

고조파발생에 따른 영향과 대책 연구

백동현

가천대학교 설비소방공학과

Effect of Harmonic Generation and Countermeasures

Dong-Hyun Baek

Dept. of Fire Protection Engineering, Gachon Univ.

(Received November 16, 2015; Revised December 4, 2015; Accepted December 11, 2015)

요 약

초고층건축물이나 대형 사업장과 IT를 추구하는 수용가는 많은 가전기기 사용하여 선형, 비선형부하시의 고조파로 인한 Capacitor의 과열 및 소손, 자료 손상, 대지전위 상승, 통신유도장해등을 일으켜 전력설비의 오동작과 과열로 화재의 원인이 될 수 있다. 이를 확인하기 위해 건축물의 7곳을 조사하여 비교한 결과 6곳에서는 적정하였으나 1곳은 고조파관리가 필요하였다. 전류 고조파는 No. 3, 6, 7은 매우 초과하여 정밀 진단이 필요하였으며 No. 2, 3, 5는 5고조파 전류를 고려하여야 한다. R상 전압고조파는 양호하였으나 전류고조파는 No. 1을 제외하고 No. 2, 3, 4, 5, 6, 7은 모두 기준을 초과하였다. 따라서 지그재그변압기나 액티브필터를 설치하여 고조파 상승을 억제시킬 필요가 있고 설비불평형률, 역률등을 종합 조사하여 효율도 향상시킬 필요가 있다.

ABSTRACT

Skyscrapers, large business buildings, and IT consumers use many appliances, and the electrical power stems can cause fires by overheating. This can result in damaged capacitors, lost data, rising ground potential, and communication obstacles from linear or nonlinear high frequency. To make sure of that we investigated 7 spots of a building, among which 6-spots were fair but the other one needed high frequency control. Spots 3, 6, and 7 needed diagnostic workup, and spots 2, 3, and 5 considered 5 high frequency currents. A phase is all of good but the high frequency current is greater than the standard level except for spot 1. As a result, a zigzag transformer or active filter needs to be installed, and the efficiency needs to be upgraded by investigating load unbalance factors and power factors.

Keywords : Harmonics, Harmonics standard, Harmonics of fluence and measure, Capacitor

1. 서 론

산업의 고도화와 생활수준의 향상으로 가전기기를 많이 사용하게 됨에 따라 전기 사용량은 증가되고 있다. 더욱 전자 반도체 등을 활용한 기기등을 생산하는 대형 사업장과 IT를 추구하는 수용가의 증가는 전력 공급의 안정화와 자동화는 필수적이다. 그러나 예기치 않은 고조파는 전력 설비에 오동작과 과열로 인한 기기 소손의 원인이 되어 화재발생의 단초가 될 수 있다.

IEEE 등 국제기준 및 한국전력에서는 수용가의 고조파 전류기준을 설정하여 사용하도록 하고 있다. 이러한 여건에서 각각의 수용가는 고조파 전류기준을 설정해서 관리하여야 하나, 대부분의 수용가는 설정 방법을 알지 못하고 진단장비도 없는 경우가 많아 대부분 관리되지 않고 있다

고 할 수 있다.

고조파로 인한 문제가 매년 증가하고 있는 추세에서 각각의 수용가에 맞는 고조파 전류기준을 설정하고, 관리하는 것은 수용가의 전력설비를 보호하고 안정적인 전원공급을 하기 위해 매우 중요하다.

따라서 설정 기준을 알아보고 대상을 선정하여 실제 공급되는 영향을 조사하여 논하고자 한다.

2. 본 론

고조파가 포함된 파형은 비정현파로 나타나며 비정현파는 기본파(sign wave)성분과 기본파의 배수 주파수성분으로 분해된다. 이 기본파의 배수 주파수성분을 고조파(Harmonics)라 한다.

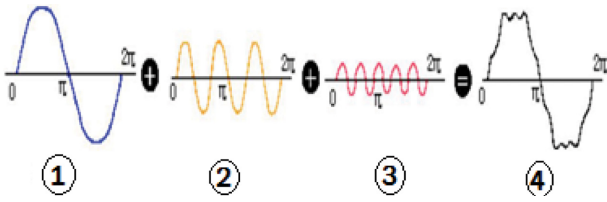


Figure 1. Harmonics.

