

전력용 트랜지스터를 이용한 교류차파회로의 시작 및 해석

Implementation & Analysis of AC Chopper Circuit Using Power TR.

백	수	현	동국대 공대
서	기	영	경남대 공대
김	제	영	동국대 공대

1. 서론

위상 제어에 의한 교류 차파회로에 대해서는 잘 알려진 바 있으나⁽¹⁾⁻⁽³⁾ 일정 주파수를 가진 교류 전원을 가변시키고자 하는 교류 직권 전동기의 속도 제어, 히터의 온도 조절, 조명기의 점멸기, 팬 전동기 등의 용도에 널리 쓰이고 있는 실정이다.

그러나 위상 제어 교류 차파 회로의 출력전압은 부하에 의해 영향을 받게 되어 같은 기수 고조파를 포함하게 되므로 출력단에 적절한 필터를 삽입해야만 한다. 출력단에 필터를 가지지 않을 경우 고조파 성분은 전류의 파형을 일그러지게 하여 입력의 효율을 저하시키는 요인이 된다. 또한 종래에 사용하는 위상 제어 방식인 교류 차파 회로는 다이리스터나 트라이악을 사용하게 되므로 높은 주파수에서 사용하면 소자의 턴 온, 턴 오프 시간이 듀티 주기가 보다 훨씬 작아야만 확실한 동작이 이루어지게 되어 이로 인하여 동작 주파수를 높이지 못하게 할뿐 아니라 동작 주파수를 높이기 위해서는 회로를 구성하는 보조 전력소자의 수도 늘어나고 이때 보조 전력 소자의 정격도 주전력 소자와 같게 해야 되므로 비경제적이고 상당히 회로가 복잡하게 될 뿐 아니라 회로 자체의 응답특성이 느린 결점을 지니게 된다.

그러므로 본 연구에서는 위와 같이 종래의 위상 제어 양식이 갖는 결점을 개선하고 출력단에 기하는 필터를 좀 더 간단하고 경제적으로 설계하고 또한 회로를 구성하는 보조 전력소자를 최소화 하고 주파수를 증대시키기 위하여

전력용 트랜지스터를 사용하여 교류 차파 회로를 설계 시작 하여 그 특성을 해석하고자 하는데 주안점을 두었다.

2. 차파 회로의 설계

교류 단상 차파 회로의 구성은 그림 1과 같다.

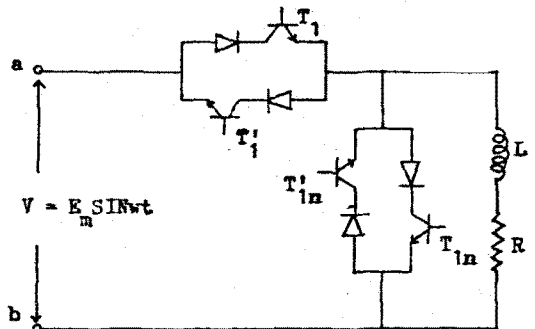


Fig. 1 Single - phase power control circuit

그림 1의 회로동작은 a가 정전압 상태일 때 T1이 쏘피되고 T1n은 오프, T1n'은 온 되어 환류 경로가 이루어져서 T1'는 오프된다. 반대로 b가 정전압 상태일 때 T1'가 쏘피되고 T1n은 온, T1n'는 오프된다.

전력용 트랜지스터의 구동회로는 전력용 트랜지스터의 확실한 온, 오프를 위하여 오프시에는 역방향 바이어스를 가하고 또한 제어 신호를 전력용 트랜지스터의 전원과 전기적으로 절연시키기 위해 포토 커플러의 바이폴라 전원을 사용하여 토템폴 회로를 구성하였다.

전력용 트랜지스터를 구동시키기 위한 제어 신호의 설계는 그림 2와 같이 구성하였다.

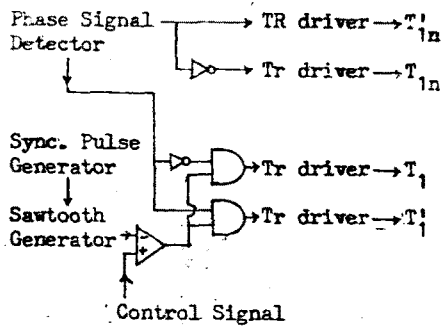


Fig. 2 Power TR control circuit diagram.

출력전압의 조정은 초핑 수의 변화와 듀리주기의 변화에 의해 조절이 되도록 하였다.

그래서 초핑수의 변화에 따른 전압변화, 고조파 성분, 역률등의 변화를 고려하여 최적화된 초핑수를 찾는 데 중점을 두고 또한 이때의 실험치와 비교 검토하였다.

3. 동작 특성의 이론 해석

그림 3은 초핑수가 10인 경우의 출력 전압 파형을 나타낸다.

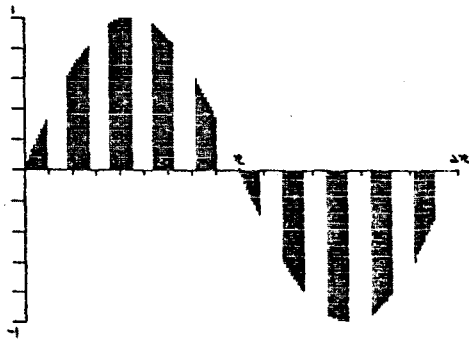


Fig. 3 Output Voltage Waveform.

