PSCAD/EMTDC를 이용한 Micro-SMES의 시뮬레이션

김봉태*, 박민원**, 성기철***, 유인근*
*창원대학교, **차세대초전도응용기술개발사업단, ***한국전기연구원

Simulation of Micro-SMES System using PSCAD/EMTDC

Bong-Tae Kim*, Minwon Park**, Ki-Chul Seong***, In-Keun Yu*
*Changwon National University, **CAST, ***KERI

Abstract - Micro-SMES(Superconducting Magnetic Energy Storage) has been studied as an impulsive high power supply for industrial applications.
Recently, electric power reliability of our country has been improved. However, there are still remaining problems which are short-duration variations like instantaneous and momentary interruption and voltage sag by nature calamity ; typhoon, lightning, snow, etc. Besides, power quality ; harmonics, goes down because of using power electronics equipments.
Malfunction of controller and stop machinery, and losing important data are caused by poor power quality at a couple of second in accuracy controllers.
Due to those, battery based UPS has been used, but there are several disadvantages ; long charge and discharge time, environmental problem by acid and heavy metal, and short life time.
Micro-SMES is an alternative to settle problems mentioned above. However, there need huge system apparatuses in order to verify the effect of system efficiency and stability considering the size of micro-SMES, the sort of converter type, and various conditions.
This paper presents a cost effective simulation method of micro-SMES and power converter, and design for micro-SMES based system using PSCAD/EMTDC.

1. 서 론

최근 반도체 전력소자의 스위칭 능력을 응용한 제어가 범용화·대형화되어 전압, 주파수 등의 전력품질이 저하하는 반면 각종 정밀가공기계, 컴퓨터 설비 등에서는 수초 정도의 짧은 시간 동안에도 제어용 콘트롤러의 고장, 기기의 정지 및 중요한 데이터의 손실과 같은 문제를 일으키고 있다. 그리고 전력제어 설비, 자동화 설비 및 컴퓨터 설비 등에서는 보다 고품질의 전력을 요구하고 있다. 즉 수초 정도의 매우 짧은 과도적인 시간동안의 왜곡에 민감한 기기가 사용됨에 따라 점차 전력품질에 대한 문제점이 제기되고 있다.
산업체의 전력품질 문제는 약 80~90%가 2초 이내의 짧은 시간 이내에 발생하고 있다[1-2].
기존의 UPS는 에너지를 축전지에 저장할 수밖에 없어 고속의 충·방전이 불가능하고 수명이 짧고 수명예측이 어려워 유지보수가 곤란하여 이러한 문제에 효과적으로 대응하지 못하고 있는 것이 현실이다.
반면에 micro-SMES는 고속 충·방전이 가능하고, 수명이 반영구적이며, 효율이 매우 높은 장점을 갖고 있다.
따라서 PSCAD/EMTDC를 사용하여 micro-SMES를 이용한 수초 사이의 순시정전이나, 순간전압 저하문제를 해결할 수 있는 전원공급 안정화장치 기술 개발 시뮬레이션이 필요하다[3].
본 논문에서는 PSCAD/EMTDC이용하여 micro-SMES를 이용한 전원공급 안정화장치 시뮬레이션에 필요한 micro-SMES와 전력변환기를 모델링하고, 부하를 구성하여 micro-SMES 시스템 시뮬레이션을 하고자 한다.

2. Micro-SMES 모델링

EMTDC 및 EMTP, ATP Drawer의 경우는 전압원, 전류원, 저항 및 변압기 등과 같은 컴포넌트를 팔레트 상에서 연결하여 컴파일 한 후 컴파일을 통해 생성된 프로그램을 계산하여, 보고자 하는 부분의 결과를 얻을 수 있는 형식으로 되어 있다.
본 논문에서는 micro-SMES 모델을 컴포넌트로 만들어 시뮬레이션 상에 이용하였다. 표 1을 컴포넌트 내부 파라메터로 입력하여 식 (1)을 통해 인덕턴스가 결정되어 출력되어지도록 컴포넌트를 작성하였다.

$$W_H = \frac{\mu_0}{2}\int_v H^2 dv = \frac{1}{2}LI_{op}^2 \ [J] \qquad (1)$$

표 1 Micro-SMES 모델의 초기치 파라메터

Parameter input	Limited current
	Operated current
	Stored energy
	Ramp rate
Output	Inductance

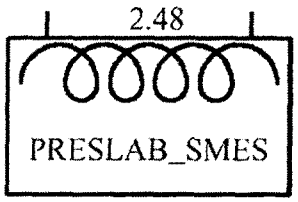

그림 1 Micro-SMES 컴포넌트

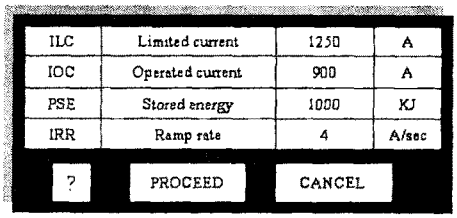

그림 2 Micro-SMES 모델의 파라메터 입력형태

그림 1은 실제 EMTDC의 Draft 상에서 표현된

micro-SMES 컴포넌트의 외형이고, 그림 2는 그림 1을 클릭하였을 때의 파라메터 입력형태를 보여주고 있다. 그림 2에서 설정된 파라메터는 Limited current 1250[A], Operated current 900[A], Stored energy 1000[KJ], Ramp rate 4[A/sec]로 설정하였다.

3. 전력변환기의 모델링

Micro-SMES에 에너지를 저장하고 저장된 에너지를 이용하여 전력계통의 순간정전에 대처하기 위해서는 적절한 전력변환기의 선정이 필수적이다. 이러한 전력변환기를 선정하기 위한 요구조건은 원가를 낮추고 제작을 용이하게 하기 위해서는 단순해야하며, 전력변환기가 항상 계통에 연계되어 있어야하기 때문에 고효율이어야 하며 전력계통의 고조파 및 불평형 등을 보상할 수 있는 능력을 가져야 전원공급 안정화장치로서 사용할 수 있다. 그리고 마지막으로 제어가 용이해야 한다.
현재 제안되고 있는 대표적인 micro-SMES용 전력변환기로는 병렬형과 직렬형, 그리고 직·병렬형으로 나눌 수 있다[4-6].
병렬형 전력변환기는 3상 인버터가 계통라인에 병렬로 접속되는 구조이고, 직렬형 전력변환기는 3상 인버터가 계통라인에 직렬로 접속되는 구조이다. 직·병렬형 전력변환기는 병렬형과 직렬형을 조합한 구조이다.
본 논문에서는 micro-SMES를 이용한 전원공급 안정화 장치용 전력변환기로 직·병렬형 전력변환기를 사용하였다. 그리고 전력변환기에 사용된 전력용 소자로서는 IGBT를 사용하였고 직렬형 전력변환기에 사용된 IGBT는 정격 용량 1200V/900A이고 병렬형 전력변환기에 사용된 IGBT는 정격 용량은 1200V/300A이다.
그림 3은 EMTDC draft상의 직렬형 전력변환기와 병렬형 전력변환기를 보여주고 있다.

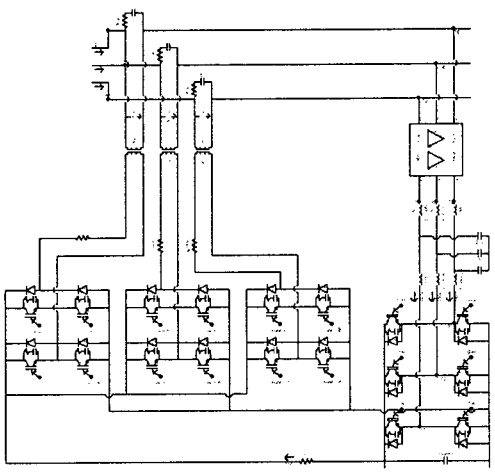

그림 3 직·병렬형 전력변환기

4. Micro-SMES 시스템의 시뮬레이션

본 절에서는 계통에 연결되어진 micro-SMES 시스템에 순간정전을 발생시켜 SMES에 의하여 순간정전이 보상되어 진 결과를 나타내었다.
그림 4는 순간정전 발생시의 입력전압, 입력전류, 및 출력전압 파형으로 정전이 되면 입력전압과 전류는 영이 되지만 출력전압은 micro-SMES에 저장된 에너지를 이용하여 일정하게 유지되어 순간정전이 효과적으로 보상

