การศึกษาระบบไฟส่องสว่างบนทางวิ่งและทางขับของสนามบินพานิชย์

(The Study on Runway and Taxiway Lighting System for Commercial Airport)

นิมิต บุญภิรมย์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็คทรอนิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: nimit.bo@spu.ac.th

กษิเดช ทิพย์อมรวิวัฒน์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็คทรอนิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: kasidej.ti@spu.ac.th

ฐาภพ จันทรสุข

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็คทรอนิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ภาดา เสนีย์วงศ์ ณ อยุธยา

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็คทรอนิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอการศึกษาระบบไฟส่องสว่างทางวิ่งและทางขับของสนามบินพานิชย์ โดยมีรายละเอียดหลักคือระบบแสงสว่างเพื่อให้สัญญาณของทางวิ่งและทางขับของสนามบินพานิชย์ขนาดใหญ่เนื้อหาจะกล่าวถึงระบบแสงสว่าง โคมไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ โดยแบ่งแยกตามฟังก์ชันตามกระบวนการในส่วนต่าง ๆของการขึ้นลงของอากาศยานหรือเครื่องบิน ความเข้มของการส่องสว่างของโคมไฟฟ้าทั้งในระบบทางวิ่งและทางขับอ้างอิงตามมาตรฐาน ICAO ANNEX 14 VOLUME 1-9 ระบบการควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าด้วยแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบกระแสคงที่ วงจรการทำงานของตัวควบคุม และวงจรการควบคุมโคมไฟฟ้าแบบอนุกรม เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานเผยแพร่ต่อผู้ปฏิบัติงานด้านไฟส่องสว่างของทางวิ่งและทางขับของงานไฟฟ้าสนามบิน

คำสำคัญ: ระบบไฟส่องสว่างทางวิ่งและทางขับ แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบกระแสคงที่

ABSTRACT

This paper explores the study on run way and taxi way lighting systems for the commercial airport which employed the main specifications in runway and taxiway lighting systems. It is explained about the various kind of lighting luminaries that classified by function of the aviation utilization. The intensity of the lighting luminaries in the runway and taxi way with the reference standard provided by the ICAO ANNEX 14 VOLUME 1-9 and constant current electrical power supply system, power supply controller and series circuit control respectively. The advantage of the paper is to inform the persons that working on the airport lighting system.

KEYWORDS: Runway and Taxiway Lighting Systems, Current Constant Electrical Power Supply.

1. บทนำ

ระบบไฟฟ้าสนามบินนับว่าเป็นระบบไฟฟ้าที่มีความสำคัญมากในด้านความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบไฟส่องสว่างของทางวิ่งและทางขับที่ใช้เป็นสัญญาณนำร่องในกระบวนการขึ้นลงของเครื่องบินที่ต้องมีความปลอดภัยที่สุดและมีความเชื่อมั่นสูงสุด มีหน้าที่บอกตำแหน่งในส่วนต่าง ๆ ของสนามบินในกับนักบินหรือผู้ควบคุมอากาศยานให้สามารถขึ้นลงได้ปลอดภัยทั้งเวลากลางวันที่มีสภาพอากาศไม่ดีและเวลากลางคืน ดังนั้นมาตรฐานการบินในระดับนานาชาติจะเคร่งครัดในการกำหนดมาตรฐานและกฎหมายต่าง ๆ องค์การการบินระหว่างประเทศ(The International Civil Aviation Organization: ICAO) [1] ได้วางระเบียบและข้อบังคับของการบินระหว่างประเทศให้เกิดความปลอดภัยสูงสุด ปัจจุบันมีประเทศสมาชิก 119 ประเทศ ICAO ได้ออกกฎหมายการบินระหว่างประเทศตามข้อตกลงร่วมกันของประเทศสมาชิก แบ่งเป็นภาคผนวกต่าง ๆ หรือเรียกว่า Annex ออกเป็น 19 Annex มาตรฐานทางขับและทางวิ่งเป็นส่วนหนึ่งใน Annex ที่ 14 Volume 1-9 ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของกระบวนการขึ้นลงของอากาศยานจะต้องมีสัญญาณไฟเป็นระบบนำร่องให้การขึ้นลงของอากาศยานมีความปลอดภัยสูงสุด และองค์ความรู้ในด้านระบบไฟแสงสว่างทางวิ่งทางขับและกระบวนการควบคุมเป็นข้อมูลที่ใช้เฉพาะในหน่วยงานท่าอากาศยานจะไม่ได้นำมาเผยแพร่ภายนอกมากนัก โดยเฉพาะแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสคงที่ เป็นอุปกรณ์พิเศษที่หาข้อมูลได้ยากจึงถือว่าเป็นองค์ความรู้ที่มีความสำคัญกับวิศวกรและผู้ที่ต้องทำงานที่เกี่ยวข้อง ปัจจุบันความเชี่ยวชาญในระบบนี้จะอยู่เฉพาะบางกลุ่มที่ดำเนินการเท่านั้น

