

# 현장실무자를 위한 설비진단 테크닉 (14)

전기는 응용하는 기술의 발달에는 실로 눈부신 바가 있다.

전기를 깨끗하고 안전한 에너지원으로써

또, 컴퓨터나 통신에 이용되는 정보전송의 매체로서

널리 사용되어 최근에는 광이나 초음파의 분야도 포함하여

설줄 모르는 진보를 계속하고 있다.

우리들은 그 전부를 볼수는 없으나, 미래기술이라는 거대한 양상에 대하여

비록 기술의 단편이라도 많이 모아 쌓이면 많은 참고가 될 것이다.

본고에서는 이를 위해 전 13장을 번역 게재할 예정이다.

## 글 씌는 순서

- |     |                   |      |                       |
|-----|-------------------|------|-----------------------|
| 제1장 | 예지보존에의 기초기술       | 제7장  | 케이블 열화의 간이측정          |
|     | · 이상예지를 위한 데이터 처리 | 제8장  | 롤러베어링의 진단 테크닉         |
|     | · 열화 프로세스에서의 이상예지 | 제9장  | 전력전자 기기의 수명예측         |
| 제2장 | 운전감시로 되는 상태의 추정   | 제10장 | 콘덴서개폐와 보수유지           |
|     | · 운전감시로 되는 상태의 추정 | 제11장 | 큐비클의 방식기술             |
|     | · 이상 발생후의 상태진단    | 제12장 | 보전용 계기와 사용법           |
| 제3장 | 기기에 의한 외부진단 테크닉   | 제13장 | 센서에 사용되는 여러가지 성질과 활용법 |
| 제4장 | 가스절연기기의 내부진단      |      |                       |
| 제5장 | 리모트 센싱에 대한 설비진단   |      |                       |
| 제6장 | 변압기의 예지보전         |      |                       |

# 제12장 보전용 계기와 사용법

역/대한전기기사협회

## 서론

문화적인 생활을 지향한 가정 전기기기의 보급이나 기업활동의 합리화 및 효율화의 수단으로서 각종 전기화 장치의 도입 또는 컴퓨터 시스템의 발달과 보급 등으로 근래에 와서 일반적인 사회생활과 기업활동의 전력에 대한 의존도는 점점 고도로 되어 가고 있다.

배전설비는 여러개의 수요가나 전기기기에 전기에너지를 공급하는 전력계통 중에서 가장 말단에 있으며 광범위하게 분포하고 있기 때문에 그 양은 방대한 것이다. 따라서 전력회사에서는 이와 같은 상황에서 방대한 양의 배전설비를 효율적으로 또한 정밀도 높게 보수하기 위하여 주야로 노력하고 있다.

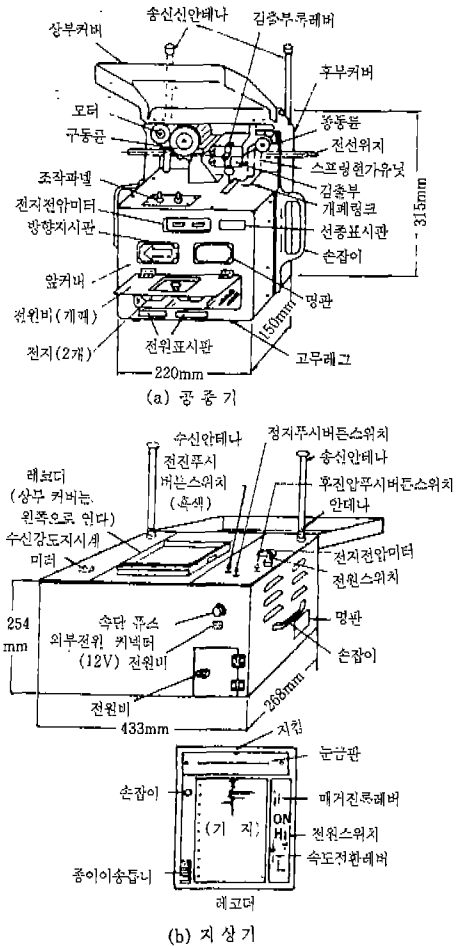
이러한 관점에서 현재 채용하고 있는 전선탐상기와 누전탐상기 등은 기대하고 있는 성과를 올리고 있다.

여기서는 이들의 새로운 보수점검 장치에 대하여 그 개요를 소개한다.

