



전력계통에서의 고조파 개선 사례 연구

김경철/홍익대학교

김창원, 한종영, 이진석, 한성배/(주) 피에스디테크

1. 서론

최근 power electronics 응용 기기의 사용증가로 비선형 특성부하에 의한 고조파가 상당히 발생하고 있으며, 고조파에 의한 영향이 심각한 수준에 이르고 있다. 빌딩의 인테리전트화에 의한 OA기기 및 자동화에 따른 다량의 고조파가(특히 영상분 고조파)변압기 과열, 중성선과열, 소음·진동, Noise 등의 현상으로 나타나고 있으며, 공장의 전력변환장치 사용증가에 따라 지금까지 고려되지 않았던 여러 가지 현상이 나타나고 있다. 또한, 에너지 절약을 위하여 설치한 인버터에 의한 고조파로 오히려 역률이 기대치 이하로 저하되는 현상을 초래하기도 한다. 본 연구는 이상의 고조파 현상에 대한 개선 사례를 중심으로 제시하여 실제 현장에서의 기술자에게 도움을 주고자 한다.

2. 본론

2.1 Active filter 설치 사례

2.1.1 Active filter 원리

그림 1은 Active Filter의 원리를 나타낸 것으로 비선형 부하에서 발생하는 고조파를 센싱하여 Active Filter의 Signal Processor에서 고속분석 한 후 IGBT 등의 소자를 통한 고속 Switching으로 반대파형의 전류를 보내는 것으로 부하에서 발생하는 고조파 분을 벡터적으로 상쇄하여 전원측의 전류를 정현

파로 유지하는 것이다. 그림 2는 Active Filter의 내부구성을 나타낸 것이다.

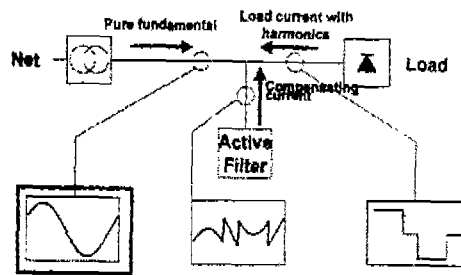


그림 1 Active Filter 원리

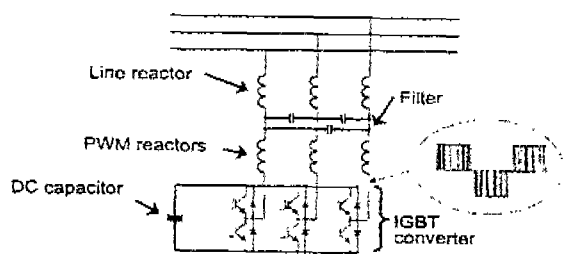


그림 2 Active Filter 내부구성

2.1.2 Active Filter 선택

최근의 Active Filter는 고조파 저감차수를 선택 조정할 수 있고, 개선효과가 좋아 쉽게 사용할 수 있으나 제작사별로 가격과 기능 면에서 차이가 있어 선택에 주의해야 한다.

표 1 제작사별 Active Filter의 주요 차이점

구분	3상부하 영상분 고조파 제거	우수 고조 파 제거	선택 차수	자체 소비전력
S사	불가능	불가능	4개(5,7,11,13)	10%
A사	가능	가능	15개(2~ 50차 중)	Unit 당 8kW

2.1.3 Active filter 설치 결과

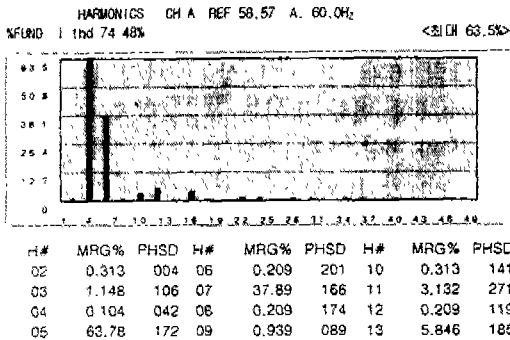
표 2는 경북 구미 OO공장에서 Active Filter를 설치한 후 74.48%의 고조파 전류를 4.783%로 개선한 사례를 비교한 표이며 표 3은 개선 전·후의 측정 Data이다.

