

EMTP를 이용한 전자식 CT, PT의 시뮬레이션 특성 분석

신중은, 김재철, 송승엽, 권영목, 김언석*, 추동욱**
 송실대학교, 한국전기연구원*, 경문대학**

The Analysis for the Simulational Characteristics of the Electronic CT & PT using EMTP

Jung-Eun Shin, Jae-Chul Kim, Seung-Youp Song, Young-mok Kwon, On-Suk Kim*, Dong-Wook Choo**
 Soongsil University, KERI*, Kyungmoon college**

Abstract - Generally, instrument transformer of the core type have been used for measuring current. Because instrument transformer has defects, electronic instrument was appeared. This paper is introduced a basic concept and thoery of electronic instrument and described the the simulation of core type CT and no saturation CT. The evaluation of CT models implemented using EMTP(Electro Magnetic Transients Program) was carried out. The result of comparison both core type CT and no saturation CT are presented.

1. 서 론

오랫동안 계기용 변류기로서, 철심형 CT가 주로 사용되어 왔다. 철심형 CT는 제작이 매우 용이하고, 일차측 전류의 변환이 간단하다는 점에서 쉽게 적용되었다. 계기용 변류기는 주회로의 대전류를 특정비의 저전류로 변환하여 전류를 감시하는 감시용이나 계측용으로 이용된다. 과전류를 감시하는 계전기용과 정상 전류를 감시하는 계측용으로 나뉜다.

변전소 시스템이 디지털화 되면서, 사고 발생시 전력 설비에 나타나는 과도 상태의 전압, 전류 파형을 왜곡과 지연 없이 디지털 처리부에 전달해 주어야만 하기 때문에 넓은 범위에서 우수한 선형성을 갖는 갖는 전류 변성기, 전압 변성기를 사용하여야 한다. 철심형 CT는 이러한 디지털 변전소에 적용하는데 있어서 많은 단점들이 부각되고 있다. 기존의 철심형 CT는 코어를 가지므로 포화특성이 있고, 특정 범위에 따라 크기가 커지는 단점 등이 있다. 이러한 단점들을 보완하기 위해 대체 할 수 있는 전자식 전류 변성기(Electronic Current Transformer)가 등장하게 되었다. 전자식 전류 변성기는 저전력 변류기와 로고스키형 변류기등이 있다. 이 중에서 로고스키 코일형 변류기가 대표적으로 사용된다. 로고스키 코일형 변류기는 공심 형태로써 코어를 제거한 형태이기 때문에, 포화 특성이 없어 선형성이 좋으며, 필요한 위치에 따라서 크기를 조절할 수 있으며, 계측기용과 계전기용으로 나누어져 있던 기존 CT와는 달리, 하나의 로고스키 코일 변류기로서 그 역할을 대신할 수 있다. 전자식 전압 변성기는 저항분배기, 저항-커패시터 분배기등이 있으며, 저항 분배기가 대표적으로 사용된다.[1] 전자식 전압 변성기도 기존의 변성기와 달리 선형성이 좋으며, 작고 가볍다. 또한 철공진도 일으키지 않는다.

전자식 CT와 PT의 출력이 낮은 전압이기 때문에 기존의 코어 CT와 PT와 달리, 이 신호들을 2차변환기를 거치지 않고 통합 장치(Merging unit)를 이용하여 통합한후 계전기의 입력부로 입력하여 계전기를 동작시킨다.

본 논문에서는 전자식 변성기의 기본 이론을 간단히 소개하였으며, 시뮬레이션을 통하여 출력 결과를 확인하였다. 그리고 통합 장치를 이용하여 디지털 계전기의 입력부에 입력하기 위한 내용들을 소개하였다.

2. 본 론

2.1 전자식 변성기 기본 개념

여러 가지의 전류 센싱 기술들이 있지만 표2에서 보듯이 로고스키 코일을 이용한 전자식 CT가 이점들을 많이 가지고 있다.

전자식 변성기는 기존의 코어 타입의 변성기와는 다른 개념이다. 여러 가지의 차이점이 있지만 표1에서 보듯이 가장 큰 차이점은 출력 신호의 크기와 2차측의 부담이다. 코어 타입 변성기에서 부담은 변성기가 출력할 수 있는 용량을 의미하게 된다. 그러나 전자식 변성기에서의 부담은 2차측에 연결될 전기기의 최저 입력임피던스를 의미하게 된다.

