

전원 주파수 변동에 적응하는 고조파 검출 시스템

황환영, 최원호, 노경호, 박종연
강원대학교 전기공학과

The harmonics detection system adapting the variation of source frequency

Hwan-young Hwang, Won-ho Choi, Kyung-Ho No, Chong-yeun Park
Dept. of Electrical Engineering, Kangwon national university

ABSTRACT

This paper proposed the new harmonic detection system for the source current with the large frequency variation. The harmonic detection system is designed of the analog circuit and is composed of a low pass filter, a DC-level converter using the PLL, the Voltage controlled GIC.

1. 서 론

산업 사회의 발전에 따라 각종 초정밀 기기나 컴퓨터를 사용하는 전자 제품 등 전원에 민감한 부하의 사용이 급증하면서 고조파 전류나 전압 불 평형과 관련한 피해가 늘고 있다. 또한, 산업현장 및 공장은 물론 일상생활 속에서 사용하는 회전기기로 인하여 회전체가 회전하면서 발생하는 진동신호의 시간에 따른 변화로 주파수 변동도 발생하게 된다.^[1] 최근 이러한 전력품질 향상에 대한 관심이 높아지면서 고조파와 관련된 문제점들을 해결하기 위하여 많은 종류의 전력품질 보상장치^[2, 3, 4, 5]가 개발되고 있으며, 이에 따른 고조파의 검출^[6, 7]에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그러나 회전체의 진동 신호 변화로 나타나는 주파수의 변동을 고려한 고조파 검출방법은 그 연구가 미비한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 주파수 변동에도 강인한 특성을 갖는 고조파 검출방법을 제안하였다.

2. 본 문

2.1 고조파 검출의 원리

비선형 부하에 의해 발생되어진 부하 전류는 기본파 성분과 고조파 성분의 합으로 구성된다. 이 때 기본파 성분만을 검출하여 비선형 부하에 의해 발생된 부하 전류에서 감하면 고조파성분의 전류 파형을 얻을 수 있다.

본 논문에서 제안한 고조파 검출 시스템은 회전기기에 의해 발생하는 주파수 변동에도 적응하여 고조파를 검출할 수 있는 시스템으로서 그림 2와 같이 구성할 수 있다.

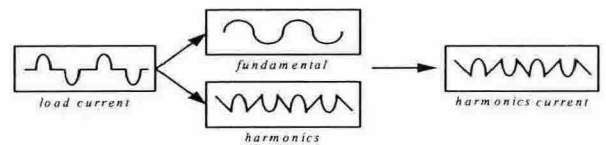


그림 1 고조파 검출의 원리

Fig. 1 The principle of the harmonic detection

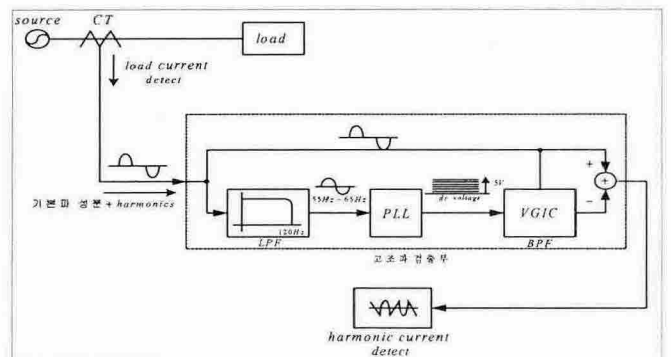


그림 2 제안한 주파수변동에 따른 고조파 검출 시스템

Fig. 2 The proposed the harmonic analysis system of the source current signal with the variable frequency

제안한 시스템은 부하입력전류를 CT를 이용하여 전압으로 센싱한다. 이 전압은 기본파와 고조파성분의 합으로 고조파 검출부의 차동 증폭기와 LPF(Low Pass Filter)의 입력이 된다.

2.1.1 저역 통과 필터

LPF는 부하입력전류의 기본파 성분을 추정하기 위한 기준신호를 출력하기 위해 120Hz에 대역제한을 갖도록 설계되었다.

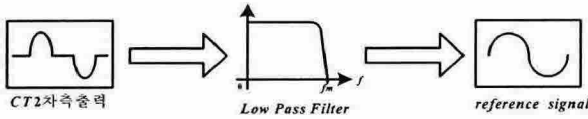


그림 3 저역 통과 필터의 원리
Fig. 3 The principle of the low pass filter

2.1.2 PLL(phase lock loop)을 이용한 주파수/DC-전압 변환부

LPF를 통과한 기준 신호는 PLL(Phase Lock Loop)을 이용한 DC-전압 변환부의 DC-level 조절을 위해 사용된다. PLL IC 내부에는 VCO(Voltage Controlled Oscillator)가 있어 기준 신호와 VCO의 출력신호를 동기시킨다. 동기된 신호는 그림 4의 DC 변환기에 의해 주파수 변환에 따른 DC-레벨 전압으로 출력된다.

