

전기차 개조 방안 사례 연구

(A Case Study On The Electric Vehicle Conversion)

이 응 재 (자동차기계과)

Eung J. Lee (Department of Automotive and Mechanical Engineering)

Key Words : 전기차, 리튬 배터리, 유도 모터, 인버터, 수동 변속기

Abstract : This study is concerned with a technical review to convert a gasoline- car to an electric one. An induction motor system driven by lithium battery power replaces the ICE (internal combustion engine) with ECU (engine control unit). However, a 12V lead acid battery system to back up all the wiring system remains without any modifications, being recharged by a newly designed DC DC converter system. Manual transmission system as a gear box to reduce the rpm of the motor is adopted to avoid significant structural change against low speed crash test. Additional design consideration to assemble the induction motor and the housing of the gear box is done.

요약 : 가솔린 차량을 전기차로 개조하기 위한 기술적 검토가 이루어졌다. 가솔린 엔진과 엔진제어 유닛이 함께 제거되고 대신에 리튬 2차전지 직류 고전압에 의해 작동되는 유도 모터 시스템이 도입된다. 하지만 12볼트 납축전지 시스템은 차량의 기존 전기배선 시스템을 사용하기 위해 남겨두고 새로이 설계된 직류 대 직류 변환기가 충전을 위해 설치된다. 유도 모터의 감속을 위한 기어 박스로서 기존의 수동변속기가 그대로 채용되어 저속충돌시험에서 우려되는 구조변경의 심각한 우려를 최소화한다. 아울러 유도모터와 기어박스 하우징을 체결하기 위한 설계상의 검토가 이루어졌다.

개론

전기차 개발은 이미 오랜 역사를 가지지만 차량의 동력원으로서 내연 기관을 실질적으로 대체할 수 있을 정도의 파워 및 에너지 용량을 충족시킬 수 있는 체계는 1990년대에 개발된 GM의 전기차 모델을 들 수 있다. 기술적으로나 실용적인 면에서 충분한 거리의 시내 주행이 가능한 수준에 도달하였으나 에너지 재벌 및 완성

차 업체 자체의 시장 잠식 가능성들로 인해 사장되었다는 보고가 있다.[1] 지금 현재 자동차 기술은 물론 내연기관 엔진 보다는 훨씬 친환경적인 하이브리드 차량의 보급이 세계적으로 확산되는 시점이지만 동시에 전기차 도입의 중요성도 부각되는 시점이다. 주행 거리가 근 400km에 달하는 테슬라 사의 고급형 세단은 말할 것도 없으며 65km의 출퇴근 거리를 전기로 주행할 예정인 GM 사의 Chevy Volt [2] 차량도 발매를 1년 앞두고 있다. 최근에는 1회 충전에 160km를 주행할 수 있는 미쓰비시사의 소형 전기차 아이미브가 양산 준비를 마치고 발매를 앞두고 있으며 전 세계 굴지의 자동차 회사들 대부분이 국제 모터쇼를 통해 미래 시장 선점을 위해 자사의 전기차 홍보를 전개하고 있다. 국내에서는 현대차가 최근 인도에서 생산하는 경차 플랫폼을 이용하여 i-10을 제작 2009년 9월 독일 모터쇼에 출품하였으며, 소수의 중소기업에서 차량 개조에 의해 전기차를 제작한 뉴스 보도가 있었다. 아울러 대통령의 2009년 10월 현대 기아 차 방문을 통해 친환경 차원에서 이산화탄소 배출을 억제함과 동시에 세계 전기차 시장에서 주도권 확보를 위해 국내의 전기차 양산 시기를 2011년으로 2년 앞당길 것을 산업계에 공식적으로 요청한 바 있다.

전기차의 제작은 자동차 회사의 완성품 형태가 주가 되겠지만 한편으로는 기존 차량의 차체를 활용한 개조 분야도 향후의 기술적 측면내지는 경제적 관점에서 관심을 끌 수 있다. 주행 시의 충돌 안전성이 검증되어 이미 형식승인을 취득한 차체와 전기 배선을 활용할 경우 전기 모터로 동력기관의 교체를 통해 훌륭한 성능의 전기차 제작이 가능해진다. 최근까지도 국토해양부의 교통 안전 분야의 주된 의견이 기존 차체를 이용한 전기차 개조라 할지라도 심각한 구조 변경으로 인정하여 형식인증을 받기 위한 충돌 시험을 요구하였으나 세계적인 추세 및 정부의 강력한 정책 추진에 의해 전기차 개조의 가능성을 열어가는 시점이다.

아직은 학계에서 전기차 설계 및 개조에 관한 기술적인 문헌은 찾아보기 어려운 실정이다. 그렇지만 이미 해외에서 전기차용 중요 구성품의 조달이 가능한 시점이며 이미 전기 자동차 모델 개발이 완료된 해외 유명 자동차 회사들의 경우 한국의 교통 안전 관리법의 개정에 맞춰 전기차 개발 경험이 없는 한국에서 초기의 시장 점유율을 높이기 위한 기회를 노리고 있다. 이와 같은 전기차 개발과 관련된 연구 개발의 시급성을 감안하여 기존 차체 및 전기 배선을 그대로 이용하면서, 엔진을 전기 모터로 바꾸는 개조에 의해 연구용 시험 차량을 제작하기 위한 기술적인 타당성 검토를 수행하였다.

첫째, 가솔린 엔진 차량의 구성과 전기차 구성의 차이점을 검토하였다. 둘째, 전기차 구동의 동력원인 리튬 배터리의 출력 특성을 검토하였다. 셋째로 구동 모터 시스템인 교류 유도 모터 및 제어기의 특성을 검토하였다. 넷째로 기존 차량의 전기 배선을 그대로 사용하기 위한 방안으로서 엔진 제거에 따른 발전기의 역할을

대신하기 위한 직류 대 직류 변환기 배선을 검토하였다. 다섯째로 엔진 룸에 유도 모터와 기어 박스 하우징을 체결하여 조립해 넣을 수 있도록 설계상의 검토가 이루어졌다. 마지막으로, 전기차로 개조 시 엔진 동력을 이용한 유압 시스템의 전동화 문제, 계기판의 클러스터 기능 중 배터리 게이지 문제를 다루었다.

