

과도급준파전압측정계의 개발에 관한 연구

이복희*, 0길경석*, 정상진**, 김종년**, 이정선**, 이형호+, 김진기+, 이근양**
 *인하대학교, **한국전력공사, +한국전기연구소, ++금성전선

Development of Measurement System of Very Fast Transient Overvoltage

B.H. Lee*, 0G.S. Kil*, S.J. Chung**, J.N. Kim**, J.S. Lee**, H.H. Lee+, J.K. Kim+, K.Y. Lee**
 *Inha Univ., **KERI, +KEPCO, ++Gold Star

Abstract

This paper describes a proposed very fast transient overvoltages(VFTO) measurement system suited for established gas insulated switchgear(GIS). The detecting system consists of a shield electrode connected to a buffer amplifier, and the transmission of the detected signal to an oscilloscope is made through an optical fiber.

The bandwidth of the measurement system is 5 Hz to 30 MHz. When determining the voltage dividing ratio by use of the commercial frequency voltage, the error is less than 0.5 %. Also, the data were obtained by the electric field probe and the high voltage probe, and their deviation for voltage dividing ratio were less than 1 %.

1. 서 론

최근 전력수요의 급증과 부하의 집중으로 인한 송전 전압의 격상으로 변전소, 개폐소용 부지의 문제가 심화되었으며, 콤팩트화된 전력기기의 사용이 일반화 되었다. 그 중에서 SF₆가스를 절연체로 사용한 가스절연개폐장치(GIS : gas insulated switchgear)는 설치면적이 적고 신뢰도가 높아 수·변전설비로 사용이 증가하고 있다. 그러나 GIS내에 설치된 단로기의 조작시에는 파두장이 수 ns ~ 수십 ns의 급준파써-지가 발생되는데, 이와 같은 급준파써-지의 문제점으로는 단로기 양극간의 아크에 의한 지락발생 뿐만 아니라, 차단기, 변압기, 붓싱 등 주변기기의 절연에 영향을 미치게 된다.^{[1],[2]}

전력기기의 절연내력의 저감과 절연성능평가를 위하여는 GIS자체에서 발생하는 써-지전압의 정확한 측정이 필수적이므로 본 연구에서는 GIS에서 발생하는 써-지전압을 측정하기 위하여 광대역이며, 상용주파수전압에 의한 분압비의 결정이 가능한 GIS의 고전압도체지지용 스

페이스(spacer)를 이용하여 모의과도과전압측정계를 구성하였으며, 상용주파수전압 및 진동과도과전압에 대하여 실험함으로써 실규모 GIS에의 적용가능성을 제시하였다.

2. 측정원리와 측정계의 구성

본 연구에서 제안한 과도과전압의 검출원리 및 전체 측정계를 그림 1에 나타내었다. 고전압도체와 스페이스의 외부에 부착된 검출전극사이에 정전용량 Cd 및 검출전극과 GIS외합사이의 표류정전용량 Cs가 존재하게 되어 분압이 이루어진다.^[3]

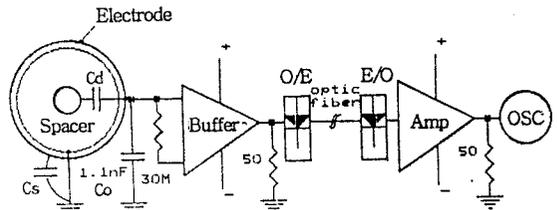


그림 1. 과도과전압측정계의 구성

Fig. 1. Construction of the measurement system of the very transient overvoltage

검출된 신호는 전압비퍼에 입력시켜 신호의 왜곡 및 케이블길이에 기인한 감쇠를 제거하고, GIS의 설치장소가 고전자계상태임을 고려하여 주변의 고전자계에 의한 왜곡을 줄일 수 있도록 표 1과 같은 E/O(Electrical to Optical), O/E(Optical to Electrical) 변환기를 제작하고 광화이버(Optical Fiber)를 통하여 오실로스코프로 판독하는 측정계를 구성하였다.

표 1. 광전송계의 특성

Table 1. Characteristics of optical link

주파수대역	1.6 Hz - 46 MHz	
광 케이블	OJC-MM-10-ST	Gold Star
E / O	DC - 140 MHz	ABB HAFO
O / E	DC - 125 MHz	Hewlett Packard

3. 실험장치 및 방법

실험장치는 내경 396 mm의 스테인레스강을 이용하여 원통형으로 제작하였으며, 내부전극에 전압을 인가하기 위하여 66 kV(BIL 350 kV)용 콘덴서형 부상이 설치되어 있다. 또한, 과도과전압측정계의 응답결과에 대한 정확도를 비교, 평가하기 위하여 고전압프로브(Tek6015) 및 전계프로브^[4]를 그림 2에 나타난 위치에 설치하여 동일전압에 대하여 동시 측정하였다.

