

국내 배전계통 고조파 측정 결과

강문호, 심은보, 김경훈, 이흥호\*  
한국전력공사, 충남대학교\*

Measurement of Harmonic Level in Distribution System

Moon-Ho Kang, Eun-Bo Sim, Kyung-Hun Kim, Hyung-Ho Lee\*  
KEPCO, ChungNam Univ.\*

**Abstract** - 정보화 기술과 디지털기술의 발전으로 수용가 전기설비의 전기적인 내성은 낮아지고 있는 반면 배전계통의 외란현상은 증가하고 있는 추세이다. 특히 고조파는 전력용 기기의 열화, 원판형계전기 오동작 및 계량기 오차발생 등의 원인이 되고 있어 배전계통의 고조파 현황 파악은 매우 중요한 의미를 갖는다. 한국전력공사에서는 연구과제의 수행을 통해 1년간 배전계통의 고조파 현황을 측정하고 이를 분석하였다. 측정개소는 부하특성에 따라 공업용, 상업용, 주거용으로 구분하여 총 34개소를 선정하였다. 1년간 측정된 고조파를 차수별로 분석한 결과 영상분에 해당하는 3차, 9차, 15차 및 21차 고조파가 IEC 61000-3-6의 중압계통 고조파 계획수준과 비교하여 높게 나타났다.

다. 고조파에 관한 결과는 최소 0.739[%], 최대 1.949[%]의 종합 왜형률(전압)을 기록해 전체적으로 큰 문제가 없는 것으로 나타났다.

2.1.2 대만의 사례

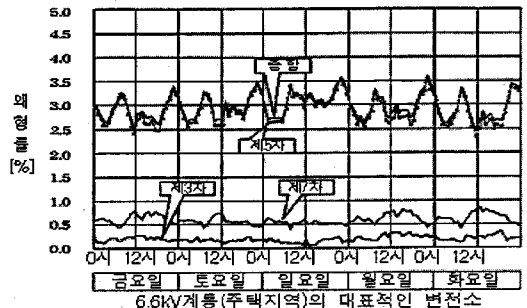
대만의 타이전력회사에서 선정된 40개의 주 변압기와 10개의 커패시터 뱅크에서 고조파 측정이 이루어졌다. 1년 동안 12,000개를 측정하였고 매 시간마다 유효전력, 무효전력, 전압, 전류, 위상, 고조파, 주파수, 역률이 기록되었다. 장기간 측정에 의해 저장된 값들을 처리하기 위해 측정확률 분포가 적용되었다.

95[%]의 종합 왜형률(전압)을 사용했으며, 측정 결과 대부분 종합 왜형률(전압)이 2[%] 이상이었고 몇몇 주 변압기에서 3[%]를 넘었다. 전압 왜형률의 경우 부하 형태와 상관없이 5차 고조파가 대표 고조파로 나타났다.

2.1.3 일본의 사례

1994년부터 지속적으로 고조파 수준을 측정하여 배전계통에서의 전압변형의 동향과 장애상태를 조사하고 있다. 일본의 전력회사에서는 매년 지속적으로 전력계통의 고조파 레벨을 모니터링하고 DB를 구축하고 있다.

각 전력회사에서 전압계급마다 1~2개소씩 대표 변전소를 선정하고 그 모선의 전압 왜형율을 측정한다. 단, 6.6[kV] 배전계통은 주택 및 상공업 등으로 분류하여 지역별로 측정하고 있으며, 3차, 5차, 7차, 11차, 13차, 15차의 고조파전압 함유율 및 총합전압 왜형률을 측정하고 있다. 전압변형률이 시간 및 요일에 의해 어떻게 변화하고 있는지의 사례로 주택지역에 공급하는 변전소의 측정데이터를 아래의 그림 2-1에 보였다.



<그림 1> 차수별 고조파 왜형률 현황

그림 1에서 알 수 있는 것과 같이 5차 고조파와 비교하면 3차와 7차 고조파는 작아서 종합 왜형률의 대부분을 5차 고조파가 차지하고 있는 것을 알 수 있다.

1. 서 론

IT기술이 발전하면서 점차적으로 비선형 부하의 사용이 증가하고 있으며 그 결과 고조파로 인한 피해와 사고가 발생하고 있다. 따라서 고조파를 효과적으로 관리하기 위해 그 발생 수준을 기준치 이하로 유지하기 위한 고조파 관리기준이 요구하며, 이를 위해 중압 배전계통의 고조파 측정을 통한 현황 파악이 필요하다.

