

대형 동기 전동기 기동실패방지를 위한 여자회로 과도현상 해석

박진훈, 조내수, 권우현, 임성훈\*, 윤경섭\*\*, 김우현\*\*\*  
 경북대학교, 경일대학교\*, 거창전문대\*\*, 영남이공대\*\*\*

Excessive Condition Interpretation of a Exciter Circuit to Prevent Starting Failure of Large Synchronous Motor

Jin-Hun Park, Ne-Su Cho, Woo-Hyen Kwon, Soung Hun Im\*, Kyoung-Scop Yoon\*\*, Woo-Hyen Kim\*\*\*

Kyungpook National University, Kyungil University\*, Geochang Provincial College\*\*, Yeungnam college of science & technology\*\*\*

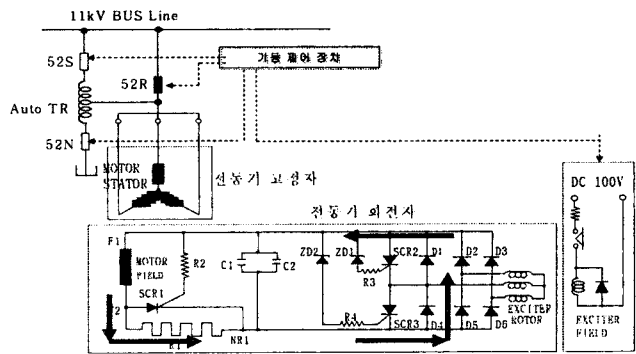
**Abstract** - According to the rapid growth of high speed and precise industry, the application of synchronous motor has been increased. In the application fields, the large synchronous motor is not a self-starting motor. The rotor is heavy and, from a dead stop, it is impossible to bring the rotor into magnetic lock with the rotating magnetic field for this reason, all synchronous motor have some kinds of starting device. A simple starter is another motor which brings the rotor up to approximately 96 percent of its synchronous speed.

The starting motor is disconnected and the rotor locks in step with the rotating field. The more commonly used starting method is to have the rotor to include a squirrel cage induction winding. This induction winding brings the rotor almost to synchronous speed as an induction motor.

So, this paper describes excessive condition interpretation of a exciter circuit to prevent starting failure of large synchronous motor. the large synchronous motor needs safety of it in accordance with operating frequent start and stop. the operating problem point of synchronous motor appears potential element damage of Exciter circuit because synchronous motor is caused synchronous separation. hence we eliminate it and improve starting toque.

있다.

그림 2.3은 동기속도 96%이상 도달하면 기동제어 장치에서 여자 전압을 투입하면, 여자회 회전자에 유기된 전압은 정류다이오드를 통해서 직류 전압으로 인가되어 SCR1이 동작하며 회전자는 전자석이 되며 그림 2.3과 같이 동기 전동기로 동작하게 된다.



<그림 2.1> 초기기동시  
 <Fig 2.1> Initial starting.

1. 서 론

동기 전동기(synchronous motor)의 여자기(Exciter)계통은 1920년 대부터 동기발전기의 부하용량의 증가와 시스템의 확대에 따라 계통 안정도 문제를 해결하기 위해 연구가 시작되었다.[1][2] 이후 지속적으로 발전되어 왔으며, 전력용 반도체 소자가 여자기 계통에 사용되면서 효율과 신뢰도가 급속히 증가되어 D.C 여자기 등을 사용한 종래의 여자방식은 퇴보하게 되었다.

동기 전동기는 부하의 변화와 전압 변동에도 불구하고 일정한 속도 동작과 전동기 효율이 92 ~ 96%로 가장 높아 전동기-발전기세트, 공기 압축기, 원심력 펌프, 송풍기, 분쇄기 및 다양한 형태의 연속 처리 압연기와 같은 일정속도, 연속운전구동분야에 가장 적절한 전동기이다.[3][6]

