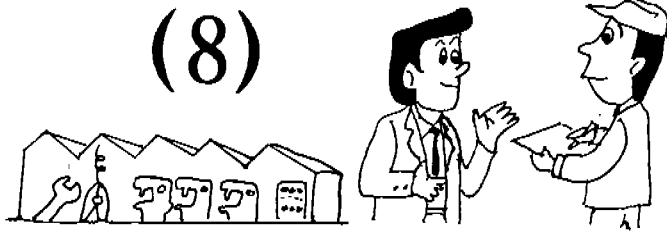
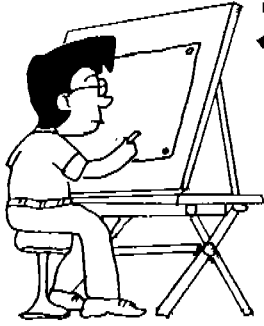


현장 기술자를 위한

# 전기설비의 운용기술 (8)



역/박 한 중(당협회 출판위원)

## 6. 수전보호 시스템과 그 운용기술

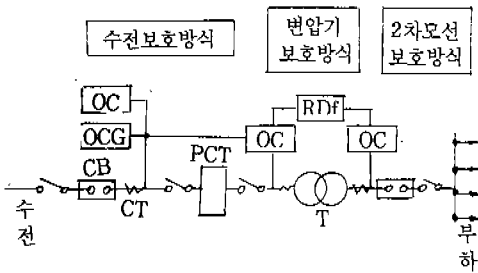
### 가. BASIC

#### (1) 수전설비의 보호

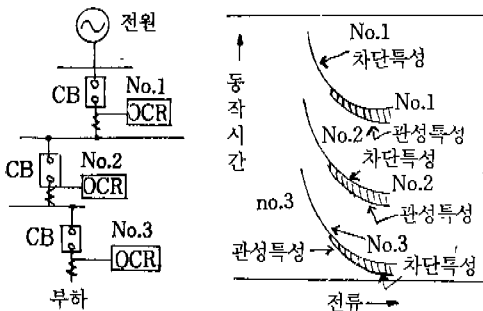
수전설비의 보호에는 그림 1과 같이 수전 보호, 변압기 보호, 2차모선 보호가 있다.

#### (2) 과전류 보호

고장이 생기면 고장점에서 부하측만을 차단하는



<그림 1> 수전설비의 보호방식



<그림 2> 단계시한에 의한 선택차단

방식이 그림 2의 단계 시한방식이며 널리 사용되고 있다.

시한의 결정방법은

$$kT_{RY1} > T_{RY2} + T_{CB2}$$

단,  $T_{RY1}$ : 상위측 과전류계전기의 동작시간[s],  $T_{RY2}$ : 하위측 과전류계전기의 동작시간[s],  $T_{CB2}$ : 하위측 차단기의 차단시간[s],  $k$ : 상위측 과전류계전기의 관성특성계수

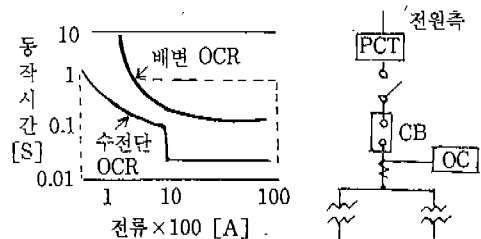
#### (3) CB형에서의 과전류 보호

고압수전설비의 CB형 과전류 보호협조예를 그림 3에 나타낸다. 수전단 OCR(과전류계전기)의 시한은 전력회사 배전용변전소의 OCR 시간보다 반드시 짧아진다.

CB형 OCR의 시한 조정예를 나. 항에 든다.

#### (4) PF: CB형에서의 과전류 보호

고압수전설비의 PF·CB형의 시한협조를 그림 4에 든다.

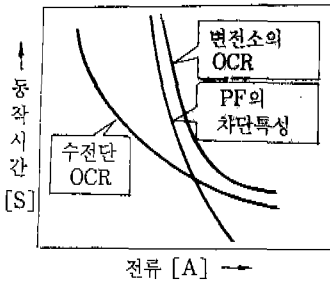


<그림 3> CB형의 과전류보호협조예

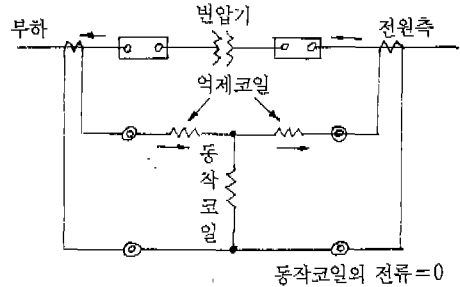
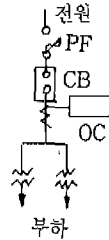
나. OPERATION

