

지중송전 케이블의 사고 예방 및 보수

곽 준근

(한전 지중선 사업처 보수부장)

1. 총 론

오늘날 지중선은 저성장시대에서 고성장시대로의 변화에 따라 가치가 다양화 되어 가고 있으며, 지중화의 필요성 및 이용률도 높아지고 있으나 공사 기간을 단축해야 하고 되도록 수명이 길어야 한다는 과제도 뒤따르게 되었다.

또한, 안정성을 전제로 설비의 신뢰도가 보장 되어야 하므로 설비의 보수 측면에서 순시, 점검, 조사, 설비 상태 파악을 전문화 하고, 이상 발생시 사고에 즉각 대처 하여야 하며 상·하수도, 통신, 가스등 지하 매설물 공사에 대하여 지중 전력선을 보호하는 일 등도 중요한 과제로 등장 하게 되었다. 이에따라 순시에 있어서도 내용과 성질이 대폭변화하여 CATV등을 보급하여 영상으로 다각도 순시 점검이 되도록 개선 되어야 할 것이며 점검도 센서를 이용한 자동화, 기계화가 이루어 져야 하고, 정보 전달의 신속화, 업무의 간소화가 이루어져 효율면과 안전면에서 진전을 가져와야 하는 과제도 있다.

종래의 OF케이블 보다 CV케이블 사용이 증가하는 추세는 OF케이블의 급유설비, 관련경보설비등 부속 설비를 대폭 간소화하여, 유지 보수 및 사고 예방을 손쉽게 하고자 하는 목적이 반영된 것이다.

결론적으로 보수 업무 목표는 무엇보다도 사고의 예방이며, 나아가 사고를 감소 시키는데 있다.

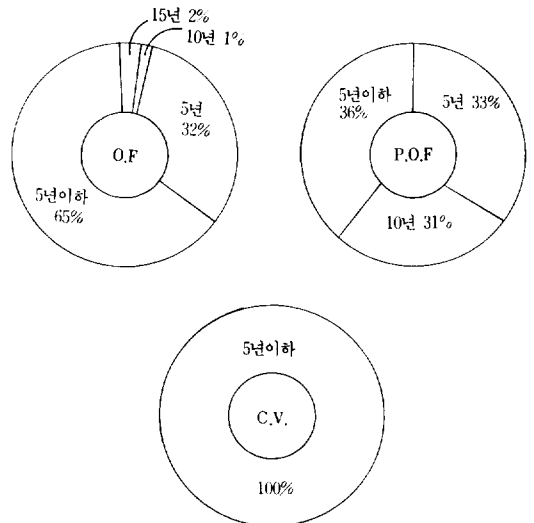
최근 사고가 점점 감소하고 있으나 도시에서의 전력 수송은 지중 송전설비의 중요한 역할이므로, 사고가 발생하면 즉각 복구하는 것이 큰 과제라고 생각한다.

2. 지중 송전설비의 변천 현황

2.1. 년도별 케이블 설치 현황

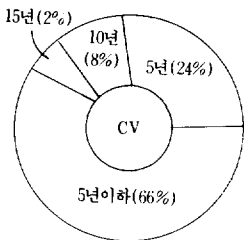
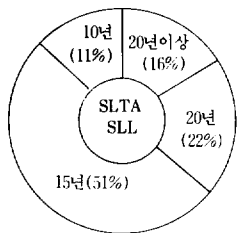
(가) 154KV및 66KV지중 선로

케이블 종류	경과년수	경과년수(공장C·Km)				계
		15년이상	10년	5년	5년이하	
154KV	O.F	5,092	1,440	55,308	113,044	174,884
	P.O.F		11,628	12,258	13,383	37,269
	C.V				15,039	15,039
66KV C.V					5,085	5,085
계		5,092	13,068	67,566	146,551	232,277



(나) 22kv 지중선로

케이블 종류	경과년수(C-Km)						계	
	20년이상	20년	15년	10년	5년	5년이하		
22KV	SLTA	1,601	2,244	5,167	1,146	-	-	10,158
	SLL			2,957	25,413	75,635	206,938	310,943
	CV							
계	1,601	2,244	8,124	26,559	75,635	206,938	321,101	



2.2. 설비 사고 현황

설비의 종류, 량, 질의 변천 과정이 보수의 중요한 지표가 된다.

