

제6장 하이브리드 모터 구조

6-1. 파워트레인 구조

하이브리드 전기 자동차에서 모터는 주 동력원인 엔진과 무단변속기(CVT)사이에 장착되어, 엔진 시동 및 발진/가속 시 엔진의 동력을 보조하는 역할과 차량 감속 또는 제동 시 고전압 배터리의 충전을 위한 발전기의 역할을 수행하게 된다.

아래 그림은 하이브리드 전기 자동차의 파워트레인 구조를 나타내고 있는데, 모터 고정자는 엔진과 무단 변속기 하우징에 체결되고 실제 구동력을 발생시키는 모터 회전자 측, 로우터는 엔진 크랭크 축에 직접 체결된다.



<그림> 하이브리드 모터

6-2. 모터 구조

6-2-1. 모터 분해도



<그림> 모터 분해

(1) 리어 플레이트

엔진 블록과 모터 하우징 사이에 장착되어 있으며, 모터 회전자(로우터)의 위치 및 속도정보를 검출하기 위한 레졸버(Resolver) 센서가 장착된다.



리어 플레이트

레졸버

<그림> 리어 플레이트

(2) 모터 하우징

엔진과 무단변속기 사이에 장착되며, 모터 고정자와 회전자 등 모터 구동 관련 부품들이 내장되어 있다.



엔진 쪽에서 본 면

CVT 쪽에서 본 면

<그림> 모터 하우징

(3) 회전자 어셈블리

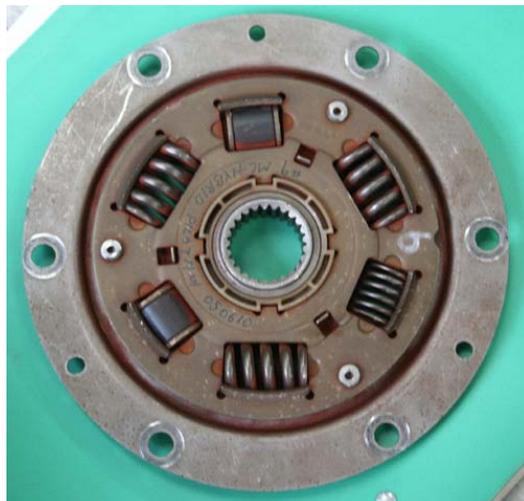
영구 자석이 내장된 로우터이며, 모터 고정자에 형성된 회전 자계에 의해 발생된 회전 토크를 변속기 입력 축으로 전달한다.



< 모터 세부 구조-2 >

① 댐퍼 플레이트

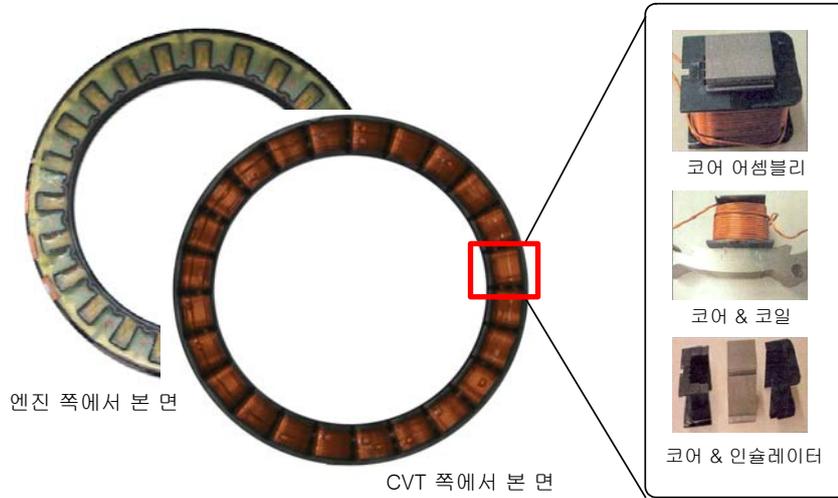
모터 회전자(로우터)와 무단 변속기(CVT) 사이에 장착되며, 변속기 입력축이 연결되는 스플라인 기어가 가공되어 있다. 엔진 또는 모터 회전에 따른 동력을 변속기 입력축에 전달하는 역할을 한다.



