

# 다출력 기능을 갖는 간접 매트릭스 컨버터 시스템

박영수\*, 이은실\*, 이교범\*, 임성수\*\*  
아주대학교\*, 우진산업\*\*

## An Indirect Matrix Converter for Dual Output AC-Drive System

Yeongsu Bak\*, Eunsil Lee\*, Kyo Beum Lee\*, Seongsoo Lim\*\*  
Ajou University\*, Woojin Industrial System Co.\*\*

### ABSTRACT

본 논문에서는 3상 입력 매트릭스 컨버터에서 한 레그를 추가하여 다출력 기능을 갖는 시스템을 제안한다. 본 시스템은 기존의 매트릭스 컨버터에서 스위치의 개수를 줄인 베리 스파스 (Very Sparse) 매트릭스 컨버터 토폴로지에서 인버터단에 스위치 두 개를 추가하여 3상과 단상의 두 출력을 갖도록 한다. 두 개의 출력은 독립적으로 제어가 가능하며 하나의 시스템으로 두 개의 출력을 낼 수 있어 소형화가 가능하다. 제안한 토폴로지와 이에 대한 제어 기법은 시뮬레이션을 통해 검증한다.

### 1. 서론

AC/AC 전력 변환 시스템은 가변속 드라이브 (ASDs), 무정전전원장치 (UPS) 등 산업분야에서 널리 사용되고 있다. 따라서 이상적인 전력 변환기는 정현적인 입/출력 전류 파형, 입력단의 단위 역률, 높은 전력 밀도, 4상한 운전 등이 가능해야 하며 이를 만족시키는 토폴로지로서 매트릭스 컨버터가 각광받고 있다. 특히 간접 매트릭스 컨버터는 2단 구조로 구성되어 있으며 양방향 스위치의 개수를 줄일 수 있다<sup>[1]</sup>.

최근에는 산업 현장에서 직류 링크를 공유하는 다출력 시스템의 요구가 증가하고 있으나, 기존 백 투 백 컨버터의 경우 직류 링크에 부피와 용량이 큰 에너지 저장 소자가 필요하다. 이를 해결하기 위하여 본 논문에서는 직류 링크에 에너지 저장 소자가 없는 간접 매트릭스 컨버터에서 직류 링크를 공유하는 다출력 시스템을 제안한다<sup>[2, 3]</sup>.

### 2. 제안하는 다출력 매트릭스 컨버터

다출력 매트릭스 컨버터의 토폴로지는 간접 매트릭스 컨버터에 기반을 두며, 본 논문에서는 베리 스파스 매트릭스 컨버터에 두 개의 부하를 적용하였다.

#### 2.1 토폴로지

그림 1은 제안하는 다출력 시스템을 나타내며, 14 개의 스위치로 구성된다. 두 개의 부하는 레그 C<sub>1</sub> 과 A<sub>2</sub> 를 공유하여 인버터단을 두 개로 확장하는 다출력 시스템보다 스위치의 개수를 줄일 수 있다.

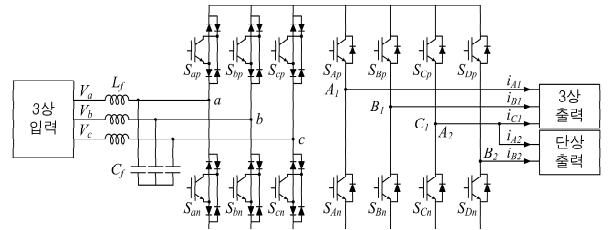


그림 1 제안하는 다출력 간접 매트릭스 컨버터 토폴로지  
Fig. 1 Topology of the proposed indirect matrix converter with dual output

#### 2.2 변조 기법

제안하는 토폴로지는 전류원 정류단이 에너지 저장 소자가 없는 직류 링크를 통해 4 레그 인버터단에 연결된다. 정류단의 변조는 기존 매트릭스 컨버터의 방식과 동일하다. 그러나 인버터단에는 하나의 레그가 추가되었으므로 이에 대한 고려가 필요하다. 3상 부하와 단상 부하에서 출력 전압 지령을  $V_{A(1)}^*$ ,  $V_{B(1)}^*$ ,  $V_{C(1)}^*$  와  $V_{C(2)}^*$ ,  $V_{D(2)}^*$  로 나타낼 경우, 윗셋 전압을 이용한 공간벡터 PWM의 변조 지령을 나타내면 다음과 같다.

$$V_{kn(1)} = \frac{V_{k(1)}^* + V_{off}}{V_{dc}/2}, \quad \{k = A, B, C\} \quad (1)$$

$$V_{ln(2)} = \frac{V_{l(2)}^*}{V_{dc}/2}, \quad \{l = A, B\} \quad (2)$$

여기서 윗셋 전압은  $V_{off} = 0.5\max(V_{A(1)}^*, V_{B(1)}^*, V_{C(1)}^*) + 0.5\min(V_{A(1)}^*, V_{B(1)}^*, V_{C(1)}^*)$  이다. 두 개의 부하는 레그 C<sub>1</sub> 과 A<sub>2</sub> 를 공유하므로 해당 레그의 듀티는 동일해야 한다. 따라서  $V_{Cn(1)}$  과  $V_{An(2)}$  를 동기화시키기 위하여 영벡터의 위치를 변경시켜 각 상의 유효벡터 시간을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} T_A &= T_{0(1)} + T_{1(1)} + T_{2(1)} + T_{0(2)} \\ T_B &= T_{0(1)} + T_{2(1)} + T_{0(2)} \\ T_C &= T_{0(1)} + T_{0(2)} \\ T_D &= T_{0(2)} + T_{1(2)} + T_{0(1)} \end{aligned} \quad (3)$$

그림 2는 위의 변조 기법을 사용한 인버터단의 스위칭 파형을 나타낸다.

