

히스테리시스 특성을 고려한 측정용 변류기 2차 전류 보상 알고리즘

論 文
56-10-2

Compensating Algorithm for the Secondary Current of a Measurement CT Considering the Hysteresis Characteristics of the Core

姜龍澈* · 蘇淳鴻† · 鄭太英** · 張成一*** · 金容均§
(Yong-Cheol Kang · Soon-Hong So · Taiying Zheng · Sung-Il Jang · Yong-Gyun Kim)

Abstract - This paper proposes a compensating algorithm for the secondary current of the measurement current transformer (CT) that removes the effects of the hysteresis characteristics of the iron-core. The exciting current resulting from the hysteresis characteristics of the core causes an error between the primary current and the secondary current of the measurement CT. The exciting current can be decomposed into the magnetizing current and the core loss current. The core loss current is obtained from the measured secondary current and the core loss resistance. The core flux linkage is calculated by integrating the measured secondary current, and then inserted into the flux-magnetizing current curve to obtain the magnetizing current. The exciting current at every sampling interval is obtained by summing the core-loss and magnetizing currents and then added to the measured current to obtain the correct current. The performance of the proposed algorithm is validated under various conditions using EMTP generated data. The results indicate that the proposed algorithm can improve the accuracy of the measurement CT significantly, and thus reduce the size and the cost of the measurement CT.

Key Words : Compensating algorithm, Current transformer, Hysteresis characteristics, Measurement CT

1. 서 론

변류기(Current transformer, CT)는 1차 전류의 크기를 작게 하여 계량기, 보호 계전기 등에 공급하는 것을 목적으로 사용한다[1]. 이에는 1차 전류와 2차 전류사이의 쇄교 자속을 최소화하기 위하여, 철심을 코어로 사용하는 철심 변류기가 주로 사용된다.

변류기는 사용 용도에 따라 보호용 변류기와 측정용 변류기로 분류된다. 보호용 변류기는 보호계전기의 입력으로 사용되기 때문에 사고 전류를 정확하게 변류하여야 하며, 사고 전류로 인한 변류기 포화를 막기 위해 과전류 정수를 20 또는 40으로 설계한다[2]. 한편, 측정용 변류기는 계량기의 입력으로 사용되기 때문에, 정상 상태 시의 전류를 정확히 변류하여야 한다. 하지만 철심 코어의 히스테리시스 특성으로 인하여 비정현파의 여자 전류가 발생되고, 이는 측정용 변류기 오차의 주된 원인이 된다. 이러한 오차를 줄이기 위하여 투자율이 좋은 코어를 사용하거나 코어의 단면적을 증가시키는 방법이 사용되나, 이로 인하여 제작 단가와 크기가 증가된다.

한편 최근, 히스테리시스 특성이 없는 로고스키 코일과 광 변류기 등의 전자식 변류기가 개발되었다[3-6]. 로고스키 코일은 코어가 공기이므로 포화특성이 없지만, 유기 자속의 크기가 작기 때문에 측정용으로 사용이 어려우며, 보통 1-3%의 정밀도를 가진다. 또한 외부 자계에 영향을 많이 받기 때문에 차폐 비용이 증가하는 문제점이 있으며, 높은 정밀도를 위해서는 단면적을 증가시켜야 하는 단점이 있다. 한편, 광 변류기는 크기가 작고, 절연 특성이 좋으며, 노이즈의 영향이 적다. 하지만 진동에 약하기 때문에 이를 보정해주는 추가적인 장치를 해야 하므로 매우 고가이다.

측정용 철심 변류기의 오차를 감소하기 위한 보상 알고리즘이 제안되었다[7-9]. 철심 변류기에서 오차는 코어의 여자전류를 의미한다. 참고문헌 [7]에서는 오차로 작용하는 여자전류를 추정 후, 2차 측에 아날로그 회로를 연결하여 오차를 보상하는 방식이 제안되었다. 하지만 이 방법은 철심 코어의 비선형 특성을 고려하지 않았다.

