

고조파를 함유한 대용량 인버터의 전류측정용 2 단 변류기

97-29

박영태, 강전홍, 서진호*, 장석명*
한국표준과학연구원. * 충남대학교 전기공학과

2 Stage current transformer for the measurement current of inverter with harmonics

Y.T.Park, J.H.Gang, J.H.Seo*, S.M.Jang*
KRISS. * Chung Nam University.

Abstract - An electronic technique which greatly compensates the magnetizing current of the magnetic core of a current transformer which can measure a current with harmonics, is described.

여 발생되는 측정오차를 줄이기 위하여 3 개의 코어를 사용하고 전자보상회로 및 첨두감지회로를 부가한 변류기를 설계 제작하였다. 그리고 특수한 방법의 전기자기 차폐막을 사용하여 성능을 향상시켰다.

1. 서 론

계기용 변류기는 전류계측 시스템에서 부하에 흐르는 대전류를 취급이 용이한 저전류로 바꾸어 주는 변압기의 일종이다. 여기에서 대전류를 저전류로 변환될 때 1차전류의 일부분은 자성체 코어를 여자시키는데 필요하게 되어 2차전류는 1차에 공급된 양에 비례한 값으로 출력되어지지 않는다.

변류기의 오차 원인은 대부분 여자전류와 정전용량에 의한 전류 때문인 것으로 알려져 있다. 낮은 주파수에서는 여자전류에 의해서 오차가 발생되고, 높은 주파수에서는 정전용량 전류에 의해서 발생된다. 여자전류를 줄이기 위하여 투자율이 크고 면적이 큰 자성재료의 코어를 사용하거나 권선 수를 많이 사용하면 된다.

그러나 이 경우 권선면적과 정전용량을 증가시켜 정전용량에 의한 전류가 흐르게 되고 코일에 의하여 발생되는 전압이 증가하여 오차를 크게 발생시킨다. 특히 고조파가 포함된 경우 정전용량 전류는 위상변화를 일으켜서 측정오차를 일으키는 주요한 원인이 되기도 한다.

여자전류와 정전용량 전류에 의한 문제를 해결하기 위하여 2단 코어를 사용한 변류기[1,2], 일반 변류기에 전자보상을 사용한 변류기[3,4], 2단 코어와 함께 전자보상을 사용한 변류기[5-7]들이 개발되었다. 이러한 변류기는 일반 전력주파수인 60 Hz에서 높은 정확도를 가지지만 인버터를 사용할 때 출력되는 고조파 함유 전류를 측정할 경우 그 정확도가 떨어지는 문제를 가지고 있다.

본 연구에서는 여자전류에 의한 2차측 출력전류의 감소를 개선하고 고조파가 포함된 전류에 의하

2. 계기용 변류기의 원리

2.1 트로이델 변류기

트로이델 형태의 계기용변류기의 원리를 그림 1에 나타내었다.

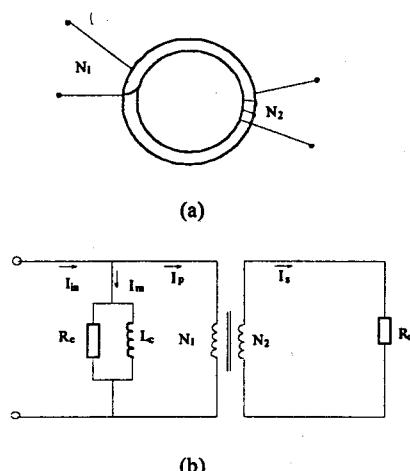


그림 1. 트로이델 형태의 계기용변류기

그림에서 코어분로손실저항 R_e 와 코어분로손실인덕턴스 L_c 에 의해 여자전류 I_m 이 흐르게 되어 손실을 발생시키게 된다. 따라서 부하저항 R_o 양단에 걸리는 전압 V 는[3]

$$V = \frac{N_1 R_o I_m}{N_2 k} \quad (1-1)$$

여기서 $k = 1 + \frac{R_o}{Z_e}$ 로 나타내며 Z_e 는 권선임피던스

를 나타낸다. 식(1-1)에 나타낸 바와 같이 변류기의 2차측은 1차에 비례한 값을 가지지 못한다.

2.2 2단 변류기

일반 변류기의 문제점을 개선하기 위하여 코어 3개를 사용하여 2단 변류기를 제작하였다. 그림 2(a)는 2단 변류기의 구조를 나타내었고 그림 2(b)는 동작원리를 설명하기 위한 전기적 등가회로를 나타내었다.