### 1. 전선탐상기

#### (1) 개요

고압배전선의 절연화가 이루어지고 있는 가운데 번개에 의한 소선절단 또는 경년에 의한 도체의 열화 등은 순시로는 발견하기 어렵게 되어 있다. 이 장치는 전선의 도체 표면에 와전류를 보낸 경우, 도체 표면에 상처가 있으면 와전류가 변화하는 것에 착안



<그림 1> 전선 탐상기의 구조

하여 개발된 것이며 현장에 시설되어 있는 전선을 탐상하는 것이다. 장치의 구조는 <그림 1>의 (a)와 같이 가공 전선에 설치하고 자주할 수 있는 공중기와 그림 (b)와 같이 공중기로부터 신호를 받는 지상기로 되어 있다. 구성은 <그림 2>에 나타나고 있다.

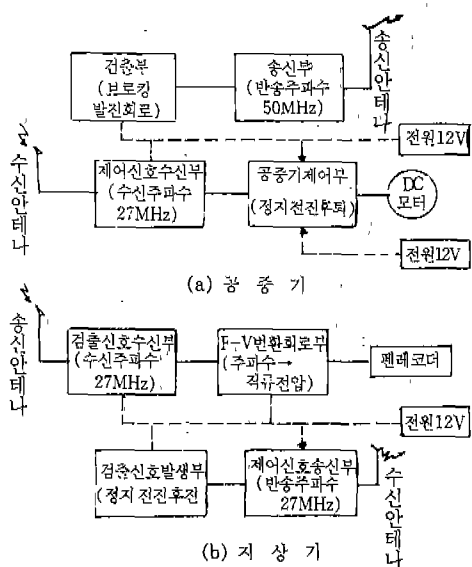
공중기의 검출부는 허틀리형 발진회로(Hartley T-type Oscillating Circuit)이며 <그림 3>과 같이 검출코일에 펄스성의 발진전류가 흐르면 그 전자유동에 의하여 절연전선의 도체표면에 상처가 있으면 그 크기와 분포에 변화가 생기고 검출부 발진회로의 발진주파수가 변화하며 이 검출신호가 지상기에 송신되어서 절연전선의 양부를 판정한다.

<표 1> 탐상기의 주요성능

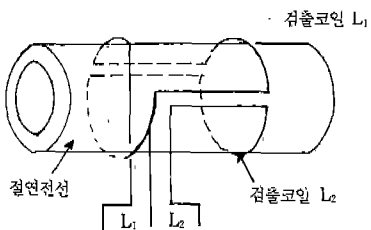
	공 중 기	지 상 기
적용 전선	OC80mm <sup>2</sup> , PE80mm <sup>2</sup> OW80, 100mm <sup>2</sup>	-
절연내력	15,000V 5분간	-
중량	5.5kg	12.0kg
기록지길이	-	폭 87mm 20m
송수신범위	60m	60m
등판능력	10도	-
강판능력	10도	-
주행속도	매분 10m 이상	-
송신주파수	50MHz	27MHz
전원전지	DC 12V	DC 12V
연속가동	4시간 이상	4시간 이상

<표 2> 탐상기의 판정기준

검출신호 최저주파수	손상 랭크	손상 내용
1,650Hz 이상	정상	일부에 변색된 것이 있으나 조사한 절선의 대부분은 선선과 같다.
1,550~ 1,650Hz 미만	b	조사한 전선 모두에 변색이나 녹이 발생하고 있다.
1,550Hz 미만	a	조사한 전선은 강한 변색 또는 녹이 났거나 파단되어 있다.



<그림 2> 탐상기 구성도



<그림 3> 검출코일

(2) 성능

탐상기의 주된 명세는 <표 1>과 같다. 또한 전선탐상의 정도는 검출주파수에 따라 <표 2>와 같은 기준을 정하고 있다.

(3) 작업방법

(i) 절연전선을 점검하는 사이의 고압선을 방호한 뒤에 작동상태로 해 둔 공중기를 검출코일로 걸어서 전선에 설치한다.

(ii) 공중기의 설치를 확인한 뒤에 지상기에서 원격 조작으로 공중기를 왕복시켜서 전선을 탐상한다.

(iii) 고소 작업자는 공중기의 주행상태를, 지상 작업자는 주파수 기록에서 점검 결과를 판정한다.

