

초고압 Gas Insulated Switchgear 구동용 전동기 개발

오영진, 정균하, 이인우
(주) 효성 중공업 연구소

Development of Permanent Magnet Synchronous Motor for High voltage Gas Insulated Switchgear

Oh Young Jin, Jeong Gyun Ha, Lee In Woo
R&D center, Power & Industrial Performance Group, Hyosung co.

Abstract - Currently national High Voltage Gas Insulated Switchgear (GIS) operating mechanism is made up of spring operating mechanism or hydraulic operating mechanism. On the contrary, advanced technology trend in foreign countries replace current mechanical mechanism with electrical motor-drive mechanism that leads to participate GIS bid and increase sales with the point of simplification of driving system and IT application. Therefore it is essential to develop high voltage GIS using the motor-drive system to develop national heavy electric machine industries and catch up the technology to the advanced level. This paper therefore presents design and analysis of permanent synchronous motor for high voltage GIS, verifies the performance by the experimental test.

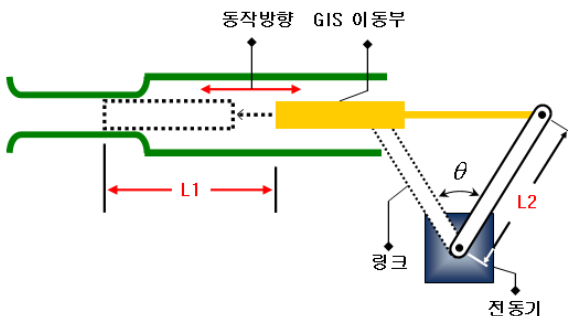
1. 서 론

현재 국내의 경우 초고압 Gas Insulated Switchgear(이하 GIS)의 가동부를 구동하는 조작기는 기계적인 스프링방식 또는 유압방식으로 이루어져 있다. 그러나 해외 선진기업의 경우 기존의 기계적인 방식을 전기적인 방식인 모터·드라이브로 대체하여 시스템을 구성하고 구동시스템의 간략화, IT화 등을 부각시켜 GIS 입찰참여 및 판매 실적을 올리고 있다. 따라서 국내의 경우에도 중전기 산업의 발전과 세계적인 기술수준으로의 향상을 위해 모터·드라이브를 적용한 초고압 GIS용 구동시스템의 개발이 시급한 실정이다. 기존의 기계방식의 조작기 스프링 및 유압 조작기를 전기방식인 모터·드라이브 조작기로 대체하여 얻는 이점은 다음과 같다. 우선 기존 방식에 비하여 기계적 구조가 간단해 짐으로써 신뢰성이 높아지고 기계의 스트레스가 낮으며, 이로 인하여 소음도 줄어든다. 또한 기계적인 구조변경 없이 동작 속도, 거리 등을 조절할 수 있다. 그리고 드라이브의 자가진단 기능으로 신뢰성을 높일 수 있다. 따라서 본 논문에서는 초고압 GIS용 구동시스템에 적용되는 영구자석 동기전동기를 대상으로 설계 및 특성해석을 수행하였으며, 시제품 제작 및 초고압 GIS 특성시험을 통하여 그 성능을 확인하였다.

2. 본 론

2.1 초고압 GIS용 전동기의 설계사양

<그림 1>은 모터·드라이브 방식에 의한 초고압 GIS의 구동시스템의 개요를 나타낸다. <그림 1>에서 GIS 이동부의 동작각도 θ 에 의해 링크 길이인 L2가 결정되며, 길이에 대한 계산이 완료되면 각 부분의 길이, 가동자 무게, 동작시간 등을 고려하여 GIS용 전동기의 요구 성능을 계산하게 된다. 계산된 전동기의 요구 성능은 다음과 같다.