CB형에서의 고압 수전용 보호계전기 조정예

계전기의 종류	용도	동작조정치	한시조정치	비고
과전류계전기	유도형	일반부하 계약최대전력의 120~170%	정한시 부분에서 0.2초 이하로 하고 0.1초를 표준으로 한다. 정한시부분에서 0.2초 이하로 한다. 정한시 부분에서 1초이하	① 변압기의 돌입전류나 전동기의 시동전류 등에서 동작하지 않도록 한다. ② 차단기 트립방식에 변류기의 2차 전류를 이용하는 것 (CT트립방식)에서는 계전기 동작시에 차단기의 동작이 불확실해지지 않도록 차단기의 플랜저 트립 동작치를 고려하고 탭 값을 조정한다. (과전류계전기와 조합하지 않는 경우)
	변동부하	상동의 200~250%		
유도형에 순시요소가 달려 있는 것	일반부하 및 변동부하 유도형동작분 계약최대전력의 110~150% 순시요소분 계약최대전력의 500~1500%	순		
차단기 플랜저 트립	일반부하	계약최대전력의 140~200%	순	



<그림 4> PF·CB형의 과전류보호협조예



<그림 5> 비율차동계전기에 의한 변압기보호

다. MAINTENANCE

(1) 변압기 보호

변압기 내부고장의 전기적인 보호로 비율차동계전기가 그림 5와 같이 사용되고 있다. 비율차동계전기는 정상시는 변압기 고압측의 CT 2차전류나 저압측 CT 2차전류와 역위상이 되도록 CT회로가 접속되어 있으므로 정상시는 역위상으로 흐르는 전류에 의해 계전기에 동작력이 없다. 그러나 변압기 내부에 사고가 발생하였을 때는 변압기 고압측 및 저압측 CT의 2차전류는 동위상이 되므로 계전기가 동작한다.

(2) 여자돌입전류

변압기 보호에 대해서 문제가 되는 것은 여자돌입

전류에 의한 계전기의 오동작인데 이것에는 다음과 같은 대책이 있다.

- ① 계전기에 0.2~1.0[s]의 타이머를 단다.

구분	여자돌입전류		내부고장전류	
	1사이클계	2사이클계	CT 불포화	CT 포화
직류분	58	58	38	0
기분파	100	100	100	100
제2조파	62	63	9	4
제3조파	25	28	4	32
제4조파	4	5	7	9
제5조파	2	3	4	2

<그림 6> 여자돌입전류 파형분석예

② 직류분 억제 및 고조파 억제요소불이의 계전기  
기를 채용한다.

이것은 그림 6과 같이 여자돌입전류에 제2조파분이  
많은 것에 착안한 것이다.

**라. PRACTICE**

(특고수전설비의 수전용 계전기 조정예)

조 정 치					
용 도	계전기의 종류	요 소	동작전류치	한 시 치	비 고
단 락 보 호	순시요소불이 과전류계전기 또는 고속도 과전류계전기 + 한시 과전류계전기	순시	변압기2차단락 전류의 150%	-	
		한시	계약최대전력 의 150~170%	변압기2차단 락시에 0.6초 이하	
지 낙 보 호	지락 과전류계전기	-	완전지락시 지락 전류의 30%	완전지락시에 0.2초 이하	변류기의 특성차 등에 따라 오동작하지 않는 범위에서 가급적 작은 것이 요망된다.

COLUMN CB: 차단기, PF: 전력 퓨즈, S: 부하개폐기,  
대전류 차단용 전류 퓨즈로 하고 과전류, 소전류 차단용  
차단기로 한다.

**7. 신뢰도 향상과 사고대책**

**가. BASIC**

(1) 신뢰도의 향상

- ① 전기설비는 이중계로 하거나 예비기를 가질 것.
- ② 메인트넌스 프리 기기를 도입한다.
- ③ 컴퓨터에 의한 최적 운용제어방식으로 한다.

(2) 신뢰도 평가

신뢰도 평가법에는 그림 7과 같은 아베일라빌리티  
가 있으며 이것을 1.0에 근접시켜야 한다.

$$\text{아베일라빌리티 } A = \frac{T_i}{T} = \frac{T_i}{T_u + T_d} = 1 - U_A$$

$$\text{언아베일라빌리티 } U_A = \frac{T_d}{T} = \frac{T_d}{T_u + T_d}$$

고장률  $\lambda = F/T$ , 평균고장률  $r = T_u/F$

고장정지시간  $\lambda \cdot r = U_A$

단  $T_i$ : 연동작시간,  $T_u$ : 연정지시간  $F$ : 총고장수

$T$ : 연관측시간

<그림 7> 신뢰도 평가법

(3) 2차모선 보호

통상 수전변압기의 2차전압은 33kV 이하이고 2  
차모선은 대부분 큐비클에 수납되어 모선사고가 일  
어나는 일은 극히 드물기 때문에 일반적으로는 2차  
모선 보호는 특별히 하지 않는다.

