

# 100 kV 직류 고전압 분압기의 전압계수 평가

## Evaluation of the voltage coefficient for 100 kV DC HV Divider

\*이상화<sup>1</sup>, 유광민<sup>2</sup>, 강전홍<sup>2</sup>, 김규태<sup>2</sup>, 장석명<sup>3</sup>

\*#S. H. Lee(shlee@kriss.re.kr)<sup>1</sup>, K. M. Yu<sup>2</sup>, J. H. Kang<sup>2</sup>, K. T. Kim<sup>2</sup>, S. M. Jang<sup>3</sup>  
<sup>1,2</sup>한국표준과학연구원, <sup>3</sup>충남대학교

Key words : voltage coefficient, DC HV Divider, binary step-up

### 1. 서론

직류 고전압의 사용은 고전압 케이블을 비롯한 각종 기기나 재료의 절연내력 시험, 의료용 X-ray 발생기, 전자현미경 등에 사용되며, 최근에는 교류 송전에 따른 전력손실을 줄이기 위하여 직류 송전에도 활용되고 있다[1]. 이와 같은 직류 고전압 발생원을 측정하기 위해서는 고전압 분압기를 사용하여야 하며, 직류 고전압 측정에는 저항형 분압기 일반적으로 사용되고 있다[2]. 본 연구에서는 고전압을 인가한 실험 조건에서 고전압 분압기의 전압계수를 정확히 평가하여, 분압비를 정밀 평가 수 있는 측정기술 확립을 목표로 하고 있다. 이를 위해 본 논문은 binary step-up 방법을 이용하여 직류 1 kV를 기준값으로 하여 100 kV까지 고전압 분압기의 전압계수를 정밀 평가하는 과정을 기술하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 Binary Step-up 방법의 측정원리[3]

Binary Step-up 방법을 이용하여 직류 고전압 분압기의 분압비를 측정하기 위해서는 Fig. 1에서 나타낸 바와 같이, 명목값이 같은 2개의 고전압 저항  $R_1$ ,  $R_2$ 와 저전압 저항  $r$  한 개가 필요하다. 고전압 분압기의 전압에 의한 분압비를 구하기 위하여 이미 알고 있는 전압 즉, 기준전압 출력을 그림 1의 (a)와 같이 고전압 저항  $R_1$ 과  $R_2$ 에 각각 인가하고 저전압 저항  $r$ 의 양단전압을 측정하여  $V_{L1}$ 과  $V_{L2}$ 를 얻고,  $V_1$ 의 전압을 기준으로 하여 얻어진  $V_{L1}$ 과  $V_{L2}$ 로부터 계산에 의하여 분압비  $\Gamma_A(V_1)$ 와  $\Gamma_B(V_1)$ 를 구할 수 있다. 분압비를 구하는 방법을 다음의 계산식 (1)과 (2)에 나타내었다. 그림 1에는 binary step-up 방법의 측정원리를 나타냈는데, 이때  $V_2 \cong 2V_1$  이다.

$$\Gamma_A(V_1) = \frac{V_1}{V_{L1}} \quad (1)$$

$$\Gamma_B(V_1) = \frac{V_1}{V_{L2}} \quad (2)$$

위의 식으로부터 얻어진 기준 분압비로부터 구한 를 그림 1의 (b)에 나타내었고, 아래의 식(3)에 표현하였다.

$$V_2 = V_{LN}(\Gamma_A(V_1) + \Gamma_B(V_1) - 1) \quad (3)$$

그림 1의 (c)에서의 측정된 분압기의 출력전압 와 의 두 개의 전압으로부터 에서의 분압비 와 를 아래의 식(4)와 식(5)에 표현하였다.

$$\Gamma_A(V_2) = \frac{V_2}{V_{LA}} \quad (4)$$

$$\Gamma_B(V_2) = \frac{V_2}{V_{LB}} \quad (5)$$

위에서 표현된 식(1)~(5)을 사용하면 직류 1 kV의 전압을 기준값으로 하여 100 kV까지의 고전압 분압기에 대한 전압계수와 분압비를 구할 수 있다.

#### 2.2 실험 방법

Binary Step-up 방법을 이용하여 두 개의 고전압 저항  $R_1$ 과  $R_2$ 를 사용하여 1 kV를 기준으로 두 고전압 분압기의 1차측 전압을 직류 고전압 공급기를 사용하여 2 배씩 증가시키면서 두 고전압 분압기의 2 차측 전압을 측정하였다. 먼저 1 kV의 고전압을 인가하여  $V_{L1}$ 과  $V_{L2}$ 를 얻고, 이 값을 기준으로 고전압 분압기의 1차측에 2 kV, 4 kV, 8 kV를 공급하였다. 이때 8 kV에서 얻어진 분압비를 6.25 kV에 적용하여 6.25 kV, 12.5 kV, 25 kV, 50 kV, 100 kV로 전압을 증가시키면서 고전압 분압기의 2차측 분압 전압을 측정하였다.