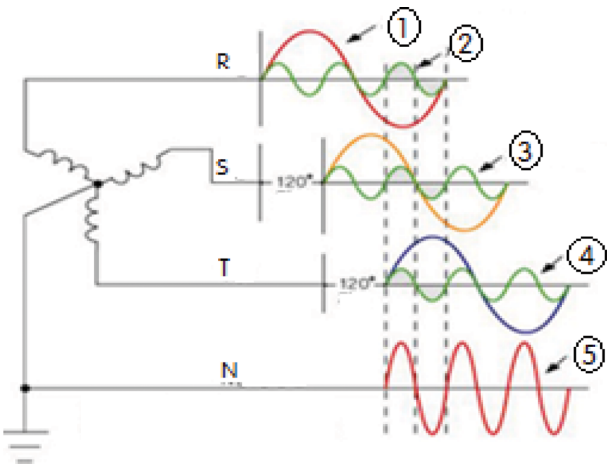


Figure 2. Normal current and high frequency of 3 phase.

즉, 고조파란 “60 Hz 파형에 들어있는 기본파의 정수배 주파수를 갖는 것”을 말하는 것으로 Figure 1과 같다. ①은 기본파이며 ②는 제3차고조파 ③은 제 5차고조파 ④는 합성고조파를 나타낸다.

2.1 고조파의 발생

3상 전원인 경우 고조파는 Figure 2와 같이 기본파전류에서 제3조파전류로부터 시작되는 홀수 파형을 말하나 3상 4선식인 경우 중성선에는 각 상의 합성전류가 흐른다. ①은 교류 60 Hz 기본파 전류이며 ②는 제3고조파전류, ③은 R상보다 120도 지연된 제3고조파전류, ④는 R상보다 240도 지연된 제3고조파전류 ⑤는 N상에서의 제3고조파 합성전류이다.

2.2 고조파의 영향

(1) 선형부하인 경우 전력과 역률의 관계는 식(1), (2)와 같다.

여기서 S는 피상전력(kVA), P는 유효전력(kW), Q는 선형부하시의 무효전력(kVAR)이다.

$$pf = \frac{P}{S} = \frac{kW}{kVA} = \cos\phi \tag{1}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ kVA} = \sqrt{kW^2 + kVAR^2} \tag{2}$$

이 때 평형부하라면 중성선에 흐르는 전류는 중성선에

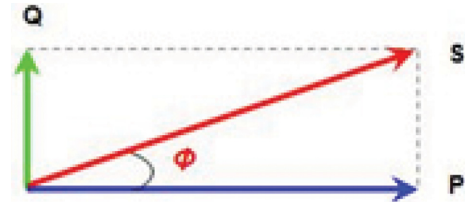


Figure 3. Balanced load.

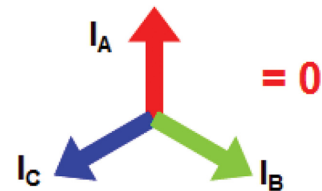


Figure 4. Vector of balanced load.

서 벡터 합이 되어 0 A가 되어 영상고조파에 의한 영향은 없다. 그러므로 중성선에 흐르는 전류는 식(3)과 같다.

$$I_{N1} = I_{A1} + I_{B1} + I_{C1} = I_m \sin\omega t + I_m \sin(\omega t - 120^\circ) + I_m \sin(\omega t - 240^\circ) = 0 \tag{3}$$

Figure 4는 이의 벡터도를 나타낸다.

