

배전계통에서의 고조파 전압 왜형율의 실태 조사

○서장철*, 강용철*, 김성수*, 남순열*, 박종근* 명성호** 강영석***, 최요열***
 * 서울대학교 전기공학부 ** 한국전기연구소 *** 한국전력공사 전력연구원

A Survey on the Harmonic Voltage in the Distribution Systems

○J.C.Seo*, Y.C.Kang*, S.S.Kim*, S.R.Nam*, J.K.Park* S.H.Myoung** Y.S.Kang***, H.Y.Choi***
 * Seoul National University ** Korea Electrotechnology Research Institute *** Korea Electric Power Research Institute

Abstract

This paper reports the measurement results of the harmonic voltage in the distribution systems. These results were obtained from the harmonic voltage survey carried out at six industrial customers, three department stores, two apartment buildings, six substations for subway, etc. The properties in each place are analyzed.

1. 서론

고조파는 전력 계통내에 존재하는 공해와 같은 것으로 각종 사고 및 장애의 원인이 된다[1,2]. 나날이 사용이 증가하고 있는 사무용 자동화기기, 인버터 등과 같은 비선형 부하들은 이전 기기들에 비해 더 많은 고조파를 발생시키는 데, 이로 인해 고조파에 의한 전력계통의 사고 및 장애 가능성이 갈수록 커지고 있다. 또 경제 및 사회 전반에 걸쳐 전기 에너지에 대한 의존도가 심화되고 있는 현재에는 양질의 전력에 대한 필요와 요구가 급격히 증대되고 있다. 따라서 계통내에 유입되는 고조파의 양을 적정 수준 이하로 억제, 관리할 필요가 있다[1,2].

그러나 고조파 발생 및 그 전파 과정에는 계통의 고조파 전달 특성 및 임피던스 등의 계통 고유의 특성, 피해 기기측의 발생원 내량, 그리고 밀집된 상태에서 광범위하게 사용되는 T.V나 O.A 기기 등에서 나타나는 고조파 발생원의 모호함 등이 같이 작용하며 이에 따라 관련 이해 집단들의 요구가 서로 상충하게 된다. 결국 이러한 이유로 고조파 관리에는 많은 어려움이 따르고, 고조파 관리의 기준안 작성에 사회적인 신뢰성과 공공성의 획득이 필요하게 된다[2].

본 논문에서는 배전 계통의 고조파 관리 기준안의 신뢰성 획득에 있어 반드시 필요하다고 할 수 있는 배전 계통에서의 고조파에 의한 전압 왜형율에 대한 실태 조사의 결과를 분석하였다. 총 19곳의 측정 결과에 대한 분석을 통해 고조파 관리 기준안 작성에 있어 참고할 수 있도록 하였다.

2. 측정 장소 및 시간

배전 계통에서의 고조파에 의한 전압 왜형율의 실태를 파악하기 위해 94년 10월부터 96년 7월까지 22개월에 걸쳐 총 19곳을 측정하였다. 표 1에 측정 장소를 분류하여 정리하였다.

표 1 고조파 전압 왜형율 측정 장소

분 류	측정 장소
공 장	삼미정공, 동명중공업, 풍성전기 대림산업, 한주개발, 영남주물
백화점	동양백화점(대전), 대전백화점 롯데백화점(영등포)
아파트	삼부아파트, 가람아파트
전철 변전소	세철 T/L, 당철 D/L, 용철 T/L 홍철 T/L, 삼철 D/L, 서철 D/L
기 타	영등포우체국, 신태양 물산

표 1에서 확인할 수 있는 것처럼 공장 6곳, 백화점 3곳, 아파트 2곳, 전철로 전력을 공급하는 변전소 6곳, 기타 2곳 등에서 24시간 동안의 고조파에 의한 전압 왜형율을 측정하였다.

3. 측정 결과

총 19곳의 측정 장소를 업종 또는 그 용도별로 분류하여 그 특성을 살펴 본다. 일반적으로 가장 큰 왜형율을 보이는 3차, 5차, 7차, 11차 고조파와 총 전압 왜형율(THD : Total Harmonic Distortion)을 그 분석대상으로 삼았다.

3.1 공장

공장에서의 고조파에 의한 전압 왜형율의 측정 결과를 표 2

에 나타내었다.