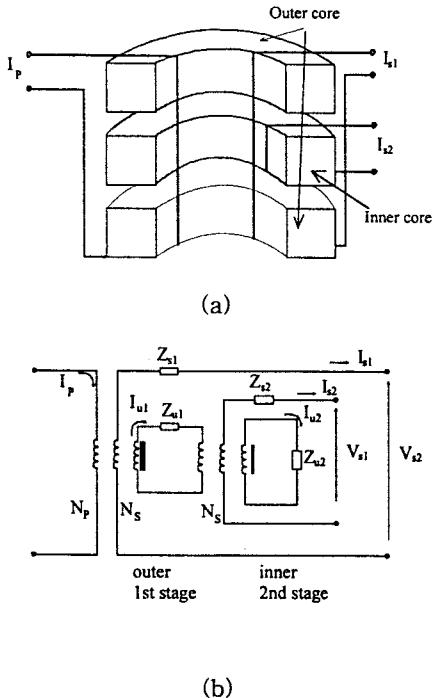


그림 2. 2단 변류기 (a) 구조, (b) 전기등가회로

2단 변류기는 그림 2(a)와 같이 3개의 코어를 사용하는데, 2차코일이 감기는 내부코어의 코일 권선 수를 N_s 로 나타내고, 같은 수의 코일 권선을 내부 코어와 외부코어 위에 겹쳐서 감는다.

1차코일의 권선 수 N_p 도 내부와 외부코어 위에 감는다. 이렇게 하므로써 자기와 캐페시티브 오차는 무시될 수 있다. 그림 2(b)에 나타낸 전기적 등가회로의 해석을 통하여 오차 발생의 요소와 개선을 위한 파라메타들을 얻을 수 있다.

1차와 2차에 대한 자기력을 기본으로 한 자기회로에 대한 방정식을 세우면 다음과 같다.

$$N_p I_p = N_s (I_{s1} + I_{u1}) \quad (1-2)$$

$$N_p I_p - N_s I_{s1} = N_s (I_{s2} + I_{u2}) \quad (1-3)$$

2개의 2차회로에 대한 방정식을 사용하면 다음과

같이 표현된다.

$$V_{s1} = Z_{u1} I_{u1} + Z_{u2} I_{u2} - Z_{s1} I_{s1} \quad (1-4)$$

$$V_{s2} = Z_{u2} I_{u2} - Z_{s2} I_{s2} \quad (1-5)$$

만약 식(1-4),(1-5)를 정리하고 높은 차수의 항을 무시한다면

$$I_{s1} + I_{s2} = \frac{N_p I_p}{N_s} \left(1 - \frac{Z_{s1} Z_{s2}}{Z_{u1} Z_{u2}} \right) - V_{s1} \frac{Z_{s2}}{Z_{u1} Z_{u2}} - \frac{V_{s2}}{Z_{u2}} \quad (1-6)$$

으로 표현되고 다음과 같이 오차 ϵ 를 정의 한다.

$$\epsilon = \frac{N_s (I_{s1} + I_{s2})}{N_p I_p} - 1 \quad (1-7)$$

따라서 ϵ 는

$$\epsilon = - \frac{Z_{s1} Z_{s2}}{Z_{u1} Z_{u2}} - \frac{V_{s1}}{I_s} \frac{Z_{s2}}{Z_{u1} Z_{u2}} - \frac{V_{s2}}{I_s} \frac{1}{Z_{u2}} \quad (1-8)$$

로 나타낸다 여기서

V_{s1}, V_{s2} ; 1차, 2차권선의 출력전압

$I_s = I_{s1} + I_{s2}$

Z_{u1}, Z_{u2} ; 코어의 자기임피던스

Z_{s1} ; 외부 2차권선의 누설임피던스

Z_{s2} ; 내부 2차권선의 누설임피던스

이며 양 2차코일이 쇼트회로가 되면 $V_{s1} = V_{s2} = 0$ 가 된다. 이때 ϵ 는

$$\epsilon = - \frac{Z_{s1} Z_{s2}}{Z_{u1} Z_{u2}} \quad (1-9)$$

로 나타내고, 만약 양 2차코일이 부하 Z_B 에 공통으로 연결되어 있다면, $\frac{V_{s1}}{I_s} = \frac{V_{s2}}{I_s} = Z_B$ 의 관계를 사용하여 ϵ 는

$$\epsilon = - \frac{Z_{s1} Z_{s2}}{Z_{u1} Z_{u2}} - Z_B \left(\frac{Z_{s2}}{Z_{u1} Z_{u2}} + \frac{1}{Z_{u2}} \right) \quad (1-10)$$

로 표현된다. 이러한 결과에 의하면 일반 변류기에 비해 2단 변류기가 우수하지만 오차는 사용되는 코어재질의 특성과 코일 권선에 의한 임피던스, 그리고 부하의 크기에 비례함을 알 수 있다.