참고문헌 [8, 9]에서는 시간영역에서 철심 코어의 히스테리시스 특성을 고려한 여자 전류를 추정하고, 오차를 보상하는 방식이 제안되었다. 이 방식은 계산한 철심 자속을 히스테리시스 루프에 대입하여 여자 전류를 추정하고, 이를 측정된 2차 전류에 더함으로써 보상한다. 이는 철심 변류기 오차로 작용하는 여자전류를 추정하여 보상하기 때문에, 변류기의 정밀도를 어느 정도 향상시킬 수 있다. 하지만, 히스테리시스 주루프 만을 사용하기 때문에 저전류 영역에서는 비교적 오차가 크다. 또한, 전류에 dc 성분 또는 고조파가 포함되어 자속이 증감을 반복하는 경우에도 오차가 큰 단점이 있다.

본 논문에서는 히스테리시스 특성을 고려한 측정용 철심

* 正 會 員 : 全 北 大 大 學 院 電 氣 工 學 科 副 教 授 · 工 博
† 교신저자, 學生會員 : 全 北 大 大 學 院 電 氣 工 學 科 碩 士 課 程
E-mail : ssh2033@chonbuk.ac.kr
** 正 會 員 : 全 北 大 大 學 院 電 氣 工 學 科 博 士 課 程
*** 正 會 員 : 全 北 大 大 學 院 電 氣 工 學 科 研 究 教 授 · 工 博
§ 正 會 員 : 韓 國 IED Eng. 代 表 理 事
接受日字 : 2007年 6月 8日
最終完了 : 2007年 7月 12日

변류기의 2차 전류 보상 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 변류기의 오차로 작용하는 여자전류를 추정하여 보상한다는 점에서는 참고문헌 [8, 9]와 같다. 하지만, 여자 전류를 철손 전류와 자화 전류로 나누어 구하여 보상한다. 철손 전류는 측정된 2차 전류와 철손 저항으로부터 계산하고, 자화 전류는 자속을 자속-자화 전류 곡선에 대입하여 얻는다. 이 두 전류를 합하여 여자 전류를 구하고, 측정된 2차 전류에 더해줌으로써 보상 전류를 구한다. 제안한 알고리즘의 성능을 EMTP를 통하여 검증하였다.

2. 히스테리시스 특성을 고려한 측정용 변류기 2차 전류 보상 알고리즘

2.1 철심 코어 변류기의 등가 회로

2차 측으로 환산한 철심 변류기의 등가 회로를 그림 1에 나타내었다. 철손 저항은 히스테리시스 손실과 와류손의 조합으로 나타나며, 자화 인덕턴스는 자속과 자화 전류의 비선형 관계로 표현된다.

여자 전류는 자화 전류와 철손 전류로 나눌 수 있고, 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$i_0(t) = i_m(t) + i_c(t) \tag{1}$$

그림 2는 한 주기의 여자 전류를 철손 전류와 자화 전류로 나누어 나타내었다. 실선은 여자 전류, 파선은 철손 전류, 점선은 자화 전류를 나타낸다.

2차 측으로 환산한 1차 전류는 식 (2)에서와 같이 측정된 2차 전류와 여자 전류의 합으로 나타낼 수 있다.

$$i_1(t) = i_2(t) + i_0(t) \tag{2}$$

만약 여자 전류를 정확하게 추정한다면, 정확한 1차 전류를 얻을 수 있고, 철심 변류기의 정밀도를 향상시킬 수 있다.

2.2 제안한 측정용 철심 변류기 전류 보상 알고리즘

철심 코어의 여자 전류와 자속의 특성은 히스테리시스 루프를 표현되며, 이는 그림 3에 나타나 있다. 참고문헌 [8, 9]는 이 루프를 사용하여 여자 전류를 추정하고, 철심 변류기의 오차를 보상한다. 이 방식은 전류에 dc 성분이 포함되어 있거나 고조파 성분이 포함되어 자속이 증감을 반복하는 경우에는, 여자 전류의 추정이 잘못되어 다소 큰 오차를 유발할 수 있는 단점이 있다.

