	19	99.9	1.75	9.6	
02년목표	11	8	19	99.9	1.80	10.1	

주) 정전시간은 배전사업자 경영목표이며, 전압유지율은 정부 평가지표임

2.3.2 배전설비

○ 회선수 및 전선공장

01. 12. 31현재

구분	회선수	공장(C-km)			병가		
		고압	저압	계	고압	저압	계
지중	737	16,301	3,620	19,921	11,300 (7.2%)	55,013 (30.4%)	66,313 (19.6%)
가공	5,147	157,714	180,693	338,407			
계	5,884	174,015	184,313	358,328			

○ 지지물

(단위 : 기) '01. 12. 31현재

C. P	강관주	목주	강관철주	철주	철탑	계
6,608,113 (98.7%)	82,822 (1.2%)	991 (0.01%)	725 (0.01%)	889 (0.01%)	1,359 (0.02%)	6,694,899 (98.7%)

○ 변압기

(단위 : 대, kVA) 01. 12. 31현재

구분	대수	용량	대당
주상	1,405,744	61,347,488	43.6 kVA
지상	22,766	3,687,685	162.0 kVA
계	1,428,510	65,035,173	45.5 kVA

2.4 지중설비 고장현황

- 최근 5년간 지중배전설비 고장현황으로는 설비용량이 증가됨에 따라 고장건수 또한 증가하여 100C-km 당 약 1.5건, 3년 평균치로서 전년도 실적과 큰 차이가 없는 것을 알 수 있었으며
- 지중화를 증가에 따라 지중고장 점유율은 점차 증가하고 있어 점진적으로 변전소 인출·인하지점 등 배전선로가 집중 포설되는 취약개소를 중심으로 안전관리제도 보완이 요구됨

2.4.1 최근 5년간 발생건수 현황

구분	연도	97	98	99	2000	2001
고장건수		188	172	190	227	242
케이블공장(C-km)		13,382	14,600	14,084	14,925	16,301
100C-km당 고장건수		1.40	1.18	1.35	1.52	1.48

* 자료 : 한전 배전처 실무교재('02.3)

2.4.2 '01년 고장원인별 현황

아래 표 참조

2.5. 사용전검사

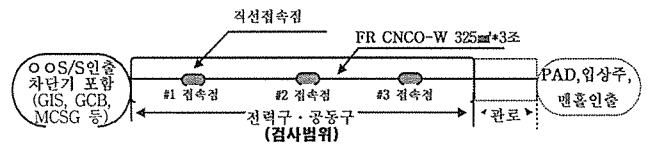
2.5.1 검사대상 및 범위

- 전기사업법시행규칙제28조제1항과 관련, 전기사업용전기설비 공사계획의 인가 및 신고대상을 [별표 5]에 정하고 공동구 및 전력구내에 설치되는 일정길이 이상의 배전선로를 그 대상으로 함

▷ 전압 1만볼트 이상으로서 선로길이 0.5킬로미터 이상의 배전선로를 설치하는 공사와 그 변경공사로서 배전선로의 연장 또는 변경되는 설비를 대상.

▷ 구내 부대설비로서 조명, 환기, 배수 및 방재설비를 포함하여 검사하도록 세부사항을 정하여 운용(검사업무처리지침 참조)

- 검사범위 '예시'



'01년 고장원인별 현황

설비	원인	외상	열화	제작불량	시공불량	기타	계	점유비
케이블		79	63	6	3	2	153	63.2
개폐기		8	8	3	-	1	20	8.3
변압기		12	7	1	-	2	22	9.1
접속재	직선	-	20	2	-	2	24	9.9
	엘보	2	9	2	1	-	14	5.8
	중단	-	6	-	-	1	7	2.9
기타		-	-	1	-	1	2	0.8
계		101	113	15	4	9	242	100
점유율(%)		41.7	46.7	6.2	1.7	3.7	100	-

2.5.2 검사실적

○ 연도별 현황

(금액 : 백만원) '02. 10. 15. 현재

연도별	설비별	배 전 설 비		비 고
		건 수	수수료	
연도별	01년	14	90	건 평균/6.43
	02년	68	181	건 평균/2.67

○ '02년 사업소별 현황

사업소	구 분	합 격	불합격	임시사용	계	비 고
서울, 경기북부		22(3)	2	4	28(3)	
경기, 인천		8	-	2	10	
충청권		4(1)	-	-	4(1)	
경상권		13(1)	-	1	13(1)	
전라권		4	-	-	4	
강원권		3	-	-	3	
제주권		-	-	-	-	
계		54(5)	2	7	63(5)	()부분합격

2.5.3 검사대상별 세부검사 항목

2.5.3.1 설치공사

○부분 사용전검사(전기사업법시행규칙제31조제4항)