บทความนี้เป็นบทความวิชาการเพื่อเผยแพร่องค์ความรู้รายละเอียดของระบบไฟส่องสว่างของทางวิ่งและทางขับ ซึ่งได้นำเสนอฟังก์ชันของระบบไฟส่องสว่างในแต่และส่วนของทางขึ้นลงของอากาศยาน และ ตัวแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบกระแสคงที่ที่เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้จ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับระบบไฟส่องสว่างของทางวิ่งและทางขับ

2. วัตถุประสงค์

(1) เพื่อศึกษาระบบไฟส่องสว่างทางวิ่งและทางขับของสนามบินพาณิชย์

(2) เพื่อศึกษาฟังก์ชันการทำงานของระบบไฟส่องสว่างที่ใช้ในทางวิ่งและทางขับ

(3) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การทำงานของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบกระแสคงที่

(4) เพื่อเป็นการเผยแพร่องค์ความรู้เฉพาะทางแก่วิศวกรและผู้เกี่ยวข้องด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

3. ขอบเขตของการนำเสนอในบทความ

(1) ศึกษาระบบไฟส่องสว่างของทางวิ่งและทางขับ (Movement Area) ของสนามบินพาณิชย์ไทยกับมาตรฐานสากล

(2) ศึกษาฟังก์ชันต่าง ๆ ขนาดของปริมาณแสง จุดประสงค์การใช้งานของทางวิ่งและทางขับ

(3) ศึกษาและระบบควบคุมและการจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบกระแสคงที่ให้กับไฟส่องสว่างบนทางวิ่งและทางขับสนามบินพาณิชย์ไทย

4. มาตรฐานและระบบไฟส่องสว่างบนทางวิ่งและทางขับ

มาตรฐานการติดตั้งระบบไฟส่องสว่างบนทางวิ่งและทางขับจะอยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของกรมท่าอากาศยานโดยกรมท่าอากาศยานแห่งประเทศไทยจะอ้างอิงข้อมูลตามคำแนะนำของ ICAO โดยหลักๆในหัวข้อของเรื่องไฟฟ้าจะอ้างอิงข้อมูลจากมาตรฐาน ICAO ANEX 14 เป็นหัวข้อที่พูดถึงระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง [1],[2]

1. มาตรฐาน ICAO ANNEX14 มาตรฐานของ ICAO ในหมวดย่อยที่ 14หรือ ANNEXS 14 ได้กล่าวถึงเรื่องของสนามบิน ในส่วนของประเทศไทยการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ จะใช้มาตรฐานของ IEC และNASI ซึ่ง ทาง ICAO หรือ FAA จะทำการรับรองและกำหนดพื้นที่ใช้งานให้กับอุปกรณ์นั้น ๆ

2. มาตรฐาน Federal Aviation Administration (FAA) เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการบินแห่งชาติของสหรัฐอเมริกาในเรื่องของ หลอดไฟ หรือโคมไฟ ที่ใช้บนทางวิ่งทางขับ ในประเทศไทยจะผ่านการรับรองจากมาตรฐาน FAA ด้วยซึ่งสามารถใช้ทดแทนมาตรฐานของ ICAO ได้เนื่องจากมาตรฐาน FAA เป็นมาตรฐานที่ ICAO ยอมรับ

4.1 โคมไฟฟ้าที่ใช้บนทางวิ่งและทางขับ [2][3]

4.1.1. หลอด Tungsten-Halogen Quartz Lamps

หลอดไฟฮาโลเจนหรือเรียกว่าหลอดไฟควอตซ์ฮาโลเจนและหลอดไฟฮาโลเจนทังสเตนพัฒนาขึ้นจากหลอดอินแคนเดสเซนต์หรือหลอดไส้แบบดั่งเดิมมีไส้หลอดทังสเตนคล้ายกับในหลอดอินแคนเดสเซนต์ทั่วไป แต่ตัวหลอดไฟมีขนาดเล็กกว่า มีการบรรจุแก๊สฮาโลเจนในหลอดตัวหลอดแก้วทำด้วยควอตซ์ แก้วซิลิกา หรืออะลูมิโนซิลิเกตหลอมหลอดไฟฮาโลเจนมีความแข็งแกร่งกว่าหลอดแก้วแบบมาตรฐานเนื่องจากต้องบรรจุแรงดันสูง อุณหภูมิจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วฮาโลเจนจะร้อนขึ้นจนกลายเป็นแก๊สที่อุณหภูมิต่ำลงฮาโลเจนคือองค์ประกอบของโลหะโมโนวาเลนต์ชนิดหนึ่งที่จะรวมตัวกันเป็นอิออนประจุลบ สารฮาโลเจนมี 5 ชนิด ได้แก่ ฟลูออรีน คลอรีน โบรมีน ไอโอดีน และแอสทาทีน หลอดไฟฮาโลเจนมีขนาดกะทัดรัดและให้ค่าลูเมนที่สูง มีคุณสมบัติทางแสง หลอดประเภทนี้จะมีขนาดเล็กแสดงในรูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์กับกระแสและความสว่างในแต่ละระดับ

