

저압 배전계통의 고조파 현황 분석

강문호*, 송양회°, 이흥호**
 한전 전력연구원*, 기술표준원°, 충남대학교**

Measurement of Harmonic Level in Low-Voltage System

Moon-Ho Kang*, Yang-Hyao Song°, Hyung-Ho Lee**
 KEPRI*, KATS°, ChungNam University**

Abstract - 정보통신기술과 디지털기술의 발전으로 수용가의 설비의 전기적인 내성은 낮아지고 있는 반면 배전계통의 외란은 증가하고 있다. 특히 고조파는 변압기 등 기기의 수명저하와 원관형계전기 오동작 등의 원인이 되고 있어 배전계통의 고조파 현황분석은 매우 중요한 의미를 갖는다. 한국전력공사에서는 연구과제의 수행을 통해 2006년부터 1년간 저압 배전계통의 고조파 현황을 측정하고 이를 분석하였다. 측정개소는 기준입피턴스의 기준이 되는 저압측 전력량계 1차측으로 하고 전국 100개소를 부하특성에 따라 선정하였다. 1년간 측정된 고조파를 차수별로 분석한 결과 영상분에 해당하는 9차와 15차 고조파가 IEC61000-3-6의 저압계통 고조파 기준과 비교하여 높게 나타났다.

1. 서 론

IT기술이 발전하면서 점차적으로 비선형 부하의 사용이 증가하고 있으며 그 결과 고조파로 인한 피해와 사고가 발생하고 있다. 그러나 최근 국내에서 발생하는 고조파에 의한 문제들이 저압으로 공급되는 소규모 고객의 단상 부하에서 유출되는 영상분 고조파가 주요 원인인 것으로 추정되고 있어 저압 전기기기의 고조파 유출기준을 수립하기 위해 저압 배전계통의 고조파 측정을 통한 현황 파악이 필요하다.

특히 국제무역의 기술장벽으로 대두되고 있는 WTO/TBT협정에 따른 국제표준의 인증제도 변화에 능동적으로 대처하고 우리나라 산업기술의 선진화를 촉진시키기 위하여 고조파에 대한 국가규격(KS)을 IEC 국제규격과 부합화하고 있기 때문에 IEC 기준을 바탕으로 국내 저압 배전계통의 고조파 발생현황을 분석할 필요성이 크다.

또한 2002. 7월부터 제조물 책임법이 시행됨에 따라 배전계통의 전기품질 저하로 인한 제품불량, 정보손실, 전기화재 등으로 재산상의 손해가 발생할 경우, 전기공급자인 당사의 손해배상에 따른 대응책 마련이 필요하다.

따라서 국내 배전계통의 전기품질을 제고하고 고품질 전력공급을 위해 본 논문에서는 통계적 기법을 통해 저압 배전계통을 고조파 측정개소를 선정하고 1년간 고조파 발생현황을 조사하고 분석하였다.

2. 본 론

2.1 해외 고조파 분석 사례

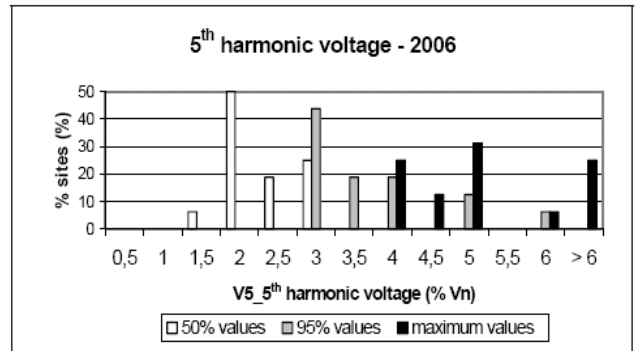
해외의 경우 여러 나라에서 고조파 측정 및 분석을 수행하였으며, 저압 배전계통에 대한 분석사례는 소규모로 이루어졌다. 이러한 원인은 측정개소인 고객구내의 접근이 어려울 뿐만 아니라 전력회사가 민영화 후 여러 전력회사로 분리되어 운영되고 있어 국가적인 수준을 측정하는 어려웠을 것으로 추정된다.

2.1.1 프랑스의 고조파 현황[1]

프랑스 국영 전력회사인 EDF는 저압 배전계통에서의 고조파 발생수준과 연차별 고조파수준의 변화를 파악하기 위한 목적으로 2000년부터 저압 배전계통에 대한 고조파 측정을 수행하였다.

16개의 대표적인 저압 배전계통에 전력을 공급하는 배전용 변전소에 측정장비를 설치하고 전기품질 데이터를 취득하였다. 또한 저압 배전계통 말단에 4개의 보조 측정장비를 설치하여 저압 배전계통에서의 고조파 전압강하를 측정하였다. 이들 저압 배전계통의 선택은 무작위로 이루어졌으며 주거용 선로 5개소, 경공업 선로 4개소, 상업용 선로 7개소로 구성하였다.

