

고조파 유출 억제기술의 동향

고희석 · 이현무 · 이충식*
경남대학교 · 대원과학대학*

The Trend of suppression technology of harmonics for distribution system

Hee-Seog Koh · Hyun-Moo Lee · Chung-Sik Lee*
Kyungnam Univ · Daewon college*

Abstract - Reliance on electric power has increased together with customer's demand for delightful and convenient living. Recently, as appeared in the rapid growth of the technology of power electronics, the installation and apparatus using semiconductor application is widely supplied and used from a household goods to industrial goods. However, these machine generate harmonics current and voltage for electric power system. The harmonics current is increased voltage distortion and generate a lot of interference in the electric power system. In this paper, the trend of the suppression technology of harmonics outflow and the fundamental theory about the suppression of harmonics current in the distribution system are investigated and evaluated. Therefore we look forward to supply electric power of good quality to satisfy the harmonics current guide line which is applied to household goods in the world.

1. 서 론

전기에너지를 효율적으로 전송하기 위해서는 발전기에서 발전부까지의 사이에서 전압과 전류를 몇 번이나 변환시키지 않으면 안된다. 그 변환수단은 주로 변압기이지만 이 경우 주파수는 불변이다. 바꿔 말하면 파라메타는 두 개뿐 이었지만 현재는 부하단에서 주파수를 변환하는 일이 대단히 많아졌다. 다시 말하면 자유도가 또 하나 추가되어 세 개의 파라메타를 변환하도록 되었다. 예를 들면 에너지절약을 의도해 상당히 보급을 보이고 있는 인버터는 유도전동기의 가변속 운전을 위하여 주파수 변환을 행해오고 있고 이것에는 오로지 강전전자 기술이 적용되고 있다^[1]. 인버터는 직류를 교류로 변환하는 장치를 말하지만 이것이 교류 배전망에 접속된 이상은 그의 전 단계에서는 일반적으로 교류를 직류로 변환하는 콘버터(정류장치)가 접속되어 있다^[2-4]. 이것은 강전전자장치가 동작하기 위한 필요한 조건이라고 할 수 있다. 그러나 이 콘버터로 구성되는 것은 고조파전류의 발생원으로서 이 고조파전류가 각 콘버터로 구성되는 것은 고조파전류의 발생원으로서 이 고조파전류가 각 콘버터에서 집적되어 그림1-1과 같이 배전망 및 송전망을 경유해 전원에까지 거슬러 올라가 역류해서 간다. 이 집적고조파 전류는 전원에서 부하단까지의 임피던스(1주)이 임피던스는 단락임피던스를 기준으로 구해지고 그 리액턴스분은 그것이 유도성의 경우 상용주파수에서의 리액턴스의 고조파 차수배로 된것에서 전압강하를 발생해 그 전압강하에 의해서 예컨대 전원전압의 파형이 순정현파였어도 부하단의 전압파형은 왜형파로 된다. 이 전압왜형은 부하기기의 파형이 과열·소손이나 오동작을 야기시킨다^[5-6]. 이 문제는 한편에서는 전자환경보호와 전력품질보증의 문제에 미치고 또한 다른 한편 전자양립성(EMC)문제에 귀속한다. 전력의 품질을 배전망에 접속된 건축전기설비

이들 주택용 가전기구이든 항상 완전한 동작이 가능하게 보증되지 않으면 안된다. 전기는 공공의 자원이고 공기나 물자 같이 너무 오염되어서는 공공복지에 반하게 된다. 따라서 고조파발생원인 부하의 특성과 장해를 받는 기기의 내량 및 양자간을 증대하는 전력계통의 특성을 파악해 고조파유출억제를 위한 기술을 보급할 필요가 있다. 본고에서는 배전계통에서의 고조파문제와 그의 유출 억제기술의 동향을 기술한다^[7-8].