<그림> 댐퍼 플레이트

② 스테이터

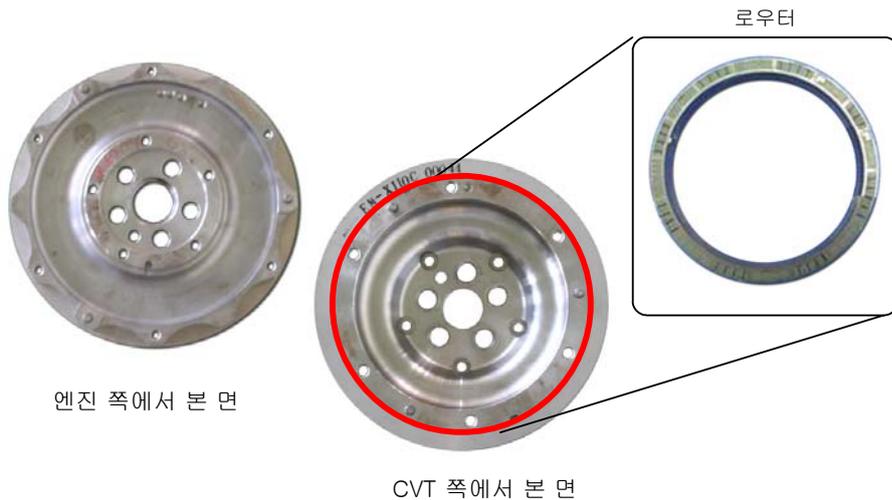
모터 고정자에 3상(U, V, W)에 전류를 공급하기 위한 계자 코일이 감겨있으며, 각 상에 인가되는 전류에 의해 회전자계를 발생시킨다.



<그림> 스테이터

③ 스파이더

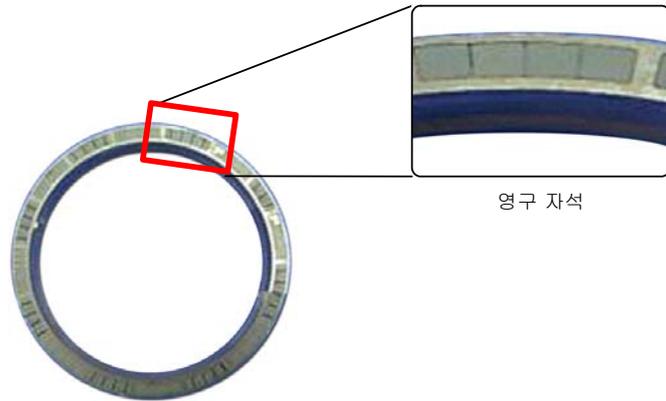
모터 회전자이며, 로터가 내부에 삽입되어 있다.



<그림> 스파이더

④ 로터

모터 회전자이며, 영구자석이 내부에 삽입되어 있다.

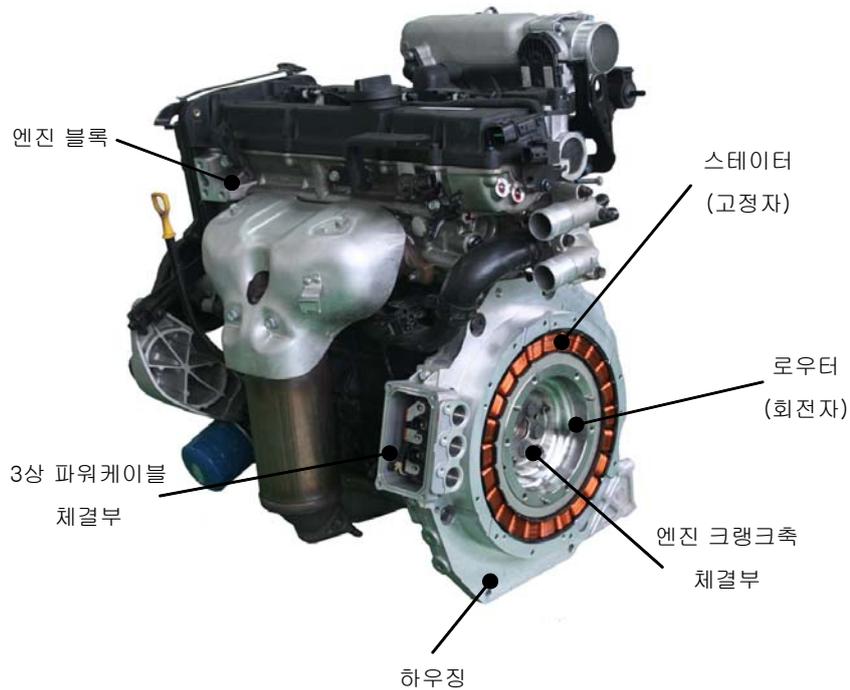


영구 자석

<그림> 로터

6-2-2. 모터 장착도

모터 고정자는 하우징과 일체로 엔진 블록에 장착되고, 회전자는 크랭크 축에 직접 체결된다. 3상(U, V, W) 파워케이블이 모터 컨트롤 유니트(MCU)에서 모터 하우징에 가공된 체결부까지 연결되어 있다.