제안한 방식 또한 철심 변류기 오차인 여자 전류를 추정하여 측정된 2차 전류에 더해줌으로써 보상 전류를 구하는 방법을 사용한다. 하지만 본 논문에서는 그림 3의 히스테리시스 루프를 사용하여 구한 여자 전류를 그대로 이용하지 않고, 여자 전류를 철손 전류와 자화 전류로 나누어서 구하고, 이를 측정된 2차 전류에 더해줌으로써 보상 전류(i_2^*)를 구한다.

먼저, 철손 전류는 2차 전류와 동상이기 때문에 측정된 2차 전류와 철손 저항을 이용하여 계산할 수 있다. 본 논문에서는 일정한 전류가 흐르는 경우에 철손 저항은 하나의 값을 갖고, 전류의 크기가 변하면 철손 저항도 변한다고 가정하였고, 이는 사전 테스트를 통하여 구하였다. 따라서 철손 전류는 식 (3)을 이용하여 구한다.

$$i_c(t) = \frac{R_b i_2(t)}{R_c} \tag{3}$$

한편, 자화 전류는 자속과 자속-자화 전류 곡선을 이용하여 계산할 수 있는데, 자속-자화 전류 곡선은 여자 전류에서 철손 전류를 뺀 자화 전류와 자속의 관계를 나타낸다. 그림 4는 그림 3의 곡선으로부터 얻은 자속-자화 전류 곡선이다.

자속은 측정된 2차 전류를 적분하여 계산한다. 식 (4)는 자속과 2차 전류와의 관계식을 나타낸다.

$$\frac{d\lambda(t)}{dt} = R_b i_2(t) \tag{4}$$

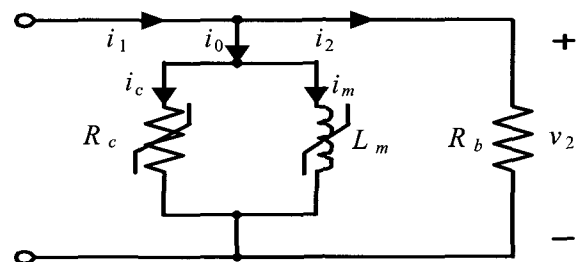
식 (4)를 적분하여 식 (5)와 같이 자속을 계산할 수 있다.

$$\lambda(t) - \lambda(t_0) = R_b \int_{t_0}^t i_2(t) dt \tag{5}$$

$\lambda(t_0)$ 는 t_0 에서 자속 초기값이며, 이를 구하는 방식은 참고문헌 [10]을 참고하였다. 계산한 자속을 그림 4의 자속-자화 전류 곡선에 대입하여, 자화 전류를 얻을 수 있다. 이 곡선의 면적은 대부분의 손실이 제거되었기 때문에 히스테리시스 루프보다 면적이 작다. 따라서 이 곡선을 사용하여 추정한 전류는 dc 성분이나 고조파가 포함되어 자속의 증감이 반복되는 경우에 히스테리시스 루프를 이용하여 추정된 전류보다 오차가 작게 된다.

이렇게 계산한 철손 전류와 자화 전류를 더하여 여자 전류를 구하고, 이를 측정된 2차 전류에 더해줌으로써 식 (6)과 같이 보상전류를 구한다.

$$i_2^*(t) = i_2(t) + i_0(t) \tag{6}$$



i_1, i_2, i_0 : 1차, 2차, 여자 전류, R_b : 2차 부담, v_2 : 2차 전압
 i_c, i_m : 철손, 자화 전류, R_c : 철손 저항, L_m : 자화 인덕턴스

