

전기자동차용 구동모터 및 Motorized-System기술개발

정상용 최해용 임성엽 김기남 김호기
현대기아자동차 연구개발본부 전기동력개발팀

Development of EV traction-motor & motorized-system

Jay Jung Hae-Ryong Choi Sung-Yup Lim Ki-Nam Kim Ho-Gi Kim
Hyundai-Kia Motor Company

Abstract. - 최근 자동차시스템의 고품위화에 대한 요구가 지속적으로 증대되어 자동차의 전기시스템화가 급속히 진행되고 있다. 향후 하이브리드 전기자동차 및 연료전지자동차 그리고 차세대 파워트레인의 구동모터에 이르기까지 전기구동모터의 영역은 지속적으로 확대되고 있으며 이러한 움직임은 자동차 전기시스템의 구조자체에 대한 변화를 요구하고 있다. 따라서 본 논문에서는 최근 자동차분야에서의 모터구동시스템의 주요연구 분야에 대해 기술하며 기술발전에 있어서의 문제점 및 극복해야 할 과제에 대해서 논의한다. 차량관점에서의 개선목표를 제시하며 이를 달성하기 위한 핵심기술 및 세부요소기술에 대한 동향을 함께 제시한다. 이를 통하여 모터구동시스템 자체만의 독립적인 기술이 아닌 차량을 고려한 모터 구동시스템의 기술발전에 대한 필요성에 대해 강조한다.

1. 서 론

20세기의 시작과 함께 인간의 생활문화에 있어 자동차는 뛰어난 기능성을 토대로 선택이 아닌 필수적인 존재가 되어왔다. 특히 자동차시스템의 고품위화에 대한 요구가 지속적으로 증대되었고 이로 인해 자동차의 전기시스템화가 급속히 진행되고 있다. 현재 약 20~60여개의 소형 전기모터가 고유의 기능을 수행하기 위해 승용차의 액츄에이터로서 적용되고 있으며 향후 하이브리드 전기자동차 및 연료전지자동차 그리고 차세대 파워트레인의 구동모터에 이르기까지 전기모터의 영역은 지속적으로 증가하고 있다. 최근에는 전기모터의 수의 증가와 더불어 자동차에서 요구하는 전기에너지의 급속한 증가에 따라 시스템 전압체계(현 12V)에 대한 검토가 요구되고 있다. 이러한 움직임에 따라서 기존 브러쉬직류모터를 대체할 제어용모터에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 향후 5년안에 x-by-wire와 같은 순수 전기동력제어시스템이 시장에 출시될 것으로 보인다. 모터기술관점에서 볼때 소형모터에 있어 가장 큰 관심은 소형경량화에 맞추어져 있으며 이러한 이유에 근거하여 영구자석(브러쉬 및 브러쉬리스)모터가 현재 자동차용모터의 대부분을 차지하고 있다. 영구자석계질 및 전력소자의 획기적개선은 영구자석 브러쉬리스 모터를 급속히 발전시켰으며, 그 결과 출력밀도, 효율 및 소음/진동과 아울러 감소된 방사노이즈 및 전기적 스파크가 획기적으로 개선되었다. 기술동향측면에서 향후 브러쉬리스 모터가 종래의 영구자석형 브러쉬모터를 대체할 것으로 보이며, 점차로 그 적용 범위가 확대될 것이다. 본 논문에서는 현 자동차시스템에 적용중인 전기모터와 함께 전기자동차용 구동모터 및 Motorized-System에 대한 기술개발단계에 대하여 논의한다.