표 2 Active Filter 설치 개선사례

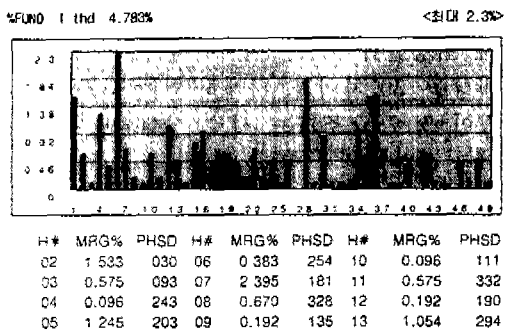
항 목	Filter 설치 전	Filter 설치 후
1. 부하전류량(A)	76.45	63.01
2. 전류 고조파 함유량	74.48%	4.783%
3. 역률	0.76	0.98

표 3 고조파 개선 전·후 측정 Data

〈고조파 전류 개선전〉



〈고조파 전류 개선후〉



2.2 Passive Filter 설치사례

2.2.1 Passive filter 개요

Passive Filter는 고조파 전류를 바이패스 하기 위해 콘덴서와 리액터를 직렬로 조합시켜 특정차수에 대하여 저 임피던스 분포를 만들어 주는 것으로 그림 3과 같이 저차형 고조파 저감을 위한 Band-Pass Filter와 고차형의 High-Pass Filter 등으로 구분되며 그림 4와 같은 임피던스 특성을 가지고 있다.

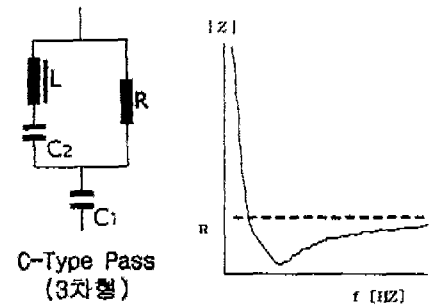
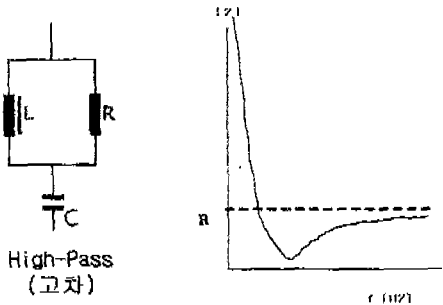
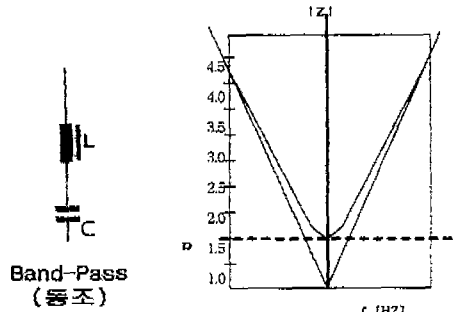


그림 3 Passive Filter의 종류 특성

그림 4 Passive Filter 별 임피던스

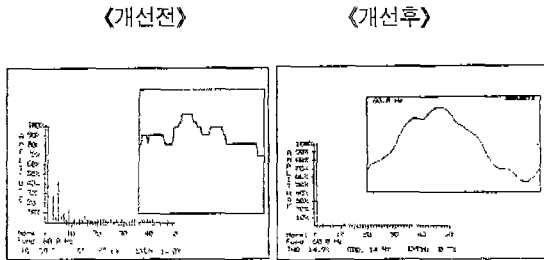
2.2.2 Passive filter 용량선정

Passive Filter 용량선정시 계통에 필요한 무효분(콘덴서 용량)을 구하고 각 조파별로 필요한 콘덴서 용량으로 분배한 후 고조파 차수에 따라 용량에 맞는 리액터 용량을 구하는 순으로 한다. 이때 Q 값을 얼마로 할 것인지, 콘덴서에 과전류가 유입될 수 있는지, 전원계통과의 병렬 공진영향은 없는지 등을 검토하여야 한다.

2.2.3 Passive filter 설치 결과

표 4는 충북 진천 K공장에 Passive Filter를 설치하여 59.3%의 고조파를 14.9%로 개선한 사례를 나타내고 있다.

표 4 수동필터 설치후 개선사례



2.3 리액터 설치 고조파 저감

그림 5와 같이 인버터의 전원측에 AC 리액터를 설치하거나 DC 측에 DC 리액터를 설치하면 콘덴서에 의한 전류의 피크값을 완화시켜 고조파를 개선하는 효과가 있다.

