

GIS에 있어서의 過渡過電壓 測定用 센서

李 福 熙* 白 龍 鉉

河村 達雄 西村 俊彦 石井 勝

仁荷大學校 電氣工學科

東京大學 生産技術研究所

A Voltage Sensor for measurement of Very Fast Transients in GIS

B. H. Lee, Y. H. Paek

T. Kawamura, T. Nishimura, M. Ishii

Inha University

U.T.S., University of Tokyo

ABSTRACT

The measurement of very fast transients generated by disconnecting switches in gas-insulated switchgear(GIS) have to deal with the problems such as reliability, interference pick-up, and optimal design of high voltage equipments.

This paper presents a new developed voltage sensor to measure the very fast transients, the basic theory of the measuring method, the design, structure of planar capacitive voltage probe are described. Finally the examples of modelling tests on an actual size GIS are discussed.

1. 서 론

최근 산업의 고도화에 따라 전력수요가 급증하고 있으며, 이에 부응하여 전력설비의 대형화와 高電壓化가 요구되고 있다. 대도시에서의 부하의 고밀도, 수변전 설비용 부지, 운용의 신뢰성 등의 문제점 때문에 전력 기기의 소형화, 경량화가 필요하므로 현재 운전 및 보수 의 간편화, 전력계통의 안전성, 고효율적 운전특성을 고려하여 SF₆가스를 절연재료로 이용하는 가스절연

시스템의 사용이 가일층 증가하는 추세이다.

가스絶緣開閉裝置(Gas-Insulated Switchgear:GIS)의 운전중 단로기의 조작에 의한 충전전류의 차단, 또는 지락사고가 발생하게 되면 過渡過電壓(Very Fast Transients:VFT)이 유기된다. 이들 VFT의 파형이나 진폭은 전력설비의 규모, 발생지점, 주변의 기기에 따라 변화하며, 上昇時間이 4-20 [ns], 사용전압의 0.9-2.5 [p.u] 정도의 과도과전압이 발생한다.

이와 같은 特性을 가지는 VFT는 발생하는 위치에 따라 進行波로써 작용하며, 高周波成分을 포함하고 있기 때문에 종래의 저항 또는 용량분압기로의 측정이 불가능하므로 특별한 측정장치가 필요하다.^{1)~3)}

또한 VFT는 GIS자체 뿐만 아니라 주변 전력기기의 絶緣破壞를 유발시키게 되며, 보호 및 제어장치의 전자회로에도 電磁誘導障害를 끼치는 문제점을 내포하고 있다. 따라서 GIS설비에서 발생하는 VFT의 측정은 고전압기기의 절연설계 및 운용의 신뢰도 향상에 기본이 된다.

본 연구에서는 GIS설비에서 발생하는 과도과전압을 측정할 수 있는 容量性 電壓센서에 대한 이론과 설계에 대하여 기술하고, 제작된 센서의 응답특성의 측정과 실규모 GIS에서 발생하는 VFT를 측정하고 이들에 대하여 검토하였다.

2. 이 론

2.1. 측정 이론

용량성 전압 센서의 원리는 電磁界 現象을 기초로 하며, 센서전극(live electrode)과 GIS내부에 설치된 고전압도체사이의 漂流靜電容량과 접지전극사이의 정전용량에 의한 분압으로 고전압을 측정하는 것으로, 이는 일종의 廣帶域 필터에 상당하며 周波數應答은 관속용 계기의 입력임피던스와 센서의 정전용량에 의하여 결정된다.

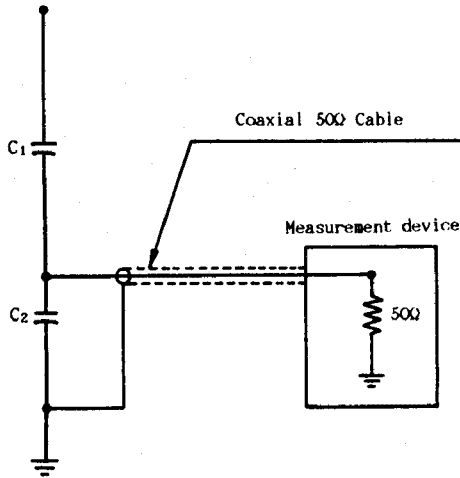


그림 1. 용량성 분압기의 개략도

Fig. 1. A schematic diagram of capacitive voltage divider

측정 원리도를 그림 1에 나타내었으며, C₂의 응답특성에 따라 帶域이 정하여지고, C₂의 상승시간을 T_r [ns]라고 하면 高域側 遮斷周波數 B_w [MHz]는

$$B_w \cdot T_r = 350 \quad (1)$$

로 된다.

또한 크기가 -3[dB]까지 감소되는 低域側 遮斷周波數 f_L는 관속용 계기의 입력임피던스와 다음의 관계식에 의하여 정해진다.

$$f_L = \frac{1}{2\pi RC_2} \quad (2)$$

또한 低域側 遮斷周波數 f_L는 정합용 보조콘덴서를

사용하게 되면 조절할 수 있으므로 낮은 주파수 영역에서의 측정범위 조정은 가능하나 高域側 限界周波數는 용량성 전압 센서의 구조와 관속용 계기의 입력임피던스에 의하여 제한되므로 고역측 한계주파수의 증대는 불가능하다.