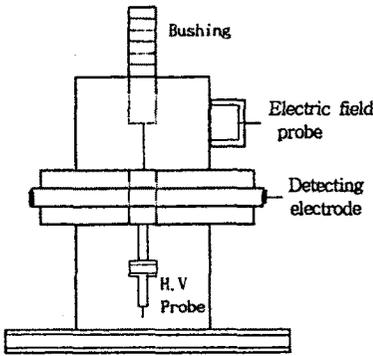


그림 2. 시험전압의 측정점

Fig. 2. Measuring point of the test voltage

4. 실험결과 및 고찰

4-1. 교정실험

모의실험장치에 설치한 감지전극에 직각파를 입력시켜^[5] 이 입력에 대한 감지전극, 버퍼앰프, 광전송계를 포함한 본 과도과전압측정계의 응답특성을 조사한 결과, 응답 파형의 상승시간 및 감쇠시정수로부터 주파수대역은 5 Hz ~ 30 MHz(-3 dB)임이 확인되었다.

한편, 현장에 설치되어 운전되고 있는 기존의 GIS에 교정용 전원을 인가하여 분압비를 결정하는 것은 GIS 부근에 고전압발생장치의 시설이 요구되므로 실질적으로 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 60 Hz 상용주파수전압을 이용하여 분압비를 결정하는 방법을 고찰하였다. 정현파 인가전압의 주파수(f), 측정계의 저역측 차단주파수(f_c)와 분압비사이에는 다음의 관계가 성립된다.

$$\frac{U_1}{U_2} = \sqrt{1 + \left(\frac{f_c}{f}\right)^2} \frac{C_d + C_0}{C_d}$$

이로부터 계산한 f_c 와 분압비오차와의 관계를 그림 3에 나타내었는데, 본 연구에서 구성한 과도과전압측정계의 저역측 차단주파수(f_c)가 5 Hz이므로 분압비오차는 1% 이하임을 알 수 있다.

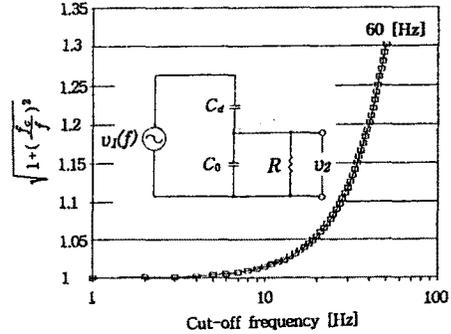


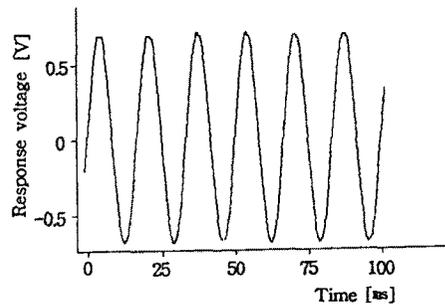
그림 3. 저역측 차단주파수(f_c)와 분압비오차의 관계

Fig. 3. Relation between the lower cut-off frequency and error of dividing ratio

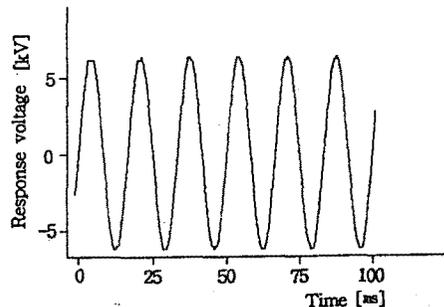
4-2 적용실험

본 연구에서 제안한 과도과전압측정계를 구성하여 모의실험장치에 적용하여 실험한 결과를 기술한다.

그림 4는 상용주파수전압을 인가하였을 때, 본 연구에서 제안한 과도과전압측정계 및 고전압프로브로 검출한 파형이다. 피크치에서 피크치(peak to peak)까지 고전압프로브는 13.0 kV, 과도과전압측정계는 1.4 V를 검출하여 상용주파수전압에서 본 측정계의 분압비는 약 9,285임을 알 수 있다.