<그림> 모터 장착도

(1) 모터 세부 구조



<그림> 모터 세부 구조

6-3. 레졸버(Resolver) 보정

6-3-1. 개요

레졸버(Resolver) 보정은 모터(리어 플레이트)에 장착되어 있는 레졸버의 정확한 상(phase)의 위치 검출을 통해 MCU는 정확한 토크를 지령하여야 하는데 일반적으로 레졸버는 정확한 위치로 모터와 조립되어 보정이 필요 없도록 해야 하지만 차량의 파워트레인과 조립되는 하이브리드 차량의 경우에는 하드웨어적으로 로우터와 레졸버 상의 위치가 맞도록 조립하는 것이 어렵다. (기계적인 조립 공차 발생) 따라서, 정확한 상의 위치 값과 레졸버 출력 값이 같아지도록 자동적으로 보정해주는 방법이 제공되어야 한다.

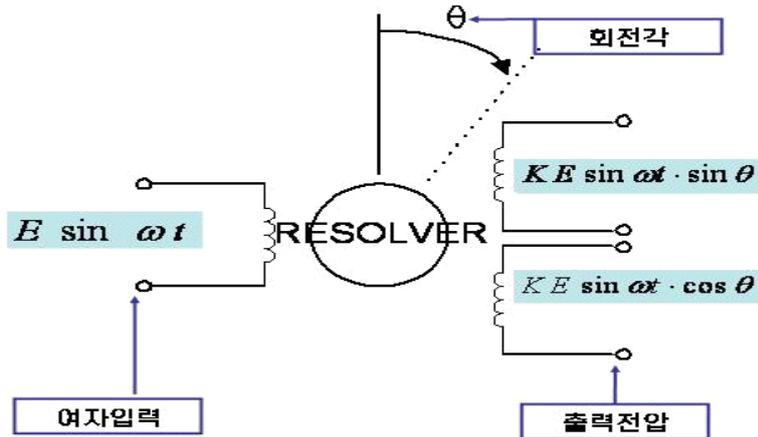


<그림> 레졸버 위치 센서

6-3-2. 레졸버 (Resolver)

(1) 구 조

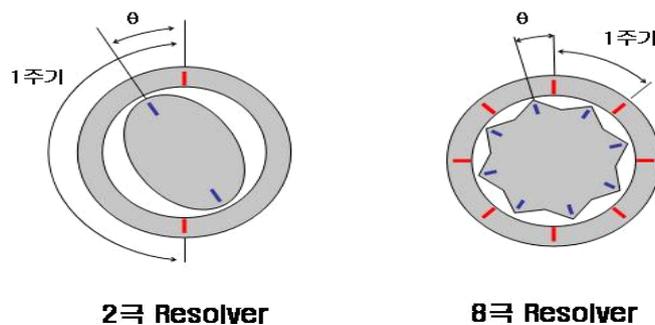
- 모터와 유사한 구조 (여러 개의 극수로 제작)
- 고정자(스테이터): 1상의 여자 권선과 2상의 검출 권선(상호 90°위상 차)이 감겨 있음
- 회전자(Rotor): 회전각에 따라 철심 형상이 변화하여 쇠교 자속량이 변동하게 함 (가변 릴럭턴스)



< 레졸버 구조 및 작동원리 >

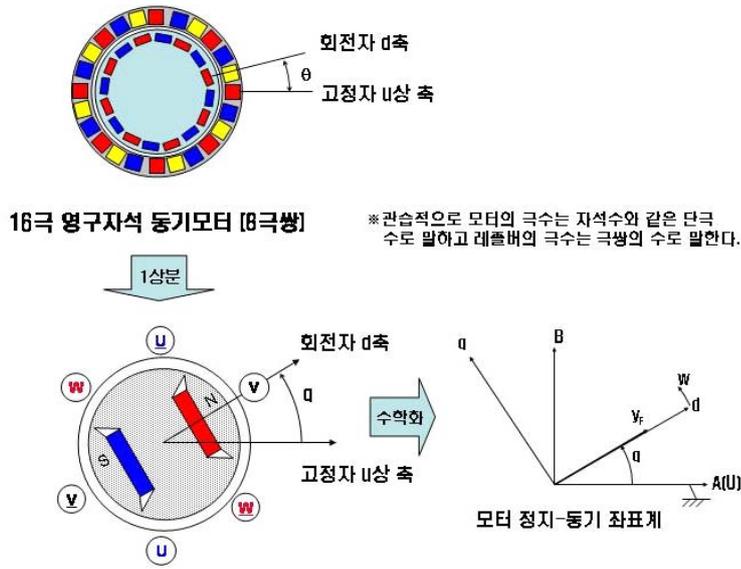
(2) 동작원리 (변압기의 원리)