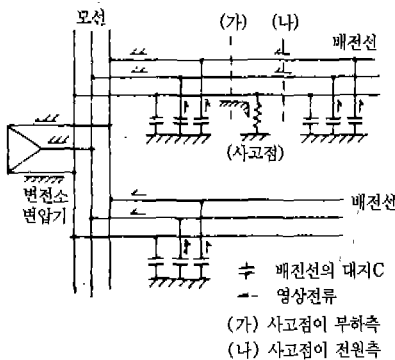
이러한 일련의 작업 소요시간은 3명의 작업자로 20~30분이다.

## 2. 지락방향 검출장치

### (1) 개요

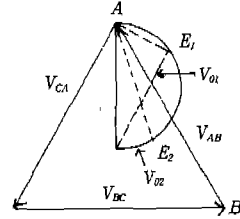
고압배전선에서 발생하는 사고 중에는 일시적인 지락고장 때문에 사고개소의 절연이 회복하고 변전소 차단기의 재폐회로에 의하여 송전을 계속하는 것이 있으며 대개 이러한 사고를 재폐회로 성공사고라고 한다. 이 경우에 배전선에는 잠재적인 사고원인 개소가 있으며 외관상 건전한 상태와 변함이 없을 때가 많고 일반적으로는 이러한 사고점을 발견하는 것은 곤란하다. 여기서는 이와 같은 경우에 대응하기 위하여 시작한 지락방향 검출장치의 개요를 소개한다.

1선 지락할 때에 고장전류 상황을 <그림 4>에 나타내고 있다. 이 경우에 영상전류는 사고점의 전원측과 부하측에서 위상이 180° 반대로 되고 사고점부터 전원측의 지점에서는 영상전류가 영상전압보다 약 90° 진행하며 사고점의 부하측에서는 약 90° 지연되는 것에 착안하여 영상전압과 영상전류의 위상차를 비교함으로써 사고점이 장치의 설치 지점보다도 전원측에 있는가 부하측에 있는가를 판별한다.



<그림 4> 1선 지락일 때의 고장전류상황

한편 지락상의 판별은 <그림 5>와 같이 A상 지락인 경우에는 지락저항이 무한대일 때를 제외하고 영상전압  $V_0$ 와의 위상차가 가장 적은 선간전압은



<그림 5> A상 지락일 때의 스펙터

$V_{CA}$ 가 된다. 동일하게 B상 지락일 때에는  $V_{AB}$ , C상 지락일 때에는  $V_{BC}$ 가 영상전압으로 가장 위상차가 적은 선간전압이 된다.

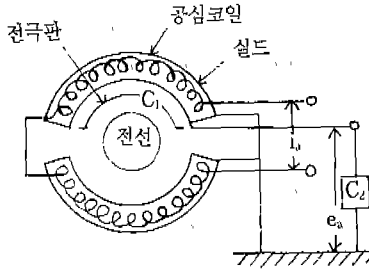
따라서 영상전압과 각 선간전압의 위상차를 비교해서 지락상을 판별할 수가 있다.

### (2) 명세

이 장치는 선락전류 및 대지전압을 검출하는 변성기 3개와 이들의 출력을 합성하여 영상전류와 영상전압 및 선간전압을 얻어서 지락방향을 검출하고 이것을 표시기 1대로 구성된다. <표 3>에 주요한

<표 3> 주요 명세

사용선로전압	6,600V
지락검출전류	0.4, 0.6, 0.8 및 1A가변
지락검출전압	500~2,000V 무단계가변
정격주파수	60Hz
검출지연시한	10N 사이클(N=1, 2, 3...6)
전원	AC 100V±15% (정전일 때에 표시용 배터리 내장)
표시	램프에 의해 지락상, 지락방향을 표시
절연계급(변성기)	6호 A
과전류강도(변성기)	3,000A 1초간
변성기의설치	환선
설치가선의외경	5.6~16.5mm(OC 80mm²까지 가능)
리드선전체길이	10m
표시기의설치	작업대 잡아붙이기 체인 또는 밴드 체결에 의한다.
중량	변성기 2.5kg 표시기 16kg
소비전력	20W



<그림 6> 변성기의 내용결선

명세를 나타내고 있다.

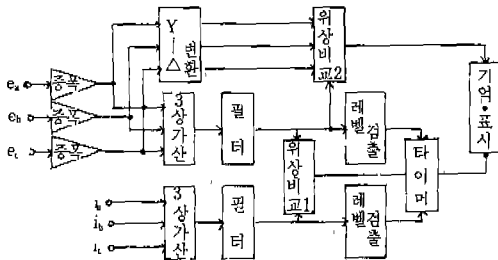
<그림 6>에 변성기의 내부결선을 나타내고 있다. 그림과 같이 전선에 변성기를 설치하고 그 선로 전류를 전자유도에 의하여 변성기의 공심코일로 검출한다.

