

SPMSM을 이용한 245kV 40kA GIS 조작기 개발에 관한 연구

정균하, 오영진, 여창호, 서인영
(주)효성 중공업연구소

A study on of drive mechanism for 245kV 40kA high-voltage Gas Insulated Switchgear(GIS) using SPMSM

Jeong Kyun-Ha, Oh Young Jin, Yeo Chang Ho, Suh In Young
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 모터드라이브 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 조절할 수 있으며, 동작 속도를 S/W만으로 변경이 가능하며 Open, Close동작의 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 SPMSM을 미세하게 동작하여 1일 1회 자가진단 기능을 갖추어 신뢰성을 높일 수 있다.

2. 본 론

2.1 Motor-Direct-Drive-Mechanism의 개요

그림 1은 모터드라이브 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 1에서 나타낸 것과 같이 전동기의 회전운동을 직선운동으로 변환하여 차단부를 조작하는 방식이다.

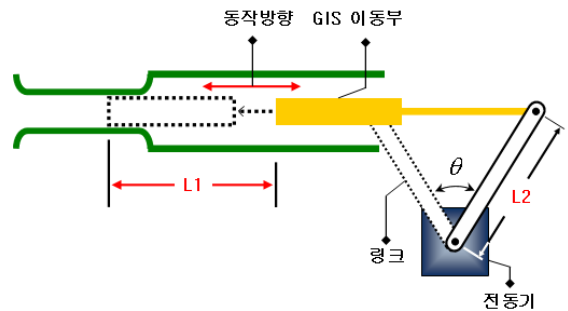


그림 1. Motor-Direct-Drive-Mechanism 구조
Fig. 1 Structure of Motor-Direct-Drive-Mechanism

2.2 GIS용 MDDM의 구성

그림 2는 시스템 전체 구성을 나타내고 있다. 그림 2에서 보는바와 같이 구성은 제어부, 전동기, 위치 검출 장치, 에너지 공급/저장 장치, 차단부로 나눌 수 있다.

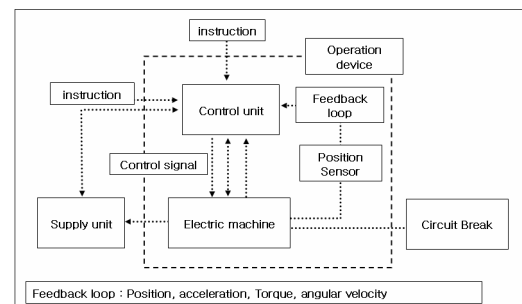


그림 2 MDDM 시스템 구성
Fig. 2 Overall system block of MDDM

2.2.1 제어부 및 위치검출

제어부는 DSP33을 사용하였으며, 상위기에서 Open 또는 Close 동작 지령을 받게 되면 정해놓은 시퀀스에 따라 위치검출 장치에서 전동기의 위치정보를 피드백하여 정해진 각도까지 회전하여 이동자를 이동시킨다.

위치검출장치를 통하여 차단부의 위치, 속도, 토크, 회전자 각속도 등을 알 수 있다.

2.2.2 전동기 설계

그림 1에서 GIS 이동부의 동작길이 L1은 차단 성능에 의해 결정되고 L1이 정해지면 전동기의 동작각도 θ 와 링크 길이 L2가 정해지게 된다. 길이에 대한 계산이 완료되면 각 부분의 길이, 이동자 무게, 동작시간 등을 고려하여 GIS용 전동기의 요구 성능을 계산하여 전동기를 설계하게 된다. 계산된 전동기의 요구 성능은 표1과 같다

표 1 영구자석 동기전동기 사양
Table 1 Specification of SPMSM

항 목	단 위	값
토크	Nm	1000
속도	rpm	700

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, 속응성이 뛰어난 표면 부착형 영구자석 동기전동기(Surface type Permanent Magnet Synchronous Motor: 이하 SPMSM)를 적용 전동기로 선정하였으며, 이를 대상으로 설계 및 특성해석을 진행하였다.