- 고정자(스테이터) 여자 권선에 고주파 여자신호인가(ex. 10kHz): 외부 구동 회로 필요
- 회전자(로우터)가 회전하면 릴럭턴스변화에 따라 1차와 2차 측 상호 쇠교자속이 주기적으로 변화 됨
- 스테이터 2상의 검출 권선의 출력전압 진폭이 회전각에 비례하여 변화 됨(Sin/Cos형태)
- 출력신호를 RDC (Resolver to Digital Converter)를 거쳐 위치각으로 변환시킴



< 레졸버 형상 >

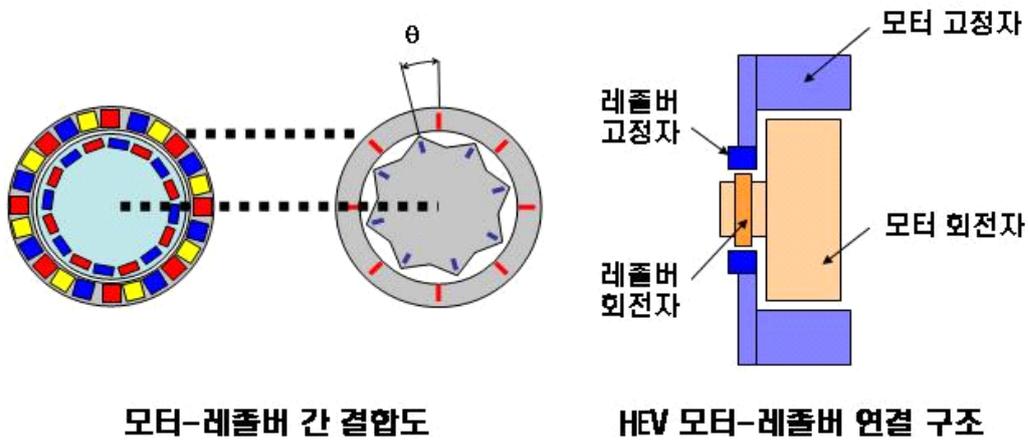
(3) 모터 회전자 위치각의 정의



< 모터 회전자 위치각의 정의 >

(4) 레졸버의 설치

- 모터와 동일한 극 수 적용
- 모터 고정자와 레졸버 고정자 연결
- 모터 회전자와 레졸버 회전자 연결
- 레졸버 위치각과 모터 위치각이 1:1 대응



< 레졸버의 설치 >

6-4. 모터 취급 시 유의사항

- 144V 고전압으로 작동되는 장치이므로, 시동 키 2단(ON) 또는 엔진 시동 상태에서는 절대 만지지 않는다. (키 OFF 후 약 5분 이상 경과해야만 안전 함)



- 모터에 연결된 고전압 파워 케이블(AC 3상)은 감전의 우려가 있으므로 손으로 부품을 만지거나 커버 또는 전기 케이블을 임의로 탈착하지 않는다.



- AC 3상 케이블의 각 상간(U,V,W) 연결이 잘못되면 부품의 손상 또는 사용자나 작업자의 안전에 심각한 위협을 초래할 수 있으므로 주의한다.

- 엔진 룸 내부 고압 세차 금지 (고전압 누전에 의한 감전 또는 부품 손상 우려)

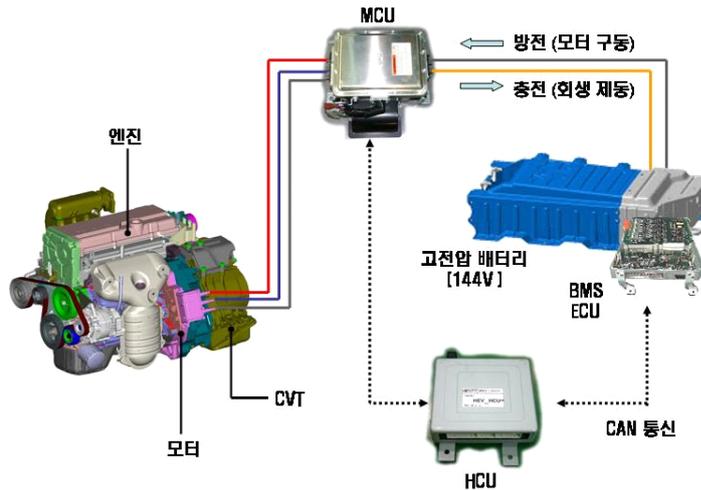
- 관련 부품 정비 점검 및 수리작업은 반드시 직영 서비스센터로 의뢰한다.



