

# 광기법을 이용한 고정도 과도전압측정기

이복희\*, °길경석\*, 전덕규\*\*

\* 인하대학교, \*\* 서울산업대학교

## High Quality Transient Voltage Measuring Device Using Optical Technique.

Bok-Hee Lee, Gyung-Suk Kil, Duk-Kyu Jeon

\* Inha University, \*\* Seoul National Polytechnic University

### Abstract

A new optical-resistive voltage divider, which consists of light emitting diode, optic fiber, PIN-photo diode and a high quality shielding resistive divider, whose total response time is 7.35 [ns], has been obtained. The optical to electrical signal converter was constructed with GaAsP series light emitting diode.

The response characteristics have been verified by applying the Marx impulse voltage generator experimentally. Comparing with the performance of conventional resistive voltage divider, the characteristics of the proposed optical-resistive voltage divider are more excellent in step response and less sensitive to electromagnetic interference.

### 1. 서론

충격전압 발생장치에서 발생전압의 정확한 관측은 현재 까지 여러 가지 측정방법이 제안되어 있다.<sup>[1][2]</sup> 가장 일반적으로 사용되는 방법은 저항분압기이며 시험용 과도전압을 상당한 정도로 측정할 수 있으나 고압부와 저압부 즉, 측정부가 분리되어 있지 않으며 측정장치의 임피던스에 따라 그 특성이 매우 민감하게 변화한다. 또한 측정기가 전압발생원과 근접하면 전자계의 영향으로 많은 오차를 발생시킨다. 그러나 광학식 저항분압기는 저항체의 고전압측에 분압저항, 보상회로, 발광다이오드를 설치하여 발광다이오드에서 흐르는 전류에 비례한 광을 절연성 광파이버를 통해 대지측에 전달하여 광전자증배관 또는 핀포토 다이오드를 이용하여 광을 전기신호로 변화하고 오실로스코프 등으로 관찰한다.<sup>[3]</sup> 따라서 본 연구에서는 피측정 전압발생장치와 측정기기간의 임피던스결합에 문제가 없으며, 주위의 고전자계에 의한 영향을 받지 않는 고정도 광학식 저항분압기를 실현하고 그 기본성능을 파악한 후 400 [kV]급 실규모 충격전압 발생장치에 적용하여 시험용 과도전압에 대한 계속성능을 평가하였다.

### 2. 실험장치 및 측정계의 구성

#### 2.1 광신호변환 및 전송계

광신호전송을 위하여는 그림 2.1에 나타낸 바와 같이 전기적인 신호를 광신호로 변환시키는 E/O변환기와 광신호를 전기적인 신호로 변환시키는 O/E변환기가 필요하게 된다.<sup>[4]</sup>

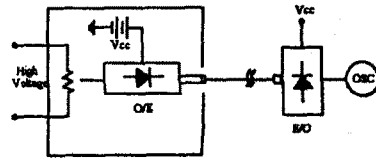


그림 2.1 광신호변환 및 전송계의 기본구성

Fig. 2.1 Basic construction of an optical link

광학식 저항분압기에서는 발광다이오드를 이용한 E/O 변환기 자체가 신호를 검출하는 장치로 사용되며, O/E 변환기로는 핀포토 다이오드(PIN-photo diode)를 사용한다. E/O변환기로 본 연구에서는 응답시간이 빠르고 직선성이 우수한 GaAsP계 발광다이오드를 적용하였다.

발광다이오드와 핀포토 다이오드로 구성된 광학전송계의 응답특성을 파악하기 위하여 직각파 입력에 대한 단위계단 응답을 측정한 결과, 그림 2.2에 나타낸 바와 같이 10 [%] ~ 90 [%]의 응답상승시간은 9.42 [ns]이었다.

