

170kV GIS용 Rogowski coil형 CT개발

정영환*, 김정배, 송원표, 김덕수
(주)효성 중공업연구소

Development of Rogowski-Coil Type CT for Application in 170kV GIS

Y. H. Chung*, J. B. Kim, W. P. Song, and D. S. Kim
Hyosung corporation

Abstract - Traditionally, instrument transformer of the ferromagnetic core type have been used for measuring current in GIS(Gas Insulated Switchgear). Recently, with the introduction of digital technology at the protection relay or measurement device level, the use of new current sensor can be foreseen. Current measurement by means of Rogowski coil is just one illustration of this. This paper describes the progress of development of Rogowski-coil type CT for application in 170kV GIS.

1. 서 론

오랫동안 GIS의 계기용 변류기로서 철심형CT가 사용되고 있다. 계기용 변류기는 주회로의 대전류를 특정비의 저전류로 변환하여 전류를 감시하는 역할을 담당하고 있으며, 과전류를 감시하는 계전기용과 정상전류를 감시하는 계측기용으로 나뉜다.

최근 변전소의 디지털화와 철심형CT의 단점들이 부각되면서 로고스키코일형CT가 그 자리를 대체할 수 있는 변류기로 등장하고 있다^[1-3]. 이러한 시도가 이루어지는 가장 큰 이유는 기존의 철심형CT가 포화특성을 가지는데 반해 로고스키코일형CT는 공심형으로서 전 영역에 대해 선형적인 출력특성을 나타내어, 계전기용과 계측기용으로 나뉘어 함께 사용되어 오던 철심형CT를 단 한개의 로고스키코일형CT로 대체할 수 있다는 점이라고 할 수 있다. 따라서 로고스키코일형CT로 대체할 경우 GIS의 소형·경량화를 도모할 수 있으며, 철심형CT와 달리 전압출력제어를 통해 디지털 전력계통 운영에 적합한 계기용 변류기의 디지털화를 이룰 수 있다.

본 논문에서는 170kV 50kA 2000A용 GIS의 철심형CT를 대체하기 위한 로고스키코일형CT의 개발과 관련하여 현재까지의 진행상황을 서술하였다.

2. 본 론

2.1 이론적 배경

그림 1과 같이, 로고스키코일형 CT는 크게 두 부분으로 하나는 로고스키코일이고, 다른 하나는 적분기이다. 먼저, 로고스키코일은 시변전류를 측정하는 센서로서, 로고스키코일에 유기되는 전압은 코일창을 관통하는 전류와 코일간의 상호인덕턴스와 전류의 시간변화에 비례하며, 다음식으로 표현할 수 있다.

$$E = M \frac{dI}{dt} \tag{1}$$

E : 로고스키코일에 유기되는 전압 (V)

M : 상호인덕턴스 [H]

측정전류가 정현파이면, 로고스키코일 출력전압과 전류사이에는 다음식이 성립한다.

$$E = \omega MI \tag{2}$$

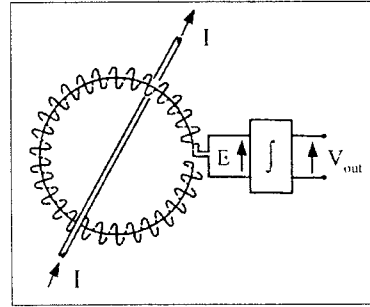


그림 1. 로고스키코일의 기본구성

코일의 출력전압은 측정전류의 미분값이므로, 전류로 환산하기 위해서는 출력전압을 적분해주어야 한다. 본 시험에서 사용된 적분기는 active형 적분기로서, 일반적인 회로는 그림2와 같다.

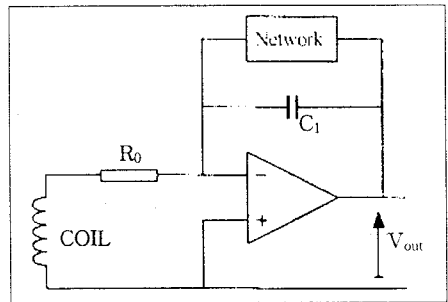


그림 2. Active형 적분기

Active형 적분기의 이득(Gain)은 다음 식으로 표현된다.

$$G = \frac{1}{2\pi f C_1 R_0} \tag{3}$$

따라서, 로고스키코일형 CT의 전체 이득 K는 다음식과 같다.

$$K = \frac{M}{C_1 R_0} \tag{4}$$

결국,

$$V_{out} = KI \tag{5}$$

로 얻어진다.

2.2 설계·제작

표 1은 제작된 로고스키코일의 사양이다. 두께, 권선수, 단면적이 동일한 상태에서 내·외경만 달리하여 두 가지 형태로 제작하였다.

	내경 [mm]	외경 [mm]
H01	314	336
H02	345	367

표 1

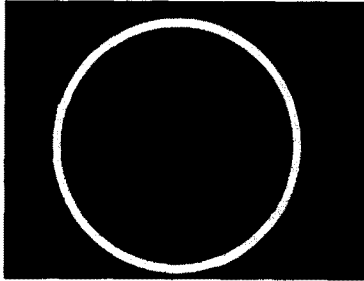


그림 3. Prototype 로고스키코일

표 1과 같은 사양에 대해 로고스키코일 출력을 계산하였다. 계산결과는 그림 5에 나타내었다. 계산에 사용된 상호인덕턴스 계산식은 다음 식을 사용하였다⁽⁴⁾.

$$M = \frac{\mu_0}{2\pi} NH \ln \frac{r_o}{r_i} \quad (6)$$

μ_0 : $4\pi \times 10^{-7}$ [H/m], N : 권선수, H : 두께
 r_o : 외반경, r_i : 내반경

적분회로는 active형 적분기의 형태로 구성하였으며, PSPICE를 사용하여 시뮬레이션 후, 적합한 R_0 , C_1 값을 선정하였다.

