

양방향 스위치를 이용한 AC-AC 컨버터 커뮤테이션 기법

부한영, 조영훈
 건국대학교 전기공학과

The novel commutation strategies of AC-AC converter using bidirectional switches

Hanyoung Bu, Younghoon Cho
 Konkuk Univ.

ABSTRACT

본 논문에서는 양방향 스위치 구조의 AC-AC 컨버터 토폴로지를 제안한다. 또한 데드타임 구간에서의 전류 패스를 확보하여 단락 현상 및 전류 스파이크 현상을 방지할 수 있는 커뮤테이션 기법을 제안한다. 전류 패스에 따른 회로를 각각 제시하고, 각 스위치의 스위칭 패턴을 유도한다. 모의 실험을 통해 제안된 커뮤테이션 기법의 타당성을 검증하였다.

1. 서론

매트릭스 컨버터(Matrix Converter)는 AC-AC 변환기의 한 종류로서 DC 링크 커패시터 없이 가변 전압, 가변 주파수의 교류 출력을 얻을 수 있어 소형화가 요구되는 산업 분야에서 많은 관심을 받고 있다. 본 논문은 양방향 스위치 구조의 단상 매트릭스 컨버터를 제안한다. 그리고 비교적 구현이 쉬운 SPWM(Sinusoidal Pulse Width Modulation)을 이용하여 인덕터 부하에서 발생할 수 있는 커뮤테이션 문제를 해결하였다.

2. 단상 매트릭스 컨버터

2.1 단상 매트릭스 컨버터 회로 구조

제안한 단상 매트릭스 컨버터는 4개의 양방향 스위치로 구성되어 있으며, 각 양방향 스위치는 양방향으로 전류 도통이 가능하고, 역전압 차단 능력(Reverse Voltage Blocking Capability)을 가지고 있다.

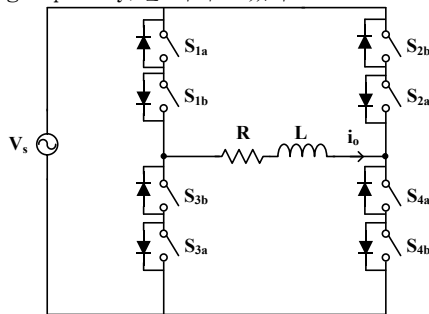


그림 1 단상 매트릭스 컨버터 회로
 Fig. 1 Single Phase Matrix Converter Circuit

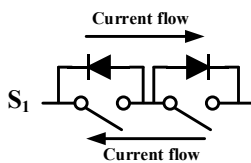


그림 2 양방향 스위치 구조
 Fig. 2 The Structure of Bidirectional Switch

2.2 커뮤테이션 기법

인덕터 부하가 적용되었을 때, 스위치 턴 오프 특성으로 인한 단락 현상과 전류가 절환되었을 때 발생하는 전류 스파이크 현상을 줄이기 위한 커뮤테이션 기법을 제안한다.

커뮤테이션에 따른 전류 패스를 나타내기 위해 4개의 양방향 스위치에서 각각의 스위치를 아래와 같이 표현한다.

$$S_{ij} \quad (i=1,2,3,4, j=a,b) \quad (1)$$

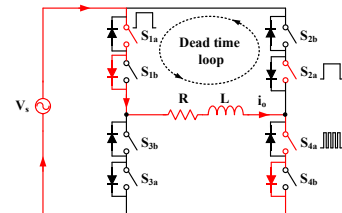


그림 3 입력 양주기일때의 전류 패스(case 1)
 Fig. 3 The current path during positive input cycle

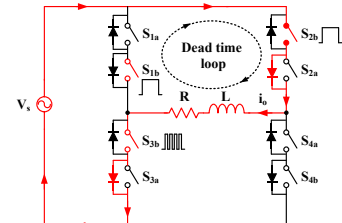


그림 4 입력 양주기일때의 전류 패스(case 2)
 Fig. 4 The current path during positive input cycle

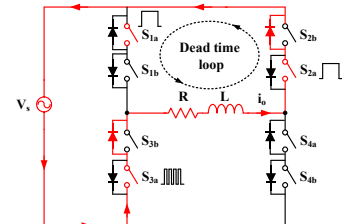


그림 5 입력 음주기일때의 전류 패스(case 3)
 Fig. 5 The current path during negative input cycle

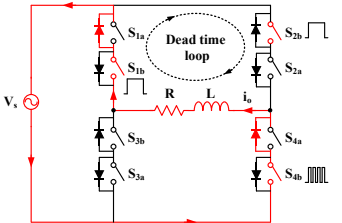


그림 6 입력 음주기일때의 전류 패스(case 4)
 Fig. 6 The current path during negative input cycle

그림 3~그림 6의 회로에서 보는 것과 같이, 입력 전압의 양주기, 음주기에 따라 커뮤테이션이 달라지게 된다. $i=1$ 또는 $i=2$ 일 때 스위치는 출력 주파수와 동일한 주파수를 갖는 펄스 형태로 나타나게 되고, $i=3$ 또는 $i=4$ 일 때 스위치는 SPWM 형태로 나타나는 액티브 스위치로, a 또는 b 상태에 따라 동기(Synchronized)된다. 액티브 스위치가 턴 오프 되는 데드타임 구간에서는 전류 패스를 확보하기 위해 추가적으로 스위치를 턴 온시켜줌으로써 최종적으로 스위칭 패턴이 만들어진다. 그림 7은 출력 주파수가 120Hz일 때의 스위칭 패턴을 나타내었고, 표 1은 출력 주파수가 120Hz일 때의 액티브 스위치 및 커뮤테이션 스위치를 나타내었다.