따라서 이러한 문제점을 개선하고 고조파가 함유

된 전류측정에 사용할 전자 보상형 2단 변류기를 제작하였다.

3. 2단 변류기의 제작 및 실험

고조파가 함유된 전류측정 정밀도를 향상시키기 위하여 그림 2(b)에 나타낸 2단 변류기에 전자회로를 부가하여 그림 3과 같이 제작하였다.

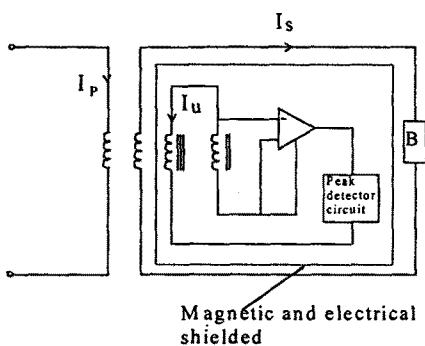
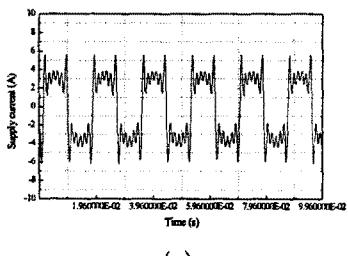


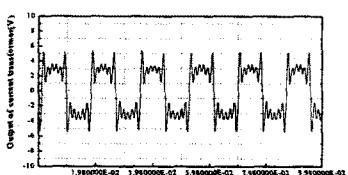
그림 3. 전자회로를 부가한 2단 변류기의 전기적 등가회로

그림에 나타낸 점선은 정전차폐와 자기차폐를 사용한 내부코어와 코일을 나타내었다. 내부의 권선 수는 동일하게 감았으며 트로이델 모양의 속이 파진 코어를 사용하였다. 1차와 2차 사이의 권선은 차폐된 코어 위에 설치하였다.

제한증폭기는 항상 일정 부하전압을 가질 수 있도록 자화전류를 공급하게 하므로써 1차 공급전류에 비례하는 2차전압을 얻도록 하였다.



(a)



(b)

그림 4. (a) 분류기에 공급한 전류파형
(b) 분류기 출력전압파형

그림 4(a)는 변류기의 고조파를 포함하는 임의의 전류(5 A)를 공급하고 변류기 출력에 나타나는 파형을 그림 4(b)에 나타내었다.

결과에 의하면 변류기의 출력에 나타나는 전압은 입력전류파형과 같음을 알 수 있다. 따라서 제작한 변류기는 고조파에 의한 감쇄가 없으며 인버터와 같이 고조파를 포함하는 전류의 정밀측정 소자로 활용하면 측정의 정밀도를 높일 수 있다.

4. 결 론

여자전류에 의한 2차측 출력전류의 감소를 개선하고 고조파가 포함된 전류에 의하여 발생되는 측정오차를 줄이기 위하여 3 개의 코어를 사용하고 전자보상회로 및 첨두감지회로를 부가한 변류기를 설계 제작하였다. 그리고 특수한 방법의 전기자기 차폐막을 사용하여 성능을 향상시켰다.

[참 고 문 헌]

- [1] H.B.Brooks and F.C.Holtz, "The two-stage current transformer", AIEE Trans., vol.41, pp.382-391, 1922
- [2] T.M.Souders, "Wide-band two-stage current transformers of high accuracy", IEEE Trans. Instrum., vol.1M-21, no.4, pp.340-345, 1972
- [3] 박영태, 장석명, "정밀급 전력트랜스듀서 개발을 위한 전자보상형 변류기에 관한 연구", 전기학회, 44권, 7호, 948-953, 1995
- [4] G.E.Beard, "Single-stage amplifier-aided current transformers processing small ratio errors at 60 Hz", IEEE Trans. Instrum., vol.1M-28, no.2, pp.141-146, 1979
- [5] P.N.Miljanic, E.So and W.J.M.Moore, "An electronically enhanced magnetic core for current transformers", IEEE Trans. Instrum. Meas., vol.40, no.2, pp.410-414, 1991
- [6] E.So, S.Ren and A.Bennett, "High-current high precision openable-core ac and ac/dc current transformers", IEEE Trans. Instrum. Meas., vol.42, no.2, pp.571-576, 1993
- [7] D.Slomovitz, "Electronic compensation of voltage transformers", IEEE Trans. Instrum. Meas., vol.37, no.4, pp.652-654, 1988