한편 대지전압  $e_a$ 는 변성기 내부에 설치한 전극판과 전선사이의 정전용량을  $C_1$ , 전극사이와 대지사이의 정전용량을  $C_2$ , 전선의 대지전압을  $V_a$ 라고 하면 다음과 같이 된다.

$$e_a = \frac{C_1}{C_1 + C_2} \cdot V_a$$

<그림 7>에 표시부의 블록도를 나타내고 있다. 각상의 변성기에서 검출된 대지전압과 선로전류에서 3상 가산회로에 의하여 영상전압과 영상전류를 구하고 위상 비교회로 1에서 영상전압과 영상전류의 위상 관계로부터 사고점의 방향을 판별한다.

또한 대지전압을 Y-Δ 변환회로에서 선간전압으



<그림 7> 블록도

로 변환하고 이것과 영상전압과의 위상 비교를 위상 비교회로 2에서 시행하여 지락상을 판별한다.

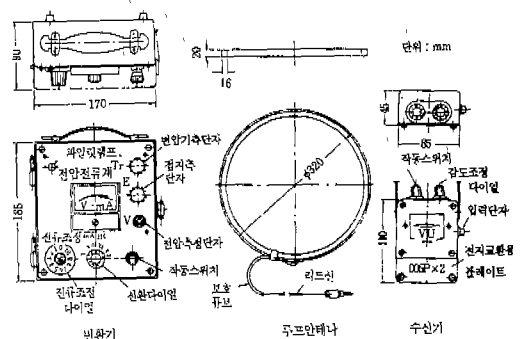
### 3. 누전탐사기

#### (1) 개요

누전조사에서 수요가로부터 신호가 있어서 원인 수요가가 예측되는 경우에 당해 수요가에 있는 옥내 배선의 절연저항을 측정함으로써 비교적 탐사가 쉽게 되나 원인 수요가가 예측되지 않는 경우에는 변압기주서부터 차례로 저압선과 인입선의 누전 유무를 확인해야 하며 승주작업도 아울러서 탐사하는 데 많은 노력과 시간을 요한다는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결한 누전탐사기를 최근에 개발하였으므로 소개한다.

이것은 변압기와 루프 안테나 및 수신기로 구성되고 주상변상기 2차측 접지선의 중간에 변환기를 삽입하여 누전전류의 파형을 변환하며 파형으로 변환된 누전전류를 루프 안테나로 검출하는 구조를 <그림 8>에, 원리를 <그림 9>에 나타내고 있다.

변환기는 상용주파를 1/3로 분주한 신호로 동작하는 스위칭회로에 의하여 누전전류를 <그림 10>의 (b)와 같은 파형으로 변환한다. 수신기는 파형으로 변환된 누전전류에 의하여 루프 안테나에 생기는 유도 전압의 20Hz 주파수 성분만을 증폭하고 출력계에 나타낸다. 탐사기의 구성은 <그림 11>과 같다.



<그림 8> 누전탐사기의 구조



를 및 안정성이 향상한다.

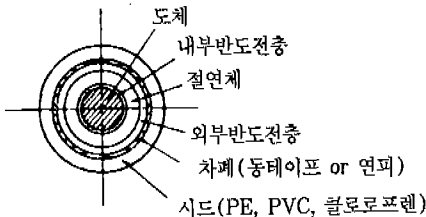
(ii) 절연체를 상하게 할 염려가 없다.

는 등의 이점이 있다.

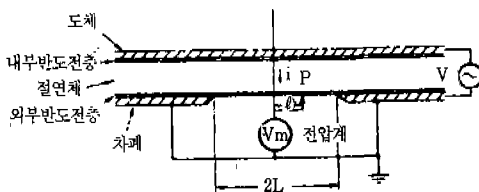
<그림 12>에 나타내는 CV, CVT 케이블과 같이 차폐층으로서 외부 반도체층이 존재하는 케이블에서는 그 금속차폐(동테이프 등)를 잘라 내면 외부 반도체층에는 충전전류에 의한 미소한 전압이 생긴다. 이 미소한 전압을 <그림 13>의 (a)와 같이 측정한다. 지금 케이블의 단위 길이당 정전용량을 C, 외부 반도체층의 저항을 R이라고 하면 <그림 13>의 (b) 등가회로에서 측정전압  $V_m$ 은

$$V_m = \omega CR \cdot V \left( \frac{L^2}{2} - \frac{l^2}{2} \right)$$

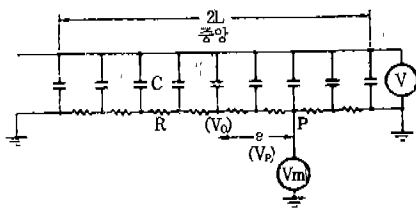
으로 구해진다.