2.2. 용량성 전압센서의 설계

가스절연개폐장치에서 발생하는 VFT의 상승시간은 4-20 [ns] 정도의 것도 있으므로 용량성 전압센서의 설계할 때에는 특히 센서의 정전용량(센서의 전극과 접지전극사이의 정전용량)이 균일하지 않으면 스텝상의 써-지전압이 인가되게 되면 센서전극의 電位分布가 불균일하게 되므로 漂流電流가 흐르게 될 가능성이 있는 점과 관속용 계기사이의 特性임피던스의 整合을 고려하여야만 된다.

따라서 본 연구에서는 센서의 정전용량의 균일성을 위하여 접촉면의 가공을 高精度로 하였으며, 특성임피던스의 整合을 도모하기 위하여 그림 2에 나타난 바와 같이 원추형 구조로 설계하였다.

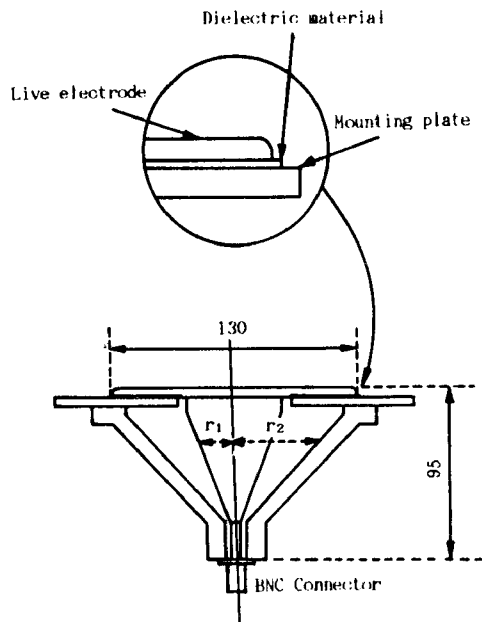


그림 2. 센서의 구조

Fig. 2. Sensor structure

동축선로의 특성임피던스 Z 는

$$Z = 138 \log_{10} \frac{r_2}{r_1} \quad (3)$$

로 표현되므로 센서의 원추부분에 있어서의 특성임피던스를 50 [Ω]으로 하기 위하여 $r_2/r_1 = 2.3$ 이 되도록 설계하였다.

절연물로서는 두께 22 [μm], 比誘電率 ϵ_0 가 2.16인 폴리프로필렌 필름을 사용하였으며, 센서의 정전용량은 약 9 [nF]가 되도록 설계하였다. 또한 N형 BNC본넥터에 의하여 센서에 탐지된 전위는 동축케이블에 의하여 관측용 오실로스코우프로 전송된다.

3. 실험 결과 및 검토

3.1. 센서의 응답특성

설계에 의하여 제작된 전압센서를 실용기에 설치하여 사용하기 위해서는 교정이 필요하므로 平行 평판형 傳送線路를 이용하여 센서의 單位應答特性 실험을 행하였다.

신호전송선로는 특성임피던스가 50 [Ω]가 되도록 제작하였으며, 이의 종단부에는 센서의 정전용량을 측정하기 위하여 43 [Ω]의 저항을 접속하였다. 단위응답 특성측정계의 회로도도 그림 3과 같다.

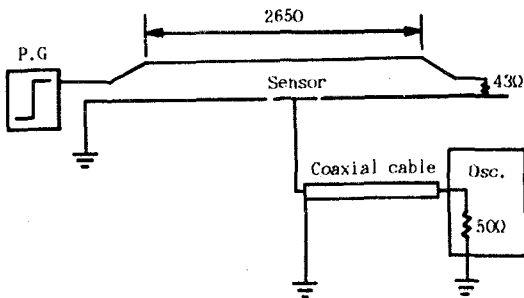


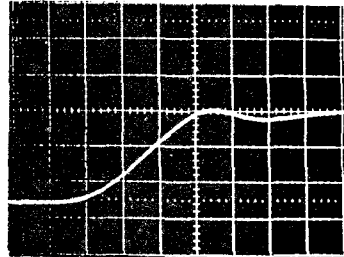
그림 3. 단위응답 측정회로

Fig.3. Measuring circuit of step response

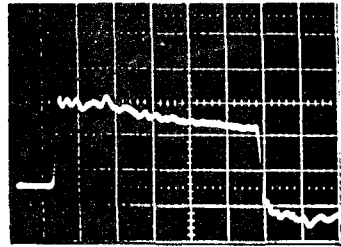
입력전원으로는 상승시간이 0.25 [ns]이고, 최대전압 24 [V]인 펄스발생기를 사용하였다. 이 때의 전송선로의 入力部에서의 상승시간은 0.8 [ns]이었으며,

센서의 응답은 그림 4(a)에 나타난 바와 같이 상승시간이 약 1.4 [ns]이었다.

센서자체의 응답시간은 약 1.15 [ns]이다. 따라서 고역측 차단주파수는 식 (1)에 의하여 약 300 [MHz]임을 알 수 있다.



