

# PVC絶緣케이블의 劣化診斷法

(2)

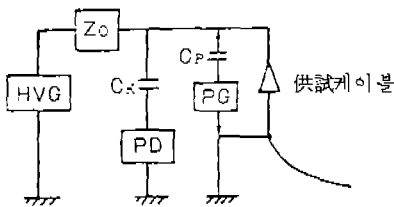
## 4. 構造的 결함에 의한 劣化의 진단법

케이블 絶緣体内的 제조시에 존재하는 결함 또는 布設時的 外傷 및 케이블 운전시의 熱機械 応力에 의해 空隙(보이드)나 반도체의 突起 등과 같은 결함이 생기는 일이 있다. 이들 결함에 있어서 課電時에 部分放電이 발생하면 이 部分방전에 의해 電氣 트리가 발생, 드디어 絶연과괴에 이른다는 劣化형태가 존재한다. 이에 대해서는 部分 放電의 측정 에 의해 결함을 검출하여 劣化를 미연에 방지하는 것이 중요하며, 이를 위해 部分放電計測法이 중요한 劣化判定 方法으로 되어 있다. 그리고 최근에는 컴퓨터 計測技術을 구사한 部分放電 측정의 한 새로운 絶연열화 측정기술도 고안되고 있다. 여기서는 통상적인 部分放電計測에 의한 絶연열화 진단법과 최근의 컴퓨터 計測에 의한 새로운 방법에 대해서 설명한다.

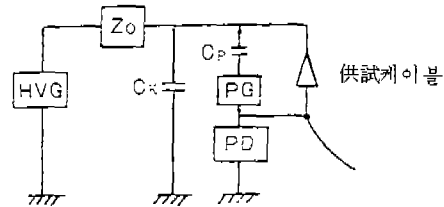
### 4-1 部分放電測定에 의한 絶緣劣化 檢出法

部分放電測定에 있어서 측정되는 기본적인 物理量은 放電電荷라고 불리는 것으로서, 放電의 크기를 표시하고 있다. 放電電荷측정을 위한 기본회로를 그림 8에 든다.  $\tan \delta$ 을 측정하는 경우와 동일하게 케이블의 接地回路를 나타낼 수 있는가의 여부로 測定回路가 달라진다.

통상적으로는 그림 8 (a)의 回路가 많다. 그림의 PD라고 표시된 部分放電測定器에는 몇가지 종류가 있는데, 현재로는 同調式 部分放電檢出器가 가장 노이즈에 강하다고 하고 있다. 部分放電測定에 있어서 실용상 가장 큰 문제가 되는 것은 잡음과 신호의 구별, 즉 現象계측에 있어서의 S/N比의 향상이다. 이 열화진단법은 결함검출에서 가장 적합한 방법이기 때문에 현재 S/N比의 향상에 관한 研究가 많이 시행되고 있다. 표 5 및 표 6에 공장 출하시의 CV 케이블 및 CV 케이블 接續部의 交流



(a) 케이블차폐 接地의 경우



(b) 케이블차폐 非接地의 경우

- HVG : 試驗用高電壓發生裝置
- Zo : 雜音 및 케이블의 部分放電필스阻止用 인덕턴스
- Ck : 結合용커패시터
- Cp : 校正용캐퍼시터
- PG : 校正용펄스發生器
- PD : 部分放電測定器

(그림-8) 放電電荷측정을 위한 기본회로

〈表- 5〉 CV케이블의 交流部分放電試驗電壓 및 許容 放電電荷

公稱電壓 (kV)	22			33			66			77		
	1 st	2 nd	3 rd	1 st	2 nd	3 rd	1 st	2 nd	3 rd	1 st	2 nd	3 rd
試驗電壓 (kV)	17	33	17	26	49	26	52	97	52	61	113	61
許容放電電荷 (pC)	10	30	10	10	30	10	5	30	5	5	30	5

pC : 피코쿨롬 ( $10^{-12}$  쿨롬)

〈表- 6〉 CV케이블接續部の 交流部分放電試驗電壓 및 許容放電電荷

公稱電壓 (kV)	22	33	66	77	
試驗電壓 (kV)	17	26	51	61	
許容放電電荷 (pC)	初期試驗	10	10	5	5
	長期試驗	50			

部分放電試驗電壓 및 허용 방전전하의 예를 든다.