<그림 12> CV케이블의 단면



(a) 측정원리도



(b) 등가회로

<그림 13> 개요도

<표 5>에 사활관별기의 주된 명세를 나타내고 있다.

<표 5> 사활관별기의 주요명세

1. 치 수	본체 145mm×150mm×130mm 자기차폐판 150mm 폭×150mm 길이
2. 중 량	본체 약 2kg(부속 부품 포함) 자기차폐판 약 0.5kg
3. 검출전압	1mV 폴스케일 3mV 폴스케일 10mV 폴스케일 30mV 폴스케일 4단변환
4. 내장필터	60Hz 40Hz~3kHz 700Hz~3단 변화
5. 전 원	전지 006P(9V) 2개

(2) 측정방법

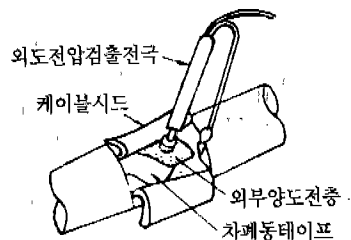
(i) <그림 14>와 같이 케이블 시드 및 차폐 동테이프를 벗겨서 반도체층을 노출시킨다.

(ii) 외도전압 검출 전극의 접지용 클립을 케이블 차폐 동테이프에 부착시킨다.

(iii) 외도전압 검출전극의 앞끝을 케이블의 외부 반도체층에 대고 외부 반도체층에 유기되고 있는 전압  $V_s$ 를 측정한다.

(iv) 외도전압 검출전극의 앞끝을 케이블의 외부 반도체층에서 분리시키고 그 때의 전압  $V_0$ 을 측정한다.

(v) 위에서 측정한 전압  $V_s$ 와  $V_0$ 을 비교하고 당해

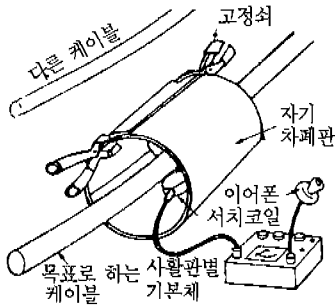


<그림 14> 외도전압 검출전극에 의한 전압측정

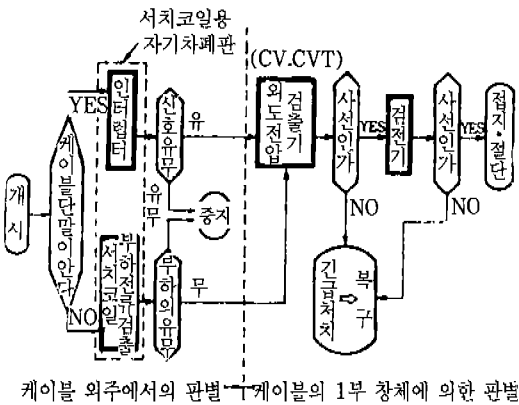
케이블의 사활을 판정한다. 판정은  $V_s \geq V_0$ 일 때에 당해 케이블은 활선으로 한다.

또한 종래부터 사용되어 왔던 서치코일과 인터럽터 수신기의 기능도 구비하고 판별기에 서치코일을 접속해서 부하전류의 통전 유무 및 인터럽터 신호음의 검출도 할 수 있게 하고 있다.

종래에 서치코일에 의한 방법에서는 이어폰의 소리에 의하여 당해 케이블의 사활을 판별하고 있었기 때문에 작업자의 개인차이와 주위환경 등에 영향을 받기 쉬웠으나 이 장치에서는 소리에 의한 판별과 동시에 본체의 지시계에 검출신호를 표시함과 동시에 더욱이 <그림 15>와 같이 자기차폐판을 사용함으로써 확실한 판정을 할 수 있게 되었다. 이 외에도 전압 검출기를 사용한 사활판별작업의 순서도(Flow Chart)를 <그림 16>에 나타내고 있다.



