

양방향 전력전달이 가능한 전압형 QZSI를 이용한 유도 전동기 제어

한상협*, 김흥근*, 구분관*, 차헌녕*, 전태원**, 노의철***
 경북대학교* 울산대학교** 부경대학교***

Induction Motor Control using Bi-directional QZSI

Sang Hyup Han*, Heung Geun Kim*, Bon Guan Gu*, Honnyong Cha*, Tae Won Chun**,
 Eui Cheol Nho***
 Kyungpook National Univ.*, Ulsan Univ.**, Pukyong National Univ.***

ABSTRACT

양방향 QZSI(Quasi Z Source Inverter)를 이용한 유도전동기 제어 시스템은 암단락 상태를 제어에 이용할 수 있어서 추가 컨버터 없이도 단일 구조로 가변 배터리 전압을 일정하게 승압할 수 있다.^[1] 암단락을 이용한 승압은 직류단 전압제어가 보장되어야 하며 전압 제어기 성능이 인버터 출력 전류 제어에 상당한 영향을 미친다.^[2] 전압제어는 임피던스 네트워크의 커패시터 전압을 일정하게 제어하거나 직류단 전압을 직접적으로 또는 간접적으로 일정하도록 제어하여 구현할 수 있다. 본 논문에서 양방향 전력 전달이 가능한 QZSI를 통해 유도 전동기를 제어하며 시뮬레이션을 통해 이를 검증한다.

1. 서 론

최근 화석 연료의 고갈과 환경 정책에 의해 전기 자동차에 대한 관심이 높아지고 있다. 하지만 전기 자동차의 핵심 부품인 배터리에는 아직도 여러 가지 문제가 존재하고 있으며 주행 과정에서 배터리의 에너지 소모량을 최대한 줄이는 것이 중요한 문제로 되고 있는데 회생 제동이 그 한가지 해결책이 될 수 있다. 전기 차량은 기존의 차량과 달리 주행 중에 전기 모터를 발전기로 작동하도록 제어할 수 있어 감속 과정이나 내리막 주행시 차량의 운동에너지나 위치에너지를 전기에너지로 변환시켜 배터리에 저장할 수 있다. 이는 전기 자동차의 큰 장점이라고 할 수 있는데 주행 중에 얼마만큼의 에너지를 회수하는가에 따라 배터리 SOC의 최종값도 다르게 된다.

그림 1은 양방향 QZSI를 이용한 유도 전동기 제어 시스템이다. 일반적으로 사용되는 부스트 컨버터 대신 임피던스 네트워크를 사용하여 단일 구성으로 시스템에 필요한 승압과 출력 전류 제어 등을 수행한다.^[2] QZSI시스템에서 암단락은 배터리의 낮은 전압을 모터 제어가 가능하도록 승압하는 목적으로 사용된다. 임피던스네트워크 내의 커패시터 전압을 이용할 수도 있고 직접적으로 또는 간접적으로 직류단 전압을 제어할 수도 있다. 커패시터 전압을 이용하는 경우엔 암단락에 따라 직류단 전압이 변하고 필요이상의 전압으로 승압되는 단점이 있고 직류단 전압을 직접 이용하는 방법역시 안정성을 보장하지 못하거나 응답 특성이 떨어지는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 양방향 전력 전달이 가능한 전압형 QZSI를 통해 유도 전동기를 제어하며 검증을 위해 시뮬레이션을 수행하였다.

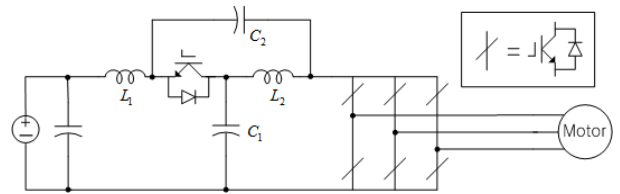


그림 1 양방향 QZSI를 이용한 유도 전동기 제어 시스템

2. 양방향 QZSI의 동작 원리

2.1 암단락비와 직류단 전압 관계

암단락에 의해 증가되는 전압은 전류 제어를 통해 일정하게 유지하고 동시에 입력단 전압으로 감소시킬 수 있다.

