บทที่ 3

ระบบแสงสว่าง

3.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแสงสว่าง

แสงสว่างเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์อย่างมาก เนื่องจากทำให้สามารถมองเห็นสิ่งต่างๆ ได้ชัดเจนมากขึ้น แสงสว่างจากดวงอาทิตย์ต้นกำเนิดแสงสว่างรูปแบบแรกที่มนุษย์รู้จัก จากนั้นจึงได้มีการคิดค้นและพัฒนาระบบการให้แสงสว่างเรื่อยมาตั้งแต่การก่อไฟ เทียนไข ตะเกียง จนถึงการประดิษฐ์หลอดไฟฟ้าและอุปกรณ์เสริมต่างๆ ทั้งนี้ ก่อนมีการประดิษฐ์หลอดไฟฟ้าขึ้นมา การให้แสงสว่างในรูปแบบอื่นๆ ก่อนหน้านั้นอาจเพียงพอสำหรับวิถีชีวิตที่เรียบง่ายของมนุษย์ในอดีต แต่ต่อมาเมื่อมนุษย์มีกิจกรรมที่ซับซ้อนมากขึ้น ทำให้มีความจำเป็นในการใช้แสงสว่างเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีรูปแบบความต้องการใช้งานที่หลากหลายมากขึ้น การใช้งานอุปกรณ์ในระบบแสงสว่างที่มีความสลับซับซ้อนมากขึ้นจึงเพิ่มความสำคัญขึ้นมา

3.1.1 การกำเนิดของแสง

3.1.2.1 อินแคนเดสเซนต์ (Incandescence)

เป็นการให้กำเนิดแสงด้วยวิธีการเผาวัตถุให้ร้อน เช่น การเผาไส้เทียนไข การเผาไส้ทังสเตนของหลอดไส้ธรรมดา การเปล่งแสงวิธีนี้จะให้สเปกตรัมของแสงครบทุกสี และมีความต่อเนื่อง (Continuous Spectral Power Distribution) แต่ทว่าค่าของพลังงานของแสงในช่วงความยาวคลื่นโทนสีแดงจะมากกว่าโทนสีน้ำเงิน ซึ่งสามารถสังเกตได้จากหลอดไส้ธรรมดา ส่วนหลอดฮาโลเจนรุ่น มาสเตอร์ไลน์ (Masterline) ค่าพลังงานในช่วงความยาวคลื่นจะมีสีน้ำเงินมากขึ้น แสงที่ได้จึงขาวกว่าหลอดไส้ธรรมดา

ตัวอย่างอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้หลักการนี้ เช่น หลอดไส้ธรรมดา หลอดปิงปอง หลอดจำปา หลอดสะท้อนแสงชนิดกระจกบาง (Spotline) และชนิดกระจกหนา (PAR) หลอดฮาโลเจนชนิดต่างๆ เป็นต้น

3.1.2.2 ลูมิเนสเซนต์ (luminecence)

เป็นการให้กำเนิดแสงด้วยหลักการก๊าซดิสชาร์จ (Gas Discharge Lamp) กล่าวคือเป็นการกระตุ้นอะตอมของก๊าซที่บรรจุภายในหลอดให้เกิดพลังงานออกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งที่สามารถมองเห็นและที่มองไม่เห็น แสงที่ได้จากการกระตุ้นอะตอมก๊าซนี้มีไม่ครบทุกสีเนื่องจากสเปคตรัมมีลักษณะเป็นช่วงๆ (Line or Band Spactrum) จึงมีความไม่ต่อเนื่อง

(Discrets Spectrum Power Distribution) จะมีแสงสีใดมากหรือน้อยขึ้นกับว่าชนิดของก๊าซที่บรรจุภายในหลอดนั้นสร้างแถบสีของแสงใดมากที่สุด

ตัวอย่างอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้หลักการนี้ เช่น หลอด High Pressure Sodium หลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดตะเกียบ เป็นต้น

3.1.2.3 อินดักชั่น (Induction)