표 1. 코어 타입 변성기와 전자식 변성기의 비교

구 분		출 령	부 담
코어타입 변성기	CT	1, 5[A]	15, 40[VA]
	PT	63.5, 110[V]	100, 200[VA]
전자식 변성기	CT	225, 150, 200, 22[mV], 4[V]	저항단위[Ω]
	PT	1.625, 2, 3.25, 4, 6[V]	저항단위[Ω]

표 2. 여러 가지 전류 센싱 기술 비교

전류 센싱 기술	저저항 current shunt	current transformer	hall effect sensor	rogowski coil
비용	매우 낮음	중간	높음	낮음
측정범위 선형성	매우 좋음	적당	나쁨	매우 좋음
높은 전류 측정 능력	매우 나쁨	좋음	좋음	매우 좋음
전력 손실	높음	낮음	중간	낮음
포화 문제	없음	있음	없음	있음
온도에따른 출력변화	중간	낮음	높음	매우 낮음
DC offset	있음	없음	있음	없음

2.2 전자식 변성기 기본 이론

2.2.1 전자식 전류 변성기

전자식 전류 변성기는 저전력 CT와 로고스키 코일형 CT가 있으나, 선형성이 우수한 로고스키 코일형이 많이 쓰인다. 로고스키 코일형 CT는 그림1과 같이 비자성체 코어에 균일하게 감은 코일로 이루어진다. 그로 인해 포화가 일어나지 않으며 자기이력현상에 제약을 받지 않고 동작하는 것을 의미한다. 결과적으로 로고스키 코일은 정상상태 동작 특성과 과도 응답 특성이 우수하다.[5] 로

로그스키 코일은 전류가 흐르는 도체에 가까이에서 있을 수 있는 외부 자계의 영향을 줄이기 위하여 코일과 전기적으로 반대방향으로 연결된 와이어 루프가 있어야만 한다. 이것을 리턴코일이라고 하며, 로그스키 코일의 루프 바깥에서 오는 모든 전계를 상쇄시키는 역할을 한다. 이러한 리턴 코일은 그림과 같이 권선의 중앙을 통하는 와이어를 되돌리거나 이미 와이어가 있는 것에 반대방향으로 부가적인 권선을 감음으로써 만들 수 있다.[2]

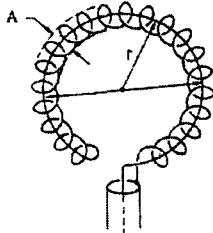


그림 1. 전자식 전류 변성기

로그스키 코일에 유기되는 전압은 다음과 같다.

$$e = M \frac{di}{dt} \quad (1)$$

윗 식에서 상호인덕턴스 식은 아래와 같다.

$$M = \frac{\mu_0}{2\pi} N A \ln \frac{r_0}{r_i} \quad (2)$$

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ [H/m], N = 턴수, A = 두께,

r_0 = 코일 외반경, r_i = 코일 내반경

코일은 출력이 전압이기 때문에 전류값을 얻기 위해서는 출력 전압을 적분해야 한다. 적분기는 저항과 커패시터로 구성된 수동형과 op-amp를 이용한 능동형이 있다. 코일의 출력 특성, 주파수 대역폭, 측정 전류의 시정수 등의 요소들이 적분기 설계에 있어서 중요한 요소이다. 일반적으로 코일의 출력값이 작기 때문에 능동 적분기를 사용한다. 로그스키 코일의 주파수 응답 특성은 설계에 따라 달라 질 수 있지만, 수Hz에서 100kHz까지 측정이 가능하다.

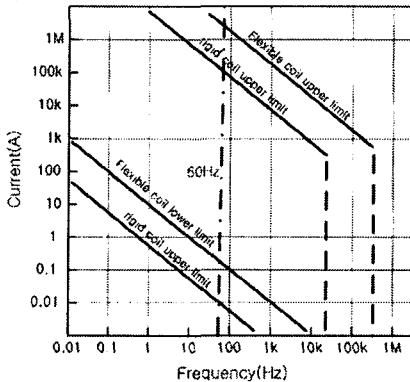


그림 2. 로그스키 코일 주파수 범위

그림2에서 보느냐와 같이 같은 주파수에서 작은 전류는 flexible coil보다 rigid coil을 사용하여 측정할 수 있고, 반대로 같은 주파수에서 큰 전류를 측정할 때는 rigid coil보다는 flexible coil을 이용하여 전류를 측정하

는 것이 좋다. 일반적으로 flexible coil이 많이 사용되지만 정확도에 있어서 rigid coil이 더 정확하다.

2.2.2 전자식 전압 변성기

전자식 전압 변성기는 전압을 측정하는 센서로서 저항 분배기와 저항-커패시터 분배기 등이 있다. 저항분배기의 기본 원리는 아래 그림과 같다.

