

## 인천국제공항 항공등화 시설 운영현황

\* \* 신형철

정수용

인천국제공항공사 차장,

국토해양부 서기관

### 1. 개 요

항공등화설비는 항공기의 안전한 이착륙을 위하여 사용하는 일반 전기설비에서는 사용하지않는 특수한 조명설비이며, 국제표준인 국제민간항공기구협약(ICAO)기준과 미연방항공청(FAA)기준에 적합하도록 제정된 항공등화설비설치기준(항공안전본부 고시)에 따라 설계를 하게 된다.

인천공항 항공등화설비는 전세계 공항중 유일하게 항공기 이착륙 상황에 따른 항공등화의 자동 점소등을 위하여 접근레이다 및 지상감시 레이다의 RAW-data를 이용하는 등 Full Option의 A-SMGCS를 채용하도록 설계되어 조종사, 관제사의 이용만족도 및 유지보수의 편리성, 경제성을 최대한 반영하여 설계하였다.

표 1. 인천국제공항 개요

구 분	1단계 ('92~'01)	2단계 ('02~'08)	계	
총사업비(억원) (국고지원비율)	56,323 (40%)	30,918 (33%)	87,241 (38%)	
시설규모	부지면적 (천m <sup>2</sup> )	11,724	9,568	21,292
	활주로(개)	2	1	3
	여객청사 (천m <sup>2</sup> )	496	166	662
처리능력	자유무역지역(천m <sup>2</sup> )	613	2,093	2,706
	운항(만회)	24	17	41
	여객(만명)	3,000	1,400	4,400
	화물(만톤)	270	180	450

표 2. 인천국제공항 활주로/유도로시설

구 분	내 용
활주로	평행 3본 (3750m X 60m)- 2본 (4000m X 60m)- 1본
유도로	평행유도로 6본
계류장	여객기용, 화물용, 제빙용

### 2. 인천국제공항에서의 기본설계 방향

#### 2.1 항공등화의 설계 기본 방향

- 1) 항공기 안전운항을 최우선 고려
- 2) 24시간 운영공항 특성고려
- 3) 차후 확장에 대비한 설계
- 4) 조종사에게 최고의 만족도 제공
- 5) 관제사에게 관제 업무 경감
- 6) 유지보수의 편리성
- 7) 전원선로 및 control device의 수용이 가능한 deep base설치

#### 2.2 제어설비 설계의 기본 방향

- 1) 조종사에게 최종 목적지까지 안전한 이동 제공
- 2) one-display에 절차에 의한 관제 업무제공
- 3) Individual routing에 의한 항공기별 이동경로 제공
- 4) Real-time의 항공등화 점소등 제어/review
- 5) 각종 events에 신속한 대응

### 3. 항공등화설비

#### 3.1 항공등화시설개요

- 1) 등화 종류 : 활주로등의 24종 26,879등
- 2) 램프 수 : 41,216등
- 3) 회로구성 : 직렬
- 4) 전원공급 : 정전류조정기 330기
- 5) Transformer 및 ASD : 6.6A 용 26,879개