'87년도 km당 사고건수는 0.04건으로 감소 추세에 있으나 사고 원인의 내역을 보면 자연 열화, 시공 불량, 외상, 부

식(기타)으로써 이중 외상 사고가 타사고보다 많아 사고 방지를 위한 홍보와 특별 순시의 강화가 요구 된다.

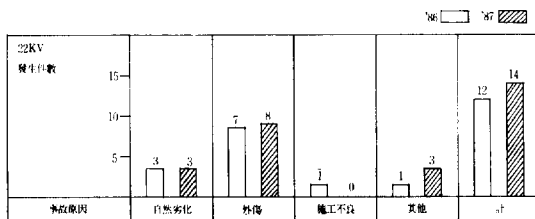
2-2-1 설비 사고 현황(87년도)

電壓別	項目	目標	實績	達成率 (%)	備 考
22KV	自然劣化	2	3	50	
	外 傷	9	8	111	配電工事部 送電工事部1 釜山支所1
	施工不良	1	0	200	
	其 他	2	3	50	器機事故1, 配電工業部1
	小 計	14	14	100	
154KV	外 傷		1		
	自然劣化		1		

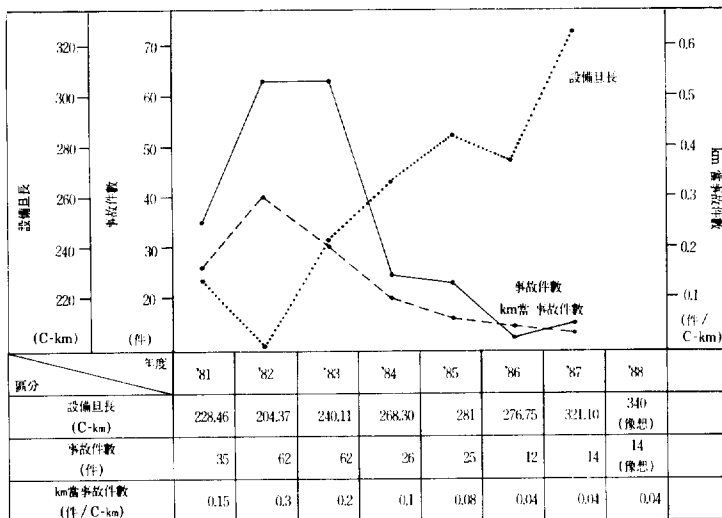
'87.12.31

(가) 前年對比 原因別 事故現況

項目	22KV			154KV		
	'86	'87	前年對比率 (%)	'86	'87	前年對比率 (%)
自然劣化	3	3	100		1	
外 傷	7	8	114		1	
施工不良	1	0	-			
其 他	1	3	300			
小 計	12	14	116		2	



(나) 配電設備對 事故比較



2-2-2 原因別 事故分析

* 月別 事故件數

事故原因	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計	備考
	年度														
外 傷	'86		1	1			1	1			1	1	1	7	
	'87	1				2	1			1	1	1	1	8	
劣 化	'86	1					1					1		3	
	'87		2										1	3	
施工不良	'86			1										1	
	'87														
其 他	'86										1			1	P.Tr 사고 원방
	'87											1	2	3	SW1 토압가중기
計	'86	1	1	2			2	1			2	2	1	12	
	'87	1	2			2	1			1	1	2	4	14	

(가) 外傷事故

· 加害工事別

件數

年度	工事別	建 築	下水道	GAS	道 路	電 氣	計
'86		3	2	1	1	0	7
'87		1	3	1	1	2	8

· 加害 機關別

件數

年度	工事別	建築業	市區廳	GAS 公社	韓 電	其 他	計
'86		4	2	1	0	0	7
'87		1	2	1	2	2	8

· 加害 裝備別

件數

年度	工事別	포크레인	삼	곡괭이	其 他	計
'86		5	1	1	0	7
'87		4	0	2	2	8

* 分析

○ 大型工事 現場의 掘鑿裝備에 의한 事故가 대부분이며, 夜間(24時 以後 2件, 20時 以後 1件) 및 새벽과 退勤 時間帶 등 線路巡視 脆弱時間帶에 主로 發生하고 있음.