ระดับความสว่าง 5 ระดับ	ระดับกระแส	ความสว่างของหลอดไฟ (%)
1	2.8 A	0.2 %
2	3.4 A	0.8 %
3	4.1 A	8 %
4	5.2 A	20 %
5	6.6 A	100 %
ระดับความสว่าง 3 ระดับ	ระดับกระแส	ความสว่างของหลอดไฟ (%)
1	4.8 A	10 %
2	5.5 A	30 %
3	6.6 A	100 %

ก. ลักษณะของหลอด ข. ค่าความสว่างและค่ากระแสไฟฟ้าแต่ละระดับ

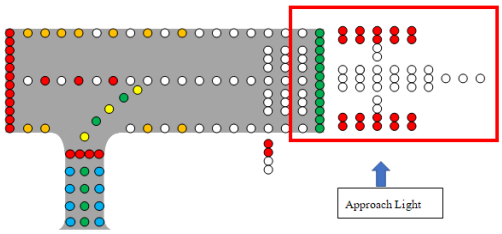
รูปที่ 1 ตัวอย่างของหลอดไฟฟ้า Tungsten-Halogen Quartz Lamps

4.1.2 ระบบไฟสัญญาณนำร่อน

ระบบไฟสัญญาณนำร่อนประกอบด้วยโคมไฟสัญญาณ Approach Light, Flashing Light, Papi Light โดยจุดประสงค์เพื่อให้นักบินได้ทราบถึงตำแหน่งของสนามบิน และช่วยในการล่อนลงของอากาศยานอย่างปลอดภัย

1. ระบบไฟสัญญาณบอกตำแหน่งทางวิ่ง (Approach and Flashing Lights)

เป็นไฟสัญญาณที่ทำหน้าที่บอกตำแหน่งหัวทางวิ่งเพื่อช่วยนำร่องนักบินนำอากาศยานเข้าสู่ทางวิ่งได้ในเวลากลางคืนหรือในเวลากลางวันในช่วงที่มีทัศนะวิสัยของอากาศไม่ดี (ค่า RVR ต่ำกว่า 550) เช่น ขณะที่ฝนตกหนักหรือหมอกลงจัด ค่าความเข้มของแสงอยู่ที่ 8,000 แคนเดลา ดังรูปที่ 2

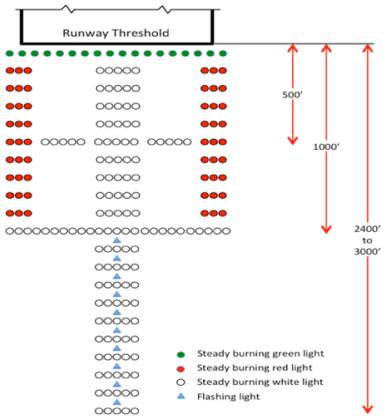


ก.ตำแหน่งการติดตั้งโคม

ข.ประเภทของโคมไฟแบบตั้งและฝังพื้นตามลำดับ

รูปที่ 2 ตำแหน่งติดตั้งโคมไฟ Approach Light

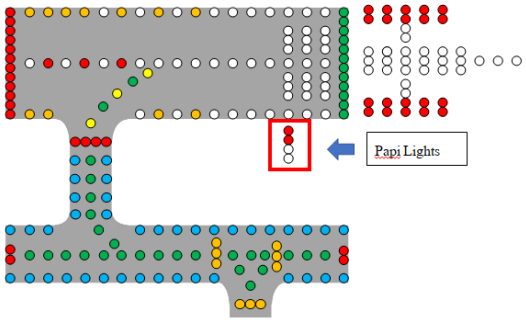
ตำแหน่งที่ติดตั้งโคมไฟสัญญาณ Approach Light จะติดตั้งอยู่ก่อนถึงทางวิ่ง เพื่อให้นักบินเห็นระบบไฟสัญญาณนี้ก่อนและรับรู้ว่าฝั่งที่ทำการเปิดระบบไฟสัญญาณ Approach Light นั้นคือด้านที่สามารถนำเครื่องร่อนลงได้ ลักษณะทั่วไปเป็นโคมไฟที่ถูกออกแบบให้มองเห็นเพียงด้านเดียว (Uni-Directional) โคมไฟ (Centerline Approach , Simple Approach) โคมไฟจะให้แสงสีขาว ส่วนโคมไฟ(Approach Side Row Barrette)ให้แสงสีแดง ลักษณะโคมไฟดังแสดงในรูปที่ 2 ตำแหน่งที่ติดตั้ง ในลักษณะการตั้งโคมไฟ Approach Light แบบ CAT I ,CAT II ไฟ Flashing Light จะติดตั้งอยู่กึ่งกลาง Bar ของแต่ละ Bar ตั้งแต่ Approach Light Bar 1 - Approach Light Bar 21 ในลักษณะการตั้งไฟ Approach Light แบบ Simple Approach ไฟ Flashing Light จะติดตั้งอยู่กึ่งกลาง Bar ตั้งแต่ Approach Light Bar 1 - Approach Light Bar 3 ดังรูปที่ 3 [4],[5]



