

電氣電擊防止對策

(中)

윤 여 덕

한양전공(주)전무

2·4 서지 電壓의 전파와 유도

서지 전압의 전파는 그것이 外雷 서지가 되었든 内雷 서지가 되었든 모두 같은 모양의 형태로 송전선내를 또는 신호선내를 전파한다.

다만, 다른 점이 있다면 外雷 서지가 비교적 넓은 범위, 거리에 미치는데 대하여 内雷 서지는 국한된 설비 또는 기기내에 한한다는 것이다. 물론, 송배전계통에 있어서 内雷 서지는 外雷 서지와 같은 모양으로 넓은 범위에 영향을 미친다는 것이다.

하지만 雷 서지와 같은 급준파가 전파되는 경우에는 진행파 이론에 따라 전파를 하여 선로전파중 減衰, 變조를 받아 선로도중 또는 종단에 있어 선로정수가 변화하게 되고 반사현상 등을 일으킨다. 실제로 雷擊을 받을 경우에 어떠한 파형이 어떻게 전파를 하느냐를 해석하는 것은 진행파 이론에 따라 해야 하겠지만 상당히 어렵다.

2·4·1 變壓器에 있어서의 전파

그림 2·18에 송배전계통의 모델을 도시하였다.

이러한 계통의 어느 부분에서 서지 電壓이 발생할 경우 서지 電壓은 변전소의 變壓器 또는 주상변압기를 통하여 저압배전선에 전파된다(보통 이것을 전파라 부르지만 移行이라 한다).

變壓器를 통한 서지 전압의 이행은 그의 이행 형태에 따라 정전이행과 전하이행의 두가지로 분류할 수가 있다.

(1) 靜電移行

이 移行은 서지 電壓의 성분이 특히 大地間 서지(Common mode, 縱 서지 電壓이라 부른다)로 되는 경우에 고려하지 않으면 안되는 문제로서,

$$VS_2 = \frac{C_{12}}{C_{12} + C_{2e}} VS_1$$

단, VS_1 : 변압기 1차측 대지간 서지 전압

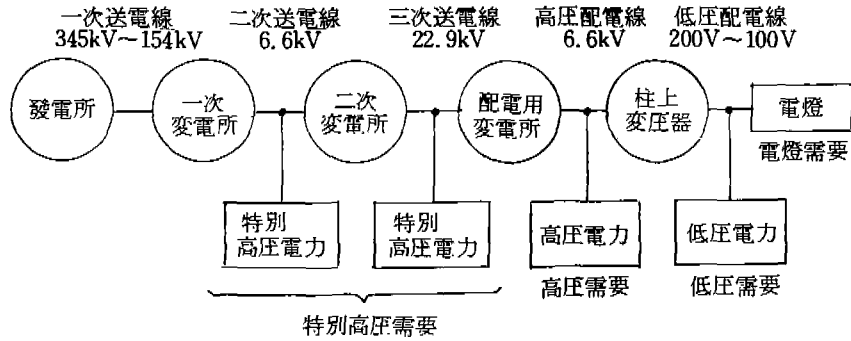
VS_2 : 2차측 이행의 대지간 서지 전압

C_{12} : 변압기 1차~2차간의 정전용량

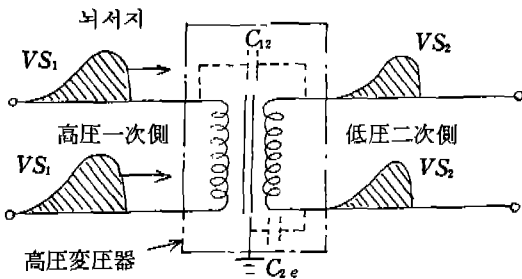
C_{2e} : 변압기 2차~대지간의 정전용량

이 양자를 그림 2·19에 나타내었다.

위 식에서 서지 전압의 靜電移行率을 저하시키



〈그림 2·18〉 송배전계통의 모델圖



〈그림 2·19〉 변압기의 서지 전압 정전이행

자면 특히 변압기의 1차측과 2차측과의 사이에 정전 쉴드(Shield)를 설치하여 C_{12} 를 극히 적게하여 만든 변압기로, 일반적으로 耐雷트랜스라 부르기도 한다.