표 2 공장에서의 고조파 전압 왜형률

측정 장소	최대값 (THD)	최소값 (THD)	평균값 (THD)	최대 시간	최소 시간	최대 차수	최소 차수
삼미정공	1.53%	0.55%	0.79%	18-24		5차	11차
동명중공업	2.96%	1.15%	1.93%	24-08		5차	11차
풍성전기	3.94%	0.52%	1.74%	24-08		5차	11차
대림산업	3.3%	0%	2.33%			5차	11차
한주개발	5.6%	0.9%	3.14%	08-11		3차	11차
영남주물	7.2%	0.3%	4.44%		02-07	5차	3차

공장의 경우 24시간 동안의 THD의 평균값을 놓고 볼 때 각 장소별로 0.79%부터 4.44%에 이르는 넓은 분포를 보였다. 전압 왜형률이 최대가 되는 시간과 최소가 되는 시간은 측정 장소별로 다양한 양태를 보여 그 특징을 파악하기 힘들었다. 5곳에서 5차 고조파가 가장 큰 전압 왜형률을 보였고, 11차 고조파가 가장 작은 전압 왜형률을 보였다. 또 최대값과 최소값의 편차가 큰 편이었다.

그림 1은 공장에서의 전압 왜형률의 특성을 잘 나타내고 있는 영남 주물의 THD 그래프이다.

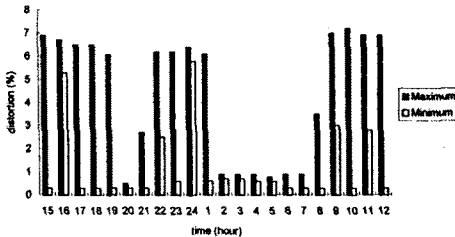


그림 1 영남 주물의 총 전압 왜형률(THD)

3.2 백화점

백화점에서의 고조파에 의한 전압 왜형률의 측정 결과를 표 3에 나타내었다.

표 3 백화점에서의 고조파 전압 왜형률

측정 장소	최대값 (THD)	최소값 (THD)	평균값 (THD)	최대 시간	최소 시간	최대 차수	최소 차수
동양백화점	2%	0.7%	1.36%	24-06		3차	11차
대전백화점	2.7%	1.6%	2.1%	17-24		3차	11차
롯데백화점	4.9%	1.4%	3.13%		22-06	5차	11차

백화점 지역의 경우 24시간 동안의 THD의 평균값을 놓고 볼 때 각 장소별로 1.36%부터 3.13%의 값을 가졌다. 대전 지역의 백화점들에 비해 서울 지역의 백화점이 훨씬 큰 전압 왜형률을 보였다. 영업을 하지 않는 심야에는 고조파에 의한 전압 왜형률이 작을 것이라는 예상되는 달리 3곳에서 그 시간대가 서로 다르게 나와 일반화하기에는 무리가 있다 하겠다. 2곳에서 3차 고조파가 가장 큰 값을 보였고, 3곳 모두 11차 고조파가 가장 작은 값을 보였다.

그림 2는 백화점에서의 전압 왜형률의 특성을 잘 나타내고 있는 롯데 백화점의 THD 그래프이다.

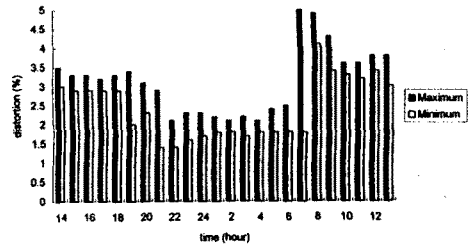


그림 2 롯데 백화점의 총 전압 왜형률(THD)

3.3 아파트

아파트에서의 고조파에 의한 전압 왜형률의 측정 결과를 표 4에 나타내었다.

표 4 아파트에서의 고조파 전압 왜형률

측정 장소	최대값 (THD)	최소값 (THD)	평균값 (THD)	최대 시간대	최대 차수	최소 차수
삼부아파트	2.5%	1.5%	2.22%	17-21	3차	11차
가람아파트	3%	0.5%	1.9%	17-23	5차	11차

아파트의 경우 24시간 동안의 THD의 평균값을 놓고 볼 때 각 장소별로 1.9%부터 2.22%의 값을 가졌다. 주거 지역의 경우 저녁시간대에 가장 많은 전력을 사용할 뿐만 아니라, 고조파를 발생시키는 기기를 많이 사용하게 된다. 따라서 보통 주거지역에서는 저녁시간대에 가장 큰 전압 왜형률을 보이는 데, 본 연구의 측정 대상이 되었던 두곳 모두에서 저녁시간대에 가장 큰 전압 왜형률이 측정되었다. 가장 큰 왜형률을 보이는 차수는 두곳이 서로 배치되었지만, 가장 작은 왜형률을 보이는 차수는 11차 고조파로 일치하였다.

그림 3은 아파트에서의 전압 왜형률의 특성을 잘 나타내고 있는 가람 아파트의 THD 그래프이다.