○ 우리 事業處에서 施工 監督하는 工業現場에서 發生한 事故가 3件으로 埋設物의 未確認과 監督 疏忽로 인해 發生된 것으로 판단됨.

(나) 自然劣化

發生 日字	竣工 年度	事故區間	케이블 種類	事故 位置	劣化測定			備 考
					測定日	測定值	判定	
87.3.1.	74	뉴서울 H/T ~ 코오롱 B/D	SLTA	케이블				○ 87.12.2. CV 325口로 交替完了
87.3.25	70	은정 B/D ~ 중앙우체국	SLL	-				○ 87.5.14 CV 325口로 交替完了
87.12.27	76	백남 B/D ~ 반도조선 아케이트	SLL	SL-CV 접속점	87. 2.21	1.3.μA	良好	

※ 分析

事故發生 線路가 SL系統의 케이블로 2個 線路는 '87 補強計劃에 의거 交替 完了하고 1件의 事故는 SL-CV 접속점(3M)에서 發生된 것으로 초창기 접속 숙련 미숙에 의한 것으로 추측 됨.

2-2-3 년도별·사고원인별 현황

(단위:건)

사고원인	년도	70년이하~	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	계
외상사고				23	19	5	13	35	26	9	12	7	8	157
자연열화				26	19	13	20	22	16	10	11	3	3	143
시공불량				2	2	3	-	2	4	5	2	1	-	21
자재불량				1	-	1	1	2	-	-	-	-	-	5
지반침하				1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	3
기기사고				-	-	1	-	1	-	-	-	-	1	3
기 타				2	6	1	-	-	2	2	-	1	2	16
계				55	46	25	35	62	48	26	25	12	14	348

3. 지중 송전 설비의 점검 기술

3.1 보수 업무의 개요

보수 점검은 전력의 안정된 공급과 설비를 안전하게 유지 하기 위한 것이다. 즉 순시 점검을 통하여 설비의 상황을 충분히 파악하고 이상 유무를 조기 발견하여 적절한 대처를 취하므로써 사고로 인한 재해를 미연에 방지 하는데 있다. 만약 사고가 발생하면 신속하게 복구 처리 하여야 하는 바 이를 위한 업무를 소개 하면 다음과 같다.

항 목	보 수 업 무	
이상발견	순 시	선로의 유지에 지장을 주는 개소를 발견
기능파악	점 검	기능유지 사고 미연 방지를 위한 자세한 이상유무 및 경향파악
이상처리	보 수 사고복구	순시 점검으로 발견된 설비 이상 개소를 처리
타기관 접근 공사에 대비 한 안전	타공사 입 회	타기관 공사가 전기설비에 주는 영향을 파악 보안조치를 취함

장차 변화가 많아야 할 항목	· 설비 관리 기계화 · 자동화 · 分 析	소내사무업무 27%
	· 센-서 기술 · 인간→기계화 · 자동화	점 검 18%
변화가 있어야 할 항목	· 설비의 개량	보수 16%

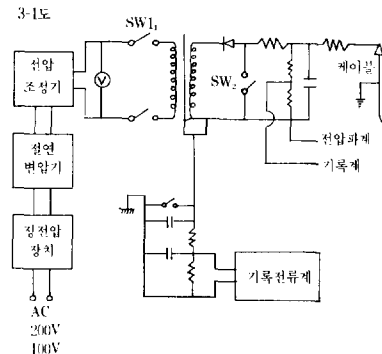
구체적으로 볼 때 보수 업무의 업무별 점유 상태를 보면 순시 31 % 점검 18%, 사고복구 1%, 보수16% 타공사입회 7%, 소내사무업무 27%로써 다음과 같은 대책이 필요하다.

3.2 케이블 절연 측정

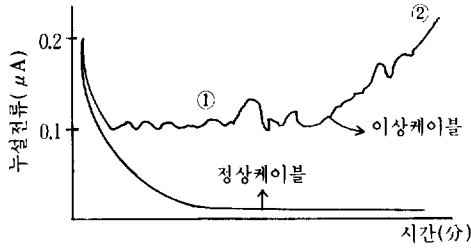
케이블 외부 점검 외에 전압을 가하여 절연 성능을 파악키 위한 방법에는 누설 전류 측정, 유전 징점 측정, 부분 방전 측정등이 있다.

