

예열용 단상교류전압제어기 위상 제어 기법

현지석*, 전태원*, 이흥희*, 김흥근**, 노의철***
 울산대학교*, 경북대학교**, 부경대학교***

Phase angle control techniques of single-phase AC voltage controller for preheating

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

ABSTRACT

A single-phase ac voltage controller controls the magnitude of ac voltage by regulating the delay angle of the input ac voltage. In this paper, the SCR gate signal generation is digitalized by using AVR, and the delay angle control technique is proposed in order to generate a balanced ac output voltage under unbalanced ac input voltage conditions.

1. 서론

아날로그 제어방식은 전기적인 잡음 및 주위의 온도 변화 등에 제어성능 저하될 수 있고, 주변 시스템과의 통신을 하게 되면 시스템 구성이 복잡해지고 비용 또한 상승하는 단점이 있다.^[1] 이러한 문제점들을 개선할 목적으로 본 논문에서는 디지털 방식을 이용한 SCR 게이트 신호 발생기법을 소개 한다. 게이트 신호는 입력전압의 영점을 기준으로 발생되어야 한다. 입력전압의 영점을 찾는 여러 논문이 발표되었다.^[2]

직류전압 오프셋이 포함된 교류입력전압이 단상교류전압제어기의 입력으로 들어가게 되면 게이트 신호의 기준이 되는 입력전압의 영점이 바뀌게 되어 게이트 신호의 지연각의 위상이 변경이 되어 단상 교류전압제어기의 출력이 불균형하게 출력이 된다. 본 논문에서는 직류전압오프셋이 포함된 교류전압 입력에 대한 게이트 신호 발생기법을 제시하고 PSIM을 이용한 시뮬레이션을 통해 그 기법의 타당성을 검증한다.

2. 단상 교류전압 제어기

단상 교류전압제어기는 2개의 SCR이 역병렬로 접속되어 있다. 그림 1은 저항부하를 가진 기본적인 단상 교류전압제어기의 등가회로이다.

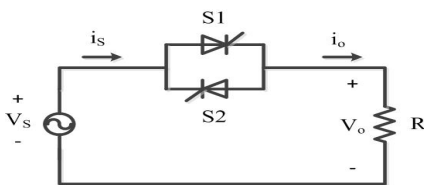


그림 1. 단상 교류전압제어기(저항부하)
 Fig. 1 Single-phase AC voltage controller (R load)

이 절에서는 AVR을 사용하여 SCR게이트 신호 발생을 디

지털화시키는 방법과 입력교류전압에 직류 오프셋 전압이 포함된 상태에서 안정된 교류전압을 출력시키기 위한 SCR 게이트 신호 지연각 제어기법을 제시한다.

2.1 SCR 게이트 신호 발생기법

게이트 신호를 디지털 식으로 발생시키기 위해서는 입력전압의 영점을 찾아야 한다. 교류전압 입력을 히스테리시스 밴드를 거쳐 히스테리시스 비교기 출력신호로 변환한다. 히스테리시스 비교기 출력신호의 상승, 하강엣지를 게이트 신호의 영점 기준으로 잡는다. 이 영점시간(T_0)을 기준으로 타이머를 사용하여 지연각에 따라 게이트 신호를 T_a 에 발생시킨다.

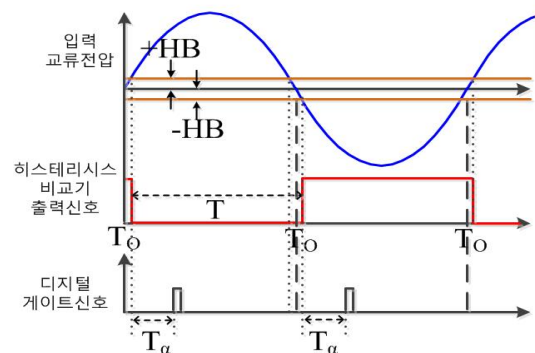


그림 2. 게이트 신호 발생기법
 Fig 2 Technique for generating gate signal

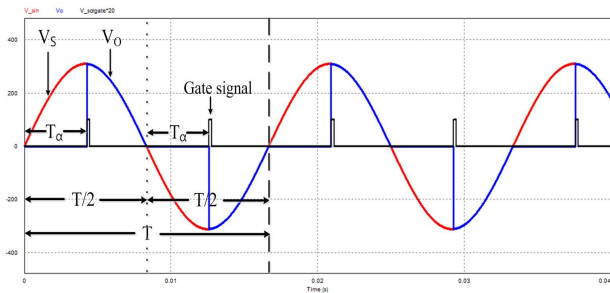
2.2 직류전압 오프셋을 포함한 교류전압에서 게이트 신호 지연각 보상기법

그림 3 (a) 직류전압 오프셋을 포함하지 않았을 경우 입력전압의 반주기가 $T/2$ 같다. 하지만 그림 3 (b) 직류오프셋을 포함한 입력전압의 경우를 보면 한 주기 T 는 직류오프셋을 포함하지 않은 입력전압과 같으나, 반주기 T_1 , T_2 의 주기는 서로 다르다. 직류전압 오프셋이 포함되어 입력전압의 영점이 바뀌기 때문에 게이트 신호의 지연각의 위상 또한 바뀌어 직류오프셋을 포함한 입력전압의 경우 출력이 불안정하게 발생이 된다.