(2) 비선형부하인 경우

비선형부하인 경우 피상전력은 식(4)와 같으며 이를 그림으로 나타내면 Figure 5와 같다. 중성선에 흐르는 전류는 영상고조파(3, 9, 15th) 전류가 중성선에서 위상이 동일하여 벡터 합이 아닌 스칼라 합이 되어 중성선에는 각상에서 발생한 영상 고조파의 합이 흐르게 됨으로 역률(pf: Power Factor)을 저하시킨다. H는 비선형부하시의 무효전

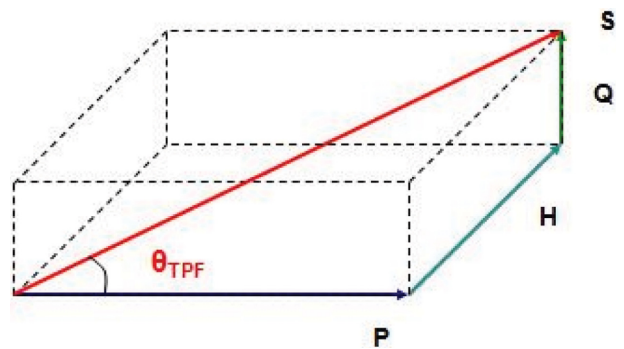


Figure 5. Unbalanced load.

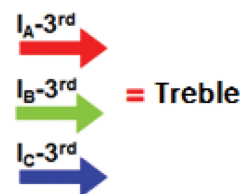


Figure 6. Vector of unbalanced load.

력(kVAr)이다.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + H^2}$$

$$kVA = \sqrt{kW^2 + kVAR^2 + kVAR_H^2} \quad (4)$$

이 때 중성선에 흐르는 전류는 식(5)와 같이 되어 3배의 고조파가 흐름을 알 수 있다.

$$I_{N3} = I_{A3} + I_{B3} + I_{C3} = I_m \sin 3\omega t + I_m \sin 3(\omega t - 120^\circ) + I_m \sin 3(\omega t - 240^\circ) = I_m \sin 3\omega t + [(I_m \sin 3\omega t) - (I_m \sin 3 \times 120^\circ)] + [(I_m \sin 3\omega t) - (I_m \sin 3 \times 240^\circ)] = I_m \sin 3\omega t + [(I_m \sin 3\omega t) - (I_m \sin 360^\circ)] + [(I_m \sin 3\omega t) - (I_m \sin 720^\circ)] = 3 \times I_m \sin 3\omega t \quad (5)$$

(3) 고조파를 포함한 역률 Total or True Power Factor (TPF)

Displacement Power Factor (DPF) = Cos Φ: 기본성분 (Fundamental component)

$$TPF = DP \times \text{왜역률} = \text{Cos } \Phi \times \text{Cos } \delta$$

$$DPF = \text{Cos } \Phi = \frac{KW}{KVA_f} \quad (6)$$

kW: 유효전력, kVA_f: 기본파의 피상전력

왜역률(Distortion Power Factor)

$$= \text{Cos } \delta = \frac{1}{\sqrt{1 + \text{THD}(I)^2}} \quad (7)$$

따라서 고조파로 인한 DPF를 개선하기 위해 Capacitor bank를 설치해도 Distortion Power Factor는 개선되지 않음으로 TPF를 향상시키기 위해서는 반드시 전력계통에 고조파 개선장치가 필요하다.

(4) Capacitor 과열 및 소손

Capacitor의 임피던스는 주파수가 높아지면 반비례하여 낮아진다. 고조파가 발생하면 Capacitor는 Utility보다 임피던스가 낮아지고 고조파전류는 임피던스가 낮은 Capacitor로 유입되어 열을 발생시키게 된다. 그러므로 Capacitor의 기대수명을 단축시키거나 소손시키는 원인이 되어 화재로 이어질 수 있다. 더욱 고주파에 의한 컴퓨터의 회로소자 중 Capacitor의 과열 및 소손은 제어, 자료보관 등에 막대한 피해를 가져올 수 있다. 또한 Capacitor의 단자전압 상승에 대해 알아보면 고조파로 인한 Capacitor 단자전압은 식(8)로 나타낼 수 있다. 여기서 V₁ = 고조파 기준전압, I₁ = 고조파 기준전류, I_n = n차 고조파 전류이다.

$$V = V_1 \left(1 + \sum_{n=2}^n \frac{1}{n} \times \frac{I_n}{I_1} \right) V \quad (8)$$