(1) 누설 전류 측정

3-1도에서 보는 누설 전류 측정은 22KV케이블 절연 진단법을 실용화하여 누설 전류가 정상인 경우는 기록 유지하고 이상이 발생하여 누설전류가 과대할 경우에는 시간 경과에 따른 누설 전류 상태를 파악 후에, 기록한 data를 참고, 보강 계획에 반영 함.



(a) 누설 전류 측정 회로(예)



(b) 누설 전류, 시간의 특성(예)

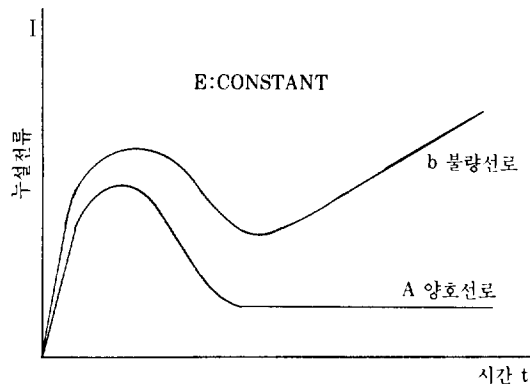
〈시험전압 및 판정기준〉

○ 내압시험

케이블공칭전압	인가전압		인가개소	인가시간
	직류(kv)	교류(kv)		
6.6kv·△	20.7	10.35	심선-대지간	연속10분간
22.9kv·y	46	23	-	-
22kv·△	62.5	31.25	-	-
154kv	354.2	177.1	-	-

○ 누설전류

공칭전압	인가전압	판정 케이블	양호	요주의	불량
6.6.kv·△	DC10kv	CV케이블	10μA / km 이하	11~50 μA / km	○ 51μA / km 이상 ○ 과기범위에서 전류치가 급격히 변동되는 경우 및 각상의 바란스가 취해지지 않은 경우 ○ 201uA / km 이상 ○ 위와 동일
22kv·△	DC30kv	BN·			
22.9kv·Y		EV·			
		SL·	50μA / km 이하	51~200 μA / km	
성극비					1미만
시간분평형율					20%이상



절연열화시험 측정도표

$$\text{선 간분평형율} = \frac{3\text{상중 누설전류 최대치} - \text{최소치}}{3\text{상중의 누설전류 평균치}} \quad (3\text{분지})$$

6kv급 케이블 인가전압은 D.C 10kv

3kv급 케이블 인가전압은 D.C 5kv

성극비(누설전류~시간특성)

전압에 따라 인가전압은 1분후의 누설전류와 3분후의 누설전류에서 다음과 같이 성극비를 구한다.

$$\text{성극비} = \frac{I_1}{I_3}$$

I₁: 1분후의 누설전류

I₃: 3분후의 누설전류

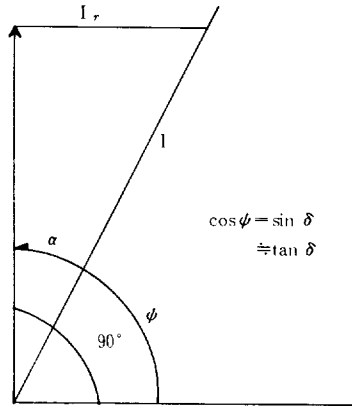
성극비 < 1일때는 불량으로 판정한다.

일반적으로 배전케이블에 대하여는 회선당 길이가 짧기 때문에 절연저항, 누설전류등 말단부의 영향을 받게 됨을 고려 해야 한다. 그러므로 결과의 분류에 대하여는 단순히 기계적으로 처리 하지 말고 시설조건, 측정조건 등을 종합적으로 평가 하여야 한다.

(2) 誘電正接 測定法 (tanδ)

케이블에 교류전압을 인가시 전류位相이 進相이므로

tans로써 케이블 절연체 열화정도를 알수있고 tans가 증가하면 집중 관리 하여야한다.



예로써 공사준공후 0.04% tans가 4년후 0.375%의 실적을 보여주는 선로가 있다.(22KV케이블)

(3) 部分 放電 測定法

잔류전압 측정法이 있으나 생략함.