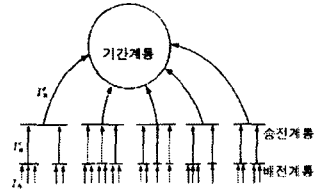


그림 1-1 고조파의 흐름개념도

2. 전압 왜형의 물리적 해석

정류회로의 가장 간단한 모델은 정류기의 교류측의 전류파형이 그림2-1과 같이 방형파의 경우이다. 이것은 직류회로의 인덕턴스가 무한히 크고, 교류회로의 인덕턴스가 0인 경우에 해당한다. 정류기의 직류측에 완전 평활된 직류전류가 흐르기 위해서는 가령 전원전압파형이 정현파임에도 교류입력전류는 방형파 교번전압으로 되지 않을수 없다. 그러나 이와 같이 모델에서는 전압 왜형의 문제는 발생하지 않는다. 왜냐하면 교류회로의 임피던스가 0인 이상 그 전압 강하분은 0이고, 따라서 부하단자전압은 전원전압 그것이고 그 파형은 정현파이다. 따라서 전압 왜형 문제를 생각하기 위해서는 교류회로의 인덕턴스를 무시할 수 없다. 교류회로에 인덕턴스가 존재하면 교류입력전류가 방형파가 되는 것은 있을 수 없다. 왜냐하면 전류교번의 시점에서 $di/dt = \infty$ 로 되는 현상이 반주기마다에 반복되어 그 시점에서 교류회로에서의 전압강하가 무한대로 되어버리기 때문이다. 그러므로, 교번시점에서의 di/dt 는 반드시 이 유한의 값을 취할것이고 그 경우의 교류입력파형은 그림2-1(b)와 같이 교번태형파로 된다. 그런데 이와 같은 교번태형파형의 전류가 교류에 흐르는 경우 부하단의 전압파형이 어떻게되기를 생각해보자. 그림2-2에서 전류가 정현파형의 경우는 당연히 인덕턴스 L에서의 전압강하도 같은 그림(a)와 같이 정현파로 되고, 부하단의 전압도 그림2-3(a)와 같은 정현파이다. 그러나 그림2-2(b)에서 나타낸 바와 같이 태형파의 경우는 di/dt 가 일정 값을 갖는 전류증가 또는 저감의 기간만 일정전압강하를 발생해, 그 전압강하의 파형은 그림 2-2(b)와 같이 간헐적인 교번방형파로 된다. 그 결과 부하단의 전압파형은 그림2-3(b)와 같이 대단히 왜형한 것으로 된다.

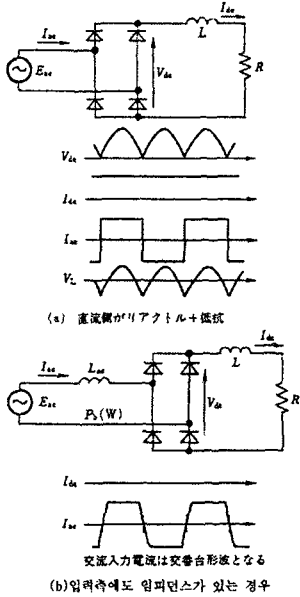


그림 2-1 단상브릿지정류회로

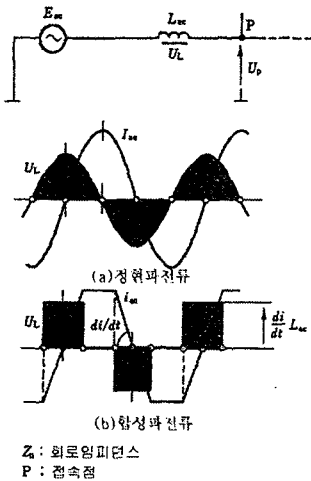


그림 2-2 회로에 있어서 전압강하

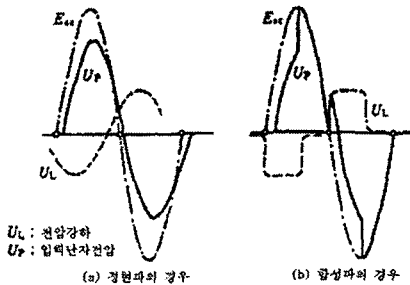


그림 2-3 회로전압의 왜형

3. 고조파 유출전류의 억제 대책의 필요성

고조파 유출전류가 상한치를 초과하고 있는 경우는 고

조파 유출전류를 저감해 상한치 이하로 되도록 억제 대책이 필요하게 된다. 억제 대책 방법에는 기기에서 발생하는 고조파전류 그것을 저감시키는 방법과 기기에서 발생한 고조파 전류를 수요가구내의 설비로 분류시키는 것에 의하여 유출전류를 저감시키는 방법의 그 종류로 나뉜다.