เป็นการพัฒนาการให้กำเนิดแสงโดยใช้หลักการของการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Induction) กับหลักการของก๊าซดิสชาร์จ (Gas Discharge) ผสมกัน ในขั้นแรกจะต้องเหนี่ยวนำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จากนั้นใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นตัวถ่ายพลังงานให้อะตอมของปรอทที่บรรจุภายในหลอด เมื่ออะตอมของก๊าซถูกกระตุ้นจะปล่อยพลังงานออกมาเป็นแสงอัลตร้าไวโอเลตและจะผ่านสารเคลือบผิวหลอดฟลูออเรสเซนต์ออกมาเป็นแสงสีขาวที่เรามองเห็นได้ และสเปกตรัมของหลอดที่ได้จากการอินดักชั่นจะไม่มีความต่อเนื่องเช่นเดียวกับหลอดก๊าซดิสชาร์จ ตัวอย่างหลอดที่ใช้หลักการนี้คือ หลอดคิวแอล (QL)

3.1.2 อุปกรณ์หลักในระบบแสงสว่าง

ประกอบด้วย หลอดไฟฟ้า บัลลาสต์ และโคมไฟฟ้า ดังต่อไปนี้

3.1.2.1 หลอดไฟฟ้า: เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานความร้อน ไปเป็นพลังงานแสง มีอยู่หลายประเภท เป็นแหล่งกำเนิดแสงสว่างชนิดหนึ่งที่เกิดจากการสร้างของมนุษย์ โดย โธมัส แอลวา เอดิสัน (Thomas Alva Edison) นักฟิสิกส์ชาวอเมริกัน ถือเป็นผู้ประดิษฐ์หลอดไฟฟ้าขึ้นใช้งานได้อย่างเป็นทางการเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ.2422 โดยได้มีการใช้คาร์บอนเส้นเล็ก ๆ เป็นไส้หลอด ต่อมาได้มีการพัฒนาหลอดไฟฟ้าให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น จนเป็นหลอดไฟฟ้าที่ใช้กันในปัจจุบัน

3.1.2.2 บัลลาสต์: เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเข้าไปในหลอดไฟฟ้าให้มีความสม่ำเสมอตามประเภทและขนาดของหลอดไฟฟ้า สามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ บัลลาสต์แกนเหล็ก (Magnetic ballast) และบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic ballast)

3.1.2.3 โคมไฟฟ้า: เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการกระจายแสงสว่างของหลอดไฟฟ้าประเภทต่างๆ รวมทั้งช่วยป้องกันหลอดไฟไม่ให้ได้รับความเสียหายจากภายนอก มีรูปแบบแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับความต้องการใช้งาน

3.2 หลอดไฟฟ้า

3.2.1 ประเภทของหลอดไฟฟ้า (ภาพที่ 3.1)

3.2.1.1 หลอดไส้หรือหลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent)

เป็นหลอดมีไส้ที่ทำด้วยทังสเตนซึ่งมีความดันไอต่ำและมีจุดหลอมเหลวสูง ให้แสงอบอุ่น ราคาถูก แต่มีประสิทธิผล (Efficacy) หรือลูเมน/วัตต์ต่ำ และมีอายุการใช้งานสั้นประมาณ 1,000-3,000 ชั่วโมง

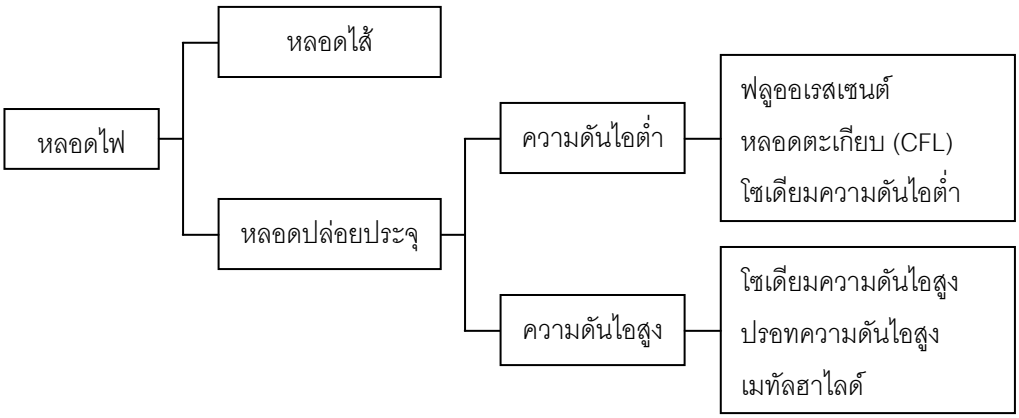
3.2.1.2 หลอดปล่อยประจุ (Discharge tube) แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) หลอดปล่อยประจุความดันไอต่ำ มี 3 ชนิด คือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดตะเกียบ และหลอดโซเดียมความดันไอต่ำ