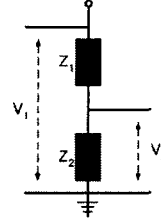


그림 3. 전자식 전압 변성기

$$V_2 = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} V_1 \quad (3)$$

저항분배기는 일차측의 높은 전압을 2차측의 낮은 전압으로 변환하는 것이다. 같은 전압을 측정하더라도 저항값과 비율을 고려하여 선정해야 한다. 저항분배기는 모든 정상적인 상황이나 고장 상황에 대하여 충분히 견딜 수 있어야 하며, 이는 매우 높은 저항을 사용하여야 한다는 것을 의미한다. 측정의 정확도를 위하여 저항과 정확한 전압 분배 비율이 중요하다. 또한, 온도계수, 표류 커패시턴스, 누화(cross talk)등에 의해서도 정확도에 영향을 받는다. 저항분배기의 주파수 응답 특성은 임피던스 레벨이 높기 때문에 로그스키 코일만큼 범위가 넓지는 않지만, 수 kHz이상의 주파수까지 측정할 수 있다.

2.3 EMTP 시뮬레이션

기존 코어타입과는 다른 전자식 변성기의 특성을 알아보기 위해서 EMTP를 사용하여 시뮬레이션 하였다. 일반 코어타입 CT와 비교하기 위하여 코어타입 CT도 모델링을 하였다. 다음 그림에 간단한 345[kV] 모델 계통을 나타내었다. 전원주파수는 60[Hz]이고, 모선 1과 모선 2는 1회선 40[km]의 송전선으로 연결하였다. CT는 모선 1에 설치하여 1차전류와 2차전류를 얻었다. 모선1에서 2[km]지점에서 A상 지락사고를 모의하여 사고전류를 얻었다. 또한, 변류기의 철심 포화특성 및 히스테리시스 특성까지 표현할 수 있는 비선형 소자인 Type-96 소자를 사용하였다. 보조루틴인 HYSDAT을 이용하여 Type-96 소자에 이용할 데이터를 구하였다.[3],[4]

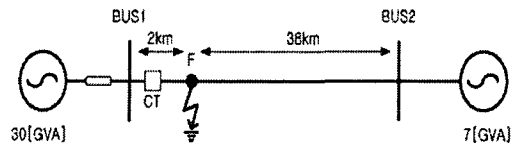


그림 4. 모델 계통

2.4 시뮬레이션 결과

본 논문에서는 기존 코어 타입의 CT와 새로이 등장한 전자식 CT의 모델링을 통해 선형성을 보이고자 하였다. 그림 5는 선형성을 보이는 전자식 CT의 V-I 곡선을 이용하여 시뮬레이션시에 V, I값들을 입력하여 시뮬레이션

한 것이다. 코어의 포화 특성의 영향이 없이 고장전류에 대한 2차전류가 선형적인 특성을 보이고 있다. 그림 6는 고장시 기존 코어 타입 CT의 고장전류와 CT 2차측의 전류를 나타낸다. 2차 전류는 스케일을 맞추기 위해 확대하였다. 2차전류가 철심 코어의 포화 특성에 의해서 왜곡되는 것을 볼수 있다. 신호가 왜곡되면 계전기의 오 동작등의 문제를 발생시킬 수 있기 때문에 포화되지 않고 선형성이 좋은 전자식 CT가 사용되고 있으며, 앞으로 그 사용이 증가할 것이다.

