

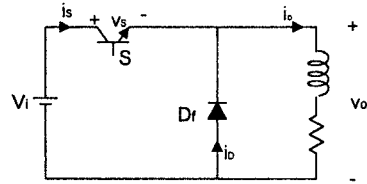
교류초퍼에서 새로운 스위칭 신호패턴

장도현, 연재을  
호서대학교 전기공학부

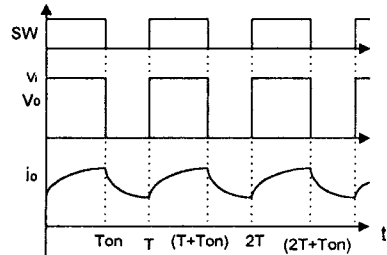
New Switching signal patten in AC Chopper

Jang Do-Hyun, Yeon Jae-Eul  
Dept. of Electrical Engineering, Hoseo University

**Abstract** - New switching signal pattern for four switches is proposed to prevent the shortage of PWM ac choppers. In the proposed technique, four signals to four power switches are generated without current transformer, while the conventional technique requires sensing the polarity of input voltage by voltage comparator and checking the direction of input current by the current transformer. The signal circuit built by the proposed technique is simple, and reduces also the switching loss.



(a)



(b)

그림 1 직류초퍼

(a) 전력회로 (b)스위칭신호, 출력전압, 및 부하전류 파형

1. 서 론

교류초퍼(ac chopper)는 교류전원에서 가변 교류출력전압을 얻는 장치로써 유도전동기의 1차전압제어, 조광장치, 전열조정장치 등에 광범위하게 이용되어 왔다.

환류로를 도입한 교류초퍼의 여러 가지 제어방식들 [1-3]은 기존의 위상제어방식의 문제점, 즉 입력측 역률 및 출력 전압을 개선하는 등의 효과를 얻을 수 있으나 [3], 환류로 설치로 인해 스위칭 순간 단락이 발생하게 된다. 단락을 방지하기 위한 방식으로서 인버터에서 사용하는 데드-타임 보상법(dead-time compensation method)은 회로구조적인 측면에서 교류초퍼에서는 적용할 수가 없으므로 스위치에 입력되는 신호를 적절히 배합하게 된다. 일반적으로 교류초퍼에서 사용하는 스위칭 패턴은 입력전압, 입력전류의 극성을 판단하고 이에 따라 적절한 4개의 스위칭 신호를 4개의 스위치에 입력하는 방식이다. 이러한 방식은 전류변압기 등의 센서로부터 신호를 추출하고 이를 복합하여 스위칭 신호를 만든다. 이러한 스위칭 회로가 불안정할 경우 단락현상이 발생하기도 하며, 스위칭 손실이 커지기도 한다.

본 논문에서는 먼저 환류로를 도입한 직류초퍼 및 교류초퍼에서 스위치의 턴온 또는 턴오프시 기존의 스위칭 신호 패턴을 해석하였다. 다음으로, 교류초퍼에서 4개의 스위치를 안정된 스위칭 신호로 턴온 또는 턴오프하기 위한 새로운 스위칭 신호 패턴을 제안하였다. 제안 방식은 전류변압기를 투입하지 않은 간단한 신호발생회로로 스위치를 턴온 또는 턴오프하는 방식이다.

2. 직류초퍼의 스위칭 신호 패턴

그림 1(a)은 유도성 부하를 갖는 직류초퍼의 회로도이다. 여기서 환류로(freewheeling path)는 스위치를 턴오프할 때 인덕터에 축적된 에너지를 소멸시키기 위한 통로로 부하 측에 설치한다. 초퍼의 동작은 두 개의 동

작 모드로 나눌 수 있다.