(3) 설비에서 본 신뢰도 향상대책

전기설비의 신뢰도 향상대책을 그림 8에 들었다.  
신뢰도가 높은 설비를 도입하는 것과 또 그것들을  
큐비클 등 사고가 일어나기 어려운 곳에 설치하는  
것이 중요하다.

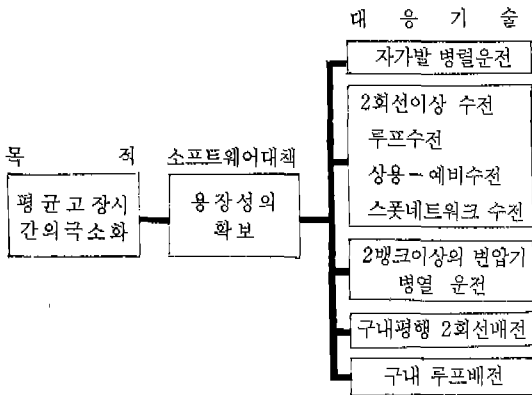
(4) 메인트넌스에서 본 신뢰도 향상대책

- ① 순시점검, 정기점검, 세밀점검을 충분히 하여  
사고발생을 사전에 잡아낸다.
- ② 정기점검, 세밀점검시에는 내용 연수가 된 부  
품은 신품과 교환한다.

대상설비	66/77kV 수전설비	주변압기설비
항목		
고신뢰도기기의 사용	○ 가스차단기 채용	○ 완전유밀봉방식 채용
폐 쇄 화	○ 폐쇄배전반 채용 ○ GIS, OIS 채용	○ 충전부 차폐구조 채용
염 진 해 대 책	○ 내염해기기 채용 ○ 환선세정기 사용 ○ 폐쇄화	○ 내염해부싱 사용 ○ 환선세정기 사용 ○ 충전부 차폐구조 채용
사 고 파 급 방 지	○ 특별히 방울 구분 한 폐쇄배전반 채용	

<그림 8> 전기설비에서 본 신뢰도 향상대책

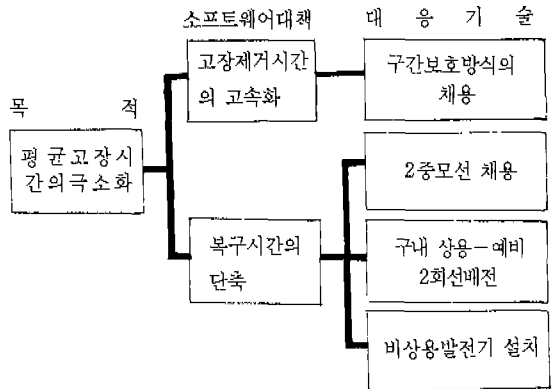
③ 평상시부터 사고시 대책을 검토하여 신속히 대응할 수 있도록 한다.



[주] 자가발=자가발전설비

나. OPERATION

(전기설비 구성방법에서 본 신뢰도 향상대책)



다. MAINTENANCE

(1) 기기의 사고

그림 9는 일본의 1977년부터 1987년까지 11년간 자가용 전기설비의 기기별 사고발생 상황이다. 이것을 보면 인입 케이블, 개폐기, 주상유입개폐기, 계용변성기가 사고율이 높은 것을 알 수 있다.

설비	사고발생기기	건수	구성률 [%]
수전 설비	고압모선(접퍼선 포함)	67	6.2
	고압에자	99	9.1
	계용변성기	111	10.2
	변류기	44	4.1
	영상변류기	39	3.6
	전력수급용계용변성기	17	1.5
	개폐기	157	14.5
	주상유입개폐기	127	11.7
	유입차단기	16	1.5
	고압커트아웃	19	1.8
	피뢰기	27	2.5
	변압기	58	5.4
	콘덴서	46	4.2

<그림 9> 수전설비의 사고발생 상황표

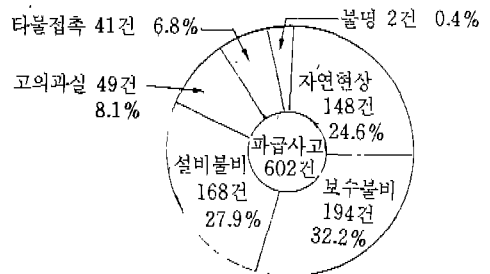
(2) 파급사고

자가용 전기설비의 사고에 의해 전력회사의 배전용변전소 보호계전기를 동작시켜 배전선을 정전시키는 것을 파급사고라고 하는데 사고원인은 그림 10과 같이 보수불비, 설비불비 등 기술면에 기인하는 것이 약 60%나 된다.

