

매트릭스 컨버터의 출력 전류 개선을 위한 신경망 기반 전류 보상기 설계

박동선, 이은실*, 박기우*, 이교범*
LIG 넥스원(주), *아주대학교

Design of a Neural Network Compensator for Improving the Output Current of a Matrix converter

Dong-Sun Park, Eunsil Lee, Kiwoo Park, and Kyo-Beum Lee
LIG Nex1 Co., Ltd., *Aju University

ABSTRACT

3x3 매트릭스 컨버터(matrix converter)는 3상 입력 전원이 3상 부하에 직접 연결되는 에너지 변환 장치이다. 기존의 AC-DC-AC 전력변환 장치와는 달리 매트릭스 컨버터는 직류단의 전해 커패시터가 존재하지 않기 때문에 불평형의 입력전원은 왜곡된 출력전류를 발생시킨다. 왜곡된 출력전류를 보상하기 위해 본 논문에서는 신경망 기반 전류 보상기를 제안한다. 제안된 기법의 타당성을 시뮬레이션을 통해 증명한다.

1. 서론

매트릭스 컨버터는 입력이 출력과 바로 연결된 전력변환장치이다. 전력용 반도체 스위치를 적절한 변조기법을 사용하여 가변 전압, 가변 주파수의 출력전압을 합성한다^{[1]-[3]}. 매트릭스 컨버터에는 직류단에 요구되는 커패시터가 없기 때문에 출력전류는 입력 전원에 직접 영향을 받는다. 불평형의 입력전압은 왜곡된 출력전류를 발생시킨다.

본 논문에서는 매트릭스 컨버터의 불평형 입력 전원의 악영향을 줄이기 위해 신경망 기반 전류 보상기를 이용하여 출력전류 개선 기법을 제안한다. 시뮬레이션과 실험결과를 통하여 제안된 기법을 증명한다.

2. 매트릭스 컨버터

매트릭스 컨버터는 부피가 큰 직류단의 전해 커패시터가 없이 입력 전원이 전력용 반도체 스위치를 통해 부하에 직접 연결되는 전력 변환 장치로, 적절한 변조기법에 의해 제어되며 각 상에서 요구되는 가변 전압, 가변 주파수의 출력 전압을 합성한다. 그림 1은 기본적인 매트릭스 컨버터를 나타낸다. 3x3 매트릭스 컨버터는 9개의 전력용 반도체 스위치로 구성되며 과전압과 과전류로부터 보호하기 위한 LC필터와 클램프 회로로 구성된다.

3. 신경망 기반 전류 보상기

3.1 매트릭스 컨버터의 불평형 입력전원 상황

매트릭스 컨버터에서 사용되는 스위치 변조기법은 고정된 스위칭 패턴으로 적용되며 변조 통류율(duty ratio)은 미리 계

산된다. 미리 계산된 값을 사용하기 때문에 입력 전류의 왜곡은 출력에 영향을 미친다. 이에 따라 고정된 스위칭 패턴은 입력전원의 불평형 상황일 때에는 적절하지 않다. 그러므로 스위칭 패턴의 통류율은 각각의 샘플링 주기에 따라 출력 전류를 실시간으로 측정함으로써 계산되어야 한다. 매트릭스 컨버터의 출력 전류의 크기를 다음과 같이 정의한다^[4].

$$I_{do} = \left(\frac{2}{3} \sum_{j=a,b,c} i_j^2(t) \right)^{\frac{1}{2}}$$

매트릭스 컨버터에 3상의 정현파가 입력이 된다면 I_{do} 는 일정한 상수값을 가지게 된다. 입력과 출력이 직접 연결되어있기 때문에 입력의 평형은 출력의 평형을 나타낸다. 불평형 입력상태일 때의 매트릭스 컨버터의 I_{do} 는 리플 성분을 포함하게 된다. 이는 매트릭스 컨버터는 입력이 출력과 전력용 반도체 스위치로만 연결되어 직류단과 같은 역할을 해주는 소자가 없기 때문에 입력의 불평형 성분이 그대로 출력으로 전달되기 때문이다.