전기차의 구성

그림1.에서처럼 내연기관 차량의 구성은 엔진, 자동 변속기와 엔진에 연동된 발전기, 납축전지, 전기배선 및 차체로 구성된다. 엔진은 ECU(Engine Control Unit)에 의해 엔진 및 차량에 설치된 센서들로부터 신호 및 데이터를 입출력하며 자동 변속기 TCU(Transmission Control Unit)를 중심으로 엔진, ECU 및 차체에 설치된 센서들과 통신을 통해 신호 및 데이터를 주고받는다. 엔진 풀리에 연동된 발전기는 시동 상태에서 자동차 주행에 필요한 전기를 생산하여 소모된 납축전지의 충전을 담당하며 동시에 차량의 모든 전장을 대상으로 전기를 공급한다.

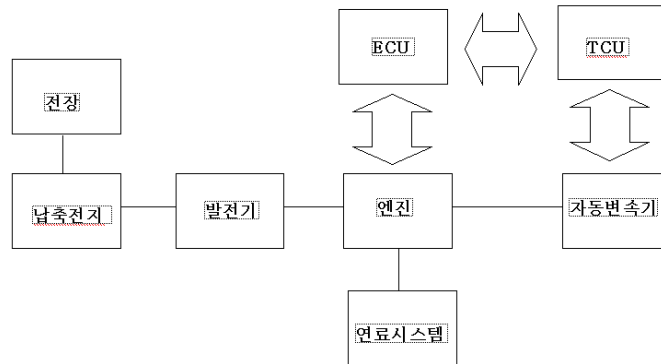


그림1. 내연기관 차량의 구성

반면에 전기차의 구성은 크게 배터리, 모터 및 제어기, 직류 대 직류 변환기, 수동 변속기, 기존의 전기배선 및 차체 시스템으로 구성된다. 내연기관의 연료 시스템은 에너지 밀도가 높은 충전가능한 배터리 즉 2차전지로 대체된다.

납축전지는 지금까지도 전기차 배터리로서 사용되어 왔으나 적어도 시내 주행을 위한 전기차의 동력원으로는 리튬 배터리나 Ni-MH 배터리에 비해 중량 상 상대적으로 불리하다. 하이브리드 차량 프리우스에 채택된 Ni-MH 배터리 조차도 에너지 밀도 특성에서 50% 이상 우수한 리튬 배터리에 의해 대체되는 상황이다.[3]

전기차 모터 구동을 위한 직류 배터리 구성은 300V 또는 그 이상의 고전압이 유리하며 이 전압은 유도 모터 구동을 위해 인버터에 의해 3상 교류로 변환된다. 인버터는 전압 변환과 더불어 회전속도 조절 및 모터 제동을 비롯한 제어기 역할을 수행한다. 전기차 개조 시에 엔진 제거와 동시에 ECU도 제거되므로 ECU 관련된 시스템의 유지가 불가능해진다. 특히 TCU에 의해 제어되는 자동 변속기도 ECU와 통신을 전제로 하기 때문에 모터의 채택에 따라 배제될 수밖에 없으며 따라서 별도의 제어기가 필요 없는 순수 기계적인 수동변속기를 채택하는 것이 유리하다. 일단 모터의 출력은 감속이 필요하며 한 편 후진 시에는 수동 변속기의 후진 기능을 사용하는 것이 좋다. 물론 전용 감속기가 설치된다면 모터의 역회전 기능을 사용하여 후진 기능을 설계할 수도 있다.

가솔린 기관에서 악셀 페달을 밟음에 의한 엔진 출력 조절은 인버터의 아나로그 입력 제어 기능에 의해 모터 토크 제어로 바뀐다. 엔진 구동 시와의 근본적인 차이점은 주행 중 악셀 페달을 놓음으로 인한 감속 현상이 모터 내부의 회생 전류(regenerative current) 현상으로 대체된다는 점이다. 회생율의 설정에 따라 가솔린 기관 차량과 유사한 운전 성능을 낼 수 있을 것이다. 브레이크에 의한 기계적인 제동 시스템은 그대로 유지된다.

한편 차량의 기존 전기배선들 즉 전조등, 차폭등, 브레이크등, 오디오 등의 전장 시스템은 12.6V 납축전지에 의해 유지되어야 한다. 하지만 엔진에 연동된 발전기 제거에 따라 소모된 납축전지의 충전이 문제가 된다. 이는 직류 대 직류 변환기(DC DC Converter)를 사용하여 주전원인 고압의 리튬 배터리로부터 감압에 의해 납축전지를 충전해 줄 필요가 있다.

그림2.에서처럼 전기차는 배기가스 배출이 없기 때문에 차량 구조가 내연기관 차량에 비해 훨씬 간소해지는 것이 사실이다. 그렇다면 내연기관 및 모터에 의한 구동을 동시에 하는 하이브리드 차량의 구조는 내연기관 구조에 모터 및 제어기 및 리튬배터리나 Ni-MH 배터리가 추가되어 더욱 복잡해지며 특히 ECU, TCU 및 모터 제어기와의 통신 체계 또한 복잡해질 수밖에 없다. 전기차와 하이브리드 차와의 공통점으로서 저속주행 시에 전기 모터에 의한 주행을 선택한다는 것이다. 하이브리드 차량은 고속 주행 시에 내연기관에 의해 구동하고 동시에 배터리를 충전하는 기회로 삼는 반면 전기차라고 해서 고속 주행이 불가능한 것은 아니다.[4]

