

Dual Converter 정류회로의 입력 역율 제어

* 이 규종 충남 대학교 성 세진 충남 대학교

Input Power Factor Control of Dual Converter Rectifier

Se-Jin Seong, Kyu-Jong Lee

Chung-Nam Natinal University

ABSTRACT

Dual converter is being used as a four-quadrant source for the controlled rectifier. But the rectifier itself and circulating current between P and N-converter contribute to generate reactive power.

The methodology of input power factor control of dual converter by means of circulating current control is presented in this paper.

1. 서 론

Dual Converter는 대용량이면서 교류에서 직류, 직류에서 교류로의 전력 변환이 가능한 정류회로로서 이용되고 있다. 그러나 이 회로방식은 정류기 자체에서 전원측에 무효전력을 발생시킬 뿐 아니라 P, N-Converter 간을 흐르는 순환전류도 전원측에서 보면 무효 전력 발생의 원인이 된다.

Dual Converter 회로에서의 순환전류 제어방식이 최근 보고되고 있는데, 본 연구에서는 이 제어방식을 이용 Dual Converter 정류회로에서 입력전원측 역율을 보상하는 방안을 제시하고자 한다.

2. 주 회로 및 동작 원리

그림1 은 본 논문에서 제안하고자 하는 Dual Converter 회로의 주회로이다.

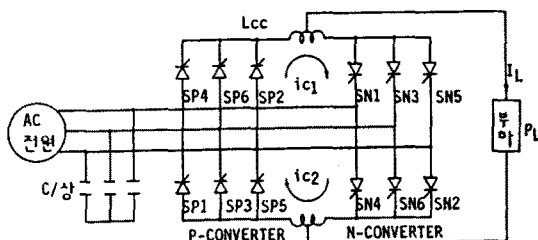


그림 1. DUAL CONVERTER 회로

지금 P-Converter 의 제어각을 α_p , N-Converter 의 제어각을 α_n , 부하를 P_L 이라할 때, 부하 P 에 의해서 Dual Converter 가 교류측으로부터 공급받는 유효전력 P_i 와 무효전력 Q_i 는 다음과 같다.

$$P_i = P_L \tag{1}$$

$$Q_i = P_i \tan \alpha_p \tag{2}$$

$$= P_L \tan \alpha_p$$

교류측의 콘덴서 C 에 의한 무효전력을 Q_c 라 하고 Dual Converter 의 순환전류 i_c 에 의한 무효전력을 Q_{cc} 라 할때 입력전원의 역율을 1로 하기 위하여는 다음과 같은 조건을 만족 시켜야 한다.

$$Q_c = Q_i + Q_{cc} \\ = P_L \tan \alpha_p + Q_{cc} \tag{3}$$

Q_c 는 고정된 콘덴서 용량에 의하여 조정이 불가능하므로 부하 P_L 의 변화에 대응하여 Q_{cc} 를 제어하여 (3)식이 항상 성립하도록 하면 전원측에서의 역율을 항상 1로 유지시킬 수 있다. 즉 순환 전류를 제어함으로써 그림 1과 같은 Dual-Converter 정류회로의 입력측 역율을 제어할 수 있다.

3. 정격부하와 C, Lcc 와의 관계

순환 리액터 Lcc 에 의해 교류측에 생기는 무효전력 Qcc는 제어할 하지 않을 경우 α_p 의 범위에 따라 다음과 같이 주어진다.

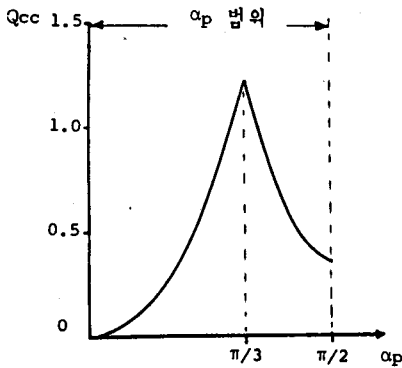
가. $0 \leq \alpha_p \leq \pi/3$ 일때

$$Q_{cc} = [3V^2/\pi w L_{cc}][2\alpha_p - \sin 2\alpha_p]$$

나. $\pi/3 < \alpha_p \leq \pi/2$ 일때

$$Q_{cc} = [3V^2/\pi w L_{cc}][2\pi/3 + \sqrt{3} \cos 2\alpha_p]$$

α_p 와 Q_{cc} 와의 관계는 그림2 와 같다.