2. 본 론

2.1 자동차용 소형모터

기반기술의 발전과 함께 환경오염문제와 화석연료의 고갈은 자동차 산업에 있어 전기모터의 폭발적 적용증대라는 결과를 낳았다. 이것은 세계 주요 자동차 생산국가에서 동일하게 나타나고 있으며 예로서 유럽시장의 경우 자동차용 소형 전기모터 수요는 2005년에 2000년을 기준으로 45%가 증가한 8억3천만 유닛으로 예상하고 있다. 유럽, 북미주 및 일본의 경우는 전체적으로는 2005년에 16억 유닛의 수요가 예상된다. 이는 \$13.080millions에 상당하는 것이며 생산대수 증대는 그림1과 같다. 자동차의 시스템 분상으로 보면 사시분야 중 조향장치분야의 전기모터 보조의 경우 2000년 3백6십6만 유닛이었고 신규 수요가 2배 이상 늘어난 2005년에는 7백4십만 유닛이 신차에 신규 적용될 것으로 예상하고 있다. 의장분야중 전기기계식 시트 조정시스템의 경우 2000년 1.19억 유닛에서 2005년 1.57유닛이 신차에 적용될 것으로 예측하고 있다. 차체 분야중 power window의 경우 2000년 7.4천만 유닛에서 2005년 9.4천만 유닛이 신차에 적용될 것으로 예측하고 있다. 이와 더불어 전기식 조향 및 브레이크 제어등의 drive-by-wire 기술의 점진적 개발도입에 따라 관련 분야의 전기모터 수요도 확대되고있다. 결국 이러한 폭발적 전기모터 수요는 차량의 안전, 편의성, 경제성, 친환경성 및 운전성의 총체적이고 더 높은 품질에 대한 운전자의 요구에 기인하는 것으로 현대적 자동차에 있어 전기모터가 지속적으로 확대 적용될 것임을 보여주고 있다.

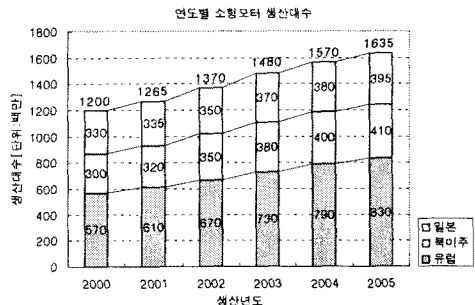


그림 1 연도별 소형모터 생산대수

2.2 전기동력시스템의 technical calendar

전기모터의 응용분야는 그림 2와 같이 출력에 따라 크게 두가지의 기능적 분류가 가능하다. 큰 동력을 요구하는 전기식 Powertrain화의 경우 1kW급 이상의 출력으로부터 50kW급이상까지 대형시스템에 대한 요구가 급속히 진행되고 있다. 기술적인 측면에서 차량부하의 특성상 연속정격의 개념이 아닌 시간정격을 기본으로 한 최대출력의 설계가 구조적 최적설계를 위해 고려되어야 한다. 1kW급 이하의 전기동력시스템의 경우 기존의 유압 시스템을 대신하는 Motorized-System에 대한 연구로 관심이 집중되고 있다. 특히 조향시스템을 기초로 하는 x-by-wire기술의 경우 유지보수에 대한 편의성과 고급화된 전기전자기술의 신뢰성에 기인하여 향후 5년이후에는 양산차량으로의 적용이 시도될 것으로 예상된다. 현재까지 전기동력시스템의 보편화에 가장 큰 걸림돌은 대형에너지저장장치의 개발과 운전자의 안전을 보장하기 위한 전기전자시스템의 Back-up기능에 대한 신뢰성문제이다.

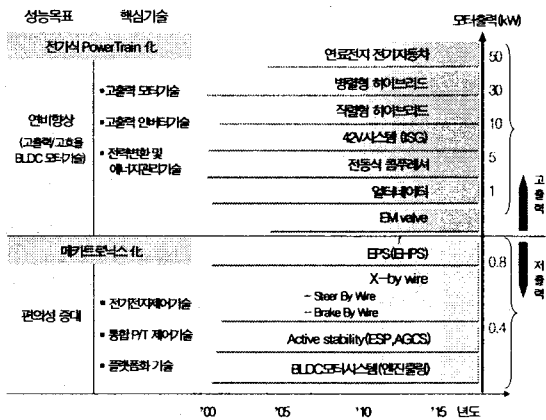


그림 2 전기동력시스템의 technical calendar

2.3 세부기술 개발동향(메카트로닉스)

현재 자동차 시스템 중 전기모터의 적용이 가장 활발히 검토되고 있는 분야는 사시시스템이다. 기존에는 유압식 시스템이 주류를 이루고 있었으나 최근까지 전기동력을 보조로 하는 유압-전기식 시스템이 활발히 검토되었고 이것은 전기식시스템으로의 과도적인 성격을 갖고있다. 특히 조향시스템의 경우 전기동력화가 가장 빠르게 진행되고 있으며 국내에도 전동식 조향시스템의 양산적용이 실현되었다. 앞으로의 기술동향을 볼때 최소한의 기계장치를 제외한 전기동력 조향시스템의 개발도 가능할 것으로 예상된다.