그림 1 철심 변류기 등가 회로

Fig. 1 Equivalent circuit of the iron-cored CT

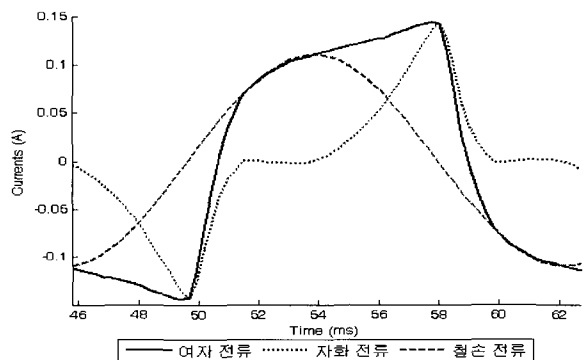


그림 2 여자 전류, 철손 전류, 자화 전류

Fig. 2 Exciting, core loss and magnetizing currents

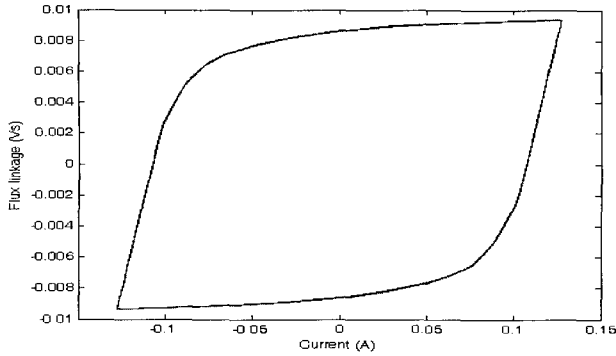


그림 3 히스테리시스 루프
Fig. 3 Hysteresis loop

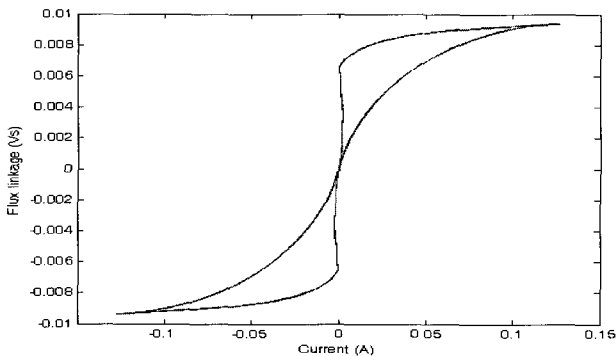


그림 4 자속-자화전류 곡선
Fig. 4 Flux linkage-magnetizing current curve

3. 사례 연구

3.1 모델 계통

제한한 측정용 철심 변류기 2차 전류 보상 알고리즘의 성능을 검증하기 위해 그림 5와 같은 154kV의 2모선 송전 계통을 EMTP를 사용하여 모의하였다. 계통 주파수는 60Hz이며, 주기 당 64샘플의 데이터를 사용했다. 저역통과 필터로는 컷오프 주파수가 1,920Hz인 중첩방지용 1차 RC필터를 사용했다.

P 모선쪽에 변류기를 모델링하였고, 히스테리시스 특성은 EMTP의 보조 프로그램인 HYSDAT을 이용하여 모의하였다[11]. 변류기의 포화점은 0.02Vs, 2.047A로 하였으며, 변류비는 100/5A로 가정하였다. 2차 부담으로는 순수 저항 부담을 사용하였고, 정격 부담인 12.5VA(0.5Ω)로 모의하였다.

사례 연구는 국제 규격인 IEC 60044-8[12]을 참고하였다. 표 1은 IEC 60044-8에서 정하고 있는 오차 제한 등급을 표시하였다. 오차 제한 등급을 만족하기 위해서는 정격전류의 120%, 100%, 20%, 5%의 모든 경우에서 전류 오차와 위상 오차를 동시에 만족해야 한다.