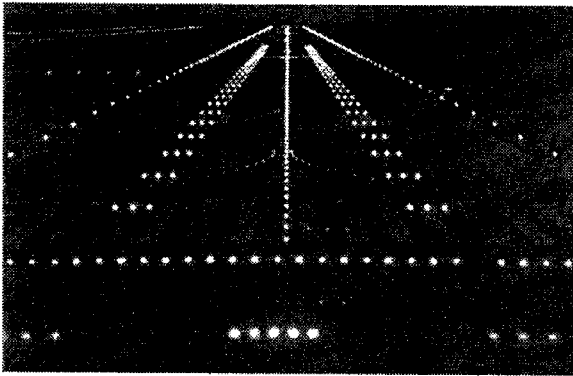


그림 1. 활주로 등화

#### 3.2 항공등화 구성 기본개념도

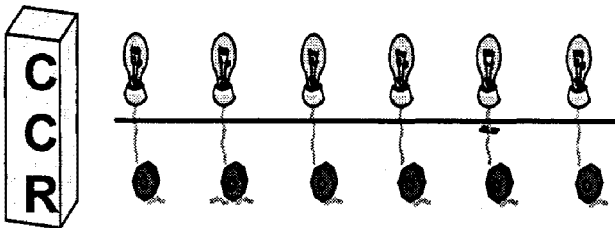


그림 2. 구성도

항공등화 선로는 장거리(3km~10km)에 전원을 공급하여 모든 등화가 동일한 밝기를 유지하여야 하므로 램프는 대체로 할로겐 램프를 사용하며, 전원공급은 정전류 방식을 사용한다. 정전류는 6.6A방식과 20A방식이 있으나, 인천공항에서 사용하는 방식은 6.6A방식이다. 항공등화의 점소등은 항공기상에 따라 밝기를 조절하여 사용하는데, 7단 조정 또는 5단 조정 방식을 사용한다.

#### 3.3 항공등화용 전원 케이블 및 접속재

항공등화용으로 사용하는 전원 케이블은 6.6kV CV 8mm<sup>2</sup> X 1C를 사용하고 있으며, 접속재도 고압 8mm<sup>2</sup>용을 사용하고 있다.

최근 IEC-KS규정에 의하여 전원케이블 규격이 6.6kV CV 6mm<sup>2</sup> X 1C가 규격품으로 개정되었으나, 후속적으로 개발되어야 하는 관련 접속재 및 Transformer의 lead wire 개발 등의 과제가 남아있고, 기존 제품과의 호환성 문제로 인하여 2단계까지는 6.6kV CV 8mm<sup>2</sup> X 1C를 사용하였다.

3단계에서는 국제규격(IEC)에 맞는 케이블을 사용하여야 하나 항공관련 국제기준은 개정이 되지 않은 상태이며 기존 제품과의 호환성과 접속재 및 Transformer의 lead wire 개발이 숙제로 남게 되었다.

항공등화용 회로는 최초 설치시에는 절연저항이 50MΩ이상을 유지하여야 한다.

#### 3.4 flat type의 매립형 항공등화 채용

매립형 항공등화는 지상 설치 높이가 인천국제공항과 같은 난이도가 높은 공항(활주로 시정 350m미만의 저시정 상황에서 운영 가능한 공항)에서는 활주로나 유도로 중심선등에 사용하는 항공등화는 포장면에서 12.5mm미만의 돌출이 허용된다. 이는 항공기가 활주로 노면에 접촉하는 순간 엄청난 접촉 충격이 조종사에게 가해지기 때문에 더욱 중요하다.

인천국제공항에서는 이러한 점을 감안하여 2단계 공사에서는 1/4인치(6.5mm)이하가 되도록 특수하게 제작된 flat type의 매립형 항공등화 채용하였다.

#### 3.5 항공등화의 설치 순서

- 통상 항공등화를 설치하는 순서는 다음과 같다.
- 1) 토목에서 동상방지층(린콘크리트)을 포설하고 다짐을 한다.
  - 2) 토목 측량 기준점을 기준으로 항공등화 설치 위치를 측량하고 야장에 기록한다.
  - 3) 배수관로 설치를 위하여 금긋기를 하고 배수관로용 터파기를 한뒤 배수관을 설치한다.
  - 4) 배수관이 정밀하게 시공되었는지 재 측량을 한다.
  - 5) 토목에서 보조기층(쇄석골재 or 린콘크리트)를

포설하고 다짐작업을 시행한다.

- 6) 1차 측량 데이터를 기초로 항공등화 설치 위치를 2차 측량하고 등기구 설치위치를 금긋기 한뒤 터파기후 하부 Base box 설치와 전원케이블 인입용 전선관(아연도 54C)를 배관한다.
- 7) 토목에서 아스콘 기층과 아스콘 표층을 포설한다.
- 8) 1차 측량 데이터를 기초로 3차 측량을 실시한다.
- 9) 1차 hole cutting(Ø100 X 해당 깊이)을 실시하여 상부포장면부터 하부 철제홀 상단까지의 높이를 측정하여 기록한다.
- 10) 상부 철제홀을 등화의 위치 높이에 따라 개별 제작한다.
- 11) 2차 hole cutting(Ø325 X 해당 깊이)을 실시하고 내부 청소를 실시한다.
- 12) 상부 철제홀을 설치하고, 에폭시와 실란트로 주변을 마감한다. 전원케이블을 포설과 안정기설치, 항공등화를 설치한다.
- 13) 정전류조정기를 연결하여 점등 시험을 실시한다.

