

# 고조파 전원발생장치의 제어기 설계 및 개발

이상익, 유재근, 전정채, 전현재, 허혜성\*, 최규하\*  
한국전기안전공사, 건국대학교\*

## Design and Development of Harmonic Power Source Control Module

S.I Lee, J.G Yoo, J.C Jeon, H.J Jeon, H.S Heo, G.H Choe  
KESCO, Konkuk Univ.

### ABSTRACT

Recently the harmonic generation has deteriorated the quality of electricity and affected the performance on the electrical installation including personal computer, fax, community devices and so on. Some studies of harmonic affects in diagnosis and the cause of accident has not done by the experimental data of harmonic source but merely by presumption according to qualitative analysis. So, in order to research the harmonic affect on the electrical installation according to quantitative analysis and gather reliable data over and over again, it is necessary to develop an Harmonic power source which is capable of generating some harmonics. In this paper, we described about realization of Harmonic power source control module which can produce and added harmonics for the analysis due to harmonic effects.

### 1. 서론

컴퓨터, 전력변환장치 등의 사용 증가에 따른 고조파 발생으로 전원의 품질이 저하되고 있으며 이러한 고조파는 전기설비의 동작에 악영향을 미치고 있다. 또한 고조파와 같은 전원품질 저하시키는 요인으로 인한 저압차단기들의 오동작과 불필요 동작에 대한 많은 우려와 논란이 있으며, 고조파 등으로 인한 전기설비의 사고 발생 등 많은 문제점이 발생하고 있다.

전원품질을 저하시키고 문제가 되는 고조파에 대해서 측정하고 분석하는 연구는 많이 이루어져 왔으나, 정작 고조파를 발생시키고 합성하여 시험할 수 있는 장치들에 대한 연구는 일부 이루어지고 있는 실정이다<sup>[1-3]</sup>.

따라서 본 논문에서는 고조파에 의한 저압 차단기 시험과 전기설비의 고조파 영향 실험을 위한 전력 증폭방식을 이용한 고조파전원 발생장치의 제작과 고조파전원 발생장치를 컴퓨터에서 조작할 수 있는 제어기의 설계와 제작에 관하여 다루고자 한다.

### 2. 본론

#### 2.1 고조파전원 발생장치의 설계

본 연구에서 개발한 고조파전원 발생장치는 교류 정현파를

력전원으로 사용하는 전원입력부, 입력된 교류전원을 직류로 변환하는 전력변환부, 전압·전류를 측정하는 센서로 구성되는 신호 입력부, 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 A/D 변환부, 연산기능과 주변장치를 제어하는 디지털 신호처리부, 디지털 신호를 아날로그로 변환하여 외부로 출력을 내보내는 D/A 변환부, 주파수변환과 정현파에 고조파 파형을 합성하는 제어부, 고조파 전원발생장치 자체적으로 전압과 전류, 주파수, 상 등의 값을 조작하는 조작부 및 출력표시부, 본체를 제어할 수 있는 PC와 연결할 수 있는 RS232C 통신부 등으로 그림 1과 같이 구성하였다.

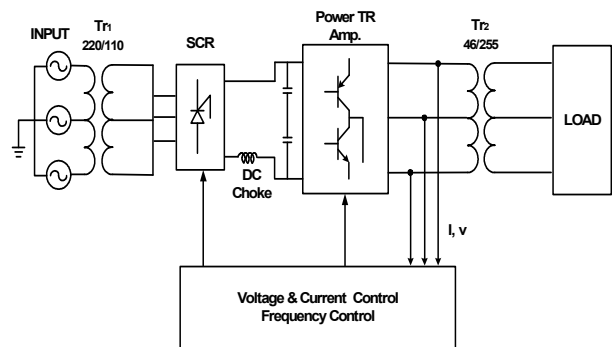


그림 1 고조파전원 발생장치 블록도  
Fig. 1 Harmonic power source block diagram

#### 2.2 전력용 증폭기

전력용 교류 증폭기의 동작 방식중에서 A급 증폭기방식은 가장 간단하고 안정한 바이어스 회로가 되기 때문에 선형회로에서 트랜지스터를 동작시키기 위한 일반적인 선형 증폭방식이다. 그러나 A급은 트랜지스터를 동작시키기 위한 일반적인 최대 효율이 10~20% 정도로 효율면에서는 가장 나쁘다. 따라서 B급 증폭기 방식을 이용하여 고조파전원 발생장치를 설계하고 제작하였다. B급 증폭기 방식은 그림 2와 같은 트랜지스터의 출력단 ①은 입력이 (+)일때 도통하고, ②는 입력이 (-)일때 도통한다. B급 동작의 장점은 트랜지스터의 소비전력이 적고 전류유출이 적다는 것이다. 그리고 트랜지스터의 입력이 영일 때 둘 다 도통하지 않으며 가동운전의 정지시 전력손실은 영이다.