이 Capacitor 단자전압의 상승으로 인하여 선로 내부소자나 S.R 층간 절연 및 대지절연을 파괴시킬 수 있다. 고조

파로 인한 Capacitor 용량 Q는 식(9)이다.

$$Q = Q_1 \left[1 + \sum_{n=2}^n \frac{1}{n} \times \left(\frac{I_n}{I_1} \right)^2 \right] kVA \quad (9)$$

지금 유전체 손실(tand)이 증가하여, 선로의 내부소자 온도를 상승시켜 Capacitor의 열화를 촉진시킨다. 그러므로 Capacitor 설치시 기본과 전압에 고조파 전압이 중복되어 과전압이 된다. 따라서 이것을 견디는 절연설계가 필요하고 용량 또한 증가하게 되므로 방열 및 전류용량 증가를 고려한 설계가 필요하다.

(5) 대지전위 상승 등

대지전위상승으로는 중성선에 3고조파 전류가 많이 흐르면 중성선과 대지간의 전위차는 중성선전류와 중성선리액턴스의 3배의 곱인 식(10)으로 나타난다.

$$V_{N-9} = I_N \times (R + j3X_L) \quad (10)$$

고조파에 의한 주파수 및 전류가 증가하여 큰 전위차가 발생하기 때문에 기기의 오동작이 발생한다.

고조파전압으로 인한 영향은 다른 전자기기의 Interference, 발전기 Regulator 정상동작 불가로 Shut down이 발생되며 전력계통에서는 고조파 차수에 비례하여 열 발생이 증가한다.

아울러 통신선 유도장해, 유도형 보호계전기(OCGR)오동작, 누전차단기(Earth Leakage Breaker: ELB)/ 기중차단기(Air Circuit Breaker: ACB)/배선용차단기(Molded Case Circuit Breaker: MCCB) 오동작, 계측기 및 계기 오차 증가와 기기의 소음 및 진동이 증가하는 원인이 된다.

3. 고조파 관리기준과 측정

수용가 인입점에서 고조파 관리기준 적용은 국가 기준인 KS C 61000-3-6, KS C 61000-3-12를 적용하여 정립한 한국전력공사 약관 시행세칙(2009년 개정)을 활용하여 수용가별로 인입점에서 유출 제한값을 계산하여 적용한다. 만약, 측정 포인트가 수용가 인입점이 아닌 경우에는 IEEE 519에서 명시하고 있는 단락비를 활용한 고조파 전류 유출제한 기준을 적용한다.

3.1 고조파 관리기준

(1) 수용가 인입점에서 기준 적용

고객은 다음의 차수별 고조파 전압%에 상응하는 차수별 고조파 전류이하를 유지하여야 한다.

Table 1은 한국전력공사 전기공급 약관 중 66 kV 이상인 경우이며 Table 2는 22.9 kV 이하인 경우이다.

(2) 고조파 관리기준 초과 시 대응

전기설비기술기준 제39조의 전기사용에 따른 보호 장치 등의 시설에서는 “고객이 다음 중 하나의 원인으로 다른 고객의 전기사용을 방해하거나 방해 할 우려가 있을 경우

Table 1. Electricity Supply Clause of KEPCO (Over 66 kV)

Not double even harmonic of 3		Double odd harmonic of 3		Even harmonic	
h	Harmonic Volt (%)	h	Harmonic Volt (%)	h	Harmonic Volt (%)
5	1.8	3	1.5	2	0.6
7	1.5	9	0.5	4	0.3
11	1.1	15	0.1	6	0.2
13	0.9	21	0.1	8	0.2
17	0.6	27	0.1	10	0.1
19	0.5	33	0.1	12	0.1
23	0.4	39	0.1	14	0.1
25	0.4	45	0.1	16	0.1
29	0.3			18	0.1
31	0.3			20	0.1

Table 2. Electricity Supply Clause of KEPCO (Over 22.9 kV)