### 3.6 에너지 절감형 램프 채용

항공등화용 램프는 노출형에 500W, 300W, 200W급을 매립형에는 150W, 105W등을 주로 사용하다가, 광학기술의 발달로 인하여 90년대부터는 100W급을 주로 사용하여왔다. 인천국제공항에서는 1단계에는 매립형에 48W급을 채용하였다가, 2단계에는 보다 소모전력이 적은 40W의 램프를 채용하여 운영중이다.

안내표지등에는 광파이프를 설치하여 안내표지판 전체에 고르게 빛이 분포하도록 함으로써 문자의 식별 능력을 향상시킴과 동시에 할로겐 램프(105W)를 2개만 사용하도록 하여 전력소모가 최소화되도록 하였다.

## 4. Control system (A-SMGCS)

개요에서 설명한 바와 같이 인천국제공항에서 운영중인 항공등화제어시스템(A-SMGCS)은 전세계 공항중 유일하게 항공기 이착륙 상황에 따라 개별 항공기마다 최적의 개별 안내 제어를 위하

여 레이더의 RAW data를 이용 항공등화의 자동 점소등을 하면서 동시에 기상데이터와 연동한 자동 점소등 단계제어는 물론이거니와 실시간으로 표출되는 항공기 운항정보에 따라 최종 도착게이트 또는 최종 출발 활주로 지점까지 항공등화를 이용하여 안내하도록 하는 FULL OPTION의 A-SMGCS를 채용하도록 설계되어 조종사와 관제사의 이용만족도 및 유지보수의 편리성과 경제성을 최대한 반영하여 설계되었다.

동 제어 설비는 관제탑과 계류장관제탑, 4개소의 항공등화 제어센터 및 VDGS운영실에서 제어감시가 가능하도록 설치되었다.

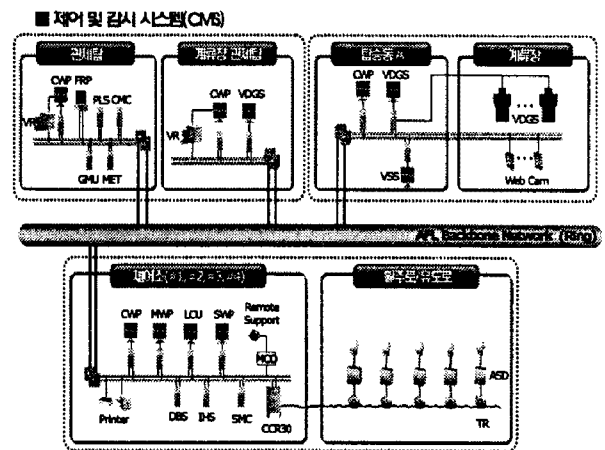


그림 3. 제어 및 감시시스템 개념도

### 4.1 고압 전력선 통신 (PLC : Power line communication control) 방식을 통한 제어

과거의 항공등화의 제어 방식은 단순히 정전류 조정기를 On/Off하는 기능에 불과 하였으나, 인천국제공항과 같이 저시정상황 하에서 운영하고 또한 항공교통이 복잡한 공항에서는 전력선 통신방식을 이용하여 개별 안내 및 감시제어 기능을 수행하는 것이 바람직하다.