트랜지스터가 B급으로 동작할 때 트랜지스터는 교류입력의 반주기만을 유통시키므로 이로 인하여 발생하는 왜곡을 피하기

위해서는 두개의 트랜지스터를 푸시-풀로 구성하여 사용해야 한다. 이때 한 트랜지스터는 어느 반주기 동안 도통하고, 다른 트랜지스터는 나머지 반주기 동안 도통하게 된다. 푸시-풀 회로로 설계하면 왜곡이 적고, 부하전력이 크며, 효율이 높은 B급 증폭기를 설계할 수 있다.

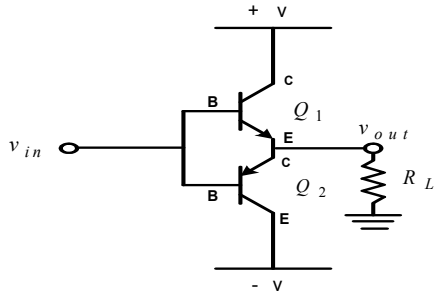


그림 2 B급 증폭기 회로  
Fig. 2 Class-B amplifier circuit

B급 증폭기의 총 전력은 식 (1)과 같이 구해지고, 부하전력은 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다. 그러므로 식 (1)과 식 (2)를 이용한 교류 증폭기의 효율은 식 (3)과 같다.

$$P_S = P(+ve) + P(-ve) = P(+ve) = \frac{2V_C A}{\pi L} \quad (1)$$

$$P_L = \frac{V_{out} I}{R_L} = \frac{A \sin \theta \sin(\theta)}{R_L} = \frac{A^2 \sin^2 \theta}{2R_L} \quad (2)$$

$$\eta = \frac{P_L}{P_S} = \frac{A \sin \theta}{2V_C} = \frac{\pi R_T}{2V_C S} = \frac{A \pi}{4V_C S} \quad (3)$$

여기서,  $P(+ve)$ 와  $P(-ve)$ 는 증폭기의 평균전력,  $V_C$ 는 증폭기의 인가전압,  $L$ 은 부하저항,  $A$ 는 부하저항에 흐르는 전류임.

### 2.3 제어기 설계 및 개발

고조파 전원발생장치의 제어기는 컴퓨터를 이용하여 고조파 전원 발생장치의 동작을 제어하며 컴퓨터에서 합성된 고조파 파형을 전력 증폭기부로 출력을 내보내는 역할을 하며, 출력된 파형의 정보를 취득하도록 설계하였다. 출력파형의 정보란 컴퓨터로부터 전송된 명령에 의해 제어기에 저장된 메모리의 파형 또는 컴퓨터에서 합성한 파형을 출력하고, 컴퓨터에서 측정을 요구하는 경우에 출력된 파형을 측정하여 컴퓨터로 전송하는 역할을 수행한다. 그림 3은 컴퓨터 제어기 구성 블록도로서 컴퓨터와 제어기가 통신하는 통신부, 컴퓨터의 전송명령을 저장하는 메모리부, 출력파형을 측정하는 ADC부, 컴퓨터로부터 전송된 출력파형을 DAC마이컴으로 전송하는 마이컴 통신부, 위의 모든 기능을 제어하는 ADC마이컴 등으로 구성된다. 또한 DAC마이컴은 ADC마이컴과 통신하는 통신부, 컴퓨터로부터 전송된 합성파형을 저장하는 메모리부, DAC IC로 데이터를 전송하여 파형을 출력시키는 DAC부 등으로 구성된다. 즉, 고조파 전원 발생장치의 제어기는 ADC마이컴과 DAC마이컴 두 개의 프로세서로 구성되며, 프로세서간의 구체적으로 SPI(serial peripheral interface)통신을 사용하였다. SPI 통신방식은 두개의 주변 장치를 직렬 통신으로 데이터를 교환할 수 있게 해주는 인터페이스로서 그 중 하나가 마스터가 되고, 다른 하나가

슬레이브가 되어 동작한다. SPI는 전이중 방식으로 동작하는데 이는 데이터가 양방향으로 동시에 전달될 수 있음을 의미한다. SPI는 대부분 CPU와 주변 장치들과 통신을 하는 시스템에 주로 채용되지만 두개의 마이크로프로세서들 사이를 SPI의 형태로 연결하는 것도 가능하다.

