

# 무인항공기 지상통제체계 무중단 운용을 위한 전원 설계

정재명, 정현대, 김혜인, 성경훈, 고정환  
LIG넥스원 지상통제연구소. 2팀

## Power supply design for uninterrupted operation of UAV Ground Control System

Jaemyeong Jeong, Hyuntae Jeong, Hyein Kim, Kyunghun Sung, Jeonghwan Ko  
Ground Control System LAB of LIG Nex1

### ABSTRACT

무인기를 운용하는 헬터 기반의 지상통제체계는 예기치 못한 전원 고장(전원 공급 부 고장, 예기치 못한 정전, 타기지 전개 훈련 및 전시 상황 등)은 무인기의 통제를 잃어 큰 사고로 이어질 수 있다. 이를 위해 지상통제체계는 UPS, 발전기, STS(Static Transfer Switch)로 전원 다중화 설계되어 있다.

본 논문에서는 무인기 지상통제체계의 전원 제한 요소를 고려하여, STS 고장시 Bypass 운용 방안과 STS의 사이리스터(SCR)의 자동절체 동작 파형을 확인하였다.<sup>[1]</sup>

### 1. 서론

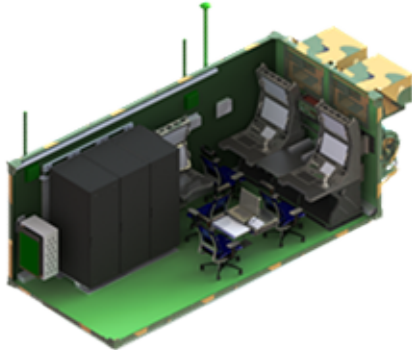


그림 1 무인기 지상통제체계

무인기를 운용하는 지상통제체계의 전원 고장은 무인기 데이터링크 두절, 통제 상실, 데이터 손실로 이어진다. 이는 무인기가 임무 수집, 정찰, 계획된 임무를 수행하지 못하며, 무인기의 안전성 감소로 이어진다. 이러한 문제들을 고려하여, 무인기 지상통제체계의 전원 설계는 무중단 운용이 가능하도록 높은 신뢰성 전원 공급 방식과 긴급 상황에 대비한 자동 절체 시스템을 요구되고 있다. 이를 위해 다양한 전원 공급 솔루션을 활용하고, UPS와 군용 30kW 디젤 발전기, STS를 기반으로 한 다중화 전원 절체 시스템 설계를 통해 전원 공급의 신뢰성을 높이하고자 한다.

본 논문에서는 여러 제한 요소를 고려한 다중화 전원 공급 방안과 무중단 운용을 위한 STS의 SCR(Silicon Controlled Rectifier)를 활용하여 비상시 전원 소스 간의 자동 절체 기능

을 구현함으로써, 전원 공급에 문제가 발생하더라도 내부 전원 시스템의 무중단 운용이 가능한 것을 확인하였다.

### 2. 지상통제체계 전원 계통

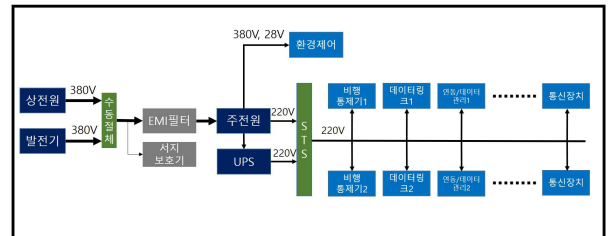


그림 2 지상통제체계 전원 계통

#### 2.1 지상통제체계 전원 계통

지상통제체계는 STS에 주전원과 UPS 두 개의 전원으로 이중화 되어 있다. STS에서 센서를 통해 전원 고장을 판단하여 두 개의 전원을 10ms내에 절체를 하여 장비의 무중단 운용하고 있다. UPS는 15kW급의 용량을 가지고 있으며 이는 장비 부하의 최소 30분 이상의 전원이 공급 가능하다. 이후 비상발전기 30kW 디젤 발전기 운용을 통해 상전원 정상동작까지 전원을 공급하고 있다.

### 3. STS 동작

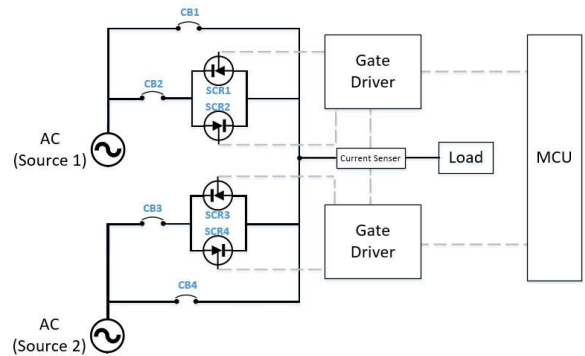


그림 3 병렬 SCR 기반의 STS 블록 다이어그램

#### 3.1 사이리스터(SCR)

SCR이란 실리콘 제어 정류 소자를 말하며, 사이리스터

(Thyristor)라고도 한다. 반도체 정류 소자로서 응답속도가 빠르고 대전력을 제어할 수 있고 수명이 긴 특징을 가지고 있다. PNP의 4중 구조를 가지고 있으며, PNP트랜지스터와 NPN트랜지스터를 조합한 복합회로와 동일하다. 게이트에 일정한 전류를 통과시키면 양극과 음극간에 도통(Turn on)되고, 정지(Turn off)하기 위해서는 양극과 음극간의 전류를 일정치 이하로 할 필요가 있다. 한번 도통시키면 통과전류가 0이 될 때까지 도통 상태를 유지해야 하는 곳에 사용된다. 특히 대전력을 제어할 경우 전류0이 되면 정지(Turn off)되기 때문에 서지 방지에 뛰어나다.

