2003년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2003.7.21-23

수도사업장 고조파 측정, 분석을 통한 관리기준 만족여부 조사

홍성택*, 이은춘, 신강욱, 임재일
한국수자원공사

To examine of management standard by the harmonics measured and analyzed in water supply field

Sung-Taek Hong, Eun-Chun Lee, Gang-Wook Shin, Jae-Il Lim
Korea Water Resources Corporation

Abstract - At the water supply field, high voltage induction motor is main facility of a load equipment. The motor is often out of order and its noise, generated heat, loss etc occured occasionally. especially, transmission motor for flux control generates an amount of the harmonics then have a bad influence upon the electric power system.
In this study, to analyze the total harmonics distortion of the water supply field receiving high voltage, the harmonics measured and analyzed using the PQA(Power Quality Analyzer) according to the electric power system and electrical load and the reduction method presented.

1. 서 론

산업현장에서 많이 사용하는 자동화 설비가 아주 소형화 추세로 변화하는 과정에서 제어장치에 전력전자 소자를 많이 사용하고 있다. 전력전자소자(반도체)의 특성은 제어성능이 우수한 반면에 전력의 임의적 변형에 따라 고조파를 많이 발생하고 있으며, 이를 근본적으로 막을 방법이 없는 실정이다. 이러한 계통에서 발생한 고조파는 전기계통에 상당한 악영향을 초래하므로 이에 대한 저감대책이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 전력전자소자를 이용한 펌프 속도제어, 전압안정화장치 및 전자화배전반 등을 많이 사용하고 있는 수도사업장에서 고조파발생원인 및 특성을 분석하고 이에 대한 국제적 관리기준 만족여부를 조사, 분석코자 한다.

제 2 장 본 론

2.1 고조파 발생원인

최근 전력 제어기술의 발전에 따라 전력전자(inverter/converter)장비를 이용한 기술이 다양화되고, 그 응용 범위가 확대되어 FA 및 OA용, 정보통신용 전원으로 무정전 전원장치가 필수적으로 시설되고 있으며, 또한 省에너지를 위한 전동기 가변속 구동장치가 많이 채택되고 있다. 이러한 무정전 전원공급장치나 전동기 가변속 구동장치는 전력변환기인 인버터를 사용하게 되며, 이러한 인버터에는 교류를 직류로 변환하는 콘버터(정류장치)가 접속되어있다. 그런데, 이러한 콘버터는 고조파 전류의 발생원으로서 이 고조파 전류가 각 콘버터로부터 집적되어 그림2.1에 나타낸 바와 같이 계통을 따라 전원까지 역류하고 있다.

이러한 고조파 전류는 전원으로부터 부하단까지의 임피던스에 의하여 전압강하를 일으키고, 이 전압강하에 따라 비록 전원전압파형이 정현파라 할지라도 부하단의 전압 파형은 왜형파가 된다. 이런 전압 찌그러짐은 각종 계전기 오동작, 정밀 전자기기의 동작 불량, 기기 손상 및 과열의 원인이 될 수 있다.

이러한 왜형파의 질을 나타내는 수치로는 통상, 종합 전압왜형율(Total harmonic Distortion) 및 고조파 함유율로 나타낼 수 있으며, 종합 전압왜형율은 기본파 성분 실효치에 대한 전체고조파 성분 실효치의 비율로 다음과 같이 나타낸다.

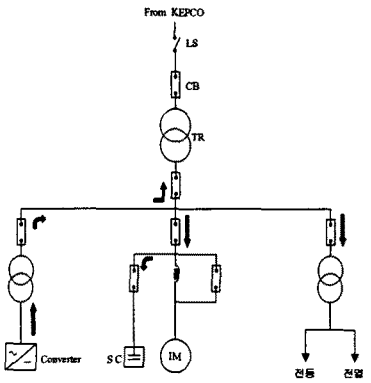


그림 2.1 고조파 흐름 경로

$$\text{종합전압왜형율}(THD) = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + \ldots V_n^2}}{V_1} \times 100\%$$

여기서, V_n : 제 n 차 고조파 전압의 실효치
V_1 : 기본파 전압의 실효치

또한, 특정 고조파 함유율은 어떤 차수의 고조파 성분 실효치의 기본파 성분 실효치에 대한 비율로,

$$\frac{I_n}{I_1} \times 100(\%) \quad \text{또는} \quad \frac{V_n}{V_1} \times 100(\%)$$

2.2 고조파 유출 경로

수용장소내의 전력계통에서 고조파 전류의 흐름특성은 계통의 임피던스에 따라 달라진다. 즉 주파수의 영향을 받는 교류 임피던스는 전류의 흐름을 방해하므로 임피던스가 낮은 쪽으로 흐르게 되며, 주파수의 영향을 받는 리액턴스가 유도성일 경우는 주파수에 비례하여 임피던스가 커지고, 용량성일 경우는 주파수에 반비례하므로 주파수가 높아질수록 임피던스가 작아진다. 이와 같이 고조파 전류는 계통의 등가임피던스에 따라 유출 및 분류특성이 달라지며 그 예는 그림 2.2와 같다.