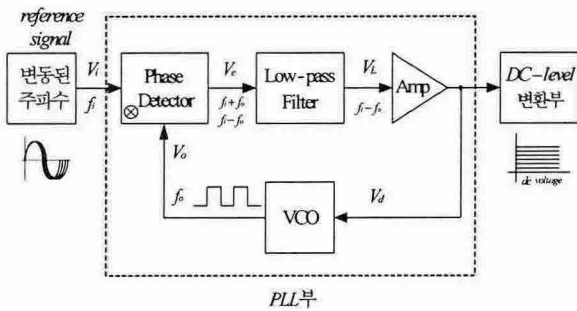


그림 4 PLL을 이용한 DC 변환기의 구조
Fig. 4 The structure of the DC-voltage converter using the PLL

2.1.3 전압 제어 GIC (VCGIC)를 이용한 주파수 변환부

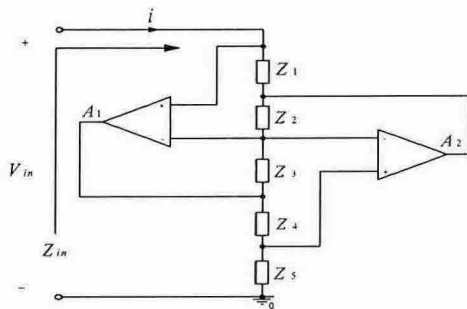


그림 5 GIC 구조
Fig. 5 The structure of GIC

PLL을 이용한 DC 변환기에 의해 출력된 DC 전압은 부하입력전류를 CT로 센싱한 전압의 기본파성분을 검출하기 위한 VCGIC(Voltage Controlled Generalized Impedance Converter)의 입력이 된다. VCGIC는 기존의 OP-amp와 R, C를 이용하여 L, FDNR 등을 구성할 수 있는 GIC 구조를 개선한 것으로 입력 전압 가변에 따라 BPF의 공진주파수가 바뀌게 된다. GIC의 구조는 그림5

와 같으며 VCGIC를 이용한 BPF의 구조는 그림 6과 같다. 그림 5의 입력 임피던스(\$Z_i\$)는 식 (1)과 같이 표현된다.

$$Z_{in} = \frac{Z_1 Z_3 Z_5}{Z_2 Z_4} \quad (1)$$

식 (1)에서 \$Z_2\$를 C로, \$Z_5\$를 JFET로, 나머지 임피던스는 저항으로 대체하여 식 (2)와 같이 inductor를 구성할 수 있으며 이를 이용하여 그림 6의 BPF를 구성할 수 있다.

$$Z_{in} = L_{eq}S = \frac{R_1 R_3 R_{JFET}}{R_4} C_2 S \quad (2)$$

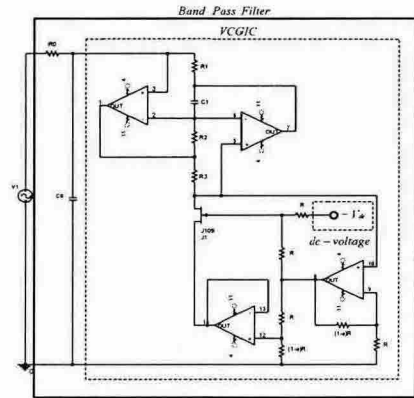


그림 6 VCGIC의 구조
Fig. 6 The structure of VCGIC

DC 변환기 출력전압의 가변에 따라 JFET의 DS간 저항 값이 변하게 되고 이는 VCGIC의 inductance 값을 가변시켜 BPF의 공진 주파수를 가변한다. 그 결과로 CT 2차측으로부터 센싱 받은 전압에서 기본파성분만을 검출할 수 있게 된다.

2.1.4 차동 증폭기

VCGIC에서 검출된 기본파성분은 차동증폭기에 의해 CT 2차측에서 센싱된 전압에서 감하여져 기본파 성분을 제외한 고조파 성분만을 출력하게 된다.

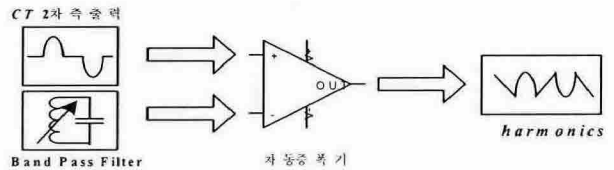


그림 7 고조파 검출의 원리
Fig. 7 The Principle of the harmonic detection

2.2 시뮬레이션 결과

2.2.1 저역 통과 필터

저역 통과 필터는 OP-amp를 이용한 능동필터로 구성

하였고 입력신호와 출력신호의 주파수 분석은 그림 8과 같다.