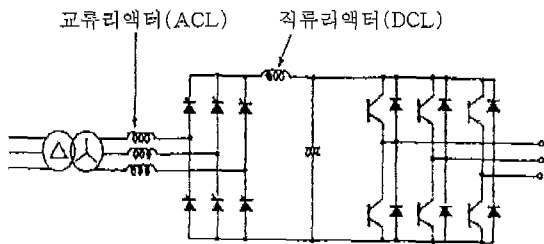


그림 5 인버터 (직류전압 평활형 콘덴서 내장)의 ACL, DCL 설치

리액터 용량이 클수록 고조파 개선효과가 크지만 (5% 이상이면 큰 차이 없음) 전압강하를 고려하여 적정용량을 선정해야 한다.

표 5는 경북 OO공장에서 3%의 리액터를 설치하여 고조파를 저감한 사례이다.

표 5 ACL, DCL 설치후 저감사례

Motor			ACL/DCL 미설치				비고
전압 (V)	Hz	극수	전류 (A)	THD (%)	Inverter 출력전류 (kW)	전력 (kW)	
350	20	6	9.8	239	27.2	6.4	
380	30	6	22.0	202	37.8	14.5	
380	40	6	43.4	173	50.8	28.6	
380	50	6	83.9	122	80.9	55.2	
380	60	6	157.2	102	128.4	103.5	

ACL 설치 (75kW용)			DCL 설치(90kW용)				비고
전류 (A)	THD (%)	Inverter 출력전류 (kW)	전류 (A)	THD (%)	Inverter 출력전류 (kW)	전력 (kW)	
7.1	190	22.4	47	60	160	25.8	3.9
17.5	156	31.3	11.5	15.0	127	37.4	9.9
31.9	126	41.8	21.0	29.0	101	50.3	19.1
71.0	94	67.6	46.7	64.0	73	81.9	42.1
140.7	73	106.1	92.6	121.0	43	128.8	79.6

2.4 Phase shift TR 설치 개선사례

2.4.1 변압기의 다펄스화

그림 6과 같은 12상 변환장치에서 A Bank 6상 변환 장치는 Y-Y 접속되어 있고 B Bank 6상 변환 장치는 D-Y로 되어 있어 A Bank와 B Bank는 위상이 30°차이가 있다. 이와같은 계통에서 전류 IA와 IB의 벡터 합은 5, 7 고조파가 Cancel 되어 고조파가 현저히 개선된다.

2.4.2 Phase shift TR의 원리

그림 7과 같이 A·B Feeder중 B Feeder에 위상변위 TR을 설치하여 A·B Feeder 위상을 30°차이가 나게하면 벡터표에서와 같이 5, 7 고조파는 서로 상쇄되도록 되어 있다.