Not double even harmonic of 3		Double odd harmonic of 3		Even harmonic	
h	Harmonic Volt (%)	h	Harmonic Volt (%)	h	Harmonic Volt (%)
5	3.8	3	3.1	2	1.3
7	3.1	9	0.9	4	0.6
11	2.2	21	0.2	6	0.3
13	1.9	21 초과	0.2	8	0.3
17	{1.35*(17/h)} - 0.16			8 초과	{(0.15*(10/h))} + 0.15
19					
23					
25					
29					
31					

또는 한전의 전기설비에 지장을 미치거나 미칠 우려가 있을 경우에는 고객의 부담으로 한전이 인정하는 조정 장치나 보호 장치를 전기 사용 장소에 시설해야 하며, 특히 필요할 경우에는 전기설비를 변경하거나 전용 공급설비를 설치한 후 전기를 사용해야 한다”고 규정하고 있다.

- 가. 각 상간(各相間)의 부하가 현저하게 평형을 잃을 경우
- 나. 전압이나 주파수가 현저하게 변동할 경우
- 다. 파형(波形)에 현저한 왜곡(歪曲)이 발생할 경우
- 라. 현저한 고조파(高調波)를 발생할 경우
- 마. 기타 상기에 준하는 경우

3.2 측정개소와 측정결과

고조파 측정장비는 순시치 측정용으로 BMI-PX5를 사용하였다. BMI-PX5는 윈도우 크기가 12사이클로 측정하고, 1사이클에 256 샘플링, 1채널에 1μs로 데이터를 검출한다.

3.3 측정 개소별 진단

각 판넬별 측정값은 다음과 같다.



Figure 7. Measuring equipment.

(1) Crane No 1

1) 고조파로 인해 전류파형은 일그러짐이 있으나 전압이 최대 상간 1.5 V(기준 ± 13 V), 선간 4.1 V(기준 ± 38 V)로 표준전압보다 낮게 운용됨.

2) 전압고조파 ≍ 3.2%로 적정. 전류고조파 ≍ 33.5%로 기준초과.

3) R상 전압고조파는 종합 3.3%로 양호하나 R상 전류

Table 3. Result of Each Measuring Spot

No	PNL name		Volt	Current	Watt	VA	VAR	TPF	DPF	V THD (%)	I THD (%)	Harm Pwr Unsigned
1	Crane No 1	A	219.0	12.50	593.0	2.502K	2.372K	0.237	0.246	3.296	28.23	2.446
		B	221.3	13.60	761.6	2.722K	2.523K	0.280	0.297	2.995	29.54	3.116
		C	221.5	12.42	801.5	2.466K	2.259K	0.325	0.335	3.049	33.49	1.880
		D	0.100	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.018	0.861	224.2	362.8	< 0.01
2	Crane No 2	A	219.4	12.64	707.6	2.563K	2.417K	0.276	0.284	3.323	33.36	6.131
		B	222.0	13.84	914.2	2.779K	2.548K	0.329	0.346	2.966	29.24	2.908
		C	222.1	13.34	881.1	2.583K	2.371K	0.341	0.349	3.042	30.00	6.045
		D	0.123	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.829	66.58	259.0	< 0.01
3	S/T FD-201	A	222.0	25.22	3.884K	5.663K	1.187K	0.686	0.957	3.192	92.08	4.423
		B	223.7	27.21	4.583	6.219K	221.1	0.737	0.999	2.885	87.64	3.718
		C	224.7	20.77	3.265K	4.655K	213.4	0.701	0.998	2.810	98.08	3.392
		D	0.117	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.175	166.8	348.9	< 0.01
4	S/T FD-202	A	224.7	5.334	800.1	1.237K	239.1	0.647	0.959	3.170	108.7	1.163
		B	227.0	7.342	1.183K	1.714K	104.4	0.690	0.996	2.835	101.0	0.866
		C	227.7	5.444	858.3	1.335K	10.22	0.643	1.000	2.724	117.7	0.789
		D	0.111	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.289	239.2	496.0	< 0.01
5	MOP-301	A	224.6	23.95	10.24K	11.42K	1.566K	0.896	0.989	4.901	45.50	13.44
		B	223.9	21.55	9.212K	10.37K	1.507K	0.888	0.987	4.770	46.19	13.83
		C	224.3	22.60	9.478K	10.76K	1.780K	0.881	0.983	4.984	46.50	32.90
		D	0.294	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.141	0.956	142.2	194.7	0.012
6	ID FAN INVERTER	A	226.5	83.13	484.0	18.80K	368.2	0.026	0.786	3.747	2.040K	39.48
		B	225.1	83.09	504.5	18.66K	219.4	0.027	0.885	3.638	2.065K	46.29
		C	224.6	83.27	699.2	18.66K	279.6	0.037	0.918	4.370	1.650K	63.48
		D	5.498	0.010	0.016	0.055	< 0.01	0.289	0.907	100.8	171.5	0.044
7	RK I.D. FAN	A	227.1	75.73	6.825K	17.16K	5.767K	0.398	0.758	3.804	148.1	17.52
		B	223.4	81.83	629.6	18.26K	-280.8	-0.034	-0.579	4.113	2.140K	50.33
		C	221.3	79.95	-46.34	17.64K	16.40	< 0.01	-0.999	4.834	3.372K	51.54
		D	5.281	0.010	0.020	0.056	< 0.01	0.355	0.982	80.43	116.9	0.032