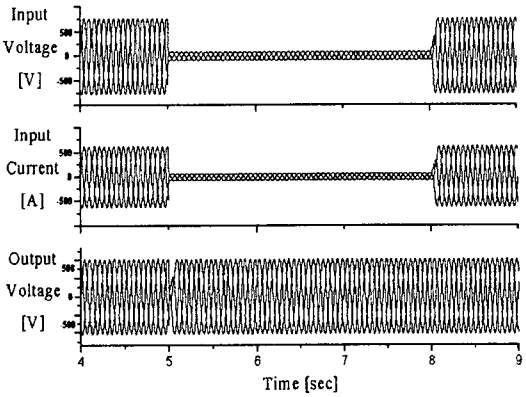

그림 4 순간정전 시 입력전압, 입력전류 및 출력전압 파형

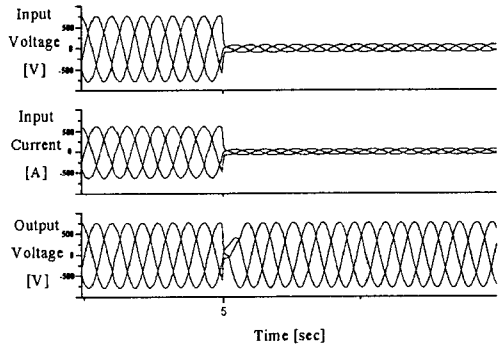

그림 5 정전 시 입력전압, 입력전류 및 출력전압 확대파형

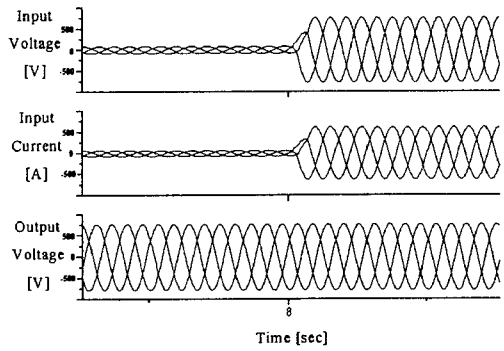

그림 6 복전 시 입력전압, 입력전류 및 출력전압 확대파형

됨을 알 수 있다.
그림 5는 정전이 시작되는 시점에서 확대한 파형이다. 정전이 시작되면 입력전압과 전류가 영으로 떨어지지만 출력전압은 약간의 순간적인 왜곡만 있을 뿐 정격전압은 그대로 유지하고 있다.
그림 6은 정전에서 복전이 되는 시점을 확대한 파형이다. 파형에서 볼 수 있듯이 출력전압이 잘 유지되고 있음을 알 수 있다.
그림 7은 2절과 3절에서 모델링 되어진 micro-SMES와 전력변환기를 바탕으로 하여 micro-SMES 시스템을 구성하였다. 계통전원은 계통전압 3상 380V이고, 병렬인버터 측의 출력전압은 3상 380V, 출력전력 300KVA의 용량을 가진다.