(3) 사고대책

① 일상점검, 정기점검을 효과적으로 실시하여 사고의 징후를 파악, 사고를 미연에 방지한다.

② 사고가 발생한 경우 보호계전기에 의해 사고구역을 최소한으로 한다.



<그림 10> 자가용시설의 원인별 파급사고발생상황 (1973년 ~ 1976년, 일본의 경우)

③ 사고복구 순서를 사전에 충분히 검토하고 이를 주지시켜 둔다.

④ 정기적으로 모의 사고훈련을 실시하여 기술향상에 노력한다.

⑤ 사고가 발생하면 예비기로 전환시킨다. 그리고 사고시의 공급신뢰도를 높이기 위해 여러가지 수전방식이 연구되고 있으며 스펙트럼 네트워크 배전 등도 보급되어 있다.

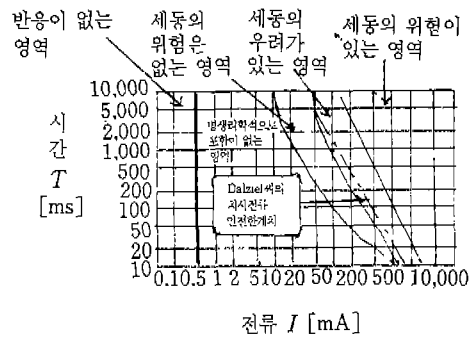
**라. PRACTICE**

(감전사고와 전격전류)

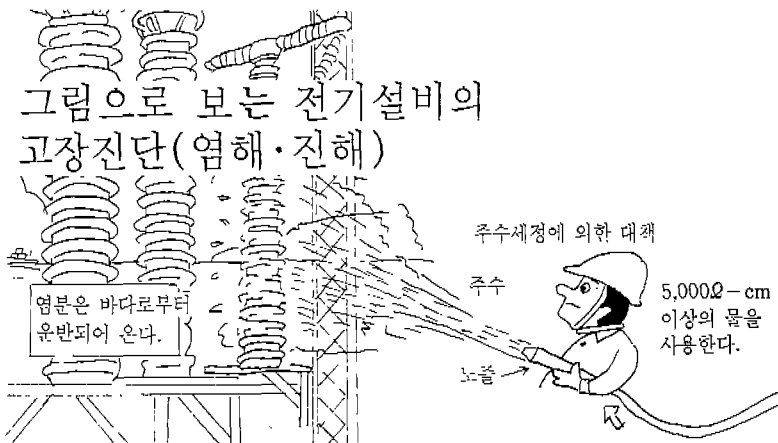
(1) 감전사고 : 고압 자가용 구내에의 사고 건수는 감소하지 않고 있다.

(2) 전격전류와 인체반응 : 그림 11은 상용주파의 전류를 체중 50kg인 성인의 손과 발간에 흘린 경우의 인체반응을 나타내고 있다. 전류 1mA에서 인체에 느낄 정도이지만 5~10mA가 되면 상당

한 통증을 느끼고 100mA에서는 사람이 사망한다. 감전사고를 방지하는 데는 안전모 등과 같은 안전용구의 착용이 중요하다.

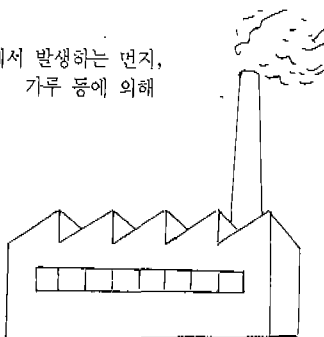


<그림 11> 인체에 흐르는 교류의 영향



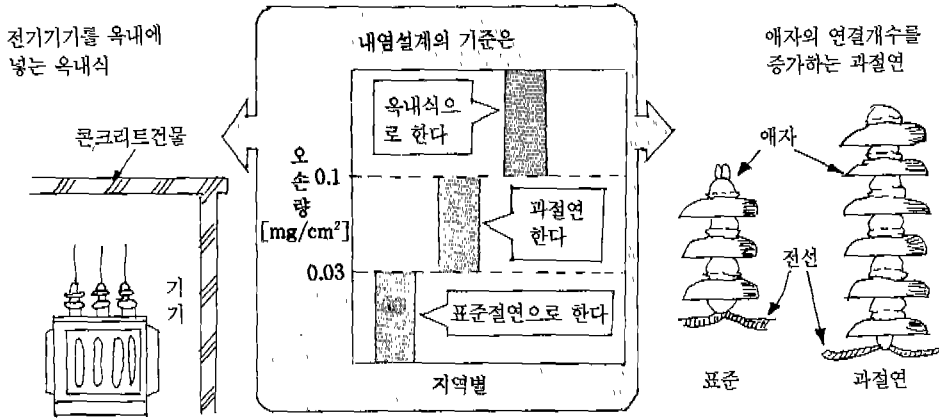
그림으로 보는 전기설비의 고장진단(염해·진해)

진해는 공장에서 발생하는 먼지, 광석, 시멘트 가루 등에 의해 발생한다.



