KERI 한국전기연구원

미래형 항공 교통수단과 분산 전기추진 기술

2022. 7. 5.

이 기 창 책임연구원

순서

1. 미래형 도심개인이동수단 (UPMV) 기술
   - 정의, 개념, 구현, 시연
   - 듀얼3상전동기 / AEV 비행시험

2. 무인항공기용 전기추진기술
   - 전기구동장치 개발
   - 에너지관리시스템 HILS

3. 지역혁신 메가프로젝트 소개
   - eSTOL 커뮤터기 사업단 구성 / 과제 개요
   - 분산전기추진(DEP) 기술 소개

Chapter 1

도심 개인이동수단(UPMV) 기술

https://www.italdesign.it/project/pop-up-next/

(Dual-Mode Flying Car)

도심개인이동수단(UPMV) = 항공전기차(AVE) + 지상전기차(GEV)

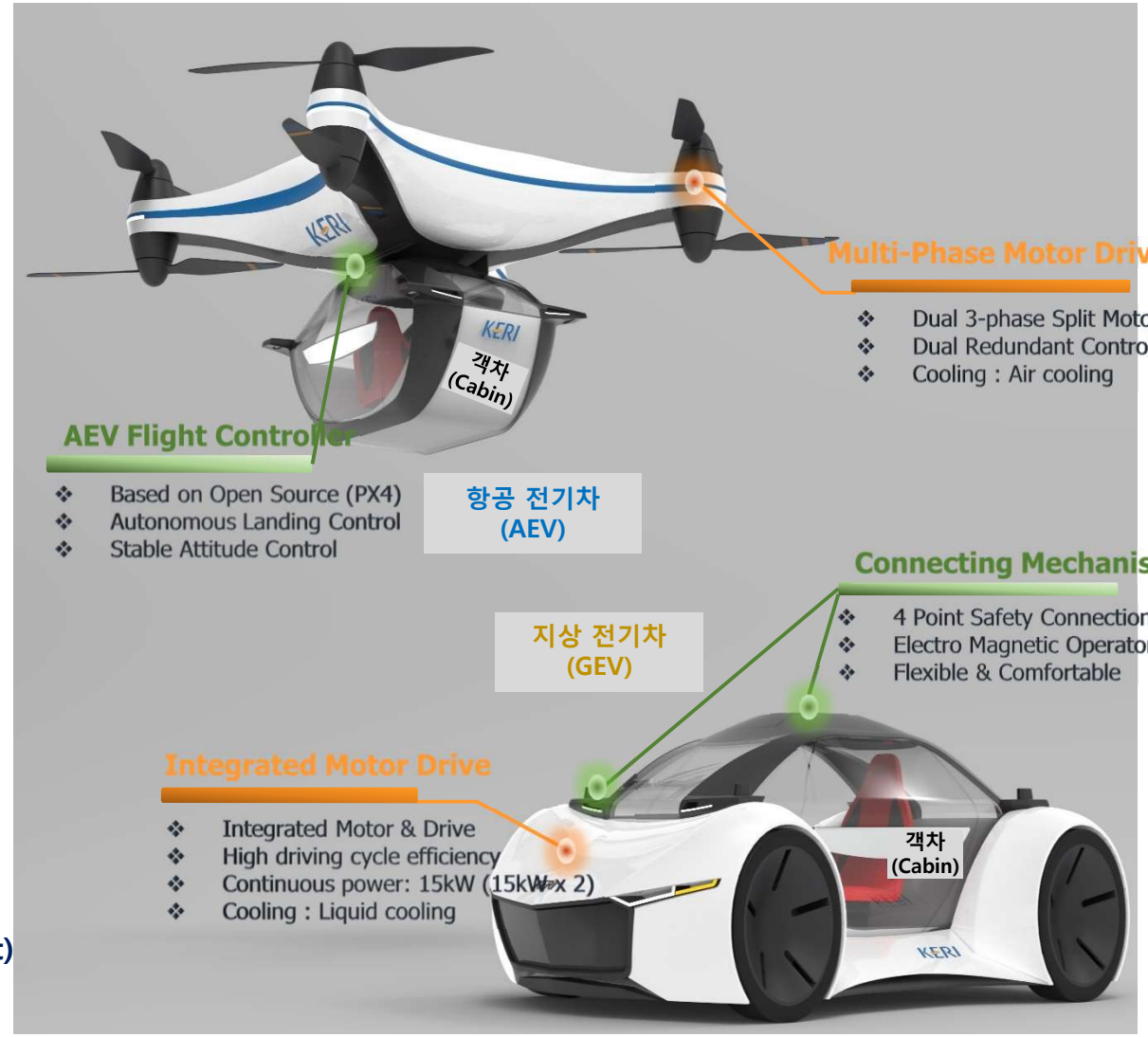
항공 전기차 (AEV)

항공 구동부 (Air Driving Unit)

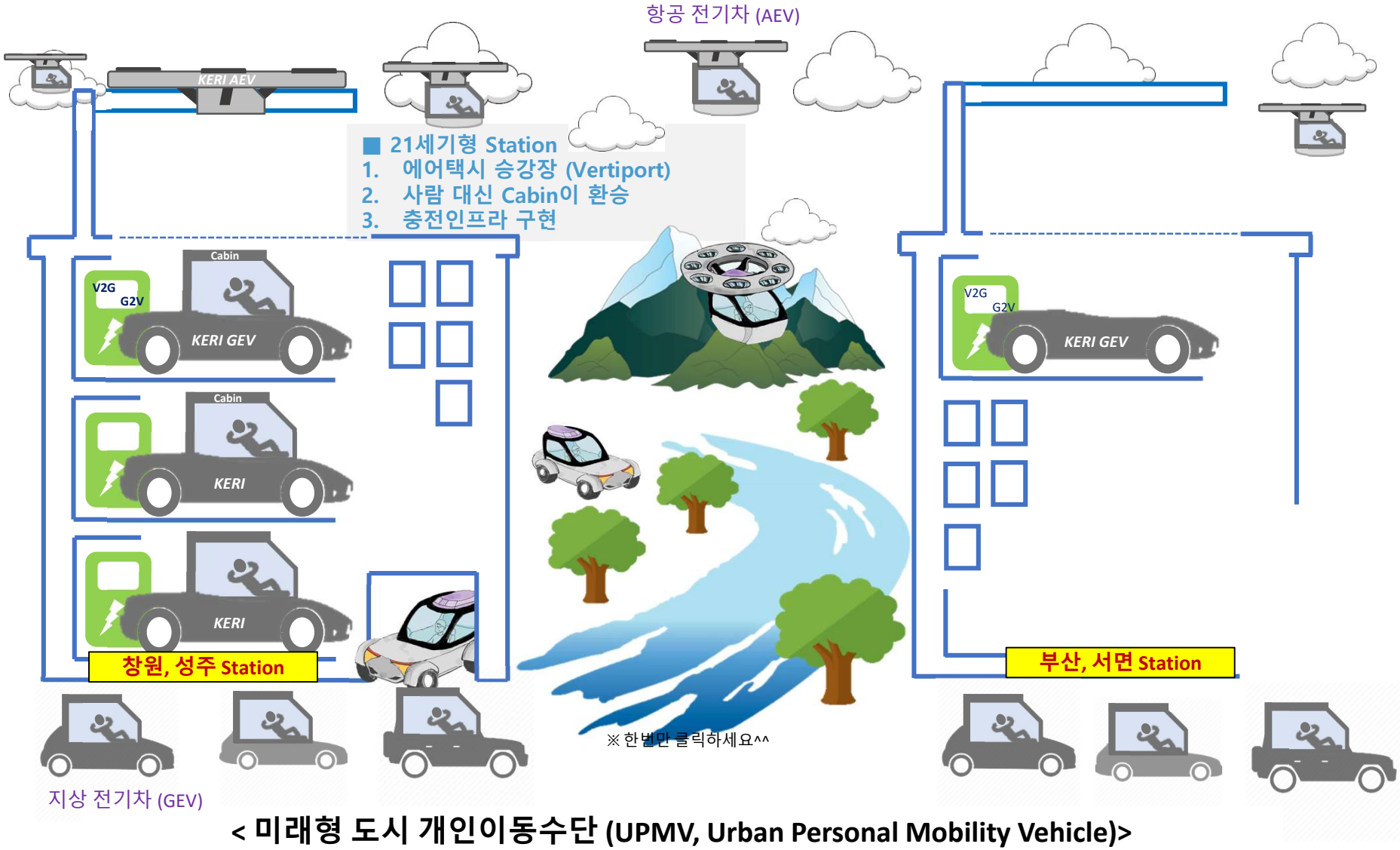
객차 (Cabin)