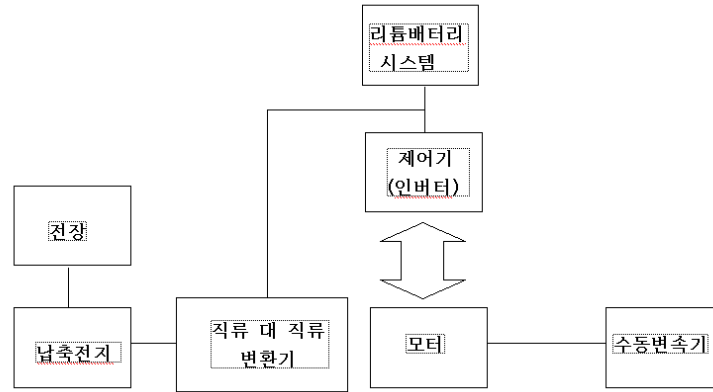


그림2. 전기차의 구성

리튬 배터리 에너지 밀도와 공차 중량

전기차를 개발함에 있어서 1회 충전 시 차량의 주행거리가 중요한 이유는 동력 원인 배터리 기술과 밀접한 관계가 있다. 현재 거론되고 있는 경차급 전기차에 있어서 흔히 1회 충전 시 160km의 주행 성능을 언급하는 이유는 미국 GM사의 전기차 기본 성능 요구사항에서 10만 마일 즉 16만 km 주행을 목표로 1000번의 충방전이 가능한 배터리 성능을 요구하고 있다는 점이다. 2차전지는 충방전 빈도가 늘어날수록 그 성능이 점차적으로 저하하기 때문에 충방전 성능의 기준은 80%까지 용량이 남아 있는 선까지의 충방전 회수로 정의한다. 리튬 배터리 제조업체에서 1000회 이상의 충방전 성능을 언급하지만 현실적으로는 가혹한 환경 조건하에서 1000회 정도의 최소한의 내구성이 요구된다는 점이다. 그러나 한편 배터리 사용에 있어서 100% 방전을 시키고 재충전하는 경우는 드물기 때문에 1000회 정도의 수명은 현실적으로 달성되고 있는 수준이다.

지금 현재까지의 핵심 배터리 기술은 토요타의 하이브리드 차량인 프리우스에 채택되고 있는 Ni-MH 배터리 기술이었으나 이 보다 출력 특성이 훨씬 우수한 리튬배터리로 기술혁신이 일어나고 있는 중이다. 현재 전기차 상용화를 앞두고 있는 GM사에 배터리 공급선인 Compact Power사의 기술 자료[5]에 의하면 에너지 밀도에 있어서 2.1V 납축전지의 30-35Wh/kg와 3.6-3.7V 리튬이온전지의 100-125Wh/kg과의 단순 비교에 의하면 3배에 달한다. 그렇지만 전기차로 개조하는 경우에 아직도 배터리의 중량이 부담이 되어 만족스러운 주행거리를 주지 못한다. 하지만 경제성 관점에서 전기차 개조는 공차중량이 작은 경차나 소형차가 주행거리

성능 면에서 월등히 유리하다. 현재까지 시판되었던 경차의 중량은 800kg 정도이며 소형차는 1000kg 수준, 준중형차의 경우 1300kg 에 달해 전기차의 주행 거리 성능이 크게 차이가 날 수 있다.

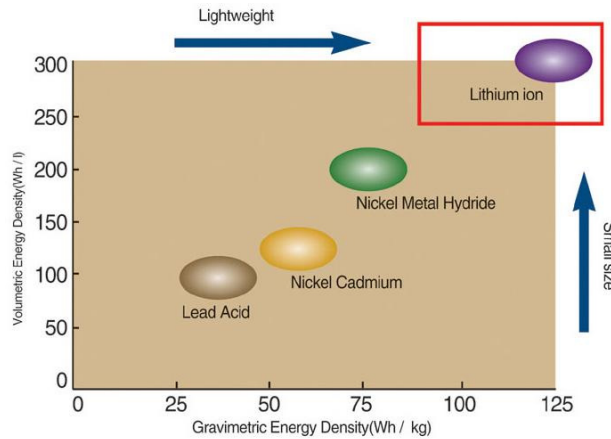


그림 3. 배터리들의 에너지 밀도 비교

리튬이온 배터리 안전성 문제

리튬 이온 배터리 외에 리튬 이온 폴리머 배터리가 있으며 그 성능은 리튬 이온 배터리와 거의 동일하나 충방전 사이클 수명이 서로 다르다. 리튬 폴리머는 액체 전해질이 없는 고상이며 제조성이 우수한 편이라 중대형 수송용 차량에 필요한 적합한 형태를 가지는 배터리 제조에 유리하다.

리튬 배터리는 온도에 민감한 특성으로 인해 온도 변화에 따른 전류의 과대한 흐름을 막기 위해 내부적으로 온도를 모니터링하고 전류를 제한하는 보호회로를 내장하고 있으며 특히 충방전 시 최대 전류가 배터리 전류 용량의 3배 이내에서 20초 이내로 제한되는 특징이 있다. 60-80Ah 용량의 납축전지의 경우에는 별도의 보호회로가 없으며 기관 시동 시에 순간적으로 350A 정도까지 즉 대략 5-6배선까지도 가능하나 그 지속시간이 대단히 짧은 편이다.

배터리 시스템의 기본적인 최소 구성은 24V 16Ah 리튬배터리 팩을 적어도 12개 이상 직렬 연결하여 최소 출력을 확보한다. 현재 기관 시동 시의 순간 최대 출력이 12V X 350A=4200 W 인 점을 감안하면 300V X 50A=15000 W가 되어 납축전지 시동 대비 거의 4배 규모의 순간적인 출력을 줄 수 있다. 이와 같이 리튬 배터리 팩을 직렬 구성하여 배터리 시스템을 구성할 경우 사용 중 각각의 배터리의 성능

저하여부는 초음파를 이용한 내부 저항 측정 시스템을 사용하여 쉽게 찾아내어 정비할 수 있다.

