

## 가스절연개폐장치(GIS)용 디지털 CT/VD 개발에 관한 연구

김 민수 김 정배 송 원표 김 덕수  
(주)효성 중공업 연구소

## A Study on the Development of Digital CT/VD for GIS

M.S.KIM J.B.KIM W.P.SONG D.S.KIM  
Hyosung Cc.

**Abstract** - 지금까지 변전소나 개폐소에서 전류, 전압을 계측하는 수단으로서 주로 철심과 권선으로 구성되어진 변류기(CT), 계기용 변압기(PT, PD)가 사용되어져 왔다. 최근, 2차측의 계측기나 보호 Relay의 Digital화가 진전되어, 또한 이것을 Digital Network으로 총합한 Intelligent 변전소의 구축이 검토되어짐에 따라, Digital Network에 대응한 신형 CT, VD가 요구되어지고 있다.

상기와 같은 요구로 인해 당사에서는 CT는 검출부에 Rogowski Coil을 적용하며 그 후단에 적분기를 설치하였으며, VD는 검출부에 중간 전극을 이용해서 분압하는 방식인 Capacitive Voltage Divider를 사용하고 증폭기를 삽입하여, 각각 요구되는 전압 신호를 얻었다. 이러한 신형 CT/VD의 적용으로 종래의 CT/PT가 차지하는 공간이 필요 없게 되어 컴팩트한 GIS의 구조가 가능하게 되어 있다.

## 1. 서 론

전력수요가 급격히 증가하면서 전력설비의 초고압화 및 대용량화가 요구되고 있고, 한편으로는 전력의 안정적인 공급과 효율적인 이용이 절실히 필요한 실정이다. 이에 따라 현재 대부분의 송전 시스템은 345kV급으로 운용되고 있으며, 최근에는 신송전선로에 765kV급을 적용하고 있다. 이와 같이 송전 전압이 초고압화 되면서 전류, 전압의 정확한 계측은 전력계통의 제어 및 보호상 점점 중요시되고 있다. 초고압 환경에서 전류, 전압의 정확한 계측을 위해 도입되고 있는 철심형 변성기 및 권선형 변류기는 절연특성, 기계적 강도, 내진성, 경제성 등의 많은 문제점을 안고 있다. 더욱이 고전압이나 대전계 환경 하에서는 각종 임펄스성 전압, 전류 그리고 자연계의 기상 변화에 의한 뇌차지 등이 직접 경로를 통해서나 간접적인 정전유도나 전자유도에 의해서 각종 발·변전소의 계측·제어 장치에 직/간접적으로 좋지 않은 영향을 주고 있다<sup>(1)</sup>.

계기용 변류기는 주회로의 대전류를 특정비의 저전류로 변환하여 전류를 감시하는 역할을 담당하고 있으며, 과전류를 감시하는 Relay용과 정상전류를 감시하는 Metering용으로 나뉜다. 최근 변전소의 디지털화와 철심형 CT의 단점들이 부각되면서 로고스키코일형 CT가 그 자리를 대체할 수 있는 변류기로 등장하고 있다. 이러한 시도가 이루어지는 가장 큰 이유로는 기존의 철심형 CT가 포화특성을 가지는데 반해 로고스키코일형 CT는 공심형으로서 철심이 없기 때문에 전 영역에 대해서 선형적인 출력특성을 나타내어, Relay용과 Metering용으로 나뉘어 사용되어 오던 철심형 CT를 단 한 개의 로고스키코일형 CT로 대체할 수 있다는 것에서 기인한다. 상기와 같이 철심포화에 따른 측정 전류의 상한이 없는 로고스키코일형 CT로 대체할 경우 GIS의 소형·경량화를 도모할 수 있으며, 철심형 CT와는 달리 저전압으로 출력이 나오므로 디지털 Relay에 적합하다<sup>(2)</sup>.

한편, 기존의 GIS에 설치되는 계기용변성기(PT)에

있어서는 PT가 연결되는 모선의 마지막 차단기가 개방될 때 차단기 극간의 충전용량과 모선의 대지간 충전용량에 의해 결정되는 용량성 리액턴스와 모선 유도 전압에 의해 포화된 PT의 유도성 리액턴스가 직렬로 결합하여 LC 공진현상이 일어나고, LC 공진현상에 의해 매우 높은 상용주파수의 과도전압을 발생시키는 철공진 현상을 발생시켜 결국은 GIS의 절연파괴를 초래하게 하는 단점을 지니고 있었다. 상기와 같은 철공진에 대한 방지 대책이 가능하며, 사이즈면에 있어서도 축소화가 가능한 CVD(Capacitive Voltage Divider)를 적용함으로써 GIS를 보다 신뢰성 있고, 안정하게 운전하고자 한다.