지상 구동부 (Ground Driving Unit)

지상 전기차 (GEV)



개념 설계 – 도심개인이동수단(UPMV)

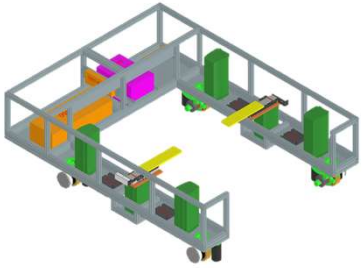


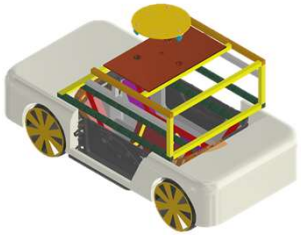
< 미래형 도시 개인이동수단 (UPMV, Urban Personal Mobility Vehicle)>

기술 개발 전략 설정

1. 축소모델 구현용 모바일스테이션 제작 및 기술구현

Mobile Station





지상전기차(GEV)

2. 축소모델 구현용 항공전기차(AEV) 제작 및 비행시험

3. 다상전동 프로펠러 추진기 개발 및 성능시험, 프로펠러 Dynamometer 구축

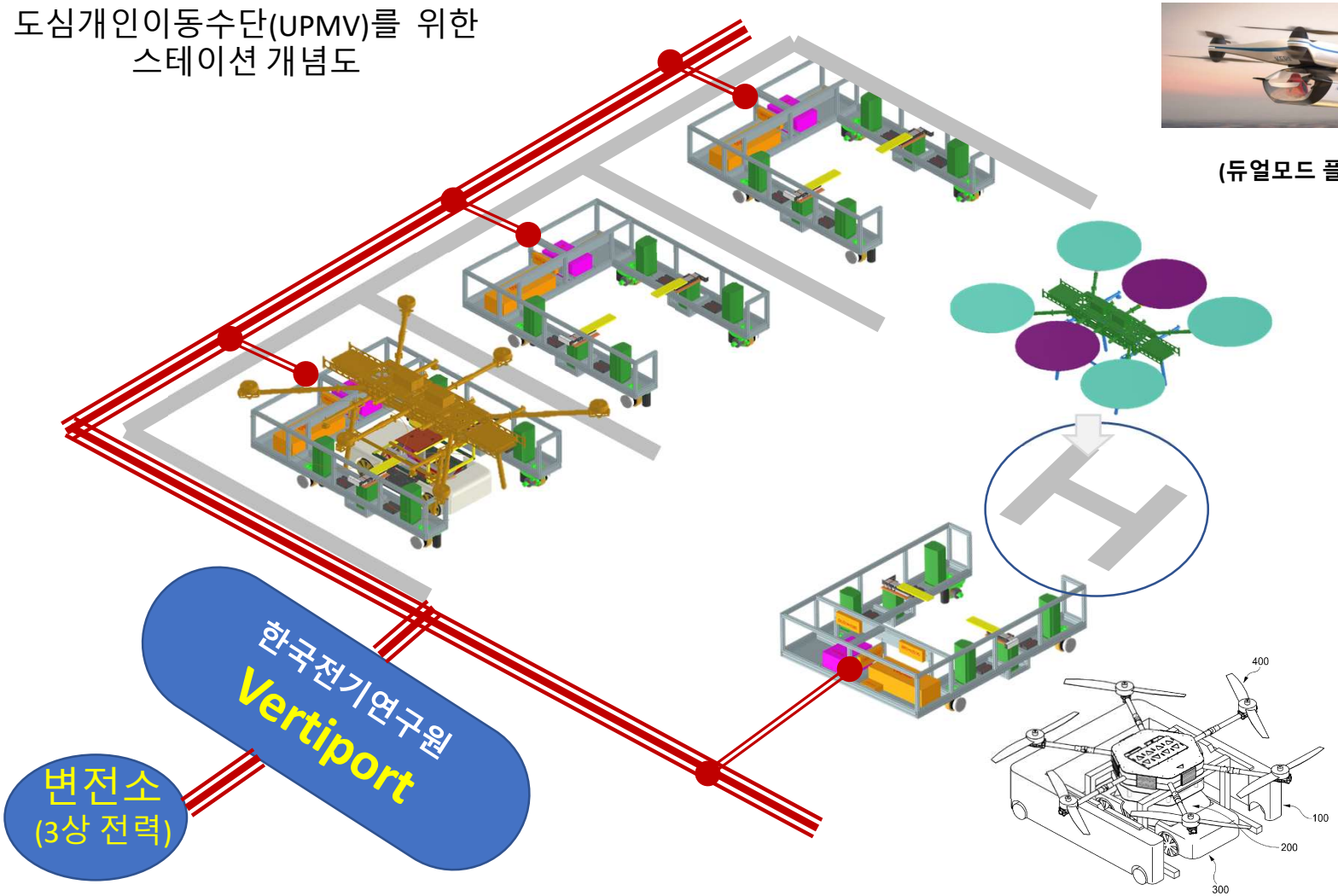
듀얼 드라이브(ESC)

듀얼 3상모터 (6상)

모바일 스테이션 개념

도심개인이동수단(UPMV)를 위한
스테이션 개념도

(듀얼모드 플라잉카)