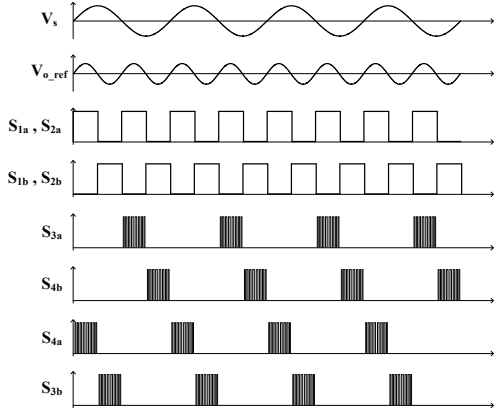


그림 7 커뮤테이션 기법이 적용된 스위칭 패턴
Fig. 7 The Switching Pattern with Commutation Strategies

표 1 출력 주파수 120Hz 일 때의 스위칭 조합
Table. 1 The Switching Combination at 120Hz Output Frequency

Input Frequency	Output Frequency	Active Switch	Commutation Switch
60Hz	120Hz	S_{4a}, S_{1a}	S_{2a}
		S_{3b}, S_{2b}	S_{1b}
		S_{3a}, S_{2a}	S_{1a}
		S_{4b}, S_{1b}	S_{2b}

3. 단상 매트릭스 컨버터 모의 실험

3.1 모의 실험 결과

표 2 모의 실험 파라미터

Table. 2 The Parameters of Simulation

입력 전압	100(V)
입력 주파수	60(Hz)
출력 주파수 레퍼런스	120(Hz)
R-L 부하	50Ω , 2.3(mH)
듀티	0.7
스위칭 주파수	20(kHz)

표 2의 모의 실험 파라미터를 바탕으로 모의 실험을 진행하였다. 모의 실험 결과, 출력 전압과 출력 전류가 출력 주파수 레퍼런스와 동일한 주파수를 가지며 교류 형태를

나타내고 있는 것을 확인 할 수 있다.

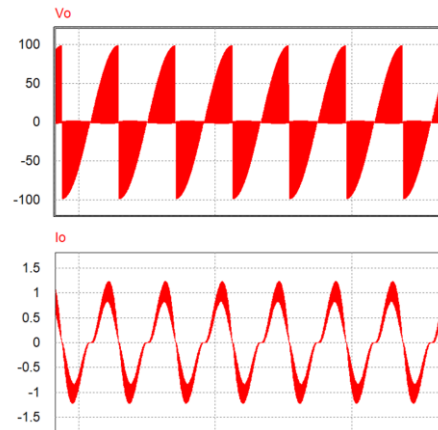


그림 8 단상 매트릭스 컨버터 출력 파형
Fig. 8 The Output Waveform of Single Matrix Converter

3.2 실제 실험 결과

교류 입력 전원을 인가하기 전, 직류 입력 전원을 전압원으로 하여 제안된 커뮤테이션이 DC/AC 컨버터에서도 동일하게 적용이 되는지 먼저 알아보았다.

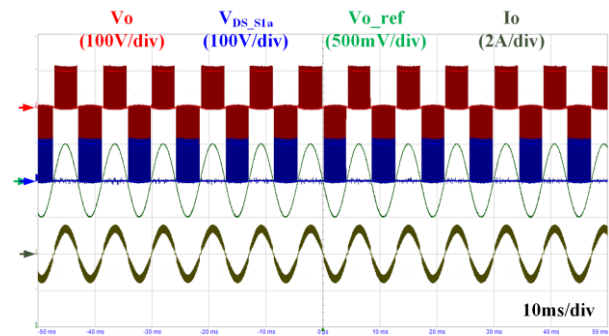


그림 9 DC/AC 컨버터에서의 출력 파형
Fig. 9 The Output Waveform of DC/AC Converter

4. 결론

본 논문에서는 양방향 스위치가 적용된 단상 매트릭스 컨버터 구조에서의 커뮤테이션 기법을 제안하였다. 데드타임 구간에서 프리휠링 전류 패스를 확보하여 전류 스파이크 현상을 방지하고, 모의 실험을 통해 그 성능을 검증하였다. 또한 실제 실험을 통해 DC/AC 컨버터에서 검증을 완료하였고, 이후에 AC/AC 컨버터 실험을 거쳐 커뮤테이션 검증을 완료할 예정이다.

이 논문은 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No.2017R1C1B2009425)

참고 문헌

- [1] Z. Idris, M. K. Hamzah and M. F. Saidon, "Implementation of Single-Phase Matrix Converter as a direct AC-AC converter with commutation strategies," 2006 37th IEEE Power Electronics Specialists Conference, Jeju, 2006, pp. 1-7.
- [2] S. Zaliha, M. Noor, M. K. Hamzah, R. Baharom and N. Y. Dahlan, "A New Single-Phase Inverter with Bidirectional Capabilities Using Single-Phase Matrix Converter," 2007 IEEE Power Electronics Specialists Conference, Orlando, FL, 2007, pp. 464-470.