

변성기의 오차 보상 방법이 탑재된 전자식 변성기의 성능 평가

강용철*, 박종민*, °장성일*, 윤재성**, 김용균**, 이병성***, 송일근***
 * 전북대학교, ** 한국 아이이디이엔지, *** 전력연구원

Performance test of an electronic instrument transformer mounted an error compensating method for instrument transformer

Yongcheol Kang*, Jongmin Park*, *Sungil Jang*, Jaesung Yun**, Yonggyun Kim**, Byungung Lee***, Ilkeun Song***
 * CHONBUK NATIONAL UNIVERSITY, ** HANKOOK IED ENG, *** KEPRI

Abstract - Instrument transformers provide the reproduction of the primary current or voltage to the measuring and protecting devices. The errors of an iron-cored transformer are caused by the difference between the primary and secondary currents due to the hysteresis characteristics of the iron-core. An error compensating algorithm for instrument transformer can improve the accuracy of conventional current and voltage transformers. This paper describes the performances of the electronic current and voltage transformers mounted an error compensating algorithm. The test results of the electronic transformers in Korea Electrotechnology Research Institute(KERI) are presented.

1. 서 론

전력 계통에서 계통의 높은 전류 또는 전압을 낮은 신호로 변환하기 위해 변류기(Current Transformer, CT)와 전압 변성기(Voltage Transformer, VT)를 사용한다. 변류기와 전압 변성기의 출력은 계전기 및 측정 장비의 입력신호가 되므로, 고정밀 변류기와 전압 변성기는 전력시스템에서 중요한 역할을 담당한다.

변류기와 전압 변성기는 1차, 2차 사이의 상호 쇄교 자속을 높이기 위해 철심 코어를 사용하지만, 히스테리시스 특성으로 인하여 여자 전류가 발생한다. 여자 전류는 변류기와 전압 변성기의 오차 발생 원인이 되므로 이를 줄이기 위한 기존 방식은 투자율이 좋은 코어를 사용하거나 코어의 단면적을 증가시킨다. 그러나 이는 변류기와 전압 변성기의 제작 단가를 증가시킬 뿐만 아니라 크기를 증가 시킨다.

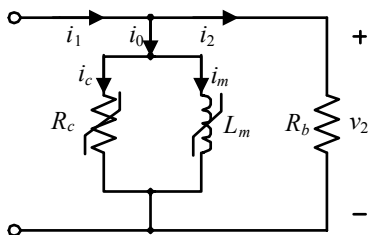
철심 변성기의 오차를 줄이기 위하여 철심 코어의 히스테리시스 특성을 고려한 변류기의 오차 보상 알고리즘이 개발 되었다[1][2]. 개발된 알고리즘은 오차의 주원인인 여자 전류를 자화 전류와 철손 전류로 나누어 구한다. 자화 전류는 측정된 2차 전류와 자속-자화 전류 루프를 이용하여 구하고, 철손 전류는 측정된 2차 전류와 철손 저항으로 구한다. 추정된 여자 전류를 측정된 2차 전류에 더해줌으로써 1차 전류를 구할 수 있다.

본 논문에서는 변류기와 전압 변성기의 오차 보상 알고리즘을 탑재한 전자식 변류기와 전자식 전압 변성기를 제작하여 오차 성능을 검증하였다. 제작된 전자식 변류기와 전압 변성기는 일반적으로 사용되는 철심 변류기 혹은 전압 변성기에 오차 보상 알고리즘을 탑재한 보드를 결합한 것이다. 오차 보상 알고리즘을 탑재한 새로운 개념의 전자식 변성기의 성능을 검증하기 위하여 630A 개폐기용 전자식 변류기, 5A 검출용 전자식 영상 변류기, 그리고 13200V 전자식 전압 변성기를 제작하여 한국 전기 연구원(KERI)에서 IEC 60044-7, 8 규정에 따른 오차 시험을 실시하였다.

2. 본 론

2.1 철심 코어형 변류기

그림 1은 2차측으로 환산한 철심 변류기의 등가회로를 나타낸다.