모바일 스테이션 기술 시연

핵심 기술 정립

< 듀얼모드 플라잉카 >

<듀얼 3상 전동기>

구분	성과목표		실적
기술적 성과	최종	미래형 '도심개인이동수단(UPMV)'의 설계 및 축소모델 구현을 통한 전기추진 핵심기술 개발	▪ 플라잉카 구조 관련 특허 3건 ▪ 도심개인이도수단(UPMV)의 개념 설계 및 3D 목업 제작 ▪ 축소모델 형태의 지상전기차 및 항공전기차 사양결정 및 1차 시작품 제작 ▪ 항공전기차 시작품 비행시험 ▪ 다상전동기 및 드라이버 설계/제작/시험(3kW급)
	상세	- 미래형 '도심개인이동수단(UPMV)'의 개념 설계 - 축소모델 구현용 항공전기차(AEV) 설계 및 구성품 선정 - 다상전동 프로펠러 추진기 사양 결정 및 설계	
기술 소개			

< UPMV 개발 사양

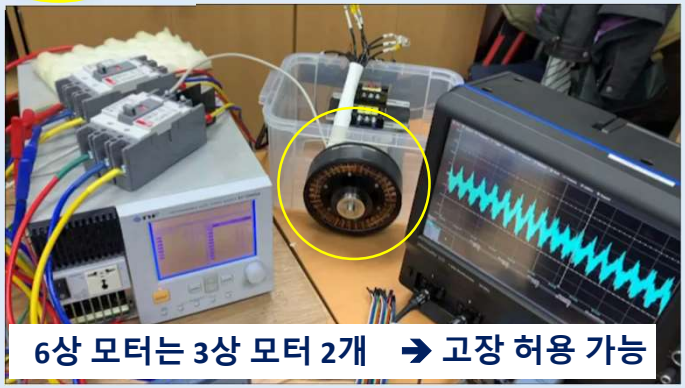
(Urban Aerial Mobility)

(Urban Ground Mobility)