3.1 유출전류의 저감효과

(1) 흡수효과

고조파 발생기기에서 수요가구내의 배선에 유입한 고조파 전류의 일부는 구내의 배선에 접속되어 있는 기기나 장치에 흡수되기 때문에 고조파 유출전류는 그분만큼 저감한다. 기기나 장치의 흡수하는 고조파 전류의 양은 당해 기기나 장치의 고조파에 대한 임피던스와 수전점을 개입해 연결하고 있는 전력계통(여기에서는 전원계통이라고 한다)의 고조파에 대한 임피던스와의 관계에서 다음식으로 계산 할 수 있다.

$$I_{Ln} = I_n \times \frac{Z_{sn}}{(Z_{sn} + Z_{Ln})}$$

I_{Ln} : 기기나 장치가 흡수하는 고조파 전류

I_n : 고조파 발생기기에서 구내 배전선에 유입한 고조파 전류

Z_{sn} : 전원계통의 고조파에 대한 임피던스

Z_{Ln} : 기기나 장치의 고조파에 대한 임피던스

윗 식에서 기기나 장치의 고조파에 대한 임피던스

Z_{Ln} 가 전원계통의 고조파에 대한 임피던스 보다 현저

하게 큰 경우에는 흡수하는 고조파 전류 I_{Ln} 은 거의 영

으로 되므로 실질적으로 고조파 유출전류의 저감이 있는

기기나 장치는 이하의 것으로 한정된다.

① 발전기나 전동기동 회전기

이들 기기는 상용주파수의 회전자계를 이용하고 있고 회

전자계에 직접기여 하지않는 고조파에 대해서는 저 임피

던스로 되어 고조파 전류를 흡수한다.

② 역률 개선용 콘덴서

역률 개선용 콘덴서는 본래는 수요가 부하의 역률을 개

선하기 위하여 설치되는 것이지만 일반적으로 쓰이고 있

는 6%의 직렬 리액터부 역률 개선용 콘덴서는 5차, 7차

등 저차의 고조파 전류에 대해서 임피던스가 작게되고

같은 차수의 고조파 전류를 흡수하기 때문에 고조파 유

출전류를 저감하는 효과가 있다. 그러나 직렬 리액터가

없는 콘덴서를 설치하면 도리어 고조파 유출전류를 확대

할 염려가 있다.

③ 수동필터

수동필터란 특정차수의 고조파(동조필터) 또는 어떤 차

수이상의 고차의 고조파(고차필터)를 흡수하기 위하여

리액터L, 콘덴서C 및 저항R로서 구성된 장치이다. 바꿔

말하면 다음식과 같이 n차의 고조파에 대해서 직렬공진

하도록 L과C의 값을 설정하면 당해 차수의 고조파에 대

한 임피던스는 저항만으로 되기 때문에 전원계통의 고조

파에 대한 임피던스 보다 적은 임피던스의 저항을 사용

하는 것에 의하여 당해 고조파전류가 상당히 흡수 할 수

있다.

$$Z_{fn} = R + j\left(\frac{\omega L - 1}{\omega C}\right)$$

Z_{fn} : 필터의 n차 조파에 대한 임피던스

ω : $2\pi fn$

f : 기본주파수

윗 식에서 $\omega L = \frac{1}{\omega C}$, 다시말하면 $n = \frac{1}{2\pi fn}$ 로 되

게 L과 C를 설정하면 n차 고조파에 대해 임피던스는 R

로 된다.

(2) Cancel 효과

① 능동필터

현재 개발되고 있는 능동필터는 선로에 흐르는 전류의 파형을 센서로서 검출해 정현파와 검출한 전류파형의 차분에 상당하는 파형을 인버터를 이용해 주입하는 방식을 채용하고 있다. 센서에 의한 검출시간지연이나 인버터의 동작 시간등에서 차분에 상당하는 완전한 파형을 주입하는 것은 곤란하므로 고조파 전류를 100%상쇄하는 것은 불가능하지만 수동필터와 달리 복수의 차수의 고조파 유출전류를 한대로서 저감시킬 수 있다.

② Δ-Δ 와 Δ-Y 권선의 2 변압기의 조합

일반적으로 정류기등의 전력변환장치에는 전용의 변압기가 쓰이고 있다. 3상 변압기의 일차측과 2차측 권선의 결선방식에는 Δ-Δ, Δ-Y, Y-Y, Y-Δ의 4방식이 있다. 여기에서 동일 모선에 접속된 Δ-Δ 및 Δ-Y결선의 2변압기를 조합한 방식에 대해서 이 2변압기의 2차측에 동일용량으로 동일운전상태의 고조파 발생원이 접속된 경우 각각의 변압기의 일차측 제 5차, 제 7차 고조파 전류는 180도의 위상차로 되고 상쇄되는 것으로 된다.

(3) 대수효과

고조파-전류 발생량이 같은 여러대의 아크로 대수효과

$$I_{gn} = N^{\frac{1}{p}} \times I_n$$

I_{gn} : 합성된 제 n차 조파 전류량

I_n : 1대에서 발생하는 고조파 전류량

N : 대수

$$P = 1.5(5차 고조파) \\ = 2(7차 고조파)$$

4. 고조파 대책의 종류와 기본적 사고방식

고조파 대책에 대해서도 <고조파의 3대 기본요소>에 대해 분류된다.