제7장 모터 컨트롤 유닛 (MCU)

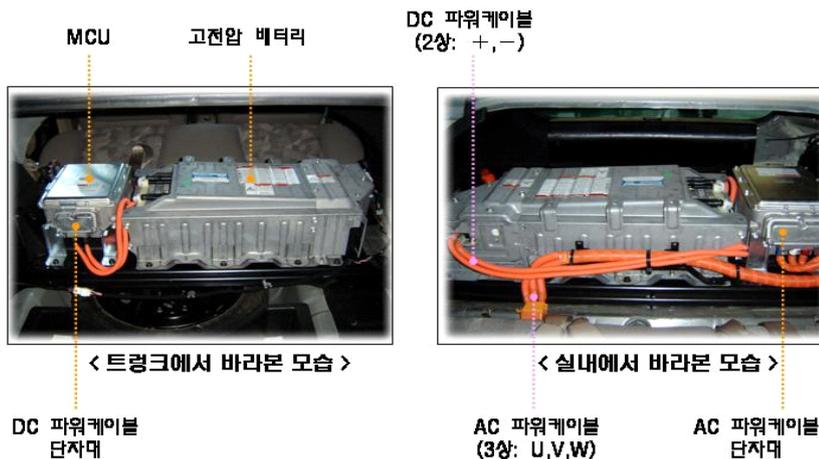
7-1. 개요

MCU는 고전압 배터리로부터 직류(DC) 전기를 공급 받아 3상의 교류(AC) 전기를 발생시키고, HCU(하이브리드 컨트롤 유닛)의 모터 구동 토크 명령에 의해 AC 3상전류 제어하여 모터의 회전속도 및 토크를 제어하는 장치이다.



<그림> 모터 제어 개요

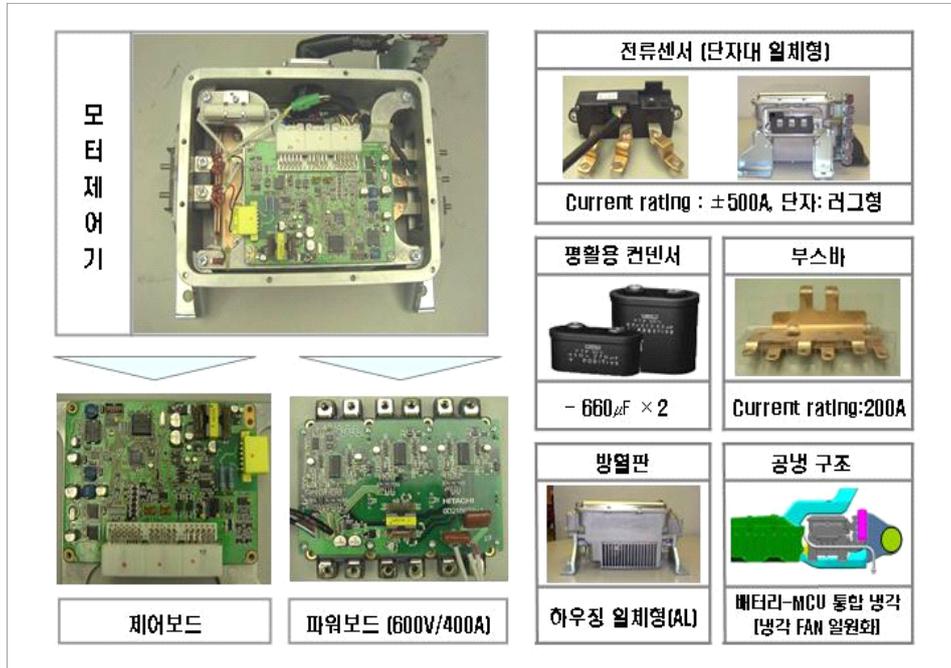
고전압 배터리와는 2상 파워 케이블이 연결되어 DC 전기를 공급받도록 되어 있고, 모터와는 AC 3상 파워 케이블에 의해 연결되어 3상전류를 출력하게 된다.