실리콘 컴파운드를 애자표면에 도포한 염진해대책  
실리콘 컴파운드의 수명기준

오손지역의 종류		수명의 기준
염해오손 주체의 지구		18~24개월
염(주) + 염진 오손지구		9~12개월
염진이 극단적으로 많은 지구		6개월정도
염(주) + 사진 오손지구		9~15개월
시멘트 오손지구	오손량 대	9개월
	오손량 보통	18~24개월
기타 오손이 많은 지구		6개월



#### 4. 배선설비 운용기술

수변전설비에서 부하설비(전동기, 형광등, 용접기 등)에 전기를 보내는 역할을 하는 것을 “배선설비”라고 한다.

배선설비에는 가공전선, 지중전선, 옥내배선이 있다. 어떻게 보면 눈에 띄지 않는 존재지만 일단 사고가 생기면 큰 영향을 미치게 된다.

배선설비의 주요 설비는 전선·케이블과 배선용차단기인데 이것들은 상호 협조가 취해진 방법으로 운용되어야 한다.

여기서는 배선설비에는 어떠한 방식이 있고 배선용차단기나 누전차단기는 어떻게 운용하는 것이 좋은가 등에 대해서 기술하기로 한다.

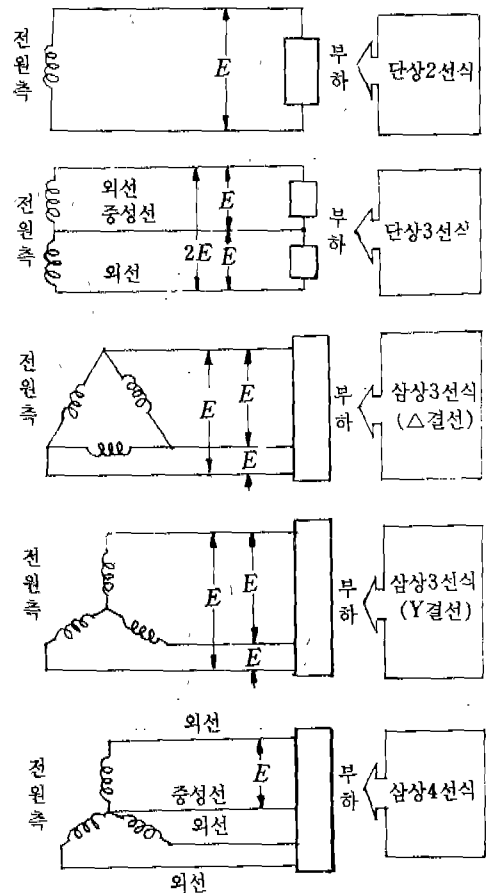
##### 1. 배선회로의 특성과 운용

###### 가. BASIC

###### (1) 전기방식의 종류

배선회로의 전기방식에는 다음과 같은 종류가 있다(그림 12 참조)

- ① 단상2선식
- ② 단상3선식
- ③ 삼상3선식
- ④ 삼상4선식



<그림 12> 각종 전기방식

(2) 전기방식의 비교

부하에 동일전력[kW]을 배전하는 데 필요한 배선회로의 전선 동량은 다음과 같다. 다만, 배전선거리와 선로손실은 동일하다고 하였다.

전기방식의 비교

전기방식	중성선의 굵기 (외선에 대한 %)	전선총중량 [%]
단상 2선식	-	100
단상 3선식	100	37.5
	50	31.3
삼상 3선식	-	75.0
삼상 4선식	100	33.3
	50	29.2

[주] 삼상3선식은 Y결선도 Δ결선도 전선 총중량은 동일하다.