항공전기차 비행시험

프로펠러 다이나모미터

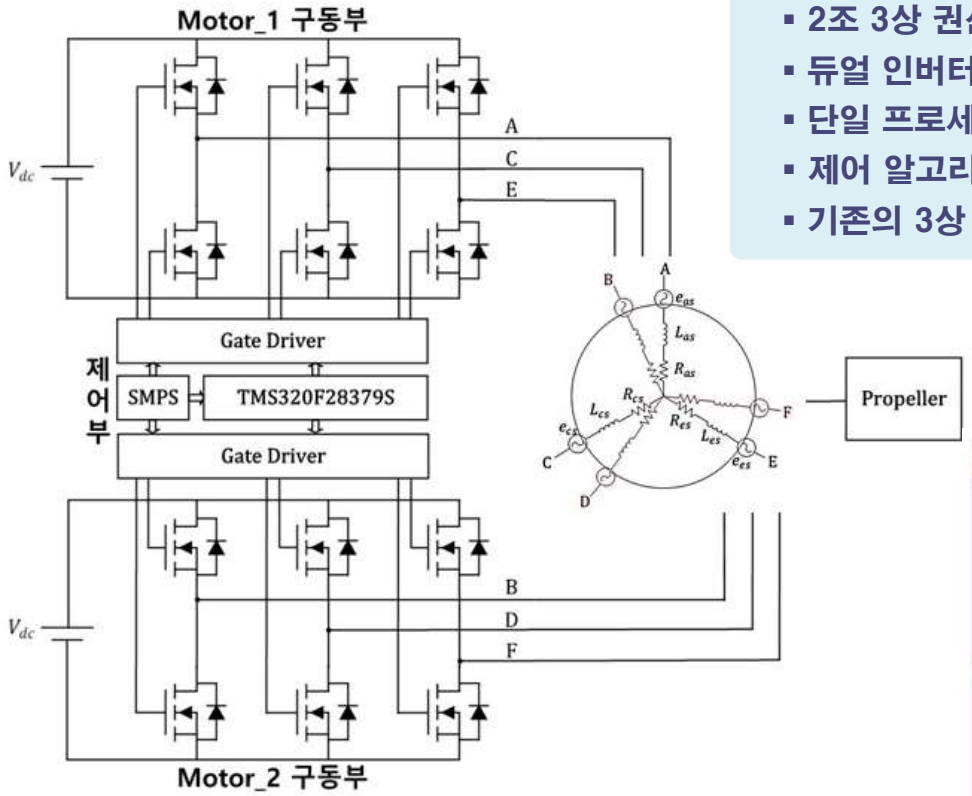
다상 (6상) 전동기 설계



6상 모터는 3상 모터 2개 ➔ 고장 허용 가능

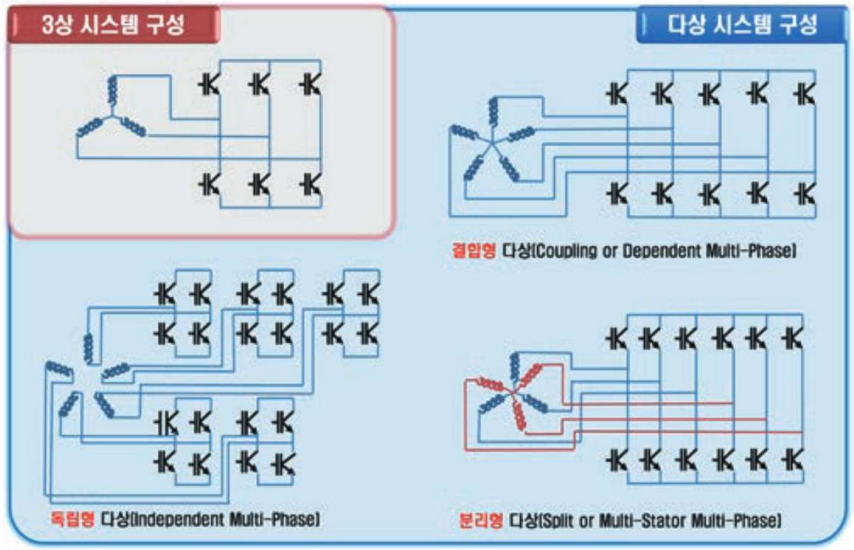
Dual 3-Phase Motor 추진시스템

Dual 3-Ph Motor 추진 시스템 구성도



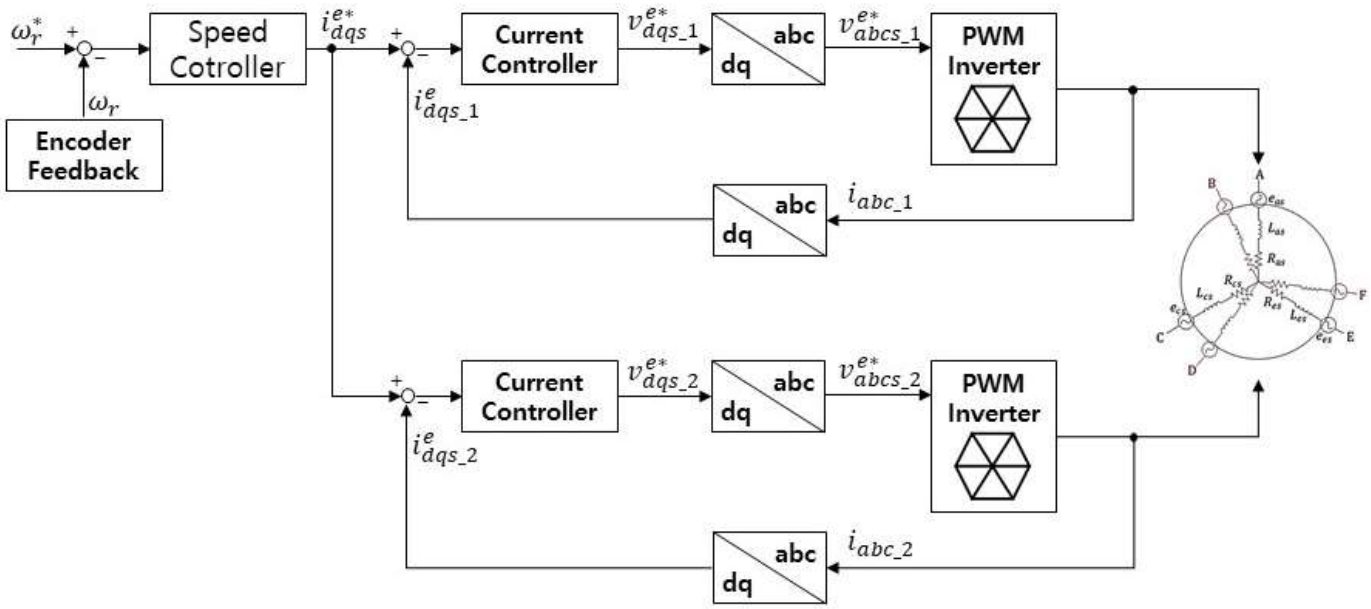
- **2조 3상 권선의 위상차 30°** (비대칭 Split 형태)
- **듀얼 인버터로 구성**
- **단일 프로세서 사용** (Gating signal, PWM delay)
- **제어 알고리즘 적용을 통해 고장허용 구동 시스템 구성 용이**
- **기존의 3상 제어 알고리즘 적용 가능**

3상 시스템 VS 다상 시스템 구성도



듀얼 드라이브(ESC) 제어 블록도

Dual d-q축 전류 제어기 블록도



- Switching Frequency : 20kHz
- Speed Controller Time Sampling : 1.25kHz
- Current Controller Time Sampling : 12.5kHz

듀얼 드라이브(ESC) 제작

Dual Drvier 타입의 ESC 하드웨어 구성

▪ Control Board

- DSP_(TMS320F28379S)
- Current Sensor_(LESR 50-NP)
- Encoder
- HMI Port_(Keypad)

▪ Power Board

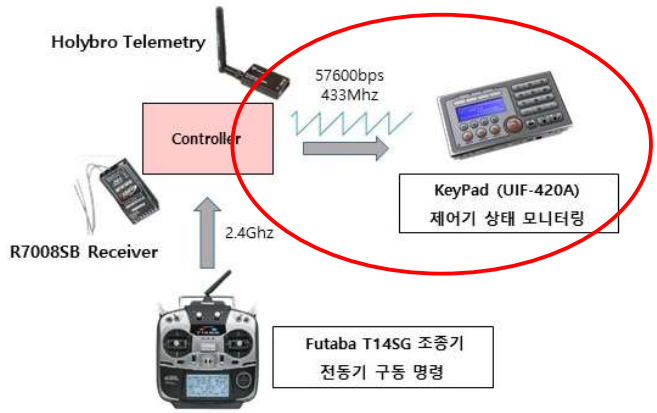
- MOSFET_(IPB065N15N3GA)
- Gate Driver_(UCC27714DR)

▪ Heat Sink

추가 구성품

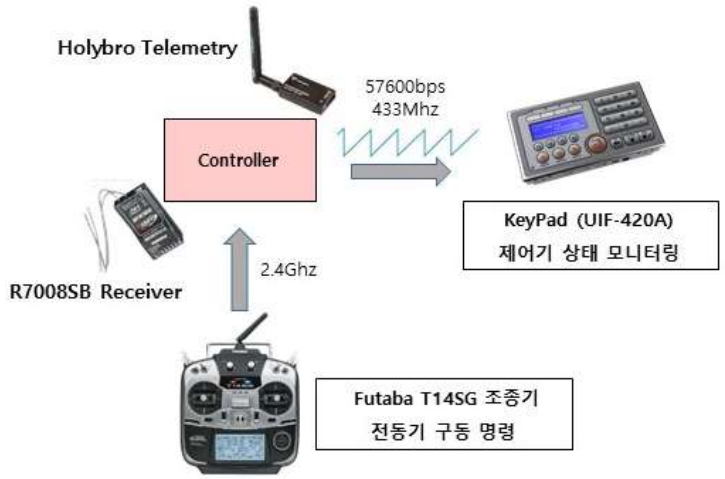
▪ Operator & Monitoring

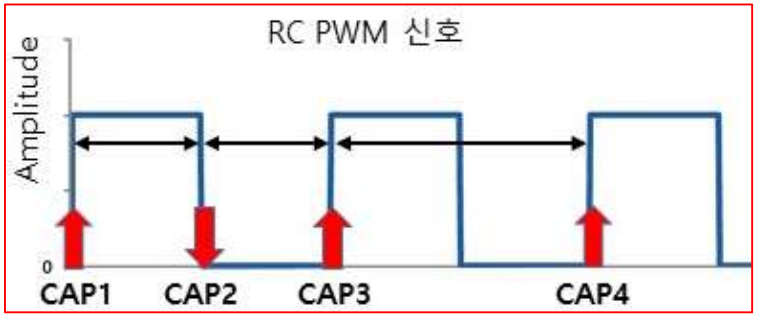
- Holybro Telemetry – Keypad
- Operate ESC
- Voltage / Current
- Speed



RC PWM 신호 처리 – eCAP 기능 사용

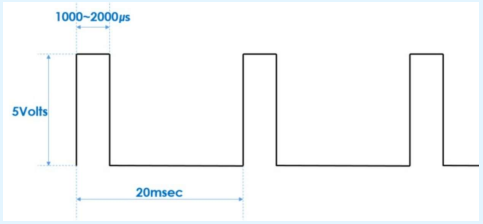
조종기 – 제어기 통신 Block diagram



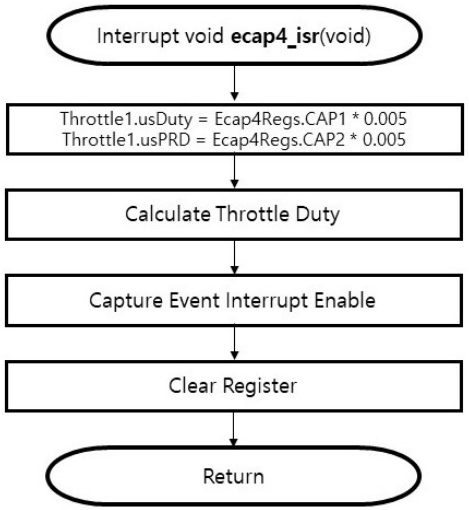


- **CAP1(Rising Edge) – Period Count**
- **CAP2(Falling Edge) – Duty on time Count**