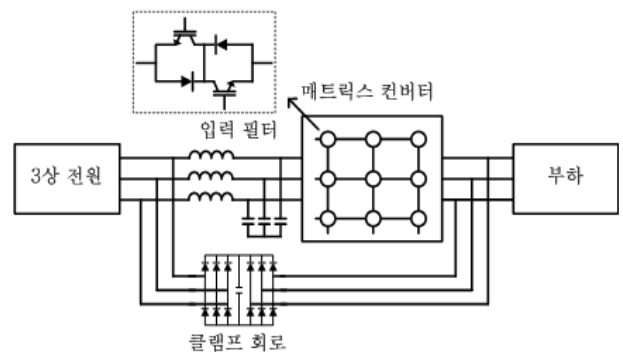


그림 1 매트릭스 컨버터
Fig. 1 A matrix converter

3.2 신경망 기반 전류 보상기

신경망은 학습에 의해 정보를 얻고 저장하고 활용하는 기능을 갖추었다. 이러한 다양한 기능은 여러 분야에 적용되고 있으며 학습에 의한 지속적인 성능개선과 제어환경 변화에 대한 견고성 등으로 수학적 제어이론보다 실용적이다. 신경망 학습을 위한 역전파 알고리즘의 기본원리는 실제 출력값과 목표 출

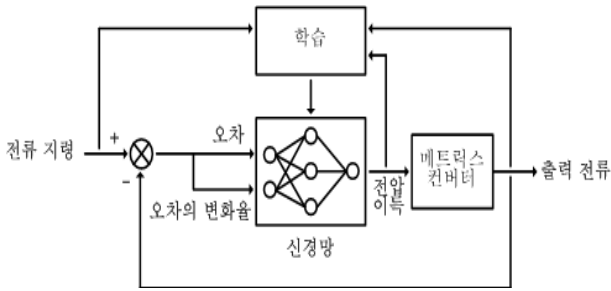


그림 2 신경망 기반의 전류 보상 시스템
Fig. 2 Current compensation system based on neural network

력값을 비교하여 차이를 줄여가는 방향으로 연결가중치를 조정하고, 상위층에서 하위층으로 다시 자기층의 연결가중치를 조정해 나가게 된다^[5-6].

정현파 입력이 인가되면 I_{do} 의 값은 일정하고, 불평형 입력이 인가되면 I_{do} 역시 일정하지 않기 때문에, I_{do} 의 값을 일정하게 제어하여 출력전류 또한 왜곡되지 않도록 제어하고자 한다. 이때 신경망 기반 전류 보상을 이용하여 I_{do} 의 값을 일정하게 유지시키고 그 결과로 변화하는 전압이득을 실시간으로 계산함으로써 왜곡된 입력 전원 상태에서의 출력 전류를 효과적으로 보상할 수 있다.

신경망 기반의 전류 보상기의 블록도는 그림 2과 같다. 입력은 매트릭스 컨버터의 출력 전류의 크기의 지령과의 오차와 오차의 변화율로 설정하였으며 출력은 전압이득으로 설정하였다. 신경망의 입력으로 받은 오차와 오차의 변화는 각각의 연결가중치들과의 중첩합을 통해 은닉층의 값들을 구하고 이 값들은 또 다른 연결가중치들의 중첩합으로 출력층으로 합쳐져 활성화 함수를 통해 결과를 내며, 이전의 연결가중치들을 적절히 변경시킨다. 이 결과 값을 매트릭스 컨버터의 전압 이득으로 사용되며 전압 이득은 매트릭스 컨버터의 변조 통류율을 계산하는데 사용되어 입력전원의 불평형 상황에서 왜곡된 출력 전류를 보상한다.

