

## Development of The Standard Current Transformer with Wide Ratio Error and Its Application

權 聖 遠<sup>†</sup> · 鄭 在 甲<sup>\*</sup> · 李 相 和<sup>\*\*</sup> · 金 紋 奭<sup>\*</sup> · 金 明 壽<sup>\*\*\*</sup>

(Sung-Won Kwon · Jae-Kap Jung · Sang-Hwa Lee · Mun-Seog Kim · Myungsoo Kim)

**Abstract** - Standard current transformer(CT) with the nominal ratio errors in the range of - 10 % to + 10 % has been developed. Linearity of the CT ratio error measuring system (CT comparator) has been tested by using wide ratio error standard current transformer(WRE CT). The developed WRE CT can be used to evaluate the linearity of the CT comparator by comparing both the theoretical values and experimental values of the WRE CT. The developed method has been successfully applied for calibration and correction in the CT comparator belonging to industry.

**Key Words** : Current Transformer, Wide Ratio Error, Ratio Error Measuring System, Linearity, Correction

### 1. 서 론

전류변성기(current transformer, CT)는 수 십 A ~ 수 천 A의 1차측 대전류를 안전하고 정밀측정이 용이한 2차측의 5 A 이하의 소전류로 변환하기 위하여 사용되는 변압기의 일종이다. CT의 1차측의 대전류에 비례하는 2차측의 소전류의 측정값에 CT의 변환비를 곱하면 1차측의 대전류를 계산할 수 있으며, 5 A 이하의 교류전류에 대한 측정정확도가 대전류 측정의 정확도를 결정짓는 한 요인이다. 또한 수 천 A의 대전류를 정밀하게 측정하기 위해서는 CT 변환비의 비오차를 정확하게 측정하는 것이 중요한 조건이다. 낮은 교류전류의 경우 열전형 전류변환기(thermal current converter)를 활용하여, 해당 교류전류와 열적 효과가 동등한 직류전류 값을 해당 교류전류의 실효치로 부여하는 방식으로 표준소급체계를 구축하며, 5 mA ~ 10 A 전류의 경우 40 Hz ~ 10 kHz의 주파수 범위에서 약  $86 \times 10^{-5}$  이하의 불확도로 측정할 수 있다.<sup>[1]</sup>

CT를 생산하는 산업체나 교정시험기관에서는 CT의 특성을 평가 또는 시험하기 위하여 전류변성기 비오차 측정 시스템(이하 CT comparator)을 사용하여 CT의 비오차(ratio error)와 위상각 오차(phase angle error)를 측정한다.<sup>[2]</sup> 실용되고 있는 CT는 오차의 등급에 따라 0.1 급 ~ 3.0 급의 총

5개 등급으로 나누고 있으며, 등급에 따라 허용되는 비오차는  $\pm 0.1 \% \sim \pm 3 \%$  이하로 규정하고 있다.<sup>[3]</sup> 따라서 CT 측정 시스템은  $\pm 3 \%$  범위까지 CT의 비오차를 정확하게 측정할 수 있어야 하며, 상용의 CT comparator는  $\pm 20 \%$  까지의 비오차도 측정할 수 있도록 제작되어 있다. 따라서 CT의 교정시험 결과 및 품질관리 결과의 유효성을 확인하고 표준과의 소급성을 확보하기 위해서는 CT comparator의 비오차 눈금의 전 범위에 대한 직선성을 정확히 평가하는 것이 매우 중요하다.

CT comparator의 활용도가 높은 좁은 범위의 비오차에 대한 정확도를 검증하기 위하여 비오차가  $\pm 0.2 \%$  이하인 다중비(multi ratio) 표준용 CT 및 정밀부담을 이용한 평가 기술이 개발되어 활용되고 있으나,<sup>[4]</sup> 다중비 CT는 여러 개 범위의 1차전류를 측정할 수 있도록 1대의 CT에 해당 정격 변환비에 맞는 여러 가지 권선의 단자를 갖도록 제작한 것으로서, CT comparator의 성능을 평가하기에 비오차의 값이 작기 때문에 이를 이용하여 CT comparator의 넓은 범위의 비오차 측정값의 직선성을 평가하기에는 한계가 있다. CT comparator의 비오차의 전 범위에 대한 정확도를 검증하기 위한 측정방법이 개발되지 않아 국내의 관련 회사 등에서는 CT comparator 제조회사의 사양을 믿고 사용하고 있는 실정이다. 한편 외국에서의 CT comparator에 대한 교정은 어드미턴스 방식 비오차 교정기, 전자식 비오차 교정기<sup>[5, 6]</sup>를 활용하지만 복잡한 시스템을 제작, 구성해야 하고, 비오차 교정기 자체에 대한 성능을 다른 방법으로 평가해야 하며, 또한 사용된 부품의 경년변화에 따라 주기적으로 평가해야만 한다.