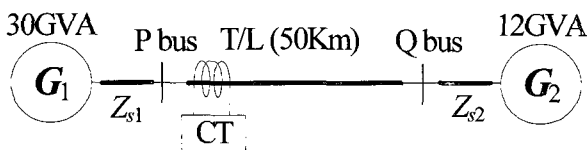


그림 5 모델 계통
Fig. 5 Model system

표 1 IEC 60044-8의 측정용 변류기 오차 제한 규정

Table 1 Limits of error for the measurement CT of IEC 60044-8

오차 등급	± 전류 오차(%)				± 위상 오차(분)			
	정격 전류의 5%	정격 전류의 20%	정격 전류의 100%	정격 전류의 120%	정격 전류의 5%	정격 전류의 20%	정격 전류의 100%	정격 전류의 120%
0.1	0.4	0.2	0.1	0.1	15	8	5	5
0.2	0.75	0.35	0.2	0.2	30	15	10	10
0.5	1.5	0.75	0.5	0.5	90	45	30	30
1.0	3.0	1.5	1.0	1.0	180	90	60	60

3.2 모의 사례

그림 6, 7, 8, 9는 각각 정격 전류의 120%, 100%, 20%, 5%인 경우의 결과를 나타내었다. 보상 알고리즘의 적용 결과를 명확히 확인하기 위하여 각각의 그림에서 확대한 그림을 추가 하였다. 각 그림의 a에는 변류비에 맞는 1차 전류, 측정된 2차 전류, 보상 전류를 나타내었으며, 실선은 1차 전류, 점선은 2차 전류, 파선은 보상 전류이다. 각 그림의 b에는 실제 여자 전류와 추정된 여자 전류를 나타내었으며, 실선은 실제 여자 전류, 점선은 추정된 여자 전류이다. 표 2는 각 사례에 대한 오차 제한 규정, 보상 알고리즘을 적용하지 않은 경우의 오차, 보상 알고리즘을 적용한 경우의 오차를 나타내었다.

3.2.1 사례 1: 정격전류의 120%

그림 6은 정격 전류의 120%인 경우의 결과를 나타내었다. 측정된 2차 전류와 1차 전류 사이에 큰 오차가 발생함을 알 수 있다. 하지만 제시한 방식으로 추정된 여자 전류는 실제 여자 전류와 거의 같아, 보상한 전류가 1차 전류와 거의 같음을 알 수 있으며, 표 2에서 보듯이 보상 전류의 오차는 매우 작게 나타났다.

3.2.2 사례 2: 정격전류

그림 7은 정격 전류인 경우의 결과를 나타내었다. 측정된 2차 전류와 1차 전류 사이의 오차가 사례 1보다 크게 발생하였다. 제시한 방식으로 추정된 여자 전류는 실제 여자 전류와 거의 같음을 알 수 있으며, 그 크기가 매우 작아 보상 전류와 1차 전류가 거의 같은 것을 확인 할 수 있다. 표 2에서 보는 바와 같이 보상 알고리즘을 적용한 경우의 오차는 매우 작게 나타났다.

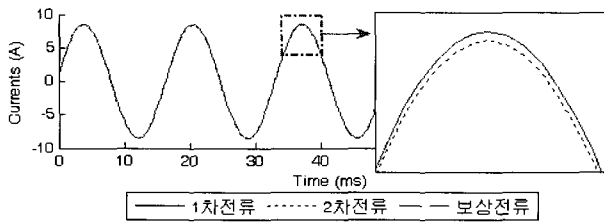
3.2.3 사례 3: 정격전류의 20%

그림 8은 정격전류의 20%인 경우의 결과를 나타내었다. 1차 전류와 2차 전류 사이에 위상오차가 사례 1, 2에 비해 크게 발생하는 것을 확인할 수 있다. 추정된 여자 전류는 실제 여자 전류는 거의 같음을 알 수 있으며, 보상 전류와 1차 전류가 유사하였다. 표 2에서 나타난 바와 같이, 보상 알고리즘을 적용한 경우의 전류오차는 사례 1, 2의 경우와 같이 0.01%이지만, 위상오차는 사례 1, 2에 비해 다소 큰 -1.8분이다. 하지만, 규정을 만족함을 알 수 있다.

