Technical Article

차세대 전기 프로펄션 시스템 개발

John Martin, EMPEL Systems 설립자 겸 이사

전자 프로펄션 시스템을 구현할 때 설계 요구 사항과 목표가 크게 다른 차량을 설계할 때 한 가지 접근 방식은 확장할 수 있는 모듈식 모터 시스템을 만드는 것입니다.

이러한 모터 시스템은 높은 전력 밀도를 가지고 있고, 매우 작으며, 높은 성능을 제공해야 합니다. EMPEL Systems는 트랙션 인버터를 모터와 최대한 통합하고 모든 부품을 가능한 한 작게 만드는 것을 목표로 합니다. 광범위한 모터 직경부터 인버터의 위상 전류 요구 사항 및 위상 수에 이르기까지, 차량 제조업체에서 유연성을 발휘할 수 있도록 그림 1에 나와 있는 것처럼 모듈형 모터 시스템을 설계하여 시장 출시 시간을 단축할 수 있습니다.

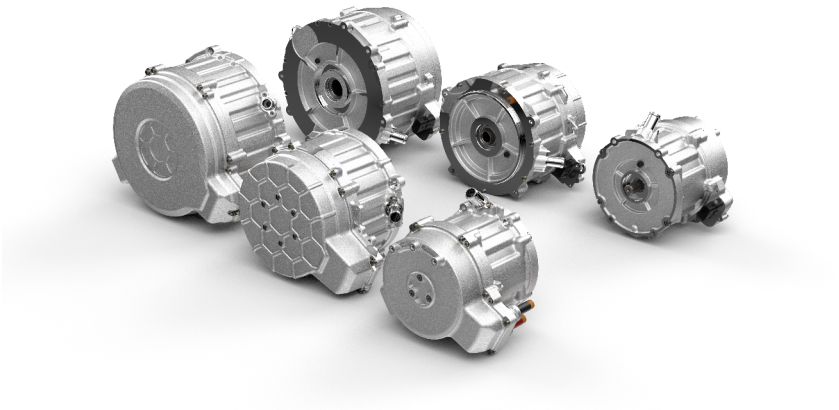

그림 1. 모듈식 차량용 xEV 프로펄션 시스템

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

진화하는 반도체 기술

차세대 트랙션 인버터는 모터 토크 및 전기적 특성에 대한 더 높은 제어를 통해 더 높은 성능을 구현하거나, 부분적으로 더 깊은 수준의 시스템 모니터링 및 진단을 지원하기 위해 더 많은 제어, 더 높은 성능, 더 정교한 감지 기능이 필요합니다. 뛰어난 성능을 넘어, 그림 1에 표시된 것과 같은 인버터는 중요한 서브시스템이 문제에 직면할 경우에도 토크를 제공할 수 있어야 합니다.

그림 2. EM250x75 500kW eModule 및 통합 EMPEL Lightning 인버터

이러한 목표를 달성하려면 게이트 드라이버, 전원 공급 장치 및 MCU(마이크로컨트롤러)를 포함한 전력 전기 시스템이 필요합니다. 이 시스템은 차량에 필요한 위상 및 킬로와트 수에 따라 확장할 수 있으며 기능 안전에 대한 인텔리전스와 탄력성을 제공해야 합니다. 반도체 기술은 인버터 내의 전원 공급 장치를 단일 모터 위상 요구 사항으로 수정할 수 있도록 진화해 왔습니다. 이제 이러한 기술을 사용하여 절연 게이트 양극 트랜지스터, SiC(실리콘 카바이드) 또는 두 개 이상의 반도체 기술을 탑재하든 시스템의 위상 수와 등급을 변경할 수 있습니다.

반도체를 통한 제어 및 정밀도 달성

차세대 모터도 더 빠르게 실행해야 합니다. 더 크고 더 높은 토오크 기계로 더 높은 전력을 달성할 수 있지만, 이러한 기계를 구현하려면 환경에 상당한 영향을 미치는 구리, 전기 강철, 알루미늄 및 파워 전자 장치가 필요합니다. 또한 더 큰 모터는 차량을 무겁게 만들고 더 많은 공간을 필요로 합니다.

