

대용량 상업용 에어컨의 고조파 저감을 위한 Active Power Filter 시스템 개발

이동근, 채승우, 이용화, 오정언, 정달호
LG전자

Active Power Filter System for Harmonics Reduction of Large Capacity Commercial Air-Conditioner

Donggeun Lee, Seungwoo Chae, Yonghwa Lee, Jeongeon Oh, Dalho Cheong
LG Electronics

ABSTRACT

최근 대다수의 상업용 에어컨 분야에서는 제품의 효율 상승 및 운전 영역 확대를 위해 대용량 고효율 인버터를 사용하고 있으며, 이로 인해 계통 입력 전류의 고조파 성분이 증가하여 역률 저하, 발열 뿐만 아니라 여러 가지 계통 사고의 원인이 되고 있다. 본 논문에서는 인버터가 적용된 대용량 상업용 에어컨의 입력 전류 고조파 성분을 저감하기 위한 3상용 Active Power Filter 시스템 기술을 제안한다. 또한 제안된 시스템을 실제 제품에 적용함으로써 계통 입력 전류의 고조파 저감 성능을 확인 하였다.

1. 서 론

본 논문에서 다루고자 하는 Active Power Filter는 한 대의 실외기에 다수의 실내기를 자유롭게 조합하여 사용할 수 있는 대용량 상업용 시스템 에어컨에 적용되어 입력 전류의 고조파를 저감하는 기술이다. 현재 대용량 상업용 에어컨에는 압축기 구동을 위하여 인버터를 사용함으로써 부분 부하 및 전체 시스템 효율이 향상 되었다. 하지만 인버터 시스템에 적용된 입력 측의 AC/DC 전력 변환기에 의해 발생된 비선형적인 부하 특성으로 인해 계통 입력전류에 고조파 증가 및 역률 저하를 일으키게 된다. 이에 따라 계통 입력 전류의 고조파 저감 및 역률 향상을 위한 시스템 개발이 필요하며, 향후 입력 전류 고조파 규격 기준 강화 시 이에 대응 할 수 있는 대책이 필요하다. 표 1은 대용량 인버터에 관한 계통 입력 전류 고조파 국제 규격 규격인 IEC EN61000-3-12 관한 내용이다. 표 1의 자세한 내용은 다음과 같이 5차, 7차, 11차, 13차에 해당하는 저차별 고조파와 함께 40차까지의 고조파 성분 값인 THD(Total Harmonics Distortion), 고차 고조파 규제에 해당하는 PWHD(Partial Weight Harmonics Distortion)의 내용으로 되어 있다. 본 논문에서 개발된 Active Power Filter는 고조파 규제 중 최상위 등급인 Grade1 규격 만족을 목표로 개발 한다.

표 1 IEC EN61000-3-12 고조파 규제

Grade	Minimal R_{ov}	I_p/I_1 [%]				Harmonic current distortion factors [%]	
		I_5	I_7	I_{11}	I_{13}	THD	PWHD
1	33	10.7	7.2	3.1	2	13	22
2	66	14	9	5	3	16	25
3	120	19	12	7	4	22	28
4	250	31	20	12	7	37	38
5	≥ 350	40	25	15	10	48	46

For Even Harmonics < order 12, Limit=16/n [%]
For Even Harmonics \geq order 12, Limit=THD, PWHD

2. 본 문

2.1 시스템 구성도

Active Power Filter는 그림1과 같이 실시간으로 대용량 상업용 에어컨의 3상 입력 전류를 검출하고 고조파 추출 제어 알고리즘을 통해 각 상별, 고조파 차수별 고조파 성분을 추출하게 되며 독립적인 전류제어기를 통해 발생된 고조파 만큼의 전류를 입력 전류 계통에 역으로 주입하여 고조파를 저감하게 된다. Active Power Filter 구성은 크게 2Level 인버터로 구성되어 있는 Main PCB와 LCL형태의 계통 연계형 필터 그리고 EMI 저감을 위한 Noise 저감 필터로 구성되어 있다. 또한 인버터 및 필터에서 발생하는 발열을 저감하기 위해 제품 하단부에 방열판과 쿨링팬을 설계 하였다.

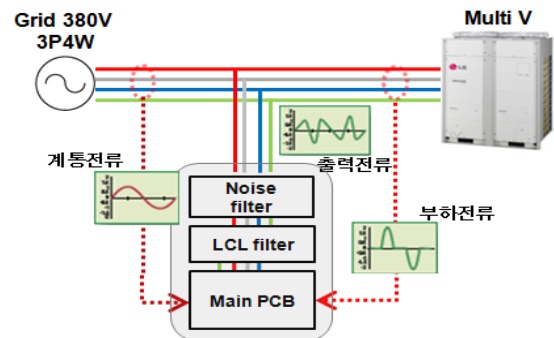


그림 1 Active Power System 구성도

2.2 10KVA급 Active Power Filter

그림 2는 Main PCB, LCL 필터, Noise 필터로 구성된

실제 10KVA급 Active Power Filter 제품의 모습이다. 2Level 인버터 스위칭 소자는 제품의 정격 및 방열 온도를 고려하여 설계하였으며, DC Link 부분의 전해 커패시터 용량은 3상 입력 전압 및 Cap. Ripple 전류, 내.외부 온도를 고려하여 직병렬 조합으로 구성 하였다. EMI Filter 부분은 Noise 최소화를 위해 2단 필터로 구성하였으며, 계통 연계형 필터는 재료비 및 필터 Size 저감을 위하여 LCL필터로 구성하였고 제품 정격 용량에서 출력전류의 THD 및 무효전류 성분을 고려하여 설계 하였다. 제품 하단부에 설계한 방열 구조는 강제 대류 방식을 적용하여 인버터 스위치 및 LCL 필터의 발열을 저감하였으며, 온도 신뢰성을 만족하는 범위에서 최적화 설계를 진행하였다.