그림 3은 영구자석 동기전동기의 설계 과정을 나타낸다.

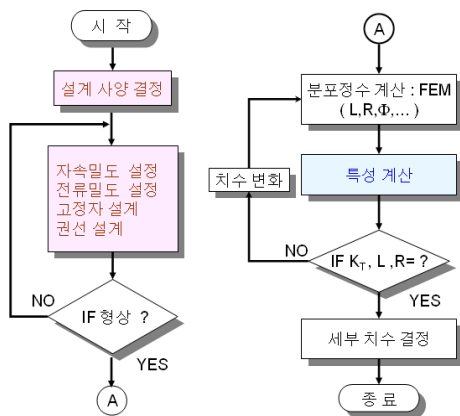


그림 3 영구자석 동기전동기 설계 과정
Fig. 3 SPMSM design process

영구자석 동기전동기를 설계하는 방법에는 장하분배법과 퍼미언스법이 주로 이용된다. 퍼미언스법은 자속의 경로를 간단한 형태로 고려하여 등가 자기회로를 형성하여 극당 자속을 결정하는 방법으로 이는 회전자의 기본 치수가 결정되어야 적용 가능하다. 장하분배법은 출력과 용량이 결정되면 장하비에 의한 전기장하와 자기장하로부터 극당 자속의 비를 결정하고 출력과 용량을 만족하는 기기의 치수를 결정하기 때문에 회전자의 치수가 결정되지 않아도 적용할 수 있다. 그러나 장하분배법의 경우 많은 가정을 수

반하기 때문에 설계의 정밀도는 다소 떨어지지만 이는 수치해석적인 방법으로 보완이 가능하다.

표 2는 설계 결과를 나타낸다.

표 2 설계 결과
Table 2 Result of design

구 분	단 위	값
영구자석 Br	T	1.25
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 뱅크)를 통하여 공급하는데 이 에너지 저장장치는 전동기의 큰 전류공급과 공급전원이 차단되었을 경우에도 Open, Close 동작을 수행 할 수 있도록 하기 위함이다.

2.3 Matlab simulink 모델

본 논문에서는 구동특성 해석 시 제어기의 특성을 반영하기 위하여 Flux2D와 Matlab simulink를 이용하였다.

그림 4는 특성 해석을 위한 모델링을 이다.

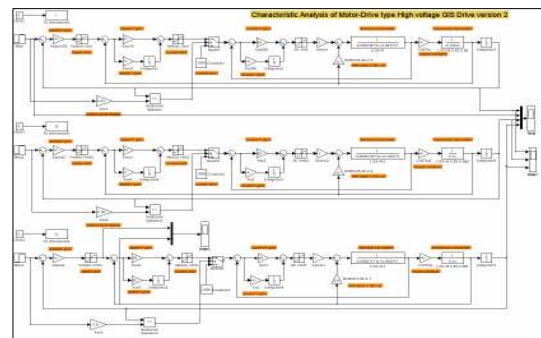
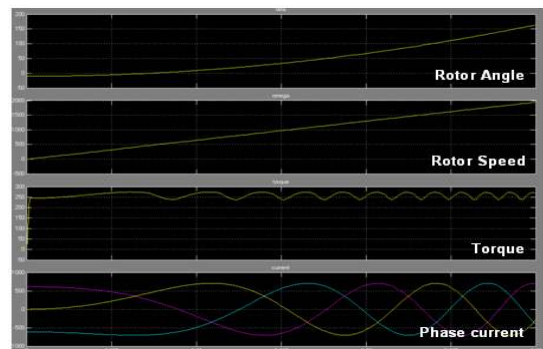
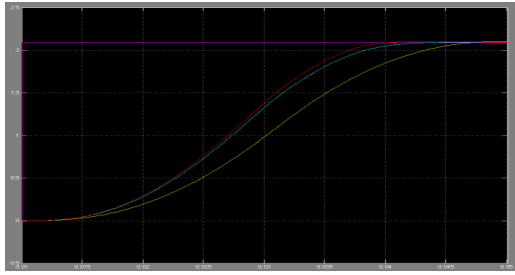


그림 4 시뮬레이션 구성
Fig. 4 Simulation constitution

그림 5는 해석상의 부하각에 따른 특성해석의 결과이다. 부하각에 따른 특성해석의 경우 특성해석 시 회전자의 위치를 고정시키고 3상 전원을 인가하여 시간에 따른 출력토크를 계산하게 되며, 출력토크에서 가장 큰 값을 가지게 되는 점을 부하각으로 설정하게 된다.