2.4.3 Phase shift TR의 설치 및 개선사례

그림 8은 서울 S빌딩에 Phase Shift TR을 설치하여 고조파전류 35.2%상단을 8.5%하단

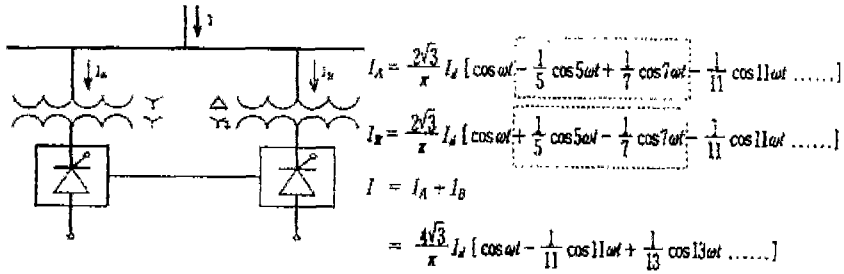


그림 6 12 Pulse Converter의 예

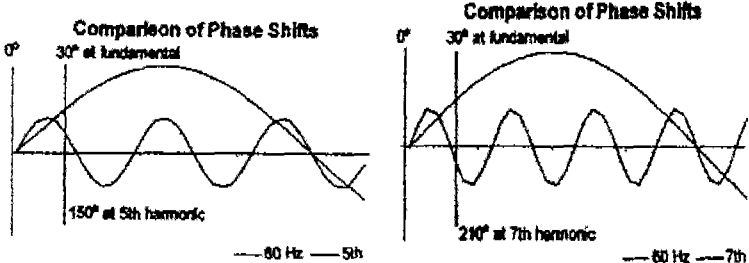
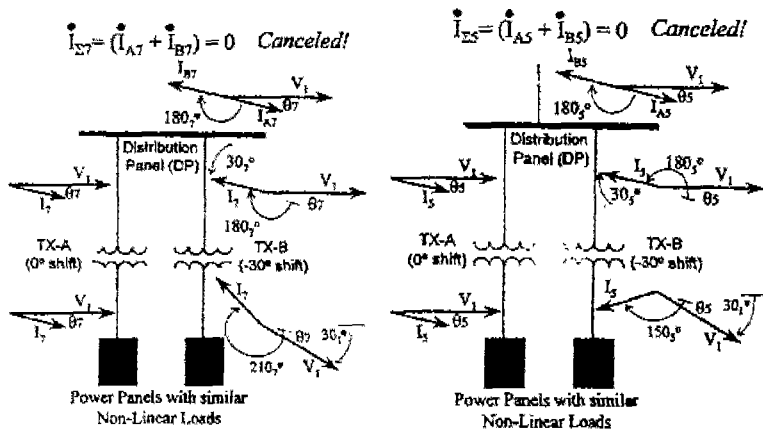
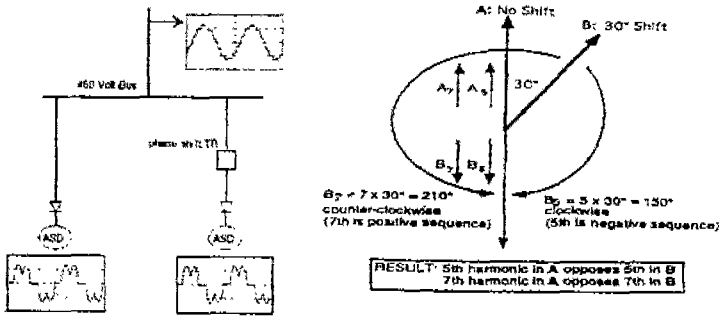


그림 7 고조파 Cancel Vector

으로 감소시킨 사례를 나타내었다.

2.5 UHF 설치 개선사례 (Universal Harmonic Filter : LINEATOR)

2.5.1 UHF 개요

최근에 개발되어 현장에 적용되고 있는 Filter로 가격은 Passive Filter 수준이나 개선 효과가 크고 Passive Filter의 단점인 공진, LC값 고정 등의 문제점이 없어 앞으로 확산될 것으로 보인다. 원리는 제조업체별로 약간 상이하나 그림 9와 같이 구성되어 있다.

UHF는 설치가 간단하고 유지관리가 단순한 장점이 있으나 계통에 직렬로 들어가고 UHF 2차 전압 및 전압 THD가 상승하는 단점이 있다(최대치는 같고 실효치만 약간 증가하므로 실용상 문제 없음).

2.5.2 UHF 설치 결과

표 6은 강원 원주 S빌딩에 UHF를 설치하여 개선된 전류파형을 나타내고 있다.

2.6 중성선 영상분고조파 개선사례(NCE : Neutral Current Eliminator)