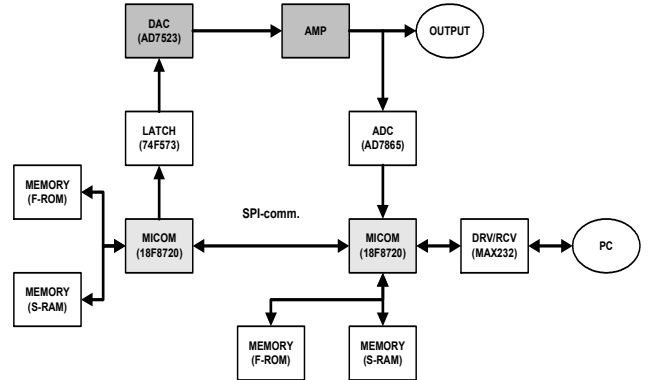


그림 3 제어모듈 블록도  
Fig. 3 Control module block diagram

ADC마이컴은 Microchip의 플래시 메모리 형태의 PIC18F8720을 사용하였으며, 접속되어 있는 ADC IC(AD7865), S-RAM, F-RAM, 시험용 LED 등을 제한된 I/O 포트로 동작시키기 위해 버스방식의 데이터 읽기, 쓰기 등을 구성하여 공통으로 사용하였으며, 각 장치의 CS(Chip Select) 라인은 별도로 구성하였다. ADC마이컴은 컴퓨터로부터 전송된 명령에 의해 컴퓨터에서 합성한 파형을 SPI 통신을 이용하여 DAC마이컴으로 전송하는 기능을 수행하고, 전원발생장치의 출력파형을 측정하여 메모리에 저장하는 기능을 수행한다. 이 경우, 컴퓨터와 ADC 마이컴 통신은 UART 통신방식을 사용했다.



그림 4 전압전류센서 PCB  
Fig. 4 Voltage and current sensor PCB

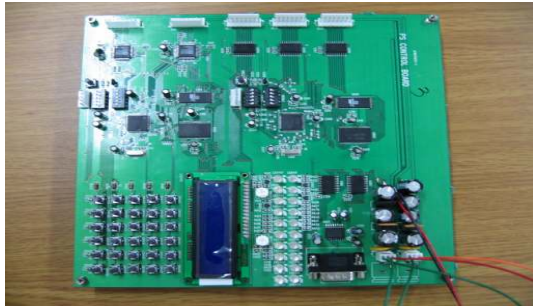


그림 5 제어기 회로 PCB  
Fig. 5 Controller circuit PCB

고조파전원 발생장치에서 출력되는 전압과 전류의 파형측정을 위해 ADC IC인 AD7865를 이용하였다. ADC IC는 전압 측정용과 전류측정용으로 구분하여 2개를 사용하였다. 또한 컴퓨터의 송수신 명령의 저장, 측정된 ADC 데이터의 저장 등을 위해 전원의 공급이 없어도 메모리에 저장된 정보의 유지가 가능한 F-ROM을 설계하여 기능을 구현하였다. DAC마이컴은 ADC마이컴으로부터 전송된 명령에 의해 메모리에 저장되어 있는 파형의 출력 또는 컴퓨터에서 합성한 파형의 DAC IC 입력 등을 수행하고, 컴퓨터의 전송명령에 의해 F-ROM에 저장되어 있는 합성파형 라이브러리의 저장 기능을 수행한다.

제작한 고조파전원 발생장치의 전압전류 센서 PCB와 제어기 PCB를 그림 4와 그림 5에 나타냈다. 고조파전원 발생장치의 고조파 합성과 전압크기, 출력파형 등을 컴퓨터 화면에서 조작이 가능하도록 컴퓨터 프로그램을 제작하였다.