이렇게 구성된 배터리 시스템에 대한 충전기를 차량에 탑재할 필요가 있다. 전기차 배터리 구성에 종속적인 소형 충전기의 전압 범위는 대체적으로 250-520V 이며 10A 안 밖의 전류를 흘릴 수 있어야 하며 궁극적으로 리튬 배터리 팩의 과대전류 차단 성능, 과충전 및 과방전 성능을 참고할 필요가 있다. 이러한 기능은 리튬 배터리 팩 내부에 설치되는 BMS(Battery Management System)에 의존하는데 전기차의 기술적 구성 환경에 큰 영향을 미친다. 첫 번째로 BMS가 전자회로인 관계로 전자과교란에 의한 안전성 문제가 있을 수 있다. 특히 BMS에 의한 전류 흐름 차단 문제는 차량의 급정지를 초래할 수 있기 때문에 전기차 설계 단계에서 BMS 제조 업체, 배터리 업체 및 전기차 완성차 조립업체와 성능 문제를 세밀하게 검토하여 시험평가를 거쳐야 하며, 배터리 게이지의 잔량 표시와 일치하도록 설계해야 한다.

차량의 연료 게이지에서 잔존 연료의 양을 센싱하여 파악하듯이 리튬 배터리 시스템에서는 방전에 따른 전압 강하를 정확히 측정하여 대체할 필요가 있다. SOC(State of Charger)가 그 역할을 수행하며 100% 방전 여부 확인은 BMS의 과방전 전압 설정 문제와 연결하여 설정되어야 한다. 아울러 과충전 문제는 배터리의 타 배터리의 균등 충전 여부와 함께 BMS 기술이 풀어나가야 할 문제이다. 그 외에도 배터리 사용 중의 과도한 전류 흐름에 따른 개별 배터리의 전압Cut Off 에 따른 고장을 감안하여 전류 용량을 검토해야 한다.

유도모터 토크 rpm 성능

구동장치로서 가솔린 기관을 대체할 수 있는 모터로는 크게 직류 모터와 교류형 유도 모터가 있다. 가솔린 기관 시동용 직류 모터가 계자 코일과 회전자 코일이 직렬로 연결된 직권식 모터로서 아주 낮은 회전수 영역에서 큰 전류를 흘려주면 큰 토크가 발생되나 회전수가 높아짐에 따라 토크가 급격히 떨어지게 되는 특성이 있다.

수냉식 교류 유도 모터는 현재 하이브리드 차량 및 전기 차량에 보편적으로 채택되고 있으며 3000-4000 rpm 영역까지 대체적으로 균일한 토크 성능을 발휘한다. 그림4.의 도표는 국내에서 제작된 실제 전기차용 30KW급 유도 모터의 실험 특성 표 사례이다. 2200rpm 범위까지 균일한 토크 성능을 나타내고 있으나 그 이상의 회전수 영역에서 토크 성능이 떨어진다. 다음의 표는 GM, 도요타 및 국내산 전기차 유도 모터[6]와의 특성 비교표이다. [7]

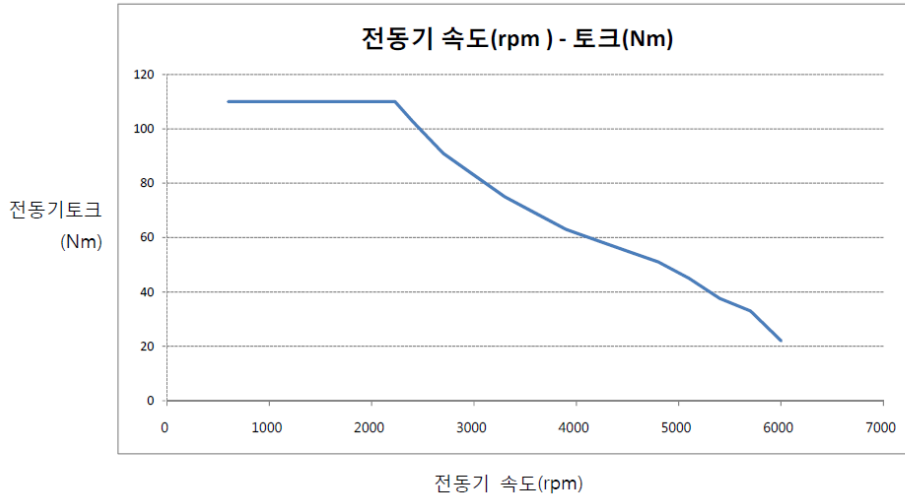


그림 4. 국내산 모터의 특성표

국내산 모터의 경우 현재 저속 영역인 6000 rpm 까지의 실험데이터 밖에 없으나 그 이상의 영역은 현재 시험 중인 단계이다. 표1.의 관찰에서 유의할 점은 모두 변속 단수를 1단으로 한다는 점인데 그 이유는 유도 모터 구동 시 모터 자체의 rpm 변화에 따른 충분한 토크가 제공되기 때문에 내연기관 채용 시와 비교하여 2,3,4,5단의 필요성이 없다는 점이다.

90년대 말 GM에서 전기차를 제작할 때에는 큰 차체에 비해 리튬 배터리 기술이 없었으나 차체가 충분히 커 납 배터리를 사용하여 100Km 이내의 주행 성능을 확보했었다. 지금 현재는 에너지 밀도가 높은 리튬 배터리를 이용할 수 있는 만큼 특히 차체가 작고 가벼운 경차를 이용하게 되면 주행거리가 비약적으로 늘어날 수 있다.

<표 1> 전기차 비교

차량명	리튬전기차	EV-1	EV-50
제조사	용인송담대	GM	도요타
최대토크[Nm]	110	150	150
최고회전수[rpm]	6000	13500	9000
냉각 방식	수냉식	수냉식	수냉식
변속 단수	1	1	1

유도모터 배선도

다음 그림5.는 유도모터와 제어기 GEI-018/030[4] 및 배터리를 포함하는 배선도의 개념이다. 유도모터 사용 교류 전압은 3상 300V 수준이며 24V 리튬배터리팩을 직렬 연결하여 250V-450V 수준의 배터리 시스템을 구성할 필요가 있다. 이 직류 전압은 인버터에 의해서 3상의 교류 전압으로 변환되어 모터에 공급된다.