(2) 電磁移行

이移行은 변압기 1차측에 발생한 순간 서지 전압(Normal Mode, 橫 서지 전압이라 부른다)이 2차측에 변압기의 1차~2차 권선비에 따라서 전자적으로 이행하는 것이다.

본래 外雷 서지 전압은 대지에 대하여 발생되는데, 다음과 같은 요인으로 선간에 나타나는 경우도 있다.

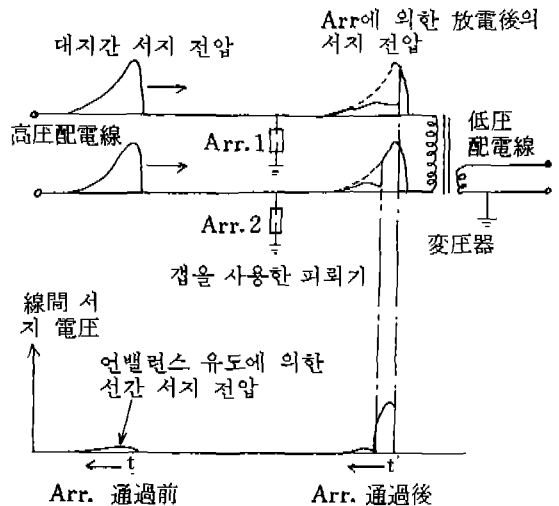
한편 内雷 서지 전압은 그의 발생기구에서 순간 서지 전압의 점유가 많다.

[外雷 서지가 나타나는 主된 原因]

① 電線路上에 유도된 서지 전압 사이에 언밸런스(Unbalance)가 있어 이 차이가 서지 전압으로 된다.

② 고압배전선에는 피뢰대책의 목적으로 갭(Gap)식 피뢰기가 각각의 대지간에 쓰이게 되는데, 갭의 방전개시전압의 불균일에 의하여 그림 2·20에 나타낸 것과 같이 대지간 서지 전압이 모두 線間 서지 전압으로 변환된다.

③ 주상변압기의 저압 2차측은 高压혼축시의 대책으로서 1선을 꼭 接地하는 것이 의무로 되어 있어 고압측으로부터 평형된 정전이행으로



〈그림 2·20〉 갭식 피뢰기에 의한 순간 서지 전압 발생기구

서지 전압이 저압측에 이행할 경우 접지를 시행한 선과 비접지선의 대지에 대한 임피던스의 차에 의하여 불평형을 이루는 선간전압이 발생한다.

④ 유도된 서지 전압이 비교적 높든가 또는線路의 절연 레벨이 낮은 경우 1선에 플래시오버(Flash-Ovgr)를 이루어 피뢰기의 片側만의 동작시와 같은 대지간 서지 전압 같은 것이 선간 서지 전압으로 변환된다.

2·4·2 저압회로에 있어서의 서지 電圧 이행

(1) 정전적 결합에 의한 서지 電圧 이행

회로내를 선회하는 배선간의 부유용량은 서지 전압을 취급할 때 무시할 수 없는 일이 있다.

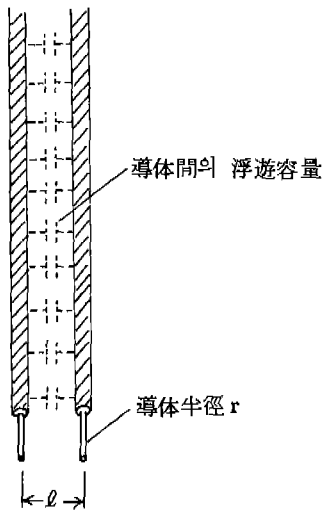
예를 들면 회로내에 두 줄의 배선이 있다 할 경우, 이 상호간의 정전용량은 쿨롱의 法則에 의하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C = \frac{2 \pi \epsilon_0}{\log_e \frac{\ell}{r}} \quad (\text{F/m})$$

$$\epsilon_0 = \frac{10^7}{4 \pi C_0^2} \quad (\text{F/m})$$

$$C_0 = 3 \times 10^8 \quad (\text{m/s})$$

r : 도체의 반경 (m)



〈그림 2·21〉 배선간의 정전용량

ℓ : 도체상호간의 거리 (m)

이 관계를 나타낸 것으로 다음의 그림 2·21을 참조하고, 이 값을 구체적으로 계산한 것을 그림 2·22에 표시하였다.