2.6.1 NCE 내부구조

NCE는 그림 10과 같이 같은 철심에 다중의 권선이 감겨져 있으며 2개의

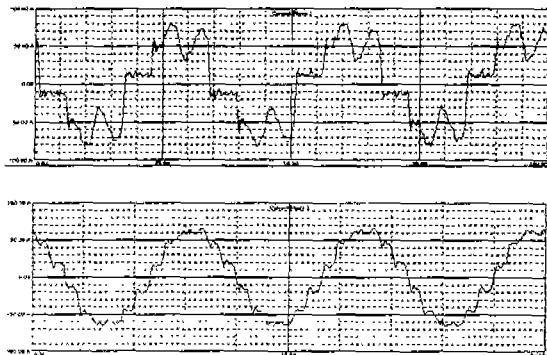


그림 8 위상변위 TR을 설치하여 개선한 사례

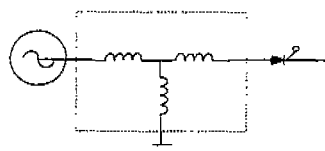


그림 9 UHF 내부구성

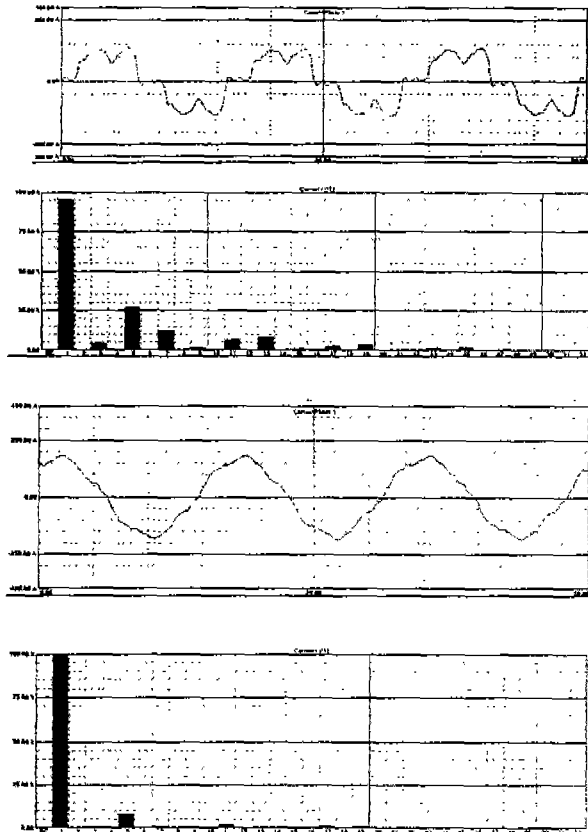
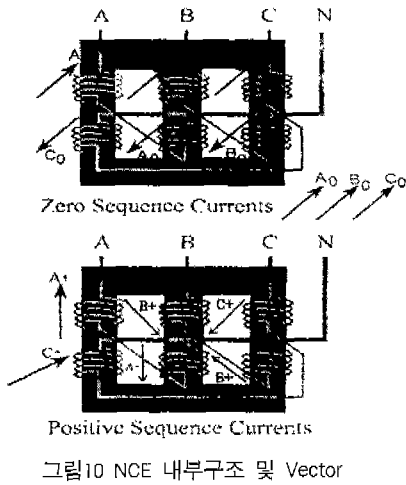


표 6 LINEATOR 설치 전·후 측정결과



상이 서로 반대로 결선되어 있어 영상분 자속은 Cancel되고 정상 및 역상분 자속은 Cancel 되지 않는 구조로 되어 있다. 즉 영상분 임피던스가 낮은 일종의 Zig-Zag 결선이다.

2.6.2 NCE 설치 영상분고조파 흡수

각상의 기본파는 중성선에서 Vector 합이 되어 0으로 되지만 각상의 영상분고조파(3.6.9 고조파)는 중성선에 0이 되지 않고 스칼라 합으로 나타난다. 이러한 이유로 빌딩의 3상4선식 중성선에는 많은 전류가 흐르게 되어 대지 전위 상승 및 과열 소손등의 원인이 된다.

그림 11과 같이 중성선 말단에 NCE를 설치하여 영상분은 NCE를 통하여 순환 되도록 하고 3상4선식 중성선에는 역상 및 정상분 고조파만 흐르게 하는 것이다.

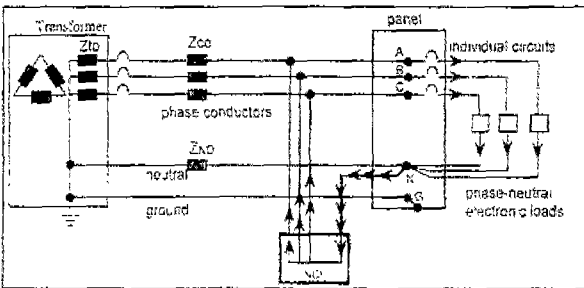
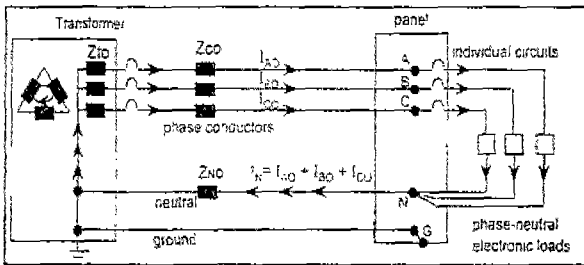


그림11 영상분 고조파 흡수

2.6.2 NCE 설치 및 개선사례

서울시 소재 L빌딩의 영상분 고조파의 저감을 위하여 NCE를 설치 개선된 사례를 표 7에 든다.

3. 결론

상기 고조파 개선 장치별 사례로 보아 각 장치별 장단점(가격, 설치면적, 효과 등)은 있다.

따라서 계통 및 부하종류, 운전조건 등에 따라 개선장치를 선정해야 한다.

이는 부하 사용의 여러 환경을 검토하고 전력계통을 분석해야 하는 기술적인 문제이므로 전문업체에 문의하여 고조파를 개선해야 한다.

구분	설치 전	설치 후	비고
상전류[A]	149	123	N상 전류 88%저감
THID[%]	66.3	31.7	
N상 전류[A]	208	25	
불평형률[%]	17.3	16.4	68~92% 저감
N상 전위[V]	3	0.25~0.97	

표 7 NCE 설치 전·후 비교