전력선 통신에서 중요한 것은 통신주파수이나 주파수가 높게 되면 통신이 확실한 이점이 있으나 인천국제공항처럼 선로가 많은 대단위 공항에서는 접속점에서의 주파수 누설(Cross talk)로 인한 이차 장애가 발생할 가능성이 높기 때문에 인천국제공항에서는 4kHz의 비교적 낮은 주파수대

역을 사용하고 있다. 통신주파수를 낮게 운용하려면 상대적으로 안정기의 정수 값 특히, 인덕턴스 값을 낮게 만드는 기술이 절대적으로 필요하다, 아직 국내 기술이 부족한 것이 현실이다. 그러나, 실제로는 인천국제공항과 같은 첨단 공항을 제외한 공항에서는 기존의 안정기로도 사용상 아무런 제약이 없어서 아직까지는 대다수가 기존의 고 인덕턴스 안정기를 사용하고 있다. 향후 세계의 여러 공항에 판매를 위하여는 업계의 부단한 노력이 요구되고 있다.

#### 4.2 타 시스템과의 Interface

항공등화 시스템과 타 시스템과의 인터페이스 현황은 다음과 같다.

- 1) 자동레이더처리장치(ARTS)
- 2) 지상감시레이다(ASDE)
- 3) 기상시스템(AWOS)
- 4) 운항정보시스템(FIMS)
- 5) 과금시스템(Billing)
- 6) 공항종합정보시스템(ACC)

#### 4.3 RADAR DATA를 이용한 항공등화 제어

1단계 시스템에는 활주로나 유도로 포장면에 SAW Cutting을하고 차량검지용 Loop Sensor를 설치하여 항공기나 차량의 이동을 통제하였지만, 2단계 시스템에서는 Radar Data를 통하여 항공기의 이동 상황을 감시, 활주로 침입(Incursion) 및 충돌(Conflict) 경보를 발행하도록 설계하였다. 특히 Radar 시스템과의 인터페이스를 더욱 강화하여 관제효율성을 극대화 하였다. 예를 들면, 차량이나 다른 항공기의 이동을 통제하기도 하고, 항공기가 활주로에 접근하는 경우 자동적으로 통제경보를 발행하도록 설계하였다.

또한, 항공등화를 위치에 따라 그룹별 제어를 하게 되는데 이를 routing제어라고 한다.

그룹 최소 단위를 Section이라 하며, Section을 조합하여 항공기 이동경로(Routing)를 생성한다. 인천공항에는 약 5,900여개의 Section이 존재하며, Section을 조합하여 항공기 이동경로를 생성하게 된다. 이·착륙하는 항공기에 대하여 활주로 방향별 기본경로를 설정하여 저장할 수 있으며

이렇게 저장된 기본경로를 집단경로(Collective routing) 방식이라고 한다. 인천공항 2단계 시스템에서는 모든 항공기에 대하여 개별경로(Individual routing)를 제공할 수 있다. 개별경로 기능은 세계최초로 실용화하였으며, 조종사에게 단일경로만 제공함으로써 관제효율을 극대화하고, 안정성/신뢰성을 제고하였을 뿐만 아니라 에너지 절약측면에서도 유리하다. 시스템은 수동, 자동(집단/개별경로지정) 선택 운영이 가능하도록 되어 있다.