(a) [10 mV/div, 0.5 ns/div]



(b) [10 mV/div, 10 ns/div]

그림 4. 단위스텝응답

Fig. 4. Unit step response

그림 4(b)의 全波應答의 時定數로부터 센서의 정전용량이 산출되며 약 2.7 [nF]이다. 이 측정치는 설계치의 약 1/3으로 대단히 적게 나타났으나 이러한 차이는 전극과 절연물사이의 접촉이 이루어지지 않은 부분이 있으며, 이 부분에 空隙이 형성되므로써 기인되었던 것이라고 추측된다. 주위온도 및 압력의 변화에 의한 공극의 변화는 거의 없으므로 센서의 특성 변화는 없을 것으로 기대된다.

또한 센서의 정전용량을 구하였으므로 관측용 오실로스코우프의 입력임피던스를 1 [MΩ]으로 하게 되면 식 (2)로부터 低域側 遮斷周波數는 약 59 [Hz]가 됨을 알 수 있다.

3.2. 실규모 GIS에서의 VFT 측정

모의 실험의 개략도는 그림 5와 같으며, 전원으로는 2.1 [MV], 86 [KJ]인 임펄스발생기를 사용하였으며, 단로기 조작에 의한 충전電流의 차단을 모사하기 위하여 접 G를 설치하였다.

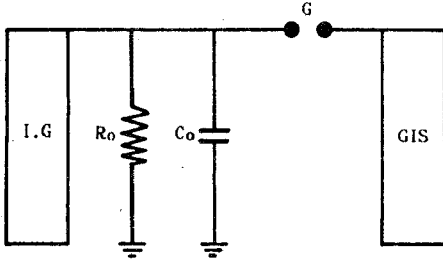
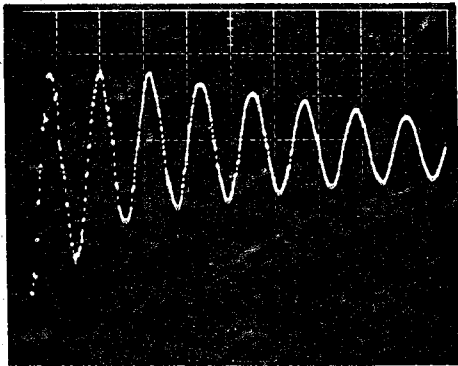


그림 5. 실험 회로

Fig. 5. Experimental circuit

이 때 발생된 VFT의 예는 그림 6과 같으며, 液頭調整用 콘덴서의 정전용량과 리이드선 등의 인덕턴스에 의하여 약 1.8 [MHz]인 振動波 過渡過電壓이 발생하였다.



[24.6 KV/div, 500 ns/div]

그림 6. 과도과전압파형의 예

Fig. 6. Example of VFT waveshapes

유발되는 VFT의 파형 즉, 오우버 슈트와 振動周波數 및 고주파성분은 回路定數의 값에 따라 변화함을 알 수 있었고, 이로 인하여 GIS설비에서 발생하는 VFT의 파형과 특성이 전력설비의 규모에 따라 변화됨을 확인할 수 있었으며, 절연설계시 이의 영향을 고려하여야만 됨을 재입증하였다.

4. 결 론

GIS전력설비의 운전, 특히 단로기의 조작에 의한 충전電流의 차단으로 발생하는 急峻性過渡過電壓의 측정용 센서와 측정계 구성에 대한 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

* 본 논문에서 기술한 과도과전압 측정용 센서는 GIS 내부에서 발생하는 VFT의 측정이 가능하며, 소형이므로 GIS에 내장시킬 수 있다.

** 고주파특성이 우수하고, 고역속 차단주파수는 약 300 [MHz]이었으며, 補助整合回路를 사용함으로써 상용주파전압의 측정도 가능하였다.

앞으로는 본 연구를 기초로 하여 能動性 電界測定용 센서의 실험과 실규모 GIS에서 발생하는 VFT에 대한 SF₆가스의 절연특성 및 방전특성에 대한 연구를 추진해 나아갈 예정이다.

참 고 문 헌

- 1). 河村 達雄, 李 福 熙 ; " 가스絶緣開閉裝置에 있어서 急峻波 過渡過電壓의 발생과 절연특성 ", 대한전기학회지, Vol. 38, No. 1, pp. 21-30, 1989
- 2). J. Meppelik, K. Diederich, K. Fisher and W. Pfaff ; " Very Fast Transients in GIS ", Cigre, 1988, Paper WM 114-1
- 3). A. Welsch ; " Outcoupling and External Phenomena of Very Fast Transients in GIS ", 6th International Symposium on High Voltage Engineering, New Orleans, USA, 1989, Paper No. 49-05
- 4). T. Kawamura, B. H. Lee, et al ; " Measuring Systems for Very Fast Transients and Electric Field in GIS ", 대한전기학회 논문지 부고증
- 5). 河村 達雄, 李 福 熙 外 ; " GISにおける 急峻波 サ-シ 試驗裝置と 測定システム " 平成元年 電氣學會 全國大會, 1989, Paper No. 1288