나. OPERATION (절연저항치의 양부 판정기준)

측정대상	측정개소	절연저항치	비고
저압(*1) 전로(간선, 분기회로 등)의 육내간선 및 분기회로에서 개폐기 또는 파전류차단기로 구분할 수 있는 전로마다 (기술기준 제14조: 현 국 제15조)	전로 사용대지전압이 300V 이하인 경우 150V 이하의 전로	0.1MΩ 이상	1) 전선 상호간 및 전로와 대지(어스)간의 절연저항을 측정하는 것.
	대지전압이 150V 초과, 300V 이하의 전로	0.2MΩ 이상	2) 신설시의 절연저항은 1MΩ 이상일 것이 바람직하다.
	전로의 사용전압이 300V 초과인 지압인 경우	0.4MΩ 이상	

(\*1) 전압의 크기에 따라 저압, 고압, 특별고압으로 분류되고 있으며, 저압이란 직류에서는 750V 이하, 교류에 있어서는 600V 이하인 전압을 지칭하고 있다.

(\*2) 대지전압이란 접지식 전로에서는 전선과 대지(어스)간의 전압을 말하며 비접지식 전로에서는 전선간 전압을 말한다.

다 MAINTENANCE

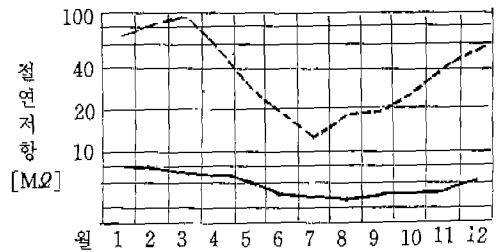
(1) 절연저항계의 시방과 용도

절연저항계의 시방과 용도를 다음에 든다.

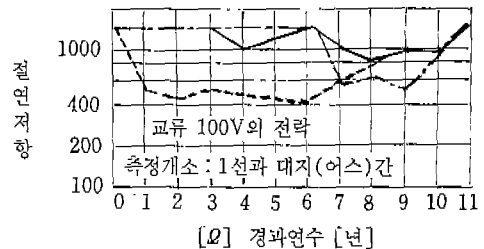
정격전압 [V]	정격저항 [MΩ]	유효측정 범위[MΩ]	용도
100	20	0.02~20	저압회로, 통신기기 및 회로
250	50	0.05~50	상 동
500	100	0.1~100	저압회로 및 기기
500	1,000	1~1,000	상 동
1,000	2,000	2~2,000	고압 및 특고압의 전로·기기
2,000	5,000	(5~5,000)	상 동

(2) 절연저항 측정

1년에 1회~2회 정도 간선 또는 분기회로마다 절연저항을 측정하여 확인하지 않으면 안된다. 절연저항의 양부 판단기준을 나. 항 OPERATION에 표시하였다.



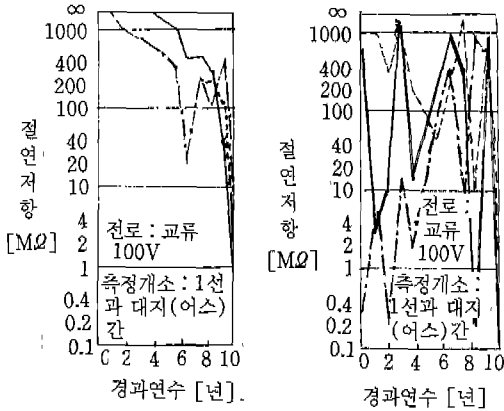
<그림 13> 절연저항의 변동에



<그림 14> 건전한 전로의 예

(3) 절연저항의 변동

전선이나 케이블의 절연저항은 온도, 습도에 따라 바뀌므로 1년중 그 값은 일정하지 않다. 그림 13에 연간 절연저항이 변동하는 예를 표시하는데 고온·다습이 되는 6월~9월에 절연저항이 저하하고 있다.



<그림 15> 절연저항치가 서서히 저하하는 전로의 예  
<그림 16> 절연저항치의 변동이 심한 전로의 예

(4) 건전한 전로·요주의 전로

그림 14은 건전한 교류 100V 전로의 절연저항으로 400MΩ 이상의 높은 값을 나타내고 있다.

그림 15 및 그림 16는 모두 절연파괴를 일으킨 교류 100V 전로의 절연저항이다. 해가 감에 따라 절연저항치가 많이 저하하거나 값이 대폭 변동하는 전로는 주의를 요한다.

라. PRACTICE ( 절연저항 측정기록 )

절연저항측정기록  
 전로 측정연월일 년 월 일  
 일 기 온도 ℃, 습도 %  
 측정자 명

(단위 MΩ)

항 목	상 간			3선일괄과 대지간	비 고
	R~S	S~T	T~R		

명 칭	정 격	형 식	번호	제조사 및 제조년월일
절연저항계	V, MΩ			
절연저항계	V, MΩ			

COLUMN 빌딩이나 공장에서 널리 사용되고 있는 전기방식은 단상3선식, 삼상3선식 또는 삼상4선식이다. 이것은 전선량이 적어 경제적인 이유 때문이다.

