

복수의 인버터를 가지는 공조 시스템 모터의 Common Mode 노이즈 저감을 위한 연동제어 PWM 생성 방법

백영진^{1,2}, 박귀근², 박동민², 권우현¹, 김흥근¹
¹경북대학교 IT대학, ²LG 전자

Synchronous control PWM Method for Reducing Common-Mode Noise in Dual Inverter Air-conditioner

Young Jin Baek^{1,2}, Gwi Geun Park², Dong Min Park², Woo Hyen Kwon¹, Heung Geun Kim¹
¹College of IT Engineering, Kyung-pook National University, ²LG Electronics

ABSTRACT

본 논문은 직류단 전원을 공유하는 복수의 인버터로 구성된 시스템에서 EMI 저감을 위한 연동제어 PWM 생성 기법을 제안한다. PWM 제어에 의한 스위칭시 전력단 중성점에서 커먼 모드 전압이 생성되고, 기생 캐패시터를 통해 전원라인으로 유입되어 EMI 노이즈가 발생된다. 복수의 인버터 시스템에서도 동일한 현상이 나타나고, 이로인한 불특정한 커먼모드 전류가 발생한다. 본 논문에서는 2개의 인버터를 PWM 시점의 동기제어를 통해 커먼모드 노이즈를 상쇄하고자한다. 제안한 제어 기법을 검증하기 위하여 시뮬레이션으로 분석하며, 간이 실험 통해 검증한다.

1. 서 론

상업용 공조시스템은 냉매를 순환하기 위한 컴프레셔와 열교환을 목적으로 하는 팬으로 구성한다. 실외기에서 부하를 구동하기 위하여 IGBT와 같이 상승시간이 짧고 고속 스위칭이 가능한 전력용 반도체를 주로 사용한다. 그에따라 컴프레셔 전동기의 권선과 외함사이에 존재하는 기생 캐패시터에 의한 커먼모드(common mode) 전류가 존재하며, 이에 의해 발생하는 여러가지 문제점들에 대해 관심이 높아지고 있다. 대표적으로 방사성 혹은 전도성 EMI와 전동기 절연파괴를 예로 들 수 있다. IGBT의 스위칭 상태에 따라 커먼모드 전압이 생성되고 전압의 변화가 EMI의 노이즈 소스원이 된다. 기존의 연구는 dv/dt를 저감하기 위하여 Zero Vector를 제거한 PWM 기법이 있다.^[1] 또한 3상의 인버터에 부가적으로 하나의 스위치를 장착하여 노이즈를 저감하는 방법이 존재한다. 또 PWM의 스위칭 시점을 고려한 제어방법의 경우는, 6개의 권선을 가지는 모터를 구동하기 위한 12개 IGBT를 가지는 인버터 시스템이 연구되고 있다.^[2] 그러나, 이러한 방법은 추가적인 부품이 사용되거나 분리된 인버터 하나에 대한 저감기법인 경우가 대부분이며, 제품의 무게나 부피가 증가되는 주된 요인이 된다.

본 논문에서는 이러한 커먼모드 전압에 의해 발생하는 커먼모드 전류를 저감하기 위해 추가적인 부품을 사용하지 않고, 3상 인버터에서 연동제어 PWM 생성방법을 이용하여 스위칭 동작시 발생하는 커먼모드 전류를 상쇄하는 방법을 제안한다.

복수의 fan을 제어하기 위한 인버터 시스템은 그림 1과 같은 구조로 2개의 인버터와 직류단 전원을 공급하기 위한 정류형 컨버터 1개로 구성된다.

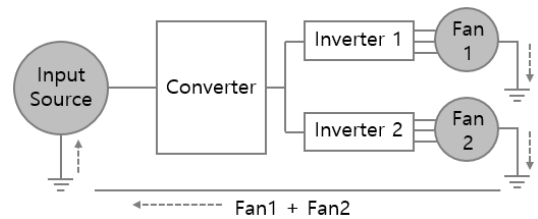


그림 1 복수의 Fan Inverter 구조

본 논문에서 제안한 방법의 검증을 위하여 그림1과 같은 구조로 모델링하고 시뮬레이션 한다.

2. 제안한 PWM 기법

2.1 스위칭 시점 제어에 의한 노이즈 저감

PWM 제어를 위한 IGBT의 스위칭 시점을 가변하여 커먼모드 전류를 저감하는 방법에 대해 논한다. PWM On/Off 동작에 따라 커먼 모드 전류의 방향이 (+)전류와 (-)전류로 각각 발생한다. 복수의 Fan을 구동하기 위한 인버터 PWM 출력에 의해 발생하는 (+)/(-) 커먼모드 전류를 그림 2와 같이 동일 시점에서 발생하도록 동기제어하며, PWM 상 변환시 커먼모드 전류가 서로 상쇄되는 기법을 제안한다.

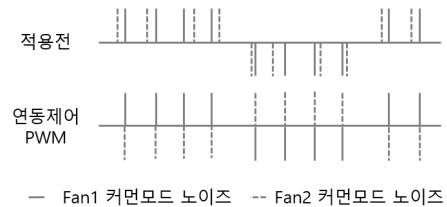


그림 2 제안한 PWM 연동제어 기법

누설전류의 방향은 3상 인버터 PWM 출력 전압의 rising/falling에 따라 결정된다. 인버터 스위치의 bottom 기준으로 스위치가 on일 때 (+)의 누설전류가 발생하며, 스위치가 off가 될 때 (-)의 누설전류가 발생한다. 그림 3과 같이 2개의 인버터에서 커먼모드 전류의 (+)/(-)시점을 일치하도록 서로 다른 PWM on/off 스위칭 상태를 동기하여 발생시키면 커먼모

드 전류가 서로 상쇄되어 커먼모드 노이즈를 획기적으로 줄일 수 있다.

