

직병렬 Active Filter의 시뮬레이션 해석에 관한 연구

김아롱*, 방종현*, 박민원*, 유인근*
국립 창원대학교 전기공학과

A Study On the Simulation Analysis of Series and Shunt Active Filter

A-rong Kim, Jong-hyun Bang, MinWon Park, In-Keun Yu,
Department of Electrical Engineering, Changwon National University

Abstract - 전력시스템의 규모는 날로 증가하고 부하조건 역시 매우 다양해져 많은 수의 전력변환 장치가 사용되고 있으며, 변환장치에 사용되는 비선형성 전력반도체 소자의 사용은 고조파의 발생을 가져온다. 또한 대규모 부하의 초기기동에 의한 전압강하(Voltage Sag)가 일어나게 되어 전력시스템에 좋지 않은 영향을 주게 되며 고조파와 함께 전력의 품질저하 또는 기계적 오작동 등을 가져다 준다. 본 논문에서는 이런 전압, 전류의 전력품질 저하를 보상하기 위해 Active Filter를 적용한 예를 PSCAD/EMTDC 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 시스템 해석을 실시하였다. 본 연구를 통해 직·병렬 동시적용 Active Filter의 유용성을 확인할 수 있었다.

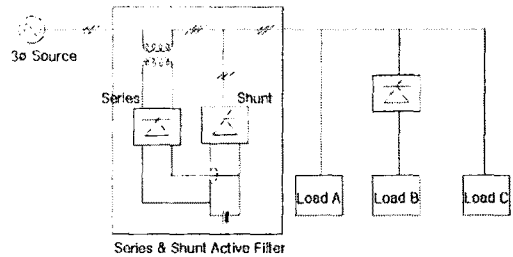


그림 1 직·병렬 Active Filter 시스템의 개념도

1. 서 론

최근 들어 국내에서도 전력품질 문제에 의해 발생하는 피해사례가 발표되고, 이에 따르는 손해배상을 한전에 요구하는 등 전력품질에 대한 관심이 증가하고 있다. 전력시스템에서 공급자와 소비자의 두 입장에서 생각해 볼 때 전력 공급자는 왜곡이나 기타 잡음이 없고, 일정한 주파수를 가지는 깨끗한 정현파 전압을 소비자에게 공급하여야 하며 전력 소비자는 정현파 전류에 가까운 부하 전류를 발생시켜야만 한다. 전력계통에 있어서 과거와 비교해 늘어가는 비선형 부하들과 다량의 전력변환기 등은 전력 품질에 무시할 수 없는 악영향을 미치는 문제점들이다. 전력 소비자의 전력 변환장치에서 발생하는 고조파 성분은 계통의 전압을 왜곡시켜 결과적으로 계통의 전력 품질을 저하시킨다. 또한 부하의 갑작스러운 증가로 인해 생기는 순간전압 강하는 컴퓨터와 각종 자동화 제어기에 장애를 일으켜 산업 전반적인 시스템에 나쁜 영향을 미치고 있다.^[1-2]

따라서 본 논문에서는 PSCAD/EMTDC 전력시스템 해석 프로그램을 사용하여 임의로 발생시킨 고조파전류와 부하를 순간적으로 증가시켜 이로 인해 선로상에 발생하는 순간전압 강하 보상을 위한 직·병렬 Active Filter를 해석하고 시뮬레이션을 통한 결과를 보고한다.

2. 개념도

전체적인 시스템의 상세 내용은 그림 1과 같다. 이때 Load A는 순간적인 전압강하를 발생시키는 부하를 나타낸 것이고 Load B는 전력 반도체 소자를 통한 비선형 부하이며, Load C는 정상부하이다.

3. 고조파 전류 보상 해석

3.1 고조파전류발생

PSCAD/EMTDC를 이용하여 우선 기본적인 전력시스템 선로의 정현파 발생을 확인하고 그 선로에 임의로 고조파전류를 발생시켜주기 위해 3상 풀 브릿지 다이오드를 연결하였다. 이것에 흐르는 전류를 FFT 변환한 결과 그림 3에서와 같이 위상이 0°인 a상에서는 정상전류성분이 54%의 비율로 나타났고 5,7,11고조파전류가 각각 25%,18%,3%의 비율로 나타났다.