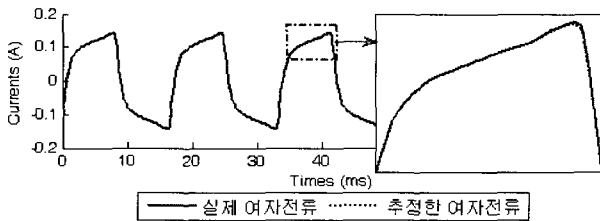
3.2.4 사례 4: 정격전류의 5%

그림 9는 정격 전류의 5%인 경우의 결과를 나타내었다. 2차 전류가 1차 전류에 비해 진상 전류이며, 다른 사례들에 비해 전류 오차와 위상 오차가 크게 발생하였다. 하지만 제시한 방식으로 추정한 여자 전류가 실제 여자 전류와 거의 같아서 보상 전류는 1차 전류와 거의 같음을 알 수 있고, 보상 알고리즘을 적용한 경우의 오차는 매우 작게 나타났다.

보상 알고리즘을 적용하지 않은 경우의 오차는 전류 오차와 위상 오차 모두 1.0급의 오차 제한 규정을 크게 초과하였다. 하지만 보상 알고리즘을 적용한 경우에는 0.1급의 오차 제한 규정을 만족하고 있어, 보상 알고리즘을 적용한 결과 정밀도가 크게 향상되었다.

