

고조파에 의한 중성선 과전류 개선사례 ①

글/강 창 원 (주)피에스디테크 대표이사/기술사
 이 진 석 (주)피에스디테크 기술이사
 ☎ 02)592-4598

Hook-On Meter로 중성선전류를 측정하면 큰 전류가 흘러 현장의 담당자를 어리둥절하게 만든다(중성선전류가 선전류보다 큰 경우가 있음).

대부분의 기술자는 이 경우 누전에 의한 것이 아닌가 하는 의구심을 갖게 되나, 실은 영상분 고조파에 의한 것임을 밝혀준다. 최근 OA기기를 많이 쓰는 빌딩은 전부 이 문제를 가지고 있다. 이 영상분 고조파는 변압기, 케이블, MCCB 과열의 원인이 되고(외국에서는 화재사고로 이어진 사례가 있음) 대지전위상승 등 Noise 원으로 작용해 큰 피해가 우려된다.

1. 고조파 전류는 전원측으로 유출된다

일반적으로 전력의 흐름은 전원측에서 부하측으로 흐르는 것으로 알고 있으나 고조파 전류는 부하측에서 전원측으로 흐른다고 이해하면 된다. 요즘 사용이 증가하고 있는 Power

Electronics 응용기기(정류기, UPS, 컴퓨터 등)는 파형을 왜곡시키는 비선형 특성을 가지고 있으며 이때 발생하는 고조파 전류는 그림 1과 같이 부하측에 고조파 정전류원이 있는 것으로 간주하여 전원측으로 유출된다고 생각하면 된다.

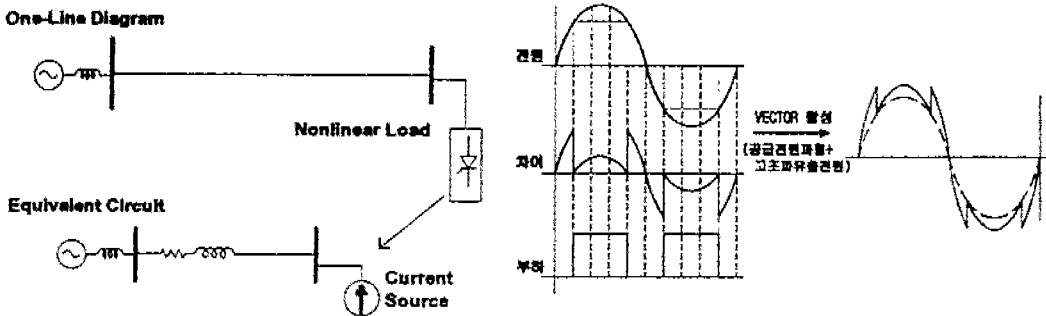


그림 1 고조파 전류 발생 및 유출

표 1 대칭좌표에 의한 고조파 구분

구 분	벡 터 도	고 조 파
정상분 고 조 파		$(3N+1) : 4, 7, 10, \dots$
역상분 고 조 파		$(3N+2) : 5, 8, 11, \dots$
영상분 고 조 파		$3N : 3, 6, 9, \dots$

이와 같이 전원측으로 유출되는 고조파 전류는 Power Electronics 응용기기의 사용증가에 따라 점점 증가하고 있으며 이와 비례하여 계통에 미치는 영향도 커지고 있다.

2. 영상분 고조파

고조파에 의한 불평형을 이해하기 위하여 정상, 역상, 영상의 개념을 도입하는데 그 구분은 1, 4, 7, 10, ... 으로 나타나는 정상분 고조파와 2, 5, 8, 11, ... 로 나타나는 역상분 고조파 그리고 3, 6, 9, 12, ... 로 나타나는 영상분 고조파로 나눌 수 있다(표 1).

이것은 다음과 같이 간단히 표시할 수도 있다.

고 조 파	1(기본파)	2	3	4	5	6	7	8	9
대칭분요소	+	-	0	+	-	0	+	-	0

3. 영상분 고조파의 발생원

고조파 발생차수를 나타내는 식은 다음과 같다.

$$h = np \pm 1$$

{

h : 고조파 발생 차수

n : 정수 (1, 2, 3, 4, 5, ...)

p : 정류기 상수

단상정류기 : 2

6상 정류기 : 6

12상 정류기 : 12

위의 식에서 정류기 상수별 발생하는 고조파 차수는 다음 표 2와 같다.



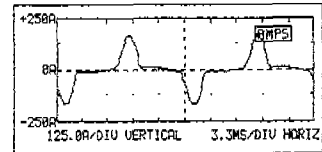
표 2 정류기 상수별 발생 고조파 차수

상 수	식	발 생 차 수							
		3	5	7	9	11	13	23	24
단 상 (P=2)	2×2±1 : 3, 5 3×2±1 : 7	○	○	○	○	○	○	○	○
6 상 (P=6)	1×6±1 : 5, 7 2×6±1 : 11, 13	-	○	○	-	○	○	○	○
12 상 (P=12)	1×12±1 : 11, 13 2×12±1 : 23, 25	-	-	-	-	○	○	○	○

위의 표에서 단상정류기는 3, 9 고조파 즉, 영상분 고조파가 발생하나 6상 및 12상 정류기에서는 영상분 고조파가 발생되지 않음을 알 수 있다.