그러나 現場計測에 있어서의 CV 케이블의 部分放電劣化判定기준은 명확히 되어 있지 않고 표 7의 SL 케이블의 部分放電劣化判定기준을 준용하고 있는 예가 있는 정도이다. 연구소에서는 일단의 有害性 要注意 판정기준을 권장하여 放電電荷 50피코쿨롬 (pC :  $10^{-12}$  쿨롬)으로 하고 있다. 그러나 앞으로 계측기술의 진보와 더불어 이 값은 작아질 가능성이 있다.

#### 4-2 컴퓨터 計測에 의한 電氣 트리이 劣化檢出法

絶緣体内나 半導電層과 絶緣体 경계면에 突起나 보이드 등의 결함이 생기면 그 部分에서 미소한 放電이 발생하며, 이 放電에 의해 絶緣材料가 침식된다. 이 침식에 의해 그림 9와 같은 電氣 트리이가 발생, 진전하는 것이다. 電氣 트리이는 가장 有害한 劣化형태의 하나로 생각되고 있다. 왜냐하면 한번 電氣 트리이가 발생하면 電氣 트리이 자체가 다시 有害한 결함이 되어, 마치 樹木이 성장하는 것 같이 劣化가 진행하기 때문이다. 그러므로 트리이가 발생하면 가능한 빨리 그 존재를 발견하여 絶緣破壞사고를 피하지 않으면 안된다. 電氣 트리이의 進行은 트리이 내부에서의 部分放電이 원인으로 되어 있으므로 이 放電에 의해 생기는 電氣 펄스를 검출하면 된다. 예를들면 3相 케이블系에 있어서

는 그림 10과 같은 回路로 펄스를 검출한다.

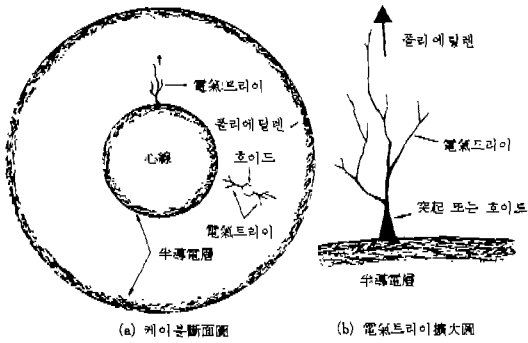
예를 들면 케이블(c)에서 생긴 電氣 펄스는 펄스檢出 컨덴서(통상 結合 컨덴서라고 불린다)를 통하여 펄스信號 해석장치에 入力되어 노이즈나 케이블 端末 등에서 발생한 펄스信號와 구별되어 電氣 트리이 劣化가 발생하고 있는가의 여부가 判定된다

이 劣化判定法은 기술적으로 새로운 것이므로 그 기초적 방법을 다소 상세하게 설명하기로 한다. 劣化判定의 기초가 되어 있는 것은 그림 11에 드는 AC 印加電壓波形에 대한 펄스信號의 발생모양이다. 즉 우선 多數의 사이클에 있어서 펄스의 크기(部分放電電荷 q)를 측정하고 印加交流電壓 位相角  $\phi$ 에 대한 平均 펄스 높이의 分布形狀( $\phi-q$  분포)을 구한다.

다음에 이 分布形狀이 트리이 내부에서 발생하고 있는 部分放電에 의한 것인가의 여부를 결정하여

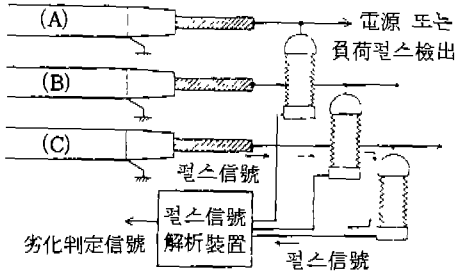
〈표- 7〉 22kV SL케이블의 部分放電劣化 判定基準

測定法	判定基準 (요주의 기준)
測定法	上昇後 (1) 30kV 印加3분후의 기준방전전하가 1,000pC 이상 (2) 30kV 印加3분후의 기준방전전하가 1,000pC 이하라도 發生頻度가 비정상적으로 크다. (3) 발생빈도가 시간과 더불어 감소하지 않는다. (4) 數1,000pC 이상의 킥이 생긴다.
	上昇 및 下降中 (1) 30kV 印加時의 최대방전전하수 1,000 pC 이상 放電中 (1) 10kV 印加時의 최대방전전하가 1,000 pC 이상
交流法	商用周波 (1) 12kV 印加時의 기준방전전하 1,000pC 이상