또한, 최근 계기용 변성기의 2차측 계측기나 보호 Relay의 디지털화가 진전되고 있고, 이것을 디지털 Network으로 총합한 Intelligent 변전소의 구축이 검토됨에 따라서, 이에 대응한 신형 CT/VD 개발이 요구되고 있는 실정이다. 이에 발맞춰 (주)효성에서는 GIS용 로고스키코일형 CT 및 Capacitive VD를 개발하고 있으며, 본 논문에서는 현재까지 진행된 개발 상황에 대해서 서술하도록 하겠다.

## 2. 본 론

## 2.1 로고스키코일형 CT

## 2.1.1 로고스키코일 및 적분기 제작

로고스키코일형 CT는 전류측정을 위한 공심 코일로 이루어진 검출부와 적분기로 이루어진 신호처리부로 나누어진다. 공심 코일부는 시변전류를 측정하는 센서로서 로고스키코일에 유기된 전압은 코일을 관통하는 전류와 코일간의 상호인덕턴스와 전류의 시간변화율에 비례하며, 널리 알려진 바와 같이 다음 식으로 표현할 수 있다.

$$E = M \frac{dI}{dt} \quad (1)$$

여기서,  $E$  = 로고스키코일의 출력전압 [V]

$M$  = 상호인덕턴스 [H]

$I$  = 로고스키코일관통전류

식 (1)에서와 같이 로고스키코일의 출력은 전압이므로 적분회로를 그림 1과 같이 구성하여 최종 출력전압  $V$ 를 구함으로써 로고스키코일의 관통전류  $I$ 를 얻을 수 있다.

그림 2는 적분기 회로 내부의 대략적인 개념도이며, 이를 기초로 해서 제작된 로고스키코일 및 적분기를 그림 3, 4에 나타내었다.

그림 3은 GIS용 Tank 내장 Type 로고스키코일형 CT 및 CVD이다. 또한, 그림 4에 나타난 적분기는 그림 2의 개념도를 기본으로 해서 제작되었으며, Micro-processor는 전처리 Bandpass Filter와 디지털 적분기로 구성되어 있다.



그림 1. 로고스키코일의 기본구성



그림 2. 적분기내부 회로의 개념도



그림 3. GIS에 취부된 디지털 CT/VD

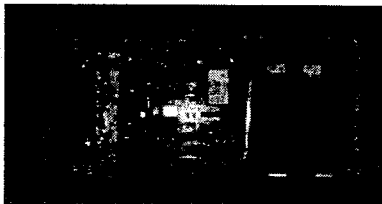


그림 4. 실 제작된 적분기 내부사진

### 2.1.2 로고스키코일 특성시험

상기 그림 3, 4와 같이 제작된 Prototype 로고스키 코일형 CT 및 적분기에 대하여 특성시험을 수행하였으며, 그 결과를 그림 5에 나타내었다. 로고스키코일에 200A~900A까지의 전류를 100A씩 증가시키면서 관통했을 때, 적분기의 출력을 측정해서 기준값과 비교함으로써 선형성을 확인하였다. 그림 5에서처럼 기준값과 거의 동일한 선형성을 나타내고 있으며, 한전규격 ES 145 계기용 변류기의 오차시험 기준에 모두 만족한 특성을 보이고 있음을 그림 6을 통해 알 수 있다.

표 1은 한전규격 ES 145의 비오차 기준을 나타내었다.

표 1. 계기용 변류기 비오차 기준(ES 145)