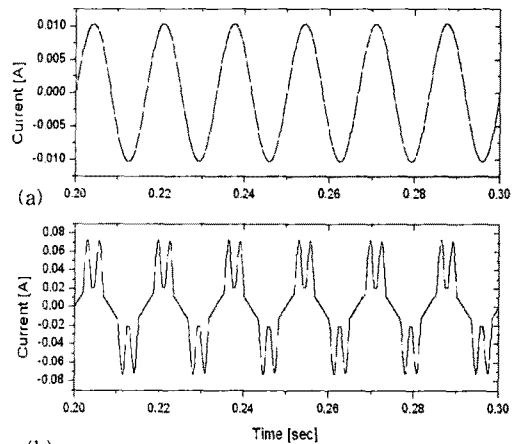


그림2 (a)선형부하에 의한 정현파 전류, (b) 비선형 부하에 의한 전류

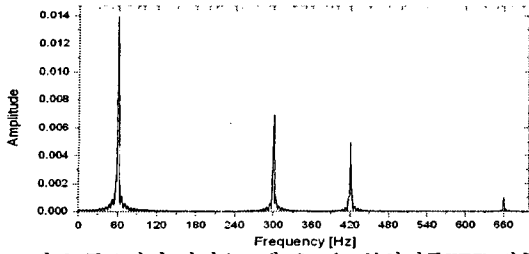


그림 3 폴브릿지 다이오드에 흐르는 부하전류FFT 변환

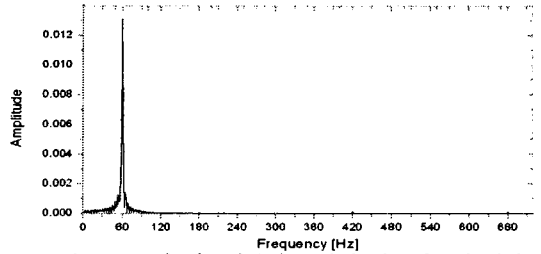


그림 7 고조파 전류성분이 보상된 계통전류의 결과

3.2 고조파전류보상 Active Filter

비선형부하로 인해 발생한 파형은 정상전류성분과 고조파 전류 성분이 함께 있는 파형으로 이 파형에서 정상성분을 제외한 고조파전류만을 추출하여 컨버터로 보상하기 위해 그림4와 같은 Active Filter를 위한 제어 블록 다이어그램을 만든다.

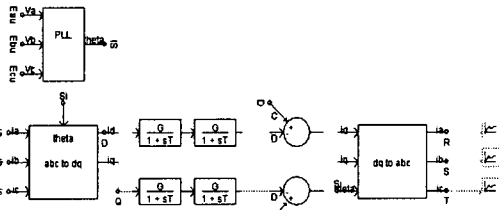


그림 4 고조파전류 보상위한 Active Filter 제어 블록 다이어그램

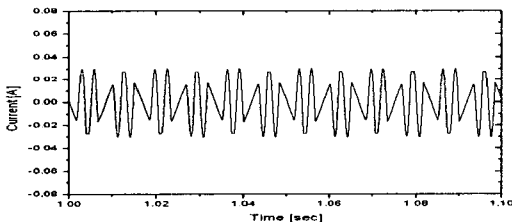


그림 5 Active Filter 통해 발생된 고조파 성분 전류 파형

Active Filter를 통과한 후의 출력전류 파형은 그림5와 같이 각 상의 정상전류성분을 제외한 고조파 전류성분만을 포함하게 된다.

그림 5의 출력파형을 FFT한 결과 정상전류성분을 제외한 5,7,11 고조파전류 성분만이 추출 된 것을 알 수 있었다. 본 출력 전류를 컨버터의 출력전류로 하고 전력시스템에 병렬로 연결하면 폴 브릿지 다이오드 회로에서 나오는 고조파전류를 상쇄시켜 결국 전력시스템에는 정상전류성분만이 존재하는 전류가 흐르게 된다.