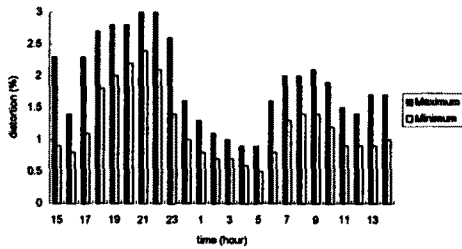


그림 3 가람 아파트의 총 전압 왜형률(THD)

3.4 전철 변전소

전철에 전력을 공급하는 변전소에서의 고조파에 의한 전압 왜형률의 측정 결과를 표 5에 나타내었다.

표 5 전철 변전소에서의 고조파 전압 왜형률

측정장소	최대값 (THD)	최소값 (THD)	평균값 (THD)	최소 시간대	최대 차수	최소 차수
새철 T/L	3.4%	0.6%	2.63%	01-04	5 차	11 차
당철 D/L	4.41%	1.96%	2.65%	01-04	3 차	11 차
용철 T/L	2.18%	1.12%	1.6%	17-23	5 차	11 차
홍철 T/L	3%	1.1%	2.43%	01-06	5 차	11 차
삼철 D/L	6.6%	1.9%	5.01%	01-04	5 차	11 차
서철 D/L	2.62%	1.55%	2.07%	01-04	5 차	11 차

전철 변전소의 경우 24 시간 동안의 THD의 평균값을 놓고 볼 때 각 장소별로 1.6%부터 5.01%의 값을 가졌다. THD의 최대값과 최소값의 차는 큰 편이었다. 전철의 경우 자정부터 새벽까지는 운행되지 않는다. 따라서 이 시간대에는 전철이 운행되는 다른 시간대에 비해 고조파에 의한 전압 왜형률이 적을 것으로 기대되는데, 6곳의 측정 장소중 5곳에서 그러한 경향을 보였다. 가장 큰 값을 보인 차수는 공장과 비슷하게 5차 고조파가 많았고, 측정 장소 모두에서 11차 고조파가 가장 적은 값을 보였다.

그림 4는 전철 변전소의 전압 왜형률의 특성을 잘 나타내고 있는 삼철 D/L의 THD 그래프이다.

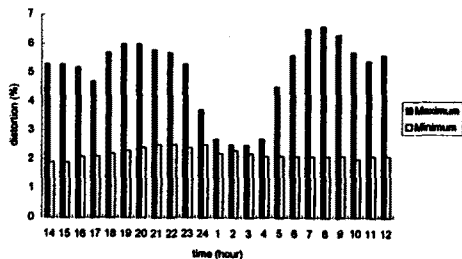


그림 4 삼철 D/L의 총 전압 왜형률(THD)

3.5 기타

영등포 우체국과 신태양 물산에서의 고조파에 의한 전압 왜형률의 측정 결과를 표 6에 나타내었다.

표 6 기타 지역에서의 고조파 전압 왜형률

측정장소	최대값 (THD)	최소값 (THD)	평균값 (THD)	최대 시간대	최대 차수	최소 차수
영등포우체국	3%	1.1%	2.09%	05-09	5 차	11 차
신태양물산	1.4%	0.4%	1.03%		5 차	7 차

4. 측정 결과 분석

19곳에서의 측정 결과를 토대로 배전 계통에서의 고조파에 의한 전압 왜형률의 특징을 분석하면 다음과 같다.

① 주거지역인 삼부아파트와 가람아파트의 경우 일반적으로 가장 많은 전기를 사용하게 되는 저녁시간에 가장 큰 전압 왜형률을 보였다.

② 지하철에 전력을 공급하는 변전소의 경우 용철 T/L을 제외한 5곳에서 지하철이 운행되지 않는 1시부터 4시 사이에 다른 시간대에 비해 적은 왜형률을 보였다.

③ 급변하는 전력을 많이 사용하는 공장과 지하철의 경우 다른 장소에 비해 5조파와 7조파를 더 많이 발생시키는 것으로 나타났다. 또 두 장소 모두 전압 왜형률의 최대값과 최소값의 편차가 다른 장소에 비해 큰 경향성을 보였다.

5. 결론

고조파 발생 및 그 전파 과정에는 많은 모호함이 존재하고 이에 따라 관련 이해 집단들의 요구가 서로 상충하게 된다. 따라서 고조파 관리의 기준안 작성에는 사회적인 신뢰성과 공공성의 획득이 필요하다.

본 논문에서는 배전 계통의 고조파 관리 기준안 작성에 참고할 수 있도록 공장, 아파트, 백화점, 전철 변전소 등 총 19곳의 고조파 전압 왜형률에 대한 실태 조사의 결과를 분석하였다.

6. 참고 문헌

- [1] "전력계통의 고조파대책연구", 한국전력공사 기술연구원, 1987
- [2] "배전 계통의 고조파 관리기준에 관한 연구", 한국전력공사 전력연구원, 1996