< MCU 장착위치 >

7-2. MCU 구성

7-2-1. 내부 구성



<그림> MCU 내부 구성

7-2-2. 제어보드

제어보드는 CPU, 메모리, 입출력 인터페이스 회로, 전원공급장치 및 차량의 타 제어 모듈(HCU, BMS, 엔진 ECU, TCU 등)과 정보 송수신을 위한 CAN 통신 회로를 가지고 있으며, 12V 보조 배터리 전원을 이용한다.

7-2-3. 파워보드

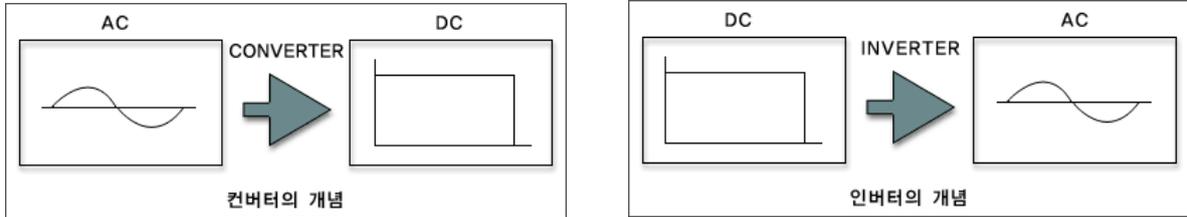
전기적인 스위칭을 통하여 전력의 흐름을 제어하는 MCU의 핵심부품이며, 600V, 400A 정격의 산업용 전력소자를 이용해 고전압 배터리의 직류(DC)를 교류(AC)로 변환시켜 모터 각 상의 전류를 출력하는 인버터(Inverter)와 U/V/W 각 상의 전류량을 검출하는 전류센서, DC 평활 및 소자보호를 위한 컨덴서 등이 파워 모듈 부를 구성하고 있으며, IGBT 구동을 위한 각종 구동회로, 산업용 전력소자 고장진단회로, 아날로그 전류제어회로 PWM 발생기 등이 인버터 구동 제어 부를 구성하고 있다.

※ 파워 모듈(인버터)

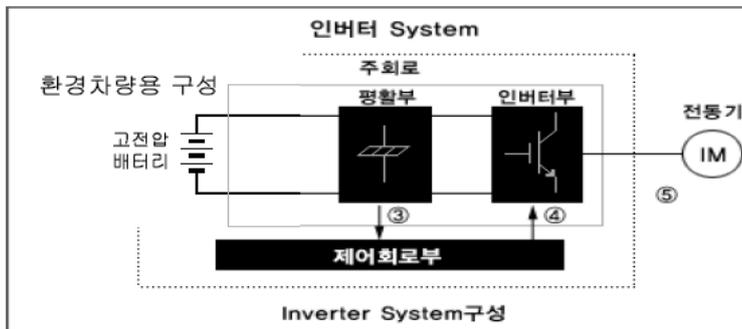
전력용 반도체 소자 및 6개의 다이오드로 구성되어 있고, 소자 보호를 위한 전류 검출 회로와 온도 검출 회로를 포함한다.

(1) 인버터 (Inverter)

DC(직류) 전원을 가변 주파수(Hz) 및 가변 전압의 AC(교류) 전원으로 변환시키는 장치를 말하며, 그 반대의 개념으로 AC를 DC로 변환시키는 장치를 통상적으로 컨버터(Converter)라고 한다.

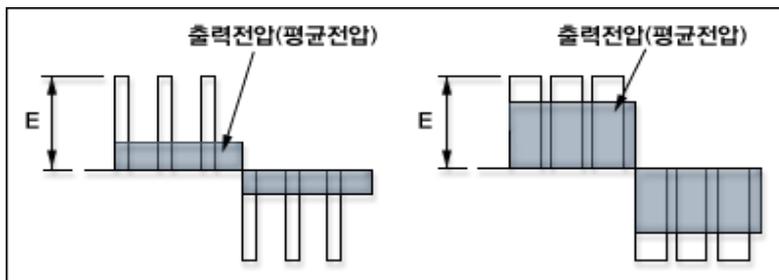


① 인버터의 구성



- 평활 부(평활 회로): DC 전원에서 맥동 성분을 제거
- 인버터 부:
정류된 직류 전원을 PWM 제어방식을 이용하여 가변 주파수 및 가변 AC 전압으로 변환시켜 모터 구동 전류 출력 (가변 속도 제어)