고속, 고성능 전기 기계는 더 높은 rpms(따라서 일반적으로 더 높은 전기 주파수)에서 성능을 제공하고, 기존의 모터보다 빠르게 모터의 고정자 코일에서 에너지를 "펌핑" 하여 파워와 소형화를 달성합니다. 하지만 다시 한 번 말하지만 이러한 모터를 구동하는 반도체에 대한 요구 사항이 까다로운 경우가 있습니다. 바로 MCU, 전원 공급 장치 및 게이트 드라이버입니다.

차세대 시스템의 MCU는 25,000rpm 이상의 지원으로 40kHz에서 제어 스위칭과 여러 3상 기계가 필요하며, 동시에 처리 용량 모니터링 시스템 상태 진단, 성능 향상 알고리즘 및 센서 최적화의 상당한 부분을 소비합니다. TI의 AM263P4 Arm® Cortex® -R MCU는 20Hz에서 4µs 미만 내에서 실행되는 인버터 제어 루프를 완료할 수 있습니다. 통합 리졸버-디지털 컨버터는 0.05도 내의 높은 각도 정확도를 지원하여 트랙션 인버터 역기전력을 줄여 시스템 효율성을 개선하고, 삼각 수학 가속기는 컴퓨팅 성능을 최대 5배 높입니다.

바이어스 공급 장치는 모터 내 SiC 전원 모듈의 전도 전력 손실을 최소화하여 높은 효율을 달성하는 데 도움이 됩니다. TI의 UCC14141-Q1 절연 DC/DC 전원 모듈은 컨트롤러, 전력계, 변압기, 정류기 및 피드백 모니터링 로직을 통합하여 EMPEL 솔루션이 보여주는 작은 모듈식 접근 방식을 지원합니다. UCC14141-Q1 모듈은 SiC 전계 효과 트랜지스터(FET)의 양극 및 음극 게이트 드라이브 전압을 모두 조정할 수 있는 반면, 1%의 전압 정확도는 SiC FET 전도 전력 손실을 낮게 유지하면서 배터리 작동 시간을 연장하여 주행 범위를 늘리는 데 도움이 됩니다. UCC14141-Q1의 작고, 저중량 및 낮은 무게 중심은 차량 수명 기간 동안 기계적 응력을 줄이고, 기존의 개별 변압기를 사용하는 솔루션에 비해 진동 내성을 개선합니다.

English Document: SSZTD37
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

게이트 드라이버는 지능형, 모든 펄스 폭 변조 사이클에서 게이트 드라이브 강도 제어, 직렬 주변 기기 인터페이스를 통한 구성 가능, SiC 기술을 활용할 수 있는 높은 스위칭 속도, 빠른 과전류 보호 기능을 결합해야 합니다. 그리고 차량용 안전 무결성 레벨 D까지 시스템 수준의 안전을 보장하기 위한 다양한 고장 관리 기능 UCC5880-Q1 기능 안전 준수 절연 게이트 드라이버는 이러한 설계 과제를 해결하고 시스템 검증을 위한 빠른 프로토타이핑을 지원하는 설계 지원 툴과 함께 제공됩니다. 그림 1에서는 전원 모듈의 UCC14141-Q1 바이어스 모듈 및 UCC5880-Q1 게이트 드라이버를 보여줍니다.

그림 3. 전원 모듈에 장착된 UCC5880-Q1과 UCC14141-Q1을 모두 지원하는 게이트 드라이버 인쇄 회로 보드

Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

혹독한 환경을 견딜 수 있는 기능

일부 테스트 환경에서 시스템은 순환 진동 및 국소 온도가 300°F 이상에서는 30G~50G를 경험할 수 있습니다 플러그인 하이브리드 EV에서 고전력 엔진이 진동과 열원을 추가할 수 있습니다. 이러한 시스템은 IP(Ingress Protection) 67 표준을 충족하고 완전히 밀봉되어야 하지만 6,000m의 고도에서 내부 압력 변동을 견뎌야 합니다. 진동 방지 마운트가 있는 상자 내부의 모터에 전자 장치를 포장하려면 상당한 공간이 필요하며 전자 장치와 모터 간의 상호 작용과 통합에 따른 복잡성과 비용이 증가합니다.