<그림 1> 2차 측으로 환산한 철심 변류기의 등가회로

i_1 : 2차측으로 환산한 1차전류, i_2 : 2차전류,

i_0 : 여자 전류, i_c : 철손 전류, i_m : 자화 전류,

R_c : 철손 저항, L_m : 자화 인덕턴스, R_b : 부담, v_2 : 2차 전압

1차전류는 여자 전류와 2차전류로 나누어지고, 여자 전류는 자화 전류와 철손 전류로 나누어진다. 일반적인 변류기의 경우 2차전류를 계전기나 측정 장비의 입력으로 사용하기 때문에 여자 전류는 변류기의 오차가 된다. 여자전류를 줄이기 위해 투자율이 높은 고가의 코어가 사용된다.

전압 변성기의 경우 1차 전류와 권선저항에 의한 전압 강하가 오차의 주된 원인이다. 전압 변성기에서의 1차 전류는 2차 부담이 크므로 대부분이 여자전류이다.

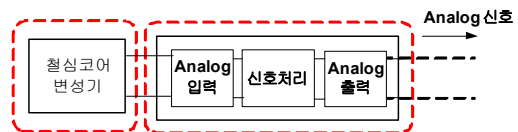
2.2 오차 보상 방법

철심 코어의 여자 전류와 자속과의 관계는 히스테리시스 루프로 나타난다. 히스테리시스 루프의 여자 전류를 자화 전류와 철손 전류로 분리한 후 자속과 자화 전류의 관계를 자속-자화 전류 루프로 나타낼 수 있다. 철손 전류는 철손 저항과 측정된 2차 전류로부터 구할 수 있다. 자화 전류는 측정된 2차 전류로 전압을 구하고 이를 이용하여 자속을 계산한 후 자속-자화 전류 루프에 대입하여 자화 전류를 구한다. 철손 전류는 측정된 2차 전류와 철손 저항으로 구한다. 이처럼 철손 전류와 자화 전류를 구하여 측정된 2차 전류에 더하면 1차 전류를 구할 수 있다.

같은 방법으로 전압 변성기의 여자 전류를 구하면 1차전류를 구할 수 있다. 1차 전류와 권선저항을 이용하여 강하된 전압을 구한 후 이를 측정된 2차 전압에 더하여 1차 전압 추정한다.

2.3 보상 알고리즘을 탑재한 전자식 변성기 개발

그림 2는 전자식 변성기의 구성도를 나타낸다. 기존 철심 변성기에 오차 보상 알고리즘을 탑재한 보드를 결합하여 전자식 변성기를 개발하였다. 보드의 2차 정격 출력은 4V의 아날로그 신호이며 제어 전원이 DC 24V이고 정격지연시간은 500 μ s이다.



<그림 2> 전자식 변성기 구성도

2.4 전기연구원 오차 시험

오차 보상 알고리즘을 탑재한 전자식 변류기와 전자식 전압 변성기의 성능을 검증하기 위하여 시중에 시판중인 변류기 2대와 전압 변성기1대를 구입하였다. 구입한 각 변성기에 오차 보상 알고리즘을 탑재한 보드와 결합하여 한국 전기 연구원에서 오차 시험을 진행 하였다. 전기 연구원의 오차 시험은 전자식 변성기 국제 규격인 IEC 60044-7, 8 [3][4]에 따라 진행 되었다.

2.4.1 630A/4V 전자식 변류기

630A/0.63A 정격인 개폐기용 변류기와 제작한 보드를 결합하여 성능을 검증하였다. 표 1은 시험 결과값이며, 그림 3은 630A/4V 전자식 변류기 시험 성적서와 실물 사진이다. 시험 성적서는 0.5급으로 발급 받았지만 결과를 살펴보면 0.1급의 오차 규정도 만족하는 결과이다 [4].

<표 1> 630A/4V 전자식 변류기 오차 시험 결과값

구분	120%In		100%In		20%In		5%In	
	비오차 (%)	위상오차 (min)	비오차 (%)	위상오차 (min)	비오차 (%)	위상오차 (min)	비오차 (%)	위상오차 (min)
시험전류 및 주파수	±0.5	±30	±0.5	±30	±0.75	±45	±1.5	±90
630A/4V (60Hz)	-0.06	-2	+0.07	-1.1	-0.04	-8	+0.14	-8.7



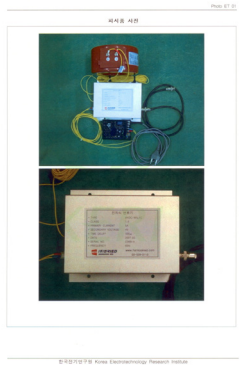
<그림 3> 630A/4V 전자식 변류기 시험 성적서와 실물 사진

2.4.2 5A/4V 전자식 변류기

오차 보상 알고리즘을 탑재한 보드를 200mA 검출용 영상 변류기에 접목시켜 1차 전류 5A 검출이 가능한 전자식 변성기를 제작하였다. 전자식 변성기 규격을 적용하여 오차 성능 시험을 진행하였으며 그 결과는 1.0급을 만족하였다. 표 2는 시험 결과값이며, 그림 4는 5A/4V 전자식 변류기 시험 성적서와 실물 사진이다.

