

2.2 제안된 컨버터의 제어 알고리즘

제안된 컨버터의 입력전류 I_i 와 듀티비 D 는 비선형 관계이므로 용이한 제어를 위해 피드백 선형화가 필요하다. 변압기의 L_m 에 걸리는 평균전압과 클램핑 커패시터 C_c 양단에 걸리는 전압 V_{cc} 는 각각 다음과 같다.

$$V_i D + (V_i - V_{cc})(1 - D) = L_m \frac{\Delta i_m}{T_s} \quad (2)$$

$$V_{cc} = \frac{V_i}{1 - D} \quad (3)$$

여기서 Δi_m 은 스위칭 주기 T_s 동안의 자화 인덕턴스 성분에 흐르는 전류 변화량이며, 입력전류 변화량인 ΔI_i 와 같다. 따라서, 식 (1)과 (2), (3)을 이용하여 듀티비 D 를 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$D = D_n + \Delta D \quad (4)$$

$$D_n = 1 - \frac{n V_i}{V_o}, \quad \Delta D = \frac{n L_m}{V_o T_s} \Delta I_i$$

식 (4)와 같이 공칭 듀티비 D_n 을 디커플링하고 ΔI_i 에 선형적으로 비례하는 ΔD 를 제어함으로써 일차 선형시스템이 된다. 전력 손실이 없고 단위역률을 갖는 이상적인 컨버터로서 출력전압 V_o 가 일정하다면 출력전류 i_o 는 $(V_m I_m / V_o) \sin^2 \omega t$ 이다. 따라서, 역률개선 제어를 위한 출력 기준전류 i_o^* 는 아래와 같다.

$$i_o^* = I_o^* \left(\frac{V_i}{V_m} \right)^2 \quad (5)$$

따라서, 본 논문에서는 식 (4)와 (5)를 이용하여 역률개선을 위한 제어 알고리즘을 구현한다.

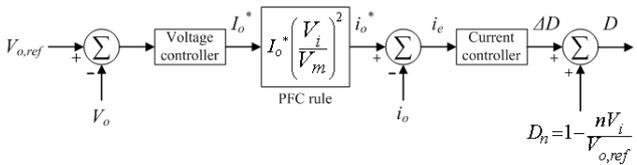


그림 2. 제안된 컨버터의 제어 블록도

Fig. 2. Control block diagram of the proposed converter

그림 2는 제안된 컨버터의 제어 블록도를 나타낸다. 출력전압 V_o 가 출력 기준전압 $V_{o,ref}$ 를 추종하기 위해서 전압 제어기를 사용한다. 전압 제어기를 통하여 출력 기준전류의 최대값 I_o^* 가 결정된다. 그리고 i_o^* 를 추종하기 위해 제어기를 사용하여 제어 듀티비 ΔD 를 구하고, ΔD 와 D_n 에 의해 최종 듀티비 D 가 결정된다.

3. 실험 결과 및 분석

본 논문에서 제안한 컨버터의 이론적 해석과 성능을 실험을 통해 확인하였다. 실험에 사용된 입력전압은 220V, 60Hz이며, 스위칭 주파수는 50kHz, 정격 전력은 400W인 프로토타입을 설계하여 실험하였다. 그림 3은 입력전압과 입력전류

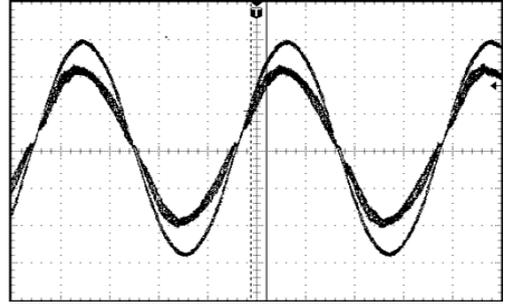


그림 3. 입력전압 및 입력전류 파형

Fig. 3. Waveforms of the input voltage and input current

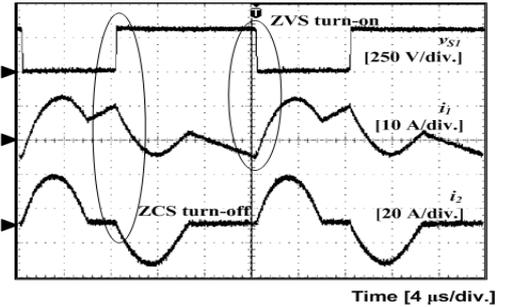


그림 4. V_{S1} 및 i_1 , i_2 파형

Fig. 4. Waveforms V_{S1} , i_1 , and i_2

의 실험 파형이다. 측정된 역률은 0.995로 높은 역률을 가진다. 그림 4는 스위치 S_1 의 전압 V_{S1} 과 변압기 1차측 전류 i_p , 2차측 전류 i_s 의 파형이다. 그림 5를 통해 제안된 컨버터에 사용된 전력용 반도체 스위치가 소프트 스위칭 하는 것을 확인 할 수 있으며 측정된 효율은 95.1 [%]로 높은 효율을 가진다.

4. 결론

본 논문에서는 단일 전력변환 ac dc 컨버터를 제안하였다. 제안한 컨버터는 역률개선 스위치 제어 알고리즘을 사용하여 기존의 역률개선 컨버터보다 간단한 구조와 높은 역률을 가지며, 소프트 스위칭 기법에 의해 높은 효율을 가진다.

참고 문헌

- [1] Y. C. Li and C. L. Chen, "A novel single stage high power factor ac to dc LED driving circuit with leakage inductance energy recycling", IEEE Trans. Ind. Electron., Vol. 59, No. 2, pp. 793 802, 2012, Feb.
- [2] Y. M. Liu and L. K. Chang, "Single stage soft switching AC DC converter with input current shaping for universal line applications", IEEE Trans. Ind. Electron., Vol. 56, No. 2, pp. 467 479, 2009, Feb.
- [3] J. J. Lee, J. M. Kwon, E. H. Kim, and B. H. Kwon, "Dual series resonant active clamp converter", IEEE Trans. Ind. Electron., Vol. 55, No. 2, pp. 699 710, 2009, Feb.