2.3 특성시험 및 결과

특성시험은 당사에 구축한 간이합성시험설비를 이용하여 최소 10kAp부터 최대 87.5kAp까지 전류를 흘려선트(Shunt)출력과 비교하였다. 그림 4에 시험장면을 나타내었다.



그림 4

먼저, 로고스키코일의 상호인덕턴스를 알아보기 위하여 로고스키코일만의 출력을 측정하였다. 측정결과를 그림 5에 나타내었다.

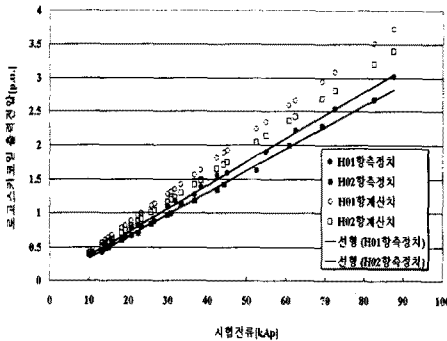


그림 5

그림 5의 결과를 통해, 측정치에 의한 로고스키코일 출력이 계산치보다 적게 나오고 있음을 알았다. 이 문제를 해결하기 위해 역으로 상호인덕턴스를 구하였다. 그 결과는 그림 6에 나타내었다.

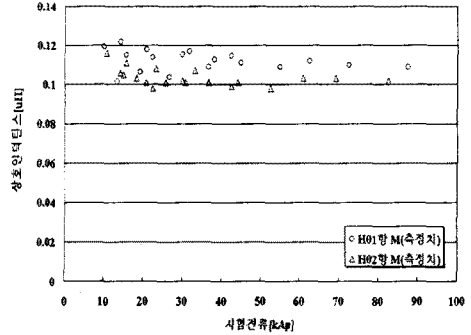


그림 6

그림 6에서 얻은 시험측정에 의한 평균 상호 인덕턴스와 계산치를 비교하면, 약 1.18~1.19배 계산치가 높게 책정되었음을 알았다.

	측정치	계산치
H01	0.112 μ H	0.134 μ H
H02	0.103 μ H	0.122 μ H

표 2

식(6)이외에 제안되고 있는 많은 상호인덕턴스 계산식은 실제측정값과 약간의 차이가 있다는 기존 사실을 다시 한번 확인한 결과이다.

그림 7은 로고스키코일(H01)에 적분기를 연결하여 측정한 결과이다. 측정전류는 1kA~75kA에 대해 실시하였다.

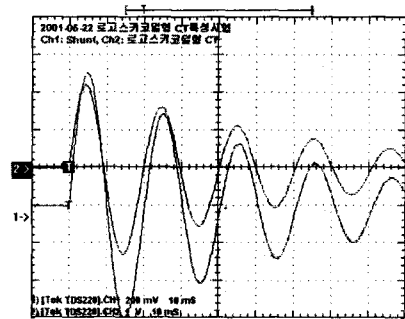


그림 7

시험에서 얻어진 결과를 그림 8에 그래프로 정리하였다.

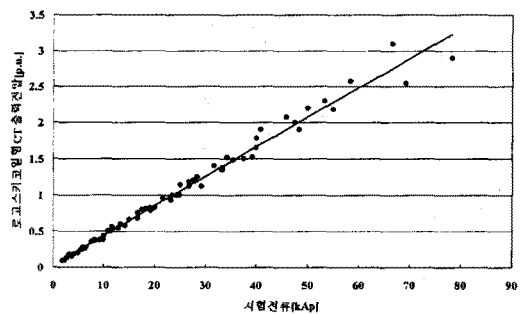


그림 8

그림 8의 결과로부터, 본 시스템의 응답특성은 다음식으로 표현할 수 있다.

$$V [V] = 0.0408 I [kA] + 0.0368 \quad (7)$$

3. 결 론

본 연구에서는 170kV GIS의 철심형CT를 대체하기 위한 로고스키코일형 CT를 개발하기 위해, Prototype의 로고스키코일과 적분기를 설계·제작하여 특성시험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 로고스키코일만의 출력전압은 전류에 비례하는 특성을 확인할 수 있었으며, 계산치와는 약간의 차이가 있으나, 여러 논문에서 발표된 상호인덕턴스 표현식이 다른 점을 감안할때, 충분히 근사한 값이라고 여겨진다.

(2) 로고스키코일에 적분기를 연결하여 측정된 출력은 마찬가지로 전류에 비례하지만, 한전규격 및 국제규격의 오차등급을 만족시키지는 못하였다. 이러한 오차가 발생하는 이유로는 적분기의 주파수 동작특성이 양호하지 않은 것으로 판단된다.

향후, 적분기의 보안을 위한 충분한 검토가 뒤따라야 할 것이며, 로고스키코일형 CT의 주파수특성등에 대해서도 추가적인 연구를 실시할 예정이다.

(참 고 문 헌)

- [1] P.Mähönen, M.Moisio, T.Hakola, H.Kuisti, "The Rogowski Coil and the Voltage Divider in Power System Protection and Motoring", CIGRE 1996
- [2] A.Kaczkowski, W.Knoth, "Combined Sensors for Current and Voltage are ready for Application in GIS", CIGRE 1998
- [3] Y.Doin, M.Durand-laurent, S.Gens, J.C.Leroy, G.Triay, G.Thomasset, "Compact Substation : a Comprehensive Solution", CIGRE 2000
- [4] E.Thuries, J.P.Dupraz, C.Baudart, J.P.Gris, "Contribution of Digital Signal Processing in the Field of Current Transformers", CIGRE 1996