<표 2> 5A/4V 전자식 변류기 오차 시험 결과값

구분	120%In		100%In		20%In		5%In	
	비오차 (%)	위상오차 (min)	비오차 (%)	위상오차 (min)	비오차 (%)	위상오차 (min)	비오차 (%)	위상오차 (min)
시험전류 및 주파수	±1.0	±60	±1.0	±60	±1.5	±90	±3.0	±180
5A/4V (60Hz)	+0.18	+24	-0.01	+25	+0.29	0	+0.61	-71



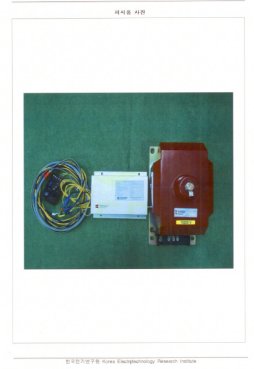
<그림 4> 5A/4V 전자식 변류기 시험 성적서와 실물 사진

2.4.3 13200V/4V 전자식 전압 변성기

13200V/110V 정격인 전압 변성기와 제작한 보드를 결합하여 전자식 전압 변성기를 제작하였다. 표 3은 시험 결과 값이며, 그림 5는 13200V/4V 전자식 전압 변성기 시험 성적서와 실물 사진이다. 0.5급으로 시험 받은 전자식 전압 변성기는 0.2급의 오차 등급도 만족하는 결과를 얻었다.

<표 3> 13200V/4V 전자식 전압 변성기 오차 시험 결과값

구분	120%Vn		100%Vn		80%Vn	
	비오차 (%)	위상오차 (min)	비오차 (%)	위상오차 (min)	비오차 (%)	위상오차 (min)
시험전압 및 주파수	±0.5	±20	±0.5	±20	±0.5	±20
13200V/4V (60Hz)	-0.11	-5.0	+0.10	-5.0	+0.01	-6.0



<그림 5> 13200V/4V 전자식 전압 변성기 시험 성적서와 실물 사진

3. 결 론

논문에서는 변성기의 오차 보상 알고리즘을 탑재한 전자식 변류기와 전자식 전압 변성기의 성능 시험 결과를 제시하였다. 개발된 전자식 변류기와 전압 변성기는 철심 변류기와 철심 전압 변성기에 알고리즘을 탑재한 보드를 결합한 것이다. 영상 변류기를 이용한 1.0급 5A/4V 전자식 변류기, 개폐기용 변류기를 이용한 0.5급 630A/4V 전자식 변류기, 그리고 0.5급 13200V/4V 전자식 전압 변성기를 개발 하였다. 개발된 전자식 변성기는 한국 전기 연구원(KERI)에서 국제 규격에 따른 오차 시험을 진행 하였으며 그 성능을 검증 받았다. 개발된 제품의 수치상 결과는 정격 오차 등급 이상이며, 특히 630A/4V 개폐기용 전자식 변류기의 경우 0.1급의 오차 등급도 만족한다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 전력IT사업의 지원으로 수행되었음

[참 고 문 헌]

- [1] Kang, Y.C., Lim, U.J., and Kang, S.H., "Compensating algorithm suitable for use with measurement type current transformers for protection", IEE Proc. Gener. Transm. Distrib., 152, (6), pp. 880~890, 2005
- [2] Y. C. Kang, J. K. Park, S. H. Kang, A. T. Johns, and R. K. Aggarwal, "An algorithm for compensating secondary currents of current transformers", IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 12, No. 1, pp. 116~124, 1997
- [3] INTERNATIONAL STANDARD IEC 60044-7, First edition 2002-07, Instrument transformers - Part 7: Electronic voltage transformers
- [4] INTERNATIONAL STANDARD IEC 60044-8, First edition 2002-07, Instrument transformers - Part 8: Electronic current transformers