본 논문은 의도적으로 - 10 % ~ + 10 % 까지 넓은 범위의 명목 비오차를 갖도록 설계 제작한 전류변성기(wide ratio error CT, 이하 WRE CT)를 이용하여 CT comparator의 비오차 측정값의 직선성을 평가할 수 있는 측정기술에 관한 것이다. 이는 WRE CT의 권선비에 의한 비오차 측정값과 이론적인 계산값 사이의 일치도를 측정, 분석

<sup>†</sup> 교신저자, 正會員 : 韓國標準科學研究院 基盤標準部, 電磁氣그룹 責任研究員

E-mail : swkwon@kriss.re.kr

<sup>\*</sup> 正會員 : 韓國標準科學研究院 基盤標準部 電磁氣그룹 責任研究員

<sup>\*\*</sup> 正會員 : 韓國標準科學研究院 基盤標準部 電磁氣그룹 研究員

<sup>\*\*\*</sup> 正會員 : 韓國標準科學研究院 標準普及部長

接受日字 : 2006年 2月 1日

最終完了 : 2006年 4月 7日

하여 CT 측정 시스템의 넓은 범위의 비오차 측정값의 정확도를 간편하게 평가할 수 있는 방법이다.

개발된 WRE CT의 비오차는 정밀측정용으로 사용되는 다중비 CT와 같이 온도 및 습도의 영향을 적게 받아 장기 안정도가 매우 우수하며, 아울러 영(零)점 및 ± 0.5 %를 포함하여 - 10 % ~ + 10 % 범위에 대한 CT comparator 측정값의 정확도를 평가할 수 있는 세계 최초로 시도한 정밀 측정 기술이다. 또한 산업체 등에서 활용되고 있는 CT comparator는 크기가 크고, 무거워서 운반하기가 힘들뿐만 아니라, 제품의 품질관리 및 교정시험용으로 빈번히 사용되기 때문에 이 시스템을 교정시험기관으로 운반하여 성능을 평가받기는 거의 불가능하다. 그러나 개발된 WRE CT를 이용한 CT comparator의 비오차 직선성 평가기술은, WRE CT가 작고 무게가 가벼워서 이를 산업체로 운반하여 현장에서 CT comparator를 평가할 수 있는 장점이 있다.

2. 전류 변성기의 원리

전류 변성기는 투자율이 큰 토로이달 형태의 철심에 1차 코일과 2차 코일을 감은 변압기의 일종으로서, 그림 1은 전류 변성기의 2차측에 부다가 연결되지 않을 때의 CT의 등가 회로이다.<sup>[6]</sup>  $Z_0$ 는 전류 변성기의 출력임피던스이며, CS는 전류 발생원(current source)이다.

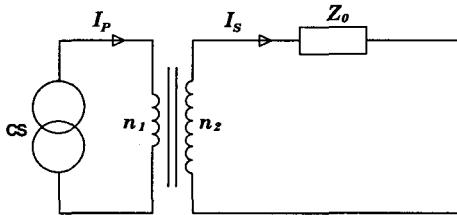


그림 1. 전류 변성기의 회로도.  
Fig. 1. Principal circuit of current transformer.

CT의 2차측 전류( $I_s$ )에 대한 1차측 전류( $I_p$ )의 비는 1차측 권선수( $n_1$ )에 대한 2차측 권선수( $n_2$ )의 비와 같으므로 식(1)과 같이 쓸 수 있다.

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{n_2}{n_1} \tag{1}$$

식 (1)은 오차가 없는 이상적인 CT의 정격 변환비이며, 실제의 CT는 오차( $\delta$ )를 갖고 있으므로 식 (2)와 같이 쓸 수 있다.

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{n_2}{n_1} + \delta \quad \text{혹은} \quad I_p = I_s \left( \frac{n_2}{n_1} + \delta \right) \tag{2}$$

식 (2)에서 보는 바와 같이 CT를 이용하여 1차측의 대전류( $I_p$ )를 정확히 측정하기 위해서는 CT의 2차측 전류( $I_s$ )

의 정밀측정과 함께, CT의 권선비 및 실제의 오차( $\delta$ )를 정확히 평가하는 것이 기본 요건임을 알 수 있다.