출력전압 $V_o = E_m \sin \omega t$

$$= 0 \quad \frac{2n-1}{N_c} \pi \omega t \leq \omega t \leq \frac{2n-1}{N_c} \pi$$

$$= 0 \quad \frac{2n-1}{N_c} \pi \omega t \leq \omega t \leq \frac{2n}{N_c} \pi$$

$N_c =$ chopping number / cycle

$n = 1, 2, \dots, N_c/2$

CHOPPING NUMBER=10
INITIAL VALUE=-.205 $\theta=.5$

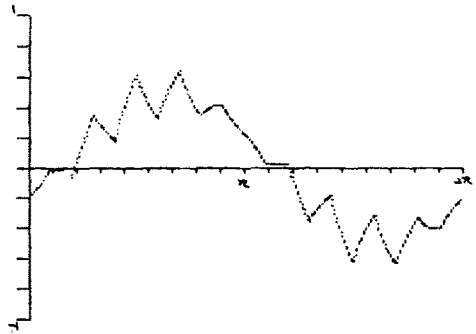


Fig. 4 Output Current Waveform.

그림 4는 초핑수가 10인 경우 출력전류인 파형을 나타낸다. 이때 일반식을 다음과 같다.

$$L \frac{di}{dt} + Ri = E_m \sin \omega t \quad \frac{2n-1}{N_c} \pi \omega t \leq \omega t \leq \frac{2n-1}{N_c} \pi \dots \textcircled{1}$$

$$= 0 \quad \frac{2n-1}{N_c} \pi \omega t \leq \omega t \leq \frac{2n}{N_c} \pi \dots \textcircled{2}$$

$$\textcircled{1} \Rightarrow i_{on}(\omega t) = I_o \sin(\omega t - \phi) + A_{on} e^{-\frac{R}{L}\omega t}$$

$$= I_o \sin(\omega t - \phi) + A_{on} e^{-\frac{R}{L}\omega t}$$

$i_{on}(0)$ 의 초기값을 I_1 이라면

$$A_{on} = I_1 + I_o \sin \phi$$

전류의 경계조건으로 부터

$$I_1 = i_{off} \left(\frac{2n-1}{N_c} \pi \right) \text{ 이 된다.}$$

$$\textcircled{2} \Rightarrow i_{off}(\omega t) = A_{off} \cdot e^{-\frac{R}{L}\omega t}$$

$$\text{초기치 } i_{off} \left(\frac{2n-1}{N_c} \pi \right) = I_2 \text{ 라면}$$

$$I_2 = i_{on} \left(\frac{2n-1}{N_c} \pi \right) \text{ 가 되고}$$

$$\therefore A_{off} = i_{on} \left(\frac{2n-1}{N_c} \pi \right) \cdot e^{\frac{(2n-1)\pi}{N_c} \frac{R}{L}}$$

$$\text{여기서 } I_o = \frac{E_m}{Z} \quad Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R} \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

4. 결 론

간단한 제어회로로서 높은 주파수 영역까지 동작이 안전되게 이루어져서 초핑수를 증가 시킬 때 더 낮은 차수의 고조파 성분은 감소되고

높은 차수의 고조파 성분이 증가되므로 적절한
효율 주파수의 선정이 가능하다. 그러므로
높은 차수의 고조파를 제거하기 위한 필터를
쉽게 제작하는데 보다 저렴하여 간편해진다.

또한 출력전압은 인의의 직상 역률과에서
트라이악 혹은 다이리스터를 사용하는 위상 제
어 교류 쇼퍼 회로보다 전 전압영역에 걸쳐 원
활히 조정되었다.

앞으로 유도전동기와 같이 회전기 부하 용도
로 활용하기 위한 교류쇼퍼 회로의 전달특성
해석등의 다각적인 응용연구가 기대된다.

5. 참고 문헌

- (1) W.Shepherd, " Steady - state Analysis of
the Series Resistance-Inductance Circuit
Controlled by SCR," IEEE Trans. IGA,
July/Aug, pp259-265, 1965.
- (2) G.N.Revankar, D.S.Trasi, " Symmetrically
Pulse Width Modulated AC Chopper,"
IEEE Trans. IECI, Vol.IECI-24, NO.1,
Feb. pp 39-44, 1977.
- (3) B.W.Williams, " Asymmetrically Modulated
AC Chopper," IEEE Trans. IE, Vol IE-29,
NO.3, pp 181-185, 1982.
- (4) Alexander Mozdzer, JR., Bimal K.Bose, "
Three - Phase AC Power Control Using
Power Transistor," IEEE Trans. IA,
Vol.IA-12, pp 499-505, Sept/Oct. 1976.
- (5) S.Ashoka Krishna Bhat, Joseph Vithayathil,
" A Simple Multiple Pulswidth Modulated
AC Chopper," IEEE Trans. IE, Vol. IE-29,
NO.3, Aug. pp 185-189, 1982.