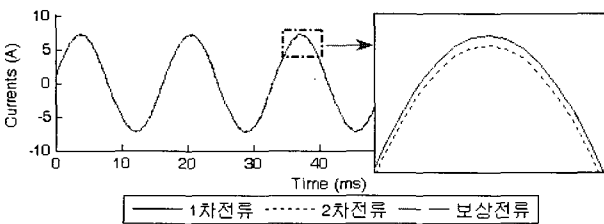


(a) 1차전류, 2차전류, 보상전류

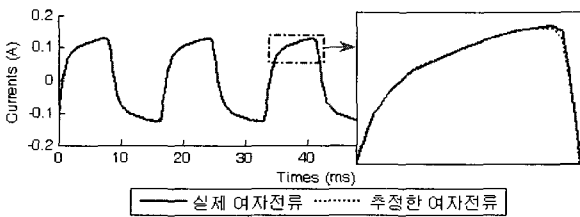


(b) 실제 여자 전류, 추정된 여자 전류

그림 6 사례 1의 결과
Fig. 6 Results of case 1

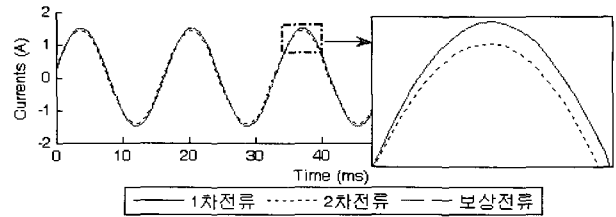


(a) 1차전류, 2차전류, 보상전류

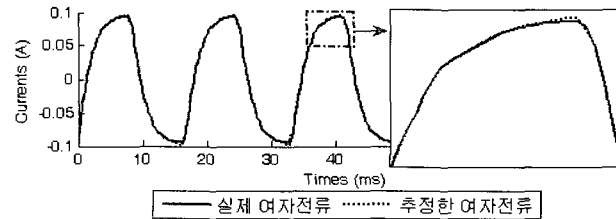


(b) 실제 여자 전류, 추정된 여자 전류

그림 7 사례 2의 결과
Fig. 7 Results of case 2

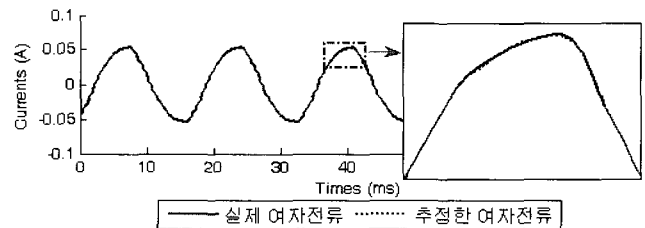


(a) 1차전류, 2차전류, 보상전류

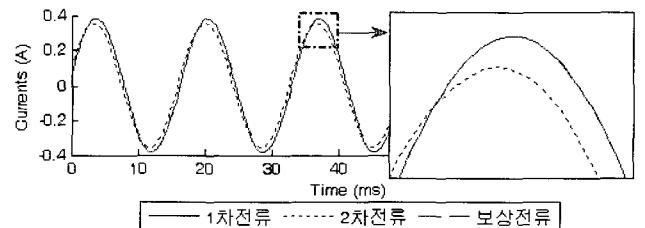


(b) 실제 여자 전류, 추정된 여자 전류

그림 8 사례 3의 결과
Fig. 8 Results of case 3



(a) 1차전류, 2차전류, 보상전류



(b) 실제 여자 전류, 추정된 여자 전류

그림 9 사례 4의 결과
Fig. 9 Results of case 4

표 2 보상 전류의 오차와 측정 전류의 오차
Table 2 Errors of uncompensated and compensated currents

	1.0급		0.1급		보상알고리즘 미적용 시		보상알고리즘 적용 시	
	전류 오차 (%)	위상 오차 (분)	전류 오차 (%)	위상 오차 (분)	전류 오차 (%)	위상 오차 (분)	전류 오차 (%)	위상 오차 (분)
사례 1	±1.0	±60	±0.1	±5	-1.5	30.3	0.01	0.5
사례 2	±1.0	±60	±0.1	±5	-1.78	33.9	0.01	0.61
사례 3	±1.5	±90	±0.2	±8	-5.1	178	0.01	-1.79
사례 4	±3.0	±180	±0.4	±15	-6.02	476	0.01	0.1

표 3은 국내 변류기 제작회사에서 사용 전압이 22.9kV인 경우, 100/5A의 예상 제작 단가와 코어 사이즈를 표시하였다. 1.0급의 정밀도를 가진 철심 변류기는 동 정밀도의 니켈 코어 변류기 보다 약 4.4배가량 코어의 사이즈가 증가하였으나, 가격은 2.7배 감소하였다. 코어의 투자율이 좋을수록 제작 단가가 증가하는 것을 알 수 있다. 0.2급의 니켈 코어 변류기인 경우 1.0급 니켈 코어 변류기보다 코어 사이즈가 약 4배가량 증가하였으며, 1.0급 철심 변류기는 제작이 가능하지만, 0.2급의 경우 중량 과다로 인하여 제작이 어려웠다. 1.0급의 변류기에 제안한 방식을 적용하여 고정밀도를 얻는다면 코어의 사이즈를 크게 감소시킬 수 있으며, 제작 단가 또한 크게 절감할 수 있다.

표 3 변류기 제작단가

Table 3 Costs of a current transformer

사용 전압	오차 등급	코어 재질	예상 가격(원)	코어사이즈(mm) (내경×외경×높이)	부담 (VA)
22.9kV	1.0	니켈	2,700,000	170×225×80	15
		철심	1,000,000	170×225×350	15
	0.2	니켈	10,200,000	170×225×330	15
		철심	-	제작불가	15

4. 결 론

본 논문에서는 히스테리시스 특성을 고려한 측정용 변류기 2차 전류 보상 알고리즘을 제안한다. 제안한 방식은 철손 저항과 2차 전류로부터 철손 전류를 계산하고, 계산된 자속과 자속-자화 전류 곡선을 이용하여 자화 전류를 계산한다. 이 두 전류를 더하여 여자 전류를 얻고, 이를 측정된 2차 전류에 더하여 보상 전류를 구하는 방식이다.

제안한 알고리즘의 성능을 EMTP를 사용하여 검증하였다. 정격 전류의 120%, 100%, 20%, 5%의 경우에 대해 보상 알고리즘의 성능을 검증한 결과, 보상 알고리즘을 적용하지 않은 경우의 오차는 1.0급을 초과한 반면, 보상 알고리즘을 적용한 경우의 오차는 0.1급을 만족하는 것으로 확인되었다.

