

전기자동차 구동용 모터의 실 구동 효율 향상을 위한

싸이리스터 소자 기반 모터 권선 절환 회로 연구

신 양 진¹⁾ · 조 수 연¹⁾ · 정 호 창¹⁾ · 조 재 익¹⁾ · 유 태 현¹⁾ · 신 외 경¹⁾
· 박 성 열²⁾ · 최 세 원²⁾

자동차부품연구원¹⁾ · 서울과학기술대학교²⁾

Study on winding changeover circuit of electrical power train system for improving driving efficiency using Thyristor

Yangjin Shin¹⁾ · Suyeon Cho¹⁾ · Hochang Jung¹⁾ · Jaeick Cho¹⁾ · Teahyun Yu¹⁾ · Waegyeong Shin¹⁾

· Sungyoul Park²⁾ · Sewan Choi²⁾

Korea Automotive Technology Institute¹⁾, Seoul National University of Science and Technology²⁾

Key words : AC Motor(AC 전동기), Electric Vehicle(전기자동차), Thyristor(싸이리스터), Winding changeover circuit(권선 절환 회로)

* Corresponding Author, E-mail: yjshin@katech.re.kr

친환경 전기자동차의 시장 확대와 함께 전기자동차의 연비향상을 위한 기술 개발 경쟁이 가속화되고 있다. 그러나 전기자동차의 모터 구동 시스템의 경우 모터의 고효율 운전영역과 실제 최빈 동작점이 상이하다는 문제점이 있다. 따라서 전기자동차의 운전 속도에 따라 모터 권선의 구조 변경을 통해 전자기적 특성을 바꿔 넓은 속도영역에서 고효율 운전점의 확대가 필요하다.

기존에 기계적 스위치로 구성된 모터 권선 절환 회로의 경우 수명이 제한적이고 모터 권선 절환 시간이 길고 절환 구간동안 모터 전류 및 토크의 단절이 발생한다는 문제가 있다. 현재 상용화되고 있는 야스가와 전기사의 모터 구동시스템은 이러한 기계적 스위치의 문제점을 해결하기 위해 전기적 스위치만을 적용하여 그림 1과 같이 중성점 절환식 회로를 개발하였다. 적은 수의 IGBT 스위치와 다이오드 정류기만을 사용하여 기계적 스위치의 제한된 수명 문제를 해결하였으며 권선 절환 구

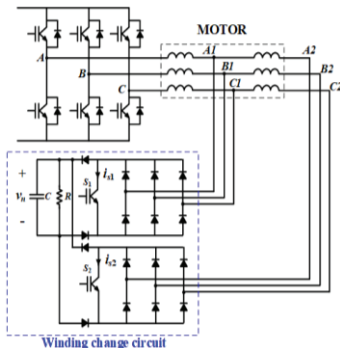


Fig 2. Yaskawa's winding changeover circuit

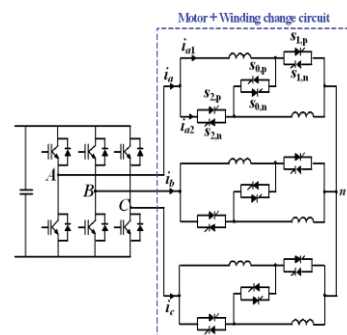


Fig 1. Proposed winding changeover circuit

간 동안 모터 전류 및 토크 단절과 같은 과도상태 없이 절환시간을 단축하였다. 그러나 다이오드정류기에서 3상 정류된 전류가 IGBT 단일 스위치에 모두 흐르면서 도통손실이 크게 발생하여 전체 시스템의 효율을 저하시키고 그에 따라 요구되는 냉각 시스템의 부피가 커진다는 단점이 있다.

본 논문에서는 전기자동차 구동용 모터의 실 구동 효율 향상을 위한 권선 절환 회로를 제안한다. 제안하는 권선 절환 회로는 그림 3과 같이 저속운전 시에서는 모터 권선을 직렬로 연결하고 고속운전 시에는 모터 권선을 병렬로 연결하여 모터의 넓은 속도 영역에서 고효율을 성취할 수 있다. 또한 권선 절환 시에 Thyristor를 이용하여 과도상태 없는 절환이 가능하고 절환 회로의 전체 도통손실이 작아 냉각 시스템을 작게 사용할 수 있다는 장점이 있다. 제안하는 회로는 그림 4와 같이 전류 위상에 따라 양주기 구간에서는 S_p 스위치, 음주기 구간에서는 S_n 스위치를 켜주게 된다. 권선 절환 시에는 절환 신호가 입력되었을 때, 다음 zero crossing 지점에서 절환하도록 스위칭 동작한다. Thyristor 소자 특성상 흐르는 전류가 Holding current 이하가 되면 스스로 OFF 되기 때문에 과도상태가 발생하지 않고 끊김없는 절환이 가능하다.

제안하는 변속회로는 Thyristor를 이용한 직병렬 변경식 권선 절환 회로로서 주행모드에 따라 모터 권선의 특성을 변경시켜 넓은 운전영역에서 고효율 운전이 가능하고 낮은 손실로 구동시스템의 경량화를 기대할 수 있다. 제안하는 회로의 타당성을 검증하기 위해 1kW급 AC 전동기와 연계하여 동작을 검증하였다.

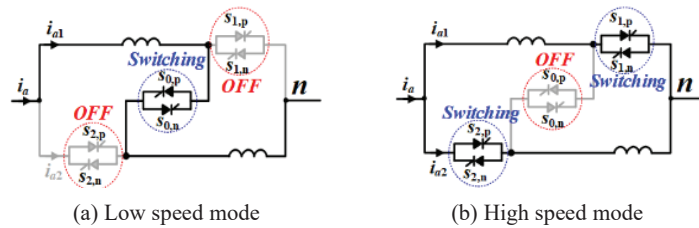


Fig 3. Speed mode of proposed circuit

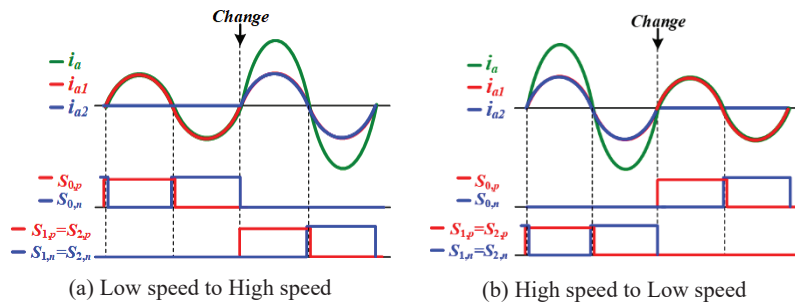


Fig 4. Changeover operation of proposed circuit