- RC PWM



- 일반적인 주기 20ms
- Duty on Range : 1ms – 2ms
- Duty ratio = Speed Command

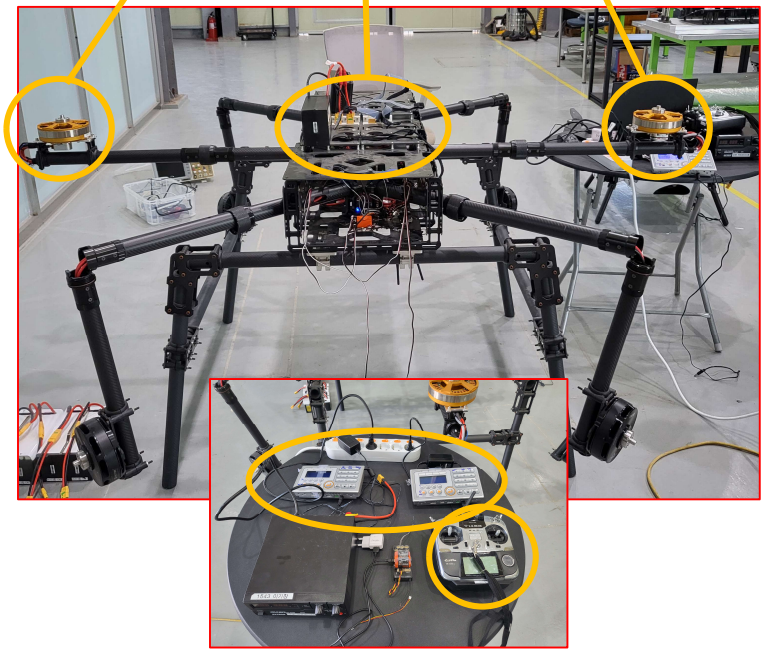


비행 시험

» 듀얼드라이브(ESC) + 듀얼3상전동기(6상전동기) + 40” 프로펠러

▲ 헥사콥터드론(항공전기차) 비행시험 실시

- 듀얼3상 영구자석 동기전동기 2대 적용
- Dual Driver 타입의 ESC 2대 적용



Chapter 2

무인항공기용 전기추진 기술

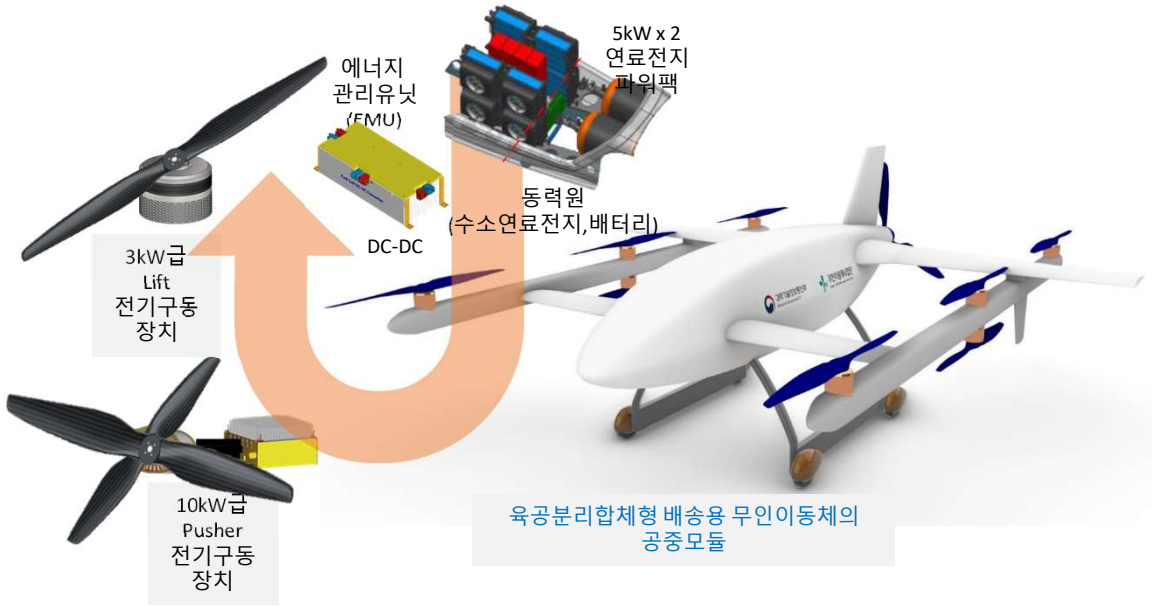
이동수요 맞춤형 고출력 전기구동장치 개발

연구개발 최종목표

- 미래 무인이동체를 위한 고출력 직접구동전동기 및 에너지관리시스템을 개발하고, 이를 이용한 공중 무인이동체용 분산전기추진시스템 개발

세부 목표

- 무인이동체 적용 목적의 에너지관리시스템 개발 및 분산전기추진 HILS 개발
- 정격출력 3kW/10kW급 경량/고출력 다상 영구자석전동기(PMSM)와 다중화 드라이브의 개발 및 개발품의 육공분리합체형 공중모델 기술실증기 적용 시험



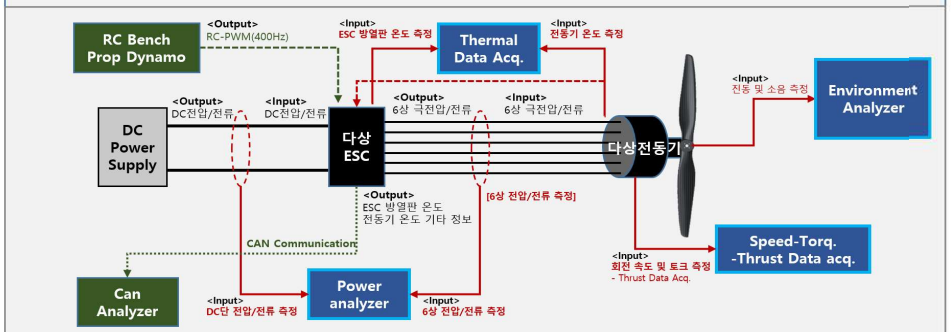
육공분리합체형 배송용 무인이동체의 공중모듈

3kW급 완성시제 장착 예상도

기술개발 내용(1)

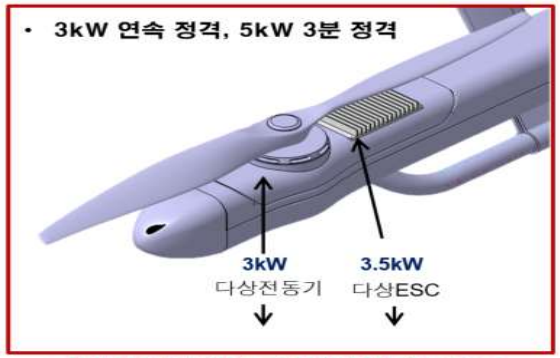
130kg급 공중 모듈의 Lift-프롭용 모터 개발

기술실증-전기구동장치 (시연 당일)