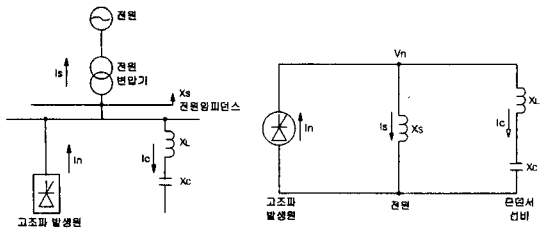


그림 2.2 고조파 전류의 유출 및 분류특성

2.3 고조파 관리기준

2.3.1 국제기준

고조파 관리기준은 국제전기전자기술자위원회(IEEE)가 중심으로 되어 가이드 라인을 책정하고 있으며, 이제까지의 전압 계급별로 정해진 총합 전압 왜곡률의 허용량 대신에 PCC(Point of Common Coupling)에서의 부하전류와 단락전류의 비에 응하여 고조파 전류의 허용량을 정한 새로운 표준이 제안되었다.(1992년, IEEE Std-519).

표 2.1, 2.2, 2.3 및 2.4는 그 일례로 배전계통에서의 전류 왜곡 허용량을 가리킨다.

표 2.1 배전계통(120V~69kV)의 고조파 전류 왜형율

개개의 고조파 수(홀수차 고조파)(I_L에 대한 %표시)						
Isc/I_l	<11	11≦h <17	17≦h <23	23≦h <35	35≦h	TDD
<20	4.0	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	20.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100 <1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
> 1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

TDD : Total Demand Distortion
Isc : Maximum Short Circuit Current at PCC
I_L : Maximum demand Load Current

표 2.2 배전계통(69kV~161kV)의 고조파 전류 왜형율

개개의 고조파 수(홀수차 고조파)(I_L에 대한 %표시)						
Isc/I_l	<11	11≦h <17	17≦h <23	23≦h <35	35≦h	TDD
<20	2.0	1.00	0.75	0.30	0.15	2.5
20 <50	3.5	1.75	1.25	0.50	0.25	4.0
50 <100	5.0	2.25	2.00	0.75	0.35	6.0
100 <1000	6.0	2.75	2.50	1.00	0.50	7.5
> 1000	7.5	3.50	3.00	1.25	0.70	10.0

표 2.3 배전계통(161kV이상)의 고조파 전류 왜형율

개개의 고조파 수(홀수차 고조파)(I_L에 대한 %표시)						
Isc/I_l	<11	11≦h <17	17≦h <23	23≦h <35	35≦h	TDD
<50	2.0	1.00	0.75	0.30	0.15	2.50
≥50	3.0	1.50	1.15	0.45	0.22	3.75

표 2.4 배전계통에서 고조파 전압 왜형율

계통 접속점 전압	개별고조파 왜형율(%)	총합왜형율 THD(%)
69 kV이하	3.0%	5.0%
69 kV ~ 161 kV	1.5%	2.5%
161 kV 초과	1.0%	1.5%

2.3.2 국내 기준

우리나라의 경우 고조파에 대한 기준은 자세히 명시하지 않았으며, 부분적으로 KS에 명시하고 있다.

(1) 무정전전원공급장치

KSC 4310에서 무정전 전원공급장치(UPS)를 1999년 개정판에 명시되어 있으며, 그 내용은 표 2.5와 같다.

표 2.5 무정전전원공급장치 고조파 규제값

구 분	전류 THD(%)				
	무부하	25% 부하	50% 부하	75% 부하	100% 부하
UPS입력(1차)	15 % 이하				
UPS출력(2차)	5 % 이하				

(2) 전자식 안정기

KSC 8100에서 형광램프용 전자식 안정기의 고조파 규제치를 명시하고 있으며, 그 내용은 표 2.6과 같다.

표 2.6 전자식안정기 고조파 규제값

구 분	전류 THD(%)
低 고조파 함유형	20 % 이하
高 고조파 함유형	30 % 이하

(3) 한국전력 전기공급 약관

한국전력의 경우 송, 배전계통에서 전압성분에 대한 고조파 함유량을 주로 하여 나타내고 있으며, 국제규격인 IEEE보다 약간 강화하여 규제하고 있다. 내용은 표 2.7과 같다.

표 2.7 한국전력 고조파 규제값

전 압	계 통	지중선로 S/S에서 공급하는 수용가		가공선로 S/S에서 공급하는 수용가	
	항 목	전압 왜형율(%)	등가 방해전류(A)	전압 왜형율(%)	등가 방해전류(A)
66kV 이하		3	-	3	-
154kV 이상		1.5	3.8	1.5	-

2.3.3 국내·외 관리기준 비교

표 2.9와 같이 국내·외 고조파 관련 규정을 검토한 결과 전압에 대한 규제치는 자세히 명시되어 있으나 전류는 부분적으로 되어 있다. 특히 우리나라의 경우는 전압, 전류에 대하여 부분적으로 일부기기만 나열한 수준이므로 이에 대한 관리규정 제정이 시급한 실정이다.