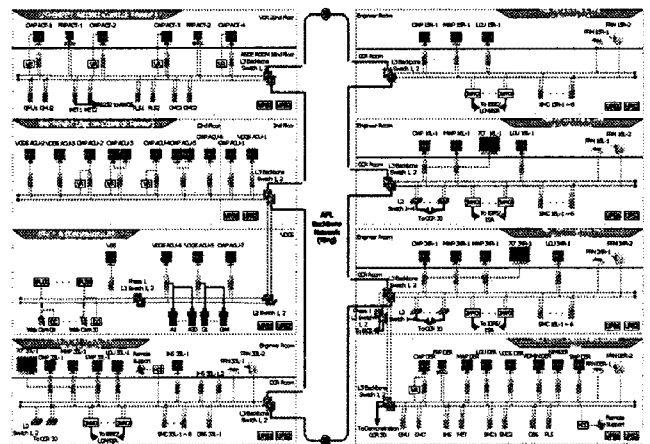


그림 4. 항공등화 제어 계통도

#### 4.4 ASD (주소지정제어장치)

ASD는 활주로 현장의 base can에 설치하여 전력선통신을 통한 항공등화 개별램프 제어를 위한 On/Off신호를 양방향 통신하는 장치이다. 동 장치는 독일 하니웰사에서 산학협력으로 개발한 장치로서, 1단계(1998년)에는 전량 수입에 의존하여 설치하였으나, 2단계(2006)에는 국내업체에 기술이전을 통하여 개발 납품 받아 설치함으로써 전체 설치금액의 1/3에 해당하는 외화를 절약하게 되었다. 그러나, 국내 부품소재 기술이 부족하여 핵심부품을 독일에서 납품 받아야 하고, 지적 재산권 문제로 운용소프트웨어가 포함된 CPU도 독일에서 공급받음으로서 로얄티를 제공하여야 하는 등 진정한 국산화가 이루어지지 않았다. 향후 과제로는 현재의 ASD를 보다 콤팩트하게 개발하면서 동시에 운용프로토콜에 맞는 FIRM WARE를 자체 개발하여 기술 종속이 이루어지지 않도록 정부과제로 추진되었으면 한다.

#### 4.5 시각주기유도시스템 (VDGS) 설비

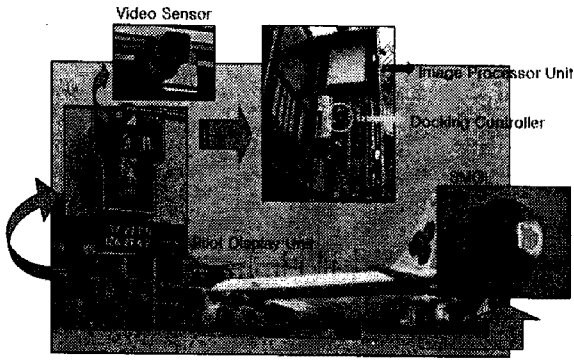


그림 5. VDGS

항공기가 도착하여 여객터미널에 설치된 게이트까지 A-SMGCS를 통하여 안내제어 감시되어 접근하게 되면 최종 도착하는 게이트에 설치된 시각주기유도시스템(VDGS)에 의하여 최종 정지위치의 안내를 받게 된다. 동 시스템은 이미지센싱 방식을 통하여 항공기의 정지점까지의 거리를 100m전방부터 감시하여 30m위치부터 잔여거리 정보와 좌우측 이탈 경보, 정지신호 등을 안내한다. 동 장치는 운항정보시스템(FIS)과 연동하여 자동으로 운영된다.

## 5. 비상전원공급 설비

저시정하에서 사용하는 활주로중심선등을 포함하는 주요 항공등화 및 항행안전시설에 공급되는 전원은 1초 이내에 비상전원이 공급되어야 한다. 인천국제공항에서는 1초 이내에 비상전원이 공급되도록 하기 위하여 Dynamic UPS(D-UPS)를 설치하여 운영 중에 있다.

표 3. D-UPS현황

구 분	설비용량
D-UPS	600kW X 4기
	750kW X 4기

동 D-UPS는 1초 부하는 UPS로 공급하고, 15초 이내에 공급되어야 하는 부하는 엔진 발전기로 전원을 공급하게 된다.

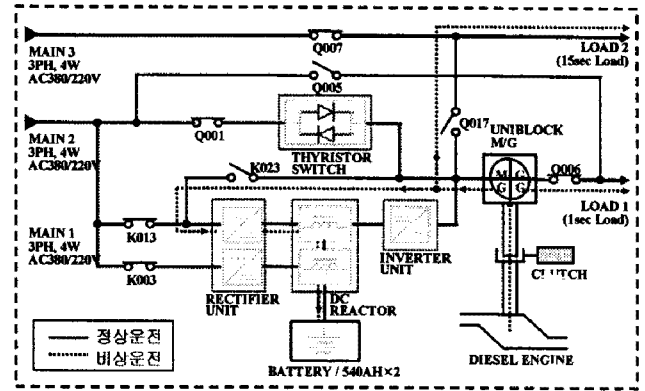


그림 6. D-UPS 구성도

또한, 정전류조정기는 SCR을 이용한 위상제어를 하기 때문에 3고조파를 포함한 다량의 기수고조파가 발생하여 전원측에 영향을 주게되는데 D-UPS를 설치하면 이러한 영향이 최소화되므로 시스템 안정에 많은 이점이 있다.