- 전기구동장치 프로펠러 연동 시험
  - eVTOL용 3kW급 다상 전동기와 3.5kW급 다상 ESC 이용하여 프로펠러 연동 실험 및 출력 성능 검증
  - 전기구동장치 구동 중 온도, 전류, 전압, 속도 등 측정하여 데이터 취득 → 인버터, 전동기 효율, 출력 파워, 추력 계산
  - 운전조건(연속정격 3kW)

기체요구도를 만족하는, Lift 프롭용 전동기 개발

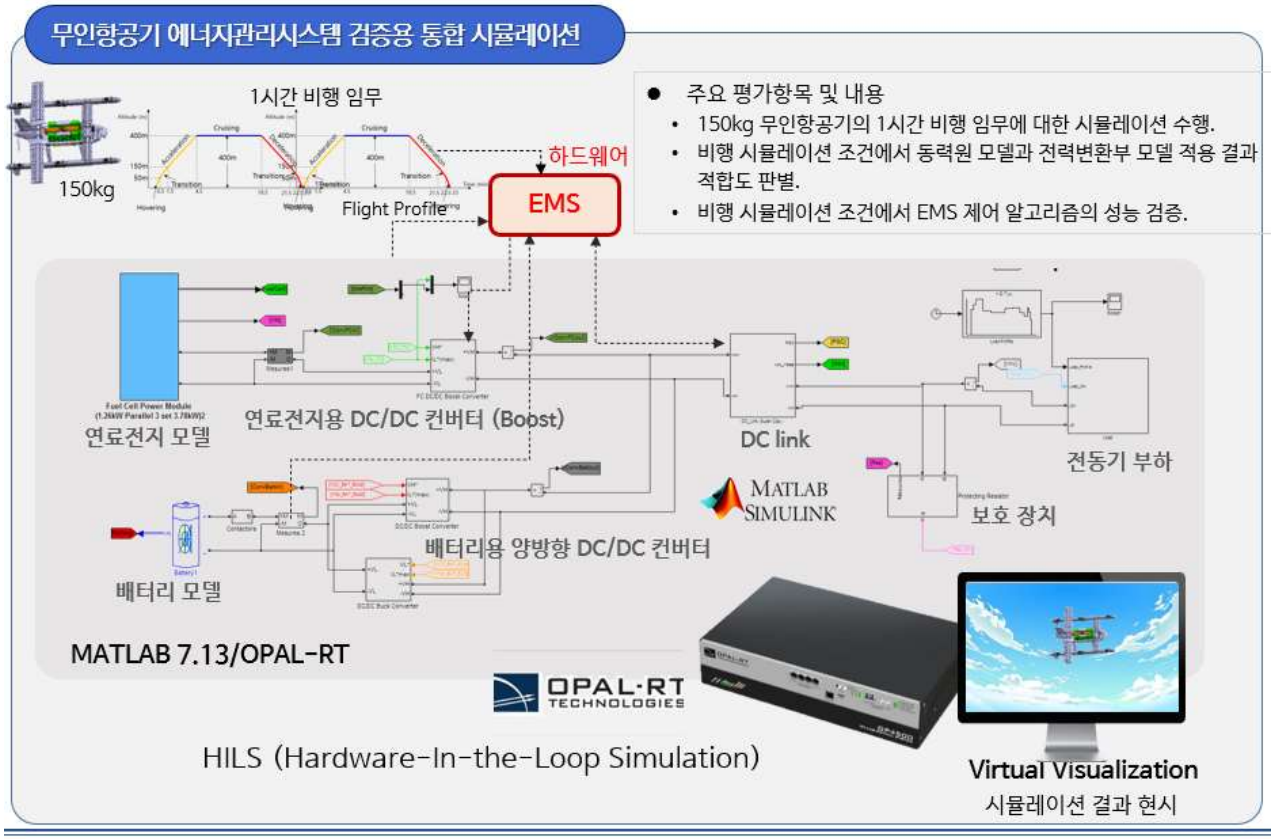


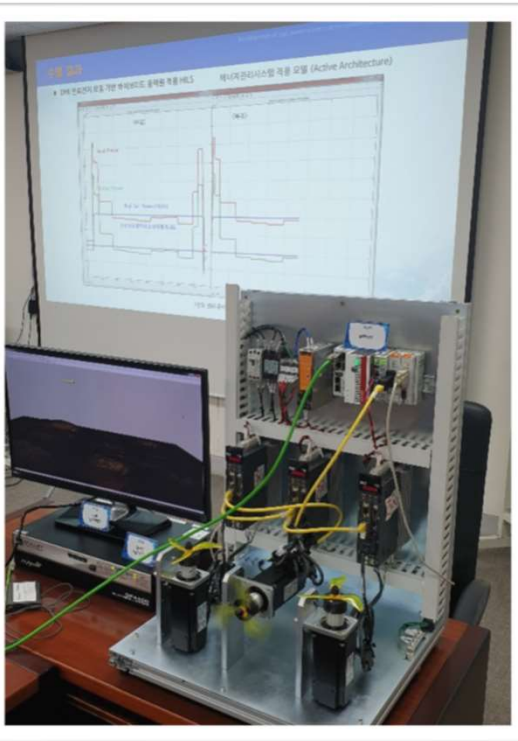
< Lift-프롭 전기구동장치 장착 예상도 >

기술개발 내용(2)

무인항공기 에너지관리시스템 검증용 통합 시뮬레이션

- **연료전지 하이브리드 시스템 모델링, 실시간 에너지관리 알고리즘 구현**
- **2단계 시뮬레이션 환경 업그레이드 예정 (최신 Matlab버전 / Speedgoat 실시간 시뮬레이터)**

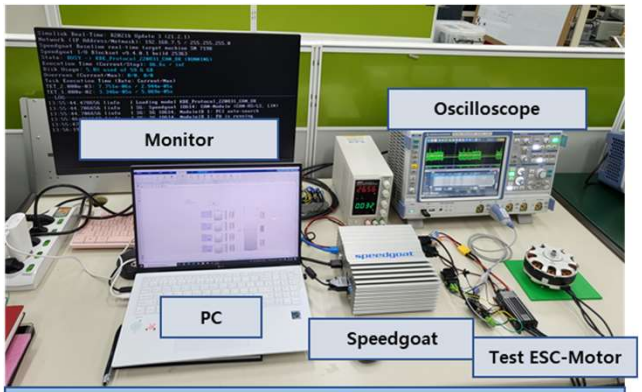




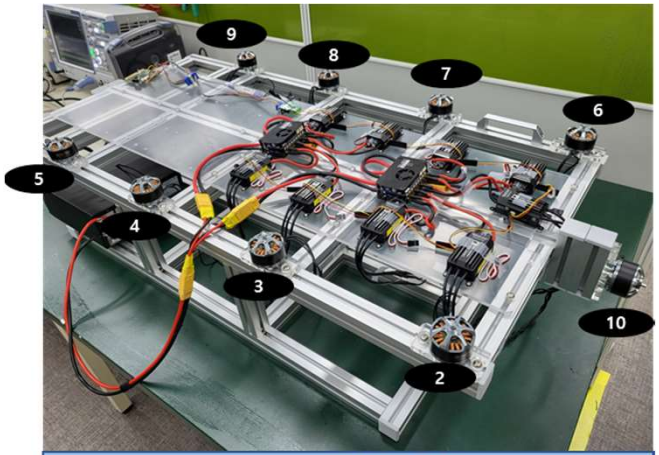
기술개발 내용(3)