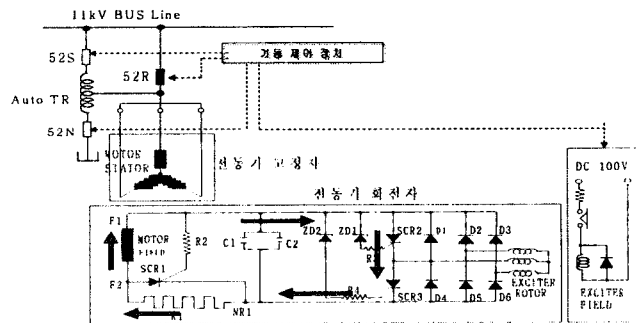
한편 동기 전동기는 자기동(self-starting)이 안된다. 그러므로 기동하기 위한 별도의 회로가 필요하다. 즉 가변주파수 전원에 의한 기동 방법은 동기속도의 96%에 이르지 못하면 동기탈조가 발생하며 전력소자에 손상을 가져오게 되는 단점이 있다.

본 논문에서는 이러한 기동방법 중 유도전동기에 의한 대형 동기 전동기 기동실패방지를 위한 여자회로 과도현상에 대해서 모의실험 하였다. 동기 전동기 기동시 유도전동기로 동작할 때 회전자 권선 유기전압이 150V 이상의 과전압이 발생하면 과전압 방지용 SCR이 동작하고 SCR에 전류가 불균형적으로 흐른다. 또한 동기 전동기 여자기에 동기속도 96%이하에서 여자전원을 투입하면 회전자 전류가 서서히 낮아져 SCR소자에 많은 전류가 흐르게 되면서 동기탈조로 인한 트립으로 기동실패가 발생하며, 여자회로에 사용되는 전력소자 손상등이 나타난다. 따라서 기동시 동기속도의 99%이상에서 회전자 위상을 감지후 여자기를 투입하는 것과 여자기 출력단 과전압 방지용 SCR이 없는 구조로 개선이 필요하다.

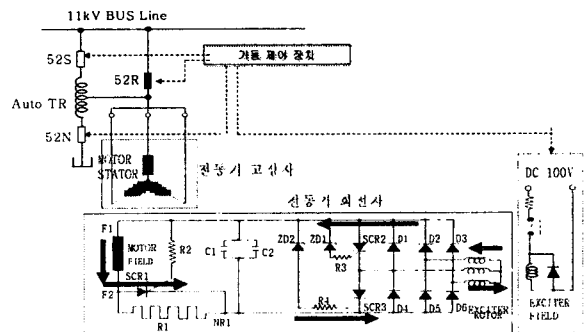
2. 본 론

2.1 동기 전동기 여자회로 동작

산업현장에서 일반적으로 사용되는 동기 전동기의 기동제어장치, 고정자, 회전자, 여자회로의 대략적인 개념도를 그림 2.1에 나타내었다. 동기 전동기는 자기동이 되지 않기 때문에 고정자 권선의 3상 전원에 의해 회전자계에 회전자 전류가 발생되어 유도 전동기로 초기기동 된다. 그리고 회전자계에 과전압이 발생 하면 제너다이오드가 동작되므로 과전압 방지용 SCR2, SCR3 가 동작하여 그림 2.2와 같이 회전자 전류가 SCR을 통해 시계방향으로 흐르는 것을 분 수



<그림 2.2> 과전압 발생시  
 <Fig 2.2> Overvoltage generation.

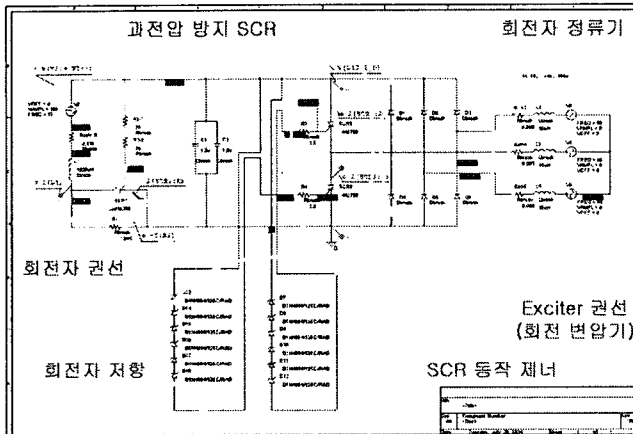


<그림 2.3> 여자계 전원 투입시  
 <Fig 2.3> Exciter Field source input.