配線이 다음과 같은 상태에 있을 때 정전적 결합보다 서지 電圧 이행이 더 크게 된다.

- ① 배선이 비상하게 접근할 때
- ② 배선이 길고, 그의 실효 면적이 넓을 때
- ③ 회로 임피던스가 높을 때
- ④ 배선이 접근되었어도 정전차폐(Shield)가 잘 되지 않았을 때

(2) 전자적 결합에 의한 서지 電圧 이행

回路内라 하여도 회로에 접근하여 순간적으로 큰 전류를 흘리는 도체, 예를 들자면 서지 전류 방전용 도체가 있는 경우, 導體間의 상호 인덕턴스(Inductance)에 의하여 전자적 결합이 있기 때문에 서지 전압이 이행된다. 꼭같은 모양의 2선간의 相互 인덕턴스는 다음과 같이 표시할 수 있다.

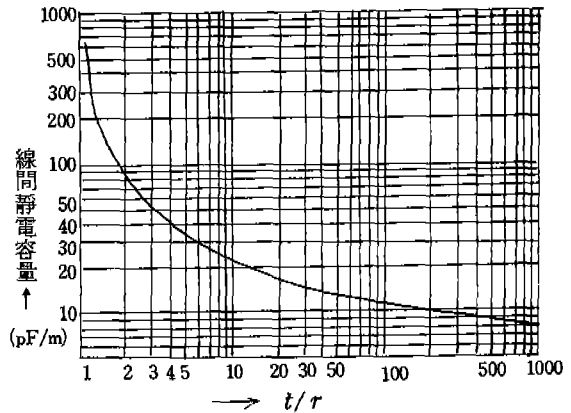
$$L = \frac{\mu_0}{2 \pi} \log_e \frac{\ell}{r} \quad (\text{H/m})$$

$$\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \quad (\text{H/m})$$

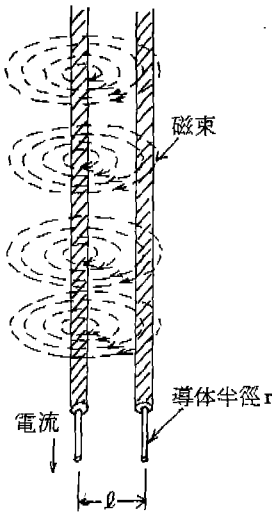
r : 도체의 반경 (m)

ℓ : 도체상호거리 (m)

이러한 모양을 그림 2·23에 나타내었고, 이 값



〈그림 2·22〉 계산에 의한 선간정전용량



〈그림 2·23〉 배선간 상호 인덕턴스

을 구체적으로 계산하면 그림 2·24와 같다.

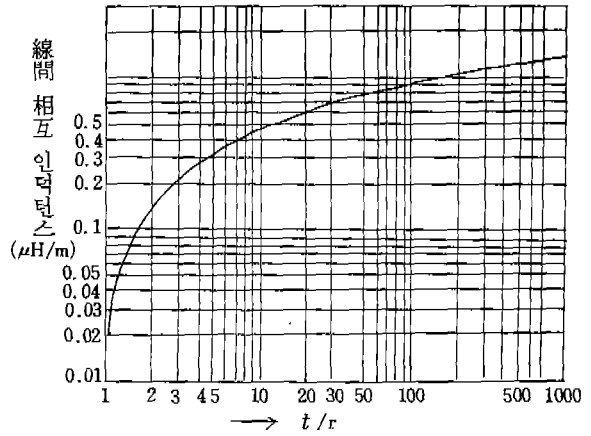
配線이 다음과 같은 상태에 있을 때, 전자적 결합에 의한 서지 전압 이행이 크게 된다.