CENTER LINE APPROACH & CROSSBAR	APPROACH SIDE ROW BARRETTE	CENTER LINE APPROACH & CROSSBAR	APPROACH SIDE ROW BARRETTE
THRESHOLD ถึง 315 เมตร	5.5 ^{0}	THRESHOLD ถึง 115 เมตร	5.5 ^{0}
316 เมตร ถึง 475 เมตร	6.0 ^{0}	116 เมตร ถึง 215 เมตร	6.0 ^{0}
476 เมตร ถึง 640 เมตร	7.0 ^{0}	216 เมตร ขึ้นไป	6.5 ^{0}
641 เมตร ขึ้นไป	8.0 ^{0}		

รูปที่ 3 Approach and Flashing Light

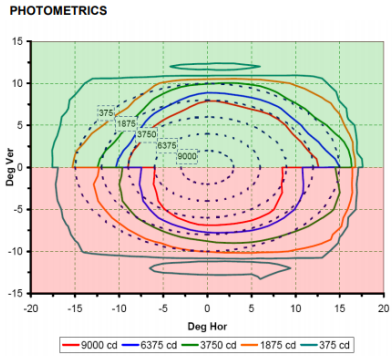
2. ระบบไฟสัญญาณลดระดับ (Precision Approach Path Indicator Lights: PAPI lights) เป็นระบบเครื่องช่วยเดินอากาศแบบใช้แสงไฟ ในขณะที่ลดระดับจะช่วยบอกนักบินให้ทราบถึงระยะองศาต่าง ๆ ขณะลดระดับ ถ้าเครื่องบินอยู่สูงกว่า Approach Path มาก(ประมาณ 3 องศา)นักบินจะมองเห็นแสงไฟเป็นสีขาวทั้ง 4 โคม ถ้าเครื่องบินอยู่สูงกว่า Approach Path ที่ถูกต้องเล็กน้อย (มุมที่ถูกต้องประมาณ 3 องศา)นักบินจะมองเห็นแสงไฟเป็นสีขาว 3 โคม และสีแดงด้านในสุดติดทางวิ่งอีก 1 โคมแต่ถ้าเครื่องบินอยู่ที่ Approach Path ที่ถูกต้องพอดีจะมองเห็นแสงไฟเป็นสีขาว 2 โคม และสีแดงด้านในสุดติดทางวิ่งอีก 2 โคม ถ้าเครื่องบินอยู่ต่ำกว่า Approach Path นักบินจะมองเห็นแสงไฟเป็นสีแดงทั้ง 4 โคมดังแสดงในรูปที่ 4 โดยระบบไฟ PAPI นี้จะเปิดใช้ทั้งกลางวันและกลางคืนมาตรฐานความสว่างของระบบไฟ PAPI ความเข้มของแสงอยู่ที่ 22,795 แคนเดลลาระดับความเข้มที่ตำแหน่งต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 5



ก. ตำแหน่งของไฟPAPI

ข. ลักษณะที่มองเห็นของไฟPAPI

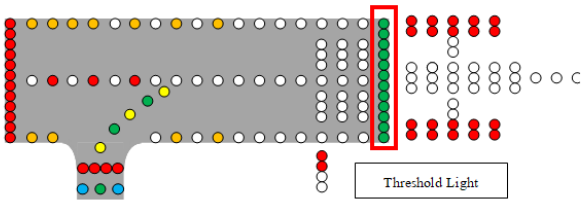
รูปที่ 4 Approach and Flashing Light



PPL 400/1	15km	10km	7.5km	5km
เวลากลางวัน ท้องฟ้ามีเมฆ Background 1,000CD/m2	13	10.3	8.67	6.6
เวลากลางวัน ท้องฟ้าโปร่ง Background 10,000CD/m2	7.4	6.15	5.33	4.29
เวลากลางคืน Background 0 CD/m2	32	23.3	18.65	13.51

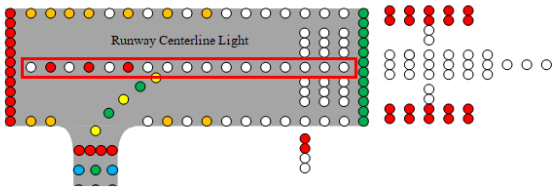
รูปที่ 5 ระยะทางของการมองเห็นไฟPAPI เทียบกับข้อกำหนดในชนิดPPL400/1

