

## 다수의 UPS 설치장소에서의 고조파 저감방안

최형철, 장정호, 한창동, 이인성  
한국수자원공사

### Harmonic reduction plan from multiple UPS installation place

Hyeong-Cheol-Choi, Jeong-Ho Chang, Chang-Dong Han, In-Seong LEE  
Korea Water Resources Corporation

**Abstract** - 산업현장에서 발생하는 고조파는 전력용콘덴서의 과열 또는 고장, 케이블의 절연열화, 보호계전기 오동작 또는 부동작, 자동화 및 제어설비 오동작 등 전기설비에 대해 막대한 피해를 주고 있다. 고조파의 발생원인은 전력전자 소자를 이용한 변환장치(정류기, 인버터)의 전원 변환시(DC→AC) 주로 발생되고 있으며, 그 발생원은 기기별, 계통구성별 등 그 특성에 따라 다양하게 발생되고 있다. 이 논문에서는 다수의 UPS 설치장소에서의 고조파 발생의 특성 및 그 영향에 대해 분석하고 저감방안의 실증을 통해 고조파에 대한 설비보호 방안을 제시하고자 한다.

#### 1. 서론

전기설비가 구성된 전력시스템에서 고조파가 발생되면 다양한 경로로 설비사고 및 오동작을 유발한다. 이 논문은 한국수자원공사의 신규 건축물에 설치된 다수의 UPS에서 발생하는 고조파에 대해 원인을 분석하고 대안을 제시하는데 있다. 이 신규 시설물의 용도는 원거리에 있는 설비를 중앙에서 원격감시를 하는 통합원격감시시스템을 운영하는 통제실로 어떠한 경우에도 원격감시시스템의 오동작, 부동작이 발생하여서는 안 되는 고 신뢰성을 유지해야하는 중요설비이다. 이 시설물에 설비운영을 위한 무정전공급장치가 7대가 설치되었고 이로 인해 접속케이블의 진동 또는 발열 등의 고조파에 대한 특이현상이 발생되었다. 따라서 설비운영에 효율성과 신뢰성을 유지하기 위해 발생고조파의 파형 및 원인과 영향을 분석하였고 그에 따른 저감방안을 도출하여 고조파 대책을 수립하였다. 특수한 현장 여건에 따라 발생하는 고조파에 대한 현장 실증을 통해 설비의 안전운영을 위한 검증된 기술의 적용사례를 공유하고자한다.

#### 2. 본론

##### 2.1 고조파 정의

고조파란 기본파의 정수배를 갖는 전압, 전류를 말하며 일반적으로 50조파까지를 말한다. 그 이상은 고주파(High Frequency)혹은 Noise로 구분된다. 전력계통에서 논의되는 고조파는 제5조파에서 37조파까지이다. 통상 왜형파는 그림 2.1과 같이 기본파와 고조파로 분해해서 해석할 수 있다.

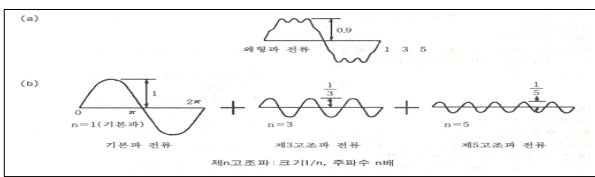


그림 2.1 고조파 분해 및 합성원리

##### 2.2 고조파 관련 규정

고조파 전압 및 전류의 발생은 전력계통의 전력품질 저하를 유발시켜 인접한 다른 수용가 및 같은 구내의 전력 이용설비 등에 악영향을 미치고 있다. 따라서 국제규격 IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 미국전기전자학회)은 고조파 전압 및 전류에 대한 기준치를 각각 표 2.1 및 표 2.2에서 규정하고 있으며 한전은 “전기 공급약관 제26조 전기사용에 따른 보호장치 등의 시설”에서 표 2.3과 같이 규정하고 있다.

표 2.1 고조파 전압기준(IEEE Std 519)

회로전압	각 고조파 성분의 최대	최대 종합 왜형률(THD)
69kV이하	3.0%	5.0%
69.001 ~ 161kV	1.5%	2.5%
161.001kV이상	1.0%	1.5%

표 2.2 고조파 전류 관리기준(IEEE Std 519)

(120~69,000V, 단위:%)

ISC/IL	Individual Harmonic Order(Odd Harmonics)					
	<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	35≤h	TDD
<20 *	1.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20-50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50-100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100-1,000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1,000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

표 2.3 고조파 허용기준 (한전 전기공급약관 제26조)

회로전압	가공선로가 있는 S/S에서 공급하는고객		지중선로가 있는 S/S에서 공급하는고객	
	전압왜형률 (%)	등가방해 전류(A)	전압왜형률 (%)	등가방해 전류(A)
66kV이하	3.0	-	3.0	-
154kV이상	1.5	-	1.5	3.8

##### 2.3 전력품질 분석

###### 2.3.1 측정일반

신축건축물 지하2층에 위치한 전기실에서 고조파 발생원으로 예상되는 UPS 전·후 단계 전력품질분석기(DEWE-3010)를 이용하여 전압, 전류, 전력, 고조파 등을 측정하였으며, 측정위치 도면은 다음과 같다.