특히 선전 전력회사의 경우 이미 배전계통의 자체 고조파 관리수준을 정하고, 이를 기반으로 고조파 허용여부를 적용함으로써 고조파를 효과적으로 관리하고 있다. 그러나 국내에서는 고압수용가에 대한 기준이 마련되어 있지만 실제 적용에 필요한 절차와 방안이 마련되지 않아 실제적인 적용이 제대로 이루어지지 못하고 있다.

따라서 국내 배전계통의 전기품질을 제고하고 고품질 전력공급을 위해 부하특성에 따라 공업용, 상업용, 주거용의 세가지 분류에 따라 총 34개 배전계통에 대해 1년간 고조파 발생현황을 조사하고 분석하였다. 분석결과 종합 왜형률은 평균 2 ~ 3%정도로 IEC의 기준을 초과하지 않았으나, 9차와 15차의 3배수 고조파가 기준을 초과하여 발생하였다.

2. 본 론

2.1 국의 배전계통 고조파 측정 사례

해외의 경우 배전계통에 대한 분석사례는 여러 나라에서 수행하였다. 본 논문에서는 미국을 포함한 몇몇 국가의 사례를 소개하고자 한다.

2.1.1 미국의 사례

90년대 초반 전력품질에 따른 경제 손실액이 발표로 전력품질에 대한 관심이 고조됨에 따라 고조파, 순간전압강하/상승, 전압불평형, 플리커 등 전력품질에 관련한 사항들을 측정하려고 미국 EPRI에서 프로젝트를 수행하였다. 프로젝트를 통해 모니터링 장치 300대를 이용해 미국 전역 24개 전력회사의 100개 피더에서 측정했

### 2.2 IEC 규격의 고조파 평가 기준

IEC의 고조파 관리기준에서는 수용가는 할당된 범위 이내에서 고조파 전류의 방출을 허용하여 배전계통의 전기품질이 일정 수준 이상 유지되도록 하고, 전력회사는 수용가와 전력회사가 만나는 공통 접속점(PCC)에서 고조파 전압 왜형률이 일정 수준 이하가 되도록 유지하도록 권고하고 있다. IEC 61000-3-6 규격의 기본적인 개념은 배전계통으로 존재하는 고조파가 대다수 기기들에 영향을 주지 않아야 하고, 대다수 기기들은 고조파에 대해 충분한 내성을 가져야 한다는 것이다. 전력회사의 경우 전력계통의 고조파 관리를 위해 계획레벨을 규정하고 적용하도록 하고 있다. 본 논문에서는 IEC에서 제시한 배전계통의 계획레벨을 기준으로 고조파 발생현황을 분석하였다.

<표 1> 배전계통의 고조파 전압에 대한 계획수준[1]

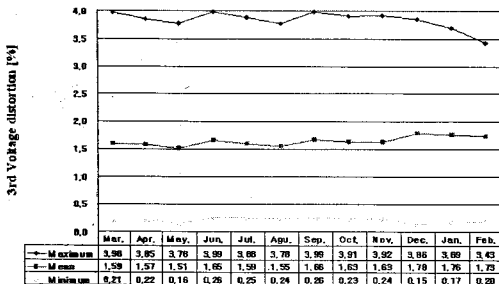
기수 고조파 (3의 배수가 아닌 것)		기수 고조파(3의 배수)		우수 고조파	
차수	고조파 전압 %	차수	고조파 전압 %	차수	고조파 전압 %
5	5	3	4	2	1.8
7	4	9	1.2	4	1.0
11	3	15	0.3	6	0.5
13	2.5	21	0.2	8	0.5
≥17	1.9(17h)-0.2	> 21	0.2	≥10	0.25(10h)-0.22

[비고] 종합 고조파 왜형률 : 6.5%

### 2.3 국내 배전계통 고조파 측정데이터 분석

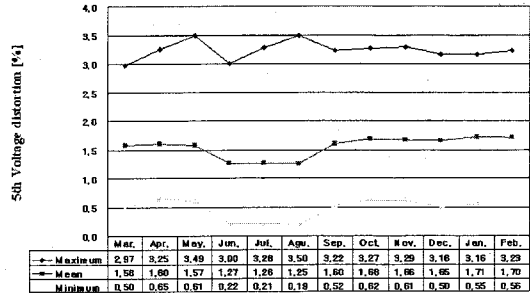
국내 배전계통에서 발생하는 고조파 발생 수준과 영향을 분석하기 위해 부하 특성에 따라 공업용, 상업용, 주거용으로 분류하고 총 34개소를 선정하고 1년간 고조파를 측정하였다. 측정결과를 바탕으로 주요 고조파 차수인 3차, 5차, 9차, 15차에 대한 최대값, 평균값, 최소값을 분산형으로 나타내고 1년간의 고조파 발생현황을 분석하였다.

