

상용(220V/60Hz)전원의 고조파 검출 방식의 비교

정동열*, 황환영**, 박종연***
강원대학교

The comparison of harmonic detection methods on the Power line.

Dong-Youl Jung, Hwan-Young Hwang, Chong-Yeun Park
Kangwon National University

ABSTRACT

The current harmonic detector consists of the load current detector and the notch filter. It obtains the harmonic current from the output of the load current detector using the Notch filter.

The GIC in the notch filter is used instead of inductor to minimize the magnitude and phase characteristics variation caused by using twin-T notch filter and passive elements(inductor).

1. 서 론

최근 전력 전자 기기의 사용이 급속히 증가함에 따라 고조파에 의한 장애가 심각한 문제가 되고 있다. 따라서 고조파는 반드시 제거되어야 하며 기존의 고조파 제거 방법은 수동형 필터의 이용과 능동형 고조파 제거 시스템의 이용으로 분류할 수 있다. 수동형 필터는 계통과의 병렬 공진이나 주파수가 고정되어 있는 공진형 필터라는 단점으로 연구의 한계에 다다르고 있어 현재는 능동형 고조파 제거 시스템이 보편적으로 사용되며 지금까지 연구되어 오고 있다.^{[1][2][3]}

기존의 고조파 제거 시스템은 전원 전류의 고조파 제거뿐 아니라 무효 전력 보상의 기능까지 수행하며 이 시스템을 아날로그 회로로 구현하기에는 시스템이 복잡해지고 정밀도가 떨어지며 고가가 되기 때문에 고조파 제거 기능만을 수행하는 고조파 제거 시스템을 구성하여 아날로그 회로의 장점을 유지하는 방법이 필요하다.^{[4][5]}

본 논문에서는 고조파 제거 시스템에서 Notch필터로 고조파를 검출하는 방식 중 GIC(Generalized Impedance Converter)를 이용한 방식과 Twin-T능동 회로를 이용

방식의 비교 하였다.^[6] 본 논문에서 제안한 GIC방식은 Twin-T방식보다는 크기와 위상의 변화를 최소화하는 대역 통과 필터를 구현함으로써 L이 가지는 기생 커패시터 성분 효과가 나타내는 문제점을 해결하여 안정된 검출을 할 수 있다고 생각된다.

2. 본 론

2.1. 능동형 필터의 구조

그림 1은 능동형 필터의 구조로써 고조파 제거 시스템의 단상 고조파 제거 시스템으로 크게 기준 보상 전류를 결정하는 고조파 검출부와 보상 전류를 생성하는 전류 제어 PWM부로 구성되어 있다.

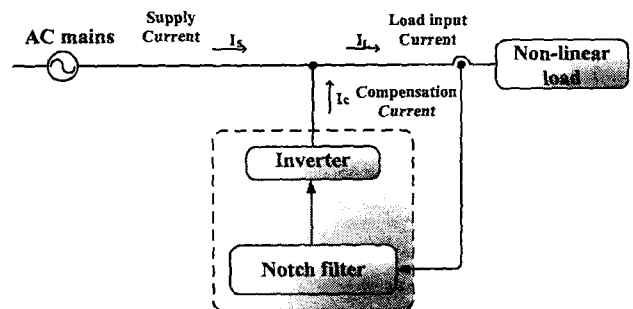


그림 1 능동형 필터의 구조
Fig. 1 The structure of active filter

그림 2와 같이 고조파 검출부는 보상전 전원 전류검출부와 Notch 필터부로 구성되어있다. 고조파 검출부는 부하전류를 검출한 후 아날로그 Notch 필터를 거쳐 고조파만을 얻어 기준 보상 전류를 결정하는 역할을 하며 부하 전류 검출부와 Notch 필터부로 구성된다. 부하 전류는 기본과 성분과 고조파 성분의 합으로 나타나며 이들 성분 중 고조파 성분만이 고조파 제거 시스템에서는 필요하

므로 Notch 필터를 이용해 기본파 성분을 제거해야 한다. 일반적인 방법으로는 부하 전류를 전압으로 검출한 뒤 Notch 필터를 통해 기본파 성분을 제거한 나머지인 고조파 성분을 기준 신호로 결정하는 것이다.