본 실험에서는 그림 1에 나타낸 회로의 (b)와

(c)의 과정을 (1)-(2)-(3)의 과정으로 측정하였고, 개선된 측정값을 얻기 위하여 (1)-(2)-(1)-(3)-(1)의 두 가지 과정으로 실험하였다.

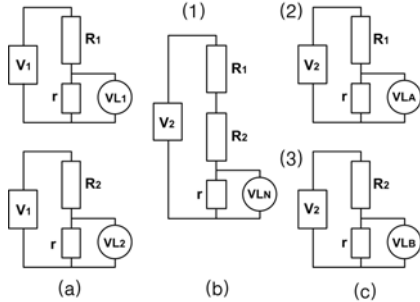
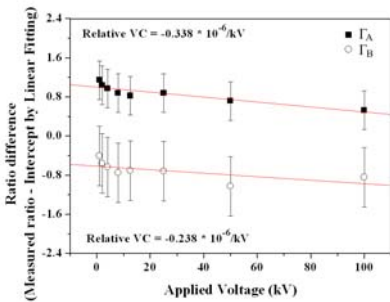
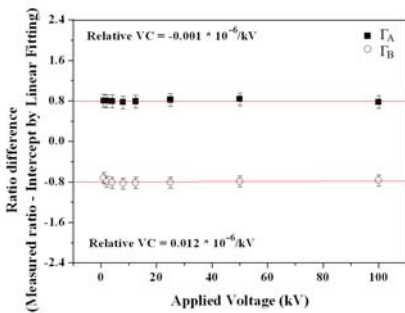


Fig.1 Binary step-up method to determine voltage coefficient

2.3 실험 결과



(a) Fig. 1의 과정 (1)-(2)-(3)에 의한 결과 (그래프의 변별을 위하여 의 결과값에 (+1.0)을, 의 결과값에 (-0.6)의 오프셋을 적용하였다.)



(b) Fig. 1의 과정 (1)-(2)-(1)-(3)-(1)에 의한 결과 (그래프의 변별을 위하여 의 결과값에 (+0.8)을, 의 결과값에 (-0.8)의 오프셋을 적용하였다.)

Fig. 2 Voltage coefficient of HV divider by the binary step-up method

그림 2 (a)와 (b)는 기준 고전압 1 kV로부터 100 kV까지 전압을 공급하여 측정된 결과를 보여준다. 그림 2 (a)의 그래프에서는 그림 1 (a)의 측정에서 얻은 기준 분압비를 바탕으로 (b)와 (c)를 한 번씩 즉, (1)-(2)-(3)의 순서로 측정하면서 step-up을 수행하여 얻은 결과를 나타내었다. 그림 2 (b)의 그래프에서는 보다 안정된 측정값을 얻기 위해 그림 1 (b)와 (c)의 과정을 (1)-(2)-(1)-(3)-(1)의 순서로 측정하였으며, 그 방법으로 얻은 결과를 그림 2 (b)에 나타내었다. 그림 1 (b)와 (c)의 과정을 10회 수행한 결과로 고전압 공급기의 안정 도를 확보하였으며, 그림 2 (a)와 (b)의 그래프에서 각 전압에 해당되는 데이터의 error-bar는 전압계 수 측정값의 불확도를 표현하였다. 본 실험의 측정 결과로부터 얻어진 고전압 분압기의 분압비  $\Gamma_A$ 와  $\Gamma_B$ 를 공급전압에 따른 값으로 linear fitting 하여 얻어진 기울기를 전압계수로 적용하였으며,  $\Gamma_A$ 와  $\Gamma_B$ 의 전압계수를 그림 2에 나타내었다.

3. 결론

Binary step-up 방법을 이용하여 100 kV까지 직류 고전압 분압기의 전압계수를 정확히 평가하였다. 직류 1 kV를 기준전압으로 얻어진 분압비를 직류 100 kV 이하 범위의 어떤 전압에서도 적용하여 사용할 수 있음을 확인하였다.

참고문헌

1. Kyu-Tae Kim, Sang-Hwa Lee, Jae Kap Jung, “고전압비율 국가표준확립”, 측정기기 교정 협회 1차년도 최종 보고서, February 2002
2. J. H. Park, “Special Shielded Resistor for High-Voltage DC Measurements”, JOURNAL OF RESEARCH of the National Bureau of Standards-C, Engineering and Instrumentation, Vol. 66C, No. 1, January-March 1962
3. Kyu-Tae Kim, Sang-Hwa Lee, Jae Kap Jung, Yang Sup Song, "Method to Determine the Voltage Coefficient of a DC High-Voltage Divider", IEEE Transactions On Instrumentation and Measurement, vol. 53, No. 2, April 2003.