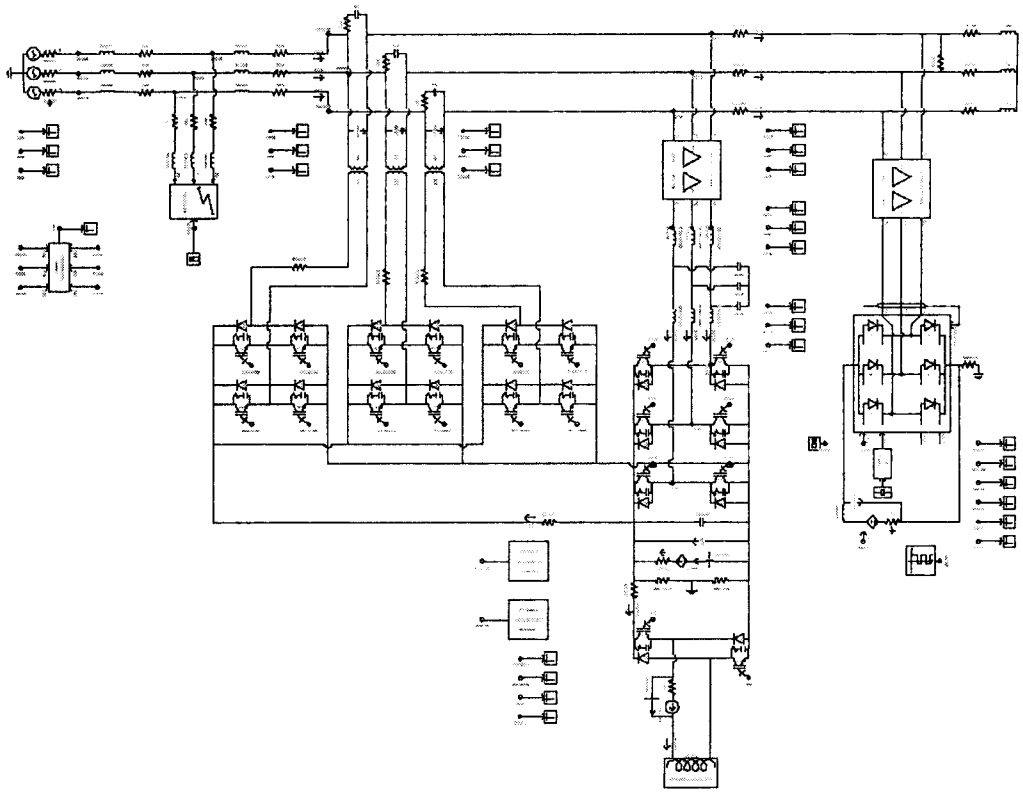

그림 7 실제 구성된 PSCAD/EMTDC상의 micro-SMES 시스템

5. 결 론

본 논문에서는 PSCAD/EMTDC를 이용하여 micro-SMES를 이용한 전원공급 안정화장치를 시뮬레이션에 필요한 micro-SMES와 전력변환기를 모델링하고 부하를 구성하여 micro-SMES 시스템 시뮬레이션을 하였다. 그 결과 micro-SMES 시스템이 순간정전을 보상하여 전력을 공급해 줌을 알 수 있었다. 따라서 민감하고 중요한 부하에 안정적인 전원공급이 가능할 것이다.
본 논문에서 제안된 PSCAD/EMTDC를 이용하여 micro-SMES 시스템 시뮬레이션을 실시하게 되면 micro-SMES를 이용한 전원공급 안정화장치 시뮬레이션이 적은 투자비로서 가능하게 되며, micro-SMES를 이용한 전원공급 안정화장치에 관한 연구개발 및 설계제작의 활성화에 크게 기여할 것으로 기대된다.

본 연구는 과학기술부·한국과학재단지정 창원대학교 공작기계기술연구센터의 일부지원에 의한 것입니다.

[참 고 문 헌]

[1] "UPS용 SMES의 소형 초전도코일 및 전력변환기 요소기술 개발에 관한 최종보고서", 산업자원부, 1998
[2] "UPS용 1MJ급 초전도에너지저장시스템 상용화개발에 관한 최종보고서", 산업자원부, 2001
[3] "PSCAD/EMTDC Power System simulation Software Manual", Monitoba HVDC Research Centre, 1995
[4] Kevork Haddad, Geza Joos, "There phase active filter topology based on a reduced switch count voltage source inverter", IEEE Power Electronics Specialist Conference proceedings, 1999
[5] Seong-Jeub Jeon, Gyu-Hyeong Cho, "A series-parallel compensated uninterruptible power supply with sinusoidal input current and sinusoidal output voltage", IEEE Power Electronics Specialist Conference proceedings, 1997
[6] R. Caceres, N. Viizquez, C. Aguilar, J. Alvarez, I. Barbi, J. Arau, "A high performance uninterruptible power supply system with power factor correction", IEEE Power Electronics Specialist Conference proceedings, 1997