보상전 전원 전류를 검출하는 방법에는 분로저항의 이용, CT의 이용, Hall CT의 이용 등 여러 가지 방법이 있지만 본 논문에서는 Hall CT를 이용한 검출방법을 사용하였다.

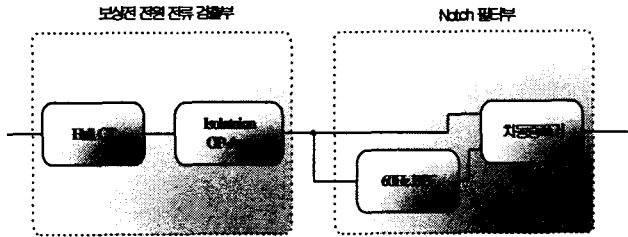


그림 2 고조파 검출부의 구조
Fig. 2 The structure of harmonic detector

그림 3은 본 연구에서 사용한 Notch 필터의 기본형태이다. 보상전 전원 전류 검출부의 출력을 Notch 필터의 입력으로 하고 Notch 필터의 중심 주파수를 기본파의 주파수로 설정하면 Notch 필터의 출력은 기본파를 제외한 고조파 성분이 된다.

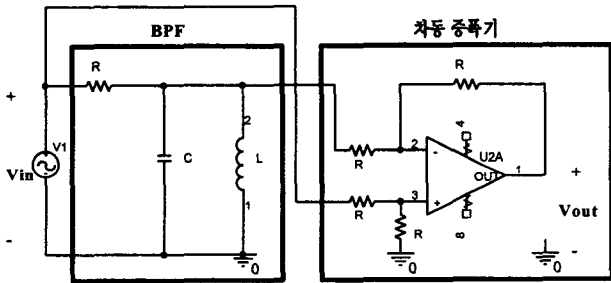


그림 3 일반적 Notch 필터의 구조
Fig. 3 The structure of general Notch filter

BPF의 출력은 검출된 부하 전류 기본파 성분이며 차동 증폭기의 출력은 검출된 부하전류에서 BPF의 출력을 감산한 고조파 성분이다. 본 연구에서 사용한 Notch 필터는 구성이 간단하다는 장점을 가지고 있지만 기본파 성분을 여과하기 위한 BPF의 구성 소자 중 L이 갖는 기생성분과 정확한 L값을 얻지 못한다는 치명적 단점으로 필터를 구현하는데 한계에 이르렀다. 이에 Notch 필터 형태를 변화시키거나 사용한 Notch 필터의 구성소자인 L의 약점을 보완할 필요가 있었다. Notch 필터의 형태 변화로는 기존 논문에서 제안 twin-T notch 방법이 있고 L의 약점을 보완하여 구성된 Notch 필터로 L 대신 GIC를 이용한 방법이 있다.

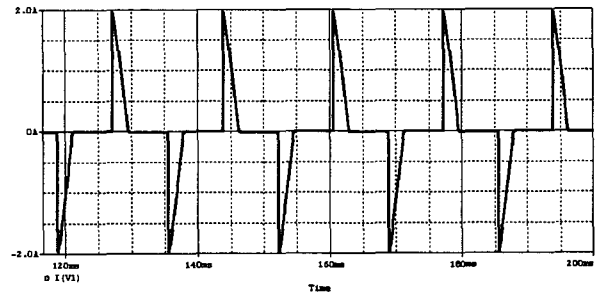
L 대신 GIC를 이용하는 방법은 본 연구에서 제안한 방법이다.

2.2 Notch필터의 비교

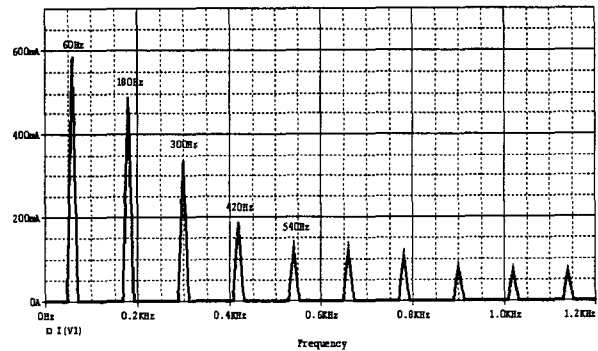
2.2.1 시뮬레이션 및 검토

전원전압은 220V/60Hz로 하였고 부하는 전과정류 회로로 선정하였으며 고조파 검출부는 보상전 전원 전류의 검출과 동시에 고조파 전류만을 얻기 위한 필터 회로가 필요하다. 보상전 전원 전류의 검출은 Hall CT를 이용하였고, 고조파 성분의 검출은 아날로그형 Notch 필터를 사용하였다.