4.1.3 ระบบไฟบนทางวิ่ง จะประกอบด้วย Threshold Light, Runway Centerline Light, Runway Edge Light, Touch Down Light, Runway End Light, Runway Exit Light. [4]



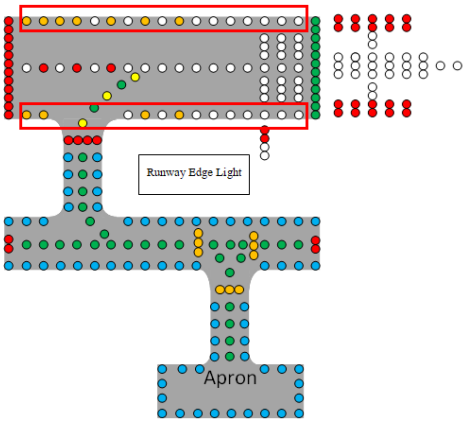
ก. ตำแหน่งติดตั้งโคมไฟ Threshold Light

ข. โคมไฟ Threshold Light



ค.ตำแหน่งติดตั้งโคมไฟ Runway Centerline Light

ง. โคมไฟ Runway Centerline Light



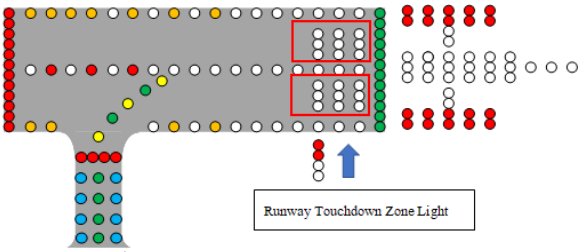
จ. ตำแหน่งติดตั้งโคมไฟ Runway Edge Light

ฉ. โคม Runway Edge Light ชนิดตั้งพื้น

รูปที่ 6 แสดงโคมไฟทางวิ่งชนิดต่าง ๆ

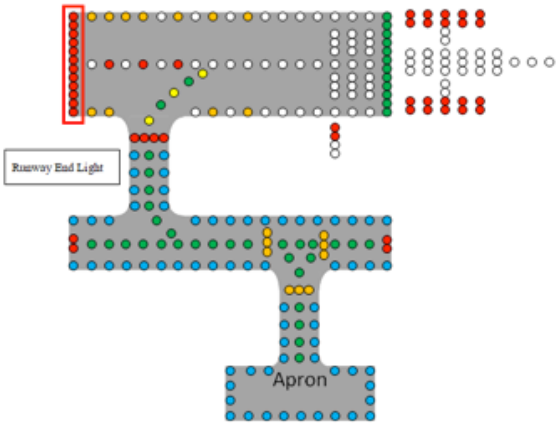
จากรูปที่ 6 ก-ฉ แสดงไฟทางวิ่งที่ตำแหน่งต่าง ๆ จาก Threshold Light, Runway Centerline Light, Runway Edge Light ตามลำดับ โดย

- Threshold Light วางอยู่ที่ตำแหน่งขอบเริ่มต้นของทางวิ่งทำหน้าที่บอกจุดเริ่มต้นของทางวิ่งให้นักบินทราบว่าอากาศยานลงได้ปลอดภัยเมื่อข้ามจุดนี้ ใช้ทั้งเวลากลางวันและกลางคืน ความเข้มของแสงไม่น้อยกว่า 11,049 แคนเดล่า การติดตั้งด้านนอกของทางวิ่งห่างออกไปประมาณ 3 เมตร
- Runway Centerline Light เป็นไฟบอกตำแหน่งกึ่งกลางทางวิ่งประกอบการLandingใช้ในทางวิ่ง CATII ,CATIII ใช้บอกเวลากลางคืนหรือกลางวันที่ทัศนะวิสัยไม่ดี มีความเข้ม 1678 แคนเดล่าเป็นแสงสีขาว เริ่มต้นจาก Threshold Light ไปถึง 900 เมตรก่อนสุดทางวิ่งช่วงแรก 600 เมตร ช่วงที่สอง 300 เมตร สลับด้วยสีแดง
- Runway Edge Light เป็นไฟแสดงขอบทางวิ่งใช้ในช่วงเวลาเช่นเดียวกับไฟอื่น ๆ เป็นแสงสีขาวและส้มสลับกัน มีความเข้ม 4860 แคนเดล่า