긴밀하게 통합된 트랙션 인버터 시스템을 제공하기 위해 목표는 가능한 한 낮은 질량으로 인버터를 작게 만드는 것입니다. 인버터의 컴팩트하고 견고한 특성은 기존 변압기에 비해 진동과 환경적 약점을 제거하는 데 도움이 됩니다. 그러나 이는 에너지 손실이 훨씬 더 작은 열질량에서 작용한다는 것을 의미합니다. 전자 장치 및 주변 부품은 이러한 공간에서 더 뜨거워질 수 있으며, 고전압 연면 및 간극에 대한 요구 사항을 충족해야 합니다. 시스템 설계자는 이러한 조건을 견딜 수 있는 가장 안정적인 시스템을 만들고 부품 수와 어셈블리 복잡성을 최소화해야 합니다. 이는 이전의 연소 엔진만큼이나 흥미로운 추진 시스템 문제이며, 그만큼 보람도 큽니다.

결론

차량 제조업체는 항상 운전자에게 더 많은 공간을 제공하는 매력적인 경쟁 제품을 제공하기 위한 주요 목표에 집중할 것입니다. 오늘 판매 중인 최신 전기 자동차를 보면, 일반적으로 모든 전자 장치가 들어 있는 대형 알루미늄 박스가 있고 일반적으로 그 크기는 보통 자동차에 실을 수 있는 상당한 짐짝 크기입니다. 기본적으로 자동차는 사람들에게 물리적으로 이동하는 개인 공간을 제공하기 때문에 운전자와 승객에게 더 많은 공간을 제공하는 동시에 앞서 언급한 다른 모든 성능 및 개선 목표를 달성하는 것이 중요합니다.

매우 작고 안정적인 파워 일렉트로닉스와 기능 향상 등의 기술적 혁신을 통해 설계자가 전자 프로펄션 시스템을 간소화하고 차량 공간과 비용을 절약할 수 있도록 하는 데 아주 중요합니다. 자동차 산업에서 밝은 미래가 있으며 차세대 지능형 트랙션 프로펄션 시스템에서 기대되는 추가적인 발전을 이루었습니다.

추가 리소스

- EMPEL 시스템 솔루션에 대해 자세히 알아보기
- TI의 부품이 어떻게 고성능 트랙션 인버터를 제작할 수 있는지 알아보세요.

상표

모든 상표는 해당 소유권자의 자산입니다.

English Document: SSZTD37
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

중요 알림 및 고지 사항

TI는 기술 및 신뢰성 데이터(데이터시트 포함), 디자인 리소스(레퍼런스 디자인 포함), 애플리케이션 또는 기타 디자인 조언, 웹 도구, 안전 정보 및 기타 리소스를 "있는 그대로" 제공하며 상업성, 특정 목적 적합성 또는 제3자 지적 재산권 비침해에 대한 묵시적 보증을 포함하여(그러나 이에 국한되지 않음) 모든 명시적 또는 묵시적으로 모든 보증을 부인합니다.

이러한 리소스는 TI 제품을 사용하는 숙련된 개발자에게 적합합니다. (1) 애플리케이션에 대해 적절한 TI 제품을 선택하고, (2) 애플리케이션을 설계, 검증, 테스트하고, (3) 애플리케이션이 해당 표준 및 기타 안전, 보안, 규정 또는 기타 요구 사항을 충족하도록 보장하는 것은 전적으로 귀하의 책임입니다.

이러한 리소스는 예고 없이 변경될 수 있습니다. TI는 리소스에 설명된 TI 제품을 사용하는 애플리케이션의 개발에만 이러한 리소스를 사용할 수 있는 권한을 부여합니다. 이러한 리소스의 기타 복제 및 표시는 금지됩니다. 다른 모든 TI 지적 재산권 또는 타사 지적 재산권에 대한 라이선스가 부여되지 않습니다. TI는 이러한 리소스의 사용으로 인해 발생하는 모든 청구, 손해, 비용, 손실 및 책임에 대해 책임을 지지 않으며 귀하는 TI와 그 대리인을 완전히 면책해야 합니다.

TI의 제품은 ti.com에서 확인하거나 이러한 TI 제품과 함께 제공되는 TI의 판매 약관 또는 기타 해당 약관의 적용을 받습니다. TI가 이러한 리소스를 제공한다고 해서 TI 제품에 대한 TI의 해당 보증 또는 보증 부인 정보가 확장 또는 기타의 방법으로 변경되지 않습니다.

TI는 사용자가 제안했을 수 있는 추가 또는 기타 조건을 반대하거나 거부합니다.

주소: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES “AS IS” AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI’s products are provided subject to TI’s Terms of Sale or other applicable terms available either on ti.com or provided in conjunction with such TI products. TI’s provision of these resources does not expand or otherwise alter TI’s applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may have proposed.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated