

표 1 시뮬레이션 파라미터
Table 1 Simulation parameters

Parameters	Value
Line to Line voltage	1,000 [V]
Input voltage frequency	60 [Hz]
Output current	5 [Hz]
Switching frequency	1 [kHz]
Inductor inner resistance R_{L1}, R_{L2}	0.2 [Ω]
Output inductance L_1, L_2	10 [mH], 6 [mH]
DC link capacitor, C	20 [mF]
DC link voltage V_{dc}	1,000 [V]

표 2 시뮬레이션 결과
Table 2 Simulation results

Parameters	Reference	conventional method	Proposed method
i_{L1}	707.1 [Arms]	714.1 [Arms]	707.1 [Arms]
i_{L2}	707.1 [Arms]	721.9 [Arms]	707.1 [Arms]

2.2 제안하는 제어 기법

그림 2 는 제안하는 2 상 직교하는 전원 공급 장치의 제어 알고리즘을 나타낸다. 제안된 제어 알고리즘은 부하 i_{L1} 전류와 부하 i_{L2} 전류를 각각 제어한다. 측정된 상의 전류를 단위법으로 환산한 값과 환산된 값에서 All Pass Filter(APF) 를 통해 90 도 지연시킨 두 값을 회전 좌표계로 변환(d-q 변환)한다. 회전 좌표계로 변환된 두 전류를 비례-적분 제어를 이용해 d 축 전류 i_d 는 1 로, q축 전류는 0 으로 제어를 한다. i_d, i_q 전류를 알파-베타 변환하여 얻어진 알파 성분은 변조지수 M_{Lx} 가 된다. L_1 상과 L_2 상의 M_{Lx} 는 측정 전류를 통해 구하지만, C 상의 변조지수는 식 (1) 과 같이 두 개의 변조지수를 이용하여 구한다.

$$M_C = -(M_{L1} + M_{L2}) \quad (1)$$

각 상의 변조지수와 삼각파 캐리어를 비교하면 게이트 신호가 출력되고 각 상의 IGBT 에 게이트 신호를 인가한다.

3. 시뮬레이션

3.1 시뮬레이션 조건

본 논문에서 제안하는 제어 알고리즘의 유효성을 확인하기 위해 정상상태에서 기준 파형 대비하여 기존의 방법과 제안된 방법의 출력 전류 및 DC 링크 전압의 실효값을 비교하였다. 시뮬레이션 파라미터 값은 표 1 과 동일하게 수행하였다.

3.2 시뮬레이션 결과

그림 3 은 시뮬레이션 결과 파형으로 제안된 방법과 기존의 방법을 기준 파형과 비교하였고, 그림 4 는 시뮬레이션 결과를 확대한 파형이다. 표 2 는 시뮬레이션 결과 파형의 실효값을 측정한 표다. 이 때, L_1 상과 L_2 상전류에 의해 C상의 전류가 출력되기 때문에 L_1 상과 L_2 상의 전류만 측정하였다. 제안된 방법은 기준 파형대비 오차가 없지만, 기존의 방법은 기준 파형대비 최대 2 [%] 까지 오차가 발생할 수 있음을 확인하였다. 이 때 제안된 방법과 기존의 방법의 DC 링크 전압 값은 동일하다.

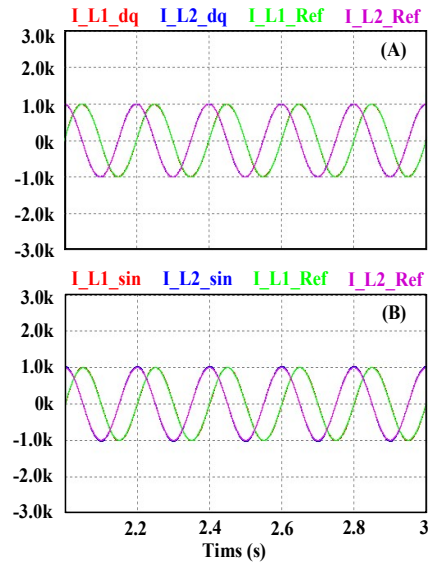


그림 3 시뮬레이션 결과 파형
(A) 제안된 방법 전류 (B) 기존 방법 전류
Fig. 3 simulation result waveform
(A) Proposed method (B) Conventional method

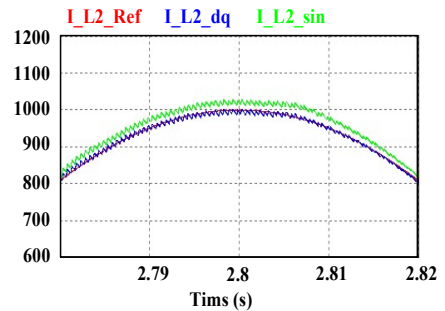


그림 4 시뮬레이션 결과 파형 - 출력 전류(i_{L2}) 확대 파형
Fig. 3 simulation result waveform
- Output current enlargement waveform

4. 결론

본 논문에서는 전자기 교반 시스템에서 2 상 직교하는 전원 공급 장치를 제어하기 위한 방법으로 각 상의 전류를 회전 좌표계로 변환(dq 변환)한 제어 방법을 제안한다. 제안된 제어 기법에 대한 유효성은 시뮬레이션을 이용해 검증하였다.

참고 문헌

- [1] A. Luo, H. Xiao, H. Ouyang, C. Wu, F. Ma and Z. Shuai, "Development and Application of the Two-Phase Orthogonal Power Supply for Electromagnetic Stirring," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 28, no. 7, pp. 3438-3446, July 2013.
- [2] S. Golestan, M. Monfared, J. M. Guerrero and M. Joorabian, "A D-Q synchronous frame controller for single-phase inverters," 2011 2nd Power Electronics, Drive Systems and Technologies Conference, Tehran, 2011, pp. 317-323, doi: 10.1109/PEDSTC.2011.5742439.