(4) 참고사항

참고로 일본의 OF케이블 절연유 관리 기준은 아래와 같다

· 油中GAS 分析 · 物理특성시험 관리기준치

관리항목

T.C.G	기준치	비고
可燃性 gas량	1500PPM	異常 gas 發生이 評價자료
H ₂	500PPM	H:코로나 발생 C ₂ H ₂ :아크발생 CO, CO ₂ :절연체 과열 CH ₄ , C ₂ H ₄ , C ₃ H ₆ :油 저온분해 C ₂ H ₄ , C ₃ H ₆ :油의 고온분해
C ₂ H ₂	Trace	
CO	100PPM	
CO ₂	1000PPM	
CH ₄	200-	
C ₂ H ₄	200-	
C ₂ H ₄	200-	
C ₃ H ₆	200-	
C ₃ H ₆	200-	
C ₃ H ₆	200-	
全酸價	0.02 KOH mg / g	화학적 油 열화
수분	10PPM	機密性 絶縁성능에 영향
체적저항율	1×10 ¹³ Ω·cm	絶縁성
誘電正接	2%	

을 주로 하는데 장래는 상태 감시를 자동화 하는것이 과제로 되어있다.

당사에서는 앞으로 감시를 자동화 하기위한 시험 설비를 '88-'89·2까지 설치 시험운영할 계획이며 개요를 소개하면 다음과 같다.

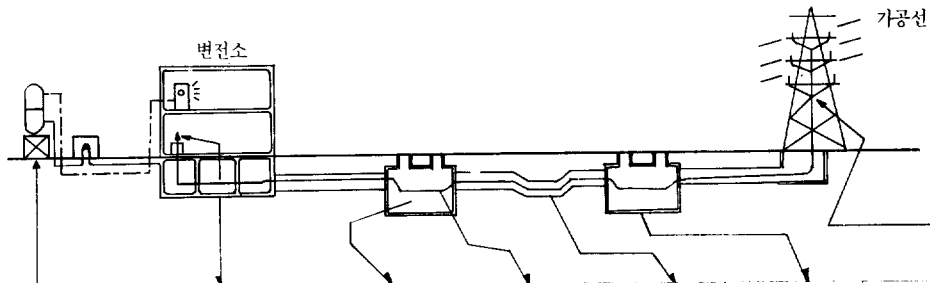
- (1) 과제명 : 전력구의 보안통신 및 감시제어 시스템개발
- (2) 목적 : 전력구내의 설비보수및 점검작업시 긴급연락(구내외간 통신)과 구내의 상태파악등의 어려움을 해소하고, 장치 사고유발등의 문제점을 감시하여 미연에 방지코자함.
- (3) 문제점 : ① 전력구내및 내외간 통신(통화및 업무 연락) 곤란.

- ② 인화성및 유해성 가스 누적
- ③ 구내의 온도및 배수 문제
- ④ 구내 설비(Fan, Pump)의 상태파악및

3.3. 點檢기술

점검내용 : 주안점 예시참조(접속부, 중단상)

원방제어



설비	급유장치	중단접속상	중간접속상	케이블 본체	관로	맨홀	입상케이블
점검항목	<ul style="list-style-type: none"> ○ 油의 有無 ○ 유면계 오염 ○ 밸브 조작 ○ 경보발신장치 ○ 바킹 볼트 조임상태 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 애자 파손여부 ○ 누유 유무 ○ 절연 혼합물상태 ○ 연공부 균열 ○ 바킹 볼트 조임 상태 ○ 도체 인출봉 과열 ○ 접지선 접촉 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 누유 유무 ○ 방식층 ○ 연공부균열 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 표면 상태 ○ 균열·이동량 ○ 온도 ○ off-set ○ 곡률 변경 ○ 변형 상태 ○ 전기특성시험 ○ 직류누설전류 ○ tan.δ 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 관로도통 상황 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 누수 ○ 사다리 ○ 콘크리트벽 ○ 벽체파손 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 크리트 점검 ○ 케이블 취하
이상발견예	<ul style="list-style-type: none"> ○ 누유 ○ 경보 부동작 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 누유 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 누유 ○ 접지선전식 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 누유 ○ off-set 변형 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 토사유입 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 누수 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 크리트

3.4. 전력구 보수 점검

전력구는 통상 조명, 환기설비, 배수등 부대설비 점검

- ⑤ 보수원 및 작업원의 안전.
- ⑥ 구내 관계자의 출입통제.