한편 CT의 비오차(ratio error, RE)는 아래와 같이 정의된다.

$$RE \equiv 100 \cdot \left[ \frac{(NI_s - I_p)}{I_p} \right] [\%] \tag{3}$$

여기서  $N$ 은 전류 변성기의 정격 변환비(nominal transformation ratio)이다. 식 (2)의 오른쪽의 수식을 이용하여 식 (3)을 풀어서 정리하면 식(4)와 같이 쓸 수 있다.

$$RE \equiv 100 \cdot \left( \frac{N - \frac{n_2}{n_1} - \delta}{\frac{n_2}{n_1} + \delta} \right) \cong \varepsilon_t + \varepsilon_s [\%] \tag{4}$$

식 (4)에서 우변의 첫 번째 항은 권선비에 의한 비오차이고 두 번째 항은 자체 비오차로서 각각 아래와 같다(상세한 수식은 부록 참조).

$$\text{권선비에 의한 비오차 : } \varepsilon_t = 100 \cdot \left( \frac{Nn_1 - n_2}{n_2} \right) [\%] \tag{5}$$

$$\text{자체 비오차 : } \varepsilon_s \cong 100 \cdot \left( -N\delta \frac{n_1^2}{n_2^2} \right) [\%] \tag{6}$$

식 (4), (5), (6)에서와 같이 정격 변환비( $N$ )와 권선비(turn ratio)가 동일한 경우, 즉  $N = \frac{n_2}{n_1}$  일때의 비오차는 자체 비오차만을 가지고 있으나, 정격변환비와 권선비가 다를 경우에는 권선비에 의한 비오차와 자체 비오차를 함께 포함하고 있음을 알 수 있다.

3. 전류 변성기 비오차 측정 시스템의 구성

그림 2는 CT 비오차 측정시스템의 구성도로서 전류 발생기, 표준(Std CT) 및 피측정 CT(Test CT), 부담 그리고 비오차 시험기로 구성된다. 이런 방식의 PT comparator는 표준 CT를 기준으로 삼아 피측정 CT의 비오차를 평가하는 비교측정방식으로서, 표준 CT는 비오차가 0.01 % 이하인 이상적인 CT가 사용된다. CS는 시험전류를 공급하기 위한 전류 발생기(Current Source)이며, 표준 CT 쪽에 연결된 전류계(Ammeter)를 관찰하면서 시험전류를 설정한다. 피측정 CT의 2차측에는 CT의 정격 부담과 동일한 조건에서 비오차를 시험하기 위하여 부담(Burden)을 직렬로 연결하여야 한다.

그림과 같이 두 대의 CT의 1차측 단자(K 및 L)를 비오차 비교기의 해당 단자에 각각 연결하여 CT의 1차측에는 동일한 전류가 흐르게 하고, 또 표준 CT의 2차측 단자( $k$  및  $l$ )는  $k_x$  및  $l_x$  에, 피측정 CT의 2차측 단자( $k$  및  $l$ )는  $k_x$  및  $l_x$  에 각각 연결한다.

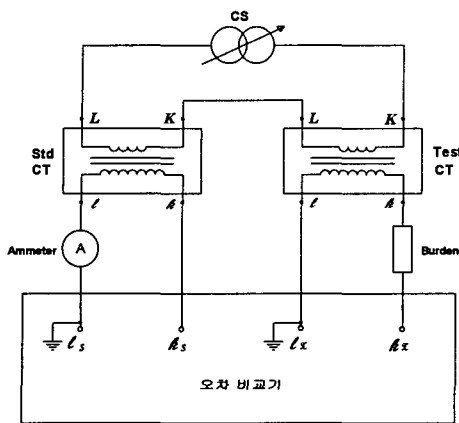


그림 2. 전류변성기 비오차 측정시스템의 구성.  
Fig. 2. Configuration of the current transformer comparator.

4. Wide Ratio Error CT를 이용한 CT 측정 시스템의 비오차 직선성 평가

4-1. Wide Ratio Error CT의 설계 제작

Wide ratio error CT(이하 WRE CT)는 식 (5)에 의한 명목 비오차가 영(零)인 정격 변환비를 갖는 단자와, 이 단자의 변환비에서 1차측의 권선수를 고정시키고 2차측의 권선수를 달리하여 의도적으로 넓은 범위의 권선비에 의한 비오차를 갖도록 제작한 것이다. 두 대의 WRE CT를 설계 제작하였는데, 이들의 1차 및 2차 전류, 명목 비오차 및 권선수 등의 제작사양은 표 1과 같다. 명목 비오차 범위가 0 ~ ± 1 % 인 것과 0 ~ ± 10 % 인 두 대의 WRE CT를 활용하면 CT 측정 시스템의 비오차의 직선성을 0, ± 0.5 %, ± 1 %, ± 3 %, ± 10 %에서 평가할 수 있기 때문에 대부분의 상용의 CT 측정 시스템에 적용할 수 있는 장점이 있다. 여기서 1차전류 1 kA 범위는 1차권선이 철심코어를 관통하는 관통형(window type)이며, 100 A 범위는 단자형이다.

표 1. WRE CT의 제작사양

Table 1. Specification of the WRE CT.

1차/2차 전류	명목 비오차 (%)	1차 권선수 (T)	2차 권선수 (T)	정격 변환비 (N)	정격 부담	비고
1 kA/5 A	-1	1	202	200	5 VA	단자형
	-0.5		201			
	0		200			
	+0.5		199			
	+1		198			
100 A/5 A (1 kA/5 A)	-10	10 (1)	220	20 (200)	5 VA	단자형 관통형
	-3		206			
	-1		202			
	0		200			
	+1		198			
	+3		194			
	+10		180			

이들 WRE CT는 식 (5)의 이론적인 권선비에 의한 j 비오차의 계산값과 측정값이 정확히 일치하도록 제작한 것으

로서, 그림 3은 1차전류가 100 A 및 1 kA에서 사용할 수 있는 WRE CT의 권선도로서, 100 A 범위( $K_2$ ) 및 1 kA 범위( $K_1$ )의 1차권선수는 각각 10회 및 1회이다.

그림 3에서 권선비에 의한 비오차가 영(零)인 단자는 2차측( $k, l$ )의 권선수 200 T(turn)에 대한 1차측의 권선수가 1 T( $K_1$ ) 또는 10 T( $K_2$ )으로서 정격 변환비가 각각  $N = 200$  ( $I_p = 1 \text{ kA}$ ) 또는 20 ( $I_p = 100 \text{ A}$ )인 경우이다. 다른 단자의 경우는 1차측의 권선수를 1 T 또는 10 T으로 고정시키고, 2차측의 권선수를 각각 180 T, 194 T, 198 T, 202 T, 206 T, 220 T가 되도록 권선하였다.

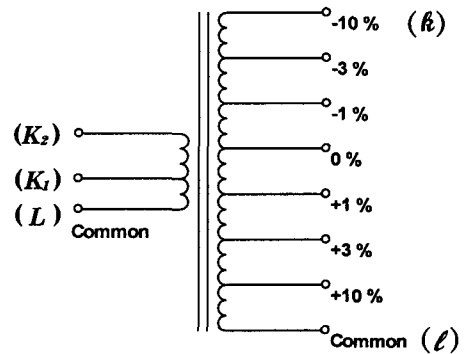


그림 3. 1차전류 100 A 및 1 kA인 WRE CT의 권선도.

Fig. 3. Wiring diagram of the wide ratio error CT for 100 A and 1 kA.

표 2는 1차전류가 1 kA 인 WRE CT의 제작 사양으로서 명목 비오차 범위를 0 ~ ± 1 % 가 되도록 제작하였으며, 각 명목 비오차에 대한 권선비에 의한 비오차는 식 (5)를 이용하여 계산하면 각각 - 0.9901 %, - 0.4975 %, 0.0000 %, + 0.5025 %, + 1.0101 % 가 되며, 이들 권선비에 의한 비오차(이론값)를 표 2의 세 번째 열에 나타내었다.

표 2. 1차전류 1 kA인 WRE CT의 권선비에 따른 비오차의 이론값과 측정값.

Table 2. Theoretical and measured ratio errors of the wide ratio error CT for 1 kA.

(단위 : %)

권선비 ( $n_2/n_1$ )	명목 비오차	(A) 권선비에 따른 비오차 (이론값)	(B) 비오차 (측정값)	(C) 자체 비오차	(D) 권선비에 따른 비오차 (측정값) (B-C)	(E) 보정값 (A-D)
202/1	-1	-0.9901	-1.040	-0.0274	-1.0126	0.0225
201/1	-0.5	-0.4975	-0.531	-0.0277	-0.5033	0.0058
200/1	0	0.0000	-0.028	-0.0280	0.0000	0.0000
199/1	+0.5	0.5025	0.472	-0.0283	0.5003	0.0022
198/1	+1	1.0101	0.98	-0.0286	1.0086	0.0015

- (A) : 권선비에 따른 비오차 이론값.
- (B) : WRE CT의 비오차 측정값.
- (C) : WRE CT의 자체 비오차.
- (D) : (비오차 측정값) - (자체 비오차) (B-C).
- (E) : 전류변성기 비오차 측정장치의 보정값 (A-D).

표 3은 1차전류가 100 A 및 1 kA 인 WRE CT의 제작 사양으로서 명목 비오차 범위를 0 ~ ± 10 % 가 되도록 제작하였으며, 각 명목 비오차에 대한 권선비에 의한 비오차는 식 (5)를 이용하여 계산하면 각각 + 11.1111 %, + 3.0928 %, + 1.0101 %, 0.0000 %, - 0.9901 %, - 2.9126 %, - 9.0909 %가 되며, 이들 계산된 권선비에 의한 비오차(이론값)를 표 3의 세 번째 열에 나타내었다.

표 3. 1차전류 100 A 및 1 kA 인 WRE CT의 권선비에 따른 비오차의 이론값과 측정값.

Table 3. Theoretical and measured ratio errors of the wide ratio error CT for 100 A and 1 kA.

(단위 : %)

권선비* (n <sub>2</sub> /n <sub>1</sub> )	명목 비오차	(A) 권선비에 따른 비오차 (이론값)	(B) 비오차 (측정값)	(C) 자체 비오차	(D) 권선비에 따른 비오차 (측정값) (B-C)	(E) 보정값 (A-D)
220/10 (220/1)	-10	-9.0909	-11.05	-0.0074	-11.0426	1.9517
206/10 (206/1)	-3	-2.9126	-3.08	-0.0085	-3.0715	0.1589
202/10 (202/1)	-1	-0.9901	-1.02	-0.0088	-1.0112	0.0211
200/10 (200/1)	0	0.0000	-0.009	-0.0090	0.0000	0.0000
198/10 (198/1)	+1	1.0101	1.00	-0.0092	1.0092	0.0009
194/10 (194/1)	+3	3.0928	3.06	-0.0096	3.0696	0.0232
180/10 (180/1)	+10	11.1111	10.83	-0.0111	10.8411	0.2700

\* 권선비 : 100 A 범위, 괄호속은 1 kA 범위임.  
기타의 자료는 100 A 범위에 대한 것임.  
(A) ~ (E) : 표 2와 동일함

4-2. Wide ratio error CT의 권선비에 의한 비오차의 측정값

그림 2에서 1 kA WRE CT를 피측정 CT(Test CT)로 삼아 비오차를 CT 측정 시스템으로 측정하였으며, 이 결과를 표 2의 네 번째 열에 나타내었다. WRE CT에서 측정된 비오차는 식 (4)와 같이 두 가지 요인으로 나타낼 수 있으며, 측정된 비오차는 권선비에 의한 비오차와 자체 비오차의 합이다.

자체 비오차는 자기 포화 현상과, 1차측과 2차측의 누설 임피던스에 의해 생기는 내부오차로서, -0.028 % 로 측정되었다. 자체 비오차는 권선비에 의한 비오차가 전혀 없는 전류변성기가 자체적으로 가지고 있는 비오차로서, 정격변환비가 N=200 이고, 1차측 권선수 n<sub>1</sub>=1이고, 2차측 권선수 n<sub>2</sub>

=200인 단자에서 측정된 오차에 해당한다. 이는 식 (6)에서

$$\epsilon_s = 100 \cdot \left( -N\delta \frac{n_2^2}{n_1^2} \right) = -0.028 \% \text{ 에 해당되므로}$$

여기서 δ를 계산하면 δ = 0.056 에 해당된다. 다른 단자들의 자체 비오차도 δ = 0.056과 식 (6)을 이용하여 계산할 수 있으며, 그 값을 표 2의 다섯 번째 열에 나타내었다. 따라서 권선비에 의한 비오차의 측정값은 식 (4)을 이용하여 계산 할 수 있으며, 그 결과를 표 2의 여섯 번째 열에 나타내었다.

위와 같은 방법으로, 1차전류가 100 A 및 1 kA인 WRE CT의 명목 비오차에 대한 비오차의 이론값, 측정값, 자체 비오차 및 CT 측정시스템의 보정값 등을 표 3에 나타내었다.

4-3. 전류변성기 비교 측정 시스템의 비오차 직선성 평가결과의 논의

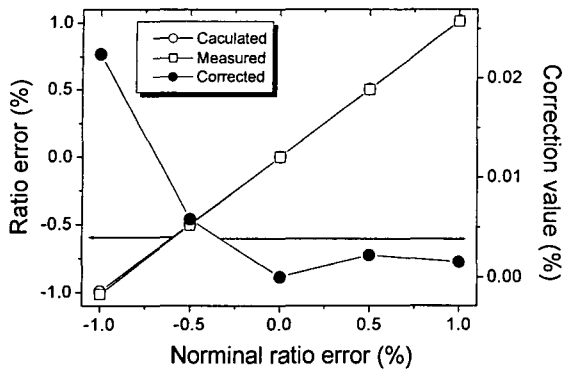
CT 측정 시스템의 비오차의 직선성이 정확하게 유지된다면, WRE CT의 각 단자의 권선비에 의한 비오차의 측정값은 이론값과 동일해야 한다. 이 두 값의 차이, 즉 [(권선비에 의한 비오차 이론값)-(권선비에 의한 비오차 측정값)] 가 CT 측정 시스템에 대한 보정 값을 의미하며, 이를 표 2 및 3의 마지막 열에 나타내었다.

표 2 에서 보는 바와 같이 1차전류가 1 kA인 WRE CT의 경우, 명목 비오차 + 0.5 % 및 + 1 % 에서는 권선비에 따른 비오차의 이론값과 측정값이 약 0.002 % 이내에서 일치하기 때문에 보정할 필요가 없으나, 명목 비오차 - 0.5 % 및 - 1 %의 경우는 권선비에 의한 비오차의 이론값과 측정값의 차이인 약 0.006 % ~ 0.02 % 를 보정해야 한다.

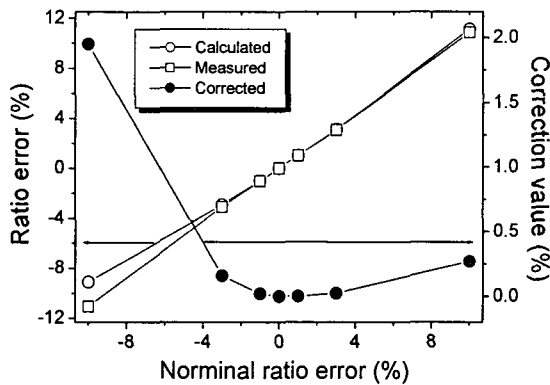
또 표 3 에서 보는 바와 같이 1차전류가 100 A 및 1 kA 인 WRE CT의 경우는 명목 비오차 + 1 % 에서는 권선비에 따른 비오차의 이론값과 측정값이 0.0009 % 만큼 벌어지기 때문에 보정할 필요가 없으나, 나머지 명목 비오차의 경우는 권선비에 의한 비오차의 이론값과 측정값의 차이인 약 0.02 % ~ 2 % 를 보정해야 한다.

표 2 및 표 3에서 보는 바와 같이 서로 다른 WRE CT의 명목 비오차 - 1 %의 경우, 보정값이 각각 0.0225 % 및 0.0211 %로서 이는 측정 시스템의 불확도 이내에서 일치하는 값이다. 이는 제작한 WRE CT를 이용한 CT 측정 시스템의 비오차 직선성 평가방법이 적합함을 보여 주는 것이다. 또한 표 2 및 3에서 보는 바와 같이 CT 측정 시스템의 비오차가 (-)부호 일수록 크게 벗어나며, 특히 표 3 및 그림 4 (B)에서 보는 바와 같이 명목 비오차 - 10 % 에서는 약 2 % 를 보정해야 함을 알 수 있다. 이는 본 WRE CT를 활용하지 않으면 확인할 수 없는 결과이며, 본 WRE CT를 사용하여 CT 측정 시스템의 비오차를 평가하여 얻은 매우 중요한 결과이다.

그림 4는 두 대의 WRE CT에 대한 명목 비오차에 따른 권선비에 의한 비오차의 계산값, 측정값 및 보정값을 나타낸 것이다. 그림 4의 (A)는 1차전류가 1 kA이고, (B)는 1차전류가 100 A 및 1 kA 인 WRE CT로서, X축은 명목 비오차이며, Y축의 왼쪽과 오른쪽은 각각 비오차 및 보정값이다.