※ V THD (Total Harmonic Distortion): 전압 종합 왜형율, I THD (%): 전류 종합 왜형율.

고조파 중 11차수 미만의 고조파전류가 Total 28% 중 6%로 양호.

(2) Crane No 2

1) 고조파로 인해 전류파형이 일그러짐이 있으나 전압이 최대 상간 2.1 V(기준 ± 13 V), 선간 5.4 V(기준 ± 38 V)로 표준전압보다 낮게 운용됨.

2) 전압고조파 ≒ 3.3%로 적정. 전류고조파 ≒ 33.3%로 기준초과.

3) R상 전압고조파는 종합 3.1%로 양호하나 R상 전류고조파 중 11차수 미만의 고조파전류가 Total 33% 중 15%로 기준 초과.

(3) S/T FD-201

1) 고조파로 인해 전압, 전류파형이 일그러짐 있으나 전

압이 최대 상간 4.7 V(기준 ± 13 V), 선간 8.9 V(기준 ± 38 V)로 표준전압보다 낮게 운용됨.

2) 전압고조파 ≒ 3.2%로 적정. 전류고조파 ≒ 98.1%로 기준 크게 초과.

3) R상 전압고조파는 종합 3.2%로 양호하나 R상 전류고조파 중 11차수 미만의 고조파전류가 Total 93% 중 72%로 기준 초과. A상 전류 25.2 A 중 5차수 고조파전류가 ≒ 18 A 정도 됨.

(4) S/T FD-202

1) 고조파로 인해 전압, 전류 파형 일그러짐이 있으나 전압이 최대 상간 7.7 V(기준 ± 13 V), 선간 14.5 V(기준 ± 38 V)로 표준 전압보다 낮게 운용됨.

2) 전압고조파 ≒ 3.2%로 적정. 전류고조파 ≒ 117.7%로

기준초과.

3) R상 전압고조파는 종합 3.2%로 양호하나 R상 전류 고조파 108%

(5) MOP-301

1) 고조파로 인해 전압, 전류 파형이 일그러짐 있으나 전압이 최대 상간 4.6 V(기준 ±13 V), 선간 10.2 V(기준 ±38 V)로 표준 전압보다 낮게 운용됨.

2) 전압고조파 는 4.9%로 적정하나 추후 부하증가에 따른 기준초과 우려가 있음.

전류고조파 는 46.5%로 기준초과.

3) R상 전압고조파는 종합 4.6%로 양호하나 R상 전류 고조파 중 11차수 미만의 고조파전류가 Total 45.9% 중 43%로 기준 초과. R상 전류 23.95 A 중 5차수 고조파 전류가 는 18 A 정도 됨.

