

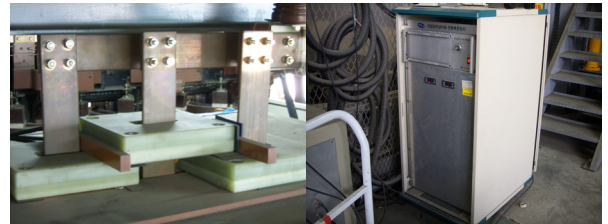
## 단락시험설비의 측정시스템 교정에 관한 연구

김동수\*, 김봉성\*, 김철환\*\*  
한국전기연구원\*, 성균관대학교\*\*

### A Study on the Calibration of Measuring Instruments for the Short Circuit Test System

KIM Dong-Su\*, KIM Bong-Sung\*, KIM Chul-Hwan\*\*  
Korea Electrotechnology Research Institute\*, Sungkyunkwan University\*\*

**Abstract** - 차단기는 전력계통에서 사고시 고장점을 분리·차단하여 계통을 보호하고, 복구 완료시 전원을 투입하는 장치로 전력기기 중 가장 중요한 제품이며, 특히 저압 차단기는 실제 가정 및 소규모 공장에서 많이 사용되고 있어 안전성과 성능의 신뢰성이 가장 중요한 제품이므로 단락성능에 대한 성능평가가 이루어져야 한다. 이와 같은 단락성능 평가를 위한 단락시험설비의 측정시스템은 시험 신뢰도의 확보를 위해 주기적으로 교정하여 사용하여야 한다. 본 논문에서는 측정시스템으로 구성된 각 계측기의 교정 결과를 이용하여 전체 측정시스템을 교정하고자 한다.



<그림 2> Rogowski Coil과 Integrator

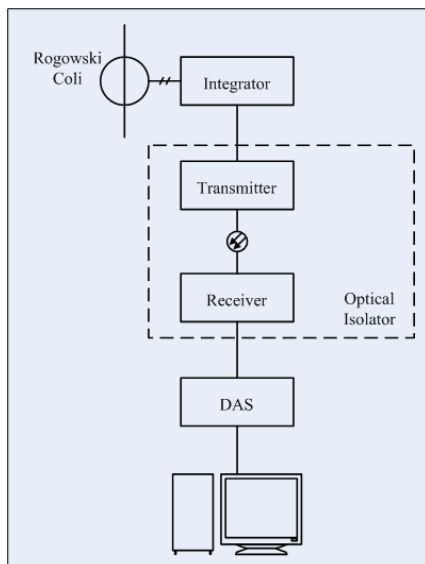
#### 1. 서 론

저압 차단기의 단락성능평가를 위해 사용하는 상용주파저압단락설비는 단락변압기를 이용하여 3상 220 V/25 kA, 460 V/14 kA까지의 단락 시험이 가능한 설비로서 전원설비, 단락변압기, 부하설비, 제어설비, 측정설비, 보호설비 및 기타 설비로 구성되어 있다. 이 중에서 측정설비는 단락변압기의 1차 전압 및 2차 전압, 단락전류의 파형을 측정하도록 되어 있다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 단락시험설비의 측정시스템 구성

단락변압기를 이용한 상용주파저압단락설비의 단락전류 측정시스템의 구성은 다음 그림 1과 같다. 그림에서와 같이 단락시험설비의 측정시스템은 고전압, 대전류를 안전하고 정밀하게 측정하기 위해서 여러 가지 측정기로 구성되어 있다.



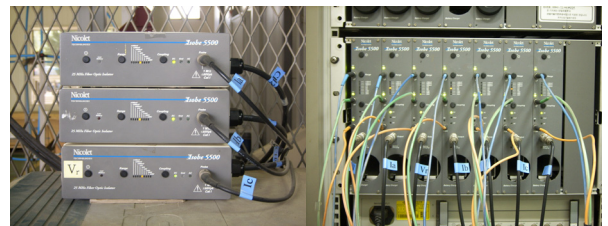
<그림 1> 단락전류 측정시스템의 구성

##### 2.1.1 Rogowski Coil and Integrator

단락전류와 같은 대전류를 측정하는데 사용하는 Rogowski coil과 Integrator는 다음 그림 2와 같다. 이 시스템이 측정할 수 있는 전류는 50 A ~ 25 kA, DC ~ 1 kHz이며, 이 시스템의 accuracy는 50 A ~ 10 kA는  $\pm 1\%$ 이내, 10 ~ 25 kA까지는  $\pm 2\%$  이내이다.

