

# 제21회 Intelligent Electronics 경진대회 작 품 설 명 서

참가번호 : 자유 21-05  
작품종목 : 자유종목

참가팀명	똑똑한 드론	학 교 명	인하대학교	학부(과)	스마트모빌리티공학과
		지도교수	유지원	팀 구 분	학부팀
팀 원	최승우, 곽규진, 나상준, 신현석, 이대관				
작 품 명	태양광 충전이 가능한 드론용 센서리스 ESC 개발				

## ▶ 작품 개요

180KV / 22.2V 모터와 22.2V 배터리를 사용하여 드론을 제작하기 위해 ESC(인버터)를 모터와 배터리의 전력 사양에 맞게 설계하여 전력변환장치의 이론을 실제 제품으로 구현하고 전력 관점에서의 어플리케이션의 설계를 경험함.

최종적으로 1 개의 DSP를 통하여 드론의 4 개의 PMSM을 센서리스 방식으로 제어하였고 그 과정에서 V-F제어, 전류 제어를 사용해봄으로써 각 제어방식의 장단점을 비교해봄.

탄소중립(Net-Zero)이라는 국제적 정책 방향에 맞추어 드론에 태양광 충전기를 부착하여 운전 중 충전을 가능하게 하는 친환경 E-모빌리티를 설계함.

## ▶ 작품 설명

본 프로젝트에서는 180KV /정격 22.2V, 20A 모터와 22.2V 배터리를 사용하여 드론을 제작하기 위하여 4 개의 인버터와 이를 제어하는 DSP, 22.2V의 배터리 전압을 변압하여 다양한 소자와 부품에 전력을 공급하는 전력변환장치를 패키징하여 하드웨어를 설계하였다. 1 개의 DSP로 4 개의 인버터를 제어하고 센서리스 방식을 활용하기 때문에 ADC로 전류의 값만 피드백받아 드론의 PMSM을 제어한다. 또한 드론에 태양광 발전기를 부착하여 운전 중 배터리의 충전이 가능토록 하였다.

본 프로젝트는 다음과 같이 총 4 가지의 주제로 세분화할 수 있다.

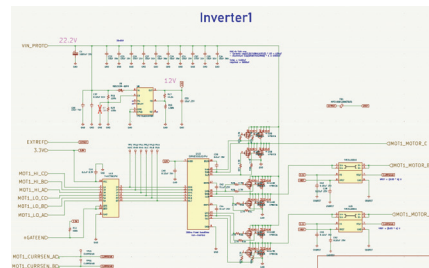
1. 드론 인버터 하드웨어 설계
2. 태양광 발전기와 배터리 사이의 부스트 컨버터 설계
3. 드론 PMSM 센서리스 방식의 제어 알고리즘 개발
4. 배터리 충전용 태양광 발전기의 부스트 컨버터 제어 알고리즘 개발

### 1. 드론 인버터 하드웨어 설계

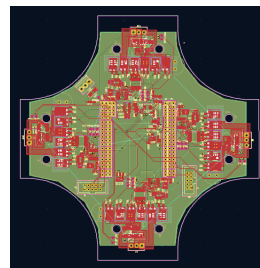
드론의 PMSM을 제어하는 인버터 동작에 필요한 전압을 만들어주기 위하여 다양한 전력변환장치를 설계하였다. 사용한 어플리케이션들은 다음과 같다.

출력 전원 용도	변압 레인지	전력변환장치
DSP 전원	22.2V -> 5V	벅 컨버터(MP4571GQB)
게이트 드라이버 전원	22.2V -> 12V	LDO(TPS7A1601DRBR)
전류 센서 전원, 버퍼 전원	5V -> 3.3V	Voltage Regulator(L78L33_SOT89)
전류 센서 오프셋	5V -> 1.65V	Voltage Reference(REF1933)
배터리 전압 확인용	24V(기준) -> 2V	저항 분압 및 Voltage Follower
DSP 외부전원	5V -> 3.3V	Voltage Reference(REF1933)

인버터를 제어하기 위한 DSP로는 Texas Instruments 사의 TMS320F28377D를 사용하였고 전류 센싱을 위한 ADC, 인버터에 지령을 내려줄 PWM 신호 등 다양한 기능들을 사용할 수 있게 GPIO 핀들을 설정하였다. 22.2V, 20A 모터를 제어할 수 있는 사양의 인버터를 설계하고 모터로 출력되는 3상 부분에 전류 센서까지 추가하여 schematic 회로도를 완성하고 PCB artwork을 진행하여 ESC를 설계하였다.



최종 인버터  
Schematic 회로도



인버터 PCB  
Layout(중간점검)

## 2. 태양광 발전기와 배터리 사이의 부스트 컨버터 설계

0.3V ~ 9V 사이의 출력을 가지는 태양광 패널과 22.2V의 배터리 사이의 부스트 컨버터를 설계하여 드론 운전 중에도 배터리 충전을 가능하게 하였다.

3상의 인버터 회로를 인터리브드 컨버터로 활용하여서 출력전류의 리플과 EMI를 감소시킴으로써 회로의 안정성을 높였다.

## 3. 드론 PMSM 센서리스 방식의 제어 알고리즘 개발

프로젝트에서는 위치 센서를 사용하지 않는 센서리스 방식을 이용하여 드론의 영구자석 동기전동기(PMSM)를 제어하는 알고리즘을 개발하였다.

센서리스 제어 방식을 택함으로써 기계적 간섭 및 비용을 줄이고, 시스템의 신뢰성을 향상시켰다. 제어 알고리즘은 Texas Instruments의 TMS320F28377D DSP를 사용하여 CCS(Code Composer Studio)를 통해 C언어로 구현되었다.

제어 알고리즘을 간단히 설명하자면, 처음에 DSP가 부팅되고 필요한 모든 주변 기기가 초기화된다. 이후 고주파 신호를 스테이터에 주입하여 로터의 위치를 감지한다. ADC를 사용하여 전류와 Back-EMF 전압을 측정한다. 추정된 데이터를 바탕으로 적절한 PWM 신호를 생성하여 모터의 속도와 위치를 정밀하게 제어한다.

## 4. 배터리 충전용 태양광 발전기의 부스트 컨버터 제어 알고리즘 개발

태양광 발전기를 이용한 드론의 배터리 충전 시스템을 위한 부스트 컨버터의 제어 알고리즘도 CCS와 C언어를 기반으로 DSP에서 구현했다. 이 부스트 컨버터는 태양광 패널로부터 수집된 낮은 전압을 배터리 충전에 필요한 높은 전압으로 변환한다.

부스트 컨버터의 제어 알고리즘은 MPPT(Maximum Power Point Tracking) 기술을 포함하여 태양광 패널의 최대 전력을 추출할 수 있도록 설계되었다.

제어 알고리즘을 간단히 설명하자면, 태양광 패널의 전력을 연속적으로 계산하고 전력 변화에 따라 부스트 컨버터의 동작 포인트를 조절한다. MPPT 알고리즘의 결과에 따라 PWM 신호를 조정하여 인버터의 스위치 동작을 최적화하고 전력 손실을 최소화한다. 또한 과전압, 과전류 보호를 위한 회로도 포함하여 시스템의 안정성도 보장한다.