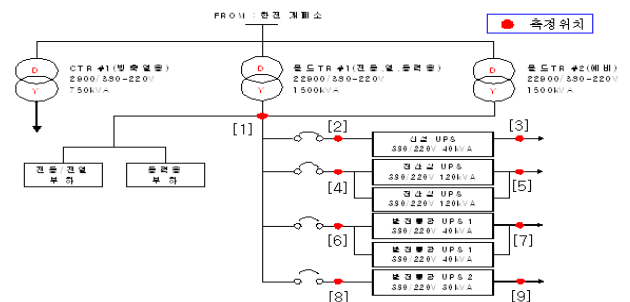


그림 2.2 전력 및 고조파 측정위치 도면

또한, 적외선열화상장비를 이용하여 환선상태에서의 전력설비, 케이블, UPS용 변압기 등의 이상 발열 여부를 분석하였다.

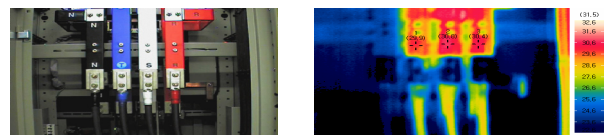


그림 2.3 열화상사진 촬영 예(ACB 관널 케이블)

### 2.3.2 측정결과

#### (1) 전력품질분석결과

고조파 측정결과는 표2.4과 같으며 UPS 설비에 대한 전압 왜형률 기준치는 IEEE 519에 의하면 5% 이하이다. 측정지점 4개소에서 4%내외로 측정되어 설비관리에 주의가 필요한 상태이며, 전류왜형률은 측정지점 2개소에서 기준치를 초과하는 상태로 측정되었으며 부하의 사용정도에 따라서 더 큰 값을 나타낼 수 있을 것으로 보인다.

표 2.4 고조파 측정결과

구분	V <sub>THD</sub> (전압왜형률, %)			I <sub>THD</sub> (전류왜형률, %)			
	THD(%) 측정값	THD(%) 규제값	판정	I-THD (I <sub>1st</sub> /I <sub>1</sub> ) (%)	I-TDD (I <sub>2nd</sub> /I <sub>1</sub> ) (%)	TDD 규제값 (%)	판정
측정위치1	4.6	5	요주의	17.3	3.8	8	양호
측정위치4	4.5	5	요주의	43	8.5	15	양호
측정위치5	1.7	5	양호	15.9	2.4	15	양호
측정위치6	3.9	5	요주의	53.6	3.7	15	양호
측정위치7	2.1	5	양호	35.7	10.1	15	양호
측정위치8	4.3	5	요주의	30.6	21.7	20	초과
측정위치9	1.2	5	양호	46.6	45	15	초과

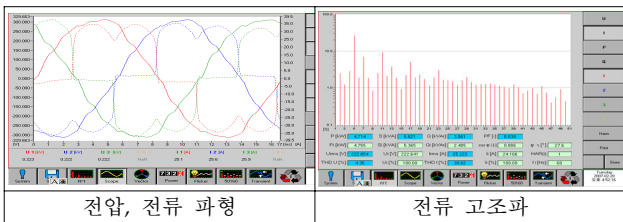


그림 2.3 측정위치8 전력품질 측정 자료

#### (2) 적외선 열화상 측정 결과

적외선 열화상 장비의 측정결과(표2.5 참조)는 29℃ ~ 31℃(주위온도 19℃)로 온도 상승으로 인한 문제점은 없는 것으로 나타났다. 다만, 다수의 UPS가 설치된 장소가 협소하여 하절기 주변온도 상승시 문제가 될 수 있을 것으로 판단된다.

표 2.5 적외선 측정결과

구분	설비명	세부기기	측정최고 온도(℃)	판정
측정위치1	ACB 판넬	케이블	31.5	양호
측정위치2	ATS 판넬	케이블	29.7	양호
측정위치3	발전통합용 UPS	변압기	82.0	양호

### 3. 고조파 저감방안

UPS에서 발생하는 고조파 전류로 인한 케이블 진동 및 열 발생 문제를 해결하기 위한 방안으로 순시적으로 변동하여 발생하는 고조파 전류에 대해 역위상의 고조파를 발생시켜 고조파를 제거하는 능동형고조파 필터를 대안으로 제시하여 설치하였다.

#### 3.1 능동형필터 설치

능동형필터는 인버터기술을 응용하여 부하와 역위상의 고조파를 발생시켜 기존의 고조파를 제거하는 원리로 개발되었으며 그 특징으로는 변동하는 고조파에 대응 할 수 있고, 전압변동의 저감 및 역률개선효과도 우수하다. 다만, 고차조파의 개선효과는 낮은 것으로 판명되었다. UPS에 설치한 능동형필터 사양은 380/220(V), 60(HZ),3P4W50(A)로 UPS 입력 측 전단 ATS 부하에 설치하였다.