(a) 케이블斷面圖 (b) 電氣트리이擴大圖

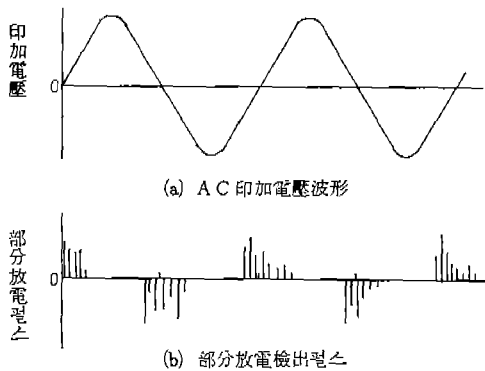
〈그림-9〉 CV케이블 중의 전기트리이 열화



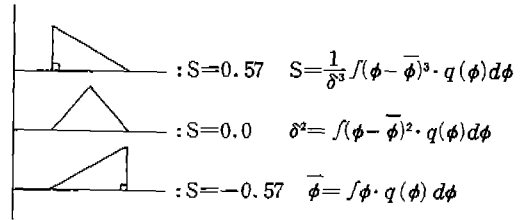
〈그림-10〉 電力케이블로 부터의 部分放電펄스信號를 檢出하기 위한 原理

노이즈와의 區別을 한다. 여기서 分布形狀이 중요해  
해지므로 分布形狀을 定量的으로 취급하기 위한 가  
장 간편한 통계량인 分布의 歪度 S를 도입한다. 歪  
度는 그 分布의 평균치 주위의 3차 모우멘트를 標  
準 偏差의 3승으로 나눈 값이다. 그림12에 三角  
形 分布에 있어서의 歪度值의 形狀에 따른 變化를 든  
다. 통상 S의 값은 +1 전후부터 -1 전후 범위  
의 값이 된다.

電氣 트리이 劣化의 진행에 수반되는  $\phi-q$  分布  
형태의 變化實測例를 그림13에 든다. 그림에서는  
(a), (b), (c) 順으로 劣化가 진행하며, 특히 (c)



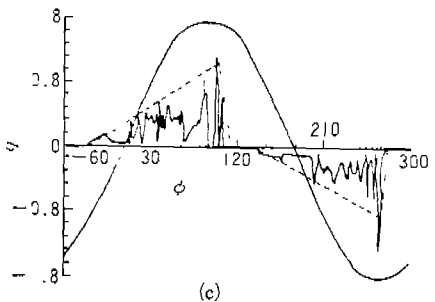
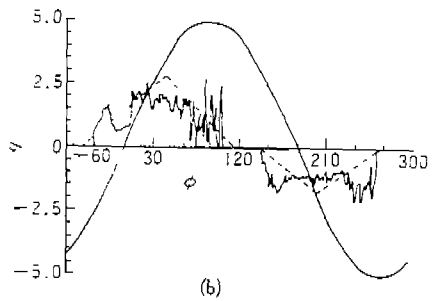
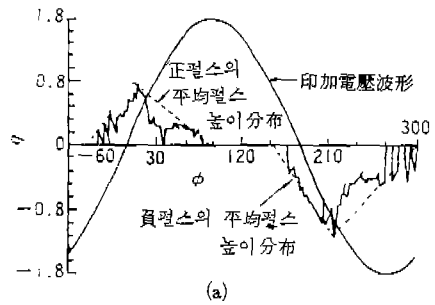
〈그림-11〉 AC印加電壓波形과 部分放電檢出펄스



