

# 산업체 기고문

## 불요 고조파 전류 규격 소개

이 준 환  
(주) IST 대표이사

### I. 서 론

전자파 장해에 대한 문제는 일반적으로 방사와 전도성 잡음에 대한 문제로만 알고 있으나 불요 고조파 전류 잡음(Harmonics current)이 발생하는 경우도 사용하는 제품의 전원망에 공칭된 다른 기기의 동작에 영향을 주는 원인을 제공할 수 있어 이를 전자파 규격의 한 항목으로 규제하고 있다.

불요 고조파 전류에 대한 제한은 유럽의 경우, 오래 전부터 규격을 제정 운영하여 이를 강제적으로 적용하고 있으며 일본의 경우 자율적으로, 우리나라를 포함 많은 국가에서는 국제규격을 기준으로 각국의 전원 환경에 맞는 자국 규격을 제정한 후 실시 시기를 저율화하고 있는 상황이다. 산업체에서 고조파 전류 규격에 대한 바른 이해와 대응이 미흡할 경우 제품의 수출 판매에 지장을 초래할 수 있으며 또한 판매후 시장 사후 관리에 문제가 발생시 대외 신뢰도 하락 및 제품의 사후 대책 수립 등 예기치 못한 많은 어려움을 겪을 수 있다. 본고에서는 전기 전자 제품에서 불요 고조파 전류가 발생하는 원인과 기본적인 대책, 적용 규격에서의 제한치 및 향후 규격 동향 등을 정리하여 소개한다.

### II. 불요 고조파 전류의 발생

임피던스 정합의 개념으로 소스망과 부하망의 상관 개념으로 생각해 볼 수 있다. 교류망에서는 부하

망의 임피던스 값과 소스망의 임피던스 값이 동일할 때 급전단의 전력을 최대한 흡수할 수 있게 되며 이를 임피던스가 정합되었다고 할 수 있다. (DC 회로망의 경우는 L 성분이 존재하지 않으므로 직류 저항 값이 서로 동일한 경우로 가정할 수 있음) 임피던스의 정합이 이루어지지 않으면 소스망의 모든 전력(Pmax)을 부하망에서 완전히 흡수할 수 없게 되고 잔존전력(Pmax - 흡수전력)의 영향으로부터 발열 손실, 고조파 잡음 발생 등의 문제점을 발생시킨다.

DC 회로망 또는 일반 전력망과는 달리 전기전자 제품의 회로망은 예측이 어려운 선로간 정전유도 현상, 분포 및 집중 정수 등 복잡한 구조적 변수가 존재하므로 임피던스 정합에 상당한 이론적 해석 및 경험이 필요하다. 고조파 전류 문제는 기본적으로 흔히 알고 있는 역률이라는 개념으로 접근할 수 있다.

$$P = V_m I_m \cos (\theta_2 - \theta_1) / 2$$

전압과 전류의 위상차가 일치할 경우(리액턴스 부하가 서로 상쇄)  $P = V_m I_m / 2$ 의 최대값을 갖게 되며 이는 전류의 흐름이 진행시간에 대해 일정 주기 및 진폭으로 변하고 있으므로 최대값은 실효전력의 의미로 해석할 수 있다. 리액턴스의 위상차가 없는 경우, (즉  $X_L = -X_C$ ) 전력원에서 공급한 P의 실효전력이 100 % 소비되게 되며 이를 역률 1이라는 개념으로 정의한다. 그러나 리액턴스의 부하가 서로 위상차를 갖게 될 경우(즉  $X_L \neq X_C$ ) 전력원에서 공

급한 실효 전력중  $\cos$  성분을 가진 전력만이 유효하게 사용되며 이때 역률은  $\cos(\theta_2 - \theta_1)$ 로서 정의된다. 이때 100 % 소비되지 못한 전력은 무효전력의 의미이며 전력원측으로 부터 반사(return)되는 성분인데 이는 송전전력과 위상차를 가지므로 기계적 진동, 고조파 발생, 이상 발열 등의 문제점을 야기시킬 수 있으며 이때의 무효전력은 다음과 같이  $\sin$  성분으로 정의된다.

$$P = V_m I_m \sin(\theta_2 - \theta_1) / 2$$

이와 같이 고조파 전류 발생의 개념은 제품의 설계 역률과 관계가 있으며 역률을 높여 설계한 제품은 고조파 발생에 대한 문제가 줄어들 뿐 아니라 제품의 전력 소비효율을 높여 공공 발전설비의 투자를 줄일 수 있는 부수적이고 간접적인 장점이 있다.