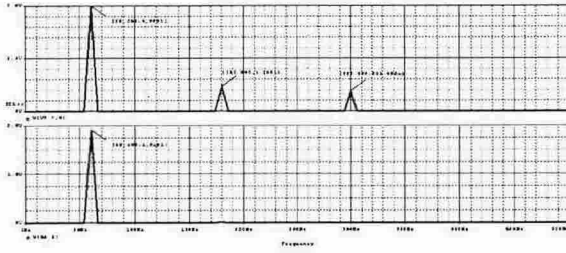


그림 8 저역 통과 필터의 입력과 출력 주파수 분석
Fig 8. The frequency analysis of the input and output of the low pass filter

2.2.1 PLL(phase lock loop)을 이용한 주파수/DC-전압 변환부

그림9의 처음 파형은 입력 신호, 두 번째 파형은 VCO의 출력신호, 마지막 파형은 DC변환기의 출력 전압이다.

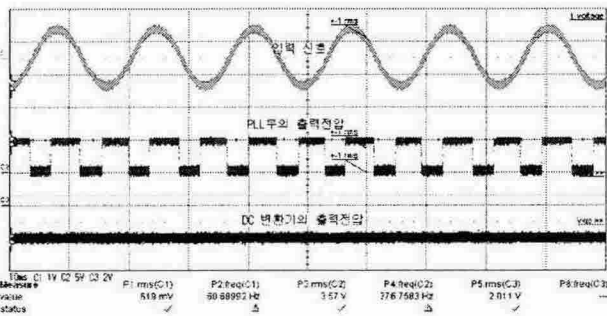


그림 9 입력신호, VCO 출력신호, DC변환기출력신호
Fig 9. The input signal, the output signal of VCO, the output signal of DC converter

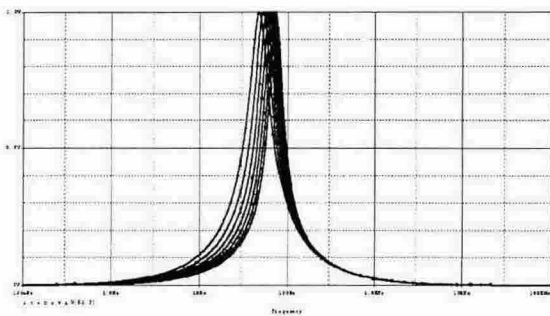


그림 10 VCGIC를 이용한 BPF의 주파수 특성
Fig 10. The frequency characteristic of the band pass filter using the Voltage Controlled GIC

2.2.1 전압제어GIC(VCGIC)를 이용한 주파수 변환부

DC 변환기 출력 전압의 가변에 의해 VCGIC를 이용한 BPF의 주파수 특성이 그림 10과 같이 가변되어 기본과 성분을 정확히 검출할 수 있다.

3. 결론

본 논문은 시시각각 변동하는 부하에 의해 변화된 주파수 신호에 대한 고조파 검출 시스템을 제안하였다. 지금까지 연구되어진 고조파 검출 시스템들의 대부분은 기본과 성분을 제거하는 Notch 필터 형태로 고정된 기본 중심주파수를 가지고 있다. 이러한 시스템들은 입력신호의 주파수가 변하면 정확한 고조파 성분을 검출하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 입력신호의 주파수 변동에 따라 그 중심 주파수도 변동되는 시스템을 사용하여 고조파를 검출하였고 이를 시뮬레이션 및 실험을 통해 확인하였다.

본 논문은 산업자원부 전력기술기초연구사업(기초전력연구소 주관)의 지역 거점 핵심과제 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참고 문헌

- [1] 芝山の 4인. 일본기계학회, "Dynamics & Design Conference," 강연논문집, p. 528, 1992.
- [2] 최시영, 이우철, 이택기, 현동석. "불평형 부하에서의 능동 필터에 관한 연구," 전기학회논문지, 50B권 3호, pp. 130-140, 3. 2001.
- [3] 정동열, "GIC를 이용한 전류 전류의 고조파 제거 시스템 연구," 강원대학교 박사학위 논문, 6. 2004.
- [4] H. Akagi, "New trends in active filters for improving power quality," in proc. IEEE PREDES'96, pp. 417-425. 1996.
- [5] A. Nakajima et al., "Development of active filter with series resonant circuit," IEEE-PESC. Annu. Meeting, pp. 1168-1173, 1988.
- [6] L. Shiguo and H. Zhencheng, "A novel active Power filter based on a new detecting method of distorted current," in Proc. IEEE int. Symp. on ind. Electron, Xian, China, pp. 472-476, 1992.
- [7] 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.