전체 측정개소(34개소)에 대한 3차 전압 고조파를 누적 확률분포도를 바탕으로 분석한 결과 평균값의 경우 IEC 61000-3-6에서 정의된 3차 고조파 기준인 4%에 미달하였으나, 최대값의 경우 거의 근접하여 발생하는 것으로 조사되었다.



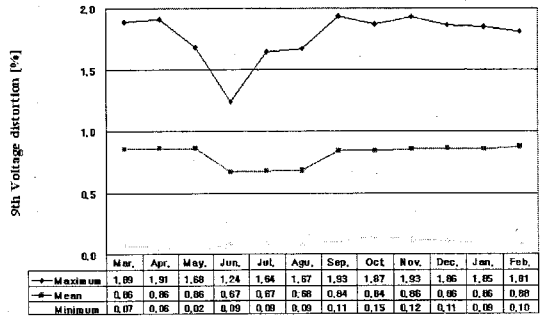
<그림 2> 3차 고조파 발생 현황

전체 측정개소에 대한 5차 고조파 전압을 분석한 결과 3차 고조파에서와 같이 평균값의 경우 IEC 61000-3-6에 정의된 5차 고조파의 기준치인 5%를 초과하지 않았으며, 최대값의 경우에도 IEC의 기준치를 이하로 발생하였다.



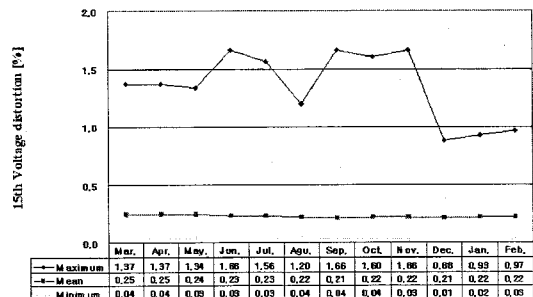
<그림 3> 5차 고조파 발생 현황

34개 측정개소에서 9차 전압 고조파를 누적하여 분석한 결과, 평균값의 경우 IEC의 기준값을 초과하지 않았으나, 최대값의 경우 기준값 1.2%를 초과하여 발생하는 것으로 조사되었다. 또한 9차는 영상분에 해당하기 때문에 적절한 관리가 필요할 것으로 판단된다.



<그림 4> 9차 고조파 발생 현황

전체 개소에 대한 15차 전압 고조파를 분석한 결과, 15차 고조파의 경우 9차 고조파와 같이 평균값의 경우 IEC 기준값인 0.3%를 초과하지 않았으나, 최대값의 경우 기준값을 상당히 초과하여 발생하는 것으로 나타났다.



<그림 5> 15차 고조파 발생 현황

## 3. 결 론

디지털 정보화 사회로 발전해 감에 따라 수용가 전기 기기의 전기적인 내성은 낮아지고 있는 반면 배전계통의 외란은 증가하는 추세에 있다. 특히 고조파는 중성선 및 NGR과열, OCGR 오동작 및 계량오차의 원인이 되고 있어 배전계통의 고조파 현황 분석은 매우 중요한 의미를 가지고 있다. 본 연구에서는 부하특성을 고려하여 34개의 배전계통을 선정하고 1년간 배전계통의 고조파

현황을 측정하고 이를 분석하였다. 1년간 측정된 고조파를 차수별로 분석한 결과 영상분에 해당하는 9차와 15차 고조파가 IEC 61000-3-6의 배전계통 고조파 계획 수준과 비교하여 초과하여 발생하는 것으로 나타났다. 또한 주거용 배전선로에서 공업용, 상업용에 비해 많은 고조파를 발생하는 것으로 조사되었으며, 이는 현재 주택용 저압 전기기기의 고조파 방출에 대한 규제의 부재로 인해 저압 전기기기에서 발생한 고조파에 의한 것으로 보여진다.

본 연구결과는 국내 배전계통의 전기품질을 제고하고 고품질 전력공급을 위해 배전계통 고조파 관리기준 수립에 적용되었다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] IEC TR 61000-3-6, "Assessment of emission limits for distorting loads in MV and HV power systems - Basic EMC publication", 2008.
- [2] 조남훈 외, "배전계통 고조파 관리기준 연구", 전력연구원 최종보고서, 2005.