### III. 불요 고조파 전류 발생의 기본적 대책

앞서 기술하였듯이 제품의 역률을 개선시키는 것이라 할 수 있다. 최적의 전원부 설계를 구현하여 고조파 전류 발생에 대한 원인을 제거하는 것이고 대형 제품의 경우 능동필터 적용, 소형 제품의 경우 전원장치를 PWM 컨버터 제어방식으로 적용할 수도 있다. 또한 전원부의 스위칭 주파수를 높이고 부수적으로 발생하는 잡음을 필터링하는 방법으로 처리할 수 있다. 또한 PFC 코일 부품을 전원부에 적용하여 고조파 전류 대책을 하는 방법이 범용적으로 쓰이고 있다. PFC 코일 부품으로 대책을 세울 경우 약 5 달러 미만의 제품 단가 상승이 예상된다.

## IV. 적용규격 현황

### 4-1 제품 구분 및 제한치

IEC 규격에서는 1~40 고조파까지의 무효전력의 크기를 제한하여 규제하고 있으며 과거 적용규격의

경우, Class A에서 Class D까지 제품군을 구분하여 Class A는 3상 전원구조를 사용하는 기기 또는 600 W 이상으로 전동기를 내장한 기기, Class B는 포터블 공구류, Class C는 조명기기, Class D는 600 W 이하 기기로서 전압과 전류의 wave 구분선을 기준으로 전류파형의 95 % 이상이 구분선 안에 들어 오는지 적분 계산하여 판단하였으나 현재의 경우는 제품 구분 기준을 다음과 같이 변경하여 적용하고 있고 각 제품군별 불요 고조파 전류의 제한치는 <표 1>과 같다.

#### - Class A:

- 3상 전원을 사용하는 기기
- Class D에 속하지 않는 기타의 가정용 기기
- 포터블 형태를 제외한 전동 공구류, 오디오 기기
- 장식용 램프의 밝기 조절기

#### - Class B: 포터블한 전동 공구류(휴대 기기)

Class B 제품에 대한 한계치는 <표 2>에서 주어진 값에 1.5배를 곱한 최대 허용치를 초과해서는 안된다.

#### - Class C: 조명 기기류<표 2>

<표 1> Class A 제품의 불요 고조파 전류 한계치

고조파 차수 (n)	최대허용 전류한계치 (A)	고조파 차수 (n)	최대허용 전류한계치 (A)
홀수 고조파		짝수 고조파	
3	2.30	2	1.08
5	1.14	4	0.43
7	0.77	6	0.30
9	0.40	8 ≤ n ≤ 40	0.23*(8/n)
11	0.33		
13	0.21		
15 ≤ n ≤ 39	0.15*(15/n)		

<표 2> Class C 제품의 불요 고조파 전류 한계치

고조파 차수(n)	기본 주파수에서 입력전류의 백분율로 표시되는 최대허용 고조파 전류(%)
2	2
3	30 · λ*
5	10
7	7
9	5
11 ≤ n ≤ 39 (홀수 차수만 적용)	3

λ\*는 회로전력 계수를 의미함.

- Class D:

- 개인용 컴퓨터 및 모니터
- TV, VCR 및 비 전문가용 프린터
- 비 전문가용 멀티미디어 장치(소비전력은 공히 600 W 이하)

Class D 제품군의 경우 <표 3>과 같이 2개의 고조파 전류 제한치를 규정하고 있다. 특히 실효소비전력이 75 W 이상인 제품에 대해서는 Power factor를 적용한 제한치를 적용하는데 이는 산출된 소비전력

<표 3> Class D 제품의 불요 고조파 전류 한계치

고조파 차수 (n)	최대허용 불요 고조파 전류한계치 (Pwer factor 적용) (mA/W)	최대허용 불요 고조파 전류한계치 (A)
3	3.4	2.30
5	1.9	1.14
7	1.0	0.77
9	0.5	0.40
11	0.35	0.33
11 ≤ n ≤ 39 (홀수 차수만 적용)	3.85/n (75~600 W)	<표 1> 참고 (>600 W)

을 <표 3>의 각 고조파 제한치에 곱한 결과를 한계치로 적용한다. 일본의 경우, 전원 사양이 유럽과 다르므로 자체적인 연구결과를 기준으로 <표 3>의 한계치 × (230/Vnom) 공식을 적용하여 새로운 한계치를 산정하여 적용한다. 이때 제품의 정격전압이 220 V, 230 V, 240 V일 경우 230 V로 Vnom을 통일하여 적용하고 있다.

4-2 제품의 동작조건

시험결과가 제품의 소비전력 상황과 연관되어서 나타날 수 있으므로 부하 및 동작 조건에 유의해야 한다. 규격에 각 제품군별 동작 조건이 기술되어 있으며 기술되지 않은 제품에 대해서는 최대 고조파 전류 성분이 검출될 수 있는 동작 조건을 적용한다.