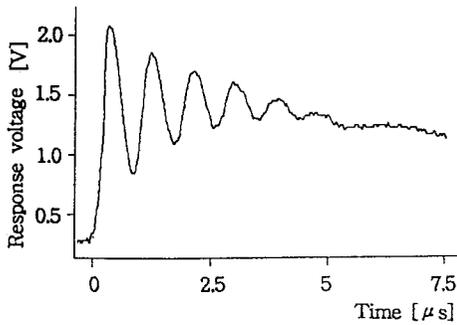
(a) 본 연구에서 제안한 측정계의 응답파형



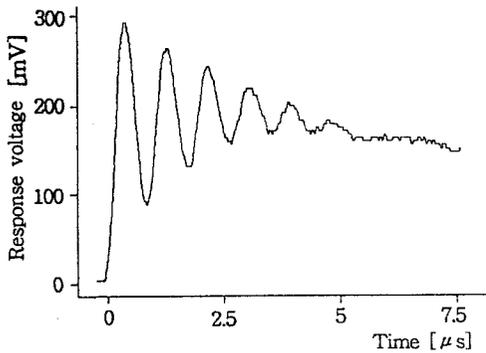
(b) 고전압프로브의 응답파형

그림 4. 상용주파수전압에 대한 전압측정계의 응답파형

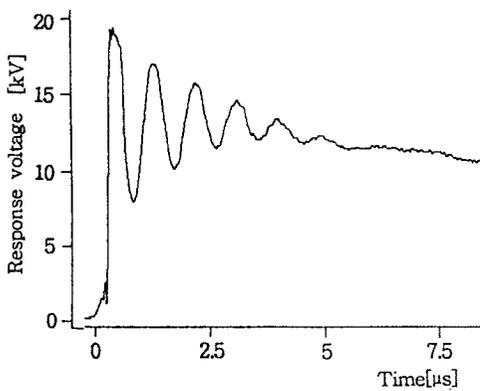
Fig. 4. Response waveforms of the voltage measurement devices to commercial frequency voltage



(a) 본 연구에서 제안한 측정계의 응답파형



(b) 전계센서의 응답파형



(c) 고전압프로브의 응답파형

그림 5. 진동파과도전압에 대한 전압측정계의 응답파형
Fig. 5. Response waveforms of the voltage measurement devices to oscillating transient overvoltage

또한 그림 5는 진동파과도전압(1.14 MHz)을 인가하였을 때, 검출한 파형으로 동일한 인가전압에 대한 과도전압측정용 전계센서(주파수대역: 40 Hz ~ 200 MHz)와 고전압프로브(Tek. 6015)로 비교하였다. 이들의 결과에서 보

면 응답파형의 변화 즉, 감쇠율 거의 1%이내의 오차범위에서 일치함을 보여주고 있다. 분압비는 고전압프로브는 19.0 kV, 과도과도전압측정계는 2.03 V를 검출하여 약 9,360이며, 60 Hz 교류전압으로 결정한 값보다 약간 분압비가 크게 나타났지만 차이는 1%이내이다. 이와 같이 본 연구에서 제작한 과도과도전압측정계는 주파수대역내에서 입력파형 및 주파수에 관계없이 거의 일정한 분압비를 가지므로, 본 연구에서 제안한 과도전압측정기술을 적용하면 GIS에서 단로기조작 등에 의하여 발생하는 과도과도전압을 정확하게 측정할 수 있을 것이다.

4. 결 론

본 연구에서는 실규모 GIS에 이용이 가능한 과도과도전압측정계를 모의실험장치에 적용하여 구성하여 고정실험 및 적용실험을 수행한 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 본 연구에서 제안한 과도과도전압측정계의 주파수대역은 5 Hz ~ 30 MHz이므로 GIS의 단로기의 조작시에 발생하는 과도과도전압의 측정이 가능하다.
- (2) 검지전극과 신호전송계의 접속에 전압비퍼를 사용하므로써 저역측차단주파수를 낮게 하고, 전송케이블의 길이에 따른 영향을 제거할 수 있었다.
- (3) 광대역의 E/O 및 O/E 변환기를 제작하여 광케이블로 검출신호를 전송하므로써 주변 전자계에 의한 신호의 왜곡을 제거할 수 있었다.
- (4) 본 연구에서 제작된 과도과도전압측정계는 상용주파수 전압으로 분압비를 결정할 경우, 주파수대역내에서의 분압비 오차가 1%이하임을 알 수 있었다.

References

- [1] T.Hattori, M. Honda, H. Aoyagi, N. Kobayashi, & K. Terasaka : "A study on effect of conducting particles in SF₆ gas and test method for GIS", IEEE PES Winter Meeting, 84 WM 155-8, 1984.
- [2] 松本, 外 : "GIS에混入した金屬異物의挙動解析と絶緣破壊の理論的檢討 (交流電壓)", 電學論B, 108, 173 (昭63-4).
- [3] H. Murase, I. Ohshima, H. Aoyagi, I. Miwa : "Measurement of Transient Voltages Induced by Disconnect Switch Operation", IEEE Trans., Vol. PAS-104, No.1, Jan. 1985.
- [4] 백용현, 이복희, 안창환 : "전계측정용센서의 개발", 전기학회논문지 Vol. 40, No. 6, pp. 630-637, 1991. 6.
- [5] 손재훈 : "자기정합선로형 펄스발생기에 관한 연구", 인하대학교 석사학위논문, 1992. 2.