4. 시뮬레이션

시뮬레이션을 통해 신경망 전류보상기의 성능을 검증한다. 380V의 3상 평형 입력에서 한상을 기존의 1/2로 줄여 불평형 입력을 인가하였으며, 부하로는 $R = 10\Omega$, $L = 30\text{mH}$ 3상 평형 부하를 사용하였다. 매트릭스 컨버터의 스위칭 주파수는 5kHz, 출력단 지령 전압주파수는 60Hz로 설정하고 전압 이득은 0.6으로 설정하였다. 그림 3는 불평형 전원을 입력하였을 경우의 파형을 나타낸다. 그림 3의 (a)는 입력 전압을, (b)는 출력 선간 전압 파형을, (c)는 신경망 기반 전류 보상기로 출력 전류의 보상 전과 보상후의 파형을 나타낸다.

시뮬레이션 결과를 통해 입력 전원의 불평형 상태에서 출력 전류의 왜곡을 깨끗하게 보상됨을 확인할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 매트릭스 컨버터의 불평형 전원의 결과로 발생하는 출력 전류의 왜곡을 줄이기 위해 신경회로망 기반 전

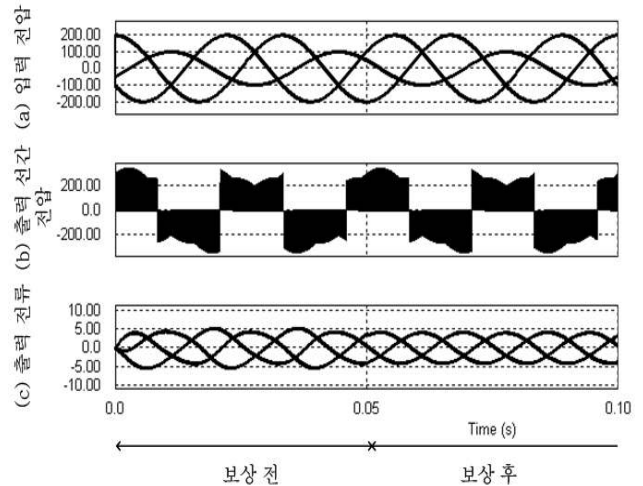


그림 3 불평형 입력 전압에 따른 출력 파형
Fig. 3 Output waveforms under unbalanced input voltages condition

류 보상을 이용한 기법을 제안했다. 시뮬레이션을 통하여 신경망의 학습 능력을 이용한 전류 보상기가 매트릭스 컨버터의 시스템에 잘 적용되고 입력 전원의 불평형에 대한 왜곡된 출력 전류를 효과적으로 보상하는 것을 검증하였다.

본 연구는 지식경제부의 지원에 의하여 기초전력연구원(2009T100100651) 주관으로 수행된 과제임.

참고 문헌

- [1] P. W. Wheeler, J. Rodriguez, J.C. Clare, L. Empringham and A. Weinstein, "Matrix Converters: A Technology Review", *IEEE Trans. Ind. Electron.*, Vol. 49, No. 2, pp. 276-288, 2002, April.
- [2] K. Park and K. B. Lee, "A Novel Sparse Matrix Converter with a Z-Source Network", *IEEE IECON09*, pp. 4523-4528, 2009.
- [3] K. Park, D. Chwa and K. B. Lee, "Robust Disturbance Compensation for Servo Drives Fed by a Matrix Converter", *Journal of Power Electronics*, Vol. 9, No. 5, pp. 791-799, 2009, Sept.
- [4] K. Sun, D. Zhou and L. Huang, "Compensation Control of Matrix Converter Fed Induction Motor Drive under Abnormal input Voltage Conditions," *IEEE IAS2004*, Vol. 1, pp. 623-630, 2004, Oct.
- [5] 이교범, 송중호, 최익, 김광배, 이광원, "신경망 추정기를 이용한 2관성 공진계의 속도 제어", *전기학회논문지*, 제 48A권, 제3호, pp. 286-293, 1999. 3.
- [6] 김류호, 리병순, 성세진, "초고속 유도전동기 구동을 위한 신경회로망 제어기 설계", *전력전자학회 논문지*, 제2권, 제 1호, pp. 39-45, 1997. 3.