특히 Power factor를 적용해야 하는 Class D 해당 제품중 CDT 적용 모니터 제품의 경우 동일한 해상도 display 조건에서 조차 밝기 정도, 배경 색상, 화면 크기 등에 따라 소비 전력 차이가 민감하게 날 수 있음을 유의해야 한다.

4-3 주요 국가별 규격 적용현황

<표 4> 주요 제품의 시험동작 조건

제품 종류	일반 동작조건
정보기기	정격전류 상태에서 시험(제품 종류에 따라 동작조건 결정)
TV	시험변조와 75 Ω을 통해 65 dB(uV)의 무선 주파수 신호입력
VCR	표준 테이프 속도로 재생
조 명	무풍 대기조건, 주변온도 20~27도
Dimmer	최대 한계치 전력에서 백열 램프 사용
세탁기	정해진 크기의 면옷을 넣고 세탁 기능 동작
전자 렌지	1,000 g ± 50 g 물 부하
Audio	작은 전류를 흘리는 제품의 경우 무입력 신호 시험

\* 세부 동작조건은 규격 참조.

주요 국가별 불요 고조파 전류 규격에 대한 적용 현황은 <표 5>와 같다.

#### 4.4 향후 규격동향

현재 각 국가간 전원 환경의 차이로 인해 규격체계는 IEC를 기준으로 제정하되 현 유럽향 전원 기준으로 되어 있는 규격기준을 자국 조건에 맞는 기준 임피던스(Reference impedance)를 적용하여 반영하는 추세에 있다. 전원 주파수의 경우는 50 Hz, 60 Hz 차이가 시험 결과에 크게 영향을 주지 않는 사항이나 전원 기준임피던스 개념과 같은 차원으로 자국 규격 제정에 반영하고 있다. Class D 해당제품은 일반적으로 시장 포화도 및 장시간 사용되는 동시률이 높아 불요 고조파 발생 제한이 Class A-C 보다 엄격하다. Class D 제품군의 경우 Power factor를 적용하는 제품류는 규격대응에 어려움이 있어 노트북 컴퓨터와 같은 제품에 대해서는 다른 Class 영역으로 변경 적용하자는 제안이 제조업체를 중심으로 제기되었으나 채택 여부는 결정되지 않았고 현 75 W 이상 소비전력 기준을 50 W 수준으로 낮추어 적용할 가능성도 있다. 이럴 경우 대부분의 ITE 기기가 Power factor를 적용한 엄격한 한계치를 적용 받게 된다. 또한 다양한 제품군을 형성하고 있는 ITE 기기의 동작 조건 명확화에 대한 필요성 의견이 제시되고 있다.

<표 5> 주요 국가별 불요 고조파 규격 적용현황

국 가	기준 규격	현 황
한 국	IEC	규격 준비중
E U	IEC	강제 적용중
일 본	IEC	자율 규제중
호주/뉴질랜드	IEC	규격 제정완료 시행은 보류중
미 국		규격 없음

\* 대상기기는 상당(Phase) 16 A 이하 입력전류기기 규격 기준임.

규격제정 후 시행은 유예하고 있고, 자율적으로 규제를 하거나 규격을 제정 중인 국가들이 있는 상황에 있으나 국가의 공공 전력설비 및 전력 품질문제와 연계되어 있는 규격인 만큼 향후 많은 국가에서 적극적인 규격 적용을 실시할 가능성이 많다.

### V. 결 론

고조파 전류에 대한 규격은 각국의 전원 환경에 따라서 각기 변형되어 적용할 수 있는 상황으로 일부 국가에서 현 유럽규격 체계로 이루어진 IEC 규격을 자국 환경에 맞게 적용할 수 있도록 자국의 전원 특성을 연구하고 있다. 향후 많은 국가에서 강제화 시행이 예상되고 있는 바, 해당 제조업체는 원활한 제품 판매를 위해서 동 규격에 대한 각국의 규격 동향 및 제개정 사항을 철저히 파악하여 규격 적합제품이 개발 생산 및 출시될 수 있도록 하는 철저한 준비가 필요하다.

### 참 고 문 헌

- [1] IEC1000-3-2 : Limits for harmonics current emissions (equipment input  $\leq 16A$  per phase).
- [2] IEC61000-3-2 : Limits for harmonics current emissions (equipment input  $\leq 16A$  per phase).
- [3] Henry W. ott, *Noise reduction techniques in electronics systems*, 2nd ed.

≡ 필자소개 ≡

이 준 환

광운대학교 (공학사)

고려대학교 대학원 (공학석사)

현재 (주) IST 대표이사

[주 관심분야] Safety, EMC, Ergonomics 규격