- (1) 고조파발생원을 저감시킨다. 발생량은 1/2 로 하면 해당기기 접속점의 왜형도 1/2로 된다.
- (2) 대상회로의 임피던스를 변경한다. 고조파의 분류조건을 변경한다. 구체적으로는 진상콘덴서의 직렬 리액터의부가, 교류필터의 설치, 계통구성의 변경등이다.

이상의 분류에 의한 대책의 종류를 표4-1에 나타낸다. 기술적원칙에서는

- ① 발생량을 극히 저감시킬 것
 - ② 고조파를 확대하는 요인을 없도록 할 것
- 이 기본적으로 되어야 한다고 생각한다. 그러나 현실 문제로 각종 대책중 가장 효과적이고 경제적인 대책을 선정해야 된다.

6. 결론

고조파발생량이 증대하다는 것에 의하여 고조파왜형도 증대한다. 고조파 가이더라인에는 고압이상의 전압으로 수전하는 수요가에 대해 적용되는 전압 또는 특별고압으로 수전하는 수요가의 고조파억제 대책 가이더라인과 가전, 범용품의 제조자에 대해 적용되는<가전.범용품 고조파 억제 대책 가이더라인>의 두 개가 있다. 그러나 고조파 발생량은 억제해도 일반 수요가에는 아직도 다수의 직렬리액터 없는 콘덴서가 설치되어 있기 때문에 확대현상에 의한 원인으로 왜형을 증대시킬 가능성이 있다.

표5-2 고조파장해 방지대책

대책개소	발생기기	배전계통	피해기기
대책방법			
고조파발생량의 감소	-펄스수증가 -제어지연각의지 감과전류리액터의 증가 -PWM제어방 식에서의만송주 파수의고주파화 -전류전동의억제 -특수회로의활사용	-배전선상간전 압의 평형화	
임피던스(분류 조건)의 변경	교류필터의설치	-단락용량의증가 -공급배전선의 진용화 -계통의절체 -교류필터의설치	-진상콘덴서의직 렬리액터의부가 -운용에의한대책 -교류필터설치
기기의내량강화			-위상제어회로 에의필터삽입 -특수내량품의 설치

이후에 콘덴서에 적절한 직렬리액터를 부속해 고조파 확대를 제어하는 것이 필요하다. 단지 직렬리액터의 선정에는 고조파 과부하로 되지 않도록 충분히 주의하지 않으면 안된다.

[참고 문헌]

- [1] 電氣協同研究会(電力系統における高調波とその対策)電氣協同研究, 第46巻第2号, 平成2年6月
- [2] 日新電氣技報, Vol.28, NO3抜刷(配電系統の高調波問題と対策)1993年9月
- [3] 日新電氣技術資料 [配電系統における高調波]建築設備士, 1990年6月号より拡大抜刷 井上昌幸(日新電氣)
- [4] 電氣設備学会誌, Vol.18(高調波障害とその防止対策)1998年11月号 浅野雅彦(日新電氣)
- [5] JIS C 4902(1998)[高圧及び特別高圧進相コンデンサ及び付?器機]
- [6] 電氣計算Vol.61(1993) 高調波の発生源と防止対策
- [7] 電氣設備学会誌 Vol.24.No.4 [配電系統の高調波問題と対策]
- [8] 高調波流出制御技術. 電氣設備学会誌Vol.16. No4(1996.4)

표4-1 고조파의 문제해결의 순서와 배전계통에서의 특이성

검토수법	배전계통에서의 특이성
始	고조파발생기기가불특정다수 -사이리스터기기 -가정전화제품
1. 고조파발생원 -발생위치 -차수마다의 발생량	고조파의전반특성이복잡하게 된다. -배변의운영형태 -각수요가의부하조건 -콘덴서의개폐조건 (특히 직렬리액터없는콘덴서)
2. 임피던스map을 작성해대상기기접속점 의조조파량을 계산한다.	영향을받는기기가다종다양 -내량한도가명확하게되어있 는기기가적다. -진상콘덴서는JIS에서내량규정
3. 대상기기의 고조파내량 이하인가?	응답의3가지 방법 -고조파발생원의저감 -임피던스의변경 -기기의고조파내량의강화
방치대책을검토 (1~3 으로 돌아간다)	

3) 기기의 고조파내량을 강화한다.