(6) ID FAN INVERTER

1) 고조파로 인해 전압, 전류 파형이 일그러짐 있으나 전압이 최대 상간 6.5 V(기준 ±13 V), 선간 13.1 V(기준 ±38 V)로 표준전압보다 낮게 운용됨. 실제 역율은 지상으로 95.8%이지만 고조파로 인하여 진상역률 88.9%로 운전중으로 고조파관리가 필요.

2) 전압고조파 는 4.4%로 적정하였으나 추후 부하증가

에 따른 기준초과 우려가 있음.

전류고조파 는 2,065%로 기준을 매우 크게 초과.

3) R상 전압고조파는 종합 3.7%로 양호하나 R상 전류 고조파 종합 1,801%로 대부분이 고조파 전류로 기준을 크게 초과함.

(7) RK I.D. FAN INVERTER

1) 고조파로 인해 전압, 전류 파형이 일그러짐 있으나 전압이 최대 상간 7.1 V(기준 ±13 V), 선간 14.3 V(기준 ±38 V)로 표준 전압보다 낮게 운용됨.

2) 전압고조파 는 4.8%로 적정하나 추후 부하증가에 따른 기준초과 우려가 있음.

전류고조파 는 3,372%로 기준을 매우 크게 초과.

3) R상 전압고조파는 종합 3.6%로 양호하나 R상 전류 고조파 종합 146%로 대부분이 고조파 전류 로 기준을 크게 초과함.

3.4 측정결과 고찰

No. 1, 2, 3, 4, 5, 7에서는 표준전압보다 낮게 운영되었으며 전류파형에 일그러짐이 없었다. 그러나 No. 6의 ID FAN INVERTER PANEL에서는 고조파로 인하여 역률(pf)이 떨어져 고조파 관리가 필요하였다.

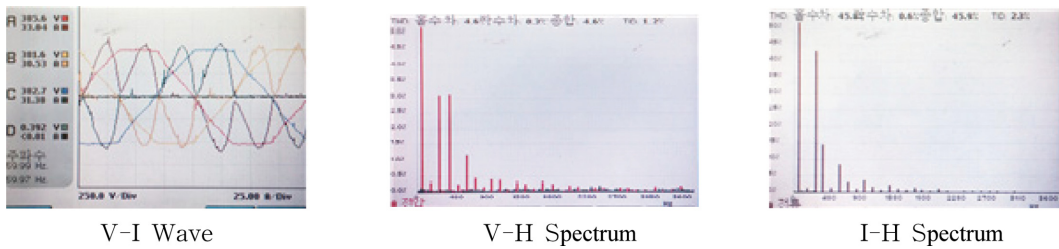


Figure 8. Measuring waveform and spectrum of no. 5.

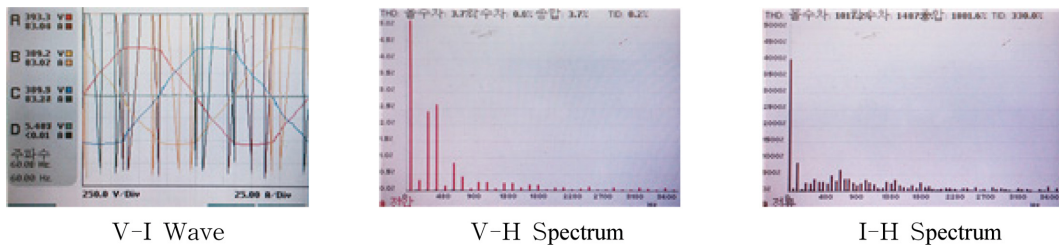


Figure 9. Measuring waveform and spectrum of no. 6.

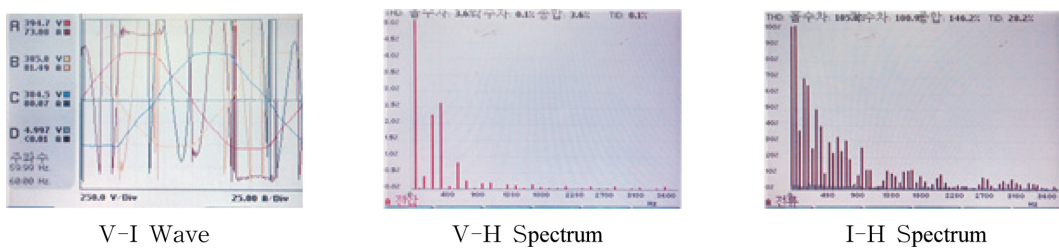


Figure 10. Measuring waveform and spectrum of no. 7.

