

역률 개선 기능을 갖는 2상 유도전동기를 위한 2레그형 인버터

배진한, 윤덕용
공주대학교 대학원 전기전자제어공학과

2-Leg Inverter for 2-Phase Induction Motor with Power Factor Correction

Jin Han Bae, Duck Yong Yoon
Kongju National University

ABSTRACT

본 논문에서는 3상 IPM을 사용하여 2상 유도전동기를 위한 2레그형 인버터를 설계하였다. 3상 IPM은 6개의 스위칭 소자를 내장하고 있어서 이중 4개는 2레그형 인버터로 사용하고, 나머지 2개는 역률제어 회로에 이용할 수 있다. 이렇게 하면 하드웨어의 추가를 최소화하면서 역률제어 기능을 갖는 2레그형 인버터를 구현할 수 있다. 2레그형 인버터에서는 반드시 직류링크에 2개의 커패시터를 직렬로 연결하는데, 입력 전원의 반주기마다 각각의 커패시터에 충전 동작이 수행된다. 이러한 동작으로 인해 2개의 커패시터에 전압 불균형이 발생할 수 있고 커패시터 용량이 서로 다를 경우에는 이 전압 리플이 더욱 커지게 되며, 이것은 전동기에 불평형 전류를 공급하게 되어 전동기의 토크리플을 발생시킨다.

본 논문에서는 직류링크의 전압 불균형 문제가 전동기에 미치는 영향을 분석하고, 이러한 전압 불균형을 보상하여 전동기의 토크리플을 제거하고 동작특성을 개선하는 방법을 제안하며, 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 이를 검증한다.

1. 서론

2상 유도전동기(2PIM ; 2 Phase Induction Motor)를 위한 인버터 토폴로지는 스위칭 소자의 수에 따라 2레그형, 3레그형, 4레그형으로 나누어진다. 이중 2레그형은 스위칭 소자의 수가 적어서 가장 경제적으로 구현할 수 있고, 3상 IPM(Intelligent Power Module)을 사용하는 경우에는 남은 2개의 스위칭 소자를 사용하여 역률제어 회로에 이용할 수 있는 장점이 있다.^[1]

3상 IPM을 사용한 2레그형 인버터에서 남은 2개의 스위칭 소자를 역률제어 회로로 이용하는 경우 직류링크에 2개의 커패시터를 직렬로 연결하는데, 각 커패시터에는 입력전압의 반주기마다 충전과 방전 동작을 교대로 수행한다. 이러한 동작으로 인하여 직류링크 전압에는 리플이 발생하며, 만약 커패시터 용량이 서로 다를 경우에는 전압 불균형이 더욱 커질 수 있다. 이러한 문제는 2상 인버터를 사용하여 전동기에 공급되는 전류의 불평형을 발생시킨다. 본 논문에서는 직류링크 커패시터의 전압 리플이 2상 유도전동기의 동작에 미치는 영향을 분석하고, 전동기의 전류 불평형 및 이로 인한 토크 리플을 해결하기 위한 보상기법을 제안하며, 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제안된 방법의 유효성을 확인한다.

2. 커패시터의 전압 불균형에 의한 영향

2.1 직류링크 커패시터의 전압 불균형

역률제어 기능을 갖는 2레그형 2상 인버터는 그림 1과 같다. 3상 IPM을 사용하여 2레그형 인버터를 구성하면 남은 2개의 스위칭 소자로 역률과 직류링크 전압을 제어할 수 있다.

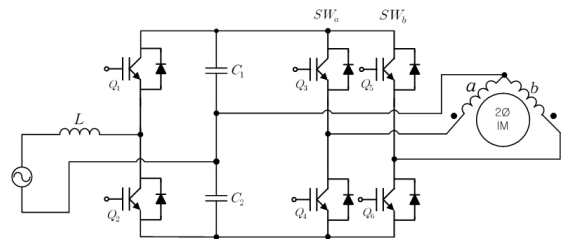


그림 1 역률제어 기능을 갖는 2레그형 2상 인버터
Fig. 1 2-leg type 2-phase inverter with power factor correction

그림 2에는 110[V], 60[Hz]의 전원을 인가하였을 때 직류링크의 각 커패시터 전압인 V_{dc1} , V_{dc2} 와 이것들의 불균형으로 인하여 리플이 발생한 직류링크 전압 V_{dc} 의 파형을 보였다.