2. 전선·케이블의 종류와 특성

가. BASIC

(1) 전선·케이블의 종류

전선이나 케이블은 그 절연체의 종류에 따라 그림 17과 같이 여러가지 명칭이 있다.

(2) 도체

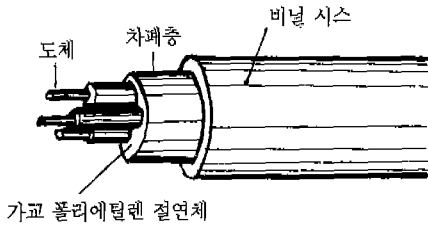
전선·케이블에서 전기를 흘리는 부분을 도체라고 한다. 도체에는 주로 동이 사용되며, 알루미늄을 사용하는 경우도 있다.

그리고 특성은 표 A와 같다.

종 류	기호	용 도		
절 연 선	절고 600V 고무절연전선	RB	저압옥내 배선용	
	고압인하용 브틸 고무	PDB	고압인하용	
	계무 절연전선			
	합 성 수 지 절 연 선	실외용 비닐 절연전선	OW	저압옥외 가공선용
		인입용 비닐 절연전선	DV	저압인입용
		600V 비닐 절연전선	IV	저압옥내 배선용
	계	실외용가교 폴리에틸렌 절연전선	OC	옥외고압 가공선용
		고압인하용 폴리에틸렌 절연전선	PDE	고압인하용
		점퍼용 가교 폴리에틸렌 절연전선	JC	고압점퍼용
케	고무절연계 브틸 고무절연 클로로플렌 시스템케이블	BN	고압용, 특별고압용, 저압용	
	브틸 고무절연 비닐 시스템케이블	BV	고압용, 특별고압용	
이 분	합 성 수 지 절 연 선	600V 비닐 절연 비닐 시스템케이블	VV	저압용
		가교 폴리에틸렌 절연 비닐 시스템케이블	CV	저압용, 고압용, 특별고압용
	계	가교 폴리에틸렌 절연 폴리에틸렌 시스템케이블	CE	"
		폴리에틸렌 절연 비닐 시스템케이블	EV	저압용, 고압용

<그림 17> 전선·케이블의 종류와 명칭





<그림 18> CV 케이블의 구조

<표 A> 동과 알루미늄의 특성

항 목	동	알루미늄
도 전 율 [%]	100~97	61
용 점 [°C]	1083	660
비 열 [J/C cm <sup>3</sup> ]	3.42	2.38
고유저항 [ $\mu\Omega$ -cm]	1.724~1.777	2.826
비 중	8.89	2.70

(3) 전선·케이블의 내약품 특성

전선·케이블은 예를 들면 CV 케이블의 경우 약간 동안은 물에 넣은 상태에서 통전하여도 되지만 약품이 묻으면 때에 따라서는 절연체가 녹아 절연과피를 일으키고 단락·지락 등과 같은 사고로 발전한다. 아래에 전선·케이블 절연체의 내약품 특성을 들었다.

나. OPERATION

(고무, 플라스틱의 내약품성과 적합표)

재 료	염화비닐	폴리에틸렌 가교폴리에틸렌	브릴고무	천연고무	클로로플렌	에틸렌 플로플렌 고무
농 유 산	x	△	xx	xx	xx	x
농 염 산	△	◎	△	xx	xx	-
인 산	◎	◎	○	x	◎	-
농암모니아수	○	◎	○	△	△	-
40 % 카세이소다	x	◎	◎	△	○	-
염소가스	xx	xx	xx	xx	xx	xx
에틸알콜	◎	◎	◎	◎	◎	△
변압기유	◎	x	x	xx	○	xx
실리콘유	◎	◎	◎	◎	◎	◎

[주] ◎ : 거의 변화없다. ○ : 약간 영향있다. △ : 영향이 있으므로 실용할 수 없다. x : 상당히 침범되므로 실용할 수 없다. xx : 심하게 침범된다.

다. MAINTENANCE

(1) 전선 케이블 재료의 온도 특성

전선·케이블에서 발생하는 전력손은 열로서 전선·케이블의 온도를 상승시킨다. 온도가 어느 정도 이상 오르면 열화가 심하게 촉진되어 수명을 단축시키게 된다. 따라서 각종 절연물에는 최고 허용온도가 있다. 그림 19에 절연체마다의 도체 최고허용온도를 들었다.