표 2.9 국내,외 고조파 규정비교

구 분	총합왜형율 (%)					
	전 압 (THD)			전 류 (TDD)		
	한국 (KEPCO)	일본 (JIS)	국제 (IEEE)	한국 (KEPCO)	일본 (JIS)	국제 (IEEE)
66kV 이하	3	5	5	30 (고.저압)	30 (고.저압)	5
154kV 이상	1.5	3	2.5	-	-	2.5

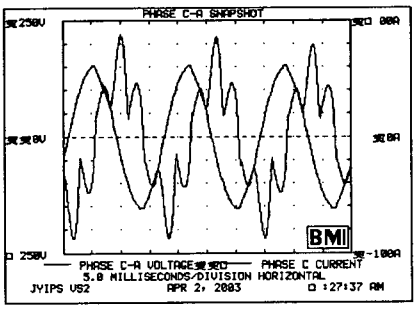
2.4 고조파 측정결과

2.4.1 측정일반

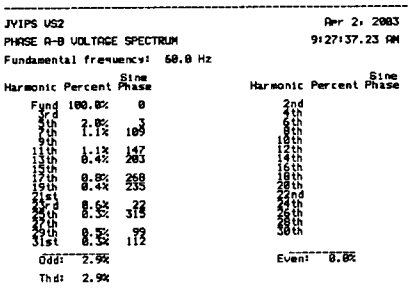
고조파 측정대상은 한강변에 위치한 취수장 전력계통을 중심으로 하였으며, 6.6kV 고압모타 (변속 -1,200Hp)를 대상으로 BMI8800(전원품질분석기)을 활용하였다.

2.4.2 측정결과

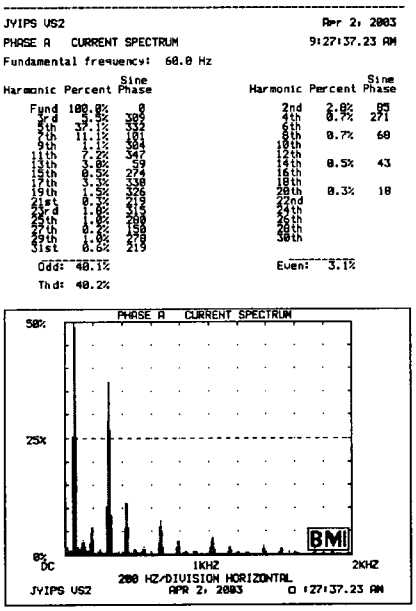
(1)고압모타 입력파형



(2)전압 고조파성분 함유량



(3) 전류 고조파 함유량



2.4.3 측정결과 분석

측정개소	총합왜형률(THD) %	
	전압	전류
고압 변속모타	2.9	40.2

고압 변속모타 전원측을 대상으로 고조파를 측정한 결과 전압성분은 국제규격을 만족하고 있으나, 전류성분은 기준치를 크게 벗어나고 있다. 이와 같은 이유는 고조파 필터가 제 기능을 다하지 못하기 때문으로 판단되며, 이를 개선하기 위하여 전원측 임피던스를 고려한 정확한 필터 설계기술이 요망된다.

3. 결 론

수도사업용 취수장의 고압변속모타를 대상으로 고조파를 측정한 결과 전압에 포함된 고조파 성분은 적은 것으로 나타났으나, 전류성분 고조파는 다소 많은 것으로 계측되었다. 따라서 고조파 발생기기 제작구매시 제작 및 구매 시방서에 고조파 규제치를 명시함은 물론, 기기자체에 필터를 내장토록 하여 고조파가 계통에 유출되는 것을 원천적으로 막을 수 있도록 하여야 한다.

또한, 국내·외 고조파 관리기준(규제)을 조사 분석한 결과 전압에 대한 규제치는 어느 정도 제시되어 있으나, 전류에 대하여는 국제전기전자기술자위원회(IEEE)에서만 제시하고 있다. 따라서 우리나라의 경우 고조파 관리기준(안)제정시 WTO/TBT협정체제를 맞이하는 국제적 현실을 감안하여 IEEE std-519규격을 따르는 것이 바람직하다고 판단된다.

〔참 고 문 헌〕

〔1〕 文庚贊, "노이즈 종합대책", 성안당, 1996.
〔2〕 한국전기연구소, "EMI 기초연구", 1987.
〔3〕 정용기, "전기설비 핵심 기초기술", 도서출판 의제, 1996.
〔4〕 최홍규, "전력사용시설물 설비 및 설계", 성안당, 1999.
〔5〕 전우문화사, 월간전기, '96년 3월호.
〔6〕 유상봉, "고조파 및 noise 방지대책", 2001.
〔7〕 IEEE Recommended Practices and Requirments for Harmonic Control in Electric Power System, IEEE std-519, 1992.