제동시스템의 경우 운전자의 안전이 가장 우선시 되는 분야이며 유럽의 자동차 메이커에서 매우 조심스럽게 적용을 검토하고 있는 실정이다. 무엇보다 제동성능의 신뢰성향상을 위해서도 전기동력시스템의 적용이 고려되고 있다.

전장광 공조시스템은 지금까지 전기시스템이 가장 큰 역할을 담당하였던 분야이며 앞으로는 자동차시스템의 고품위화를 위한 기능성향상에 초점이 모아질 것이다. 그림3을 통해 전동, 조향 및 전장/공조시스템의 세부기술동향을 알 수 있다.

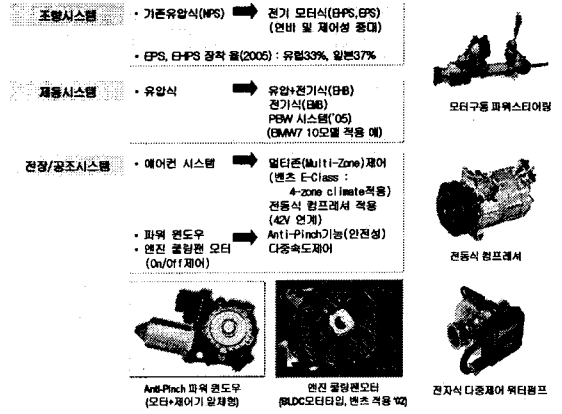


그림 3 세부기술동향(I)

2.4 세부기술 개발동향(II)

운전자들은 신뢰성있는 자동차를 고장없이 편리하게 오랜기간동안 사용하고자 하는 바람을 갖는다. 특히 오래된 자동차의 유지보수에 대한 문제의 해결은 해결하기 어려운 숙제중에 하나이다. 이러한 복잡하고도 다양한 요구를 충족시키면서도 기술의 표준화와 염가의 생산단가를 만족시키기 위한 다양한 기술적 대안이 제시되고 있다. 그 중에서도 By-wire 기술은 전자시스템의 비중을 극대화시킨 기술로서 대표적인 응용분야는 그림4와 같다. 이러한 기술의 구현을 통해 운전자는 앞서 기술한 장점 이외에도 실시간의 진단정보를 얻을 수 있고 또한 다양한 정보를 기억하고 효율적으로 관리할 수 있는 장점을 얻는다. 기본적으로 중량이 크고 효율이 낮은 유압-기계시스템을 대신한 저중량의 고효율 시스템의 적용은 기능적인면 이외에도 고연비에 기인한 경제적 이점을 얻을 수 있다.

최근 By-wire 기술의 최대관심은 유압-기계에 의한 Back-up이 아닌 전자기술에 의한 redundancy기술의 구현에 모아지고 있으며 이러한 기술의 완성을 통해 소비자들과 생산자 모두에게 유리한 해결점이 도출될 수 있다.



그림 4 x-by-wire기술

2.5 세부기술 개발동향(Powertrain 구동모터)

최근 일본에서의 하이브리드자동차의 성공에 힘입어 (HEV; Hybrid Electric Vehicle)의 연구가 활발히 진행되고 있다. 현재기준으로 내연기관과 순수 전기자동차의 단점을 보완한 가장 현실적인 대응방안으로 판단된다. 현 단계에서 고성능, 저중량, 고효율의 배터리의 개발이 단시간안에 이루어지기 어려운 실정이고 배터리 충전소와 같은 사회적인 간접시설의 미비로 인해 순수 전기자동차의 상품화에 제약이 있는 실정이다.(그림 5) 현재까지 대용량의 에너지 저장을 위한 가장 현실적인 대안으로 활발히 연구되고 있는 연료전지는 앞으로 10년 이내에 상품화가 가능할 것으로 예상된다. 또한 주요 연구분야 중 하나인 42V시스템(그림 6)은 자동차의 전기사용량의 증대에 따라 고려되는 새로운 전압체계이며 시스템의 전류부담을 줄이게 되어 전동시스템의 고효율 운전을 가능하게 하는 장점을 가지고 있다. 현재까지는 자동차의 상용전압체계를 바꾸는 작업이 단시간내에 이루어지기 어렵고 제반 부품들의 기술적인 해결이 아직 완전한 단계에 이르지 못하는 문제점을 안고 있다.