(a)



(b)

그림 4. 명목 비오차에 따른 권선비에 의한 비오차의 이론값 및 측정값과 보정값.

- (a) : 1차전류 1 kA인 WRE CT,
- (b) : 1차전류 100 A 및 1 kA인 WRE CT.

Fig. 4. Theoretical and measured ratio errors depend on nominal ratio error, and correction value.

- (a) : WRE CT for 1 kA,
- (b) : WRE CT for 100 A and 1 kA.

### 5. 결 론

이론적인 권선비에 의한 비오차 계산값과 정확히 일치하고, - 10 % ~ + 10 % 까지의 넓은 범위의 명목 비오차를 갖는 전류변성기(wide ratio error CT, WRE CT)를 설계 제작하였으며, 이 WRE CT를 이용하여 - 10 % ~ + 10 % 범위에서 전류변성기 비오차 측정 시스템의 비오차 직선성을 평가할 수 있는 기술을 개발했다. 이는 각 권선비에 의한 비오차의 이론값과 측정값을 비교 분석하여 전류변성기 비오차 측정 시스템의 비오차의 직선성을 평가할 수 있는 교정 기술이다. 이 두 값의 차이, 즉 [권선비에 의한 비오차(이론값)-권선비에 의한 비오차(측정값)]는 전류변성기 비오차 측정 시스템의 보정값을 의미한다.

이 방법을 적용하여 전류변성기 비오차 측정 시스템의 비오차 직선성을 평가한 결과, 권선비에 의한 비오차의 이론값이 + 0.503 % 및 + 1.0101 % 에서는 이론값과 측정값이 약 0.002 % 이내에서 일치하기 때문에 보정할 필요가 없으나, 다른 비오차에 대해서는 권선비에 의한 비오차의 이론값과 측정값의 차이만큼 보정하여야 한다. 즉 전류변성기 비오차

측정 시스템에서 측정된 비오차 값에 보정값을 더해서 최종 측정값으로 삼아야 한다.

일반적으로 전류변성기 비오차 측정 시스템은 무겁고, 크기 때문에 운반이 쉽지 않으며, 생산제품의 품질관리 또는 교정시험용으로 빈번히 사용되므로 이 시스템을 외부의 교정시험기관에 보내서 교정을 받기는 여러 가지로 애로 사항이 많다. 그러나 개발된 wide ratio error CT 방식에 의한 전류변성기 비오차 측정 시스템의 비오차의 직선성 평가 기술은 운반과 측정방법이 용이한 WRE CT를 산업체로 운반하여 현장에서 측정 시스템의 직선성을 평가할 수 있는 장점이 있기 때문에 산업체 등에서 실용되고 있다.

### 감사의 글

본 연구는 한국부품소재산업진흥원의 부품소재종합 기술지원사업으로 이루어졌으며, 연구비지원에 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

- [1] 권성원, 정재갑, 김문석, 김규태, 류계천, "열전형 전류 변환기의 교류-직류 변환차이 자동측정시스템 개발", 한국 센서학회지, Vol. 14, No. 5, pp. 350, 2005.
- [2] 정재갑, 권성원, 김규태, 김명수, "외부부담이 전압변성기의 비오차와 위상각오차에 미치는 영향에 대한 연구", 대한전기학회지, Vol. 53C, No. 3, pp 137, 2004.
- [3] KSC 1706, "계기용변성기".
- [4] 정재갑, 권성원, 이상화, 박영태, "전류변성기의 비오차와 위상각오차의 계산값과 실험값의 차에 의한 측정시스템 유용성 검증기술에 관한 연구", 대한전기학회지, Vol. 53C, No. 4, pp 213, 2004.
- [5] W. J. M. Moore, N. L. Kusters, " Direct Reading Ratio-Error Sets for the Calibration of Current Transformers", IEEE Trans. Instrum. Meas., Vol. IM-19, No. 3, pp 161, 1970.
- [6] R. L. Kahler, " An Electronic Ratio Error Set for Current Transformer Calibrations", IEEE Trans. Instrum. Meas., Vol. IM-28, No. 2, pp 162, 1979.
- [7] J.D. Ramboz, O. Petersons, "A Calibration Service for Current Transformers", NIST Special Publication, Vol. 250(36), pp. 66, 1991.