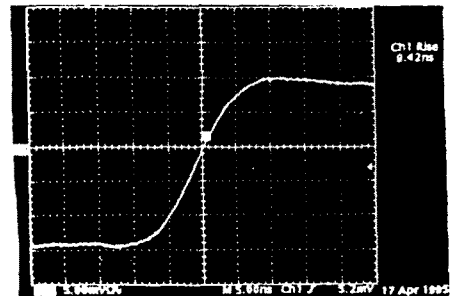


그림 2.2 광신호 전송계의 직각파 응답특성

Fig. 2.2 Step response characteristics of the optical link

본 실험에 이용한 오실로스코프의 자체 상승시간 4.4 [ns], 함수발생기의 상승시간 5 [ns]를 고려할 때 계단입력 신호에 대한 측정계의 순수상승시간은 약 6.67 [ns]이다.

## 2.2 광학식 저항분압기

그림 2.3은 제작된 측정계의 응답특성을 조사하여 최적화하기 위한 광학식 저항분압기의 구성을 나타낸 것이다.

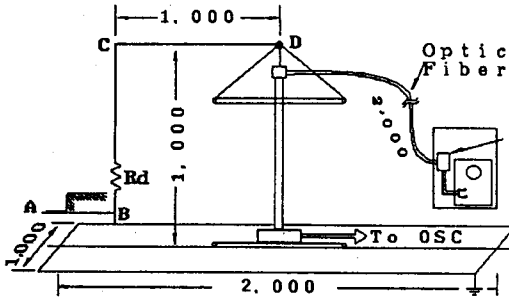


그림 2.3 광학식 저항분압기의 구성

Fig. 2.3 Configuration of the optical-resistive divider

저항분압기의 상단에 시일드전극을 설치한 시일드 저항분압기와 광학측정계의 E/O변환회로의 r, C보상회로를 삽입함으로써 특성개선이 가능하다. 최종적으로 단일형의 저항분압기를 제작하여 시일드전극을 설치한 시일드 저항분압기를 E/O변환기와 조합하여 분압기의 응답특성을 조사하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 제동저항에 따른 응답특성

시일드전극은 분압기의 입력정전용량을 변화시키므로 접속선의 인덕턴스 때문에 진동이 발생하는데 제동저항의 삽입으로 오우버 슈트의 조정이 가능하고, 이때 응답시간이 변화하므로 측정용 접속선의 길이를 1 [m], 접지판상의 기기배치를 일정히 하고 직각과 응답시간과 오우버 슈트의 변화를 검토하여 그 결과를 그림 3.1에 나타내었다.

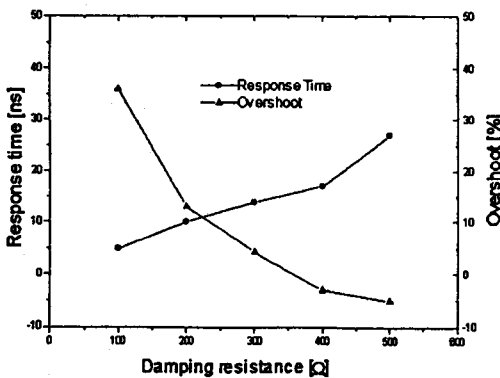


그림 3.1 제동저항과 응답시간의 관계

Fig. 3.1 Relations between the damping resistance and the step response time

명확한 점은 제동저항의 증가에 의하여 응답시간이 늦어지고 오우버 슈트는 크게 감소함을 알 수 있다. 이것은 입력단에서의 반사에 의하여 응답시간에 변화를 일으켰다고 생각되는데, 제동저항의 값이 수평접속선의 써-지 임피던스보다 낮은 경우에는 응답파형에 진동이 나타나므로 응답시간은 빨라지지만 오우버 슈트가 크므로 바람직하지 않다. 그러므로 오우버 슈트 5 [%]이내의 가장 양호한 응답을 얻기 위하여는 본 연구의 경우 제동저항은 300 [Ω]이며, 이 값은 수평접속선의 써-지 임피던스에 거의 일치한 경우이다

### 3.2 시일드전극의 직경에 따른 응답특성

시일드전극의 위치는 저항분압기에서 광신호검출 및 전송계의 설치와 저항분압기의 크기에 따라 조정하여야 하므로 먼저 시일드전극의 직경을 결정한다.

