

대용량부하의 고조파 발생으로 인한 타수용가 영향 분석

박용업, 김길신, 최원석
한국전력공사 전력연구원

The harmonic effect analysis about the big capacity load

Yong-Up Park, Kil-Sin Kim, Won-Suc Choi
KEPCO Research Institute

Abstract - In generally, the small harmonic current has not influence on the power system because of offset effect. But the bulk harmonic current has not an offset effect, so that influences on the other customer. This paper describes the measurement power quality in the industrial area, and data analysis result. Also this effect has verified by PACAD/EMTDC simulation tool.

1. 서 론

일반적으로 배전계통에 고조파가 발생하더라도, 계통용량이 크고 수용가 설비가 이에 대한 내성을 감안하여 설계되어지면 정상상태로 부하운전이 가능하다. 그러나 현재 우리가 사용하고 있는 대부분의 부하는 고조파를 발생하고 있는데, 이와 같이 다수의 고조파 발생부하가 배전계통에 연계되어 운전되고 있다라고 고조파전류의 상쇄효과로 인하여 사실상 계통에 미치는 영향은 크지 않다. 또한 고조파전류는 전류분배 법칙에 의해서 임피던스가 매우 작은 전원측으로 회귀가 되기 때문에 임의의 수용가에서 발생한 고조파가 다른 수용가로 유입될 확률은 거의 없다. 그러나 고조파를 대용량으로 방출하는 수용가가 있다면, 이로 인한 왜란현상은 다르게 해석된다. 이 경우에도 대부분의 고조파전류는 전원측으로 유입되고 이로 인하여 전원 임피던스와 상호작용으로 고조파전압이 발생하게 되는데, 이것이 배전계통의 전체 수용가에 영향을 미치게 된다. 최근 한국전력공사는 이와 같은 대용량의 고조파설비를 운영하고 있는 전선로에 대한 고조파를 관리하기 위해서, 배전계통 고조파관리기준을 제정(2010.08)하여 전국사업소에서 운용 중에 있다. 본 논문은 이와 관련하여 최근 신규로 건설된 공단지역의 대형아크로 부하를 사용하고 있는 전선로 수용가에서 방출하는 고조파에 의한 타수용가의 영향분석에 대한 내용이다. 이를 위해서 변전소 및 수용가에서 측정된 전기품질 데이터에 대한 분석 및 PSCAD/EMTDC를 이용한 시뮬레이션을 수행하였다.

2. 본 론

2.1 KEPCO 고조파 관리기준 개요

한전의 고조파 관리기준은 IEC 고조파 평가 방법의 3단계 중 2단계에 근거하고 있으며, IEC에서 제시하는 2단계 평가에서는 실 계통의 일일 부하곡선을 이용하여 동시율을 적용하는 방법도 있으나, 이는 산출의 어려움과 결과의 정확성 확보가 어려워 일반적으로 동시율이 제외된 아래의 수식을 사용하고 있다[1].

$$C_{h_{MV+LV}} = \alpha \sqrt{L_{h_{MV}} - (T_{h_{UM}} \times L_{h_{US}})^\alpha}$$

- $C_{h_{MV+LV}}$ 은 MV 계통에서 h차 고조파 전압에 대한 MV 및 LV 부하의 허용 가능한 전역 수용치
- $L_{h_{MV}}$ 는 MV 계통에서의 h차 고조파의 계획 레벨
- $L_{h_{US}}$ 는 상위 계통의 h차 고조파의 계획 레벨
- $T_{h_{UM}}$ 는 상위 계통에서 MV 계통까지의 고조파 왜곡 전압의 전달 계수
- α 는 합성역지수

각 수용가별 배전계통의 허용 고조파전압이 할당되면, 이 값에 근거하여 비선형부하에 의해 발생하는 고조파전류를 산출하여야 한다. 이는 아래 수식과 같이 평가지점에서의 고조파전압을 고조파 임피던스(Z_h)로 나누어 각 수용가에게 할당되는 고조파전류를 계산할 수 있다.

한전의 고압수용가 고조파전류 방출값 평가 방법에서는 영상분 임피던스는 별도로 선정하여 영상분 고조파전류 평가에 적용하였으나, 현재 검토대상 차수에서는 제외하고 있다. 또한 전력회사가 유지해야 할 고조파전압값은 IEC에서 제시한 값의 약 77%로 선정하였으며, 이에 대한 전

력회사 계획레벨은 아래 표 1과 같다.

<표 1> KEPCO 고조파전압 계획레벨

차수	홀수차수 THDv(%)	차수	3의 배수차수 THDv(%)	차수	짝수차수 THDv(%)
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	0.2	8	0.3
> 13	{1.36×(17/h)} -0.16			>	{(0.15×(10/h)) +0.15

• 한전 배전계통 THDv : 5%

2.2 공단지역 측정개소 및 방법

신설 공단지역의 대용량 아크로 부하를 사용하는 전선로 수용가의 고조파 영향 분석을 위해서 배전계통의 전기품질을 측정하였다. 측정개소는 변전소 전선로 인출점, 동일모선 인근배전선로의 고압수용가 인입점, 고압수용가 역률보상용 커패시터뱅크에서 측정하였다. 측정기는 IEC 61000-4-30에 적합한 정밀급 전기품질 측정기를 사용하였으며, 12cycle 단위의 Sampling Unit을 15번 연산한 3초 대표값(15.3kHz)이 측정되도록 설정하였다.

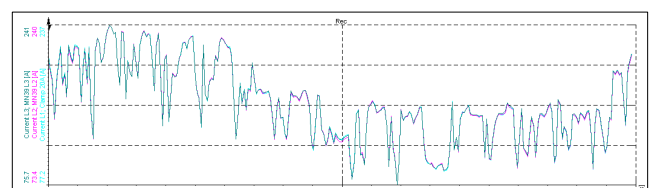


<그림 1> 각 측정개소 측정모습

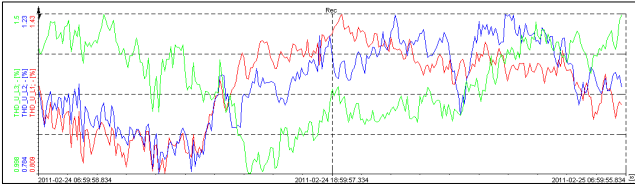
2.3 측정결과 및 분석

2.3.1 전선로 변전소 인출점 측정결과

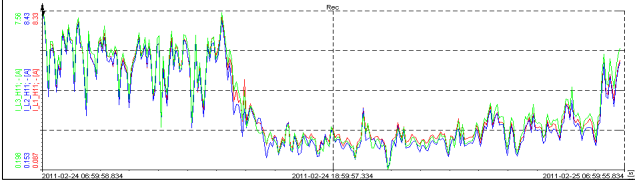
배전계통 공급전압은 공급유지 범위에 적합하게 공급되고 있었으며, 부하전류는 73~240[A] 정도로 기기사용에 따른 출력변동이 매우 크게 나타났다. THDv(%)는 최대 1.5(%) 이내로 나타났으며, 이는 한전 고조파 관리기준에 적합하였다. THDi는 최대 9.4(%) 정도로 나타났으며, 이는 분모값에 따라 지수값이 큰 폭으로 변동하기 때문에 전력회사에서는 이를 이용한 정량적인 비교가 불가능하여 일반적으로 관리지수에서 제외하고 있다. KEPCO의 고조파 관리기준에서는 주변압기, 연계선로의 임피던스, 공급용량 등을 감안하여 수용가의 고조파전류 방출값을 평가하여 관리하고 있으며, 본 전선로 수용가의 경우에는 대부분의 차수에 서 표 2와 같이 KEOCP의 기준값을 초과하여 방출하고 있었다.



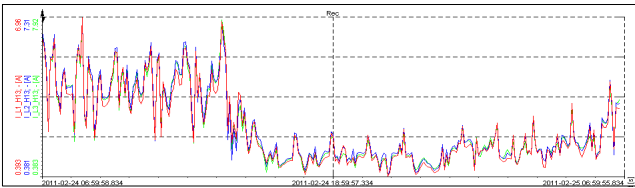
<그림 2> 부하전류



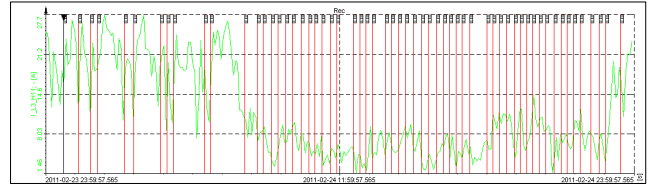
<그림 3> THDv



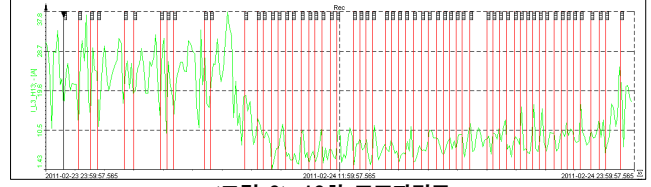
<그림 4> 11차 고조파전류



<그림 5> 13차 고조파전류



<그림 8> 11차 고조파전류



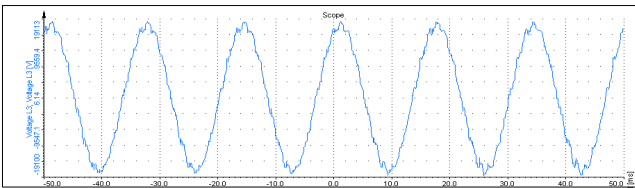
<그림 9> 13차 고조파전류

<표 2> 전용선로 수용가 고조파전류 평가결과

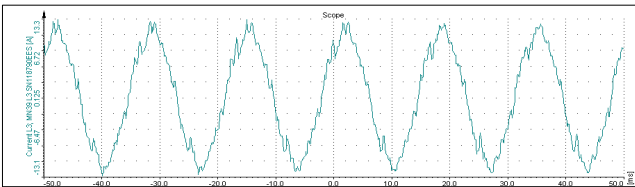
주요차수	기준값	측정최대값	초과여부
5	2.81	6.7	초과
7	1.62	4.3	초과
11	1.31	8.4	초과
13	0.97	7.9	초과

2.3.2 인근배전선로 고압수용가 인입점 측정결과

배전계통 공급전압은 공급유지 범위에 적합하게 공급되고 있었으며, 부하전류는 최대 10.6[A] 정도이다. THDv는 최대 6.7(%)까지 나타났으며, 이는 전용선로에서 발생한 고조파전류가 주원인이다. 본 수용가의 고조파전류는 정상 및 역상성분이 높게 나타났으며, 일부 차수에서 기준값을 초과하여 방출하고 있었다.



<그림 6> 전압 이벤트 파형



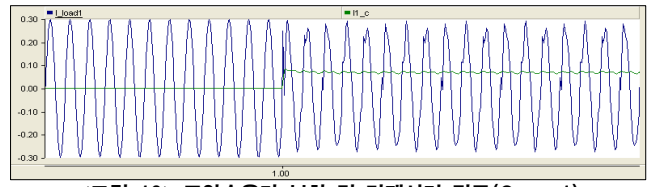
<그림 7> 전류 이벤트 파형

2.3.3 인근배전선로 고압수용가 커패시터뱅크 인입점 측정결과

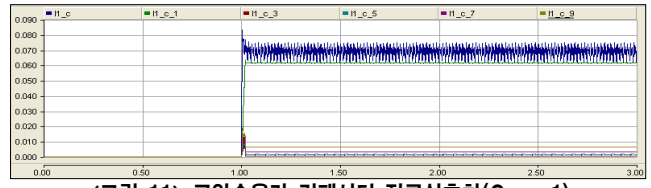
커패시터로 유입되는 기본과전류는 최대 46[A] 정도였으며, 11차와 13차 고조파전류가 매우 높게 유입되었다. 측정결과의 최대값을 적용하면 최대 95[A]의 순시전류가 유입될 수 있다. 커패시터의 임피던스 특성으로 인하여 유입, 유출되는 고조파전류 함유량이 높으며, 이로 인하여 커패시터뱅크 단자의 THDv도 높게 나타났다. 11차와 13차 고조파전류는 전용선로의 고조파전류 패턴과 동일하게 나타나고 있어, 대응량 고조파로 인한 계통영향을 알 수 있다. 이와 같이 커패시터뱅크에 정격전류 이상의 고조파전류가 유입되면, 열로 인한 기기소손 및 계통으로 방출하는 고조파가 확대될 가능성이 있다.

2.4 시뮬레이션 결과

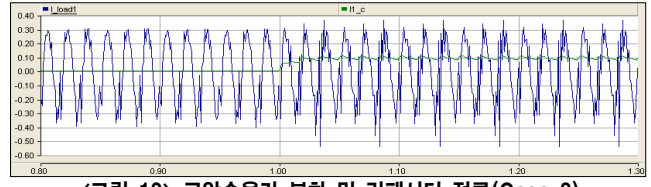
배전계통에 실패데이터를 근거로 PSCAD/EMTDC를 이용하여 모의를 수행하였다. 아래 그림은 고압수용가 내부에 고조파발생 부하가 없는 경우(Case 1)와 있는 경우(Case 2)에 대한 모의결과를 나타내고 있다. 내부에 고조파발생원이 있을 경우, 동일한 계통조건에서 더 많은 고조파가 발생하는 것을 알 수 있다.



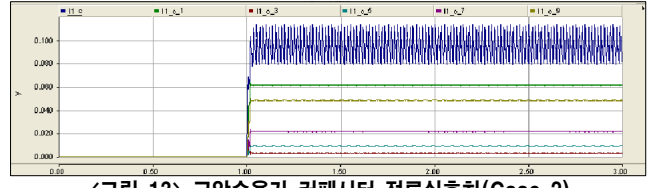
<그림 10> 고압수용가 부하 및 커패시터 전류(Case 1)



<그림 11> 고압수용가 커패시터 전류실효치(Case 1)



<그림 12> 고압수용가 부하 및 커패시터 전류(Case 2)



<그림 13> 고압수용가 커패시터 전류실효치(Case 2)

3. 결 론

본 논문은 공단지역의 대형아크로 부하를 사용하고 있는 전용선로 수용가에서 방출하는 고조파에 의한 타수용가의 영향분석에 대한 내용이다. 이를 위해서 변전소 및 수용가에서 측정된 전기품질 데이터에 대한 분석 및 PSCAD/EMTDC를 이용한 시뮬레이션을 수행하였다. 작은 용량의 고조파전류보다는 대응량의 고조파부하가 실제 계통에 문제를 발생시키고 있으며, 커패시터뱅크로 인한 고조파전류 확대현상을 확인할 수 있었다.

[참 고 문 헌]

[1] IEC/TR 61000-3-6 Ed2, 2002
 [2] 한국전력공사, 배전계통 고조파 관리기준, 2010.08