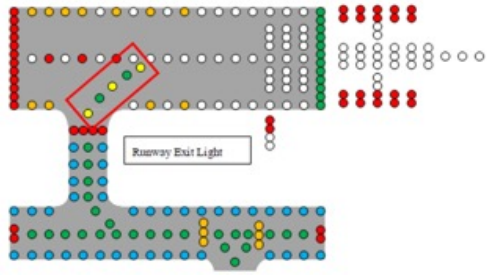


ก.ตำแหน่งติดตั้งโคมไฟ Runway Touchdown Zone Light

ข. โคมไฟ Runway Touchdown Zone Light



ค .ตำแหน่งติดตั้งโคมไฟ Runway End Light



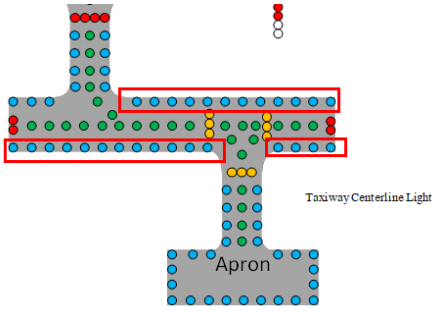
ง.ตำแหน่งติดตั้งโคมไฟ Runway Exit Light

รูปที่ 7 แสดงโคมไฟทางวิ่งชนิดต่าง ๆ

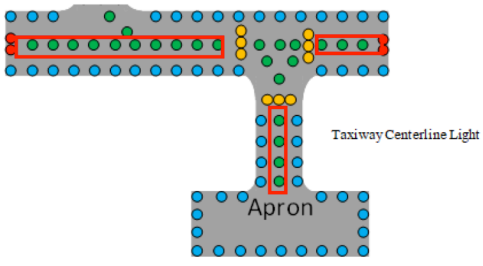
นอกจากที่กล่าวแล้วในรูปที่ 7 เป็นการแสดงตำแหน่งของ

- Runway Touchdown Zone เป็นไฟที่กำหนดให้บริเวณพื้นที่ที่เครื่องบินสามารถ Landing ได้อย่างปลอดภัยใช้ในเวลากลางคืนหรือกรณีเดียวกันกับชนิดอื่น ๆติดตั้งดังแสดงในรูประยะห่างระหว่าง Bar 30 เมตร และ 60 เมตรติดตั้งทั้งสองด้านของทางวิ่ง
- Runway End Light และ Runway Exit Light เป็นไฟแสดงตำแหน่งสิ้นสุดและทางออกของจากทางวิ่ง มีค่าความเข้มของแสงด้านสีเขียว 317 แคนเดล่า และสีส้ม 418 แคนเดล่า

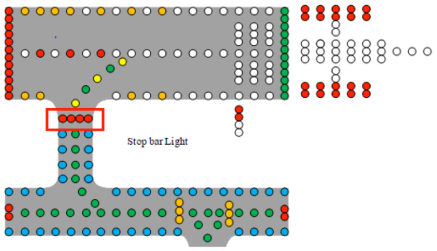
4.1.4 ระบบไฟบนทางขับ (Taxi Way) จะประกอบด้วย Taxi Centerline Light, Taxiway Edge Light, Stop Light และ Intermediate Light.



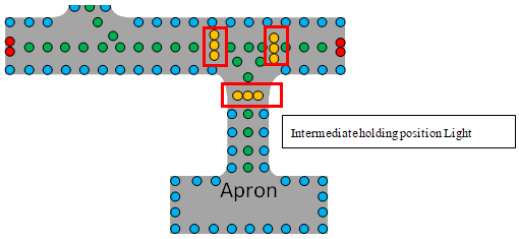
ก. Taxi Edge Light



ข. Taxiway Centerline



ค.ตำแหน่งโคมไฟ Stop Bar Lights



ง. โคมไฟ Stop Bar Lights

รูปที่ 8 โคมไฟส่วนต่าง ๆ ของทางขับ(Taxiway)

จากรูปที่ 8 ก-ง แสดงไฟทางวิ่งที่ตำแหน่งต่าง ๆ Taxi Centerline Light, Taxiway Edge Light , Stop Light และ Intermediate Light ตามลำดับดังนี้