- ① 配線이 전자계 발생원(대용량 변압기, 마그넷 등)에 접근되었을 경우
- ② 대전류가 흐르는 배선과 병행하고 布線 길이가 길 때
- ③ 왕복선이 같이 다니지 않고, 루프를 형성할 경우
- ④ 配線이 접근되어 있어도 전자 실드가 제대로 되지 않았을 경우

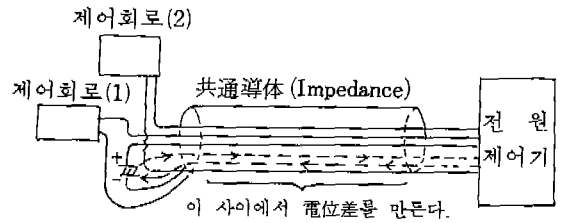
(3) 共通 임피던스에 의한 서지 電壓 이행
(2차적 서지 전압의 발생)

예를 들자면 大電流가 흘러드는 회로의 1선을 다른 回路와 공통으로 쓰는 경우 大電流회로의 전류 서지 등에 의하여 공통부분에 전압강하를 이루어 서지 전압이 된다. 이와 같은 예는 콘덴서를 단락방전과 비슷한 형태로 사용하는 회로에서 볼 수 있다(그림 2·25 참조).

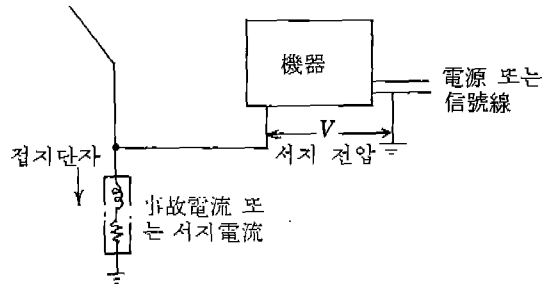
또한 接地는 外雷 서지 흡수시는 예외로 치더라도 기본적으로 전류를 흐르게 하려고 하는 것이 아니라 接地電位를 얻을 목적으로 쓰는 것인



〈그림 2·24〉 계산에 의한 선간상호 인덕턴스



〈그림 2·25〉 공통 임피던스에 의한 서지 전압 발생 모델



〈그림 2·26〉 접지 임피던스에 의한 서지 전압 발생 모델

데, 고장 사고시 등에 있어서는 接地에 전류가 흐르면 接地 임피던스에 의하여 전위차를 일으켜 다른 접지점과의 사이에 서지 전압을 발생한다(그림 2·26 참조).

이러한 서지 電壓은 이제까지 이야기 한 이행

과 성질이 달라 回路의 구성에 의하여 그의 이행 정도는 크게 달라진다. 이러한 서지 電壓의 검토는 저압제어회로 등에 있어서 특히 중요하다.

2.5 서지 電壓의 실태

어느 요인에 의하여 발생된 서지 전압은 配電線, 信號線을 전파하여 각종의 이행을 경유, 최종적으로 전기설비를 시작으로 電氣回路에 침입하여 회로의 기능에 영향을 끼치게 된다.

2.5.1 配電線에 나타나는 서지 電壓

[Data - 1]

이 데이터는 미국 GE社가 가정, 호텔, 데파트의 저압배전선(AC 117V)에 총 모니터 시간 10,000시간의 측정결과이다.

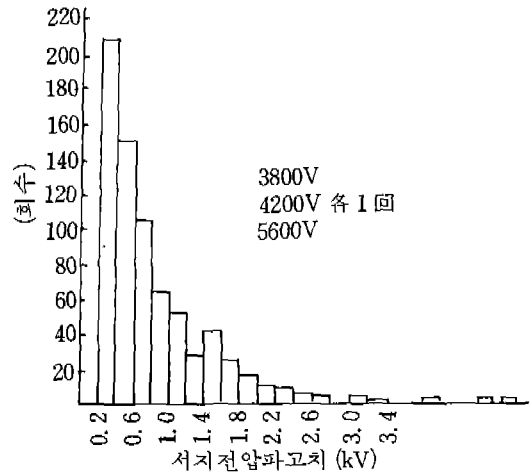
그림 2.27에서 보듯이 2kV 이하의 서지 電壓의 발생회수는 상당히 많은데, 심지어 5.6kV를 나타낸 서지 電壓도 관측되었다. 이러한 데이터를 보면 반도체 기기의 서지 대책은 상당히 중요한 일이라고 하겠다.

