

## SPMSM을 이용한 '245kV 40kA GIS' 조작기 개발

정균하, 서경보, 김정배, 서인영  
(주) 효성

### Development of drive mechanism for 245kV 40kA high-voltage Gas Insulated Switchgear(GIS) using SPMSM

Kyun-Ha Jeong, Kyong-Bo Seo Jung-Bea Kim, In-Young Suh  
R&D Institute, Industrial Performance Group, Hyosung Crop.

**Abstract** - Mechanical spring and hydraulic pressure operated mechanisms are applied in most of today's High Voltage Gas Insulated Switchgear(GIS)s.

This paper proposes a new type of operation mechanism for GIS circuit breakers rated at 245kV and 40kA. The Motor-Direct-Drive-Mechanism (MDDM) has many advantages compared to conventional operating mechanisms. It has a very simple structure with only one moving part, low mechanical stress and audible noise. It also allows monitoring, operation speed control and self-diagnosis functions.

#### 1. 서 론

현재 초고압 Gas Insulated Switchgear (이하 GIS)의 가동부를 구동하는 조작기는 기계적인 스프링방식 또는 유압방식이 주류를 이루고 있다. 이러한 방식들은 기계적 구조가 복잡하여 작업성이 떨어지고, 많은 개수의 부품을 사용함으로써 신뢰성이 떨어진다. 이러한 점을 보완하여 기존의 기계방식의 조작기 스프링 및 유압조작기를 전기방식인 모터·드라이브 조작기로 대체하는 연구가 진행되어 왔다[1]. 이러한 전동기 조작방식을 이용한 이점은 다음과 같다.

첫째, 기존 방식에 비하여 기계적 구조가 간단해 짐으로써 신뢰성이 높아진다.

둘째, 기계적인 스톱퍼가 없는 구조로서 기계의 스트레스가 낮아지고 또한 기계적 소음도 줄어든다.

셋째, 기계적인 구조변경 없이 차단부의 이동 거리를 조정할 수 있으며, 동작 속도를 S/W만으로 변경이 가능하며 Open, Close 동작의 속도 또한 조정 할 수 있게 된다.

넷째, 다른 용량의 차단기에 적용할 경우 종래에는 기계적인 설비를 다시 제작하여 교환하여야 하나 본 방식은 프로그램을 변경하여 하드웨어 변경이 불필요하다.

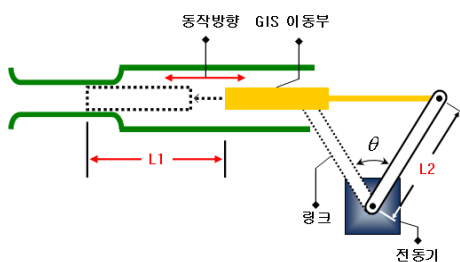
다섯째, 마이크로 모션 기능이 가능하여 Surface Permanent Magnet Synchronous Motor (이하 SPMSM)를 미세하게 동작함으로써 1일 1회 자가진단 기능을 갖추어 신뢰성을 높일 수 있다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 Motor-Direct-Drive-Mechanism

<그림 1>은 모터·드라이브 방식에 의한 초고압 GIS의 구동 시스템의 개요를 나타낸다. 기존의 방식은 차단부를 동작하기 위하여 기계적인 스프링, 유압, 고압 등을 사용한다. Motor-direct-drive-mechanism(이하 MDDM)은 이러한 기계적인 조작부를 회전형 전동기를 이용한다.

<그림 1>에서 나타난 것과 같이 전동기의 회전운동을 직선운동으로 변환하여 차단부를 조작하는 방식으로써 차단을 위한 이동거리 L1은  $\theta$ 와 L2를 결정하게 된다.

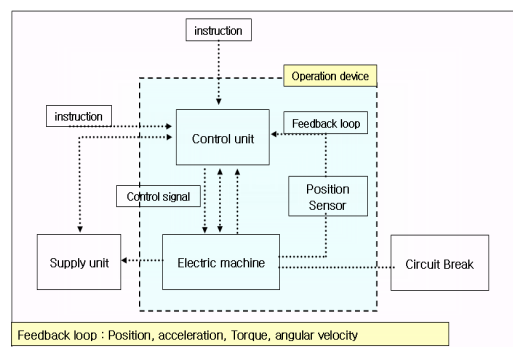


<그림 1> Motor-Direct-Drive-Mechanism 구조

##### 2.2 GIS용 MDDM의 구성

<그림 2>는 시스템 전체 구성을 나타내고 있다.