##### 2.1.2 Optical Isolator

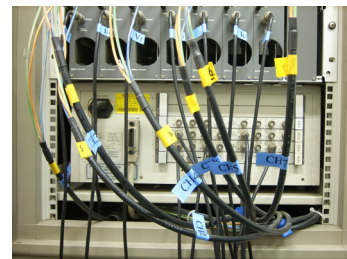
단락시험 설비의 측정시스템은 VCB, Making switch, 피시폼의 투입/차단으로 인한 개폐 서지와 같은 외부 노이즈가 발생하더라도 항상 정밀하게 측정을 할 수 있어야 한다. 이를 위해 아래 그림 3과 같은 Optical isolator를 사용하여 Rogowski coil과 Integrator로 측정된 아날로그 신호를 광신호로 변환하여 전송하고, 전송한 광신호를 다시 아날로그 신호로 변환하여 DAS(Data Acquisition System)로 전송함으로써 외부 노이즈의 영향을 감소시킨다.



<그림 3> Optical Isolator

##### 2.1.3 Data Acquisition System(DAS)

DAS(Data Acquisition System)는 Optical isolator로부터 전송된 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하여 PC로 전송해주는 장치로 다음 그림 4와 같다.



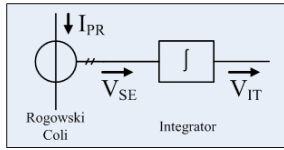
<그림 4> Data Acquisition System

#### 2.2 단락전류 측정시스템의 교정

단락전류 측정시스템의 교정은 각 측정기의 입·출력 관계를 이용하는 데, Rogowski coil의 입력 전류와 Integrator의 출력전압 관계를 측정 시스템 1, Optical isolator의 입력 전압과 DAS의 측정 전압 관계를 측정 시스템 2로 하여 교정을 하고, 그 결과를 전체 단락전류 측정시스템에 적용한다.

### 2.2.1 측정시스템 1의 교정

측정시스템 1은 Rogowski coil의 1차 입력 전류에 대한 Integrator의 출력 전압의 관계로 나타낼 수 있으며, 이 관계는 다음 그림 5와 같다.



<그림 5 측정시스템 1의 입·출력 관계도>

측정시스템 1의 교정은 Rogowski coil과 Integrator에 대한 Ratio error(%)를 직접 측정하는데, 이 때 Ratio error는 전자식 변성기 시험 시스템을 이용하여 측정이 가능하다. 여기에 사용하는 전자식 변성기 시험 시스템의 주요 제원은 다음 표 1과 같다[1].



<그림 6 전자식 변성기 시험 시스템>

<표 1> 전자식 변성기 시험 시스템의 주요 제원

Current Generator	AC 4 000 A, 50/60 Hz
Standard Current Transformer	AC 4 000:5/1 A, 0.01 CL
Current Measuring Bridge	50 mA ~ 10 A
Current Burden	5 ~ 200 VA, PF 0 ~ 1

측정시스템 1의 입출력 관계를 정의하기 위해 먼저 Rogowski coil의 Ratio error( $\epsilon_1$  %)의 정의는 다음 식 (1)과 같다[2].

$$\epsilon_1 = \frac{K_{ra} \cdot V_{SE} - I_{PR}}{I_{PR}} \times 100 [\%] \quad (1)$$

여기에서,  $\epsilon_1$  : Rogowski Coil의 Ratio error  
 $I_{PR}$  : Primary Current  
 $V_{SE}$  : Secondary Voltage  
 $K_{ra}$  : Transformation Ratio( $I_{PR} / V_{SE}$ )

위 그림 5에서와 같이 Integrator의 출력 전압  $V_{IT}$ 는 Rogowski coil의 출력 전압  $V_{SE}$ 와 같으므로, 측정시스템 1의 Ratio error( $\epsilon_2$  %)는 다음 식(2)와 같이 표현할 수 있다.