항목	비오차(%)	
	1.0In	0.1In
기준치	±1.2	±2.4

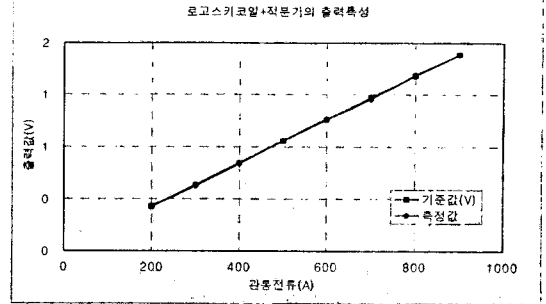


그림 5. 로고스키코일형 CT의 입·출력 특성시험결과

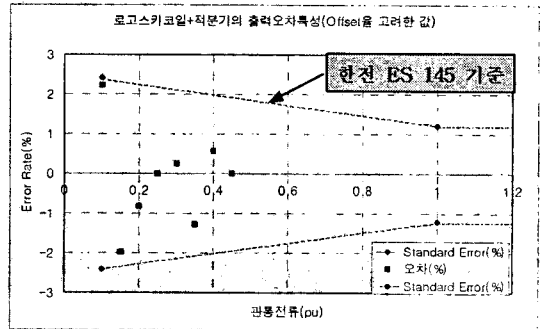


그림 6. 로고스키코일형 CT의 오차특성

또한, 당사 개발품과 국외 A사의 제품과의 특성을 비교한 결과를 그림 7에 나타내었다. 당사 개발품에서와 A사 제품에서 모두 동일한 위상특성을 보이고 있으며, 동일한 관통전류에 대한 출력값의 크기가 다른 것은 서로 다른 증폭율을 가지고 있기 때문이다. 이것은 제품의 정격에 따른 것이므로 증폭율을 변화함으로써 충분히 조정이 가능하다.

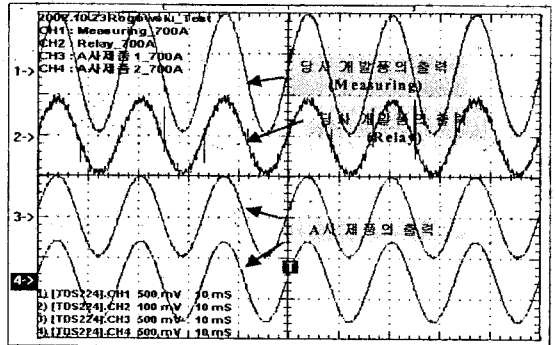


그림 7. A사 제품과의 특성비교

## 2.2 Capacitive VD

### 2.2.1 CVD 측정원리 및 전개해석

기준의 PT가 설치되어 있는 변전소에서의 철공진 현상에 대한 방지대책으로서 Capacitive VD를 도입하고자 한다. CVD는 센서부와 센서부 후단의 Calibration Box로 구성되며 측정원리는 그림 8에서와 같이 CVD 내부에 Floating된 Plate와 Conductor 사이의 정전용량 C1과 Floating된 Plate와 대지간의 정전용량 C2의 분압 형태로서 GIS의 전압을 측정하게 되며, 측정된 전압은 Calibration Box를 통해서 15V/8.9V/1V의 전압신호를 출력하게 된다.

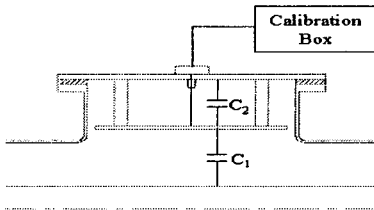


그림 8. Capacitive VD의 측정원리

상기의 측정원리를 토대로 해서 제작된 실물 사진을 그림 9에 나타내었고 GIS에 취부된 상태는 앞서 그림 3에 나타내었다.

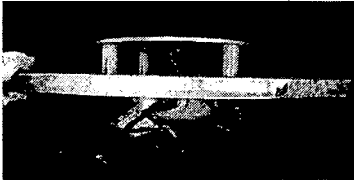


그림 9. 실 제작된 Capacitive VD

CVD는 GIS 내부에 설치되므로 GIS 운전애 영향을 없도록 절연 설계가 되어야 한다. 이러한 목적으로 그림 10은 CVD에 임펄스 내전압 750kVp가 인가되었을 경우 전계해석을 실시한 것이며, 부위별 전계강도를 표 2에 나타내었다. 기준치 대비 부위별 여유율이 양호함을 알 수 있다.

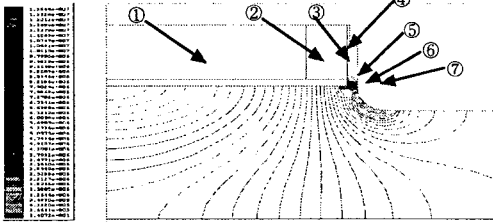


그림 10. CVD의 전계해석결과(750kVp BIL)

표 2. CVD의 인가부위별 전계강도

인가부위	전계값 (kV/mm)	기준값 (kV/mm)	여유율(%)
Plate ①	3.7	23.3	530
Plate ②	8.3	23.3	181
Plate ③	18.6	23.3	25
FRP 표면 ④	9.5	11.2	18
Sheath ⑤	5.7	23.3	309
Sheath ⑥	10.4	23.3	124
Sheath ⑦	13.8	23.3	69

### 2.2.2 CVD 절연내력시험 및 특성시험

CVD의 절연내력을 확인하기 위하여 표 3과 같이 임펄스내전압시험과 상용주파내전압시험을 실시하여 양호한 결과를 얻었다.