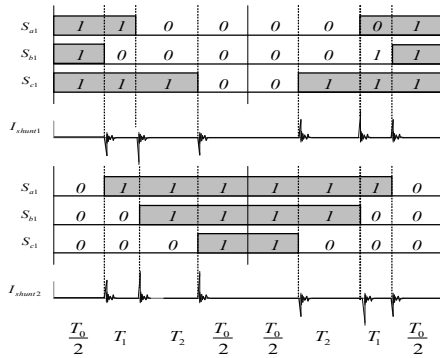


그림 3 연동제어 적용 커먼모드 노이즈

1.2 연동제어 PWM Vector 생성방법

연동제어 PWM vector 생성방법은 기준이 되는 하나의 모터 제어를 위한 출력 vector를 기준으로 시점과 시점을 서로 교환 변경하여 생성할 수 있다. 그림 4와 같이 fan1 기준 vector P_1 이 생성되면, fan2는 V_1 과 V_2 를 이분하는 사선 V_h 를 기준으로 투영한 vector P_2 를 생성하면 된다.

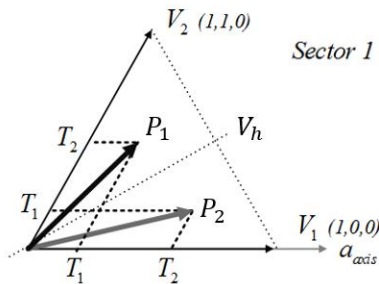


그림 4 연동제어 Vector Diagram

3. 시뮬레이션을 이용한 성능 평가 및 검증

3.1 시험 사양

시뮬레이션 및 시험에 사용한 모터는 200W급 SPM motor로 동일 모터 2개를 사용하며, 모터 사양은 저항 51.7[Ω], 인덕턴스 150[mH]인 450W급 모터이다. Inverter 구동을 위한 IPM은 전류는 5A이며, 직류단 전압은 540V, 스위치 주파수는 16kHz로 시뮬레이션 하였다.

3.2 시뮬레이션 구성 및 시험 결과

EMI CE를 측정하기 위해 전원회로부의 의사전원망(LISN) 등가 회로, 전원선 등가회로, IGBT, motor 등가회로로 구성되었으며, PWM 스위칭을 위한 알고리즘은 MicroSoft Visual Studio를 사용하여 DLL 파일로 구현하였다. 시뮬레이션을 위한 tool은 Ansys사의 Simplorer^[3]를 사용하여 시뮬레이션하고 FFT로 주파수 분석하였다.

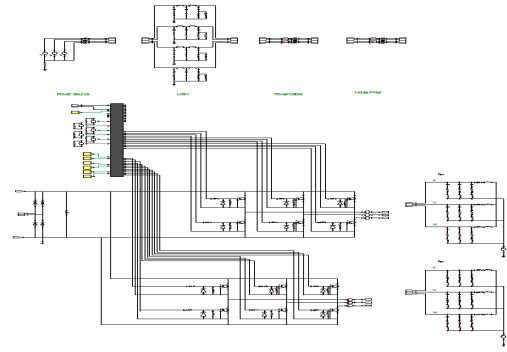


그림 5 EMI CE 시뮬레이션 구성

가전 제품의 EMI CE는 150kHz에서 30MHz가 규격 범위이며, 150kHz~1MHz의 주파수에서 EMI 대책에 어려움이 크다. 따라서 150kHz~1MHz에 집중하여 확인해보면, 제안 로직 적용전 48.1dB에서 적용 후 39.5dB로 저감됨을 확인할 수 있고, 1MHz는 16.9dB에서 5.5dB로 11.1dB 저감됨을 확인하였다.

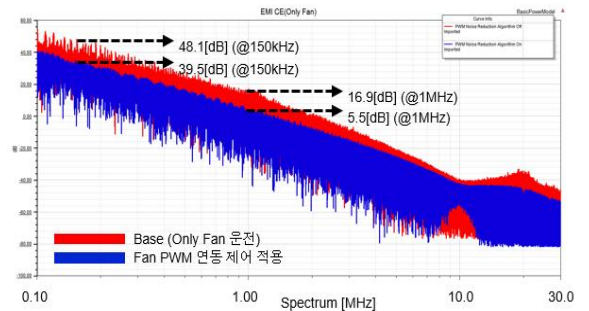


그림 6 연동제어 적용에 따른 EMI CE 시뮬레이션 결과

4. 결론

본 논문에서 제안한 직류단 전원을 공유하는 복수의 인버터로 구성된 시스템에서 EMI 저감을 위한 연동제어 PWM vector 생성방법으로 커먼모드 전류를 저감할 수 있음을 확인하였다. 이를 통해 실제 제품에서도 커먼모드 노이즈가 저감될 수 있는지 검토가 필요하며, 더 나아가 동일 속도가 아닌 경우 벡터제어에 있어서 전압 왜곡 현상을 개선하기 위한 추가적인 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] Nyon Kun Hahm, Lee Hun Kim, Kee Young Jeon, Kwang su Chun, Chung Yuen Won, and Kyung Hee Han, "SVPWM방식에서의 영벡터 제거에 의한 커먼모드 전압 및 전도성 EMI 저감 기법", 전력전자학회논문지, 9(5), pp.507-515, 2004, Oct.
- [2] Mohan M. Renge and Hiralal M. Suryawanshi "Multilevel Inverter to Reduce Common Mode Voltage in AC Motor Drives Using SPWM Technique" JPE, pp. 21-27, revised Nov. 14, 2010
- [3] <https://www.ansys.com/>