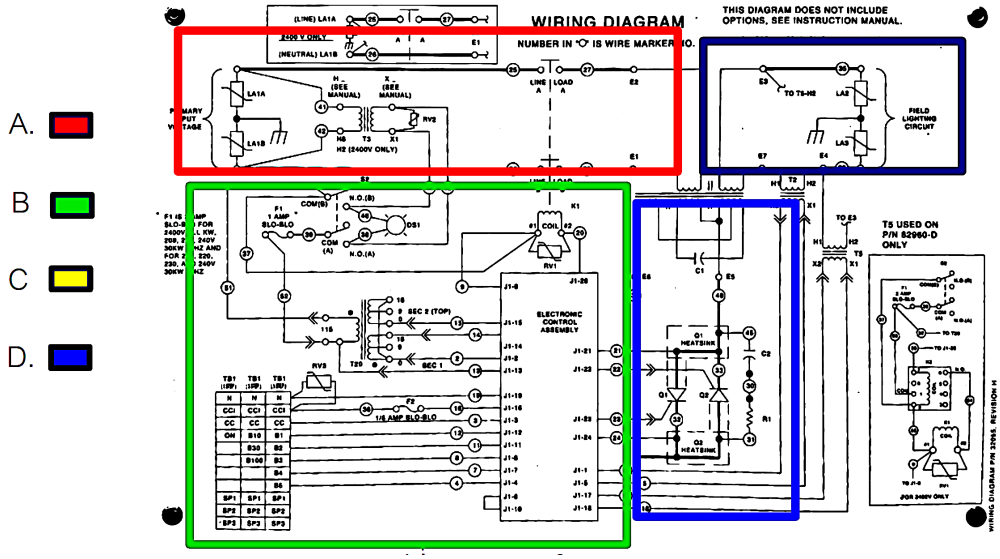
- Taxi Centerline Light วางอยู่ที่ตำแหน่งขอบเริ่มต้นของทางวิ่งทำหน้าที่บอกจุดเริ่มต้นของทางวิ่งให้นักบินทราบว่าอากาศยานลงได้ปลอดภัยเมื่อข้ามจุดนี้ ใช้ทั้งเวลากลางวันและกลางคืน ความเข้มของแสงไม่น้อยกว่า 11,049 แคนเดล่า การติดตั้งด้านนอกของทางวิ่ง ห่างออกไปประมาณ 3 เมตร
- Taxiway Edge Light เป็นไฟบอกตำแหน่งกึ่งกลางทางวิ่ง ใช้ในทางวิ่ง CATII ,CATIII ใช้เวลากลางคืนหรือกลางวันที่ทัศนะวิสัยไม่ดี มีความเข้ม 1678 แคนเดล่าเป็นแสงสีขาว เริ่มต้นจาก Threshold Light ไปถึง 900 เมตรก่อนสุดทางวิ่ง ช่วงแรก 600 เมตร ช่วงที่สอง 300 เมตร สลับด้วยสีแดง
- Runway Edge Light เป็นไฟแสดงขอบทางวิ่งใช้ในช่วงเวลาเช่นเดียวกับไฟอื่น ๆเป็นแสงสีขาวและสีส้มสลับกัน มีความเข้ม 4860 แคนเดล่า

4.2. แหล่งจ่ายไฟฟ้าของระบบไฟส่องสว่างบนทางวิ่งและทางขับ [6]

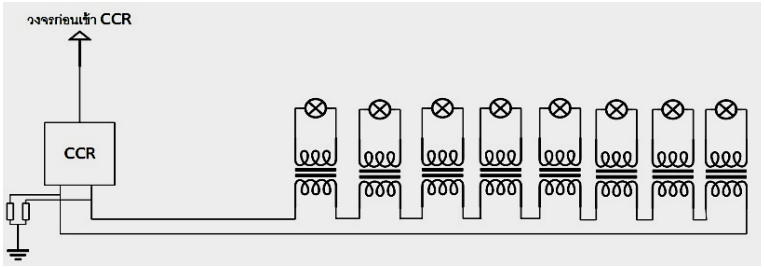
จากวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้ระดับความเข้มการส่องสว่างคงที่มีเสถียรภาพและควบคุมได้ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าดังกล่าวจะใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบกระแสคงที่ (Constant Current Regulator : CCR)หรือเรียกว่า CCR จะรับแรงดันที่ 380-400VAC 50-60 Hz. มีหน้าที่ควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าในโคมไฟฟ้าต่างๆของทางวิ่งและทางขับ แสดงดังรูปที่ 9 แบ่งโครงสร้างการทำงานเป็น 4 ส่วน A,B,C และ D ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 10

รูปที่ 9 ตู้ควบคุมการจ่ายกระแสแบบคงที่ (Constant Current Regulator : CCR)

ภาค A. จะเป็นวงจรที่รับแรงดันไฟฟ้า 400V และจ่ายให้รับแบ่งเป็น 2 ส่วนคือส่วนแรกจ่ายให้กับระบบหลักและส่วนที่สองจ่ายให้หม้อแปลงไฟฟ้า T3 ลดแรงดันไฟฟ้าลงเพื่อจ่ายให้กับชุดควบคุม ที่วงจรรับจะประกอบด้วยอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินจากปัญหาฟ้าผ่า หรือ มี Surge ต่าง ๆ เข้ามาในวงจร ผ่านไปที่หม้อแปลงไฟฟ้า T3 เพื่อนำมาเป็นแหล่งจ่ายให้วงจรควบคุม ภาค B. หลังจากที่หม้อแปลง T3 ลดแรงดันไฟฟ้าลงและจ่ายให้กับ Electronic Control Assembly เพื่อควบคุม คอนแทกเตอร์ของระบบวงจรไฟฟ้าหลัก ภาค C.เมื่อ Electronic Control Assembly สั่งให้คอนแทกเตอร์ทำงานระบบวงจรไฟฟ้าหลักจ่ายไฟฟ้าให้กับหม้อแปลง T1 และจ่ายเอาต์พุตให้กับโหลด ภาค D.หลังจากที่หม้อแปลง T1 จ่ายโหลดแล้ว หม้อแปลงกระแส T2 ทำหน้าที่ตรวจสอบกระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกไปโดยส่งให้กับ Electronic Control Assembly และสั่งให้วงจรขับเคลื่อนด้วยคอนเวอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด Zero Voltage Mode และ Phase Control Mode เพื่อทำหน้าที่ในการเปิดปิดและควบคุมกระแสที่วงจรจ่ายผ่านหม้อแปลงที่ต่ออนุกรมไว้กับวงจร แสดงวงจรการทำงานในแต่ละส่วนดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 วงจรภายในของ CCR (Constant Current Regulator)