표 3은 단상정류기에서 발생하는 고조파를 측정 한 것으로 측정 Data에서 알 수 있듯이 제3고조파가 기본파의 65.7%, 제5고조파가 37.7%, 제7고조파가 12.7%로 나타나고 있다.

컴퓨터, 복사기, 자판기, 전자식안정기 등 단상정류기에서는 주요발생고조파가 영상분 고조파인 제3고조파임을 알 수 있다.



Fundamental freq	AMP	PHASE	HARM	FCT	PHASE
FUND	100.0%	-27.	2nd	0.2%	65.
3rd	65.7%	-97.	4th	0.4%	-72.
5th	37.7%	-144.	6th	0.4%	-154.
7th	12.7%	113.	8th	0.3%	112.
9th	4.4%	-48.	10th		
11th	3.3%	-150.	12th	0.1%	142.
13th	1.5%	92.	14th		
15th	1.5%	-51.	16th		
17th	1.0%	-151.	18th		
19th	1.5%	84.	20th		
21st	0.6%	-41.	22nd		
23rd	0.0%	-140.	24th		
25th	0.4%	-64.	26th		
27th	0.2%	-85.	28th		
29th	0.2%	-122.	30th		
31st	0.2%	102.	32nd		
33rd	0.2%	54.	34th		

표 3 단상정류기 고조파 측정 Data

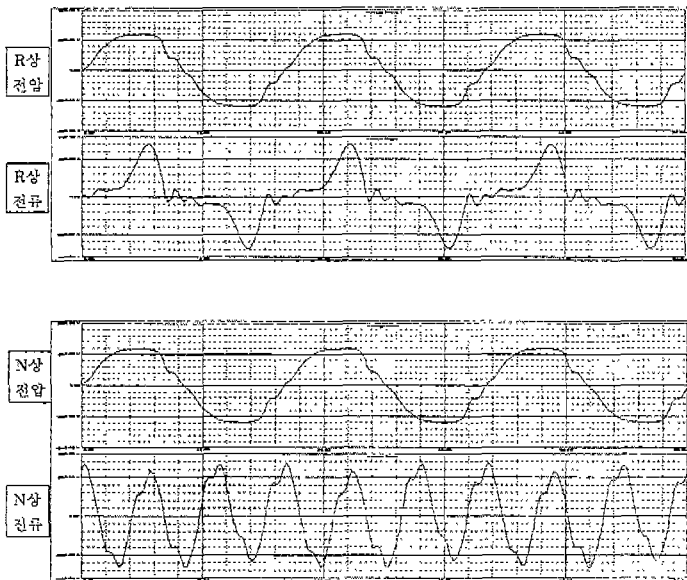


그림 2 ○○방송국 저압 간선의 R상, N상 전압, 전류 파형

4. 중성선 과전류 측정사례

그림 2는 ○○방송국 저압 3상 4선식의 주간선에서 R상의 전압, 전류와 중성선(N)의 전압, 전류를 측정한 값이다. 파형의 그림에서와 같이 R상에는 60Hz의 전류가, N상에는 180Hz(제3고조파)의 전류가 흐르고 있음을 알 수 있다.

측정 전류값을 수치로 나타내면 다음과 같다.

- 각 차수별 고조파 함유율

구 분	기본파	3고조파	5고조파	7고조파	9고조파	THD
R 상	100%	52.8%	30.7%	12.2%	7.4%	63.9%
N 상	100%	938.4%	14.1%	32.2%	125%	950.9%

- 각 차수별 전류 크기

구 분	기본파	3고조파	5고조파	7고조파	9고조파	실효치
R 상	130.6A	68.9A	40.1A	15.9A	9.6A	155A
N 상	22.4A	210.1A	3.2A	7.2A	71.8	214A

- R상에는 기본파 전류가 130.6A로 가장 크고 3고조파 전류가 기본파의 52.8%인 68.9A가 흐르는 반면 N상에는 기본파 전류가 22.4A 정도 흐르고 있으나 3고조파 전류는 기본파의 938.4%인 210.1A 흐르고 있다.
- R상에는 기본파 전류가 130.6A가 흐르며 N상에는 그 벡터합으로 0A가 흘러야 하지만 부하 불평형에 의하여 22.4A 정도 흐르고 있다.
- R상의 3고조파 전류는 68.9A이며 N상의 3고조파 성분은 개략 3배인 210.1A가 흐르고 있고 기본파 전류와 합성되어 214A가 흐르고 있다.
- 이와 같은 영상분 고조파에 의하여 R상에는 155A가 흐르고 있으나 N상은 이보다 큰 214A가 흐르고 있다.

○ 다음호에 계속 됩니다