가 되어야 한다. 그런데 Q_{cc} 는 L_{cc} 와 α_p 의 함수가 되므로 주어진 α_p 의 범위내에서 최소가 되는 Q_{cc} 를 선택하면 L_{cc} 를 최소화 할 수 있다. 예를 들어 그림3 에서와 같이 α_p 의 제어 범위가 주어졌을 때 Q_{cc} 의 최소값은 α_{p1} 일때 Q_{ccm} 으로 결정하면 된다.

실제로 α_p 의 범위와 Q_{ccm} 의 선정은 위의 같은 관점 이외에도 순환 전류에 의한 고조파 성분 등을 고려해야 함으로 그렇게 간단하지는 않을 것으로 사료된다.

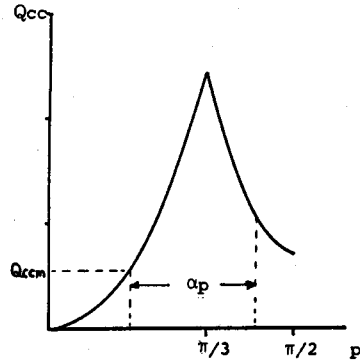


그림3. α_p 와 Q_{ccm}

이론적으로 Q_{cc} 의 제어는 0 에서 α_p 에 의한 Q_{cc} 최대값까지 가능하다. 따라서 식(3)에서 Q_{cc} 를 0 까지 제어했을 경우 Q_c 의 최소값 Q_{cm} 은 최대부하를 P_{LM} 이라 할때 다음과 같다.

$$Q_{cm} = P_{LM} \tan \alpha_p \quad (4)$$

여기서 α_p 는 부하전압 제어범위에 따라 그 범위가 결정되어지며 이때 부하전압 E_L 은

$$E_L = [3\sqrt{2}V /] \cos \alpha_p \quad (5)$$

와 같이 되므로 부하전압 최소점에서 α_p 는 최대값이 된다. 이때의 P-Converter 제어각을 α_{p1} 이라 하면 식(4)에서

$$Q_c = P_{LM} \tan \alpha_{p1} \quad (6)$$

이 되어야 하므로 이 조건에서 교류측의 C 를 결정할 수 있다. 또한 L_{cc} 의 값은 부하 $P_L=0$ 일때 식(3)을 만족하도록 결정해야 하기 때문에

$$Q_c = Q_{cc} \quad (7)$$

4. 순환 전류 제어 방식

4.1 Gate Pulse 발생

Dual Converter 에서의 gate pulse 는 순환전류를 제어하지 않을 경우의 P-Converter 의 제어각 α_p 와 N-Converter 의 제어각 α_n 을 $\alpha_p + \alpha_n = \pi$ 가 되도록 해야 한다. 이러한 조건을 만족시킬 수 있게 하기 위하여 그림4 와 같이 전원 전압의 여현파 변조 제어를 만들어 gate pulse 를 발생시킨다.

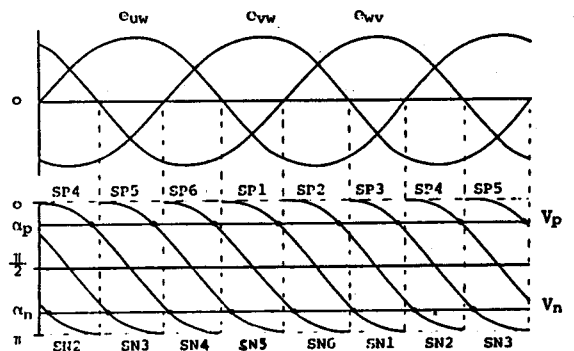


그림4. 전원전압가 여현파 변조 제어

4.2 순환전류 경로

그림1에서 P-Converter SP4에서 N-Converter에 흐르는 순환전류 i_{c1} 을 생각해 보자

1) $0 \leq \alpha_p \leq \pi/3$

이 범위에서 SP4에서 N-Converter로 흐르는 순환전류는 SN1과 SN3을 통하여 흐를 수 있는데 SN1은 SN4와 동상 이므로 이기간 중에는 순환 리액터가 단락상태 이므로 전류는 흐르지 않는다. 순환전류가 흐르기 시작하는 때는 SN3이 ON 되는 a점 부터이며 SP6이 ON 되는 b점 까지 흐르게 되어 순환전류는 그림5와 같이 된다.