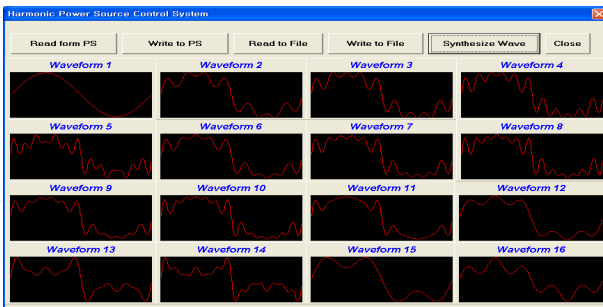


그림 6 제어기 파형 라이브러리  
Fig. 6 Waveform library of controller

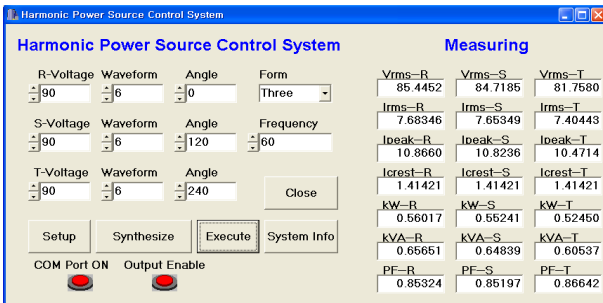


그림 7 제어기 컴퓨터 프로그램  
Fig. 7 Computer program of controller

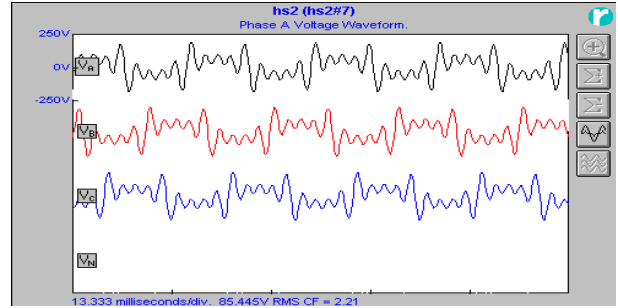


그림 8 고조파전원 발생장치 출력 파형  
Fig. 8 Output waveform of harmonic power source

고조파전원 발생장치와 제어기를 제작하고 동작확인을 위해 저항부하를 사용하여 출력되는 파형의 형태, 크기 등을 RPM사의 전력품질분석기를 사용하여 고조파전원 발생장치와 제어기의 동작을 확인하였다.

고조파전원 발생장치의 파형합성은 그림 6과 같이 라이브러리를 작성하여 파형 합성을 하였고, 고조파전원발생장치 제어기의 동작은 그림 7에 나타내었다. 고조파전원 발생장치에서 고조파가 합성되어 출력되는 3상 전압파형을 전력품질분석기로 측정된 파형을 그림 8에 나타내었다.

### 3. 결론

본 논문에서는 고조파에 의해 영향을 받는 전기설비의 시험을 위해 제작한 고조파전원 발생장치와 제어기에 관한 내용을 다루었다. 고조파전원 발생장치는 B급 전력증폭방식을 이용하여 제작하였으며, 전력증폭 방식에 대한 고찰도 하였다. 고조파전원 발생장치의 출력을 컴퓨터를 이용하여 제어할 수 있는 제어기는 컴퓨터에서 사용자가 원하는 고조파의 차수와 함유율을 설정하여 고조파가 합성된 왜형파형을 고조파전원 발생장치로 내보내고 출력되는 전압과 전류를 측정하여 설정된 전압과 전류가 출력되도록 조절해주는 기능을 갖고 있다. 제어기의 파형합성능력, 고조파전원 발생장치의 출력 전압과 전류의 측정부분도 전력품질분석기를 이용하여 제작한 고조파전원 발생장치와 제어기의 동작을 확인하였다.

앞으로 고조파전원 발생장치의 소형화, 대용량, 정밀도 향상 연구와 다른 타입의 고조파전원 발생장치의 연구 등이 요망된다고 하겠다.

이 논문은 산업자원부 전력산업기반기금의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

### 참고 문헌

- [1] Kay-Soon Low, "A DSP-Based Variable AC Power Source", IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement, Vol. 47, No. 4, pp. 992-996, 1998.
- [2] M. T. Rsay, T. J. Cheng, Charles Tsai, "High-Efficiency Energy Recycling System for AC Power Source Burn-In Test", PEDS 99, pp. 291-296, 1999.
- [3] E. G. Carati, V. F. Montagner, H. A. Grundling, "A Single-Phase AC Power Source Using Robust Model Reference Adaptive Control", IEEE, pp. 1428-1432, 2000.