

(上) 負荷電流, (下) 高調波電流

電力系統의 高調波對策

Harmonics in Power System

⑤

박 종 근

서울대학교 전기공학과

신건학 · 이원빈 · 강영석

한전 기술연구원

6. 고조파 관리

6.1 개요

고조파는 공해와 같은 것으로 계통내에 과도한 양의 고조파를 발생시키는 고조파 발생원이 있거나 계통이 공진조건을 갖추고 있는 경우, 또는 고조파 전압, 전류에 극히 약한 기기가 있는 경우에 심각한 문제를 일으킨다. 따라서 계통의 전력품질 유지를 위하여는 고조파에 대한 관리의 필요성이 절실해지고 있다. 이 장에서는 고조파 관리의 문제점, 관리기준, 관리과정 등을 검토하였다.

6.2 고조파 관리의 문제점

고조파 관리의 공적인 측면으로 인해 고조파에 대한 관리와 규제가 어려운 실정이다. 관리 기준치를 하나의 척도로 삼아 관리기준안을 적용하더라도 다음과 같은 여러가지 복잡한 요인이 내재하고 있기 때문이다.

6.2.1 기술적 요인

i) 계통마다 고조파 전달특성이 다르다. 이로 인하여 같은 양의 고조파 발생기 기기에 대하여 계통마다 고조파 왜곡의 크기가 다르게 된다.

ii) 피해기기의 조건이 다양하다. 피해기기의 특성이 달라서 각 기기마다 고조파 허용량이 다르게 된다. 따라서 동일한 고조파 왜곡에 대해서도 피해를 받는 기기와 피해를 받지 않는 기기가 있게 되고, 더욱이 고조파 허용조건이 명확하게 표시된 기기도 적은 상태이다.

6.2.2 고조파 관련 당사자

고조파에 관련된 당사자들의 입장이 서로 크게 다르며, 그들의 이해관계가 대립되어 있기 때문에 해결의 어려움이 있다.

가. 수용가

장해를 일으키는 수용가(가해자, 원인자)와 그로 인해 피해를 받는 수용가(피해자)가 있다. 또 실제 피해사례에서 보듯 이들 양자가 동일할 수도 있다. 한편으로는 고조파 장해의 발생이

동일 계통내의 수용가일 수도 있고 다른 계통의 수용가로서 장애의 가해자 혹은 피해자가 되는 경우도 있다.

나. 기기의 제조자

기기를 제작 공급하는 제조자는 그 기기의 고조파 발생량을 계통조건에 적합하게 만들어야 한다.

다. 전력회사

송·배전 계통의 조건(Impedance, 공진조건 등)을 통해 관련되어 있다. 경우에 따라서는 발생된 고조파를 증폭, 전파하는 중간매체가 되기도 하며, 계통 전체의 관리책임자로서 피해자가 되기도 한다. 위와 같은 고조파 관련 당사자의 대립된 이해관계에 대하여 명확하게 설정된 원칙이 없어서 관련 당사자 전체가 자기 피해의식에 빠지게 된다.

6·2·3 고조파 발생기기의 다양함

과거에는 대용량의 다이리스터 기기들이 고조파 발생원으로 생각되었으나 현재에 이르러 TV 등 가전제품이 광범위하게 보급되어 이로 인한 문제도 심각하게 되었다. 또 OA 기기, 컴퓨터 등의 각종 반도체 기기들의 증가도 한 원인이 되고 있다. 더욱이 심각한 것은 이들 기기들은 공업용 기기들과는 달리 밀집되고 광범위한 분포 상태에서 거의 제어와 감시가 되지 않는 상태로 사용된다는 점이다.

6·3 해결방법의 모색

앞에서 열거한 여러 이유들에 대하여 취할 수 있는 해결방법은 복잡한 조건들을 가능한한 합리적인 방향에서 단순화시키고 그 단순함이 주는 관리의 편리함을 모색하는 것이다. 제시된 방법들이 고조파의 존재 자체를 없애는 근본적인 처방은 아니지만 이해 당사자들의 요구를 합리적으로 조정할 수는 있을 것이다.