### 부 록

#### 권선비에 의한 비오차 및 자체비 오차 계산식

식 (2)를 다시 쓰면

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{n_2}{n_1} + \delta \quad \text{혹은} \quad I_p = I_s \left( \frac{n_2}{n_1} + \delta \right) \quad (2)$$

이다. 전류변성기의 비오차(ratio error, RE)는 아래와 같이 정의된다.

$$RE \cong 100 \cdot \left[ \frac{(NI_s - I_p)}{I_p} \right] \quad [\%] \quad (3)$$

여기서  $N$  은 전류변성기의 정격 변환비 혹은 권선비 (nominal ratio or turn ratio)이다. 식 (2)의 오른쪽 식을 이용하여 식 (3)을 다시 쓰면

$$RE \cong 100 \cdot \left( \frac{N \frac{n_2}{n_1} - \delta}{\frac{n_2}{n_1} + \delta} \right) = 100 \cdot \left( \frac{N \frac{n_1}{n_2} - 1 - \delta \frac{n_1}{n_2}}{1 + \delta \frac{n_1}{n_2}} \right)$$

$$= 100 \cdot \left( N \frac{n_1}{n_2} - 1 - \delta \frac{n_1}{n_2} \right) \left( 1 - \delta \frac{n_1}{n_2} + \dots \right)$$

$$= 100 \cdot \left( N \frac{n_1}{n_2} - 1 - N\delta \frac{n_1^2}{n_2^2} + \delta^2 \frac{n_1^2}{n_2^2} + \dots \right)$$

$$\cong 100 \cdot \left( \frac{Nn_1 - n_2}{n_2} \right) + 100 \cdot \left( -N\delta \frac{n_1^2}{n_2^2} + \delta^2 \frac{n_1^2}{n_2^2} \right)$$

$$= \varepsilon_t + \varepsilon_s \quad [\%] \quad (4)$$

식 (4)에서 우변의 첫 번째 항은 권선비에 의한 비오차이고 두 번째 항은 자체 비오차로서 각각 아래와 같다.

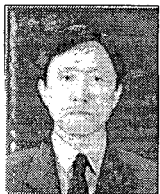
$$\text{권선비에 의한 비오차 : } \varepsilon_t = 100 \cdot \left( \frac{Nn_1 - n_2}{n_2} \right) \quad (5)$$

자체 비오차 :

$$\varepsilon_s = 100 \cdot \left( -N\delta \frac{n_1^2}{n_2^2} + \delta^2 \frac{n_1^2}{n_2^2} \right) \cong 100 \cdot \left( -N\delta \frac{n_1^2}{n_2^2} \right) \quad (6)$$

이다. 식 (6)의 수식 전개에서  $\left( \delta \frac{n_2}{n_1} \right)$ 의 2차항 이상은 크기가 수  $10^{-6}$  이하이므로 무시 가능하다.

## 저 자 소 개



### 권 성 원(權 聖 遠)

1952년 1월 19일생. 1974년 한국항공대학교 전자공학과 졸업. 1974년-1977년 공군정밀측정시험소 전기전자시험과장. 1978년-현재, 한국표준과학연구원 기반표준부 책임연구원  
Tel : 042-868-5155  
Fax : 042-868-5018  
E-mail : swkwon@kriss.re.kr



### 김 문 석(金 紋 奭)

1966년 7월 16일생. 1997년 충북대학교 물리학과 졸업(이학박사). 1997년-2001년 포항공대 초전도연구단, 2001년-2003년 오하이오 주립대 연구원. 2003년-현재, 한국표준과학연구원 책임연구원  
Tel : 042-868-5725  
Fax : 042-868-5018  
E-mail : msk2003@kriss.re.kr



### 정 재 갑(鄭 在 甲)

1965년 7월 4일생. 1998년 고려대 물리학과 졸업(이학박사). 1999-2001 아이오아 주립대 박사후 연구원. 2001년-현재 한국표준과학연구원 기반표준부 책임연구원  
Tel : 042-868-5759  
Fax : 042-868-5018  
E-mail : jkjung@kriss.re.kr



### 김 명 수(金 明 壽)

1954년 8월 26일생. 1977년 서울공대 화공과 졸업. 1986년 미국 미주리대(공학박사). 1977년-1982년 국방과학연구소. 1987년-현재 : 한국표준과학연구원, 표준보급부장  
Tel : 042-868-5040  
Fax : 042-868-5439  
E-mail : mkim@kriss.re.kr



### 이 상 화(李 相 和)

1967년 1월 26일생. 1994년 한밭대 전자공학과 졸업. 1986-현재 한국표준과학연구원 기반표준부 선임연구원  
Tel : 042-868-5151  
Fax : 042-868-5018  
E-mail : shlee@kriss.re.kr