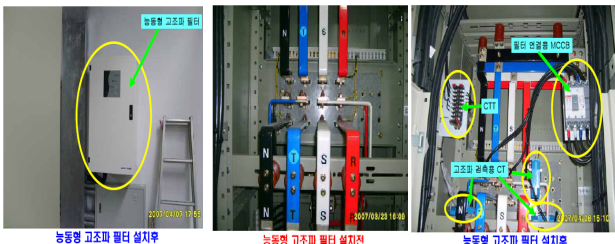


그림 3.1 능동형필터 설치전후 사진

#### 3.2 능동형필터 설치전후 측정자료 비교

능동형필터 설치결과 주요발생 고조파전류가 차수별로 최소43%에서 최대 66%까지 저감되어 전류 고조파 규제치가 규제치의 12%이내가

되는 결과가 도출되었으며 그외에 무효전력 34.65 (%), V<sub>THD</sub> 26.7 ~ 30.78(%), I<sub>TDD</sub>48.74~49.08(%) 등의 다양한 감소효과를 얻을 수가 있었다. 그러나 설비의 증가로 인해 유효전력은 조금 증가한 것으로 나타났다.

표3.1 능동형필터 설치전후 측정값 비교

항 목	단위	설치전	설치후	저감율(%)	
전 류	R상	A	203.7	185.68	8.85
	S상	A	194.27	175.54	9.64
	T상	A	192.23	169.89	11.62
유효전력	kW	104.7	106.43	101.65	
무효전력	kVA	81.28	53.12	34.65	
피상전력	kVAR	132.55	119.17	10.09	
역 률		0.78	0.9	115.38	
V <sub>THD</sub>	R상	%	4.72	3.3	30.08
	S상	%	5.1	3.53	30.78
	T상	%	3.52	2.58	26.7
I <sub>TDD</sub>	R상	%	16.91	8.61	49.08
	S상	%	16.58	8.48	48.85
	T상	%	16.66	8.54	48.74

능동형필터 ON/OFF에 따른 전류 실효치 비교는 전류실효치가 고조파 전류의 저감으로 인해 8.85~11.62(%)정도 감소되어 실효전류의 저감 효과가 나타났으며 피상전력은 평균 설치 전 132.55(KVA)에서 설치 후 119.17(KVA)로 저감되어 10.09(%) 정도의 저감 효과가 나타났다.

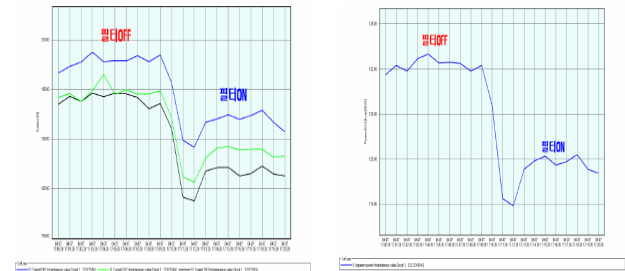


그림 3.2 필터 동작에 따른 전류 실효치 및 피상전력 비교

능동형필터 ON/OFF에 따른 R상의 차수별 고조파 전류의 비교는 그림 3.3과 같이 설치전 16.91(%)에서 설치후 8.61(%)로 49.08(%) 저감되는 효과를 얻을 수 있었다.

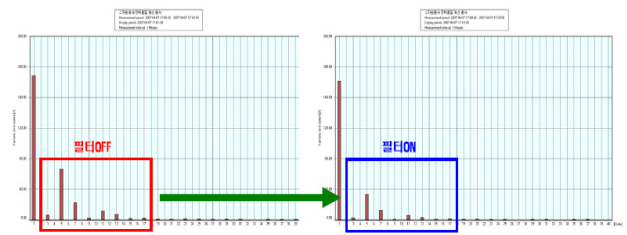


그림 3.3 필터동작에 따른 R상의 차수별 고조파 전류 비교

### 4. 결 론

다수의 UPS설치장소에서 발생하는 고조파를 저감하기 위해 능동형필터를 UPS입력 측 전단 ATS 부하에 설치하였다. 그 결과는 IEEE-519에서 제시한 전압/전류 고조파 규제치를 만족하였으며 또한, 전류저감, 피상/무효전력 감소, 역률개선 등의 부가적인 효과가 나타나 효율적인 설비개선 결과를 얻을 수 있었다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] 유상봉, "고조파 및 noise 방지대책"1997
- [2] 최홍규, "전원설비 및 설계", 성안당, 2001.9
- [3] 한국전기연구소, "EMI 기초연구"1987
- [4] IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic control in Electric Power system, IEEE std-519,1992
- [5] Enjeti, P. et al "Analysis and design of a new active power filter to cancel neutral current harmonics in three phase four wire electric distribution system" Industry Application Society Annual Meeting,1993, Conference Record of 1993 IEEE, vol.2, pp.939-946,2-8 Oct 1993.