표 3. CVD의 절연내력시험 결과

구분	가스압	인가전압	판정
상용주파 내전압시험	5.0	260kVrms, 10분	양호
		325kVrms, 1분	
임펄스 내전압시험	kg/cm <sup>2</sup> .G	260kVrms, 10분	양호
		750kVp ± 15회	

또한, 시험용 챔버를 이용하여 10kV~50kV에서는 5kV씩 상승, 50kV~100kV에서는 10kV씩 상승, 100kV~300kV에서는 50kV씩 상승해가면서 CVD의 입·출력 특성시험을 수행하였으며, 그 결과를 그림 11에 나타내었다. 15V/8.9V/1V 출력단자 모두 기준값과 거의 동일한 선형성을 보이고 있다.

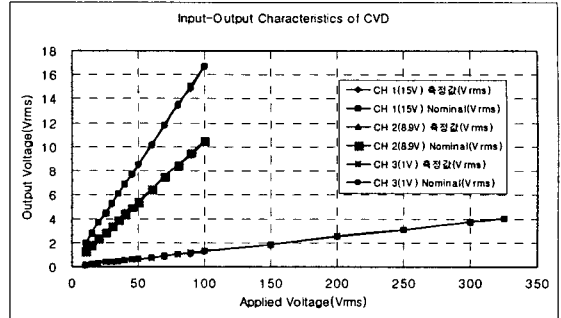


그림 11. CVD 입·출력 특성시험 결과

CVD의 오차특성(1V 출력단자)을 그림 12에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 초기 측정값을 제외하고는 JEC 1201과 IEC 60044-7의 오차규격을 만족하고 있음을 알 수 있다.

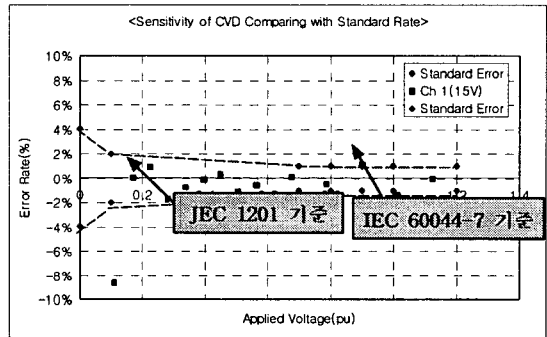


그림 12. CVD 오차특성

## 3. 결 론

본 논문에서는 기존의 철심형 CT의 포화특성과 PT에 의한 철공진 현상에 대한 대책으로서 개발중인 로고스키코일형 CT와 Capacitive VD의 개발상황에 대해서 서술하였다. 이러한 디지털 CT/VD는 향후 Intelligent 변전소 및 디지털 Network에 대응하는 적합한 모델이 될 것이며, 전력기기의 축소화·경량화 및 신뢰성 높은 전력공급에 기여할 것으로 사료된다.

향후, 로고스키코일형 CT는 오차특성에 대해서 규격 IEC 60044-8의 0.2 Class 오차기준을 만족할 수 있도록 적분기의 특성을 보완하여 고정도의 정밀급 CT를 제작할 예정이며, CVD 역시 Accuracy를 향상시키고 동시에 GIS의 전기중에 확대 적용이 가능하도록 할 예정이다. 또한, 디지털 CT/VD는 신호처리 역할을 담당하는 적분기 및 Calibration Box가 전자소자로 구성되어 있기 때문에 각각의 규격 IEC 60044-7, 8에 만족하는 전자파 적합성시험(Electro-Magnetic Compatibility)에 대한 충분한 검토가 뒤따라야 할 것이다.

### (참 고 문 헌)

- 김영수, "전력용 광전류, 전압센서 연구동향 조사", 대한전기학회추계학회, Vol 1, pp270-pp273, 2001
- 김정배 외, "170kV GIS용 로고스키코일형 CT 개발", 대한전기학회추계학회, A권, pp479-481, 2001