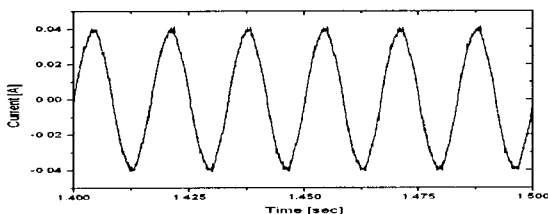


그림 6 Active Filter의 보상전류에 의해 고조파성분이 보상된 계통전류

그림8은 시뮬레이션 해석에 사용된 고조파 전류보상 Active Filter의 회로 및 주변 전력시스템에 관한 EMTDC 실제 회로도이다.^[4-6]

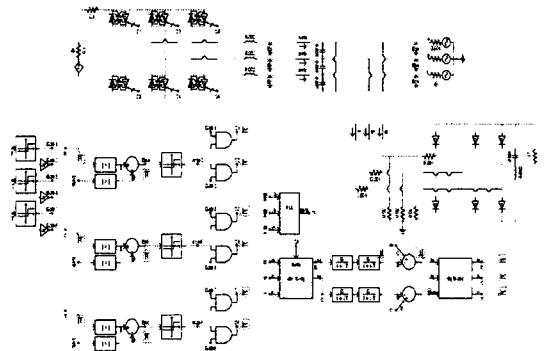
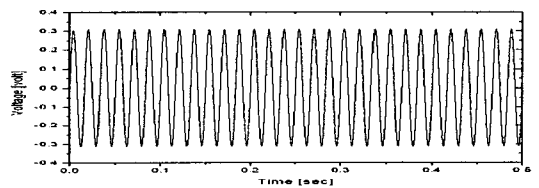


그림 8 PSCAD/EMTDC에 사용된 고조파전류보상 회로도

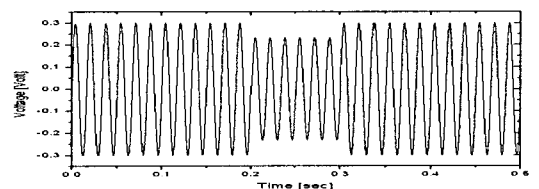
4. 전압 강하 보상

4.1 전압강하 발생

일반적인 시스템 선로에 전압강하를 발생하기 위해 임의로 Breaker를 사용, 0.2[sec]~0.3[sec]동안 갑작스러운 부하의 증가로 인한 순간전압강하를 발생시켰다.



(a)



(b)

그림9 (a) 정상상태의 전압파형 (b) 순간전압강하 발생한 전압파형

4.2 순간 전압강하 보상

갑작스런 부하의 증가로 인한 순간 전압강하를 보상해 주기 위해 3대의 단상 전압형 컨버터를 사용, 강하한 만큼의 전압을 컨버터에서 보상해주게 된다. 이때, 그림 10에서의 기준전압을 V_0 , 전압강하가 발생한 전압을 V_1 이라고하고, 이것을 보상하는 컨버터의 전압을 V_2 라 한다.

우선 얼마만큼 강하되었는지를 알아보기 위해 V_0 와 V_1 의 차이를 구한다. 그림10에서와 같이 이때에 나온 결과 값을 V_{ref} 라 하고 이것은 전압이 강하된 정도를 나타낸다.

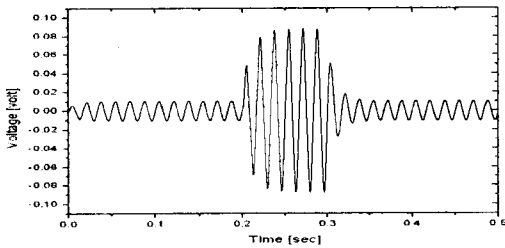


그림 10 계산을 통해 확인된 전압강하량 (V_{ref})

그림10의 V_{ref} 값은 각 상별 컨버터의 신호로 들어가게 되고 컨버터를 통해 나온 전압 V_2 의 파형은 그림 11과 같다.