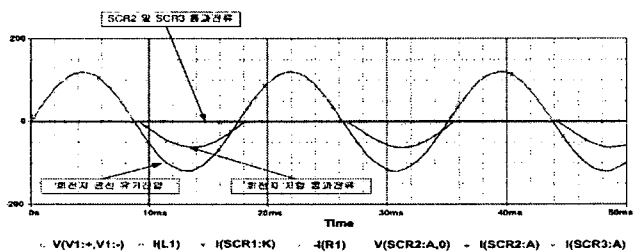
## 2.2 여자기회로의 PSPICE 모의실험

그림 2.4은 동기 전동기 기동실패방지를 위한 여자기 회로 과도현상 해석을 위한 모의실험 모델이며, 일반적으로 직접 산업현장에서 사용되며 실험 또는 측정이 불가능한 상황을 추정하여 전력소자들의 회로파라미터의 변경시 출력 변화량을 관찰하여 각 소자들의 변화량에 대해서 해석 하였다. 동기 전동기 여자기 회로를 해석하기 위해 회로해석 모의실험툴 PSPICE를 이용하였다.

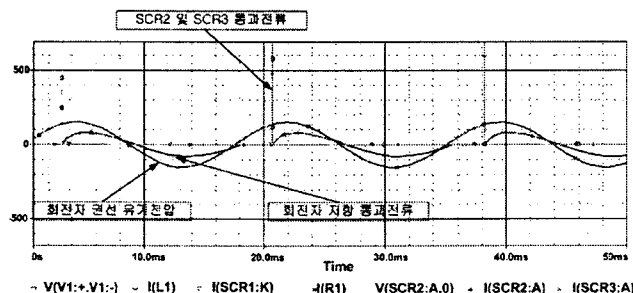
회전자 권선에 유기되는 전압이 150V이상이면 과전압방지 SCR이 동작한다. 그래서 회전자 권선 유기전압 150V를 기준으로 120V와 250V를 모의실험 하였다. 회전자 권선 유기 전압 120V로 실험한 그림 2.5를 보면 SCR2 및 SCR3 가 동작하지 않는 것을 볼 수있으며, 회전자 권선에 단방향 전류가 형성되었으며, 그림 2.6을 보면 회전자 권선 유기전압 150V로 인가 되었을때 SCR2 및 SCR3 가 동작 함을 볼 수 있다. 따라서 회전자 권선 유기전압이 150V이상 고전압이 발생하면 과전압 방지용 SCR이 동작 하는 것을 볼 수 있다. 그리고 그림 2.7은 회전자 권선 유기 전압이 250V 일때는 회전자 권선 통과 전류 불균형을 볼 수 있지만 150V일때 보다 흐르는 전류는 조금 작은 것을 볼 수 있다. 그림 2.9에서는 동기속도의 96% 이하에서 여자기 투입시 회전자 권선 전류가 서서히 낮아지면서 SCR2 및 SCR3이 동작 함을 알수있으며, SCR이 동작되면 회전자 권선 전류가 급격히 작아져서 동기이탈이 심화 되는 것을 볼 수 있다.



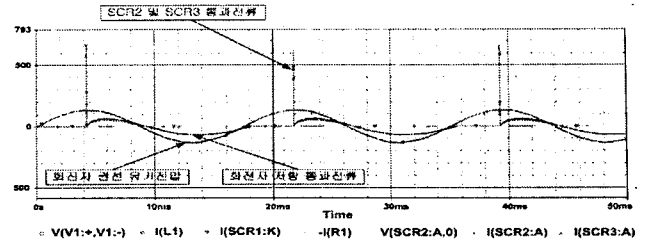
<그림 2.4> 모의실험을 위한 회로 모델  
<Fig 2.4. Circuit model for simulation.>



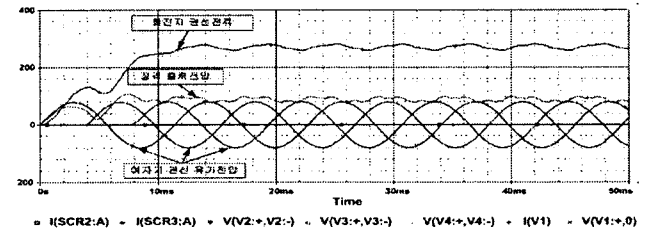
<그림 2.5> 회전자 권선 유기 전압 120V  
<Fig 2.5> Rotor winding of induced voltage 120V.