[Data - 2]

이 데이터는 미국 GE社가 측정한 것으로서, 配電線에 나타나는 서지 전압이 가정에서 사용하는 반도체 기기에 어떠한 피해를 주는가를 검토하기 위하여 미국 20개 도시에서 2년간에 걸쳐 400개소 이상의 가정 또는 공공건물의 인입구(AC 117V)에서 서지 전압을 측정한 결과이다 (측정표 생략).

[Data - 3]

일본 四國전력에서 低壓架空配電線의 공장 250~500m의 線路(고압배전선이 없음)에 1965년 및 1966년 2년간 서지 카운터(Counter)를 취부하



(그림 2.27) 배전선에 나타나는 서지 전압(선간전압)

여 측정한 결과표이다(그림 2.28 참조).

2.5.2 避雷器의 방전전류

[Data - 1]

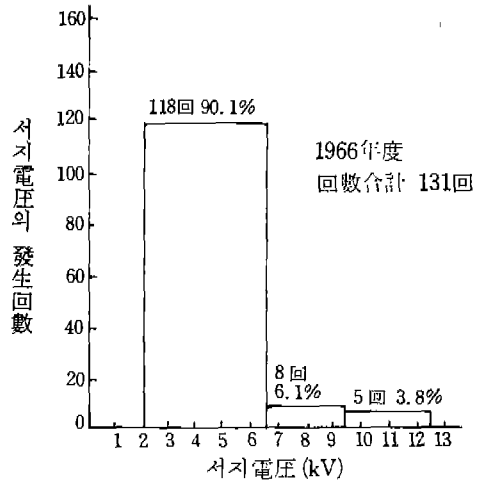
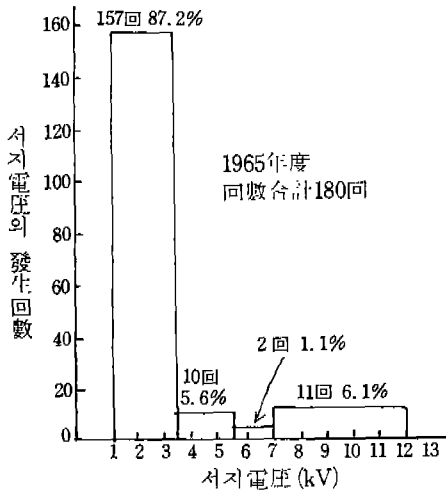
전국적으로 비직선저항형 피뢰기로 얻어진 기록 1,700개를 각 발변전소의 年겨우일수를 일정하게 30일로 기록수를 환산하여 피뢰기의 年當 동작회수의 통계를 나타낸 것이다.

그림 2.29에 의하면 1,000A 이상의 放電電流로 동작하는 회수는 피뢰기 1대당 0.04회/년, 즉 25년에 1회가 되지만, 이 統計는 1일 1회의 測定이기 때문에 1일 수회의 습래된 多重雷 등에 의한 방전을 고려하면 실제로 동작률은 몇 배나 증가될 것으로 생각된다.

[Data - 2]

그림 2.30은 일본 9개전력회사 관내 습뢰빈도가 많은 地域의 실제통에 있어 배전용 피뢰기의 방전전류기록치를 나타낸 것이다.

바로 알고 바로 쓰면 기름 절약 효율증대



〈그림 2·28〉 배전선에 나타나는 서지 전압(대지간전압)
(일본 전력중앙연구소 기술연구보고 No. 64051)

1,000A 이하가 95~98%를 점하고 있는데, 약 70%는 300A 이하로서 평균 200A가 되고 있다. 따라서 直擊雷 서지에 의한 것은 대상의로 치고 일반적으로 유도된 서지에 의한 피뢰기 방전 전류는 1,000A 이하로 생각된다.