(4) 시험설치 감시제어 선정항목

	설비별	내용	목적
1.	전원설비	① 차단기(E.L.B)	개폐
		② 개폐기(S.W)	개폐
2.	배수설비	③ 집수정	수위
		④ 제어반	전원상태
		⑤ 모타	전원상태
		⑥ 펌프	배수여부
3.	환기설비	⑦ 온도, 습도, 가스	계측
		⑧ 제어반	전원상태
		⑨ 환풍기	환기여부
4.	출입자관리	⑩ 출입문	개폐
5.	조명설비	⑪ 조명등	고장표시

4. 지중선 설비관리의 자동화 및 기계화

지중선 설비의 효율적 보수 운영을 위하여는 설치장소·수량·제작자이력 실태를 항상 정확히 파악할 필요가 있다.

특히 지중선은 지상에서 직접 관찰 할수없는 특성을 갖고있어 시설환경의 변화에 따른 점검, 개수, 사고 처리등의 내용을 설비자료로 항상 정비기록, 통계화하여 현장의 설비 보수에 운용되어야하고 그 data는 선로 신·증설계획, 설계, 공사의 기초자료에 대단히 중요하게 쓰여지고 있다.

지중선 설비는 量的으로 增加하고 있고, 高電壓化, 大容量化 되어가고 있으며 또한 대형화, 복잡화하여 가고 있으므로 변화하는 설비양상에 대처하기 위하여는 설비 관리의 기계화 설비의 자동화가 이루어져야 할 것이다.

4.1. 설비 이상정보 전달의 자동화

O.F케블의 누유, POF케이블의 누유 등으로 설비의 이상정보 발생하면 정보를 發信해 전력소에 送信되고 電力소 직원이 電話로 지중선 담당자에 연락을 하게되는데 이는 신속한 전달이 안되고있는 실정이다.

모든 설비의 이상이 초기에 대처하지 않으므로 급속한 기능저하로 발전하여 중고장으로 진행되기 때문에, 설비 이상정보 전달의 자동화가 이루어 져야한다.

4.2. 설비 관리의 기계화

신·증설로인한 계통의 변경, 개수등으로 보수점검등, 설비관리에 관계되는 일들이 대단히 많이 發生하는데 많은 정보를 신속히 處理하기 위하여는 설비 관리의 기계화가 있어야겠다.

- ① 업무의 표준화, 기계화
- ② 부문간 연관 정보의 일원화
- ③ 도면 관리의 기계화
- ④ 설비 통계의 기계화
- ⑤ 사고통계 업무의 기계화
- ⑥ 송전용량 관리의 자동화및 기계화.

5. 결 론

앞으로 보수관리를 효율적으로 대처하기 위하여, 또한 대용량화및 새로운 설비 증가에 따른 각종 정보처리, 기술의 진일보를 위하여 자동화및 기계화 기술을 과감히 도입 적용하여야 설비의 수명을 극대화하고, 안정된 전력공급을 효율적으로 이룩할수 있을 것으로 생각한다.

· 보수기술의 방향과 과제

구분	현상과악	목표	대응책
[MAN] 보수원	· 보수요원 증가억제 · 보수요원의 보수공장 증가 · 설비량증가및 이상증가	· 보수요원 증가없이 보수 · 기능 유지향상	· 자동화 · 기계화
[MATERIAL] 관로 케이블	· 신재료의 설비증가 · 고도성장기에 건설이 대량으로 설비 노후시기	· 설비이상 발생억제 · 노후설비 개보수	· 재료제품의 개량 · 신뢰도 높은 설비제작
[MACHINE] 측정기, 보수공구 매설도면	· 측정기 정밀급요구및 측정기술 확립 · 측정작업의 번잡 및 장시간 소요	· 고정밀 측정 · 설비실패를 확실히 파악	· 측정기개발 · 측정시간 단축 · 무정전 측정 · 매설 도면의 정비
[METHOD] 순시 방법 점검방법	· 설비량 증가에 따른 설비관리 과다 · 장기 경년설비 과다 · 설비사고중, 이상, 과실 케이블열화, 시공불량과다	· 이상 열화 판정기준 작성	· 통계 방법에 의한 판정기준 확립.
[MEASURE] 열화판단 이상판단	· 케이블열화 진단기술 확립	· 설비실패를 효과적으로 순시 점검실시	· 장애 발생을 반영