<그림 2>에서 보느냐와 같이 구성은 제어부, 전동기, 위치 검출 장치, 에너지 공급/저장 장치, 차단부로 나눌 수 있다.



<그림 2> Motor-Direct-Drive-Mechanism 구조

##### 2.2.1 제어부 및 위치 검출장치

제어부는 DSP320C2811을 사용하였으며, 상위기에서 Open 또는 Close 동작 지령을 받게 되면 정해놓은 시퀀스에 따라 위치검출 장치에서 전동기의 위치정보를 피드백하여 정해진 각도까지 회전하여 이동자를 이동시킨다. 여기서 위치검출장치를 통하여 차단부의 위치, 속도, 토크, 회전자 각속도 등을 알 수 있다.

제어기부에서 수행하는 일은 차단부에서 차단되는 전류에 따라 부하량이 변동하게 되는데 부하 변동량에 따라 전동기의 토크를 조절함으로써 차단전류가 없을 경우의 동작특성과 비교하였을 경우 약 90%이상 동일한 성능이 나올 수 있도록 하였다.

또한 마이크로 모션기능을 수행하여 차단부의 현재 상태정보를 상위기에 알려주어 신뢰성을 높일 수 있으며, Open/Close 동작 횟수 등 다양한 정보를 제공하는 기능을 수행한다.

##### 2.2.2 전동기 설계

<그림 1>에서 GIS 이동부의 동작길이 L1은 차단 성능에 의해 결정되고 L1이 정해지면 전동기의 동작각도  $\theta$ 와 링크 길이 L2가 정해지게 된다. 길이에 대한 계산이 완료되면 각 부분의 길이, 이동자 무게, 동작 시간 등을 고려하여 GIS용 전동기의 요구 성능을 계산하여 전동기를 설계하게 된다.

계산된 전동기의 요구 성능은 표1과 같다

<표 1> 영구자석 동기전동기 사양

항 목	단 위	값
토크	Nm	1050
속도	rpm	900

초고압 GIS용 전동기는 기본적인 요구 성능 뿐 아니라 GIS 시스템의 동작 특성인 순간적이고 정확한 동작 특성이 필요하다.

이 조건을 만족하기 위해 영구자석을 적용하여 높은 에너지 밀도를 가지고 제어성, 속속성이 뛰어난 표면 부착형 영구자석 동기전동기를 적용 전동기로 선정하였으며, 이를 대상으로 설계 및 특성해석을 진행하였다.

<표 2>는 설계 결과를 나타낸다.

**<표 2> 설계 결과**

구 분	단 위	값
극 수	-	8
슬롯 수	-	12
고정자 외경	mm	240
적층 길이	mm	280

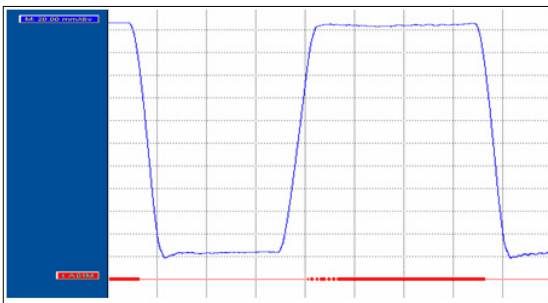
**2.2.3 에너지 저장장치**

전동기에 공급되는 에너지는 에너지 저장장치(커패시터)를 통하여 공급하는데 이 에너지 저장장치는 전동기의 큰 전류공급과 공급전원이 차단되었을 경우에도 Open, Close 동작을 수행 할 수 있도록 하기 위함이다.

**2.3 실험 결과**

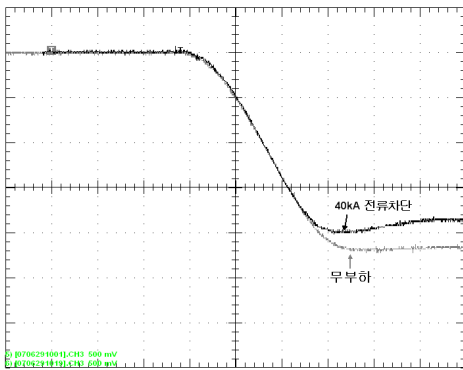
초고압 GIS의 차단 특성시험에는 차단기에 전원을 인가하지 않고 절연 가스(SF6)를 주입한 상태에서 GIS 이동부 부하에 의한 무부하 차단특성시험과 GIS에 전압/전류를 인가한 상태에서 시험하는 유부하 차단특성시험이 있다.