<그림 15> 자기차폐판과의 조합



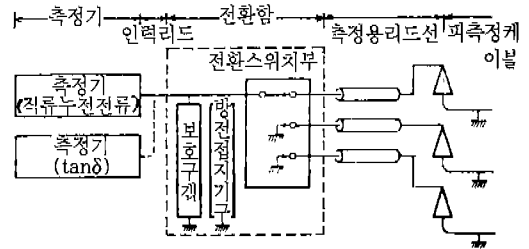
<그림 16> 사활판별의 순서도

### 5. 측정용 리드 전환기

#### (1) 개요

지중케이블을 준공할 때나 정기적으로 실시하는 절연열화 측정시험(각 상마다 직류 내전압과 직류 누설전압 및 유전체 손실각)에서 각 상마다 측정용 리드선의 접속변환을 지상에서 할 수 있도록 한 것이며 작업의 안전성과 능력의 향상을 기하고 있다.

<그림 17>에 측정용 리드 전환기의 구성을 나타내고 있다. 이것은 3상의 과전선 및 접지선으로



<그림 17> 측정용 리드전환기의 구성

되는 측정용 리드선과 전환상자로 구성되어 있다. 측정할 때에는 피측정 케이블에서 임의의 1상(Phase)을 전환 스위치에 의하여 측정기에 접속하고 다른 2상은 접지시킨 다음 각 상을 차례로 행한다.

또한 전환상자는 피측정 케이블에 과전압이 인가되는 것을 방지하는 보호구의 갭과 시험한 뒤에 잔류전하를 방전시키는 방전접지 기구를 비치하고 있다.

#### (2) 성능

주요한 성능을 <표 6>에 나타내고 있다.

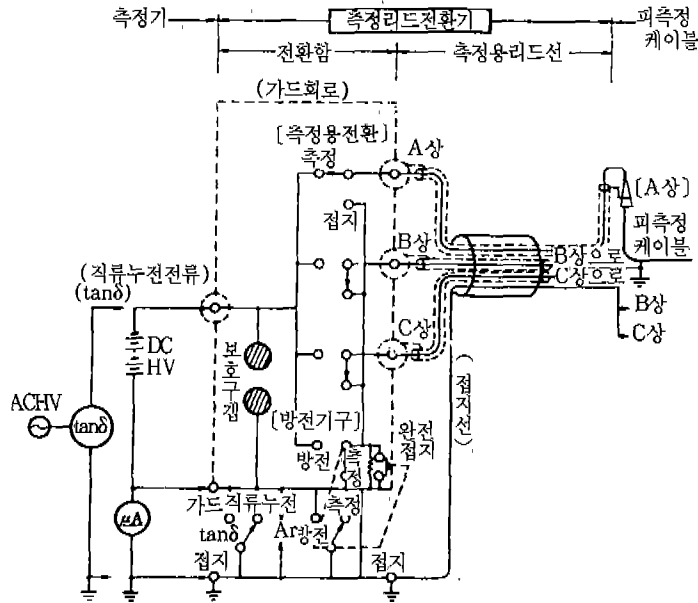
#### (3) 사용방법

(i) 피측정 케이블의 단말부에 측정용 리드 3상분을 접속하고 A상을 측정한다(<그림 18>).

(ii) 측정이 끝나면 방전기구 레버를 측정측서부터 방전측으로 전환조작하고 잔류전하를 방전시킨다.

(iii) 잔류전하를 방전시킨 뒤에 A상을 접지측에,





<그림 18> 리드 전환기 회로도

<표 6> 축정용 리드 전환기의 성능

항 목	성 능
최 고 사 용 전 압	직류 20.7kV, 교류 5kV
과 전 압 보 호	보호용구갯 사용(직류 23kV를 넘고 30kV 이하에서 방전)
세 트 디 크	직류 10kV에서 0.03 $\mu$ A/상 이하
전 환 방 식	레버조작에 의한 각상 단독 전환방식
방 전 접 지 기 구	1M $\Omega$ 저항방전 및 완전 접지

B(C)상을 축정측으로 전환하고 계속해서 B(C)상을 축정한다.

(iv) 각 상의 축정이 끝나면 다음 축정을 하기 위하

여 축정기의 리드선은 교환하지만 피축정 케이블 축정 리드선은 교환할 필요가 없다.

### 결 론

이상과 같이 배전설비의 효율적인 보수를 기하는 여러가지 장치를 소개하였는데 앞으로도 수요의 증가에 따라 배전설비도 증가하기 때문에 보수의 생력화와 효율화가 한층 중요하다고 본다. 따라서 이에 응하는 새로운 보수·점검장치의 개발이 필요하다.

<다음호에 계속...>