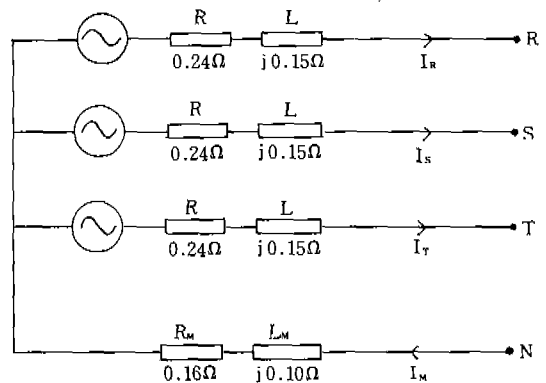
i) 각기 다른 고조파 전달특성을 가진 계통들

에 대하여는 이들을 단순한 여러 개의 모델로 패턴화하는 작업을 한다. 즉, 실제계에 대하여 충분한 근거를 갖는 모델 계통을 정의하고 모델 계통에 대한 기기의 고조파 특성을 조사하여 관리를 행한다는 생각이다. 이 모델은 많은 복잡한 작업들을 단순하게 처리할 수 있게 할 것이다. 한 예로 EC, 및 영연방 계열의 국가들은 그림 6·1의 극히 단순한 한 개의 모델 계통을 통하여 고조파 발생량에 대한 규제를 행하고 있다.

또한 각종 전력설비의 임피던스 모델링 수법을 향상시키고, 이러한 데이터를 근거로 프로그램을 이용한 예측계산 수법을 향상시켜 고조파 분포현황 등을 정확히 파악한다.

ii) 피해기기의 다양으로 인한 문제는 이들 기기들의 대 고조파 특성과 실제 피해사례들을 비교 검토하고 충분한 수준의 안전도가 고려된 관리안을 설정함으로써 피할 수 있을 것이다.

iii) 발생기기의 다양으로 인한 문제는 다음의 방법에 의해 해결할 수 있을 것이다. 첫번째는 고조파 발생기의 고조파 발생량에 제한을 두는 방법이다. 이는 대체로 고조파 발생량에 대한 공업규격의 형식을 취하게 되는데, 전자파 장애(EMI) 대책을 위하여 각국에서 실시하고 있는 전자파 규제치에 관한 규정과도 상통하고, 고조파에 대해서도 일부 국가에서는 실시하고 있는 실정이다. 이때에는 제작 코스트의 상승이 동반



〈그림 6·1〉 저압배전선의 표준 임피던스

된다. 두번째로는 계통 전체를 통하여 전력회사에서 관리를 행하고 그에 따른 비용은 각각의 수용가들이 부담하는 방법이다. 대개 대용량의 고조파 발생원을 대상으로 고조파 대책을 실시하여 계통 파형의 왜곡을 저감시키고 있다. 장차 고조파에 대한 인식이 성숙된다면 두가지 방법을 혼용하는 것이 바람직할 것이다.

iv) 고조파 장애에 관련된 각각의 관련자로 인한 문제인데, 이는 원인자 부담의 원칙에 따라 처리할 일이다. 여기서 원인자란 O기기의 제조자 O기기의 사용자 O전력회사 모두가 될 수 있다. 기기 제조자에는 공업규격의 제한을, 기기 사용자에는 고조파 관리기준안에 근거한 규제를, 전력회사에는 양질의 전력과 우수하고 안정된 계통을 요구하는 것이다.

6.4 고조파 관리기준치의 검토

고조파 관리기준치를 결정하는 데는 세심한 고려가 필요하다. 고조파 관리기준치의 검토과정을 분석해 본다.

6.4.1 고조파 장애 발생현황

고조파로 인한 장애의 발생현황을 조사한다.

이 조사에는 피해기기의 종류와 피해의 종류, 고조파 발생원 및 계통상황, 그리고 사후대책 등이 포함된다. 이를 통해 우리는 고조파로 인한 장애의 직접적인 원인과 그 피해양상을 파악할 수 있게 된다. 조사된 바에 의하면 제 5조파 전류값이 3.0~32%에서 장애발생 사례가 보고되었다.