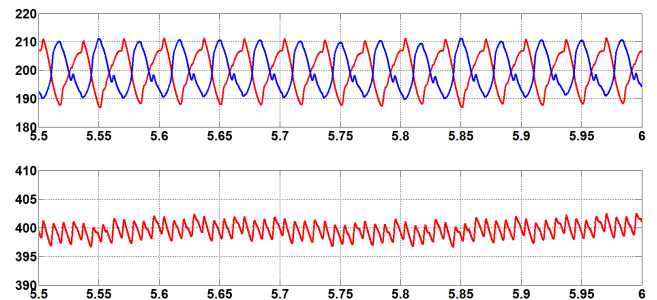


그림 2 V_{dc1} , V_{dc2} 및 V_{dc} 의 파형
Fig. 2 Waveforms of V_{dc1} , V_{dc2} and V_{dc}

2.2 전압 불균형이 2상 유도전동기에 미치는 영향

그림 3은 2개의 커패시터에 전압 불균형이 있을 경우 2상 유도전동기를 30[Hz]의 주파수로 운전하였을 때의 정상상태 시뮬레이션 결과 파형이다. 이 시뮬레이션 결과로부터 2상 유도전동기에는 불평형 전류가 공급되고, 이로 인하여 토크 리플 및 속도 리플이 발생하는 것을 알 수 있다.

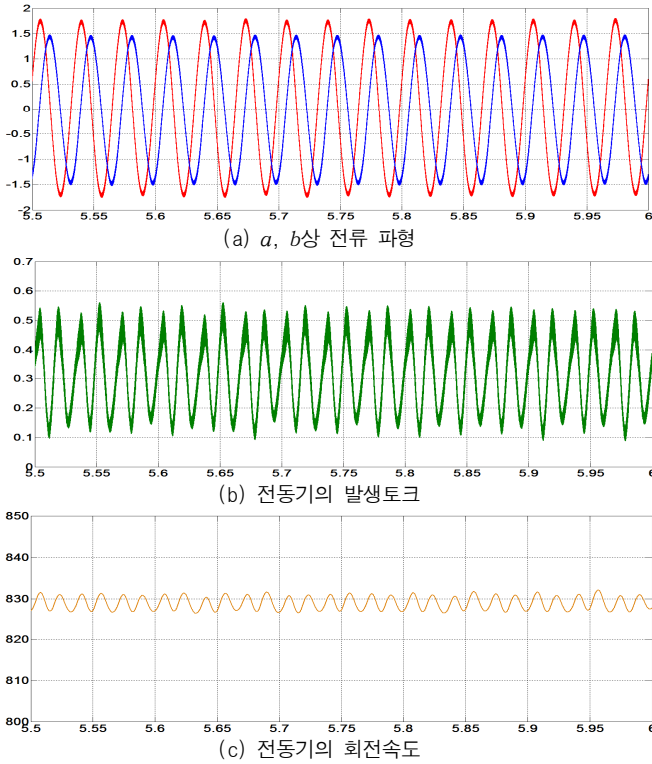


그림 3 전압 불균형이 발생한 경우 전동기 시뮬레이션 결과
Fig. 3 Simulation results of motor operation by DC-link voltage unbalance

3. 직류링크 전압 불균형의 보상

2상 유도전동기를 구동하기 위한 2레그형 2상 벡터제어 인버터에서 SVPWM(Space Vector PWM) 기법은 영벡터를 발생시킬 수 없기 때문에 구현이 까다롭고 알고리즘이 복잡하며, SPWM(Sinusoidal PWM) 기법과 최대 출력영역이 동일하다. 따라서, 2레그형 인버터에서는 SVPWM 방식보다 구현이 용이한 SPWM을 사용하는 것이 더 유리할 수 있다.