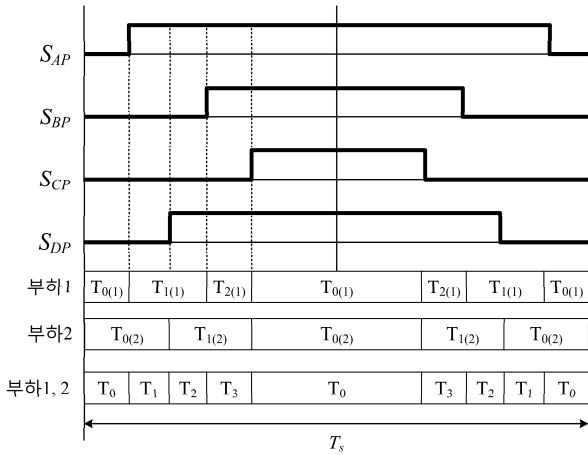


그림 2 인버터단의 스위칭 상태  
Fig. 2 Switching state of the inverter stage

### 3. 시뮬레이션 결과

제안한 토폴로지와 이에 대한 제어 기법을 검증하기 위하여 PSIM을 이용한 시뮬레이션을 진행하였다. 시스템 파라미터는 표 1에 나타내었다.

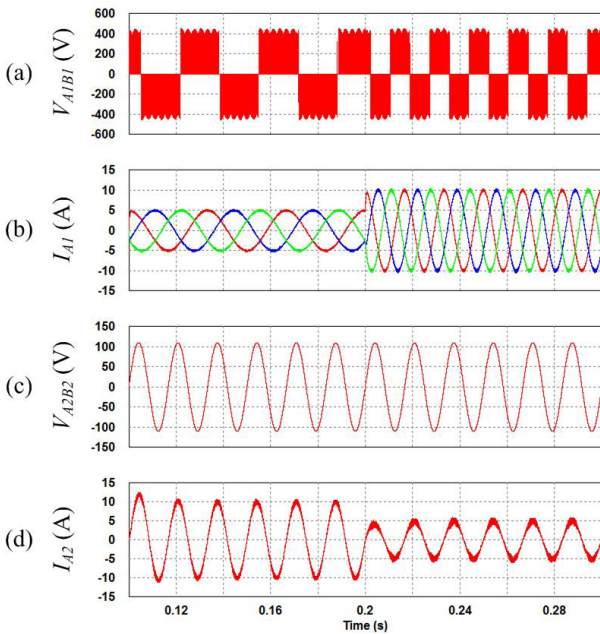


그림 3 제안하는 다출력 간접 매트릭스 컨버터의 시뮬레이션 결과 파형  
Fig. 3 Simulation results of proposed dual output indirect matrix converter

그림 3은 다출력 매트릭스 컨버터의 시뮬레이션 결과로, 3상 부하와 단상 부하의 동특성을 보여준다. (a)와 (b)는 부하 1의 출력 선간 전압과 출력 상전류를 나타내고, (c)와 (d)는 부하 2의 출력 선간 전압과 출력 상전류를 나타낸다. 3상 부하의 지령 전류는 10 A/30 Hz에서 20 A/60 Hz로 변경하였으며, 단상 부하는 20 A에서 10 A로 변경하였다. 다출력 매트릭스 컨버터의 출력은 독립적으로 가능함을 알 수 있다.

표 1 시스템 파라미터  
Table 1 System Parameters

입력 파라미터	전압원	$V_{in} = 220 \text{ V}_{\text{rms}}, f_{in} = 60 \text{ Hz}$
	입력 필터	$L_f = 2 \text{ mH}, C_f = 10 \text{ }\mu\text{F}$
출력 파라미터	부하 1 (RL)	$R_{out1} = 10 \text{ }\Omega, L_{out1} = 5 \text{ mH}$
	부하 2 (계통)	$V_{out2} = 110 \text{ V}, f_{out2} = 60 \text{ Hz}$

### 4. 결론

다출력 기능을 갖는 간접 매트릭스 컨버터 시스템과 이에 대한 제어 기법을 제안하였다. 제안한 기법의 타당성을 시뮬레이션을 통해 검증하였다. 제안한 토폴로지는 기존 매트릭스 컨버터에서 스위치의 개수를 줄일 수 있어 소형화가 가능하며, 각 출력은 독립적으로 제어가 가능하다.

본 논문은 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비 지원을 받아 수행한 연구결과입니다.(13PRTD C063745 02)

### 참고 문헌

- [1] J.W. Kolar, F. Schafmeister, S. D. Round, and H. Ertl, "Novel three phase AC AC sparse matrix converters," IEEE Trans. Power Electron., vol. 22, no. 5, pp. 1649-1661, Sep. 2007.
- [2] T. D. Nguyen and H. H. Lee, "Dual three phase indirect matrix converter with carrier based PWM method," IEEE Trans. Power Electron., vol. 29, no. 2, pp. 569-581, Feb. 2014.
- [3] X. Liu, P. Wang, P. C. Loh, and F. Blaabjerg, "A compact three phase single input/dual output matrix converter," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 59, no. 1, pp. 6-16, Jan. 2012.