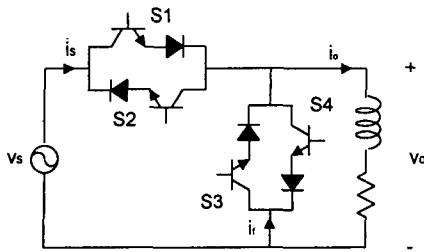
그림 1(b)는 직류초퍼의 스위칭 신호, 출력전압 및 부하전류의 파형이다. 스위칭 신호는 스위치의 턴온 또는 턴오프를 결정하며, 출력전압의 모양은 스위칭 신호와 같다. 모드 1 동안은 스위치가 턴온되어 초퍼는 도통상태가 되는 기간이며, 전류는 입력 전압으로부터 부하로 흐른다. 모드 2 동안은 스위치가 턴오프되어 초퍼는 차단 상태가 되는 기간이며, 부하전류는 환류로를 통하여 흐른다. 정상상태에서 부하전류는 항상 정(+)의 값을 유지하므로 환류로에는 그림 1(a)와 같이 환류다이오드를 설치할 수 있다. 따라서 이론적으로 부하측 단자에서 단락현상은 발생하지 않는다.

3. 교류초퍼에서 기존의 스위칭 신호 패턴

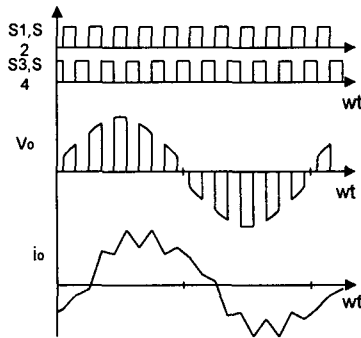
3-1. 교류 초퍼의 파형 해석

그림 2(a)는 환류로가 설치된 교류초퍼의 회로도이다. 교류초퍼는 2개의 전원 스위치와 환류로에서 2개의 환류 스위치로 구성된다. 그림 2(b)는 교류초퍼의 이상적인 스위칭 신호, 출력전압 및 부하전류의 파형이다.

교류초퍼의 동작 역시 두 개의 모드로 나눌 수 있다.



(a)



(b)

그림 2. 환류로가 포함된 교류초퍼 (a) 전력회로 (b)스위칭신호, 출력전압, 및 부하전류 파형

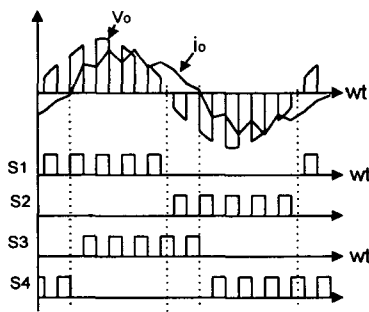


그림 3. 교류초퍼에서 사용되는 일반적인 스위칭패턴

모드 1 동안은 전원 스위치가 턴오프되고 환류 스위치가 턴오프되어 부하에 교류전류가 인가되는 기간이다. 모드 1 동안의 전압방정식은 다음과 같다.

$$L \frac{di_o}{dt} + R i_o = \sqrt{2} V_s \sin \omega t \quad (1)$$

$\omega t = \alpha$ 에서 모드 1이 시작된다고 할 때 정상상태에서 모드 1 동안의 부하전류는

$$i_o(t) = \frac{\sqrt{2} V_s}{Z} \sin(\omega t - \phi) + \left\{ I_m - \frac{\sqrt{2} V_s}{Z} \sin(\alpha - \phi) \right\} \cdot \exp\left\{ -\frac{\omega t - \alpha}{\tan \phi} \right\} \quad (2)$$

여기서,  $I_m$ 는  $\omega t = \alpha$ 에서의 부하전류의 초기치이다. 모드 2 동안은 전원 스위치가 턴오프되고 환류 스위치가 턴오프되어 교류 초퍼는 차단 상태가 되는 기간이며, 부하전류는 환류로를 통하여 흐른다.  $\omega t = \beta$ 에서 모드 2가 시작된다고 할 때 모드 2 동안의 전압방정식은

$$L \frac{di_o}{dt} + R i_o = 0 \quad (3)$$

정상상태에서 모드 2 동안의 부하전류  $i_o$ 는,

$$i_o(t) = I_n \cdot \exp\left(\frac{\omega t - \beta}{\tan \phi}\right) \quad (4)$$

여기서,  $I_n$ 는  $\omega t = \beta$ 에서의 부하전류의 초기치이다.

