

전기자동차 전력 효율 개선을 위한 48V 전력 아키텍처 시스템 통합 모델 및 시험 데이터 기반 검증

유 현 석¹⁾·정 준 혁¹⁾·김 민 규¹⁾·이 인 찬¹⁾·최 재 영²⁾·최 태 일²⁾·김 남 옥^{*1)}

한양대학교 기계공학과 – BK21 4단계 ERICA-ACE 센터¹⁾

한국자동차연구원²⁾

Development of a 48V Power Architecture System Integration Model for Improving Electric Vehicle Power Efficiency and its Test-Data-Based Validation

Hyunseok Yu¹⁾ · Junhyeok Jeong¹⁾ · Mingyu Kim¹⁾ · Inchan Lee¹⁾ · Jaeyoung Choi²⁾ · Taeil Choi²⁾ · Namwook Kim^{*1)}

Department of Mechanical Engineering and BK21 FOUR ERICA-ACE Center, Hanyang University¹⁾

Korea Automotive Technology Institute²⁾

Key words : Electric Vehicle(전기자동차), SILS(Software-in-the-Loop Simulation), 48V Power Architecture(48V 전력 아키텍처), Model-Based Systems Engineering(모델 기반 시스템 엔지니어링), Data-based Validation(데이터 기반 검증), Energy Efficiency Analysis(에너지 효율 분석)

* 교신저자, E-mail: nwkim@hanyang.ac.kr

** 이 연구는 2025년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT)연구비 지원에 의한 연구임(RS-2024-00406008).

자율주행 기술의 고도화와 소프트웨어 중심 자동차(Software Defined Vehicle, SDV)로의 패러다임 전환은 차량 내 전장 시스템의 근본적인 변화를 요구하고 있다. 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS), 고성능 컴퓨팅 유닛, 다수의 센서 및 액추에이터 탑재가 보편화되면서 차량의 전력 소모량이 급증하고 있다. 기존 12V 저전압 보조전원 시스템이 고부하 전력을 감당하기에 한계에 도달했다. 이러한 배경에서 미래 모빌리티의 요구사항을 충족시키기 위한 핵심 기술로 48V 전력 아키텍처가 부상하고 있으며, 테슬라 사이버트럭과 같이 실제 양산된 사례로 기술적 타당성과 중요성이 입증되고 있다.

기존의 차량 파워트레인 시뮬레이션 모델은 구동계 중심의 해석에 집중하여 보조전원 시스템의 영향을 간소화하거나 배제하는 경향으로 인해 차량 전체의 에너지 효율을 정확하게 예측하고 최적화하는데 한계로 작용하고 있다. 따라서, 고부하 전장 부품의 증가로 인해 전력 손실($P_{loss} = I^2R$)이 가중되는 상황에서 보조전원 시스템의 영향까지 고려한 분석이 필수적이며, 이를 통해 차량 전체의 에너지 효율을 보다 정밀하게 평가하고 최적화할 수 있는 기반을 마련할 필요가 있다.

본 연구의 목표는 기존 12V와 48V 전력 아키텍처 모델을 개발하고, 실제 시험 데이터와 시뮬레이션 결과에 대한 NCCP(Normalized Cross-Correlation Power) 분석을 통해 정합성을 검증한 후 전력 시스템의 에너지 효율을 비교 분석하는 것이다. 이를 통해 미래 전기차의 효율적인 전력 시스템 설계를 위한 기반 기술을 마련하고자 한다.

본 연구에서 개발된 통합 모델은 향후 소프트웨어 중심 자동차(SDV)로 전환되는 과정에서 요구되는 복잡한 전력 시스템의 선행 개발 단계에서 유용하게 활용될 것으로 예상된다. 또한, 전력 시스템의 에너지 효율 분석 결과는 48V 시스템 도입에 따른 실질적인 에너지 효율 개선 효과를 예측하고, 최적의 전력 아키텍처를 설계하는 데 기여할 것으로 기대된다.