

SMES 와 DVR을 이용한 전력계통품질 안정화 시스템 모델링

박성열*, 정희열*, 김아롱*, 김재호*, 박민원*, 유인근*, 김석호**, 김해중**, 성기철**
 창원대학교*, 한국전기연구원**

Modeling of Power Quality Stabilization using SMES and DVR

Sung Yeol Park*, Hee-Yeol Jung*, A-Rong Kim*, Jae-Ho Kim*, Minwon Park*, In-Keun Yu*,
 Seok-Ho Kim**, Hae-Jong Kim**, Ki-Chul Seong**
 Changwon National University*, KERI**

Abstract - Recently, voltage sag from sudden increasing loads is also one of the major problems inside the utility network. In order to compensate the voltage sag problem, power compensation device systems could be a good solution method. In case of voltage sag, an energy source is needed to overcome the energy loss caused by the voltage sag. Superconducting Magnetic Energy Storage (SMES) is a very promising source of this energy due to its fast response of charging and discharging time. Before constructing the power electronic delivering system for the SMES, it is necessary to simulate the system to understand its behavior.

Nowadays, a lot of devices have been developed to compensate voltage sag such as Dynamic Voltage Restorer (DVR), Distribution Static Compensator (D-STATCOM) and Uninterruptible Power Supply (UPS). In this paper, focus is given only on DVR system which will be simulated by using PSCAD/EMTDC software.

1. 서 론

전력품질은 공급자와 수요자 모두를 위해 매우 중요한 요소이다. 이러한 관점에서 공급자는 정격전압과 일정한 주파수를 가지는 정현파전원 전압을 공급해야하며 소비자는 정현파 부하전류를 발생시켜야 한다 [1-2]. 그러나 갑작스런 부하의 증가로부터 발생하는 순간 전압강하는 최근에 매우 심각한 문제가 되고 있다. DVR은 전력계통에서 순간전압 강하만큼의 부족한 전압을 주입시켜 보상하기 위해 사용되는 전력품질장치이다. DVR의 보상능력은 최대전압주입능력과 저장장치에 저장 가능한 에너지량에 의해 결정되고, 응답속도를 빠르게 하기 위해 오픈루프 제어기를 각상에 독립적으로 적용시킨다. 본 논문에서는 DVR의 보상능력을 결정짓는 요소중의 하나인 저장장치에 SMES를 사용하여 전력품질을 보상하는 알고리즘을 제안하였다. 부하와 전원모두에 여러 종류의 고장을 발생시키므로 전압강하에 의해 유발되는 에너지를 보상하기 위한 에너지 전원이 필요하다. 기존에 사용되는 에너지원으로는 배터리, 플라이휠, 슈퍼 캐패시터 등 여러 가지 에너지원이 있으나, 에너지를 변환하는 과정에서 손실이 생길 뿐만 아니라 충·방전 속도가 비교적 느리다. 반면 극저온에서 저항이 0이 되는 초전도 성질을 이용한 SMES시스템은 에너지손실이 거의 없고, 에너지 밀도가 높으며 전기에너지를 자기 에너지로 변환하여 저장하므로, 충전과 방전의 응답시간이 빠르다[3]. 이런 SMES 코일을 사용한 시스템의 사용은 신뢰도와 안정도를 증가시킬 수 있고, 전력품질을 향상시킬 수 있는 장점을 가지고 있다[4].

본 논문에서는 제안된 알고리즘을 PSCAD/EMTDC를 이용하여 모델링하고 해석을 실시하였다[5].

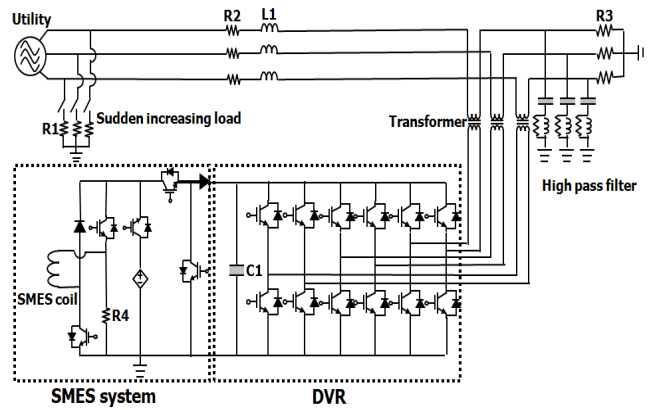
2. SMES - DVR 시스템

2.1 순간전압강하(Voltage sag)

순간전압강하(voltage sags)는 최근 전력품질장해의 가장 큰 원인으로 여겨지고 있다[6]. 짧게는 0.5 사이클에서 길게는 1분 동안 전압강하가 실효치의 0.1~0.9 pu가 되는 현상을 전압강하라 하며, 특히 30 사이클 이내 발생하는 것을 순간전압강하라 한다. 이러한 전압강하가 지속되면 부하에 막대한 영향을 끼친다. 산업시설에서 순간전압강하는 대형모터의 기동이나 대형부하의 갑작스러운 투입이 그 대표적인 원인이 될 수 있다. 하지만 심각한 순시전압강하의 대부분은 계통에서 발생한 고장에 의해 주로 발생한다. 이러한 순간전압강하를 제거하기 위해서 D-STATCOM, UPS, DVR 등 많은 장치들이 개발 되고있으며, 본 논문에서는 그중 순간전압강하 보상능력이 뛰어난 DVR을 이용하여 전력계통품질 안정화 시스템을 모델링 하였다[7].