전기구동장치 HILS 구현 (제어용 통신)

- **에너지관리시스템 실증 HILS, 분산전기추진 HILS 구축을 위한 토대 마련**

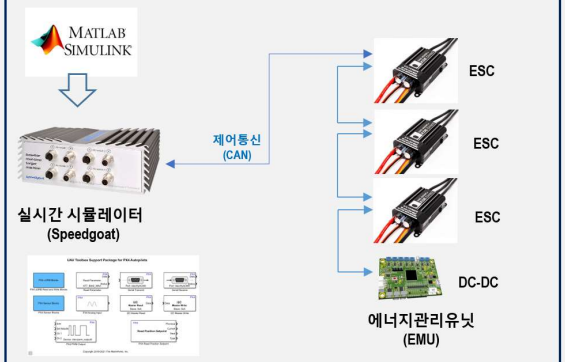


KDECAN TEST Setup 사진



KDECAN 제어통신 구현

전기구동장치 HILS 개발 (제어통신, 모델링)

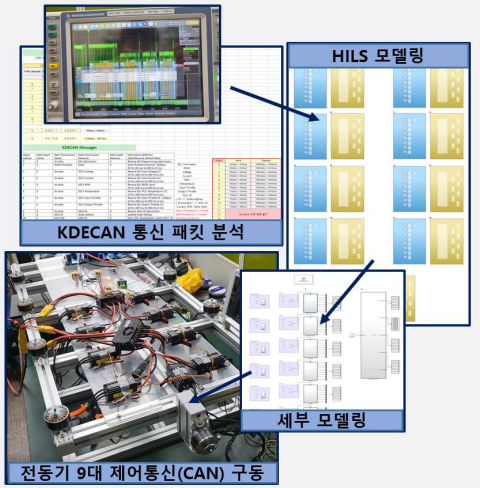


전기구동장치 실증용 HILS 개발

- 에너지관리유닛의 (EMU) 기능 확인
- 제어통신(CAN) 구현 및 실시간 동작 확인
- DC-DC컨버터의 성능확인 (별도시험)

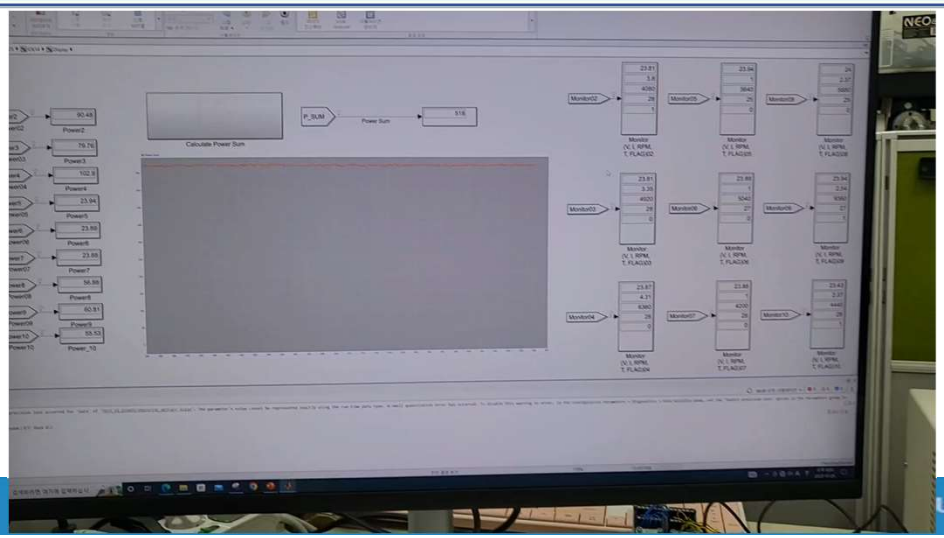
➢ **실시간시뮬레이션 사용 장비**

- 실시간시뮬레이터 : Matlab – Speedgoat / IO614 CAN Board 이용
- KDECAN 통신가능한 KDE-UAS40UVC 사용
- T-motor 사용



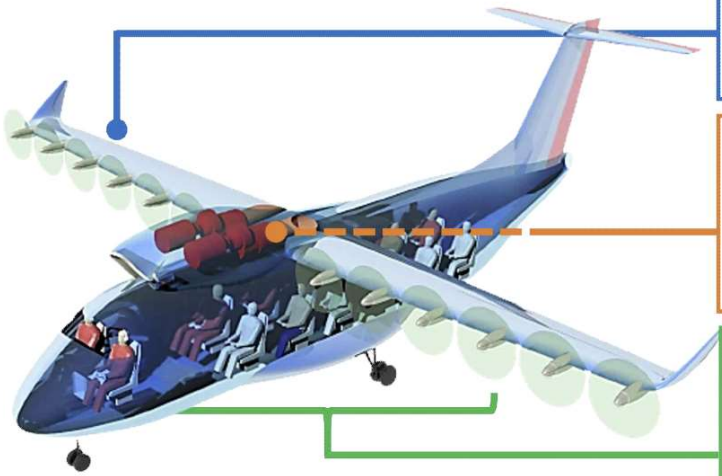
➢ **실시간시뮬레이션 정보**

- KDECAN data rate : 1Mbps
- KDE ESC Firmware version : D460335 (DFU 파일)
- CAN2.0A
- ESC 9대 제어



Chapter 3

수소연료전지 기반 하이브리드
분산 전기추진 시스템을 활용한 커뮤터기



<분산 전기추진시스템>
- 효율적 에너지관리를 통한 연료효율 증가
- 추력분산 효과로 인한 기내 소음 감소
- 혁신기술 적용을 통한 단거리 이착륙 구현

<항공용 수소연료전지 하이브리드 시스템>
- 수소연료 사용으로 인한 온실가스 무배출
- 고에너지 밀도 기반의 임무수행능력 증가
- 비행환경 대응 가능 하이브리드 시스템

<저탄소·저소음·고성능 커뮤터기>
- 단거리 이착륙을 통한 지역 간 연결성
- 기존 항공기 대체하는 새로운 항공기
- 기술확보를 통한 국가 경쟁력 제고

[수소연료전지 기반 하이브리드 분산 전기추진 시스템을 활용한 커뮤터기의 개요]

지역혁신 메가프로젝트 과제 개요

최종 목표

수소연료전지 기반의 분산전기추진을 이용한 하이브리드
단거리 이착륙 19인승 커뮤터기 기술

단계 목표

1단계('23~'25)	2단계('26~'28)	3단계('29~'32)
테마검증 및 원천연구	전략원천기술개발·실증	지역기술공급·확산
▪ 항공용 액화수소 저장탱크 개념/상세설계 ▪ 비행환경을 고려한 연료전지 동력관리분배시스템 개발 ▪ 커뮤터기 기본설계, 시장조사, 국내외 교류 네트워크 구축	▪ 액화수소연료전지 동력시스템 지상 테스트 수행 ▪ 분산전기추진시스템 및 분산제어 원천기술 시험/실증 ▪ Iron Bird 테스트, 커뮤터기 기술 실증 및 성능 고도화	▪ 항공용 액화수소연료전지 저장탱크 기술 이전 및 사업화 ▪ 분산전기추진시스템 기술 사업화 및 타사업 연계 공급 ▪ 커뮤터기 축소기 제작 및 시험평가, 사업화 추진