- 구 구조물 부분검사(1)

- 배전선로 중 일부를 우선 사용하고자 할 경우 부분검사(2, 2+3)
- 구조물을 제외한 부대설비 부분검사(3)
- 배전선로와 차단기 부분검사(4)에 상기 (3)항을 추가하여 부분검사(5)

○최종 완성검사

- 구조물 및 배전선로 검사 완료(1,2)후 부분(3)에 (5)을 시행하였을 경우에도 완성검사, 부분검사 후 완성검사이시 각 부분 검사를 합쳐 종결

2.5.3.2 변경공사

- 변경공사 또한 설치공사에 준하여 검사를 시행하도록 하며 검사대상 설비별로 동일한 시점의 검사가 어려울 경우에는 부분검사 시행을 원칙으로 하며,
- 구 구조물 검사 중 기설 설비라도 중대한 사고발생의 우려가 있어 육안으로 확인할 수 있는 결함 사항이나 기설선로의 형태변경 등, 전력설비의 원활한 공급에 지장이 있다고 판단될 경우 토목검사 담당자와 협의하여 배전검사에 직접 참여하도록 함.

2.5.3.3 적용사례

<사례1> : 구조물을 포함하여 전체 신설의 경우

검사대상	구조물			배 전 선로	차단기	절연내력시험구간	비 고
	공동구	전력구	부대설비				
송배전	×	×	○	○	○	-회선공장,구간별 시행	
원자력(토목)	○	○	×	-	-	*변전소C/H~옥외인출C/H	

주1) 표 내 기호 설명(, : 전담부서 수행 여부)

주2) 공사계획 신고사항 중 특별히 포함하여야 할 설비를 별도 지정하였을 경우 예외로 됨

<사례2> : 구조물 기설, 배전선로 · 차단기 신설의 경우

검사대상	구조물			배 전 선로	차단기	절연내력시험구간	비 고
	공동구	전력구	부대설비				
송배전	×	×	○	○	○	- 상 동	

주1) 구조물 추가설치 여부를 확인하고 대상이 있을 경우 사례1을 적용.

주2) 부대설비는 구 구조물 완공시점 이후 경과기간과 유지관리 부서 점검실적(기록사항) 등을 확인한 후 현장에서 그 이상유무를 판정

주3) 공사계획 신고사항 중 특별히 포함하여야 할 설비를 별도 지정하였을 경우 예외로 됨

<사례3> : 배전선로 보호 · 제어장치 신설시

검사대상	보 호 장 치					R/C, S/R (가공+지중)	비고
	보호반	Ry/CB연동, Inter-Lock	T/D	RTU	SCADA		
송배전	○	○	○	○	○	검사대상의 경우	

주1) 변전소 건설공사 검사시 차단기부하시험을 실시하지 못한 경우 해당선로를 검사서에 기재하도록 함

주2) 공사계획 신고내용 중 특별히 기재항목에 지정하여 둘 경우 예외로 함

2.5.4 검사결과 개선사례

2.5.4.1 설비별 개선내용

- ▷ 공사계획 신고수리 내용과 현장 설비 불일치
 - 접속개소 수량 변경이나 부설도내 설치위치 변경으로 도서와 현장내용이 상이
 - ⇒ 현장 설치내용과 일치하도록 보완
- ▷ 구내에서 관로 또는 맨홀로 인출시(케이블 루트 변경) 타 선로와 접촉
 - 구내 타선로와 접촉 또는 근접시공으로 발생 열에 의한 정상부하 운전 불가 우려
 - ⇒ 사전 현장 여건을 충분히 고려하여 설계하도록 보완
- ▷ 케이블 분산접속 수정
 - 구내 케이블 분산 접속시 1경간(1.5m)에서 시행하도록 하고 있으나 3상을 동일한 장소에 접속하여 접속개소에 일상점검을 실시하기가 부적절하는 등 안전관리 부재우려
 - ⇒ 1경간내 분산접속 하도록 하며 향후 분산시공이 어려운 장소의 경우 1~2 경간 내 접속개소를 만들 수 있도록 개선

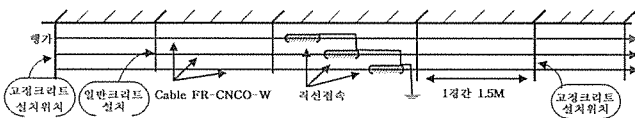
- ▷ 배전선로 지지앵글 및 행가 규격미달
 - 해당선로 회선수에 적합한 지지행가 규격 통일 요망(3회선/2회선)