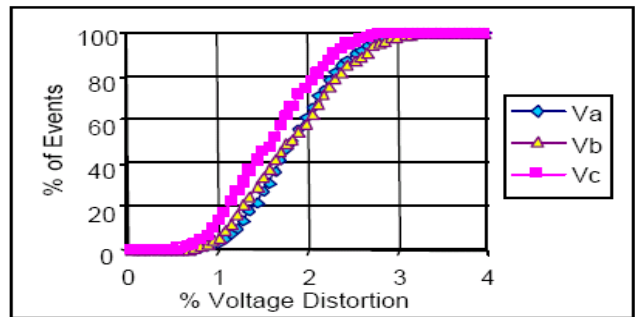
저압 배전계통에 설치했던 16개 장비에서 얻은 데이터를 기준으로 정리한 것이며 측정주기는 2005년 1월 1일부터 2006년 6월 30일까지이다. 통계적인 계산을 통해 전 주기에 걸쳐서 최대값, 95%값, 50%값을 산출하였다. 아래 그림은 5차고조파에 대한 최대값, 95%값, 50%값의 분포이다. IEC에서 제시한 5차 고조파의 적합성 레벨인 [6%]와 비교해서 전체적으로 작은 값을 보이고 있다.



〈그림 1〉 프랑스 저압계통의 5차 고조파 수준

2.1.2 호주의 고조파 현황[2]

호주는 울롱공대학((University of Wollongong)에서 고조파를 측정하고 분석하였다. 중압 배전계통에서 저압 배전계통 말단까지 측정장비를 설치하여 비교 분석하였다. 측정개소는 총 7개소로 11KV 변전소, 가정용, 상업용, 공업용 선로 말단과 대표적인 가정용, 공업용, 상업용 지역을 선정하여 측정하였다.



〈그림 2〉 저압 상업지역에서의 누적 확률 분포

상업용 저압 배전계통의 5차 고조파 값은 2.6[%]로 IEC의 5[%]와 비교해 매우 적은 양의 고조파를 발생하는 것으로 나타났다.

2.2 IEC 규격의 고조파 평가

IEC의 고조파 관리기준에서는 수용가는 할당된 범위 이내에서 고조파 전류를 방출하여 배전계통의 전기품질이 일정 수준 이상으로 유지되도록 하고, 전력회사는 수용가와 전력회사가 만나는 공동 접속점(PCC)에서 고조파 전압 왜형률이 일정 수준 이하가 되도록 유지하도록 권고하고 있다. IEC 61000-3-6 기준의 기본적인 개념은 저압계통으로 존재하는 고조파가 대다수 기기들에 영향을 주지 않아야 하고, 대다수 기기들은 고조파에 대해 충분한 내성을 가져야 한다는 것이다. 이를 위해 적합성 레벨이 사용된다. 적합성 레벨은 기기에 영향을 주는 저압계통의 작은 확률만을 허용하기 때문에 대다수 전기기기들에 영향을 주지 않는 수준을 의미한다. 본 논문에서는 IEC에서 제시한 적합성 수준을 기준으로 고조파 발생현황을 분석하였다.

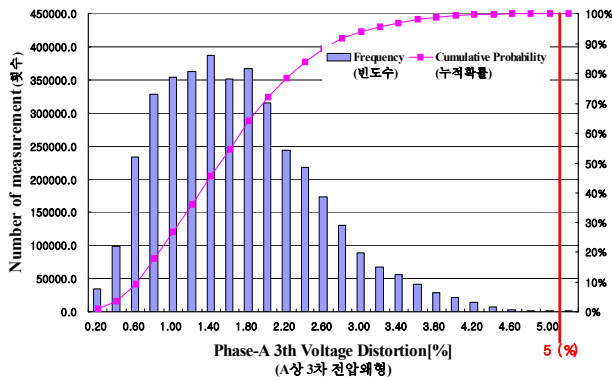
<표 1> 저압 배전계통의 고조파 전압에 대한 적합성 수준[3]

기수 고조파 (3의 배수가 아닌 것)		기수 고조파(3의 배수)		우수 고조파	
차수	고조파 전압 %	차수	고조파 전압 %	차수	고조파 전압 %
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1.5	4	1
11	3.5	15	0.3	6	0.5
13	3	21	0.2	8	0.5
17	2	> 21	0.2	10	0.5
19	1.5			12	0.2
23	1.5			> 12	0.2
25	1.5				
> 25	0.2+1.3(25/h)				

[비고] 종합 고조파 왜형률 : 8%

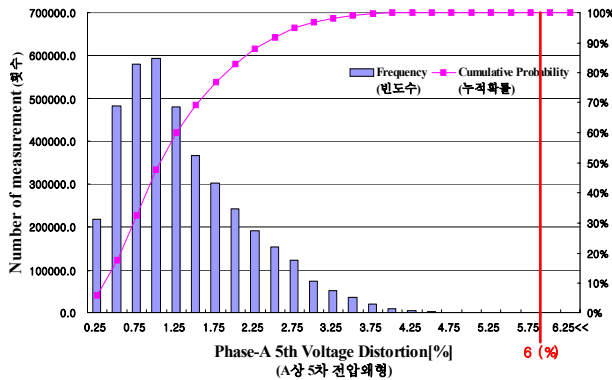
2.3 저압 배전계통 고조파 데이터 분석

전체 측정개소 100개소에 대한 3차 전압 고조파를 누적 확률분포도를 바탕으로 분석하고 IEC 61000-3-6에서 정의한 3차 고조파 5%를 초과하는 빈도수를 조사한 결과 전체 빈도수의 0.02% 정도로 IEC 61000-3-6의 기준을 만족하는 것으로 판단된다.



