

2레벨 저항 가변 능동 게이트 구동회로의 스위칭 손실 및 오버슈트 저감을 위한 가변 타이밍 도출 기법

김진경 · 조영훈

건국대학교 전기공학과

Variable Timing Control Approach for Switching Loss and Overshoot Reduction in Two-Level Variable-Resistance Active Gate Drivers

Jinkyung Kim · Younghoon Cho

Konkuk University

Key words: Electric Vehicle(전기자동차), Active Gate Driver(능동 게이트 구동회로), Variable Gate Resistance(가변 게이트 저항), Switching Loss(스위칭 손실), Voltage Overshoot(전압 오버슈트), Optimal Timing Control(최적 타이밍 제어)

교신저자, E-mail: yhcho98@konkuk.ac.kr

전기자동차 및 전력 변환 시스템의 고효율화가 높아짐에 따라, 전력 반도체의 스위칭 손실과 서지 전압을 동시에 저감할 수 있는 능동 게이트 구동회로(Active Gate Driver, AGD)의 연구가 활발히 이루어지고 있다. AGD는 게이트 저항이나 전류를 능동적으로 조절하여 스위칭 과정에서 발생하는 전압·전류 파형을 제어하는 방식으로, 기존 전압형 게이트 구동회로 대비 dv/dt 및 di/dt 를 능동적으로 조절 가능하다. 저항 가변형 능동 게이트 구동회로는 스위치 과도 구간에서 게이트 저항 값을 동적으로 변경하는 방식으로 동작한다. 과도 상태 초반에는 작은 게이트 저항을 적용하여 턴온 및 턴오프 속도를 높이고, 이후 큰 게이트 저항으로 전환함으로써 과전압 및 과전류를 효과적으로 억제할 수 있다. 저항 가변형 능동 게이트 구동회로에서 최적의 저항 전환 타이밍은 단순히 일정 값으로 정의될 수 없으며, 부하 조건, 게이트 저항의 크기, 기생 인덕턴스 및 기생 커패시턴스의 영향에 따라 비선형적으로 변화한다.

본 논문에서는 2레벨 저항 가변형 능동 게이트 구동회로를 적용하여 부하 전류 조건에 따른 스위칭 특성을 분석하고, 이를 기존 전압형 게이트 구동회로와 비교한다. 제안된 방식은 스위칭 과정에서 게이트 저항을 동적으로 조절함으로써 턴온 및 턴오프 과정에서 발생하는 손실과 V_{ds} 오버슈트를 효과적으로 저감한다. 더블 펄스 시험(Double Pulse Test, DPT)을 통해 부하 전류를 50 A에서 500 A 50 A 간격으로 변화시키며 스위칭 손실과 V_{ds_peak} 를 측정한다. 측정된 결과를 기반으로 제안된 AGD의 성능을 분석한 결과, 동일 조건의 전압형 구동회로 대비 최대 31.45 % 이상의 손실 저감 효과를 나타내며, V_{ds_peak} 역시 최대 640 V 이내로 제한됨을 확인한다.

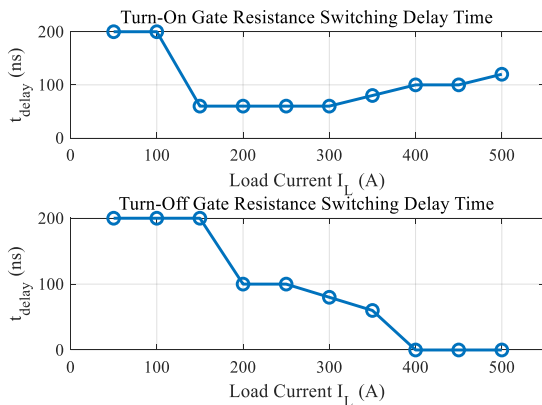


Photo. 1 Variable Gate Timing Based on Load Current

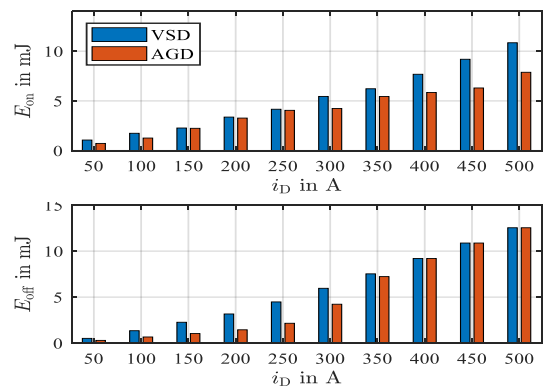


Photo. 2 Comparison of optimized switching energy between AGD and VSD.

이 연구는 2025년도 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(RS-2025-02633301) This work was supported by the Technology Innovation Program(RS-2025-02633301) funded By the Ministry of Trade Industry & Energy(MOTIE, Korea).