최근에는 Powertrain용 전기동력시스템의 핵심부품인 모터와 (MCU; Motor Control Unit)이외에 감속기를 일체화하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며(그림 7) 이러한 움직임은 전기자동차의 종류에 상관없이 진행되고 있다. 자동차의 출력특성상 토크에 대한 의존성이 크므로 감속기 혹은 변속기의 성능은 매우 중요한 의미를 갖게되며 연비의 향상에 직접적인 영향을 미치게 된다.

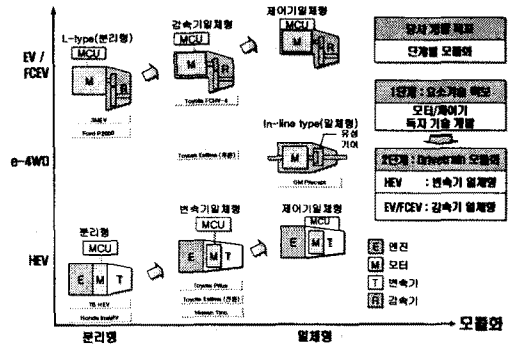


그림 7 환경차량용 전기식 Powertrain

3. 결 론

결국 전기모터 수요의 폭발적인 증가는 전기동력시스템의 기술발전에 원동력이 되고 있으며 차량의 안전, 편의성, 경제성, 친환경성 및 운전성의 총체적이고 더 높은 품질에 대한 운전자의 요구는 지속적으로 증가하고 있다. 현대적 자동차에 있어 전기모터에 대한 지속적인개발에 따라 자동차 모터와 관련하여 부족한 기술 및 인프라 구축을 위한 다각적인 노력이 절실히 필요한 상황이며 지속적인 관심과 지원이 필요할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Alexander Krautstrunk, Peter Mutchler "Fault tolerant force feedback actuator for steer by wire", Mechatronics 2000
- [2] Nathan Ray Trevett, "X-by-wire, New Technologies for 42V bus automobile of the future", Webcast Lecture, April 2002
- [3] Jeha Ryu, Heesoo Kim, "Virtual Environment for Developing Electronic Power Steering & Steer-By-Wire Systems", Proceedings of the 1999 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 1999
- [4] Yukio Honda, Tomokazu Nakamura, "Motor Design Considerations and Test Results of an Interior Permanent Magnet Synchronous Motor for Electric Vehicles" IEEE IAS Annual meeting, October 5-9, 1997
- [5] Shigeo Morimoto, Tomohiro Ueno "Variable Speed Drive System of Interior Permanent Magnet Synchronous Motors for Constant Power Operation" PCC-Yokohama, 1993

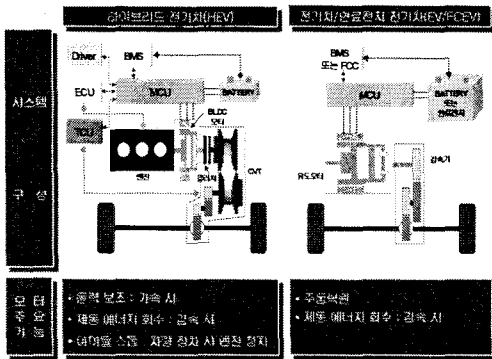


그림 5 환경차량의 시스템 구성 및 기능

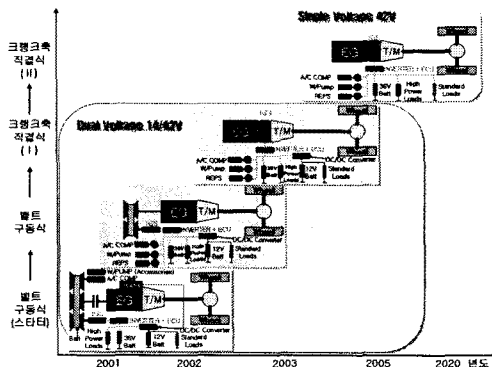


그림 6 42V시스템의 기술단계