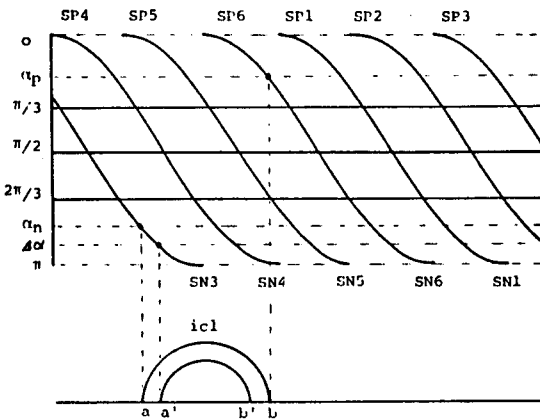


그림5. 순환 전류 ($0 \leq \alpha_p < \pi/3$)

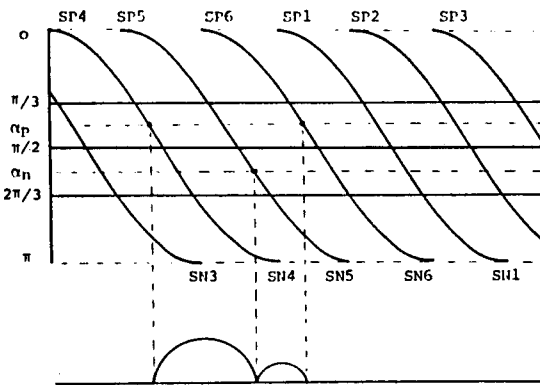


그림6. 순환 전류 ($\pi/3 < \alpha_p \leq \pi/2$)

2) $\pi/3 < \alpha_p < \pi/2$

이 범위에서는 그림6과 같이 SP4에서 SN3으로, SP4에서 SN5로 흐르는 두개의 ripple 분이 나타난다. 첫번째 ripple은 SP4가 ON 되면서 SN3으로 흐르며 이것은 SN5가 ON 되면서 끝난다.

이때부터 두번째 ripple 본인 SP4에서 SN5로 흐르는 전류가 생긴다.

4.3 순환전류 제어

앞서 $0 \leq \alpha_p \leq \pi/3$ 의 경우 그림5에서와 같이 P-Converter의 제어각 α_p 는 그대로 놓아두고 N-Converter의 제어각을 $\Delta\alpha$ 만큼 증가시키면 순환전류는 a'점에서 시작되어 감소하게 된다. 즉 본 논문에서 제안하는 순환전류 제어방식은 부하전류가 흐르지 않는 Converter의 제어각을 제어함으로써 부하전압에는 영향을 주지 않고 순환전류만을 제어하는 방식이다. 부하전류가 어느 Converter를 흐르느냐에 따라서 제어각은 다음과 같이 된다.

- 1) 부하전류가 P-Converter를 흐를때 α_p 는 그대로 두고

$$\alpha_n' = \alpha_n + \Delta\alpha$$

- 2) 부하전류가 N-Converter를 흐를때 α_n 는 그대로 두고

$$\alpha_p' = \alpha_p + \Delta\alpha$$

5. 결론

보고에서는 Dual Converter 정류회로에서 Converter의 제어각을 제어함으로써 출력전압에 영향을 주지 않으면서 입력측 역을 제어하는 방안을 제안하였으며 현재 Computer Simulation을 통하여 본 방식의 문제점, 회로소자선정 및 출력측에서의 고조파 문제 등을 검토중에 있다.

6. 참고 문헌

- 1) G.N. Revankar, D.S. Sabnis: "Analysis of Dual-converter System", IEEE Trans. IECI, Vol. IECI, Vol. IECI-22, No.1, pp.55-61 (1975.2)
- 2) B.R. Pelly: "Thyristor Phase-Controlled Converter and Cycloconverter", New York, Wiley-Interscience (1971)
- 3) 田村, 他: "循環電流制御によるマイクロインバータの与効電力補償" 電学論B, Vol.101, NO.11, P.635-643
- 4) 多田限, 他: "非干渉制御理論を適用した循環電流の制御法の検討" 電学論B, Vol.101, NO.2, P.77-84