시일드전극으로는 반경이 19 [mm]인 금속판으로 제작하였으며, 시일드전극의 형상에 따른 직각과 입력에 대한 분압기의 응답특성을 그림 3.2에 나타내었다. 시일드전극의 직경이 증가하면 입력정전용량이 증가하여 응답시간은 증가하고 오우버 슈트는 감소하여 직경 480 [mm]에서 가장 적절한 응답을 얻을 수 있었다.

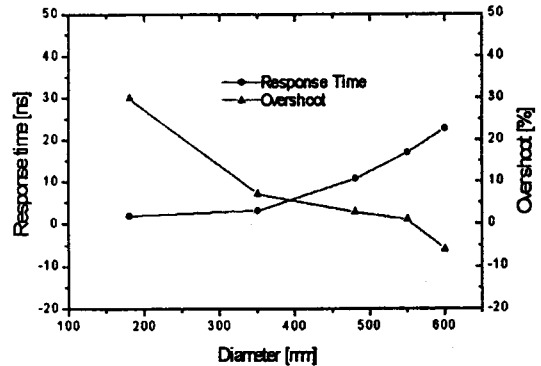


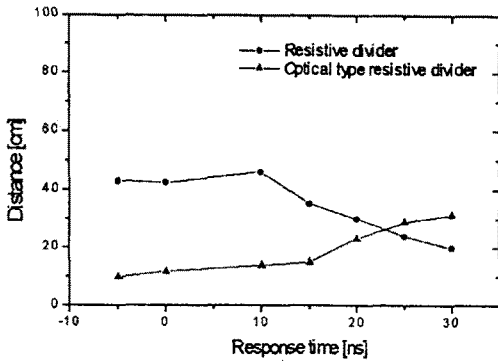
그림 3.2 시일드전극의 직경과 응답시간의 관계

Fig. 3.2 Relation between the diameter of shielding electrode and the step response time

### 3.3 시일드전극의 위치에 따른 응답특성

저항분압기에서 시일드전극의 위치가 변화하면 분압기의 입력정전용량이 변화하여 분압기의 응답특성이 크게 달라진다. 저항분압기의 상부 고압 입력단에 E/O변환기를 설치하고, E/O변환기의 위치를 기준으로 시일드전극의 위치를 상하로 변화시킬 때, 저항분압기와 광학식 저항분압기로부터 측정된 응답시간의 변화를 그림 3.3에 나타내었다.

저항분압기의 상단부로부터 시일드전극의 위치가 접지면으로 낮아질수록 완만한 상승시간과 함께 오우버 슈트없는 응답특성이 나타났으며, 접지면으로부터 높아짐에 따라 오우버 슈트의 증가로 상승시간이 빨라짐을 알 수 있다.



\* 거리는 저항분압기의 상단을 기준으로 하향을 정(+)로 나타내었음

그림 3.3 시일드전극의 위치에 따른 분압기의 응답시간

Fig. 3.3 Step response time of the resistive divider as a parameter of position of the shielding electrode

따라서 본 연구에서 제작한 광학식 저항분압기의 시일드전극의 위치는 분압기 상단에서 하향 10 [cm]지점이 가장 적절한 위치임을 확인할 수 있었다.