<그림 1> 초고압 GIS의 모터드라이브 방식에 의한 구동 시스템 개요

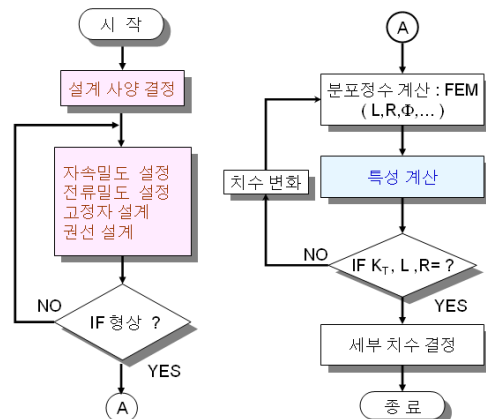
<표 1> 초고압 GIS용 전동기의 요구 성능

항 목	단 위	값
출력 토크	Nm	1000.0
평균 속도	m/s	7.0

2.2 초고압 GIS용 전동기 설계 및 특성해석

2.2.1 등가 자기회로법을 이용한 GIS용 전동기의 초기설계

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 2> SPMSM Design Process

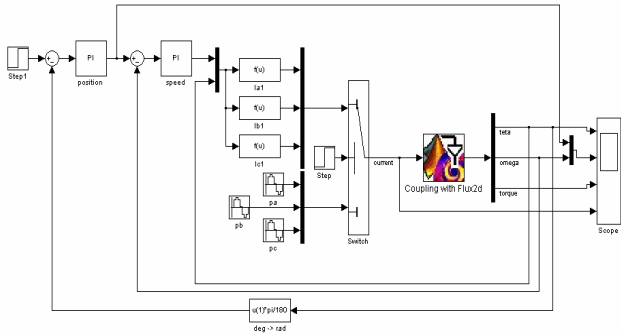
<표 2> 초기 설계 결과

구 분	단 위	값
영구자석 Br	T	1.25
극 수	-	8
슬롯 수	-	12
1상 권선저항	Ω	0.0137
고정자 외경	mm	240
적층 길이	mm	280

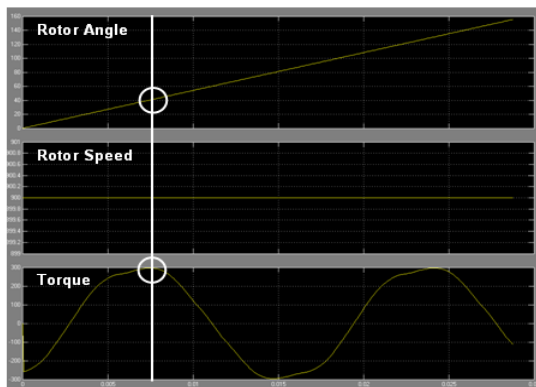
<표 2>는 초고압 GIS용 전동기의 초기설계 결과를 나타낸다. 초고압 GIS용 전동기의 경우 동작 속도가 매우 짧으면서 순간적으로 높은 토크를 요구한다. 따라서 설계에 있어 권선의 인덕턴스 및 저항에 의한 전류 상승 시간이 전동기 동작성능을 결정하는 매우 중요한 설계요소가 된다. 따라서 본 논문에서는 높은 출력토크를 가지면서 낮은 권선 인덕턴스 값을 나타낼 수 있는 적절한 장하비를 선정하고 전동기 자기회로 및 전기회로 설계를 수행하였으며, 그 결과를 전자기 수치해석 및 차단특성시험을 통해 검증하였다.

2.2.2 전자계 수치해석을 이용한 세부특성 계산

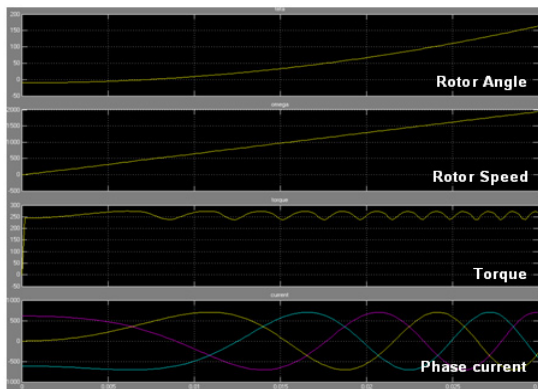
본 논문에서는 구동특성 해석 시 제어기의 특성을 반영하기 위해 기계해석 소프트웨어 Flux2D와 회로해석 소프트웨어 Matlab Simulink의 co-simulation을 이용하였다. <그림 3>은 특성해석을 위한 모델을 나타내며, <그림 4>는 해석상의 부하각에 따른 특성해석의 결과를 나타낸다. 부하각에 따른 특성해석의 경우 특성해석 시 회전자 위치를 고정시키고 3상 전원을 인가하여 시간에 따른 출력토크를 계산하게 되며, 출력토크에서 가장 큰 값을 가지게 되는 점을 부하각으로 설정하게 된다. 그 결과를 바탕으로 정상상태 및 기동특성 해석을 수행하였으며, <그림 5>는 GIS용 SPMSM의 기동특성 해석결과를 나타낸 것이다.