그림 4의 (a)는 보상전 전원 전류의 파형이고 (b)는 주파수 특성이다. 보상전 전원 전류가 기본파와 홀수 고조파 성분으로 이루어져 있음을 알 수 있다.



(a) 전류파형



(b) 주파수 스펙트럼

그림 4 보상전 전원 전류의 주파수 특성

Fig. 4 The frequency characteristic of line current before compensation

고조파 검출부의 성능 비교를 위해 Twin-T형 Notch 필터와 GIC를 이용한 Notch의 고조파 검출부 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 5는 기존 논문에서 제안한 Twin-T notch 필터의 구조이고 그림 6은 본 논문에서 제안한 GIC를 이용한 Notch 필터의 구조이다.

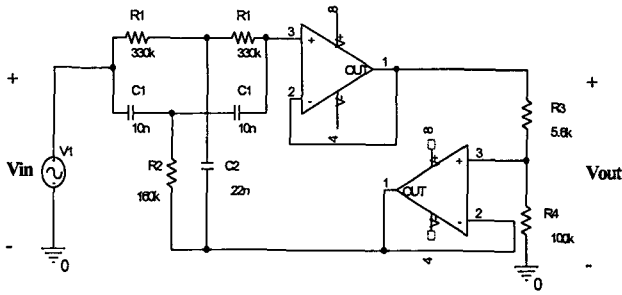


그림 5 Twin-T notch 필터의 구조
Fig. 5 The structure of TWIN-T notch filter

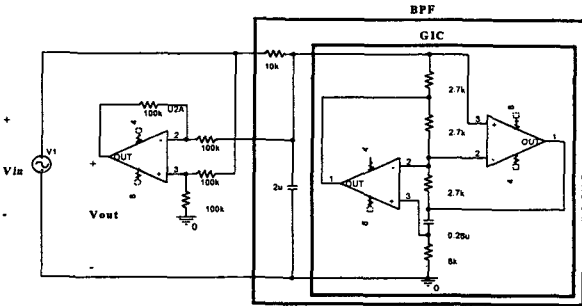
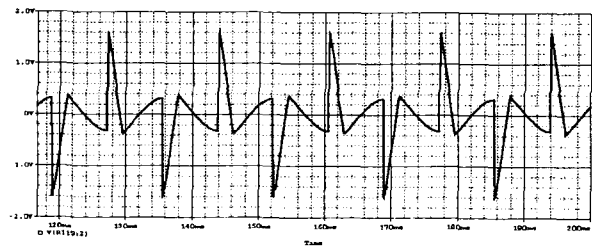
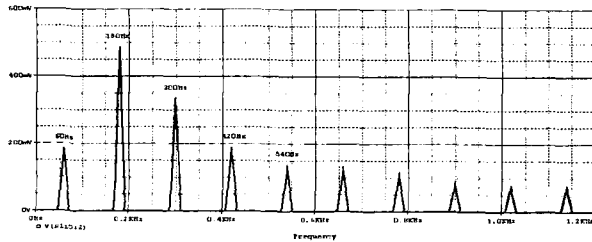


그림 6 GIC를 이용한 Notch 필터의 구조
Fig. 6 The structure of notch filter using GIC

이들의 주파수 특성을 시뮬레이션으로 비교해 본 결과는 그림 7~8과 같다.
그림 7의 (a)는 twin-T Notch 필터의 출력파형이고 (b)는 주파수 특성이며 그림 8의 (a)는 GIC를 이용한 Notch 필터의 출력파형이고 (b)는 주파수 특성이다.