(예시) - 행가 회선당 길이

①1회선용:260mm ②2회선용:370mm ③3회선용:590mm

- ▷ 배전케이블 고정 및 지지방법 보완
 - 배전케이블 시공시 기존의 행가를 이용해서 설치하고 있으나 고정 및 일반크리트 시공법이 설치기준과 달라 현장조치

(예시) 행가 및 크리트 설치기준

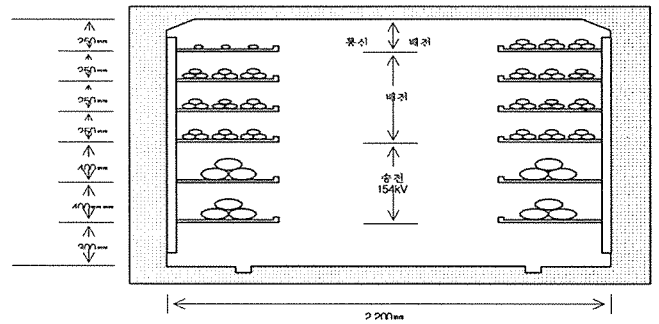


- ▷ 송배전 겸용 전력구내 Cable 표준 배치기준 부적절
 - 케이블을 지지하고 있는 행가간 간격이 기준과 상이하게 배치

(예시) - 행가 회선당 길이

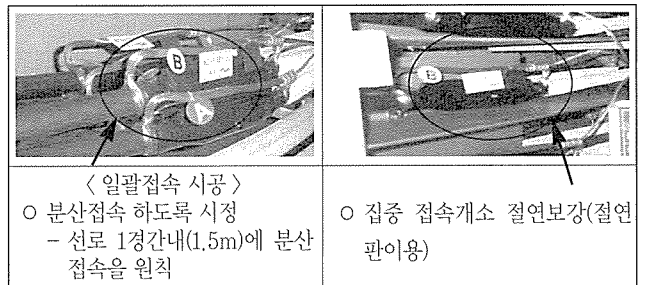
①배전선로간 행가간격:250mm ②배전-송전선로간:400mm

③기타:300mm

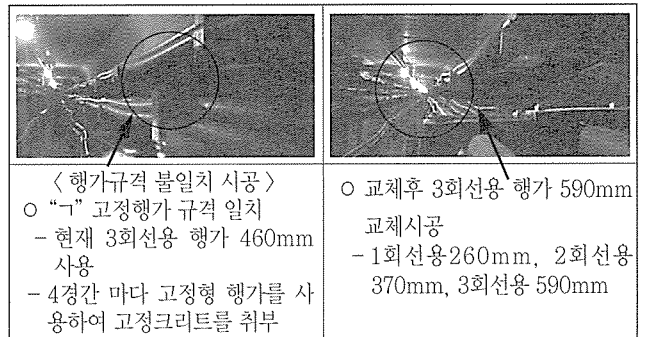


2.5.4.2 조치방법 예시

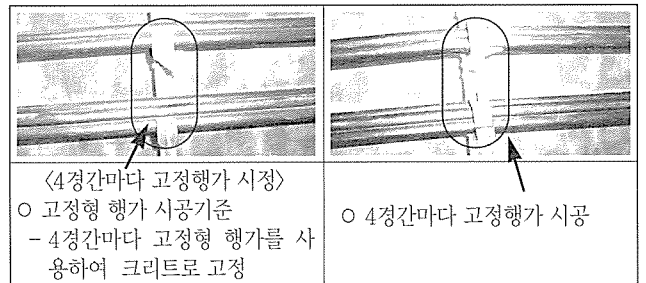
- #1. 직선 접속개소 분산접속 시정
 - 문제점 : 상간 접속부위가 중첩 시공
 - 조치사항 : 각상별 절연보강



- #2. 3회선용 행가 설치방법 시정
 - 문제점 : 배전설비 시공기준에 부합
 - 조치사항 : 고정형 행가교체(460mm ⇒ 590mm)

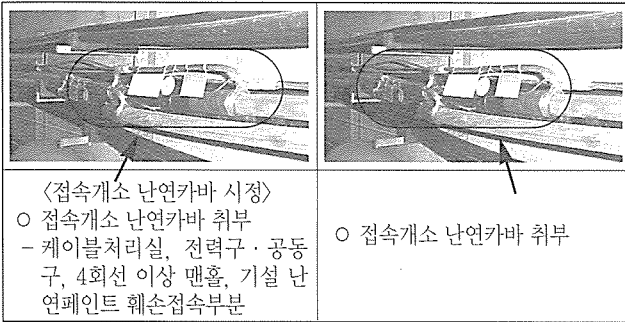


- #3. “-”형 고정행가 설치시정
 - 문제점 : 배전설비 시공기준에 부합
 - 조치사항 : “-”형 행가교체(I형 ⇒ -형)