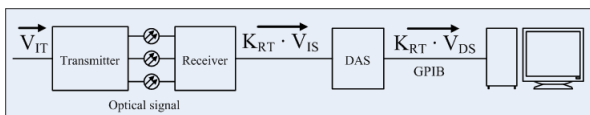
$$\epsilon_2 = \frac{K_{ra} \cdot V_{IT} - I_{PR}}{I_{PR}} \times 100 [\%] \quad (2)$$

전자식 변성기 시험 시스템을 사용하여 Ratio Error( $\epsilon_2$  %)를 측정하면, 측정시스템 1의 입력 전류  $I_{PR}$ 에 대한 출력 전압  $V_{IT}$ 는 다음 식 (3)과 같이 계산할 수 있다.

$$V_{IT} = \left(1 + \frac{\epsilon_2}{100}\right) \cdot \frac{I_{PR}}{K_{ra}} \quad (3)$$

### 2.2.2 측정시스템 2의 교정

측정시스템 2는 Optical isolator의 입력 전압에 대한 DAS의 측정 전압의 관계로 나타낼 수 있으며, 이 관계는 다음 그림 7과 같다.



<그림 7 측정시스템 2의 입·출력 관계도>

측정시스템 2는 교정용 표준기로 Optical isolator의 입력부에 전압을 인가한 후, DAS로 전송된 전압을 계측하는 방법으로 교정하며, 여기에 사용하는 교정용 표준기(FLUKE 5720A)의 주요 제원은 다음 표 2와 같다[3].



<그림 8 교정용 표준기 FLUKE 5720A>

<표 1> 교정용 표준기(FLUKE 5720A)의 주요 제원

Voltage Output Range	0 ~ 1 100 V
Frequency Range	DC, 10 Hz ~ 1.2 MHz
Voltage Uncertainty (2.2 V Range, 40 Hz ~ 20 kHz)	$\pm(45 \text{ ppm of output} + 8 \mu\text{V})$

그림 7에서와 같이 측정시스템 2의 교정은 교정용 표준기의 출력전압  $V_{IT}$ 에 대한 DAS의 측정 전압  $V_{DS}$ 로 다음 식(4)와 같다.

$$V_{DS} = \frac{V_{IT}}{K_{RT}} \quad (4)$$

여기에서,  $K_{RT}$  : Isolator의 Range

### 2.3 교정 결과의 적용

단락전류 측정시스템의 측정 결과는 위 식 (3)과 (4)에 의해 다음 식 (5)와 같이 표현할 수 있다.

$$V_{DS} = \left(1 + \frac{\epsilon_2}{100}\right) \cdot \frac{I_{PR}}{K_{ra}} \cdot \frac{1}{K_{RT}} \quad (5)$$

위 식 (5)를 이용하여 단락전류 측정시스템의 단락전류  $I_{PR}$ 에 대한 DAS의 측정 결과  $V_{DS}$ 를 계산할 수 있으며, 이 계산 결과를 단락시험시 보정하여 적용한다.

## 3. 결 론

단락변압기를 이용한 상용주파저압단락설비의 단락전류 측정시스템은 여러 가지 측정기로 구성되어 있어서 각 측정기의 교정결과를 직접 단락시험에 적용하기 어렵다. 본 논문에서는 측정기들의 입·출력 관계를 이용하여 측정시스템 1, 2로 구분하여 추정치를 구하고, 그 결과를 단락 시험시 적용하는 방법에 대하여 알아보았다. 만일 전체 측정시스템의 관계식에 각 측정기의 불확도 요인을 포함하여 측정시스템의 추정치와 불확도를 단락시험시 적용한다면 단락시험에 대한 신뢰성을 한 단계 높일 수 있을 것으로 예상된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] "Semi-automatic Test Equipment for Instrument Transformer Instruction Manual", 2004.
- [2] "IEC 60044-8 Instrument Transformers - Part 8: Electronic Current Transformers", 2002.07.
- [3] "5700A/5720A Series II Multi-Function Calibrator Service Manual", 1996.
- [4] "EA-4/02 Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration", 1999.12.