2) หลอดปล่อยประจุความดันไอสูง มี 3 ชนิด คือ หลอดโซเดียมความดันไอสูง หลอดปรอทความดันไอสูง และหลอดเมทัลฮาไลด์

ภาพที่ 3.1

ไดอะแกรมแสดงการแบ่งประเภทของหลอดไฟ



ที่มา: ชำนาญ ห่อเกียรติ, เทคนิคการส่องสว่าง (2540)

3.2.2 **คุณสมบัติของหลอดไฟฟ้า**

หลอดไฟฟ้าแต่ประเภทจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ดังนั้นก่อนที่จะเลือกใช้งานหลอดไฟฟ้าใดๆ จึงควรพิจารณาคุณสมบัติต่างๆ เพื่อที่จะสามารถตัดสินใจเลือกใช้งานได้อย่างเหมาะสม (ตารางที่ 3.1)

3.2.2.1 กำลังไฟฟ้า (Power) หมายถึง กำลังไฟฟ้าที่ระบบแสงสว่างใช้ในการทำให้เกิดแสงสว่าง มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt)

3.2.2.2 ปริมาณแสงหรือฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous flux) หมายถึง ปริมาณแสงสว่างทั้งหมดที่แผ่กระจายมาจากแหล่งกำเนิดแสงในทุกทิศทาง มีหน่วยเป็น ลูเมน (lumen, lm)

3.2.2.3 ค่าประสิทธิผล (Luminous efficacy) หมายถึง ปริมาณแสงที่ออกมาต่อปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับหลอดไฟ มีหน่วยเป็นลูเมนต่อวัตต์ของหลอดไฟฟ้า (lm/W) สำหรับหลอดไฟฟ้าที่มีค่าประสิทธิผลสูง จะหมายความว่า เป็นหลอดที่ให้ปริมาณแสงออกมามาก แต่ใช้กำลังไฟฟ้าต่ำ

3.2.2.4 ดัชนีความถูกต้องของสี (Color Rendering Index: CRI) หมายถึง ค่าที่ใช้บอกว่าแสงจากหลอดไฟประเภทต่างๆ จะทำให้วัตถุที่อยู่ใต้แสงมีความถูกต้องหรือผิดเพี้ยนไปจากความเป็นจริงมากน้อยเพียงใด มีค่าตั้งแต่ 0-100 โดยที่ค่ายิ่งมาก ยิ่งทำให้ความผิดเพี้ยนของมองเห็นสีสันที่แท้จริงของวัตถุมีน้อย

3.2.2.5 อายุการใช้งาน (Life time) หมายถึง อายุการใช้งานของหลอดไฟฟ้า มีหน่วยเป็นชั่วโมง หลอดไฟฟ้าที่มีอายุใช้งานสั้น จะมีปัญหาที่ต้องเปลี่ยนหลอดบ่อย

3.2.2.6 อุณหภูมิของสี (Color Temperature) เป็นการบอกสีทางด้านการส่องสว่าง ซึ่งหมายถึง สีที่เกิดจากการเผาไหม้วัสดุสีดำซึ่งมีการดูดซับความร้อนได้สมบูรณ์ด้วยอุณหภูมิที่กำหนด มีหน่วยเป็นเคลวิน (K) เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีอุณหภูมิสี 6,500 เคลวิน จะมีสีของแสงเทียบเท่ากับแสงที่เปล่งออกมาจากวัสดุสีดำที่ถูกเผาให้ร้อนถึงอุณหภูมิ6,500 เคลวิน เป็นต้น (ตารางที่ 3.2)