<그림 3>은 무부하 동작특성(BAS장비 측정결과)을 나타내고 있다.

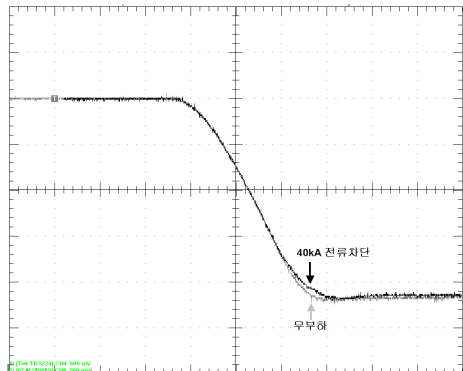


**<그림 3> 무부하 동작특성 (O-CO)**

<그림 4>는 당사 간이합성 차단시험장에서 실시한 대전류 차단시험 결과이다. (a)는 첫 개발품의 시험 결과이며 (b)는 보완품의 시험 결과이다.



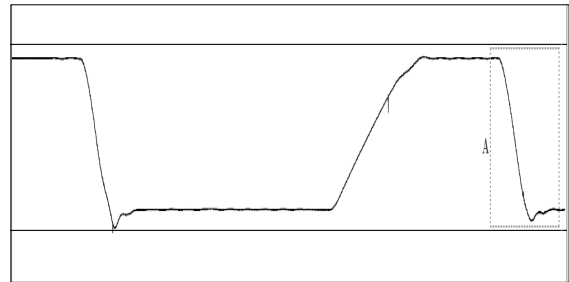
**(a) '07 개발품**



**(b) '08 개발품**

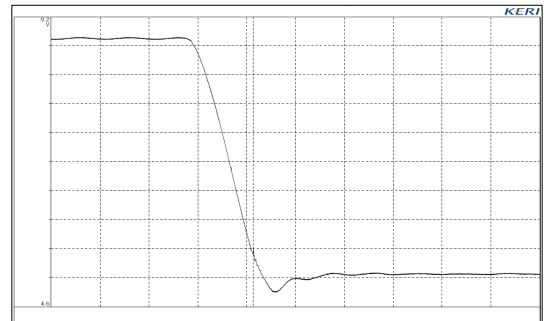
**<그림 4> 전류차단 시험 결과**

<그림 5>는 한국전기연구원에서 실시한 대전류 차단 시험 결과로써 100% 전압, 전류를 인가하였을 경우 O-CO 결과이다.



**<그림 5> O-CO 동작**

<그림 6>은 <그림 5>의 A를 확대한 것으로써 100% 차단 전압, 전류를 인가하였을 경우 결과이다.



**<그림 6> Open 결과**

**3. 결 론**

본 논문에서는 245kV 40kA 초고압 GIS 차단기의 조작부를 유압, 스프링이 아닌 전동기를 사용하는 새로운 조작기에 관하여 연구/개발 하였다.

GIS 조작기에 전동기를 이용하는 방법은 국내·외에서 상용화되지 못한 기술로써 향후 유압, 스프링 조작기를 대체 할 수 있는 기술이라고 할 수 있을 것이다.

현재 당사는 한국전기연구원에서 대전력 차단 참고 시험을 실시하였고, 인증시험을 준비 중에 있다.

향후 계획은 인증시험을 통하여 Motor-drive형 초고압 GIS의 성능을 검증하고 이를 바탕으로 하여 상용화를 목표로 성능 개선 및 신뢰성 확보를 위한 지속적인 연구/개발을 하여 적용 분야를 확대 할 예정이다.

**[참 고 문 헌]**

[1] Bosma, A., Thureson, "A new reliable operating mechanism for HVAC circuit-breakers", IEEE 2001 Transmission and Distribution Conference and Exposition, vol.1, pp.573 - 577, 2001, Oct.  
 [2] T.J.E. Miller. Design of Brushless Permanent Magnet Motor. Oxford Clarendon Press, 1994-00-00.  
 [3] 설승기, '전기기기 제어론', 브레인 코리아.  
 [4] Mohan, Undeland, Robbins, 'Power Electronics (Converter, Application and Design)', Wiley.