

구조물 예열용 세라믹히터 온도 제어장치 개발

양시경*, 전태원*, 이흥희*, 김홍근**, 노의철***
 울산대학교*, 경북대학교**, 부경대학교***

Development of Ceramic Heater Temperature Controller for Preheating Structure

S.G.Yang*, T.W.Chun*, H.H.Lee*, H.G.Kim**, E.C.Nho***
 Ulsan University*, Kyungpook University**, Pukyong University***

ABSTRACT

The SCR AC voltage controller controls the magnitude of the output voltage by controlling the delay angle based on the zero crossing points of the input AC voltage. This paper presents a method to generate digitally SCR gate signal by using AVR in order to minimize the effects of ripples or noises including AC input voltage. The validity of the proposed SCR gate signal generation technique is verified through experiment result.

1. 서론

SCR을 이용하여 교류전압 출력을 제어하기 위한 게이트 신호 발생을 아날로그회로로 구현한 전력제어기를 산업현장에서 많이 사용하고 있으나 회로구성이 복잡하고 지연각을 제어하기 어렵다. 이러한 문제점을 개선할 목적으로 본 논문에서는 디지털 방식을 이용한 SCR 게이트 신호 발생기법을 소개한다. 게이트신호는 교류입력전압의 영교차점을 기준으로 발생되어야 하며 이 기준점을 찾는 여러 논문이 발표되었다.^[1]

일반적으로 SCR 제어시 교류입력전압에 포함된 리플 또는 노이즈에 의한 영교차점이 다중으로 검출되는 문제가 있다.^[2] 본 논문에서는 리플 또는 노이즈를 해결하기 위하여 히스테리시스 제어기를 사용하였고, 제한된 SCR 게이트 신호 발생기법을 AVR컨트롤러를 이용한 실험을 통해 그 기법의 타당성을 검증한다.

2. AVR을 사용한 게이트 신호 발생기법

2.1 히스테리시스 제어기 영교차점 검출

그림 1과 같이 교류입력전압의 위상을 기준으로 지연각 α 에서 게이트신호 IG_1 , IG_2 를 발생시키기 위하여 교류입력전압의 영교차점을 먼저 검출한다. 이때 교류입력전압에 포함된 리플 또는 노이즈 성분 때문에 영교차점이 다중으로 검출되는 문제가 있다. 이 문제점을 해결하기 위하여 그림 2의 히스테리시스 개념을 적용하여 교류 입력전압의 영교차점을 검출한다. 변압기를 사용하여 교류입력전압의 크기를 감소시킨 값 V_i 가 히스테리시스 제어기를 지나 +5V로 pull up 시킨 비교기를 사용하여 +5V, 0V인 신호로 변환시켜 AVR의 Input capture 핀에 연결한다. AVR이 히스테리시스 밴드 HB값은 식 (1)과 같이 두

저항 R_1 , R_2 값과 출력전압 V_i 의 크기로 결정된다.

$$HB = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_i \quad (1)$$

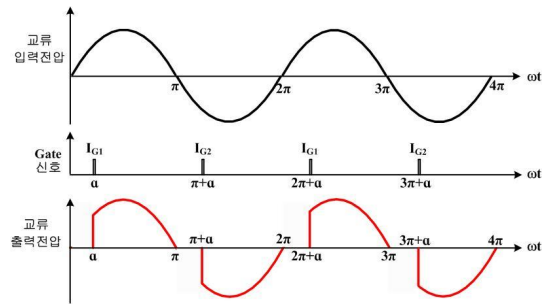


그림 1 게이트 신호에 따른 전력제어기의 출력전압
 Fig. 1 The output voltage of the power controller by the gate signal