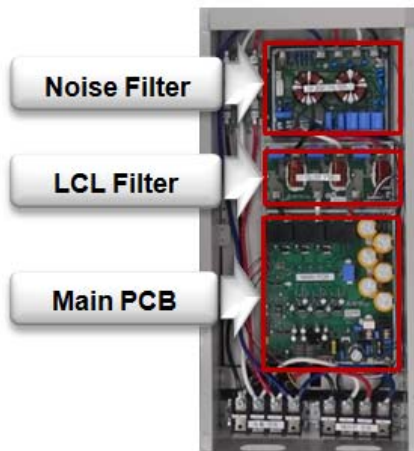


그림 2 Active Power Filter 제품 모델

2.3 Active Power Filter 성능 시험 결과

그림 3은 Active Power Filter 성능 시험 결과 이며 각각 계통전압, 부하 전류, 보상전류, 계통 전류 파형이며 보상전류 주입을 통해 계통전류의 고조파가 저감됨을 확인 할 수 있다. 그림4와 5는 고조파 저감 알고리즘 보상 전, 후의 계통 입력전류의 THD와 PWHD를 나타낸 값이며, 개발된 제품 성능 시험 결과 IEC 고조파 규제 최고 기준인 Grade1을 만족함을 확인 할 수 있다

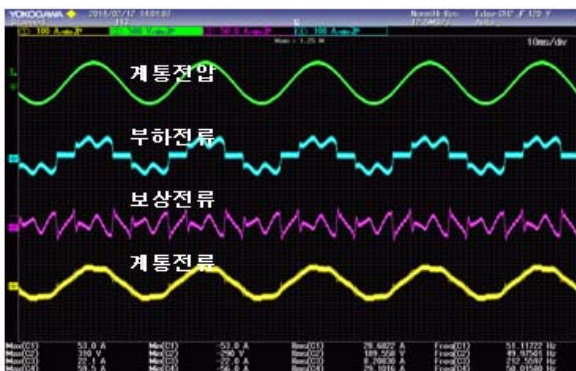


그림 3 실험 파형

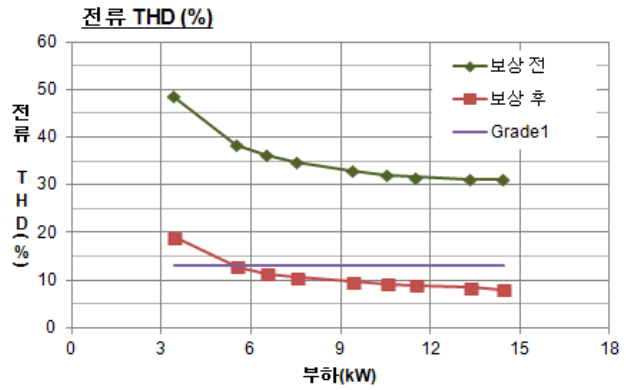


그림 4 보상 전, 후 입력 전류 THD

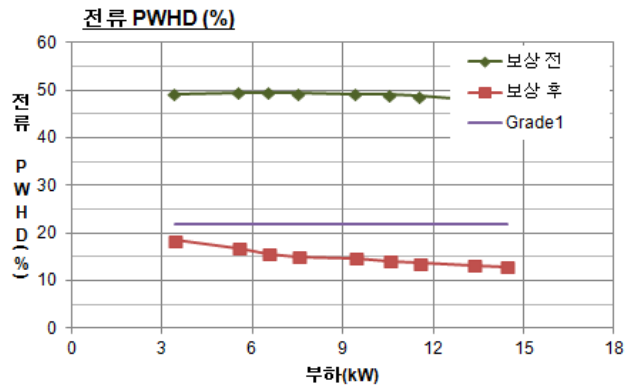


그림 5 보상 전, 후 입력 전류 PWHD

3. 결론

본 논문에서 10KVA급 인버터와 계통연계 LCL필터, Noise 필터로 구성되는 Active Power Filter 시스템을 설계 및 제작 하였다. 개발된 시스템은 대용량 상업용 에어컨 시스템에 적용하여 성능을 검증하였다.

검증 결과 IEC EN61000-3-12 고조파 규제 항목 중 가장 높은 등급인 Grade1을 만족함을 확인하였다. 개발된 Active Power Filter 기술은 3상 전원을 사용하는 에어컨 및 대용량 칠러 등의 냉동공조 제품에 확대 적용이 가능할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] Luis A. Moran, Juan W. Dixon and Aogel R. Wallace, "A Three-phase Active Power Filter Operating with Fixed Switching Frequency for Reactive and Current Harmonic Compensation", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 42, No. 4, August 1995.
- [2] Hirofumi Akagi, Yoshihira Kanazawa and Akira Nabae, "Instantaneous Reactive Power Compensators Comprising Switching Devices without Energy Storage Components", IEEE Transaction on Industry Applications, Vol. IA-20, No.3, May/June 1984, pp.625-631..