2.2 제안된 SMES - DVR 시스템

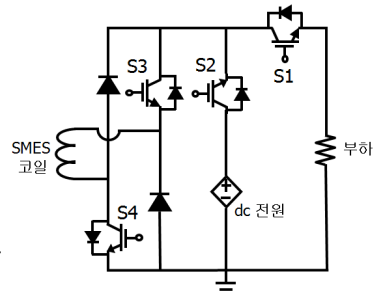
그림 1은 PSCAD/EMTDC를 이용하여 시뮬레이션 된 SMES-DVR의 회로도이다. 이 시스템에서 DVR은 계통에 직렬로 연결되며, DVR의 에너지원으로 SMES 시스템이 동작한다. 이 시스템은 순간전압강하를 일으키기 위한 전압강하부분, 에너지 충전을 위한 SMES 시스템, 일정전압을 위한 DC-link, 순간전압강하를 보상하기 위한 DVR 부분으로 구성된다.



〈그림 1〉 PSCAD/EMTDC에서 시뮬레이션 된 SMES-DVR 시스템 회로도

2.2.1 SMES 시스템

그림 2는 IGBT를 이용한 SMES 충·방전회로를 나타내었다. 제안된 SMES 시스템은 표 1과 같이 3가지 모드로 동작하게 된다. DC 전원으로 부터 SMES 코일로 충전된 전류는 정상상태에서 대기모드로 에너지를 저장하고 사고 시 부하로 에너지를 보낸다. 또한 제안된 회로도 는 PSCAD/EMTDC 내에서 사용자가 원하는 SMES의 용량과 충·방전 시간의 변경이 용이하다.



〈그림 2〉 IGBT를 이용한 충·방전 회로도

그림 2의 SMES 시스템의 동작전류는 0.8[kA]이며, 인덕턴스는 10 [H]이다. 이에 따라 SMES 시스템에 저장되는 에너지는 2.5[MJ]이다.

〈표 1〉 시뮬레이션 파라메타

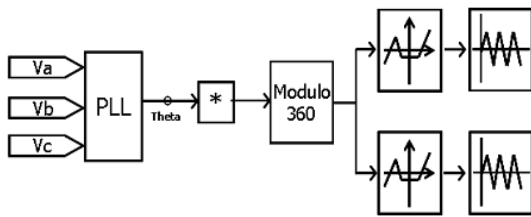
시스템	설정값	시스템	설정값
Utility	3Φ 22.9[kV]	R4	2[Ω]
R1	4[Ω]	L1	0.013[H]
R2	0.003[Ω]	Transformer	45[MVA]
R3	56[Ω]	SMES coil 용량	2.5[MJ]

〈표 2〉 SMES 시스템의 동작모드 및 IGBT 스위칭 시퀀스

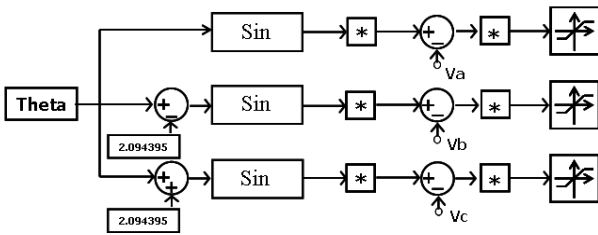
	S1	S2	S3	S4
충전모드	OFF	ON	ON	ON
대기모드	OFF	OFF	OFF	ON
방전모드	ON	OFF	OFF	OFF

2.2.2 DVR 시스템

그림 3은 DVR시스템의 제어알고리즘을 나타낸 것 이다.



(a) 삼각파 펄스폭제어(PWM triangular)

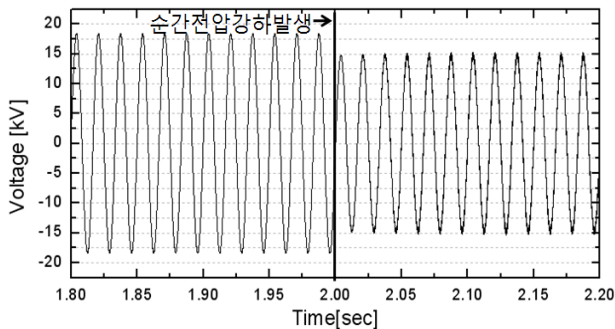


(b) 기준신호(Reference signal)