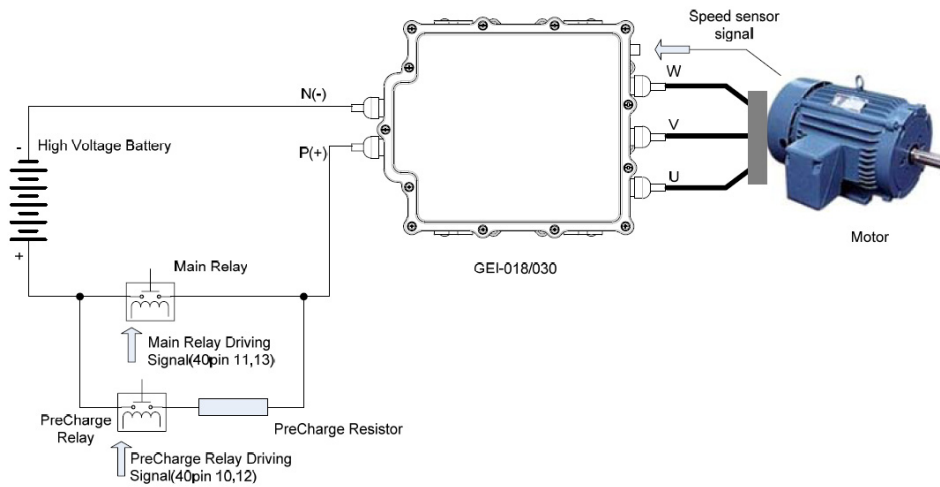


그림 5. 유도모터 배선도

Key On Mode IG1 배선

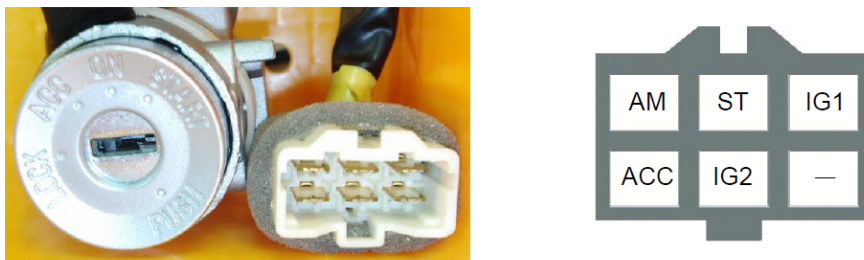


그림 6. Key Box와 커넥터 구성

이 유도모터의 기동을 위해서 전기차의 Key를 Acc(Accessary) Mode를 통과하여 On Mode까지 돌리면 IG1 배선을 따라 납축전지에 의한 12.6V 전압이 인버터

제어기 핀에 공급된다. 이 Key Box의 회로 배선 방식은 일반 엔진 자동차나 하이브리드 차량에까지 공통적으로 적용된다. 하이브리드 차량이라면 엔진 뿐만 아니라 유도 모터도 포함하고 있으므로 시동을 걸기 위해 통상 15초 이내에서 ST(Start) Mode까지 Key를 돌릴 경우 또는 돌린 후 풀어 놓을 경우 IG1 배선에는 여전히 전기가 공급되어 유도 모터도 작동이 가능해진다. 즉 IG1 배선에 포함된 차단릴레이에 포함된 예비충전(Precharge)릴레이가 먼저 작동되어 정해진 시간이 흐른 후 주릴레이(Main Relay)가 작동되어 고압의 배터리가 연결된 상태가 되고 인버터 작동이 가능해진다. 예비충전 릴레이는 300V 내외의 직류 고전압 상태에서 100A 안팎의 고 전류를 순간적으로 개폐하는 경우 일어날 수 있는 회로 내의 순간적인 쇼트에 따라 일어날 수도 있는 모터, 하네스(harness)의 손상을 방지하며 아울러 모터의 순간적인 정지 또는 역전에 의해서 발생할 수 있는 회생 전기(regenerative current)에 대한 배터리의 보호 역할도 하게 된다.

반대로 유도모터를 끄기 위해서는 Key를 Acc Mode로 되돌리면 IG1 배선이 차단되어 인버터로부터 고압의 배터리 연결은 차단되어 버리지만 인버터 제어기 상의 전원은 여전히 남아 있을 수 있도록 되어 있음에 주의한다. 인버터 제어기의 전원을 완전히 차단하기 위해서는 LOCK Mode까지 되돌리면 된다. 하지만 단순히 Lock Mode에서 Acc Mode로 Key를 돌린다고 인버터 제어기의 전원이 들어오는 것은 아니며 Lock->Acc->On->Acc 순으로 Key를 돌려야만 인버터 제어기의 전원이 유지되는 것이다. 제조사에 따라 차이가 있을 수 있으므로 제공되는 매뉴얼을 따르도록 한다.[6]

차량 개조 시에 주의 할 점은 엔진 및 관련 전기 배선을 제거함에 따라 ST 로 돌린 후에 Precharge가 진행되고 Key가 ON 즉 IG1 위치로 복원될 때에 IG1에 전압이 인가되는지 반드시 확인할 필요가 있다. 아울러 유도 모터가 동작하더라도 Parking 이나 Neutral Mode에서는 안전을 위해 모터 동력의 차축 전달이 차단되어 있어야 한다. Drive상태에서는 악셀 페달이나 브레이크 페달을 밟기 시작할 경우에 동력이 전달되어 차량 구동이 되도록 배선을 해야 한다. 후진을 위해서는 일 방향으로 회전하는 모터의 특성과 수동 변속기의 후진 기어의 조합으로 가능하며 대안으로는 모터의 역회전 기능을 사용할 수도 있다..