6.4.2 고조파 분포계산

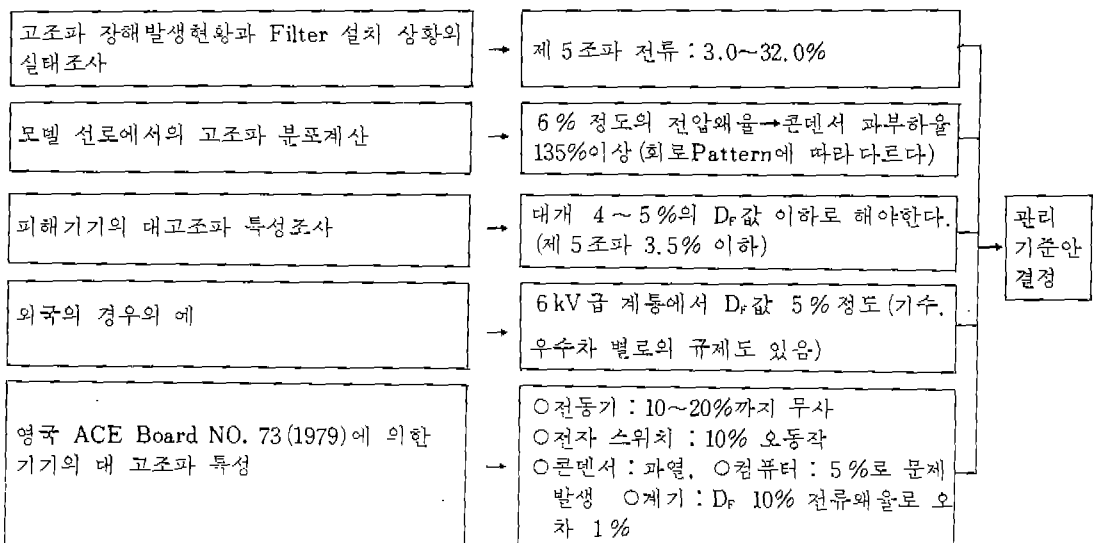
모델 선로를 결정한 후 이 모델 회로에서의 고조파 분포를 계산해 본다. 이것으로 일정한 값의 전압왜율이 기기에 미치는 영향을 가늠할 수 있다. 즉 6%정도의 전압왜율로 전력용 콘덴서 설비에 135%의 과부하율(이 값이 전력용 콘덴서 설비의 규격에 가깝다)이 나타난다.

6.4.3 기기의 대 고조파 특성조사

기기의 대 고조파 특성으로부터 적정 수준의 고조파 제한치를 결정할 수 있다. 대개 저전압 계통에서 4~5%를 넘지 않아야 한다.

6.4.4 기 타

그 외에도 왜곡의 사례 및 자료를 검토하여 고



〈그림 6.2〉 관리 기준치의 검토

려할 필요도 있다. 그림 6·2는 관리기준치 검토과정을 알기 쉽게 도표로 정리한 것이다.

6·5 고조파 관리과정

고조파 관리기준에 의거 전 배전선의 수준을 항상 감시하는 것은 현재의 기술수준으로는 불가능하다. 따라서 우선 대용량의 다이리스터 등이 접속되는 특정 배전선에 중점을 두어 고조파 수준을 관리해야 한다. 고조파 발생기가 새로이 계통에 접속되는 경우의 공급검토 과정과 고조파 관리에 대한 방향을 제시하는 실제적인 관리예를 제시하였다.

6·5·1 공급검토 과정

가. 기기용량 조사

접속되는 다이리스터 응용기기의 용량을 우선 조사한다.

나. 고조파 발생기기의 제원에 대한 정보수집

수용가가 신설 신청을 하는 단계에서 기기의 용량이 일정값을 초과하는 경우 펄스 수, 제어 각 공급변압기의 결선 등 고조파 전류값에 관계된 정보를 수집한다.

쉬어가는 코너

● 나의 하렘

유부녀를 좋아했던 모파상은 여하간 피상한 취미를 가진 작가였다.

그가 살고 있던 아파트인 파리의 크로제르가(街) 17번지는 주민이 모두 창부들이었고 오직 그 하나만이 남자였다.

손님이 찾아와 초인종을 누르기만 하면,

「손님이신가요?」

하고 이 문, 저 문에서 그 여자들이 고개를 내밀었다.

모파상은 그 아파트를 가리켜서,

「여기는 나의 하렘(後宮)」

이라고 자랑삼고 있었다.

다. 배전선로의 전압왜울 현장 측정

공급 전후에 걸쳐 고압배전 계통의 전압왜울을 확인한다.

라. 고조파 분포현황

고조파 발생기가 계통에 접속된 시기의 계통 각 지점에서의 고조파 분포현황을 다.의 정보 또는 계산 등에 의해 파악한다.

6·5·2 공급여부의 결정

라.의 값이 관리기준치 이하로 되는 것을 기준으로 공급의 가부를 결정(판정)한다.

6·5·3 관리기준치의 적용과정

그림 6·3에 관리기준치의 적용과정을 알기 쉽게 도표로 정리하였다.

6·6 한국전력공사 및 외국의 관리기준치의 예

가. 한국전력공사(잠정안)