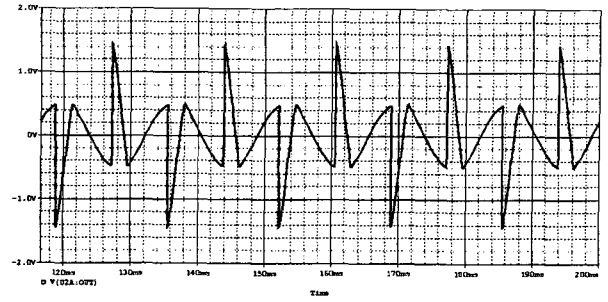


(a) 출력파형

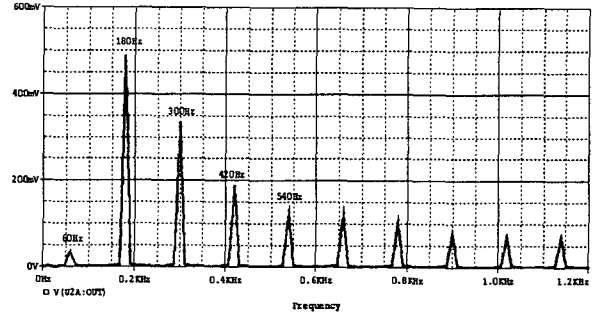


(b) 주파수 스펙트럼

그림 7 Twin-T형 Notch 필터 출력의 주파수 특성
Fig. 7 The frequency characteristic of the output of Twin-T notch filter



(a) 출력파형



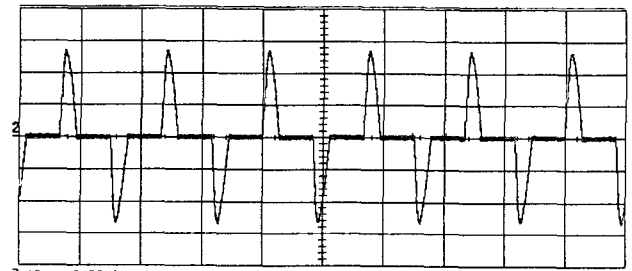
(b) 주파수 스펙트럼

그림 8 제안한 Notch 필터 출력의 주파수 특성
Fig. 8 The frequency characteristic of the output of the proposed Notch filter

위의 시뮬레이션 결과와 같이 Twin-T형 Notch 필터의 출력 전압 및 주파수 특성으로서 본 논문에서 제안된 GIC를 이용한 Notch 필터보다 첨예도가 낮아서 출력 전압에 60Hz 성분이 많이 포함되어 있는 것을 알 수 있다.

2.2.2 실험 결과 및 검토

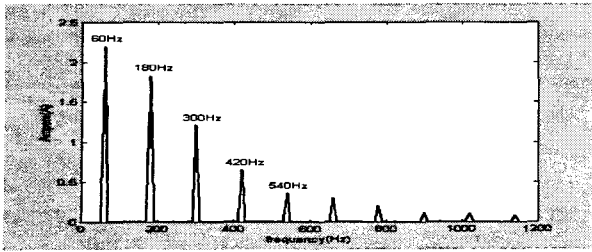
실험은 전원 전압을 220V/60Hz로 부하를 전파 정류기 말단에 저항과 커패시터를 연결하여 제작한 후 실험하였다. 그림 9의 (a)는 전류의 파형이고 (b)는 실험을 통해 얻은 보상전 전류의 주파수 특성을 Matlab 이용하여 주파수 분석을 한 것이다. 시뮬레이션과 같이 보상전 전원 전류는 기본파 및 홀수 고조파 성분이 존재하는 것을 알 수 있다.



(a) 전류 파형

3. 결론

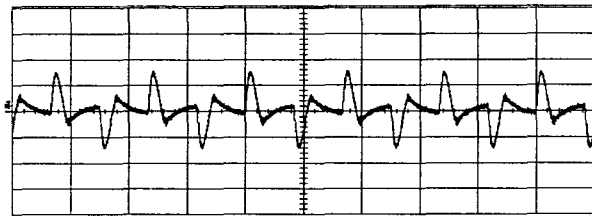
따라서 본 연구에서 제안한 GIC를 이용한 notch 필터가 기존의 Twin-T notch 필터보다 더 높은 첨예도를 가지고 있으므로 기본파를 제거한 후 기준 보상 신호로 고조파 성분만을 얻기에 더욱 효과적이다. Twin-T형 notch 필터는 두개의 저항 R1이 정확하게 일치하지 않으면 저역형 Notch나 고역형 Notch가 되어 필터의 출력으로 제어를 하는 경우 오차의 발생이 심하게 된다. 그러므로 본 연구에서는 GIC를 이용한 Notch 필터를 제안하여 기존 연구보다 정확한 고조파 성분의 검출이 가능함을 확보하였다.