### 3.2 STS 동작순서

- (1) STS는 전류 센서를 통해 전압 품질을 지속적으로 모니터링 한다. 사전 설정된 임계값 이하로 떨어지는 경우 STS는 전원 절제를 시작한다.
- (2) 전압 하락 또는 완전한 정전이 감지되면, MCU에서 게이트 드라이버를 통해 SCR를 트리거하게 된다. AC(Source 1), AC(Source 2)와 연결된 SCR은 게이트 되고, AC(Source 1)와 연결된 SCR은 꺼지게 된다.
- (3) 중단 및 손상을 최소화하기 위해, 스위칭은 AC신호의 제로 크로스 지점에서 발생하게 된다. 이는 과도 현상 및 전기적 노이즈의 가능성을 줄여준다.
- (4) Load에 AC(Source 2)와 동기화된 후 SCR이 동기화되게 된다. 이는 위상 불일치 및 전력 품질 문제를 피하기 위해 필수적이다.

### 4. STS 시뮬레이션

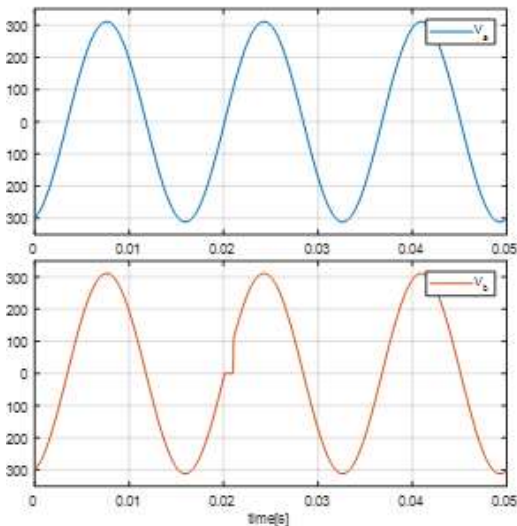


그림 4 정상상태 파형과 STS 동작 파형 비교

$V_a$ 는 AC(Source 1)의 정상 교류 파형을 나타내며  $V_b$ 는 STS의 동작 파형을 나타낸다.  $V_b$ 에서는 0.02s에 임의로 전원 고장을 발생시켰고 그림2의 SCR3과 SCR4가 동작하여 1ms이내에 전원 절제의 파형을 확인할 수 있다. 지상통제체계에서는 장비와 서버의 전원 절제를 10ms 내에 절제가 가능해야 무중단 운영이 가능하다. 해당 그래프를 통해 STS가 요구 조건을 충족시킬 수 있는 것을 확인할 수 있다.

### 4. STS 고장을 고려한 전력 계통 구성

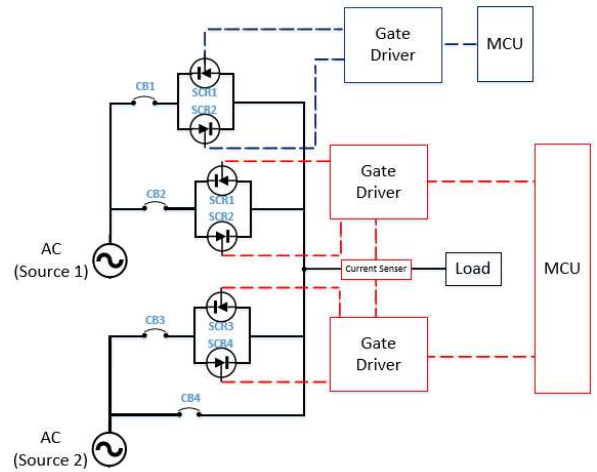


그림 5 STS 고장 상황을 고려한 다중화 전력 계통

그림5는 전원 다중화 구조로 STS 고장을 고려한 블록 다이어그램을 나타낸다. 지상통제체계에서는 STS 외에는 별도의 전원 경로가 없어 STS의 고장은 치명적이다. 이를 대비하여 추가 SCR 회로를 구성하여 다중화된 전력 계통을 제안한다. 이는 AC(Source 1), AC(Source 2)를 이중화하는 STS의 고장을 대비할 수 있다.

### 3. 결론

본 논문은 무인항공기 지상통제체계에서 전원 고장으로 인한 운용 중단을 방지하기 위한 전원 설계 방안을 제시하였다. 특히, STS를 이용한 사이리스터 기반 자동절체시스템의 구현을 통해, 양방향 전류 제어가 가능한 역병렬 SCR 구성의 효율성과 신뢰성을 검증하였다. 이 시스템은 비상시 두 개의 독립된 전원 소스 사이에서 1ms 이내에 전환을 수행하여 외부 전원 공급에 문제가 발생해도 지상통제체계의 무중단 운영을 보장한다. 또한 STS의 고장을 고려한 다중화 전원 구성을 제안하여, 여러 전원 고장 대책 방안을 제시하였다.

### 참고 문헌

- [1] 정소영, 임경미, 박승상 “실용적인 무인기 통제장비 전원 공급부 강건 설계 고려사항”. 한국군사과학기술학회 종합 학술대회, 2021
- [2] 황동주, “소형STS를 이용한 UPS출력의 이중화”, 대한전기학회 2005.
- [3] P. C. Loh, D. G. Holmes, “Analysis of multiloop control strategies for LC/CL/LCL-filtered voltage-source and current-source inverters”, IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol 41, No. 2, pp. 644-654, 2005.
- [4] <https://www.vertiv.com/en-emea/products-catalog/critical-power/power-transfer-switches/#/>