전압 고조파는 IEEE 519 기준이 5% 미만으로 측정판넬 모두 기준을 초과하지 않아 걱정하였으나 No. 5, 6, 7은 4.4~4.9%로 조사되어 추후 부하증가시 기준초과 우려가 있으므로 고조파관리가 필요하였다.

전류 고조파는 기준 IEEE 519 SCR = 100~1,000일 때 15% 미만으로 되어야 한다. 그러나 No. 1, 2, 4, 5는 기준을 초과하였으나 No. 3, 6, 7은 매우 초과하여 정밀 진단이 필요하였다.

특히 No. 2, 3, 5는 기준 IEEE 519 SCR = 100~1,000일 때 11차수 미만 개별 고조파 차수 12% 미만으로 5고조파 전류를 고려하여야 한다.

R상 전압고조파는 3.1~4.6%로 양호하였다. R상 전류고조파는 No. 1을 제외하고 No. 2, 3, 4, 5, 6, 7은 모두 기준을 초과하여 정밀진단으로 대책을 강구할 것이 필요하였다. No. 1, 2, 3, 4는 대체적으로 양호하였으나 No. 5, 6, 7은 조사된 파형과 스펙트럼이 달라 실제 데이터를 보인다.

4. 결 론

단상 비선형부하에서 발생하는 영상분 고조파(3, 6, 9, 12, 15차...고조파)는 중성선에서 중첩이 되면 Capacitor의 과열 및 소손, 단자전압 상승, 대지전위 상승 등의 문제를 일으키게 된다. 이를 알아보기 위해 건축물에서 고조파발생을 가져올 7개의 설비 위치에서 측정하였다. 그 결과 고조파로 인한 전압, 전류 파형의 일그러짐을 확인하였으나 표준전압보다 낮게 운용되어 큰 문제는 없었다. 그러나 전압고조파는 7곳 중 3곳은 부하 증가시에는 기준초과 염려가 있어 이를 대비하지 않으면 열이 발생하여 화재로 진전될 수 있다. R상 전압고조파는 1곳을 제외하고 6곳이 기준을 초과하여 정밀진단이 필요하였다. 궁극적으로 중성선에 영상고조파를 저감하기 위해서는 영상고조파 필터인

지그재그변압기를 설치하던지 액티브필터를 ATS와 부하 변압기 사이에 설치하여야 한다. 향후 한전 송전라인의 변경이나 송전선로의 임피던스 변경, 수용가 수전용량의 증감에 따라 현재의 고조파 유출제한 기준은 변동될 수 있다. 그러므로 고조파와 관련한 설비불평형률, 역률등을 종합 조사하고 고조파의 유입·유출 위치등을 조사하여 보완하면 해당개소의 역률도 향상될 수 있을 것으로 사료된다.

References

1. Korea Electric Power Corporation, "Electricity supply General Terms and Conditions" (2014).
2. IEEE 519A, Guide for Applying Harmonic Limits on Power System (2014).
3. IEEE Task Force on Harmonics Modeling and Simulation, "Test system for Harmonics Modeling and Simulation", IEEE Trans on Power Delivery, April (1999).
4. Korea Electric Power Corporation, department of distribution, "Distributed Power Distribution Grid Connection Technology Standards" (2007).
5. I. M. Lee, "A study on the Interpersion Model of Power Quality Using Waveform Synchronization and Automatic Analysis", Hongik University Doctoral Thesis (2006).
6. K. C. Kim, "A Study on the Power Factor Correction and Harmonics Reduction of Capacitor Banks installed at Customers", Korea Electrical Installation Institute, pp. 59-62 (2008).
7. IEEE std, "IEEE Standard for Interconnecting Distriduted Resources with Electric Power Systems", pp. 1547-1600 (2003).