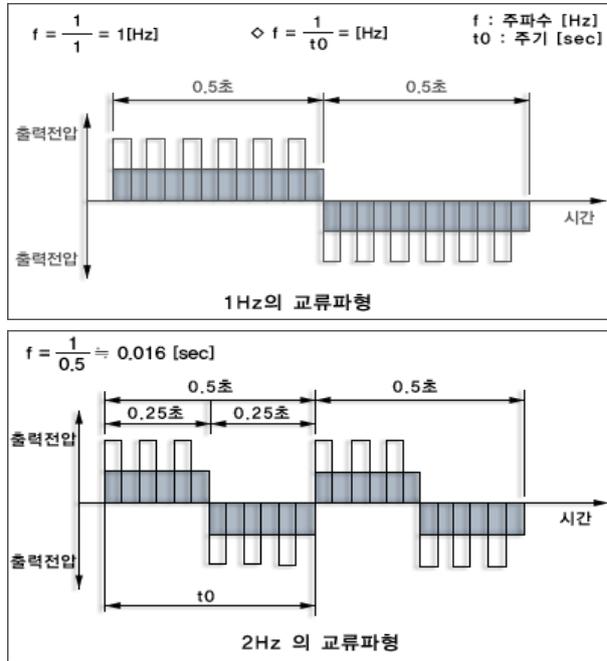
② 인버터의 가변 전압 발생원리



- 반도체 스위치의 ON/OFF 시간의 폭을 조절하여 평균 전압의 크기를 조절한다.
- (+), (-) 전원에 연결된 2개의 스위치를 선택하여 극성을 결정한다.
- 이 방식을 펄스 폭 변조방식(PWM: Pulse Width Modulation)이라고 한다.

③인버터의 가변 주파수 AC 발생원리

- 반도체 스위치의ON/OFF 시간을 조절한다.



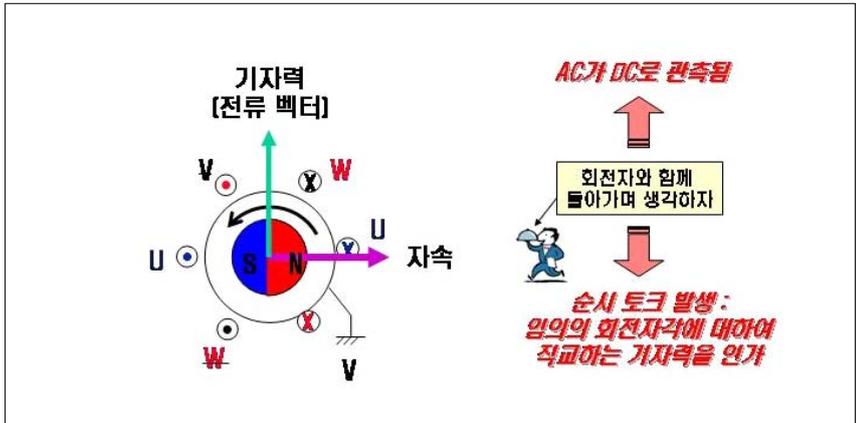
7-2-4. MCU의 AC 모터 제어

(1) 제어방식

	Open loop 제어	Closed loop 제어	
	VF 일정 제어	Slip 주파수 제어	벡터제어(Field oriented control)
제어 기본 블록 선도			
제어 특성	<ul style="list-style-type: none"> 직접적 토크제어 불가 저속영역에서 토크 저감 과전류 제한에 문제 	<ul style="list-style-type: none"> 평균(정상상태) 토크제어 가감속 특성이 VF제어 보다 향상 슬립제한에 의한 과전류제한 	<ul style="list-style-type: none"> 순시 토크제어 (정지 토크제어 가능) 토크분 및 자속분 전류의 분리 제어
범용성	조정요소가 적고, 전동기 선택에 제한이 없어 범용성이 높음	전동기의 slip-토크 특성에 따른 설정 필요성	벡터제어 연산에서 전동기 상수를 사용하므로 전동기로서의 성격이 강함
복잡도	가장 간단	비교적 간단	복잡
용도	일정부하 운전용으로 속도 균일성이 요구되지 않을 경우	정속 운전 및 일정출력 용도	일정출력 및 고속의 동적 가감속 특성이 요구되는 경우