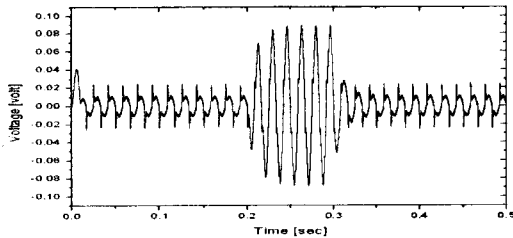


그림 11 컨버터를 통해 나온 전압보상전압파형(V_2)

그림 11의 전압 V_2 는 순간전압강하를 일으킨 전압 V_1 을 보상하게 된다. 즉, 강하된 만큼의 전압을 보충해 주게 되는 것이다.

이 전압보상 컨버터는 선로에 직렬로 연결이 되고 최종적으로 그림 9(b)의 순간전압 강하 파형과 그림 11의 각 상별 컨버터전압파형이 합해져 그림12와 같이 정상상태의 전압과 일치하는 출력전압이 된다.

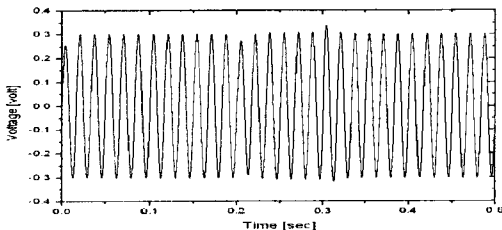


그림 12 전압강하 보상후의 계통전압 파형

그림13은 순간전압강하 보상 시뮬레이션을 위한 PSCAD/EMTDC 회로도를 나타낸 것이다.

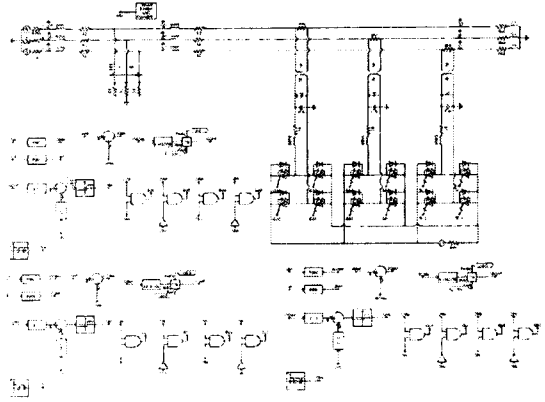


그림 13 PSCAD/EMTDC 전압강하보상 시뮬레이션 회로도

5. 결 론

본 논문에서는 전력 시스템에서 전력품질을 저해하는 요인으로 작용하는 고조파전류와 순간전압강하를 임의로 발생시킨 후 이것을 Active Filter로 보상하는 것에 대해 알아보았다. 이후, 보상회로의 전원부를 SMES 시스템을 적용하여 운전할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI04-01-03)의 일부지원과, 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원(02340-17)주관으로 수행된 것임.

[참 고 문 헌]

- [1] L. Gyugyi & C. Strycula : "ActiveAC Power Filters", IEEE/IAS '76 Annal Meeting, p. 529 (1976).
- [2] Mauricio Aredes, Edson H. Watanabe : "New Control Algorithms for Series and Shunt Three-phase four-wire Active Power Filters", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 10, No. 3, pp.1649-1656, July 1995.
- [3] 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.
- [4] W. M. Grady, M. J. Samotyj, and A. H. Noyola : "The application of network objective functions for actively minimizing the impact of voltage harmonics in power systems", IEEE Trans. on Power Delivery, vol. 7, pp.1379-1386, 1992.
- [5] H. Akagi, Y. Kanazawa, A. Nabae : "Instantaneous reactive power compensators comprising switching devices without energy storage components", IEEE Trans. on Ind. Application, vol. IA-20, pp.625-630, 1984.
- [6] Minwon Park, Kenji Matsuura, Masakazu Michihira : "A Novel Simulation Method of PV cell using
- [7] Math H, J. Bollen "Understanding Power Quality Problems Voltage Sags and Interruptions" IEEE, Inc., New York, 2000