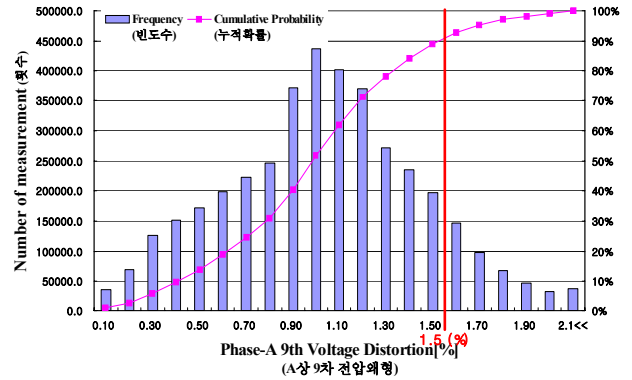
<그림 3> 3차 고조파 누적 확률 분포도

전체 측정개소에 대한 5차 전압 고조파를 분석한 결과 3차 고조파에서와 같이 IEC 61000-3-6에서 정의한 5차 고조파 6%를 초과하는 빈도수가 전체의 0.01% 정도로 나타나 IEC 61000-3-6의 기준을 만족하는 것으로 판단된다.



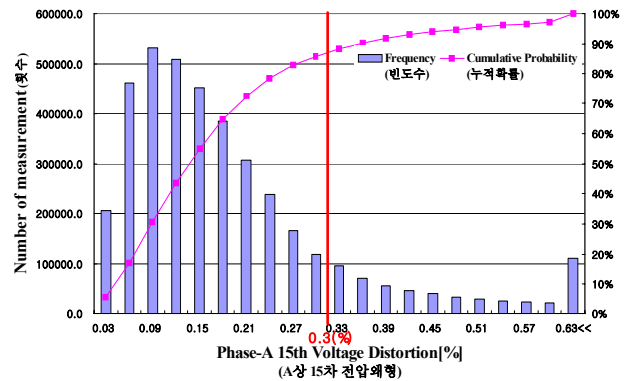
<그림 4> 5차 고조파 누적 확률 분포도

전체 측정개소에서 9차 전압 고조파를 누적하여 분석한 결과, IEC의 기준값을 초과한 빈도수가 전체 빈도수의 11% 정도로 조사되었다. 이는 누적확률분포 95%값과 비교한 경우에도 9차 고조파 기준값인 1.5[%]에 대해서 약 0.2[%]를 초과하는 것을 의미한다.



<그림 5> 9차 고조파 누적 확률 분포도

전체 100개소에 대한 15차 전압 고조파를 분석한 결과, 15차 고조파의 기준값인 0.3%를 초과하는 빈도수가 전체 빈도수의 약 14% 정도로 나타났다. 이것은 95% 누적 확률 분포값과 비교하여 약 0.2[%]정도 초과하여 발생하는 것을 의미한다.



<그림 6> 15차 고조파 누적 확률 분포도

3. 결 론

디지털 정보화 사회로 발전해 감에 따라 수용가 전기기기의 전기적인 내성은 낮아지고 있는 반면 배전계통의 외란은 증가하는 추세에 있다. 특히 고조파는 중성선 및 NGR과열, OCGR 오동작의 원인이 되고 있어 배전계통의 고조파 현황 분석은 매우 중요한 의미를 가지고 있다. 본 연구에서는 저압 전력망계 1차측을 기준으로 부하특성에 따라 전국 100개소를 선정하고 2006년부터 1년간 저압 배전계통의 고조파 현황을 측정하고 이를 분석하였다. 1년간 측정된 고조파를 차수별로 분석한 결과 영상분에 해당하는 9차와 15차 고조파가 IEC61000-3-6의 저압계통 고조파 적합성 수준과 비교하여 높게 발생하는 것으로 나타났다. 또한 주거용이 가장 많은 고조파를 발생하는 것으로 조사되었으며 다음으로 상업용 부하, 공업용 부하 순으로 높게 나타났다.

본 연구결과는 국내 배전계통의 전기품질을 제고하고 고품질 전력공급을 위해 저압 전기기기의 고조파 제한기준을 수립하는데 이용되었다.

[참 고 문 헌]

[1] Luc Berthet et al., "Harmonic Level Measurement on French Low-voltage Networks", CIREN, 2007. 5
 [2] V.J. Gosbell et al., "Harmonic Survey of an MV Distribution System", Proc. AUPEC '01, 2001. 9
 [3] IEC TR 61000-3-6, "Assessment of emission limits for distorting loads in MV and HV power systems - Basic EMC publication", 1996.