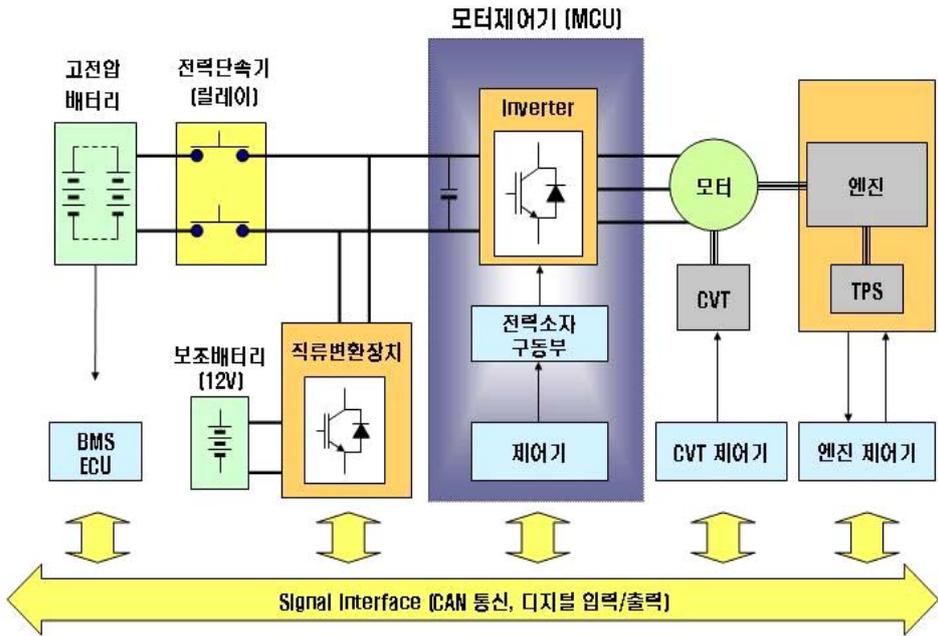
(2) 벡터 제어 원리



< AC모터 벡터 제어 원리 >

7-3. 모터 & MCU 제어

7-3-1. 제어 개요



< 모터 & MCU 제어 블록 다이어그램 >

7-4. MCU 냉각 시스템

MCU는 고전압 전류를 제어하는 부품이기 때문에 모터 제어 중 다량의 열이 발생된다. 트렁크 룸 내부에 설치된 냉각장치는 쿨링 팬, 흡입 및 배출 덕트로 구성되어 있고, 차량 실내 공기를 흡입해 고전압 배터리와 MCU를 냉각시키고 배출 덕트를 통해 차량 외부로 방출시키는 시스템으로 되어 있다.



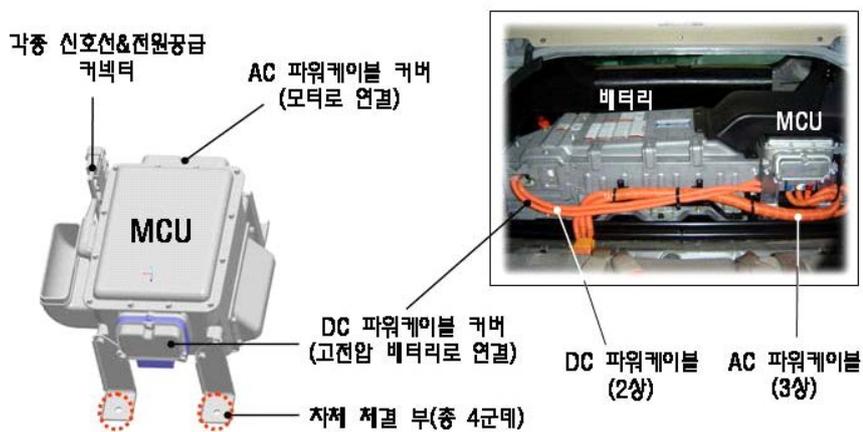
<그림> MCU 냉각 시스템

7-5. MCU 취급 시 유의사항

- 144V 고전압으로 작동되는 장치이므로 시동 키 2단(ON) 또는 엔진 시동 상태에서는 절대 만지지 않는다. (키 OFF 후 약 5분 이상 경과해야만 안전 함)
- MCU에 연결된 파워 케이블(DC 2상, AC 3상)은 감전의 우려가 있으므로 손으로 만지거나 전기 케이블을 임의로 탈착하지 않는다.
- AC 3상 케이블의 각 상간(U,V,W) 연결이 잘못되거나 DC 케이블의 (+),(-) 극성이 반대로 연결되면 부품(MCU 또는 배터리)이 손상되거나 사용자 또는 작업자의 안전에 심각한 위협을 초래할 수 있으므로 주의해야 한다.
- MCU는 트렁크 룸 내부에 장착되므로, 과다한 화물 적재 또는 충격이 가해지지 않도록 주의한다.
- 관련 부품 정비 점검 및 수리작업은 반드시 직영 서비스센터로 의뢰한다.



144V 고전압



<그림> MCU 취급 시 유의사항