〈그림 3〉 DVR 시스템의 제어 알고리즘

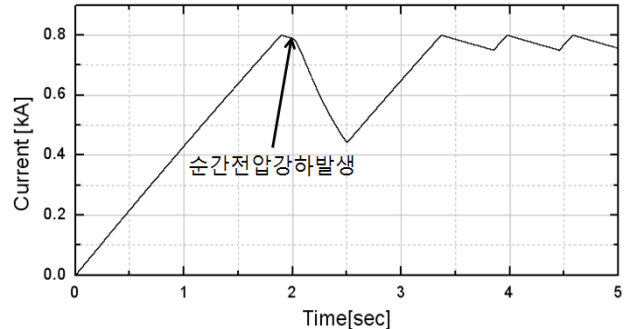
2.3 PSCAD/EMTDC 내의 시뮬레이션 결과

그림 4는 계통에 순간전압강하가 0.5초 동안 발생한 전압파형이다. 강하된 전압의 크기는 실효치를 기준으로 0.2[pu] 이며, 이때, 전압강하로 인해 계통에 보상되어야 하는 에너지는 총 2[MJ] 이다.

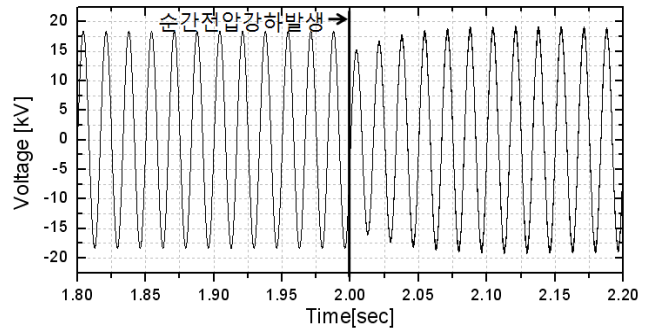


〈그림 4〉 순간전압강하 발생 시 전압파형

그림 5은 순간전압강하 발생 시 SMES의 전류 파형이다. SMES 코일은 초전도로 이루어져 있어 손실이 없으나, IGBT 등 주변기기로 인해 손실이 발생한다. 본 논문에서 제안된 시스템은 대기 모드에서 코일의 전류가 1 [kA]가 되면 다시 재충전하여 일정량 이상의 에너지를 저장할 수 있도록 모의하였다. PSCAD/EMTDC에서 초전도 마그네트코일의 특성을 구현하기 위해 SMES 시스템은 2초까지 대기모드로 에너지를 저장하고 있다가 순간전압강하 발생 시 방전모드로 전환되며, 전압강하가 보상되고 난 후에 다시 충전모드로 전환된다. 그림 6은 SMES-DVR을 이용하여 보상된 후의 전압파형이다.



〈그림 5〉 순간전압강하 발생 시 SMES 코일 전류파형



〈그림 6〉 SMES-DVR로 보상된 후의 전압파형

3. 결 론

본 연구에서는 순간전압강하를 보상하기 위해 PSCAD/EMTDC를 이용한 SMES-DVR 시스템 모델링하였으며, 계통의 전압이 보상됨을 확인하였다. 본 알고리즘의 장점은 DVR의 직류전원으로 SMES가 이용되기 때문에 최대한 단 시간내에 순간전압강하에 대한 전압을 공급해주어 보다 안정된 전력계통을 만들 수 있다는 것이다. 향후, 이 시뮬레이션을 바탕으로 실제 시스템을 제작하여 실험할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 지방기술혁신사업(RTI04-01-03) 및 21세기 프론티어 연구개발 사업인 차세대 초전도 응용 기술개발 사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

[1] S. W. Wahab, and A. M. Yusof, "Voltage Sag and Mitigation Using Dynamic Voltage Restorer (DVR) System", ELEKTRIKA, vol. 8, NO. 2, pp. 32-37, 2006
 [2] Math H, J, Bollen "Understanding Power Quality Problems Voltage Sags and Interruptions" IEEE, Inc. New York, 2000.
 [3] Ompob Polmai, Toshifumi Ise and Sadatoshi Kumagai, "Voltage Sag Compensation with Minimum Energy Injection by Use of a Micro-SMES" Power Conversion Conference 2002, Vol. 2, pp. 415-420
 [4] W. M. Grady, M. J. Samotyj, and A. H. Noyola, "Survey of active power line conditioning methodologies", IEEE Trans. on Power Delivery, vol. 5, pp. 1536-1542, 1990.
 [5] J. D. Lee M. W. Park, and I. -K. Yu, "A study on the modeling of superconduction fault limiters using EMTDC", IFAC Symposium on Power Plants & Power System control, Vol. 1, pp. 278, 2003.
 [6] M. F. Faisal, "Power quality management program: TNB's Experience," Distribution Engineering Department, TNB, 2005.
 [7] H. Akagi, Y. Kanazawa, A. Nabae, "Instataneous reactive power compensators comprising switching devices without energy storage components", IEEE Trans. on Ind. Application, vol. IA-20, pp. 625-630, 1984.