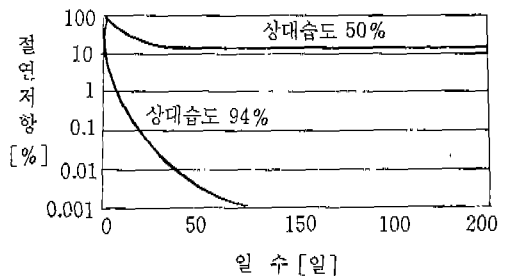
(2) 습도의 영향

공기중의 습기가 절연물에 침입하면 절연저항이 저하한다. 그림 20은 A종 절연물의 흡수에 의한 절연저항의 예이다.

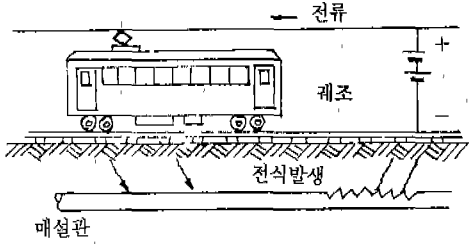
종 별	도체의 최고 허용 온도	내 한 온 도	
		열 화 온 도	최저사용온도
비닐	60°C	-15~-20°C	-10°C
내열비닐	75°C	-15~-20°C	-10°C
내한비닐	60°C	-25~-30°C	-20°C
폴리에틸렌	75°C	-70°C 이하	-55°C
가교폴리에틸렌	90°C	-70°C 이하	-55°C
천연고무	60°C	-50~-55°C	-40°C
EP고무	80°C	-40~-45°C	-35°C
클로로플렌고무	75°C	-40~-45°C	-35°C
규소고무	90°C(*180°C)	-70~-100°C	-55°C
불소수지 (테프론)	90°C(*200°C)	-70°C 이하	-55°C

[주] \* 사람이 용이하게 접촉하지 않는 장소에 부설하는 경우에 적용

<그림 19> 절연체의 도체최고 허용온도 등



<그림 20> A종 절연물의 흡수에 의한 절연저하



<그림 21> 전 식

**(3) 케이블의 허용 굽힘반경**

케이블 공사 또는 케이블 부설에 있어서는 케이블을 가급적 굽곡시키지 말아야 한다. 필요이상 굽히면 도체와 절연체간에 틈새가 생겨 절연파괴나 열화의 원인이 된다. 또 케이블의 허용굽힘반경은 다음과 같다.

케이블의 중별	허용굽힘 반경
CVT 케이블 연합상태	연합 외경의 5배
CVT 케이블 분리상태	단심분리시의 10배
CV 케이블 3심	완성 외경의 5배
CV 케이블 단심	완성 외경의 10배
벨트, H 케이블, SL 케이블	완성 외경의 12배
벨트, GF 케이블 3심	완성 외경의 20배
벨트, H 케이블, SL 케이블	
벨트, GF 케이블 단심	

**라. PRACTICE**

(케이블 방재대책 및 전식)

(1) 케이블의 방재대책 : 비닐 케이블의 연소시 생기는 유독 가스는 염화수소 가스이다. 케이블 화재를 진화하는 데는 물이 효과적이고 또 빨리 진화되지만 염화수소 가스가 염산이 되어 금속을 부속시켜 설비에 큰 피해를 주게 된다. 방화도료를 케이블에 도포(약 3mm두께)하면 강진, 가요성의 방화피막이 형성되어 케이블을 방호한다(10~20분 정도).

(2) 전식 : 물이나 토양내에 있는 금속체에 다른 전원으로부터 직류전류가 유입하면 그 전류는 다시 물 또는 토양내에 유출한다. 금속에서 직류전류가 유출하는 곳이 부식한다. 이것을 전식이라고 한다. 그림 21은 직류전기철도에서 철도를 연하여 매설된 관이나 변전소 부근에서 전식을 받는 상태를 나타내고 있다

COLUMN 버스덕트는 전류용량이나 단락용량이 크고 회로의 증설·변경에 순응성이 있어 공사 및 점검이 간단하다.

<다음호에 계속...>



**숙취에서 빨리 깨어나려면**

지난 밤의 과음 때문에 출근 시간에도 몸이 좋지 않아서 고생하는 남편에게 주부들은 이러한 방법을 써본다.

첫째, 가볍게 샤워를 하고 심호흡을 30회쯤 깊이 들이 마셔 산소량을 늘려 알코올 분해를 빨리 시켜주면 숙취에서 빨리 회복될 수 있다.

둘째, 감초 200g과 취뿌리 40g을 차로 해서 복용하거나 인삼차 등을 체질에 따라 선택해서 복용하면 좋고 세제, 북어국을 마시면 좋은데 북어 살코기만 요리하지 말고 껍질, 지느러미, 머리, 꼬리 등이 알코올을 해독시키는 약리적인 효능이 많으므로 그대로 둔 채 토막을 내서 요리하여 마시면 숙취는 물론 간기능을 촉진시키고 보호할 수 있다.