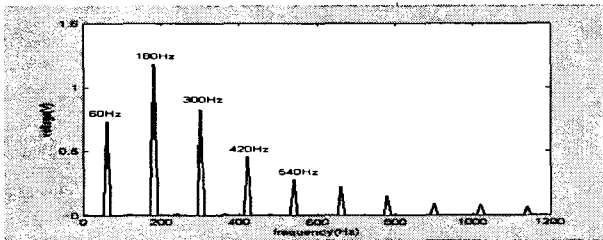
(b) 주파수 스펙트럼

그림 9 보상전 전류의 주파수 특성
Fig. 9 The frequency characteristic of line current before compensation

그림 10~11은 각각 Twin-T형과 GIC를 이용한 Notch 필터로 각각 (a)는 출력파형 (b)는 주파수 특성의 출력결과이다.

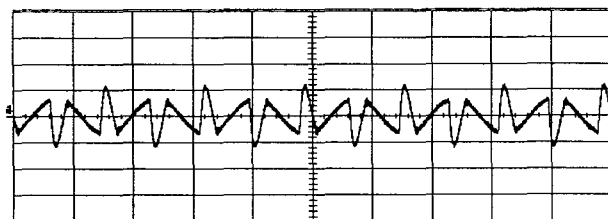


(a) 출력파형

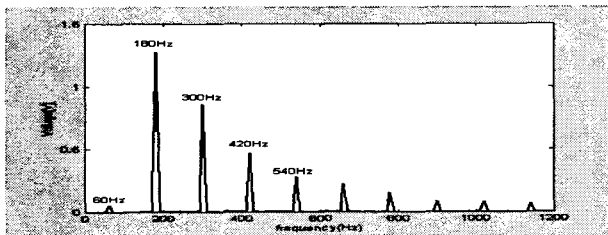


(b) 주파수 스펙트럼

그림 10 Twin-T 형 Notch 필터 출력의 주파수 특성
Fig. 10 The frequency characteristic of the output of Twin-T Notch filter



(a) 출력파형



(b) 주파수 스펙트럼

그림 11 GIC를 이용한 Notch 필터 출력의 주파수 특성
Fig. 11 The frequency characteristic of Notch filter using GIC

감사의 글

본 연구는 강원대학교 BK21 사업단의 지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] 최시영, 이우철, 이택기, 현동석, "불평형 부하에서의 능동 필터에 관한 연구," 전기학회논문지, 50B권 3호, pp.130-140, 3. 2001.
- [2] 오재훈, 한윤석, 김영석, 원충연, 최세완, "전류 고조파와 불평형 전원전압을 보상하는 직렬형 능동전력필터와 병렬형 수동전력필터 병용 시스템의 새로운 제어법," 전기학회논문지, 50B권, 12호, pp.615-623, 12. 2001.
- [3] 김진선, 고수현, 김영석, "고조파 전류와 무효전력보상을 위한 직렬형 능동전력필터," 전기학회논문지, 52B권 5호 pp.221-229, 2003.5.
- [4] H. Akagi, "New trends in active filters for improving power quality," in Proc. IEEE PEDES'96, pp. 417-425, 1996.
- [5] Sozanski, K., Strzelecki, R., Kempski, A., "Digital control circuit for active power filter with modified instantaneous reactive power control algorithm", Power Electronics Specialists Conference, 2002. pesc 02. 2002 IEEE 33rd Annual, Vol 2, pp.1031 - 1036, 23-27. June. 2002.
- [6] Wong, A.Y.K.; Cheng, D.K.W.; Lee, Y.S., "Harmonic compensation for nonlinear loads by active power filter", Power Electronics and Drive Systems, PEDS '99. Proceedings of the IEEE 1999 International Conference on, Volume: 2, pp.894 - 899, 27-29. July. 1999.