

# 두 전압원을 이용한 고저항 정밀측정 시스템

## Precision measurement system for high resistances using two dc voltage sources

\*유광민<sup>1</sup>, #강전홍<sup>2</sup>, 한권수<sup>2</sup>, 이상파<sup>2</sup>, 류계천<sup>2</sup>

\*K.M.Yu<sup>1</sup>, #J.H.Kang(jhkang@kriss.re.kr)<sup>2</sup>, K.S.Han<sup>2</sup>, S.H.Lee<sup>2</sup>, J.C.Ryu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국표준과학연구원 전기센터, <sup>2</sup>한국표준과학연구원 전기센터

Key words : high resistance, modified Wheatstone bridge, two voltage sources

### 1. 서론

일반적으로 고저항을 측정하려면 tera-ohmmeter와 같은 고저항계를 사용하거나 휘스톤 브리지를 사용한다. 그러나, 고저항을 정밀측정하려면 전자보다는 후자를 사용하여야 하며, 최근에는 후자를 더 향상시킨 binary voltage divider bridge(약칭 BVDB) 혹은 modified Wheatstone bridge(약칭 MWB)를 사용하고 있다. 두 브리지 모두 비교하는 두 저항의 비율값을 전압비율로 나타내는 것이지만, BVDB는 한 전압원과 한 전압분할기를 사용하여 필요한 전압비율을 얻으며, MWB는 안정된 두 전압원을 직접 사용하여 필요한 전압비율을 얻는 방식을 채택하고 있다. 두 방식 모두 비슷하게 높은 정밀정확도를 얻을 수 있으나, BVDB는 하나의 측정결과를 얻기 위하여 많은 시간이 걸리는 단점이 있는 반면, MWB는 가변 전압원을 사용하므로 BVDB보다 측정시간이 짧다는 장점을 가지고 있다. 여기서, MWB 시스템에 관하여 서술하고 그 측정수준을 평가하여 나타내고자 한다.

### 2. 원리

MWB의 원리는 그림 1에서 보인 바와 같이, 휘스톤 브리지의 두 ratio arm 대신,  $V_x$ 와  $V_s$ 로 나타내어진 두 전압원으로서 voltage calibrator를 대체하여 사용한다. 그렇게 하면, 휘스톤 브리지가 가지는 단점인 ratio arm의 시간 변화율과 source 저항 및 누설저항 등의 단점을 크게 낮출 수 있다. 결과적으로, 두 저항  $R_x$ 와  $R_s$ 의 비율은 다음 식과 같이 두 전압  $V_x$ 와  $V_s$ 의 비율로서 주어진다.

$$\frac{R_x}{R_s} = \frac{V_x}{V_s}$$

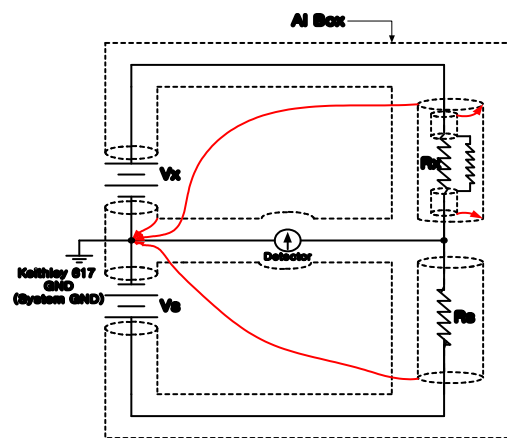


Fig. 1 Schematic diagram for Modified Wheatstone Bridge(MWB) system

여기서,  $V_x$ 와  $V_s$ 는 Fluke 5440B calibrator를 사용하였고, detector는 Keithley 617 electrometer를 사용하였으며, 점선부분은 알루미늄 상자로서 전기적 차폐를 나타내고, 연결 선은 triaxial cable과 connector를 사용하였다.

### 3. 측정 불확도 평가

아래 표 1의 결과는 기준저항 1 MΩ으로부터 상기 측정 시스템의 10:1 비율을 사용하여 100 TΩ까지의 저항값을 결정하였을 때의 측정불확도를 나타낸 것이며, 그 불확도는 ISO 불확도 평가 지침(GUM)에 따라 산출되었고 상대 합성표준불확도로 나타내었다. 10 MΩ과 1 GΩ 사이 범위는 DC 10 V의 전압을 가하여 얻어졌으며, 10 GΩ과 100 GΩ은 DC 100 V를 가하였고, 1 TΩ과 100 TΩ 사이 범위는 DC 500 V의 전압을 사용한 결과이다.

Table 1 Combined relative standard uncertainties between 10 MΩ and 100 TΩ

Uncertainty factor	Uncertainty with resistance range ( $\times 10^{-6}$ )							
	10 MΩ	100 MΩ	1 GΩ	10 GΩ	100 GΩ	1 TΩ	10 TΩ	100 TΩ
10:1 ratio measurements	0.4	0.5	1.0	5	5	7	20	300
Voltage ratio accuracy	1	1	1	2	2	2	50	350
Temperature correction	0.5	1.0	1.5	5	10	20	30	80
Leakage current	0.1	0.5	1.0	1.0	1.0	10	100	1,000
Detector linearity	2	2	2	2	2	2	2	2
Detector stability	1	1	2	0.3	3	6	60	600
Reference standards	1.0	2.7	3.8	5.9	9	15	29	135
Combined relative standard uncertainty	2.7	3.8	5.3	9	15	29	135	1,264

이 시스템에 의한 측정결과의 유효성을 검증하기 위하여 10 GΩ과 100 TΩ 사이 범위에 걸쳐 미국과 캐나다 표준기관으로부터 그 저항값을 교정받은 고저항들을 이 연구에서 얻은 저항값들과 비교하였다.

Table 2 Comparison result between KRISS and manufacturer for high resistances

Nominal Resistance	Resistance value	
	KRISS	Manufacturer
10 GΩ	10.000 40 (18)	10.000 69 (20)
100 GΩ	99.9914 (30)	99.9918 (50)
1 TΩ	1.000 006 (58)	1.000 056 (200)
10 TΩ	10.005 (270)	10.015 (1200)
100 TΩ	100.19 (2528)	99.98 (5000)

여기서, 괄호 안의 값은 측정 불확도를 나타내며,  $\times 10^{-6}$ 으로 나타내었다.

#### 4. 결론

두 전압원을 사용하여 고저항을 정밀측정하는 시스템에 관하여 서술하였고, 그 불확도 평가결과와 시스템의 유효성을 보였다. 이 시스템은 기존의 휘스톤 브리지나 고저항계에 비하여 훨씬 정확하고 빠르게 측정할 수 있어 향후 많이 응용 될 것으로 기대한다.

#### 참고문헌

1. Lesley C A Henderson, "A new technique for the automatic measurement of high resistors," J. Phys. E:Sci. Instrum., vol. 20, 492-495, 1987.
2. R. D. Cutkosky, "A New Switching Technique for Binary Resistive Dividers," IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. IM-27, No. 4, 421-422, 1978.
3. ISO Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement(GUM).
4. BIPM KCDB, CCEM K2a.