<그림 3> GIS용 SPMSM 해석모델



<그림 4> GIS용 SPMSM의 부하각에 따른 특성해석

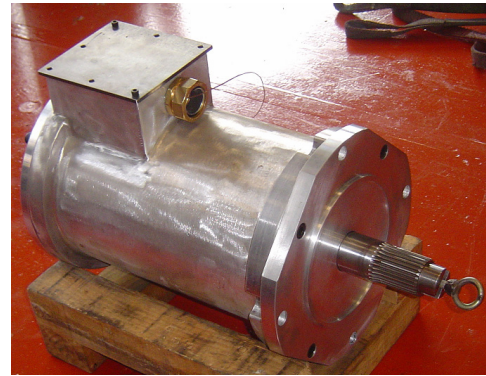


<그림 5> GIS용 SPMSM의 기동특성 해석결과

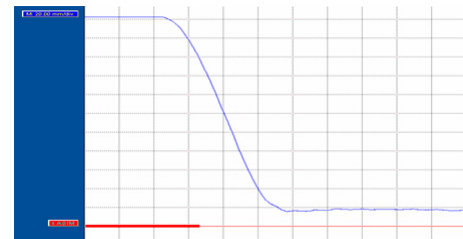
<그림 5>를 보면 시간에 따른 회전자 위치, 속도, 출력토크, 전류파형을 알 수 있다. 이 결과를 통해 설계된 SPMSM의 초기 가속능력을 평가하게 되며, 초고압 GIS의 차단속도를 예측하게 된다.

2.3 초고압 GIS용 전동기 제작 및 시험평가

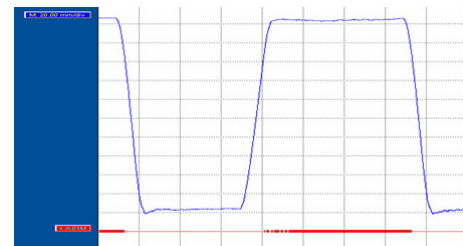
<그림 6>은 실제 제작된 GIS용 SPMSM의 실물사진을 나타낸 것이다. SPMSM의 부하측은 GIS 부하가 용이한 구조이며, 축에는 링크부분과의 연결을 위해 기어 구조로 되어있다. 그리고 회전자 위치검출 센서는 레졸버를 채용하였다.



<그림 6> 제작된 GIS용 SPMSM 실물사진



(a) O-동작 특성시험결과



(a) O-C-O-동작 특성시험결과
<그림 7> 무부하 차단특성시험 결과

초고압 GIS의 차단특성시험에는 차단기에 전원을 인가하지 않고 순수 GIS 이동부 부하에 의한 무부하 차단특성시험과 GIS에 전원을 인가한 상태에서 시험하는 유부하 차단특성시험이 있다. 본 논문에서는 전원을 인가하지 않고 순수 GIS 이동부 부하에 의한 무부하 차단특성시험을 진행하였다. 무부하 차단특성시험의 경우 GIS 이동부를 1회 Open하는 O-동작 시험과 Open-Close-Open을 연속으로 동작하는 O-C-O-동작시험이 있다. 시험결과를 보면 O-동작시험과 O-C-O 동작시험결과 GIS 이동부의 이동곡선이 설계 및 특성해석에서 예측했던 결과와 거의 유사한 결과를 나타내었으며 차단속도 및 기타 특성 또한 목표 성능을 만족하는 결과를 나타내었다. <그림 7>은 무부하 차단특성시험 결과를 나타낸 것이다.

3. 결 론

본 논문에서는 초고압 GIS에 적용되는 전기방식의 모터·드라이브 조작기에 적용되는 SPMSM을 대상으로 설계·특성해석, 시제품 제작 및 차단특성시험을 통한 시험평가를 수행하였다. 그 결과 본 논문에서 수행한 설계 및 특성해석 결과의 타당성을 검증하였고, 조작기 요구 성능을 만족하는 전동기를 개발하였다. 전기방식의 모터·드라이브 조작기는 아직 국내에서 상용화되지 못한 기술이다. 따라서 본 연구개발은 초고압 GIS용 모터·드라이브 조작기의 상용화를 목표로 성능개선 및 신뢰성 확보를 위한 지속적인 연구개발을 진행할 계획이다.

[참 고 문 헌]

- [1] T.J.E. Miller. Design of Brushless Permanent Magnet Motor. Oxford Clarendon Press, 1994-00-00.
- [2] 류동완, 오영진, 이인우, 최태식, "PWM 인버터 전원을 고려한 유도 기동형 영구자석 동기전동기의 특성해석", 대한전기학회 춘계학술대회 논문집, 2004
- [3] 大川光吉, "페라이트 磁石回轉機의 設計", 東逸出版社, 1995