#### 3.4 광학식 저항분압기의 응답특성

시일드 저항분압기에 E/O변환기를 설치하고 저항분압기와 대지간 표류정전용량과 회로정수에 의한 응답특성을 개선하기 위하여 보상회로의 r, C값을 변화시킬 때, 응답특성을 조사하여 그 결과를 그림 3.4에 나타내었다. C의 값을 68 [pF]으로 일정히 하고 저항값 r을 변화시킬 때 응답시간은 저항값이 증가할수록 응답시간이 느려지고 저항값의 감소에 따라 오우버 슈트의 영향으로 응답시간은 빨라진다. 본 실험의 경우 보상회로의 저항값 r은 30 [ $\Omega$ ]이 가장 적절하였으며, C를 변화시키면서 응답특성을 측정할 결과 C값의 증가와 함께 오우버 슈트가 없는 완만한 파형을 얻을 수가 있었으나 응답시간이 늦어지는 결점이 있으므로 오우버 슈트 5 [%]이내에서 가장 빠른 상승시간을 얻을 수 있는 C값은 68 [pF]이었다. 따라서 본 연구에서 제작된 광학식 저항분압기의 응답특성을 조사한 결과, 순수상승시간이 7.35 [ns]로 우수한 특성을 얻을 수 있었다.

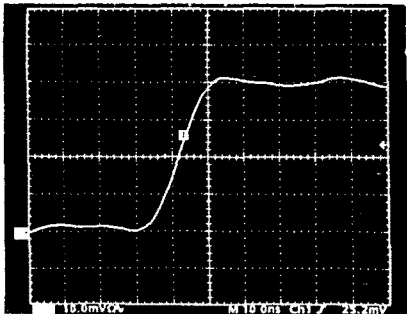


그림 3.4 광학식 저항분압기의 응답특성

Fig. 3.4 Response characteristics of the optical-resistive divider.

#### 3.5 적용실험결과

광학식 저항분압기의 충격전압에 대한 재측성능을 평가하기 위하여 최대발생전압 400 [kV] Marx충격전압 발생장치에 적용한 결과를 기술한다. 실험에는 비진동성 과도전압(1.7/44 [ $\mu$ s])을 인가하여 본 연구에서 제안한 광학식 저항분압기의 응답파형을 분석·검토하였다. 그림 3.5는 비진동성 과도전압 200 [kV]를 인가시켰을 때 광학식 저항분압기에 의하여 관측된 파형이다.

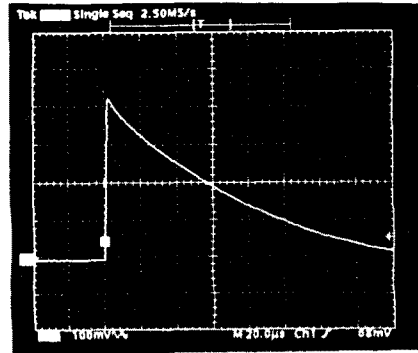


그림 3.5 비진동성 과도전압에 대한 전압측정계의 응답파형

Fig. 3.5 Response waveforms of the voltage measuring system to a non-oscillating transient voltage

#### 4. 결론

시일드 저항분압기에 전기-광신호변환기를 적용한 광학식 저항분압기를 설계·제작하여 응답특성을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 광학식 저항분압기로는 순수저항분압기에 시일드전극을 설치하여 고응답의 과도과전압측정장치를 실현할 수 있었다.
- (2) GaAsP계 고속 발광다이오드를 사용함으로써 순수상승시간 6.67 [ns]인 고응답의 직선성이 우수한 전기-광신호변환기를 제작하였다.
- (3) 교정실험으로부터 광학식 저항분압기의 순수응답시간은 7.35 [ns]로 너임펄스전압에서 과도급준과전압에 이르기까지 측정이 가능하다.

#### [참고문헌]

- [1] 試験電壓標準特別委員會, "急じゅん波衝擊電壓の測定法", 電氣學會技術報告(1部), 第97號, pp 1~28, 1971.
- [2] L. Thione and G. Villa, "Application of fiber optics to impulse voltage measurements", 3rd International Symposium on High Voltage Engineering (ISH), No. 42.21, Aug. 1979.
- [3] 이복희, "방전과전압현상의 연구에서 광기술의 응용", 대한전기학회지, Vol. 40, No. 6, pp. 19~29, June 1991.
- [4] 針生尙, "光エレクトロニクスデバイス", 培風館, 1990, pp. 56~63.