가속 및 감속 제어

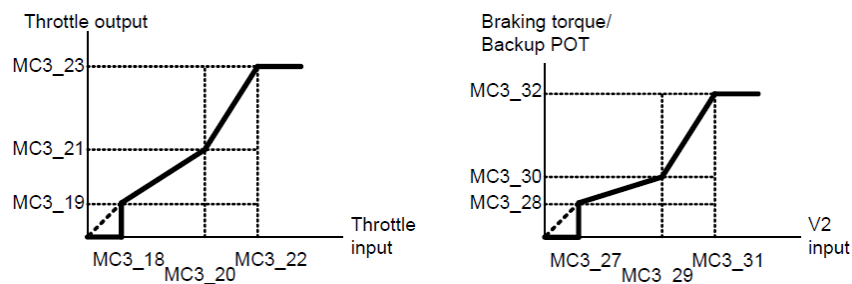
전기차의 구동도 일반 자동차와 동일하게 가속페달과 브레이크 페달을 사용한다. 가솔린 기관에서 가속 페달을 밟음에 따른 구동 출력의 증가는 가변저항 센서(가솔린 엔진의 Throttle Position Sensor나 디젤 엔진의 Accel Position Sensor) 의

저항 변화에 따른 전압 변동 신호를 근간으로 흡입 공기량 및 연료량 제어를 통해 실현된다. GEI 제어기[5]에서는 2개의 아나로그 입력 단을 제공하며 3가지 형태의 사용 방법을 제공한다.

- (1) 일반 자동차처럼 아나로그 입력 하나만을 가속페달 입력으로 사용하는 방법이다.
- (2) 두개의 아나로그 입력 중 하나는 가속 페달로 다른 하나는 브레이크 페달로 사용하는 방법이다. 단 유도 모터 사용 시에 브레이크 페달 입력은 모터 감속에 따른 회생 전류를 발생 시켜 모터의 회전속도를 억제함으로 엔진브레이크와 유사한 효과를 낼 수 있다. 전기차 개조에 따른 모터 파라미터 입력 시에 회생 전류 비율을 적절히 조절해줄 필요가 있다.
- (3) 하나는 주 가속 페달 신호로 이용하고 다른 하나는 보조 가속 페달 신호로 사용하는 방식이다. 두 신호 값의 토크 참조 값들 간의 차이가 20% 이상 0.5 초 이상 지속되면 제한된 성능 모드로 전환된다. 그렇지 않고 20% 이내의 차이 값을 보이면 주 가속 페달 신호를 가속 페달 신호로 인정 사용하는 방식이다. 특히 APS(Accel Position Sensor) 사용 시 주변 노이즈 및 오작동에 따른 불량 전압 신호를 걸러내기 위해 감시용 APS를 추가 설치하여 동일한 페달링 동작에 대한 2개의 APS 신호간의 차이 값을 판별하여 정상적인 상태와 특별한 상태로 구별하여 디젤 엔진의 과출력을 방지하는 국내산 디젤 RV 승용차의 응용 사례가 있다.

이와같이 두개의 아나로그 입력을 주 가속 페달 및 보조 가속 페달로 이용할 경우에는 별도로 디지털 데이터 입력 기능을 사용하여 브레이크 페달 On 신호를 제어기에 입력할 수 있다.

이 아나로그형 가속 페달 입력 신호 전압은 내부에서 토크 값으로 변환하여 모터를 운동 시키게 된다. 이 과정에서 입력 신호 전압과 환산되는 토크 값출력은 그림 7.의 사례에서처럼 꼭 선형일 필요는 없다.



V1(Throttle)/V2(Brake/Backup POT) 입력-출력 map

그림 7.

마찬가지로 제동 성능 또한 이러한 입력 출력 관계에 대해 일정율로 비례하도록 설정하든지 아니면 설계자의 의도에 따라 다소 조정 설정이 가능하다.

모터감속기

모터에서 제공되는 회전력을 직접 구동축에 연결하는 것은 바람직하지 않다. 제조사별로 1단의 전용 감속기를 채택할 수 있으나 일반 차량의 개조 목적으로는 수동 변속기의 1단을 그대로 사용하여 적절한 감속을 통해 토크 값을 증대 시킬 필요가 있다. 모터 자체의 제어 능력에 따른 회전수 변화에 따라 1단 영역에서 주행 속도의 조절이 충분히 가능하다. 필요하다면 2단을 사용하여 고속 주행도 기술적으로 가능하다.

한편 클러치가 없는 1단 전용감속기를 사용하는 경우는 수동 변속기 1단에 해당하는 감속비 상태에서 모터의 회전 역회전 기능에 의해 전진 및 후진이 가능하며 앞 절의 가속 및 감속 제어의 (2)번 방식에 의한 제어가 가능해진다. 따라서 악셀 러레이터 및 브레이크 조작을 통해 별도의 자동 변속기 없이 변속이 가능해진다. 따라서 자동변속기의 시프트 레버 시스템을 그대로 사용하여 개조하되 인히비터 스위치에서 P, N, R 및 D 단만을 사용하도록 개조할 필요가 있다. L1 및 L2는 D 와 묶어서 배선하면 된다.

하지만 구동 기구에서 수동 변속기어와 클러치를 사용할 경우는 모터의 일방향 회전 동력을 수동기어 박스에서 기구적으로 회전 방향을 바꿀 수 있으며 앞 절의 (1)번 또는 (3)번 방식에 의한 가속 및 감속이 가능하다.

전기차 개조에 있어서 수동 변속기 채택의 이점은 등속 축의 길이 조정 작업이 전혀 필요하지 않으며 엔진을 대체한 모터 플렌지와의 사이에 적절한 강도를 유지 하도록 동력전달 커플러를 구성하면 된다.