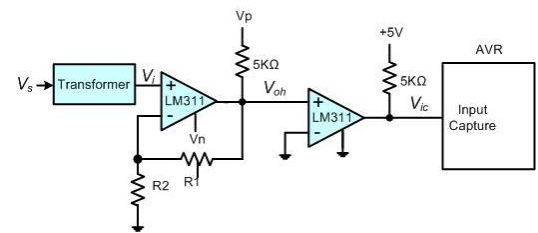


그림 2 히스테리시스 제어기를 사용한 영교차점 검출회로
 Fig. 2 Zero-crossing point detection circuit using hysteresis controller

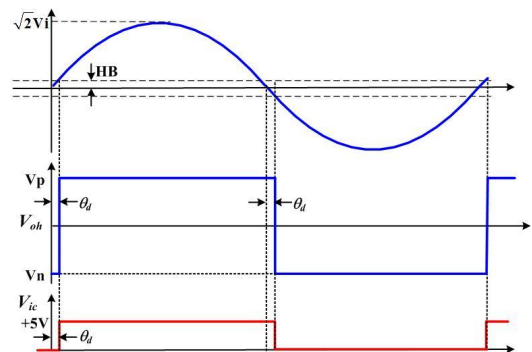


그림 3 영교차점 검출회로의 비교기 출력전압
 Fig. 3 Comparator output voltage of zero-crossing point detection circuit

그림 3은 히스테리시스 제어기를 사용한 영교차점 검출회로에서 교류입력전압에 대한 히스테리시스 비교기 출력전압 및 비교기 출력전압 파형을 보인다. 히스테리시스 제어기 때문에 비교기 출력전압이 입력교류전압의 영교차점위치보다 θ_d 만큼의 위상지연오차가 발생된다. 그런데 이 위상지연이 발생하는 위치가 교류 입력전압크기가 상당히 낮은 부분이므로 이 위상오차에 의한 전압제어기 성능에 큰 영향을 주지 않고 SCR의 턴 오프시간 이상 시간을 확보할 수 있다.

2.2 타이머1을 사용한 지연각 계산

SCR전력제어기에서 원하는 출력전압 크기는 전위차계와 AVR에 내장된 10 비트 A/D컨버터를 이용하여 원하는 출력전압을 발생시키기 위한 지연각 α 값을 계산한다.

교류입력전압의 영교차점을 기준으로 지연각 α 와 $\pi + \alpha$ 지점에서 게이트 신호를 발생시키기 위하여 그림 4와 같이 AVR에 내장된 16 비트 타이머1을 사용한다. AVR의 시스템 클럭주파수가 16 MHz이므로 시스템 클럭을 Prescaler로 8분주하여 타이머1의 클럭 주파수를 2 MHz로 감소시킨다. 따라서 교류입력전압의 주파수가 60Hz일 경우, 한 주기구간에서는 타이머1의 카운터값이 약 33,333이며, 반주기구간에서는 약 16,667이 된다.

전위차계 출력 디지털 값인 T1_ADC를 사용하여 지연각 α 에 대한 타이머1값인 T1_alpha는 식 (2)과 같다.

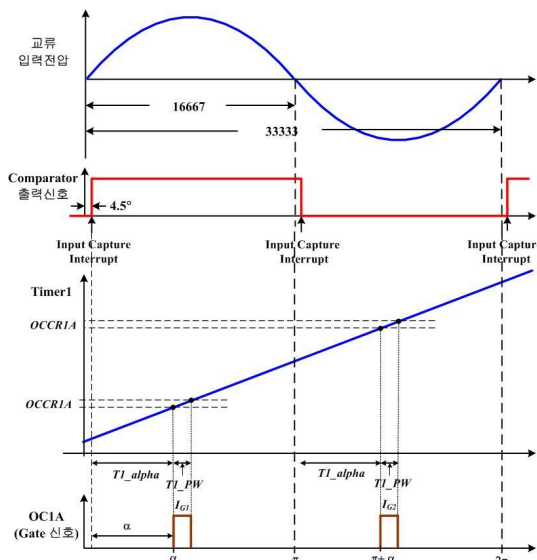


그림 4 타이머1을 이용한 게이트 신호 생성 기법
Fig. 4 Gate signal generation technique using Timer1

여기서 지연각이 180° 일 경우 SCR의 턴 오프 시간이 없으므로 SCR이 오프되지 않는 문제점이 있다. 따라서 SCR의 턴 오프시간 (최대 150 μ sec)와 펄스폭을 고려하여 지연각 최대값이 180° 보다 낮은 값이 된다.