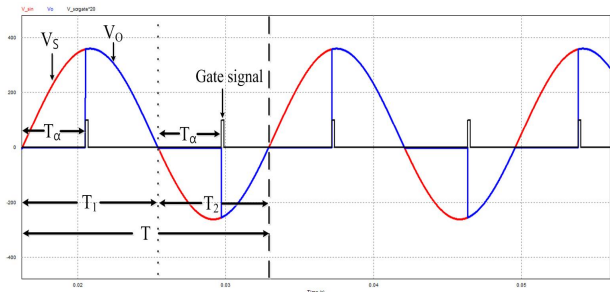
직류전압 오프셋을 포함한 입력전압이 들어올 경우 안정적인 출력을 발생시키기 위해서는 그림 3(b)의 T_1 주기 동안의 게이트 신호의 지연각의 위상과, T_2 주기 동안의 게이트 신호의 지연각의 위상이 동일하여야 한다.

그림 2에서 히스테리시스 비교기 출력의 하강엣지에서 다음 상승엣지까지의 시간을 측정하게 되면 T 주기를 바로 알 수 있

다. 한 주기 T 는 직류전압 오프셋이 없는 경우와 같으므로 T_2 주기는 $T_2 = T - T_1$ 으로 계산을 할 수 있다. T_1 주기가 측정되기 전까지는 직류전압 오프셋의 유무를 모르기 때문에 T_2 주기에서의 게이트 신호는 T_a 로 발생시키고 T_2 주기에서 발생하는 게이트 신호를 보상을 해주어야 한다.



(a) 직류오프셋이 없을 경우



(b) 직류오프셋이 있을 경우

그림 3. 교류전압제어기의 출력

Fig 3 Output of AC voltage controller

T_1 주기 내에서 발생하는 게이트 신호가 발생하는 시간을 T_a 라하고, T_2 주기 내에서 발생하는 게이트 신호가 발생하는 시간을 T_B 라 할 때, T_1 주기 내에서 발생하는 게이트 신호의 발생 시간 비율과 T_2 주기 내에서 발생하는 게이트 신호의 발생 시간 비율을 같게 하여 식으로 표현하면 식(1), (2)와 같이 표현이 된다.

$$\frac{T_a}{T_1} = \frac{T_B}{T_2} : T_B = T_a - T_R \quad (1)$$

$$T_R = T_a - \frac{T_2}{T_1} T_a \quad (2)$$

여기서 T_R 은 T_2 주기 내에서 게이트 신호의 보상용 발생시간을 나타낸다.

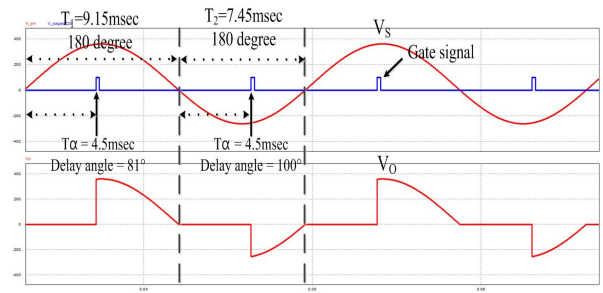
3. 시뮬레이션 결과

본 논문은 220V, 60Hz의 단상 입력교류 전압에 50V 직류오프셋 전압이 포함된 조건에서 PSIM을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 그리고 게이트 신호발생 시간 $T_a = 4.15\text{msec}$ (지연각 = 90°)로 설정하였다.

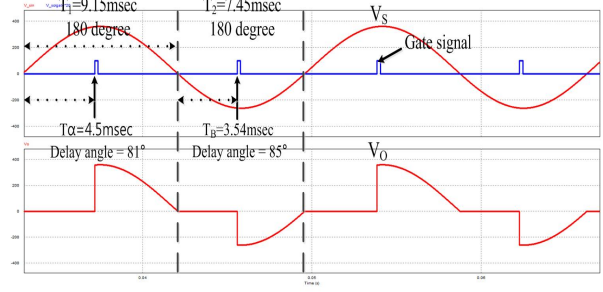
그림 4(a)는 지연각 보상기법을 사용하지 않았을 경우의 입력전압과, 출력전압, 게이트 신호를 나타내고, 그림 4(b)는 지연각 보상기법을 사용하였을 경우에 출력전압과 게이트 신호를 보여준다. 시뮬레이션 결과 T_1 주기에서 게이트 신호의 지연각

은 직류 오프셋의 영향으로 81° 로 변경이 되었고, 그림 4(a) T_2 주기에서 지연각 100° 로 변경이 되었다.

보상기법을 사용 후 그림 4(b) T_2 주기에서 지연각 85° 로 출력되어 주기별 게이트 신호 발생시간 비율 오차가 123%에서 104%로 오차율이 줄어든 것을 확인하였다.



(a) 지연각 보상기법 사용 전



(b) 지연각 보상기법 사용 후

그림 4. 교류전압제어 시뮬레이션 결과

Fig 4 Simulation results of AC voltage control

4. 결론

본 논문에서는 단상교류전압제어기의 SCR게이트 신호를 디지털 식으로 발생시키는 기법을 제시하였다. 직류전압 오프셋을 포함한 입력전압시 게이트 신호의 지연각을 보상해주는 기법을 제시하고 PSIM을 통하여 검증을 하였다. 본 논문에서는 양방향 직류전압 오프셋만을 고려하였고, 음방향 직류전압 오프셋일 경우에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] K.W.Lee, "Design and implementation of a current controller for boost converter", *Trans. Korean Inst. Power Electron.*, vol. 17, no 3, pp. 259-265, June. 2012.
- [2] J.-P. Lee, B.-D. Min, T.-J. Kim, D.-W. Yoo and J.-Y. Yoo, "Active frequency with a positive feedback anti-islanding method based on a robust PLL algorithm for grid-connected PV PCS", *Journal of Power Electronics*, Vol. 11, No. 3, pp. 360-368, May. 2011.