#4. 접속개소 난연카바 취부 시정

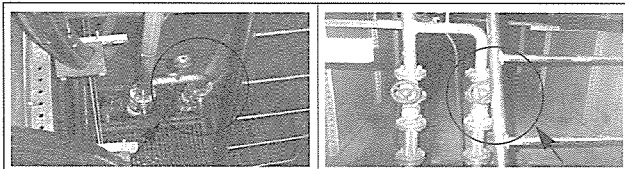
- 문제점 : 배전설비 시공기준에 부합
- 조치사항 : 직선접속개소 난연카바 취부



<접속개소 난연카바 시정>
 ○ 접속개소 난연카바 취부
 - 케이블처리실, 전력구·공동구, 4회선 이상 맨홀, 기설 난연페인트 훼손접속부분

#5. 부대설비인 집수정펌프 시정

- 문제점 : 배전설비 시공기준에 부합
- 조치사항 : 집수정 펌프 플랜지 연결부 누수



<집수정펌프 플랜지 연결부 누수>
 ○ 집수정 설치기준
 - 집수정은 전력구내 300m~400m간 중 심도가 가장 깊은 곳에 설치
 - 누수량이 일일 10m³이상인 경우 1대를 설치하고 예비 배수관을 고려,
 - 누수량이 일일 10m³~50m³인 경우 2대를 설치하고 교대로 운전.
 - 누수량이 일일 50m³초과 개소는 별도로 검토.

○ 집수정펌프 플랜지 연결부 교체

인에 대한 과학적인 분석보다는 설비주관 부서간에 책임을 전가하는 모습으로 비춰졌다.

이는 해당설비 관리주체가 공동구의 경우 구자체 및 부대설비는 지자체(시설관리공단 또는 외부관리)에서, 배전전용전력구와 배전선로는 배전사업자가, 공용전력구(송전+배전)는 계통사업자가 관리하고 있어 관리주체가 다르기 때문이기도 할 것이다.

또한 저압의 부대설비로 조명, 환기, 배수시설의 경우 구내 특고압 이상의 송전 및 배전선로 지락시 지락점의 전위가 접지 귀로선 분포위치에 따라 순간 높게 나타나 저압회로의 절연불량시 화재의 위험성은 상존해 있다 할 것이며 이와같은 사고에 대비하기 위해서는 설비관리 주체별로 명확한 관리기준과 점검기법을 활용한 철저한 안전관리가 요구된다 하겠다. 아울러 부분적이기는 하나 공동구·전력구내 배전선로에 대한 안전관리제도 시행이후 많은 문제점들을 개선하게 되어 다행스럽게 생각하며 변전소로부터 직거래하고 있는 열병합협회 관할 사업장선로나 자가용수용가의 인입전선로 안전관리업무에 조금이나마 도움이 되었으면 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 산업자원부, “전기사업용 전기설비 검사업무 처리 지침 I - 10 배전선로(전력구·공동구에 한함), pp. 64 - 65, 예안 57343-519, 2001.
- [2] 한국전력공사, “전력구 운영기준” 송변지중 A01/지중02, II 설비운영 4 운영 pp. 6 - 7, 2000.12.6
- [3] 한국전력공사 “설계기준 배전분야” no, 2000-0133-단45, 5100(케이블), 5300(지중구조물), 2000.9.7
- [4] 한국전력공사 “배전설비 시공실무” 지중설비 제7장 케이블부대공사 pp.289, 2000
- [5] 한국전력공사 “배전시공기준” 지중편 제4장 전력구케이블 pp.127, 2000
- [6] 한국전기안전공사 “케이블 무정전 점검기법 현장 적용화 연구” 제5장 케이블 접속재에서의 진단기법 pp.117, 1995.12

2.5.5 '02년 현장시정 조치내역 (표 참조)

3. 결 론

지중배전에 대한 검사는 여의도 공동구 화재사고 ('00.2.18) 이후 많은 희생과 대가를 치르고서야 처음으로 도입된 안전관리제도이다. 화재이후 사고 원인 규명을 위해 관계기관별 분석·대책내용을 보아도 원

설비별 조치실적	구 체			케 이 블				접 지			차단기 및 보호장치		부 대 설 비				기타안전설비		계	비 고
	공동구	전력구	써포트	행가	크리트	방재	기타	접지선	슬리브	기타	차단용	보호장치	조명·차단기	환기·배수	방재	기타	표시찰	기타		
건 수	1	3	4	19	25	14	31	9	3	11	-	2	12	5	12	2	47	11	211	

주1) '02년 배전검사업무 실적 분석표 참조하였으며
 주2) 조치내역 실적은 '검사후회의록'에 기재된 내용을 근거로 작성