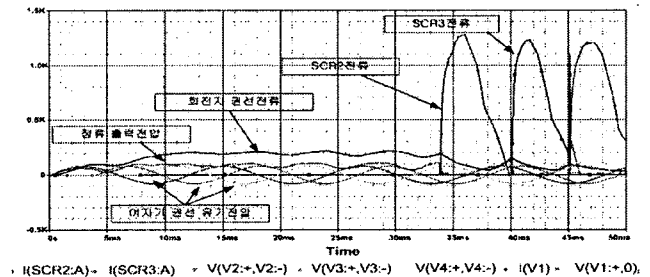
<그림 2.6> 회전자 권선 유기 전압 150V  
<Fig 2.6> Rotor winding of induced voltage 150V.



<그림 2.7> 회전자 권선 유기 전압 250V  
<Fig 2.7> Rotor winding of induced voltage 250V.



<그림 2.8> 여자기 투입 정상 동작  
<Fig 2.8> Exciter input circumstances.



<그림 2.9> 여자기 투입 동기탈조  
<Fig 2.9> Exciter input synchronous separation.

## 3. 결 론

본 논문에서는 대형 동기 전동기 기동실패방지를 위한 여자기 회로의 과도 현상에 대해서 모의실험하였다. 유도 전동기로 동작할 때, 회전자 권선 유기전압 침투값이 150V 미만인 경우는 정상적으로 SCR과 다이오드가 동작하는 것을 볼 수 있으나 회전자 권선 유기전압 침투값이 150V 이상인 경우에는 SCR2 및 SCR3에 전류가 불균형적으로 흐르는 것을 모의실험으로 통해서 확인했다.

동기 속도의 96% 이하에서 여자기 전원 투입시에는 회전자 권선 전류가 서서히 낮아지면서 과전압 방지용 SCR은 과전류를 흐르게 하여 여자기회로의 오동작을 발생시킨다. 그래서 회전자 정류회로 구조 개선이 필요하며 이것은 여자기 출력단 과전압 보호 SCR이 없는 구조로 개선 할 수 있다.

위의 실험결과로부터 정확한 속도 및 위상을 감지하기 위하여 회전자 측에 AE(absolute encoder) 장착으로 동기속도의 99% 이상 속도에서 회전자 위상을 감지 후 여자기를 투입 하는 것이 필요하다. 그리고 기존회로의 과전압 방지용 SCR은 과전류를 흐르게 하여 여자기회로의 오동작을 발생시킨다. 그래서 회전자 정류회로 구조 개선이 필요하며 이것은 여자기 출력단 과전압 보호 SCR이 없는 구조로 개선 할 수 있다.

## [참 고 문 헌]

- [1] 안진우, 신판석, "전기기기", McGRAW-HILL KOREA, 2001
- [2] 이관태, 김경엽, 이준탁, "동기전동기의 안정도 개선을 위한 여자 제어 시스템에 관한 연구", 한국박용기관학회, 2004춘계학술대회
- [3] 강승우, 박신현, 김장목, 임익현, 류호선, 김진성, "양수발전소 동기전동기의 기동제어 알고리즘에 관한 연구", 전력전자학회, pp.467-471 2003.
- [4] 서민성, 류동근, 김이훈, 김준호, 원충연, "동기발전기용 디지털 여자시스템 고성능 제어", 전력전자학회, pp.763-768 2002.
- [5] 임익현, 송성일, 류홍우 "동기기 여자제어시스템 최신키텍", 전력전자학회, pp.39-43 2003
- [6] Bok Bose, "Power Electronics and AC Drives", from Prentice-Hall, 1986