### 3-2. 교류 초퍼의 신호 패턴 해석

그림 2(b)의 두 개의 스위칭 신호중 하나는 두 개의 전원 스위치에 입력이 되며, 나머지 하나는 두 개의 환류 스위치에 입력이 된다. 그러나, 교류초퍼에서 스위칭 순간 부하측 단자에서 단락 현상이 발생한다. 따라서, 실제로는 이러한 스위칭 패턴은 사용되지 않는다.

그림 3은 그림 2(b)의 스위칭 패턴에 의한 단락현상을 제거하기 위한 스위칭 패턴이다. 이러한 스위칭 패턴을 얻기 위해서는 교류 초퍼의 입력 측에서 전압비교기와 출력 측에서 전류 변압기를 설치하여야 하며 입력전압, 출력 전류의 정(+) 또는 부(-)의 값에 따라 4개의 스위치가 턴온 또는 턴오프된다. 이러한 스위칭 패턴에 의해 입력전류의 단락현상을 제거할 수 있다. 그러나, 센서 설치에 의한 신호발생회로가 복잡해지며, 따라서 제작비가 상승해질 것이다.

### 4. 교류초퍼의 제안 스위칭 신호 패턴

본 논문에서는 교류초퍼회로에 교류변압기를 포함하지 않아도 단락현상을 제거현상을 제거할 수 있는 스위칭 신호 패턴을 제안하였다. 제안 신호 패턴을 실현하기 위해서는 입력전압의 정(+) 또는 부(-)를 확인하는 전압 비교기(voltage comparator)가 필요하다. 본 논문에서는 기존의 교류초퍼 전력회로 대신 그림 4의 수정된 전력회로를 채용하였다. 이 전력회로는 2개의 전원 스위치 및 2개의 환류 스위치를 각각 하나의 공동 직류전원으로 구동할 수 있는 장점이 있으며, 2개의 전원 스위치는 하나의 스위칭 신호로 구동이 가능하다. 그러나, 환류 스위치의 신호는 부하 전류의 방향에 따라 결정해야 하므로 기존 방식은 전류변압기를 필요로 한다.

그림 5는 본 논문에서 제시한 스위칭 패턴을 구하는 과정을 보여 주고 있다. Sb는 기본적인 스위칭 신호로서 아날로그 회로 또는 마이크로프로세서에 의해 발생한다. 이러한 기본 신호와 전압 비교기에 의해 확인된 정(+)의 신호 S+ 또는 부(-)의 신호 S-가 복합되어 전원 스위치 S1, S2에 입력되는 2개의 신호를 만든다. 각각 환류 스위치 S3, S4에 입력되는 2개의 신호는 각각 S1, S2의 신호가

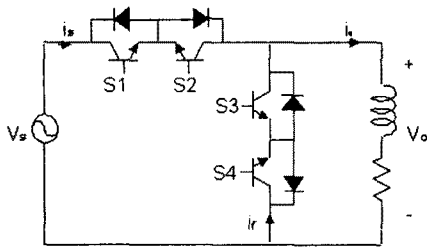


그림 4. 수정된 교류초퍼의 전력회로

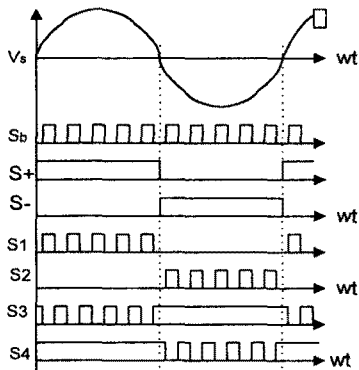


그림 5. 제안한 교류초퍼의 신호 패턴

보수(complement)화된 신호로서 S3, S4에 입력되는 기본 신호가 된다. 그림5(d)와 그림5(e)의 신호는 그림 4의 수정 전력회로 중에서 두 개의 전원 스위치에 각각 입력하는 대신 그림(a)의 기본 스위칭 신호를 공동으로 입력하는 것도 가능하다. 본 논문에서는 기본 신호 Sb를 사용하였다.