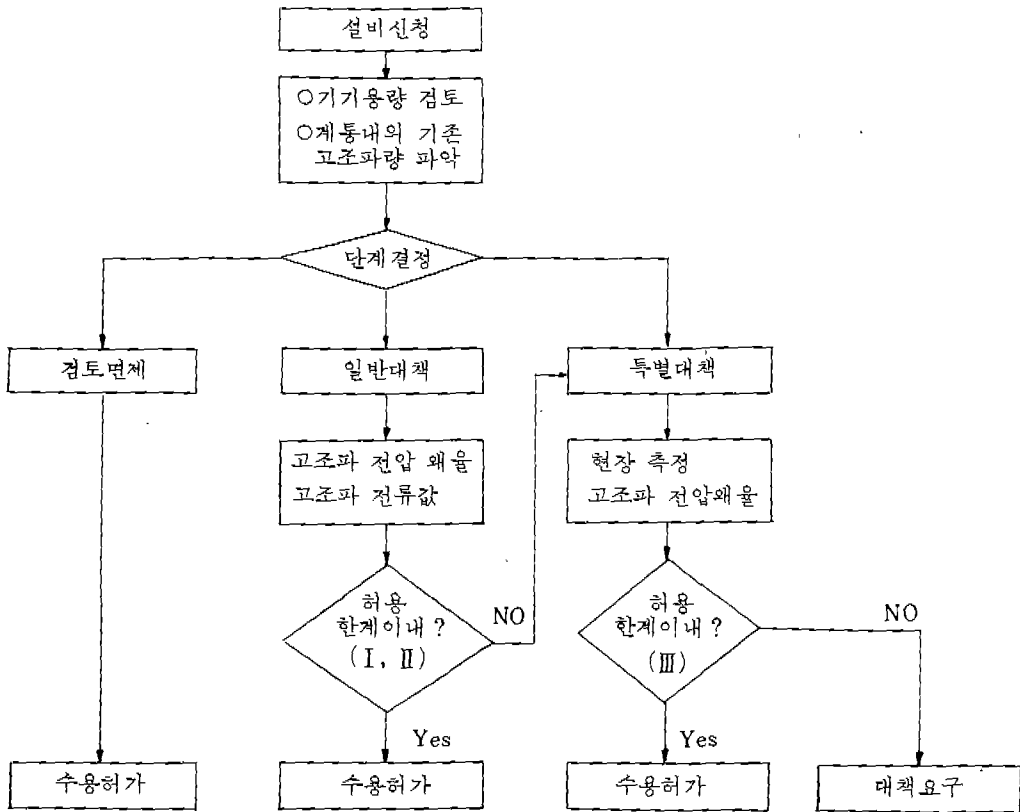
계통 항목	저중선로가 있는 S/S 에서 공급되는 수용		가공선로만 있는 S/S 에서 공급되는 수용	
	전압D. F	등가방해 전류	전압D. F	등가방해 전류
66kV 이하	3%		3%	-
154kV 이하	1.5%	3.8A	1.5%	-

나. 일본의 N전력회사

	각차고조파 전압함유율	비 고
154kV 이상의 송전계통	0.5%	D. F가 약1.0%이하
66kV 이하의 송전계통	1.0%	D. F가 약2.0%이하

다. 영국전력청

회로전압	D. F (%)	각차조파전압	
		기수조파	우수조파
415V	5	4	2
6.6, 11kV	4	3	1.75
33, 66kV	3	2	1
132kV	1.5	1	0.5



(그림 6-3) 관리 기준치의 적용

7. 결론

고조파 대책에 관한 연구는 한국전력공사의 경우 불과 몇년전부터 수행되어 왔으나 외국의 경우는 이미 수십년전부터 고조파 문제가 발생한 현장경험을 중심으로 관련 분야별 연구수행을 지속하여 왔다. 물론 이러한 차이는 경제적인 성장과 함께 반도체 소자의 향상, 전력 전자 산업의 발전으로 고조파 발생원인 파워 일렉트로닉스 기기 등의 증대현상과 무관하지 않으며, 우리도 국내 산업기술의 발전으로 고조파에 의한 장애현상은 더욱 가속될 전망이다. 실제 과거에는 변압기, 아크로 등에 의한 고조파 발생이 대부분이었으나 다이리스터 등을 이용한 기기로부터 계통으로 유입되는 고조파량이 훨씬

증대되고 있는 현상이 지금의 실정이다. 이렇게 볼 때 외국과 같이 관련 분야별 연구가 체계적으로 이루어져 전력계통의 고조파 대책에 관한 기술축적과 관리방안이 마련되어야 할 중요한 시기이고 효과적인 고조파 대책을 펴할 수 있는 지속적이고도 단계적인 연구수행이 필요하다. 따라서 각 연구기관, 학교, 기업 등이 삼위일체가 되어 정보교환과 역할분담, 전문위원회 구성 등이 이루어질 수 있다면 고조파 대책의 난이성은 크게 해소될 것이다. 또한 고조파 관리는 고조파 증대의 억제를 목적으로 운용되고 있는 만큼 관련 당사자들의 상호 협조와 이해를 바탕으로 고조파 문제에 공동대처를 함으로써 전력공급의 신뢰도 및 양질의 전력품질 유지가 가능하리라 생각된다. (연재 끝)