(a) 회전자 각, 회전자 속도, 토크, 상전류



(b) 회전자 위치 (0° ~120°)

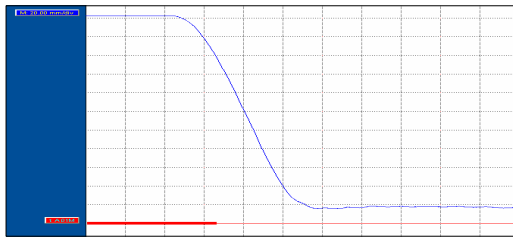
그림 5 시뮬레이션 결과
Fig. 5 Result of Simulation

- (a) Rotor angle, Rotor speed, Torque, Phase current
- (b) Rotor position (0° ~120°)

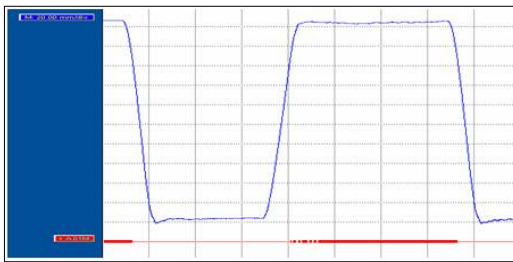
2.4 실험 결과

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

그림 6은 무부하 동작특성(BAS장비 측정결과)을 나타내고 그림 7은 유부하 차단 특성을 나타내고 있다.

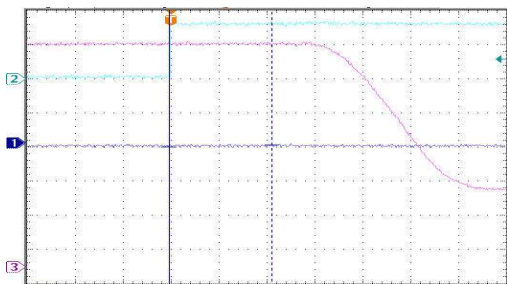


(a) Open 동작

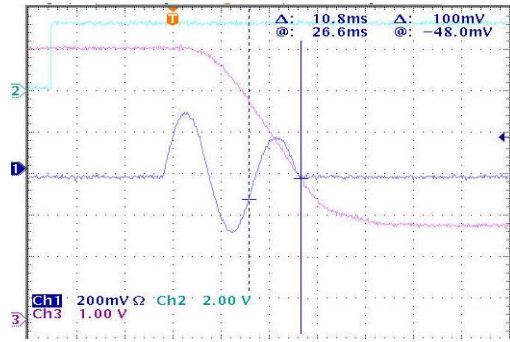


(b) Open-Close-Open (O-C-O) 동작

그림 6 무부하 동작시험 결과
Fig. 6 Result of no-load operation
(a) Open operation
(b) O-C-O operation



(a) Open 동작(무부하)



(b) 전류 차단 결과 (40kA)

그림 7 MDDM 무부하, 유부하 동작특성

- Fig. 7 Characteristic of MDDM with no-load and load condition
(a) Open operation(no-load)
(b) Open operation(load, 40kA)

3. 결론

본 논문에서는 245kV 40kA GIS 차단기에 SPMSM을 조 작부로 사용하여 초고압 차단기의 새로운 조작 방법에 관하여 연구/개발하였다. 이러한 방법은 국내에서 상용화되지 못한 기술이다. 따라서 향후 계획은 Motor-drive형 초고압 GIS를 상용화를 목표로 성능 개선 및 신뢰성 확보를 위한 지속적인 연구개발을 할 예정이다.

참고 문헌

- [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*.