2·5·3 通信線路에 나타나는 서지 電壓

표 2·3 ~ 2·5 측정결과표 참조

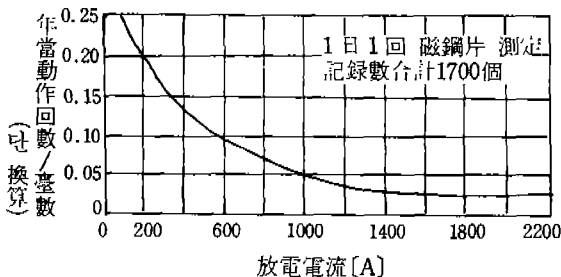
2·6 서지 電壓의 영향

서지 전압이 電氣設備 또는 전기회로에 침입 되었을 경우, 設備 또는 회로는 크건 작건 얼마 만크의 영향을 받게 된다. 그 정도는 내부전자

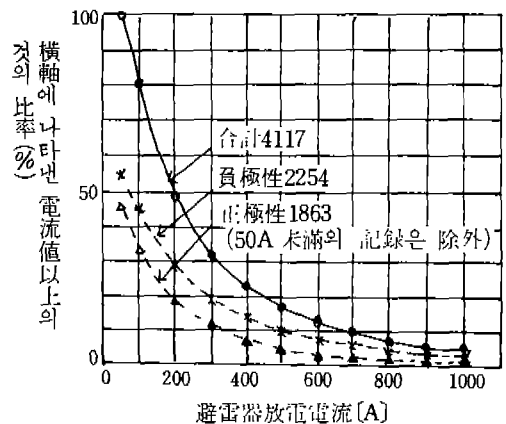
회로의 오동작에서부터 파괴(기능정지)까지도 이르는데, 구성재료, 부품, 회로 등에 따라서 커다란 차이가 난다.

서지 전압대책을 이루려면 우선 영향을 심분 파악하여 둘 필요가 있다.

그러기 위해서 變壓器를 필두로 하여 유도 부하, 다이오드, 다이리스터 등의 半導體 素子 또 이것을 사용하는 전자기기 및 회로기능 등에 있어서의 영향을 알아 보고자 한다.



〈그림 2·29〉 발변전소 피뢰기 방전전류의 통계
(뇌우일수 30일로 하여 환산)



〈그림 2·30〉 배전용 피뢰기 방전전류의 발생빈도

〈표 2·3〉 통신선에 나타나는 雷
(電氣試驗所 資料)

波 高 值	50kV 以下	90%
避雷器放電電流	150A 以下	90%
	10 μ s 以下	70%
波 頭 長	50 μ s 程度	21%
	150 μ s 以上	5%
避雷器動作回數	平均 1 雷雨 1 避雷器	5~6回

〈표 2·4〉 통신선상의 雷의 극성
(소10~소11)
(電氣試驗所 資料)

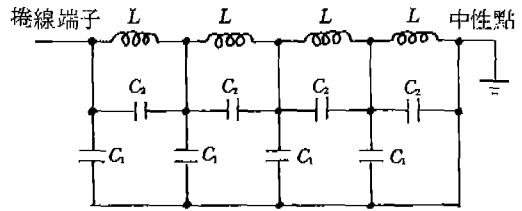
波高值 (kV)	正	負	振動	不詳	計	%
10以下	297	48	18	0	363	44.3
10.1~20	204	37	11	0	252	30.8
20.1~95	153	25	9	11	198	24.2
95以上	0	0	0	5	5	0.7
計	654	110	38	16	818	
%	80	13.5	4.6	1.9		100

〈표 2·5〉 통신 케이블에 생기는 誘導雷 서지의 극성
(通研資料)

觀測年月日	記錄數	極性の 頻度		
		負	正	不明
1968. 7. 24	47	23.4%	74.5%	2.1%
1968. 8. 5	84	42.8	51.2	6.1
1969. 7. 22	54	51.9	48.1	0

2·6·1 變壓器(유도부하)에의 영향

變壓器의 권선은 그 자신 분포 인덕턴스를 갖고 있는 관계로 철심 등에 대하여 대지분포 정전용량 C_1 을 갖고, 또한 권선 각부분 상호간, 즉 코일 간 턴(turn)간에 분포정전용량 C_2 를 갖고