본 논문에서 제안한 신호 패턴에 의해 수행되는 환류 스위치의 스위칭 횟수는 기존의 방식에 비해서도 저감되므로 이에 따라 스위칭 손실이 저감되는 효과도 있다.

## 6. 실험결과

제안한 스위칭 패턴을 근거로 교류초퍼에 대한 실험을 실시하였다. 입력전압은 180V, 60Hz이며 부하의 저항 R은 18Ω이며, L은 25mH이다. 또한 마이크로프로세서 8051을 사용하여 기본 신호를 실현하였다.

그림 6은 본 제안 신호패턴에 의해 회로를 구성한 후 수행한 3개의 신호들을 보여 주고 있다. 첫 번째 신호는 전원 스위치에 입력되는 공동 신호이며, 나머지 두 개의 신호는 각각 2개의 환류 스위치에 입력되는 신호로서 반사이클당 7개의 펄스가 포함된 신호로서 통류율 D는 0.5이다.

그림 7은 그림 6의 신호들에 의해 실행된 출력전압, 부하전류를 보여주고 있다. 여기서, 부하 전류는 과도시점에서 단락상태가 보이지 않음을 알 수 있다.

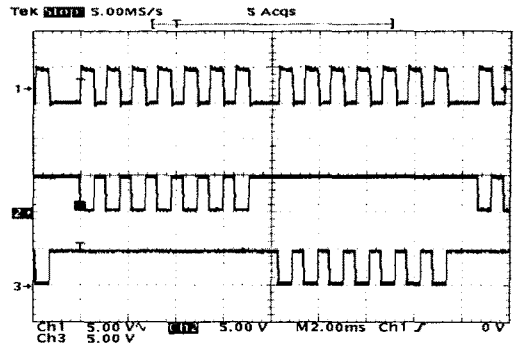


그림 6. 제안한 신호 패턴에 대한 실험 결과

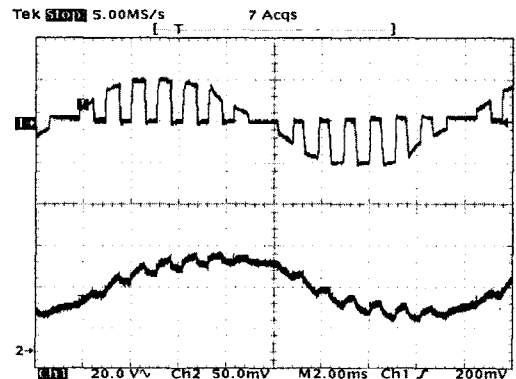


그림 7. 출력전압, 부하전류 파형에 대한 실험 결과

## 7. 결 론

본 논문은 교류초퍼에서 4개의 스위치를 안정된 스위칭 신호로 단락사고 방지를 위한 새로운 스위칭 신호 패턴을 제안하였다. 센서 설치에 의해 신호발생회로가 복잡한 기존의 신호발생회로에 비해 제안 방식은 전류변압기를 투입하지 않으므로 간단한 신호발생회로를 만들 수 있어 제작비를 저감시킬 수 있다. 또한, 환류 스위치 부분의 스위칭 주파수를 저감시킬 수 있으므로 이에 따라 스위칭 손실도 저감시킬 수 있다.

### [참 고 문 헌]

- [1] G.N.Revankar and D.S. Trasi, "Symmetrical pulse width modulated ac chopper," *IEEE Trans. Ind. Electron. Contr. Instrum.*, vol. IECI-24, pp.41-45, Feb. 1977
- [2] B.W.Williams, "Asymmetrically modulated AC chopper," *IEEE Trans. Ind. Electron.* vol. 29, pp.181-185, June, 1982
- [3] D.-H. Jang and G.-H. Choe, "Improvement of input power factor ac choppers using asymmetrical PWM technique," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol.42, pp.179-185, Apr. 1995