$$T1_alpha = -\frac{16667}{1023} \times T1_ADC + 16667 \quad (2)$$

3. 실험 결과

그림 5는 지연각 α 가 90° 일때 SCR 게이트 신호 파형과 영

교차점을 체크하기 위해 교류입력전압에 대한 실험결과를 보인 것이다. 출력교류입력전압은 변압기를 사용하여 8V로 낮춰주었고 게이트신호는 히스테리시스 제어기와 AVR의 타이머1을 사용하여 만들어 주었다. 이에 결과로 그림 6과 같이 출력전압이 입력전압에 비하여 감소되는 것을 확인할 수 있다.

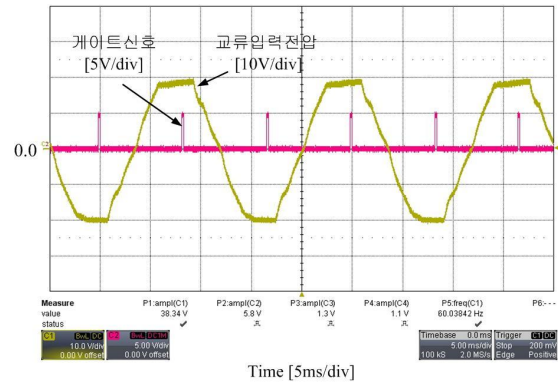


그림 5 게이트 신호 실험파형 $\alpha = 90^\circ$
Fig. 5 Gate signal experiment waveform $\alpha = 90^\circ$

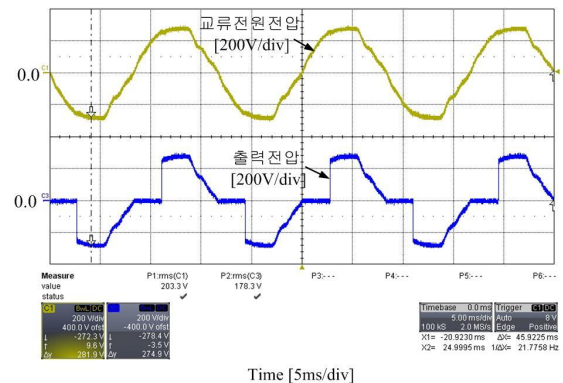


그림 6 지연각 $\alpha = 60^\circ$ 시 출력전압 실험파형
Fig. 6 Output voltage experiment waveform at delay angle $\alpha = 60^\circ$

3. 결론

본 논문에서는 AVR컨트롤러를 이용한 구조물 예열용 세라믹히터 온도제어장치를 제안하였다. 교류입력전압의 위상각을 AVR로 제어하여 SCR통해 원하는 전압 값을 출력할 수 있다. 제안된 방식은 교류입력전압의 리플 또는 노이즈에 영향을 받지 않고 출력전압을 제어한다. 실험을 통해 제안된 게이트신호 발생기법이 게이트 신호가 원하는 위상에 발생하고 출력전압 파형을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] S. Valiviita, "Zero crossing detection of distorted line voltages using 1 b measurements," IEEE Trans. Ind. Electron., Vol. 46, no5, pp.917-922, Oct. 1999.
- [2] 문용조, 박성수, 김상희, 신승환, 황정연, 남상훈, 이지환. (2011). SCR 제어기를 사용한 고전압 제어연구. 전력전자학술대회논문집, 115-117.