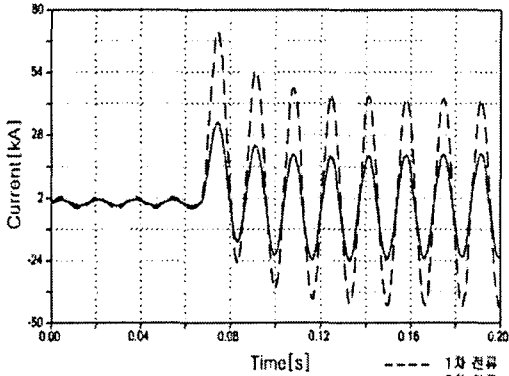


그림 5. 포화 특성을 고려하지 않은 CT 모델

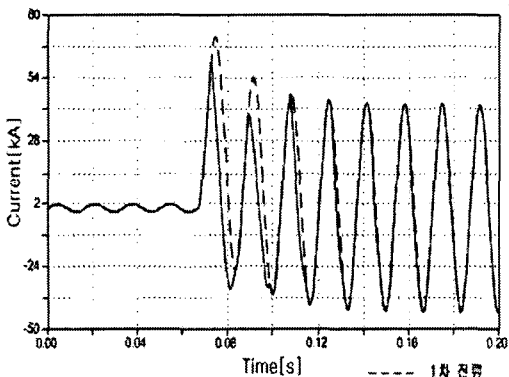


그림 6. 코어 타입 CT 모델

아래 그림은 pulsa(전류공급장치)를 이용하여 1차에 전류를 흘리고, 전자식 변류기를 이용하여 2차에서 출력되는 전압을 멀티미터를 이용하여 측정한다. 보통 사고가 일어나면 큰 전류가 흐르게 된다. 낮은 전류값만 실험을 했지만 전류가 많이 흐르더라도 선형성을 유지할 것이다. 이러한 특성으로 인해 정확한 신호를 계전기에 보내줄수 있다.

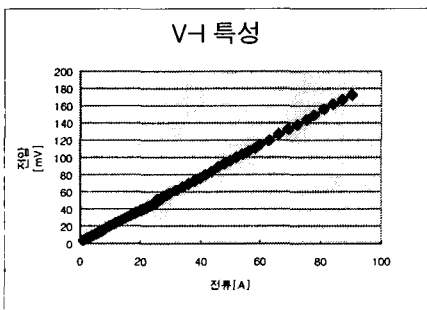


그림 7. 전자식 CT의 전압-전류 특성

2.5 전자식 변성기 2차측 통합 시스템

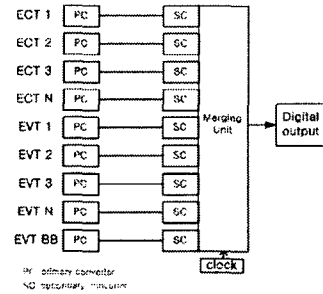


그림 8. 디지털 출력을 위한 전자식 변성기 조합

그림 8은 전자식 변성기의 출력을 디지털 계전기에 보내기 위한 디지털 출력으로 만드는 시스템의 블록 다이어그램이다.

9개의 2차변환기 데이터들을 하나의 병합장치(MU)를 이용하여 그룹화한다. 하나의 데이터 채널은 계기용 전자식 변류기나 전자식 변압기로부터의 하나의 샘플링된 측정값을 전송한다. 이 측정된 신호를 2차장치에 공급하게 된다.[5]

또한 재래식의 계기용 변압기나 변류기들로부터 입력되는 신호에도 사용할 수 있으며, 병합 장치로 취득한 자료를 통합하여 2차장치에 공급하게 된다.

3. 결 론

본 논문에서는 기존에 계기용 변성기의 단점을 보완하게 될 전자식 변성기에 대한 기본적인 개념에 대하여 검토하였다. 그리고 기존 코어 타입의 변류기를 EMTP를 사용하여 시뮬레이션 하였다. 전자식 변류기의 장점인 선형성을 보이기 위하여 전자식 변류기의 전압-전류 특성 곡선을 이용하여 시뮬레이션에 적용하였다. 코어 타입의 변류기에서는 사고시에 변류기 2차측 전류가 왜곡되는 것을 확인하고, 포화특성을 고려하지 않은 변류기에서는 사고 전류와 2차전류가 왜곡없이 측정되는 것을 확인할 수 있다. 또한 전자식 변성기의 출력을 2차장치에 입력하기 위한 2차측 통합 시스템에 대해서도 검토하였다.

앞으로 디지털 계전기 입력으로 사용될 전자식 변성기 출력 신호의 통합과 신호 처리 부분에 대하여 연구할 계획이다.

감사의 글

본 논문은 중소기업청의 연구비 지원으로 진행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] Pentti Mahonen, Markku Moisio, Tapio Hakola, Harri Kuisti "The Rogowski Coil and Voltage Divider In Power System Protection and Monitoring", CIGRE, 34-103, 1996
- [2] D.A.Ward and J. La T. Exon, "Using Rogowski coils for transient current measurements", Engineering science and educational journal. pp105~114, June 1993
- [3] Demetrios A. Tziouvaras, etc, "Mathematical Models for Current, Voltage and Coupling Capacitor Voltage Transformers", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 15, No.1, pp62-72, 2000
- [4] 강용철, 옥승훈, 윤재성, 강상희, "변류기 포화 판단 알고리즘의 지역성과 필터에 대한 성능 분석", 전기학회논문지 51A 권, 10호, pp495-501, 2002.
- [5] IEC 60044-7, 1999, IEC-60044-8, 2002.