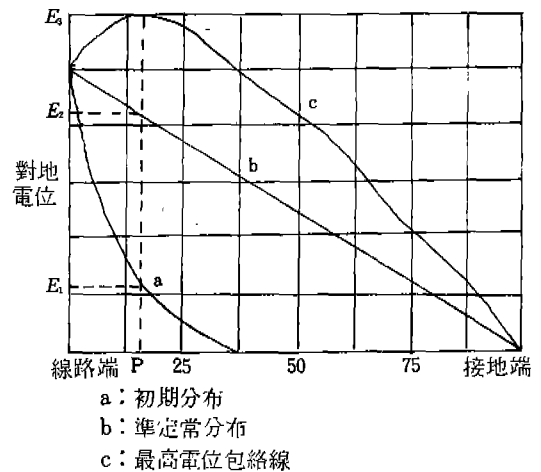


〈그림 2·31〉 변압기 권선의 분포정수 등가회로

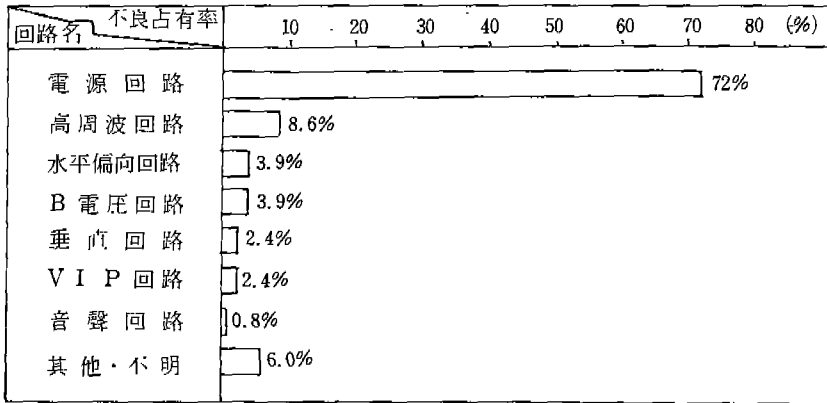
있는 것으로서, 이 등가회로는 그림 2·31과 같다.

하지만, 雷 서지 전압과 같은 급준파에 대하여는 인덕턴스의 逆起電力이 극히 크기 때문에 전압을 인가한 직후의 초기전위분포는 주로 정전용량에 따라서 좌우된다. 이 分布는 C_1 과 C_2 의 비율에 따라 달라서, 대지 분포 정전용량이 직렬분포 정전용량에 비하여 적을 때는 電位 分布는 직선에 가깝고, 역으로 대지분포 정전용량이 클 때, 직선분포와 떨어져 선로단자 부근에 전위경도가 집중하는 일이 있다.

이와 같은 초기전위분포의 예를 그림 2·32의 a 曲線에 나타냈고, 時間이 경과함에 따라서 인덕턴스의 영향이 나타나 준정상 전위분포에서는 주로 인덕턴스에 따라 정해지는 직선분포(b곡선)



〈그림 2·32〉 변압기 내부의 전위 분포



〈그림 2·33〉 TV Set 회로별 뇌해불량 점유율

로 이행한다.

그런데, 이때 a에서 b로 바로 이행하는 일도 있지만, a曲線과 c曲線과의 사이를 진동하면서 b曲線으로 이행하고 있다.

2·6·2 半導体素子에의 영향

트랜지스터, 다이오드, IC를 필두로 한 半導体素子는 종래의 진공관 또는 기계적접점 등과 비교하여 서지 전압에 약한 특성을 갖고 있다. 또한 자기회복 특성이 없기 때문에 영구파괴에 이르는 경우가 대부분이다.

2·6·3 半導体機器에의 영향

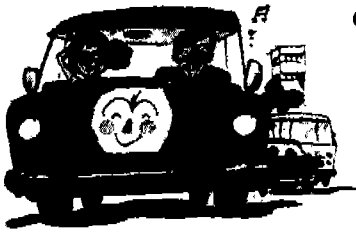
반도체를 사용하는 회로에 서지 전압이 침입하는 경우 최종적으로 이 서지 전압은 회로에 유입 또는 變圧器나 각각의 電子部品에 인가되어 디지털 회로나 애널로그 회로를 오동작시키든가 아니면 전자부품을 파괴하여 회로의 기능을 정지시키는 일이 종종 있다(그림 2·33 참조).

2·6·4 接點에의 영향

불꽃방전에 의해서 접점표면의 산화가 이루어져 접점금속의 소모가 커지게 되어 용착되므로 접점의 수명을 단축시킨다.

(다음 號에 계속)

□ **경제운전방법**



에너지 절약형 차를 선택합니다.

- 차의 대·소에 따라 연료 소비는 40~80%의 차이가 있습니다.
- 반드시 각 차종간 주행연비를 비교하여 연료비가 적게 드는 차를 선택합니다.