직류 대 직류 변환기(DC DC Converter)

전기차 개조에 있어서 전조등을 비롯한 기존의 전기 배선은 12.6V 납축전지를 그대로 사용하기로 한다. 전기 모터 대체로 인하여 엔진 크랭크 축 풀리에 연동된 발전기가 제거됨에 따라 납축전지 소모량을 충전해 주기 위해 다음의 그림8.과 같이 직류 대 직류 변환기 설치가 반드시 필요하다.

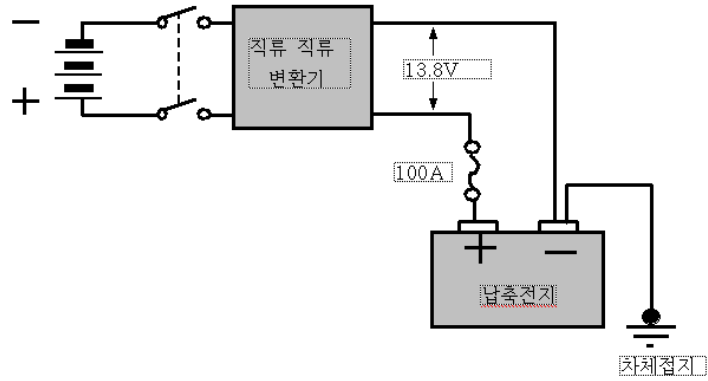


그림 8. 직류 대 직류 변환기 배선도

이 직류 대 직류 변환기는 자체 팬에 의한 공랭식 냉각 방법을 취하며 특히 배터리와 관련하여 과전류, 과전압 및 저전압인 경우 자체 회로 보호를 위해 작동이 정지된다.

유도 모터 및 수동 변속기의 체결과 고정

그림9.의 BMW 개조 사례를 참고해 보기로 한다.[8]

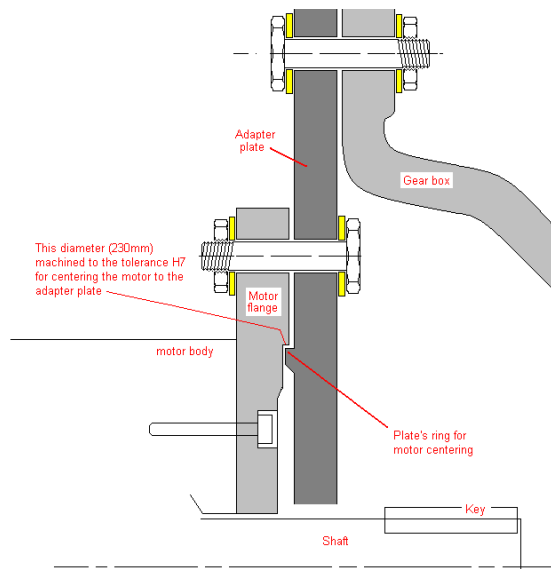


그림 9. BMW의 전기차 개조 사례

상기의 그림과 같이 기어 박스의 하우징이 유도 모터 플렌지 보다 크면 유도 모터의 플렌지와 기어 박스 하우징을 연결하기위한 중간 체결 구조가 반드시 필요하다.

밖으로 드러난 모터 회전 축의 끝 부분은 개조 차량의 수동변속기 연결단과 직접 연결이 불가능하다. 다음의 그림10.에서 유도 모터의 체결 판 및 모터 축 부분 등각도 예를 참조하도록 한다.

만약 수동 변속기 하우징 속의 슛스플라인 축과 모터의 축 이 맞지 않거나 길이가 부족할 경우 기계적인 커플러를 설계 부착하여 플라이 휠과 함께 조립되어야 한다.

아울러 함께 체결된 모터 및 수동변속기 조립체는 엔진의 지지 방식에 따라 3곳의 엔진 마운트를 그대로 이용하여 설치하고 등속조인트를 조립한다.

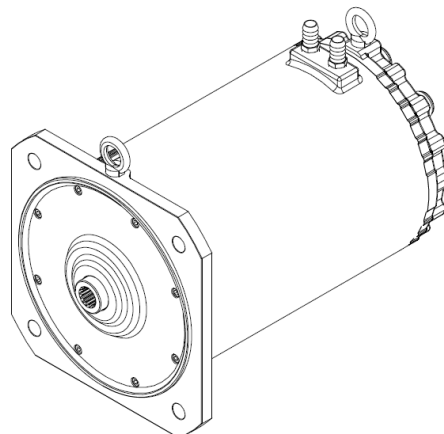


그림 10. 모터의 회전축 구조

브레이크 파워부스터, 파워스티어링시스템, 워터펌프, 냉공조 시스템

그 외에 엔진 제거에 따라 작동에 문제가 생기는 구성품으로는 제동력을 기계적으로 증폭해 주는 부스터, 유압구동 방식에 따른 파워스티어링시스템 및 냉각수 순환을 위한 워터펌프, 냉공조 시스템 등이 있다.

부스터는 직류전원의 진공펌프로 대체되어야 한다. 엔진 흡입관로에서의 공기압이 대체로 0.5 기압 이하이므로 이 정도 부압을 실현할 수 있는 진공 펌프를 선택해야 한다. 현재 국내의 승용차용으로서 라세티 프리미어의 경우 이미 전동식 진공

펌프를 사용하고 있다.

엔진으로부터 동력을 받는 유압모터는 전동모터 방식으로 개조하든지 아니면 유압 구동 부위를 밀봉하여 수동식으로 전환할 필요가 있다. 전동 모터 방식은 ECU에 의한 제어를 통해 고속 주행 및 저속 주행 시 핸들링 무게감을 조절하는데 현재 국내에서 검토 중인 전기차의 속도 제원은 60km 안팎의 저속주행으로 한정되고 있으므로 고속 주행에서 요구되는 무거운 핸들링 감을 반드시 생성할 필요는 없다. 따라서 정지 및 저속 주행 상태에서 가벼운 핸들링 감을 생성할 수 있도록 전동 모터의 회전속도를 엔진의 아이들링 회전속도인 800 rpm 근방에 맞춰 고정해도 무방하며 일단 차량이 주행이 시작되면 유압의 도움이 없이도 핸들링이 가벼워지므로 일시적으로 모터 구동을 중지해도 된다.