2레그형 인버터에서 a , b 상의 기준 전압을 발생하기 위하여 각 레그를 스위칭하는 시간은 식 (1)과 같이 계산할 수 있다.^[2]

$$\begin{aligned} T_a &= \frac{T_s}{2} + \frac{V_{as}^*}{V_{dc}} T_s \\ T_b &= \frac{T_s}{2} + \frac{V_{bs}^*}{V_{dc}} T_s \end{aligned} \quad (1)$$

그러나, 전압 불균형이 존재할 경우에 위와 같은 방법으로 스위칭 시간을 계산하면 전동기에는 불평형 전류가 흐르고 토크 리플 및 속도 리플이 발생한다. 따라서, 본 논문에서는 이와 같은 전류 불평형 문제를 해결하기 위해 식 (2)와 같이 두 전압치의 평균치를 보상하여 전동기의 입력전류가 항상 평형상태로 유지될 수 있도록 제어하는 알고리즘을 적용하였다.^[3]

$$\begin{aligned} T_a &= \frac{T_s}{2} + \frac{(V_{as}^* - V_{comp})}{V_{dc}} T_s \\ T_b &= \frac{T_s}{2} + \frac{(V_{bs}^* - V_{comp})}{V_{dc}} T_s \end{aligned} \quad (2)$$

단, 여기서 보상 전압은 $V_{comp} = (V_{dc1} - V_{dc2})/2$ 이다.

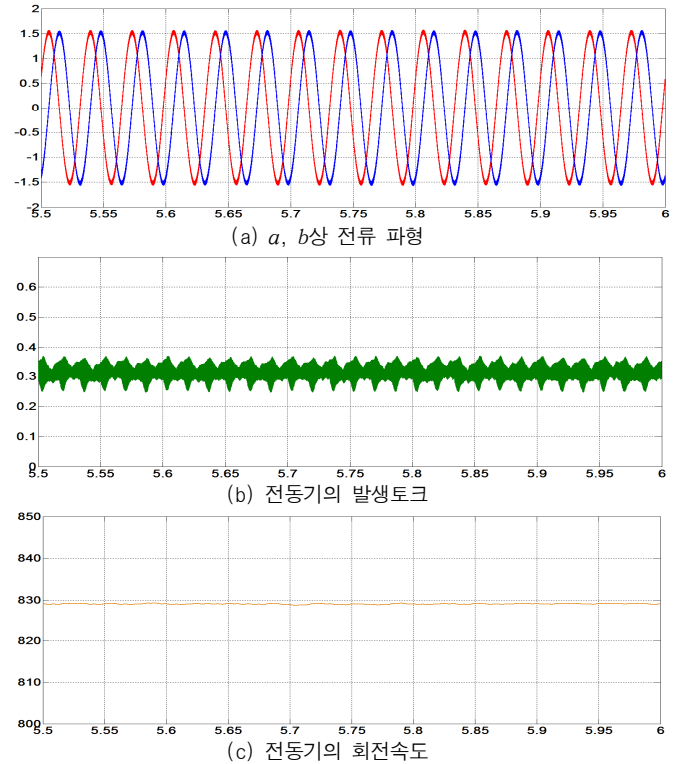


그림 4 보상기법을 적용한 경우의 전동기 시뮬레이션 결과
Fig. 4 Simulation results of motor operation in case of using proposed compensation method

그림 4는 직류 링크 커패시터에 전압 불균형이 있을 경우에 이를 보상하는 알고리즘을 적용하여 운전한 2상 유도전동기의 상전류, 토크 및 회전속도 시뮬레이션 파형이다. 정상상태에서 상전류가 평형상태를 유지하며, 토크 리플 및 속도 리플이 거의 제거되었음을 확인할 수 있다.

4. 결론

2레그형 인버터에서는 직류 링크에 사용한 각 커패시터의 전압 불균형으로 인하여 직류전압 리플이 발생한다. 이러한 전압 불균형은 전동기의 각 상의 전류 불평형, 토크 리플, 속도 리플을 발생시킨다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 인버터에 직류전압 불균형 보상기법을 적용하였고, 그 결과 전동기에 공급되는 상전류의 불평형과 토크 리플, 속도 리플이 거의 제거되는 것을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] M. B. R. Correa, C. B. Jacobina, E. R. C. da Silva, and A. M. N. Lima, "Vector control strategies for single phase induction motor drive systems," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 51, no. 5, pp. 1073~1080, Oct. 2004.
- [2] Do Hyun Jang, "PWM methods for two phase inverters", IEEE Ind. Appl. Mag., vol. 13, no. 2, pp. 50~61, Mar. 2007.
- [3] 김영신, 이동춘, 석줄기, "2 레그 3상 PWM 인버터의 출력 전압에서 직류링크 리플전압의 영향 보상", 대한전기학회 논문지, 제55권, 제1호, pp. 47~53, 2006.