식 (1)은 최대 교류 출력에 따른 암단락 듀티를 계산하는 식이다. 이 식으로 듀티를 계산하여 원하는 출력 전압을 내기 위한 커패시터 전압을 알 수 있다.

$$V_{ac, rms} = V_{in} \frac{1}{1-2D} \times \frac{1-D}{\sqrt{2}} \quad (1)$$

$$V_{c1} = V_{in} \frac{1-D}{1-2D} \quad (2)$$

$$V_{c2} = V_{in} \frac{D}{1-2D} \quad (3)$$

$$\hat{v}_{pm} = V_{c1} + V_{c2} \quad (4)$$

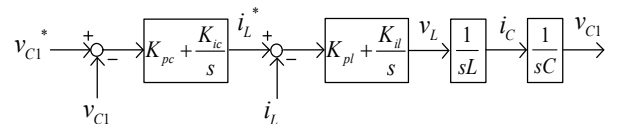


그림 2 Quasi Z-Source 네트워크단의 제어 블록다이어그램

양방향 전력 제어시 네트워크 단의 PN 전압을 일정하게 제어하기 위해서는 커패시터 전압 제어가 필요하다. 하지만 기존의 전압 제어 방법은 네트워크 단의 인덕터 성분으로 인해 공진 현상이 발생하는 문제가 있는데 이를 해결하기 위하여 그림 2와 같이 직렬로 인덕터 전류 제어기를 추가 하였다.