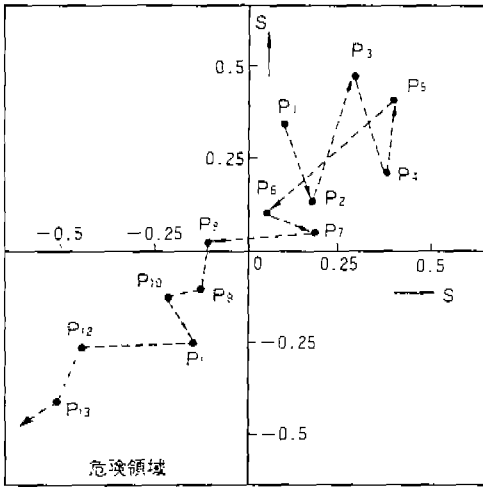
〈그림-12〉 分布形狀과 歪度S의 關係

는 絶緣과과 직전의 상태에서의 형태이다.

이 分布형태의 變化를 前述한 歪度 S의 變化로  
추적한 것이 그림14이다. 이 그림은 트리이內에서  
발생하는 部分放電 펄스中 正의 半사이클中에 발생  
한 펄스(正펄스)와 負의 半사이클中에 발생한 펄스  
(負펄스)의 分布에 대한 S의 값을 각각 橫軸과 縱



〈그림-13〉 트리이에 의한 劣化에 수반되는  $\phi-q$  分布 파타란 變化의 測定例



(그림-14) S平面表示에 의한 트리이劣화에 수반되는 S値의 變化의 상태

軸으로 하여 표시한 것으로, S의 經時變化의 감시를 용이하게 하기 위해 사용하고 있는 表示法(S平面表示法)이다.

트리이가 劣化가 진행하여 絶緣 파괴에 가까워지면 프로트點이 同圖 第3象限에 들어간다. 예를들면  $P_1 \sim P_8$ 은 아직 安全영역에 있지만  $P_9$ 로 부터 위험영역에 들어가며  $P_{13}$ 은 絶緣破壞직전의 상태를 나타내고 있다. 이와같이 部分放電 펄스에 대해서 컴퓨터 計測·처리기술을 적용하여 종래와는 전혀 다른 방법으로 電氣 트리이 劣化를 검출할 수 있게 되었다. 이 새로운 방법의 특징을 정리해 보면 아래와 같다.

① 컴퓨터 計測 시스템을 사용하고 있기 때문에 自動連續감시가 용이해져 劣化進行速度가 빠른 電氣 트리이 劣化의 검출이 가능하다.

② 部分放電 펄스에 의한  $\phi-q$ 分布의 統計的 성

질을 이용하고 있기 때문에 잡음이나 케이블의 길이로 인한 영향을 받기 어려워 劣化判定精度가 높다.

③ 케이블이 課通電상태에서 部分放電 펄스의 검출이 가능하기 때문에 중요한 케이블 線路의 온라인 감시에 적합하다.

이상과 같은 특징을 가지고 있다. 이 방법에 의한 暫定的인 劣化判定의 기준은 S平面表示法에 있어서의 프로트點이 第3象限에 들어갔을 때를 트리이 劣化有라고 하고 있다. 그러나 장래는 다시 다른 조건도 부가될 예정이다. 이 컴퓨터 計測 시스템에 의한 劣化判定法은 최근의 마이크로컴퓨터의 보급에 따라 급속하게 발전할 방법일 것이다.

## 5. 맺는 말

현재 發表되어 있는 CV케이블 劣化診斷法에 대해 概說했는데, 劣化檢出에 대해서는 기본적으로 두가지를 생각하여야 한다. 즉 經年的인 劣化를 검출하기 위해서는 直流漏洩電流法, 逆吸收電流法 및 誘電正接法 등이 효과적이고, 결함에 의한 劣化의 검출에는 部分放電檢出法이 효과적이다. 또 現場計測에 적합한 방법은 直流의 시험전압을 사용하는 방법이나 準三角波 또는 超低周波(例컨대 0.1Hz) 電壓을 사용한 誘電正接法 또는 部分放電測定法이 좋다. 그리고 또 컴퓨터 計測技術을 응용한 絶緣劣化判定法은 앞으로 중요한 방법이 되리라 생각된다.

現在까지 제안되고 있는 몇가지 主要絶緣劣化判定方法에 대해서 설명하였는데 이밖에도 많은 方法이 開發되고 있다. 詳細한 것에 대해서는 전문서적을 참조하기 바람에 이만 끝낸다.