핵심 성능 지표

- 항속거리: 500~1,000 km ▶ 국내 주요 공항과 한-중-일-대만 항공노선(300~1,000 km) 커버 가능
- Payload: 2,400 kg (총 중량의 약 30%) ▶ Part 23급(19인승; 총 중량 < 8,260 kg (19,000 lb)) 커뮤터급 민수 항공기 시장진출 교두보
- 이륙거리: 500~800 m ▶ 단거리 이착륙 가능, 기존의 공항 인프라와 공유 가능
- 탄소배출: 화석연료 항공기 대비 75~90% 저감효과 ▶ 지속 가능한 친환경 항공기 "NewAviation"
- 안전/소음: 분산전기추진(Redundancy), < 75 dB 수준의 소음 ▶ 기존 항공기 대비 90% 저감효과

지역혁신 메가프로젝트 사업단 구성도

핵심기술 I
항공용 수소연료전지 하이브리드 동력시스템
- 항공용 액체수소 저장탱크 설계 기술
- 항공용 고효율 수소연료전지재료
- 수소연료전지 동력시스템 기술 실증

핵심기술 II
분산 전기추진 시스템
- 커뮤터기 분산 전기추진 시스템 설계
- 전기구동장치 Prototype 개발 및 실증 연구
- 분산추진 제어입력 최적 분배 알고리즘

핵심기술 III
저탄소·저소음·고성능 커뮤터기
- 수소연료전지 기반의 커뮤터기 다학제설계
- 단거리 이착륙을 위한 고양력 추진장치 기술
- 저탄소·저소음·고성능 커뮤터기 설계 및 실증

테마검증 및 원천연구
- 항공용 액체수소 저장탱크 설계
- 비행환경 연료전지 동력시스템
- 단거리 커뮤터기 다학제 설계

전략원천기술개발·실증
- 저중량 액화수소 저장탱크 실증
- 최적분산제어 알고리즘 실증
- 고양력 추진 기술 고도화/실증

지역기술공급·확산
- 설계, 제작 및 설계 검증 수행
- 핵심기술 통합 실증 시험 평가
- 산학연 연계 사업화 추진

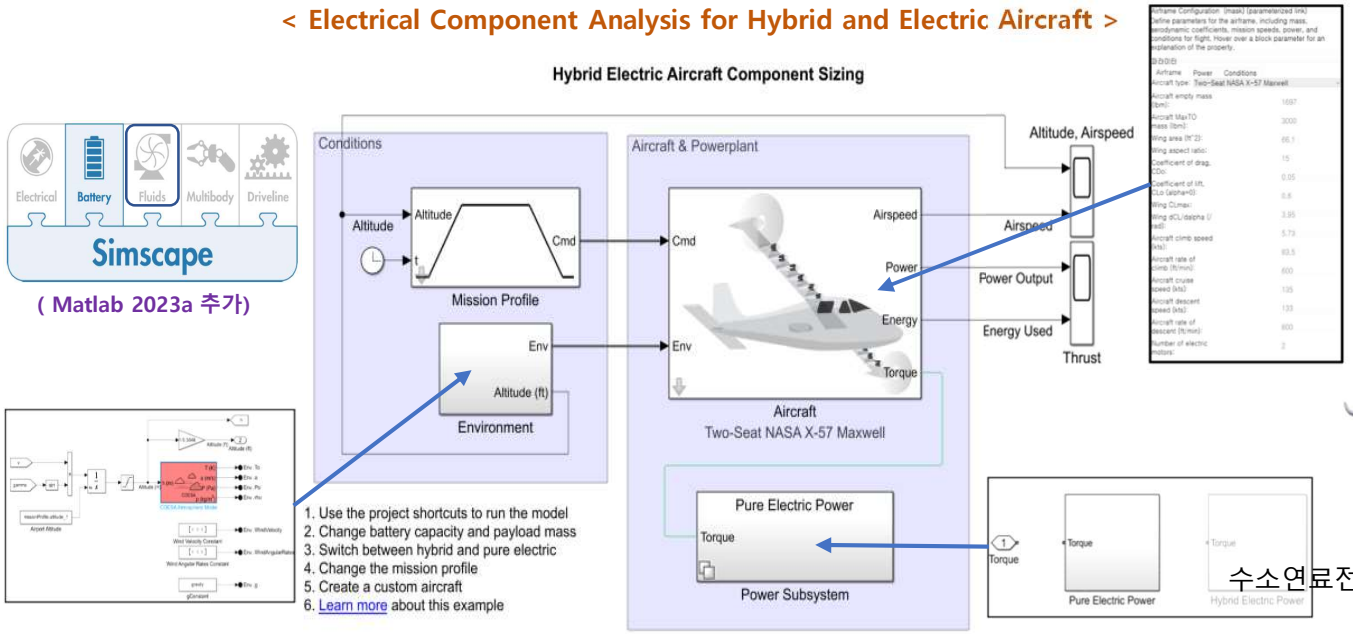
[연구개발과제의 최종 목표]

분산전기추진 시스템 개발 (안)

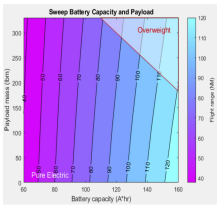
1차년도 연구개발 주요 개발 내용(구성요소 분석 및 핵심요소기술 정의)

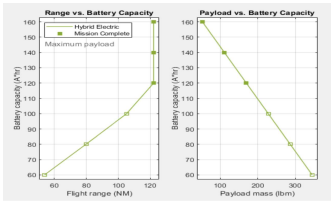
- **세부 내용 : 단거리 이착륙기의 추진시스템 기본 사양 선정**

< Electrical Component Analysis for Hybrid and Electric Aircraft >

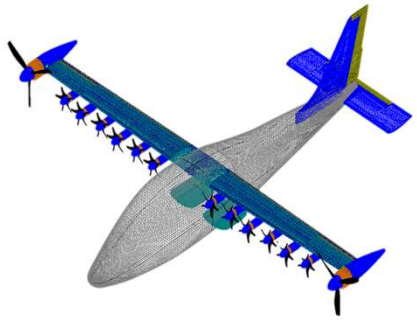


출처: https://kr.mathworks.com/help/aeroblks/Electrical-Component-Analysis-Hybrid-and-Electric-Aircraft.html?searchHighlight=electric%20aircraft&s_tid=srchtitle_electric%2520aircraft_1





eSTOL 커뮤터기 개발 현황



수소연료전지

< eSTOL 분산전기추진 커뮤터기 실증기 >
< 다학제 연구 필요함 >

지금까지 경청해 주셔서

감사합니다