2.2 동작 원리

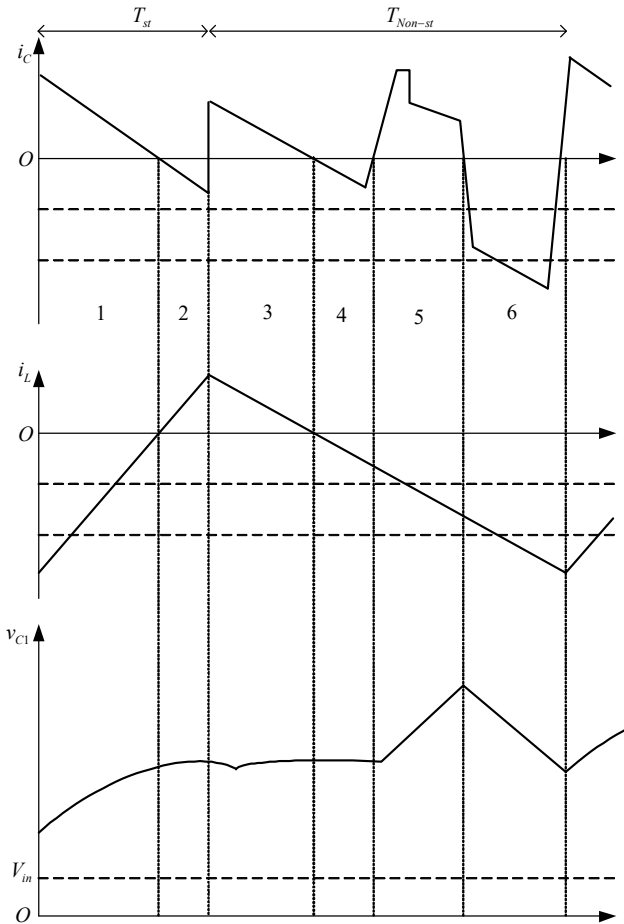


그림 4 동작모드 별 인덕터 전류와 커패시터 전압과 전류

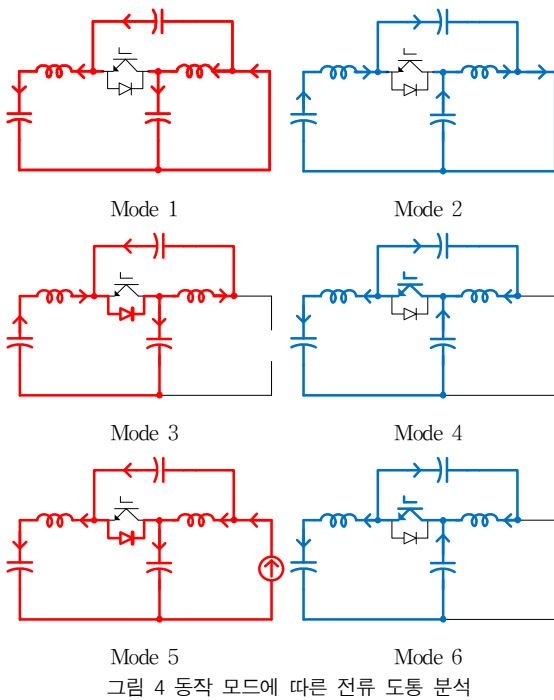


그림 4 동작 모드에 따른 전류 동통 분석

동작 모드 별로 분석을 통하여 전력에 회생되는지 확인할 수

있다. 그림 3과 4는 양방향 QZSI가 커패시터 전류와 인덕터 전류의 흐름에 따라 전력이 회생되는 과정을 보여주고 있다.

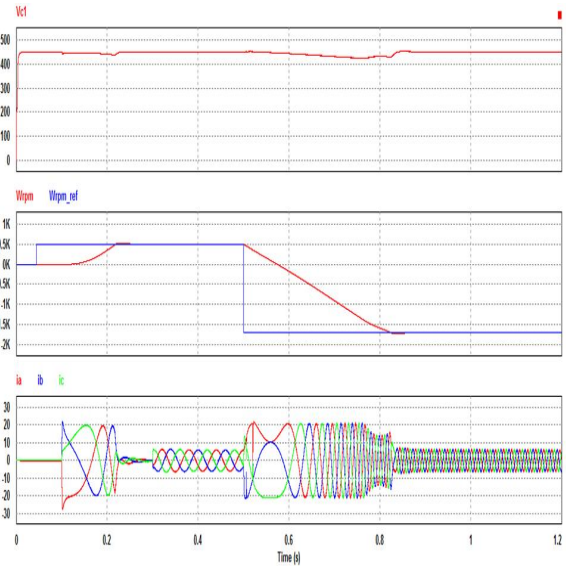


그림 5 속도 지령에 따른 출력 전류와 커패시터 전압

그림 5는 Psim 시뮬레이션을 통하여 전력이 회생되는지 확인한 과정이다. 회생되는지 확인하기 위하여 속도 지령을 극단적으로 1000 rpm에서 1500 rpm으로 지령의 변화를 주었다. 인덕터 전류가 스위치로 흐르고, 커패시터 전압과 출력 전류가 제어되는 것을 통해 회생모드에서 제어가 안정적으로 이루어지고 있음을 확인할 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 양방향 전력 전달이 가능한 QZSI를 이용하여 유도전동기 제어하였다. 기존의 모터 제어 시스템과는 달리 별도의 승압 회로 없이 단일 구조로 승압이 되는 장점이 있으며 양방향 전력 전달 또한 가능하다. 또한 공진 현상에 취약할 수 있는 기존의 방법과는 달리 네트워크 단의 인덕터 전류를 제어함으로써 강인한 전류 제어가 가능하다. 이 컨버터는 계통 연계형 발전 시스템과 전기 자동차 시스템에 적용될 수 있다.

본 연구는 2012년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20111020400260)

참고 문헌

- [1] Fang Zheng Peng, "Z source inverter", IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. 39, No. 2, pp.504-510, 2003
- [2] Jong-Hyoung Park, Heung-Geun Kim, Eui-Cheol Nho, and Tae-Won Chun, "Power Conditioning System for a Grid Connected PV Power Generation Using a Quasi-Z-source Inverter", Journal of Power Electronics, Vol. 10, No. 1, pp.1-8, 2010