## 6. 향후과제

인천국제공항의 항공등화 제어시스템은 세계에서 가장 진보된 시스템으로 구축되었으며, 그 어느 공항에서도 쉽게 접근할 수 없는 know-how를 가지고 있지만 동시에 개선되어야 할 과제가 남아 있기도 하다.

그 첫째로는, 항공등화 제어시스템에 대한 국산화이다.

인천공항 2단계에서 주소지정제어장치를 기술이전을 통한 국산화 제품을 생산하였지만, Firmware에 대한 기술료(로열티/라이선스 비용) 지불과 부품기술부족으로 핵심부품(CPU, 트랜스, 콘덴서등)의 수입등으로 자유로운 생산 판매에는 한계가 있다.

현재 인천공항에 설치된 제품과 호환성이 있는 최종 신호전달 UNIT인 주소지정제어장치를 자체적으로 연구 중에 있다. 하지만 인천공항 이외에는 동일제품을 사용하는 곳이 없기에 문제가 있다. 만약 인천공항에서 사용하는 주소지정제어장치를 국내 기업에서 보다 효율적인 제품으로 개발토록 개발비 지원이 필요하며 개발에 성공할 경우 국내공항에서 모두 구매토록 하는 제도적 장치가 필요하며, 인천공항이나 김포공항에서는 항공등화용품 실증시험장을 설치하여 줌으로써 국내 기업이 개발한 제품에 대하여 언제든지 무

상실증시험이 가능하도록 산업체와 협력 시스템을 갖추어 주는 방안이 국가경쟁력 차원에서 필요하다.

최근 OO공항에서 설치한 초기 개념의 전력선통신을 이용한 항공등화 제어장치는 상용화를 위하여는 기능면에서 더욱 많은 추가보완이 필요하며 프로토콜문제로 향후 인천공항이나 타 공항에서 사용이 불가하여 향후 국내 모든 공항에서 사용토록하기 위하여는 프로토콜의 통합이 필요한 점을 시사하고 있다.

그러므로 장기적으로는 인천공항과 국내공항 모두에 적용이 가능하도록 새로운 제품이 개발되어야 기술종속에서 벗어나 향후 국내 기업이 해외 시장 개척에 유리할 것으로 여겨진다.

둘째로는, 국내 항공등화 업체의 기술개발에 정부와 사용자(공항관계자) 및 제작사가 산업체와 협력으로 개발에 적극적으로 나서야 할 것이며, 개발이 완료된 제품을 우선 구매토록 하는 제도적 장치가 필요하다.

여기에다가 첫째 제안으로 제시한 바와 같이 설치수량이 적은 공항을 타겟으로 항공등화제어시스템을 개발하면 우리나라에 해당 시설을 설치한 공항이 적으므로 개발이후 제작공장의 유지에 필요한 최소한의 유지보수용품의 납품 보장이 안되

어 공장 폐쇄가 불가피하므로, 우리나라 전체 공항에 공통으로 적용이 가능하도록 시스템개발이 이루어져야 만 개발이후 안정적으로 유지보수용품의 납품을 보장 받을 수가 있을 것이다.

셋째로는, 에너지 문제가 범 지구적으로 대두됨에 따라 저소비 고효율 조명으로 부상하고 있는 LED조명기술을 항공등화에 어떻게 접목 시켜야 할 것인지에 대한 연구가 필요하며, 우선 적용 가능한 부분은 즉시 적용시키는 자세가 필요하다.

## 참 고 문 헌

1. 인천국제공항 항공등화 설계서
2. ICAO ANNEX 14
3. 항공등화 설치 기술기준

### 申 馨 澈

1980-1999.6 한국공항공사 부장

1999-2008.9 현재 인천국제공항공사 전력 및 항공등화담당 처장

2008. 9 현재 인천대학교 대학원 박사과정중  
현) 한국조명전기학회 종신회원

### 정수용

현) 국토해양부 항공안전본부 서기관

현) 한국조명전기설비학회 사업이사