엔진제거에 따라 냉각수 순환 펌프의 필요성이 없어지나 한편으로는 수냉식 교류 모터의 채택으로 인해 여전히 전동 방식의 워터펌프가 필요하게 된다. 냉각수는 자동차와 마찬가지로 동과 방지를 위해 글리콜 용액을 사용한다.

엔진에 부착된 컴프레서로부터 구동되던 에어컨은 모터 방식에서는 별도의 모터 시스템을 구성하여 작동시켜야 한다. 에어컨은 특히 서리제거를 위해 안전 상 필수적인 시스템이다. 직류 모터 사용 시 발생 노이즈의 영향을 고려해야 한다. 히터의 경우도 마찬가지로 냉난방 체계에 대해서는 전력 소모가 적은 방식의 전기차 전용시스템 개발이 필요하다.

배터리 수납함

24V 16AH 리튬배터리팩 12개를 사용하여 전원을 설치하기위한 적합한 위치는 연료탱크가 제거되는 차량하부 공간이 직사광선에 의한 가열을 피하기에 적합한 위치이다. 배터리의 가열이나 내부 발열은 위험성이 있으므로 최소한 공랭식이라도 냉각이 필수적이다. 아울러 외부의 충격에 대해서도 안전을 확보하기 위해서 충분한 강도의 금속재 박스로 설계하고 배터리팩과 금속재 박스 사이에 필요하다면 완충재로 충격을 완화하도록 설계한다.

계기판

계기판 구성에서 속도계는 그대로 배선을 이용하지만 회전수 rpm은 엔진에서 모터의 그것으로 배선이 수정되어야 한다. 속도계는 수동변속기의 차속 센서 데이터를 그대로 사용하면 된다. 연료의 잔량 계지는 배터리 잔량을 나타낼 수 있다

록 전압 기반의 SOC로 교체되어야 한다. 그 외에도 전기차의 성능을 평가하기 위해서는 차량 운행에 따른 전류 값 변동을 반드시 파악할 필요가 있다. 배터리 전압과 이로부터 흘러나오는 전류 값을 함께 측정하게 되면 배터리의 파워(Power) 계산이 가능해진다.

충전장치

충전장치는 뒤 트렁크 공간에 내장하고 플러그를 연료 주입구 위치에 설치한다. 충전 시에는 모터 구동회로와의 연결이 차단되어야 하며 SOC를 통해 충전 상황을 모니터링 할 수 있어야 한다.

결론

기존 차량의 차체 및 수동변속기를 이용하여 거의 구조변경이 없는 전기차로 개조하기 위한 설계 단계에서의 제반 기술적 요구 사항들을 검토하였다. 기존의 내연기관 차량과 전기차의 구성을 비교 검토하였고 그림2.의 구성을 도출하였다. 리튬 배터리의 충방전 특성 및 에너지 밀도를 검토하였고 설계된 리튬 배터리 시스템의 안전성을 도모하기 위한 시스템으로서 SOC와 BMS의 역할에 대한 기술적 요구사항을 제시하였다. 유도모터 선정 단계에서는 국내에서 조달이 가능한 모델을 대상으로 토크특성, 안전을 감안한 배선구조, Key Box의 배선, 냉각 방식에 관해 전기차용 모터로서의 타당성을 검토하였다. 가속페달과 브레이크 기능을 모터 구동에 반영하기 위한 아날로그 입력 방법 검토와 함께 수동변속 기어 박스를 채택한 모터 감속 방안을 수립하였다. 납축전지의 전기 소모를 보충하기 위해 직류 대 직류 변환기에 의한 배선을 제시하였다. 마지막으로 유도 모터를 엔진 룸에 조립해 넣기 위한 레이아웃 단계에서의 체결구조설계 방안을 제시하였다.

물론 내연기관 대신 전기 모터로의 교체 문제를 국토해양부에서 심각한 구조변경으로 판단하여 왔으나 그 기술적인 근거는 희박하다고 본다. 컴퓨터 구조 모델링 해석 차원에서 기존 차량의 차체 및 수동변속기를 그대로 이용하고 엔진을 전기 모터로 대체하되 엔진 마운트를 그대로 이용하는 경우 강제로 취급되는 엔진이 질량 및 회전 관성모멘트 값이 다른 모터로 대체되는 수준이므로 실제 충돌 실험에서 특별한 역학적 추세를 찾기는 힘들다고 본다. 그 보다는 고압 배선을 동반함에 따라 차량 파손 시에 인체에 미치는 위험을 최소화하기 위한 안전 설계에 관한 연구가 전기차 개조를 앞둔 지금 시점에서 더욱 절실하다고 본다. 지금까지 고려된

요인들을 중심으로 차량 개조설계의 결과 및 주행 성능과 관련된 분석 평가는 차기 논문의 주제가 될 것이다.

참고문헌

- [1] Who killed ev1, http://en.wikipedia.org/wiki/Who_Killed_the_Electric_Car%3F
- [2] <http://www.gm-volt.com> , GM사 전기차 Volt 전용 블로그
- [3] 전지의 기초, 손영범, 고훈범 공역, 성안당, 2000년 9월.
- [4] 신편 자동차 전기전자 공학, 정용욱,한성철,정주윤,이응재,임하영 공저 미전사이언스, 2009년 1월, chapter 15,pp. 491-520.
- [5] <http://www.compactpower.com/lithium.html> , CPI 사 홈페이지 참조
- [6] GEI-018/030 18KW/30KW(DC140V-250V) LSIS Variable Frequency Drives For Electric Vehicle Operating Manual, LS산전
- [7] 전기자동차 핸드북, 대광서림, 2003년 출판, 대광서림, p. 554.
- [8] <http://www.metricmind.com/> , Advanced Simple EV conversion example I.