제안한 방식을 사용하면 투자율이 낮은 코어를 사용하거나 크기가 작은 코어를 사용하더라도 측정용 변류기의 정확도를 현격하게 향상시킬 수 있다. 또한 투자율이 작은 코어나 크기가 작은 코어를 사용할 수 있으므로 제작 단가를 현격하게 감소시킬 수 있다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 우수연구센터 육성사업의 지원으로 수행되었음(차세대전력기술연구센터)

참 고 문 헌

- [1] S. H. Horowitz, and A. G. Phadke, "Power system Relaying," Research Studies Press Ltd, 1992.
- [2] IEEE C37.1101996, "IEEE guide for the application of current transformer used for protective relaying purposes," IEEE Std., December 1996.
- [3] D. A. Ward, and J. La T. Exon, "Using Rogowski coils for transient current measurements," IEE Engineering Science and Education Journal, Vol. 2, No. 3, pp. 105-113, June 1993.
- [4] K. E. Nalty, R. C. Zowarka, and L. D. Holland, "Instrumentation for EM launcher systems," IEEE Trans. Magnetics, Vol. 20, No. 2, pp. 328-331, March 1984.
- [5] Emerging Technology Working Group and Fiber Optic Sensors Working Group, "Optical current transducers for power systems: A Review," IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 9, No. 4, pp. 1778-1788, October 1994.
- [6] Y. Hasegawa, Y. Ichikawa, H. Katsukawa, N. Tanaka, and Y. Sakurai, "Development of a new type of optical transducer for measuring fault current," IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 9, No. 3, pp. 1245-1252, July 1994.
- [7] D. Slomovitz, "Electronic system for increasing the accuracy of in-service instrument-current transformers," IEEE Trans. Instrumentation and measurement, Vol. 52, No. 2, pp. 408-410, April 2003.
- [8] N. Locci, and C. Muscas, "A digital compensation method for improving current transformer accuracy," IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 15, No. 4, pp. 1104-1109, October 2000.
- [9] N. Locci, and C. Muscas, "Hysteresis and eddy currents compensation in current transformer," IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 16, No. 2, pp. 154-159, April 2001.
- [10] 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, January 1997.
- [11] M. Kezunovic, Lj. Kojovic, A. Abur, C. W. Fromen, D. R. Sevcik, and F. Phillips, "Experimental evaluation of EMTP-based current transformer models for protective relay transient study," IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 9, No. 1, pp. 405-413, January 1994.
- [12] International standard IEC 60044-8, "Instrument transformers - part 8: Electronic current transformers," IEC Std., July 2002.

저 자 소 개



강용철 (姜龍澈)

1964년 8월 2일생. 1991년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 현재, 전북대학교 전자정보공학부 부교수.

Tel : 063-270-2391

Fax : 063-270-2394

E-mail : yckang@chonbuk.ac.kr



장성일 (張成一)

1971년 8월 30일생. 1996년 강원대학교 전기공학과 졸업. 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2003년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 현재 전북대학교 대학원 전기공학과 BK21 연구교수

Tel : 063-270-2389

Fax : 063-270-2394

E-mail : sijang@chonbuk.ac.kr



소순홍 (蘇淳鴻)

1979년 7월 6일생. 2005년 전북대학교 전자정보공학부 졸업. 2005년~현재 전북대학교 대학원 전기공학과 석사과정

Tel : 063-270-2391

Fax : 063-270-2394

E-mail : ssh2033@chonbuk.ac.kr



김용균 (金容均)

1973년 7월 4일생. 1993년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 2005년~현재 한국IED Eng. 대표이사

Tel : 02-529-2113

Fax : 02-571-9207

E-mail : codacoda@hankookied.com



정태영 (鄭太英)

1982년 4월 17일생. 2004년 중국 절강대학교 전기공학과 졸업. 2006년 전북대학교 대학원 졸업(석사). 2006년~현재 동 대학원 전기공학과 박사과정

Tel : 063-270-2391

Fax : 063-270-2394

E-mail : huanxiong417@chonbuk.ac.kr