รูปที่ 11 การต่อวงจรของระบบไฟส่องสว่างทางวิ่งและทางขับที่ควบคุมโดย CCR

จากภาคเอาต์พุตของวงจร CCR จะนำไปต่อกับโคมไฟฟ้าต่าง ๆ บนทางวิ่งและทางขับเป็นแบบอนุกรม ที่มีแรงดัน 400 โวลต์ความถี่ 50 Hz ค่ากระแสที่ 0-30 แอมป์ขึ้นกับชนิดของหลอดไฟแต่ละส่วน โดยอุปกรณ์ที่ต่อแบบลูปที่แสดงดังรูปที่11 มีหม้อแปลงแบบแยกส่วน(Isolate Transformer) เป็นตัวเชื่อมกับหลอดไฟฟ้ามีกระแสคงที่ตลอด

ทั้งวงจร ควบคุมจาก CCR. มีระบบป้องกันการชำรุด หรือ Short Circuit ด้วย Fuse Film Cutout แต่ละชุดโดยไม่มีผลกระทบกันทั้งวงจรแรงดันตกคร่อมจะขึ้นกับอิมพิแดนซ์และกำลังของหลอดไฟฟ้าแต่ละชนิดติดตั้งแบบฝังดิน โดยสายตัวนำจะคล้ายกับสายNYY แต่ฉนวนจะทนแรงดันได้สูง 5 กิโลโวลต์

5. สรุป

บทความระบบไฟส่องสว่างทางวิ่งและทางขับของสนามบินพานิชย์ที่ได้นำเสนอนี้เป็นกระบวนการสำคัญที่สุดในระบบของสนามบินในการนำอากาศยานขึ้นลงอย่างสมบูรณ์และปลอดภัย บทความได้นำเสนอชนิดของหลอดไฟฟ้า สีและจำนวนความเข้มของแสงที่ฟังก์ชันต่าง ๆตามวัตถุประสงค์ของแต่ละกระบวนการและการจ่ายกำลังไฟฟ้าด้วย CCR โครงสร้างของวงจร CCR และหลักการทำงานในวงจรCCRเพื่อควบคุมความเข้มของความสว่างของหลอดไฟฟ้าตามมาตรฐานที่กำกับสนามบินพานิชย์รายละเอียดดังที่กล่าวนี้เป็นเนื้อหาบางส่วนในภาพรวมส่วนรายละเอียดสามารถศึกษาเพิ่มเติมตามเอกสารอ้างอิงหรือในแหล่งที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลนี้จะเป็นข้อมูลเฉพาะทางที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งกับวิศวกรออกแบบหรือวิศวกรรมความปลอดภัยสนามบินหรือบุคคลที่เกี่ยวข้องและเป็นแนวทางในการพัฒนานวตกรรมที่เกี่ยวข้องต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

[1] International Civil Aviation Organization, (1983). **Aerodrome design manual Part 5 Electrical Systems: First Edition,** International Civil Aviation Organization, U.S.A.

[2] Airfield Specification, (2001) **Introduction of Airfield Lighting Document No. ATO1001 Rev: A,** Published by NV. ADB S.A Aviation Light System Deviation, Belgium

[3] Aviation Light System, (1930) **The Theory of Airport Visual Aids Techniques,** Published by N.V. Published by N.V. ADB, Belgium

[4] International Civil Aviation Organization, (1995), **Aerodromes Annex catalogue** of ICAO Publications. COSCAP-South Asia (1999), **Aerodrome Standards: Aerodrome Design and Operations,** ICAO Annex14, Third Edition-July.

[5] International Standard and Recommendation Practices, (2000), **Aerodrome Volume 1: Aerodrome Design and Operations,** International Civil Aviation Organization, July.

[6] ฐาภพ จันทรสุข และ ภาดา เสนีวงศ์ ณ อยุธยา **การศึกษาระไฟฟ้าของสนามบินพาณิชย์ขนาดใหญ่** ปริญญานิพนธ์ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 2560.