ตารางที่ 3.1

เปรียบเทียบคุณสมบัติของหลอดไฟประเภทต่างๆ

ประเภทของหลอดไฟฟ้า	คุณสมบัติของหลอดไฟฟ้า				
	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ปริมาณแสง (ลูเมน)	ค่าประสิทธิผล (ลูเมน/วัตต์)	ดัชนีความถูกต้องของสี	อายุการใช้งาน (ชั่วโมง)
หลอดไส้	15 - 300	90 - 3,150	5 – 12	100	1,000
หลอดฟลูออเรสเซนต์	15 - 58	1,300 - 5,200	73 – 93	80 – 90	8,000 - 13,000
หลอดตะเกียบ	5 – 55	200 - 3,200	35 – 80	80 – 90	8,000 - 12,000
หลอดโซเดียมความดันไอต่ำ	18 - 180	1,800 - 32,000	100 – 180	0 – 20	22,000 - 24,000
หลอดโซเดียมความดันไอสูง	35 - 1,000	2,400 - 130,000	70 – 130	30 – 50	18,000 - 24,000
หลอดปรอทความดันไอสูง	50 - 1,000	1,800 - 58,000	30 – 60	40 – 60	20,000 - 24,000
เมทัลฮาไลด์	35 - 2,000	2,400 - 240,000	60 – 120	60 – 90	8,000 - 15,000

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ตารางที่ 3.2

เปรียบเทียบอุณหภูมิสีและดัชนีการเปล่งสีของหลอดไฟประเภทต่างๆ

ประเภทของหลอดไฟฟ้า	อุณหภูมิสี (เคลวิน)	ช่วงอุณหภูมิสี	ลักษณะสี
หลอดไส้	2,500 – 2,700	ต่ำ	วอร์มไวท์
หลอดฟลูออเรสเซนต์	2,700 – 3,000	ต่ำ กลาง สูง	วอร์มไวท์ถึงเดย์ไลท์
หลอดตะเกียบ	2,700 – 6,500	ต่ำ กลาง สูง	วอร์มไวท์ถึงเดย์ไลท์
หลอดโซเดียมความดันไอต่ำ	2,000	ต่ำ	เหลือง
หลอดโซเดียมความดันไอสูง	2,000 – 2,200	ต่ำ	วอร์มไวท์
หลอดปรอทความดันไอสูง	3,000 – 4,200	กลาง	ไวท์
เมทัลฮาไลด์	2,900 – 6,000	กลาง สูง	ไวท์ถึงคูลไวท์

ที่มา: สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

3.2.3 **หลอดไฟฟ้าที่นิยมใช้ในปัจจุบัน**

หลอดไฟฟ้ามีให้เลือกใช้มากมายหลายประเภทดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น อย่างไรก็ตาม หลอดไฟฟ้าที่นิยมใช้ในปัจจุบัน มีอยู่ 3 ประเภท ได้แก่ หลอดไส้ หลอดอินแคนเดสเซนต์ และหลอดตะเกียบ

3.2.3.1 หลอดไส้หรือหลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent Lamp) เป็นหลอดมีไส้ที่ทำด้วยทังสเตนซึ่งมีความดันไอต่ำและมีจุดหลอมเหลวสูงถึง 3,655 เคลวิน แต่การทำงานจริงต่ำกว่าอุณหภูมินี้มากเพื่อให้อายุการใช้งานนานขึ้น และเพื่อลดอัตราการระเหยของไส้ จึงให้มีก๊าซเฉื่อยในกระเปาะแก้ว ทนอุณหภูมิสูง และก๊าซนี้ยังมีส่วนช่วยให้ขั้วหลอดไม่ดำ

หลักการทำงานของหลอดไส้ คือ เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานความร้อน แล้วจึงเปลี่ยนพลังงานความร้อนไปเป็นพลังงานแสง กล่าวคือ เมื่อต่อขั้วหลอดไฟเข้ากับ แหล่งจ่ายไฟ กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านขั้วไฟฟ้าไปตาม ลวด Support Wires และไหลผ่านไส้หลอดไฟ ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่ไหลอยู่ ก็คือ การไหลของอิเล็กตรอนอิสระนั้นเอง และไส้หลอดไฟทำจากโลหะ เมื่ออิเล็กตรอนจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไส้หลอดไฟ มันจะไปชนกับอะตอมของโลหะ ทำให้อะตอมสั่นสะเทือน อิเล็กตรอนที่ล้อมรอบนิวเคลียสของอะตอมโลหะ จะยกตัวขึ้นไปอยู่วงโคจรที่สูงขึ้นเรียกว่า สภาวะกระตุ้น และจะตกลงสู่วงโคจรเดิมอย่างรวดเร็ว พร้อมกับปล่อยพลังงานออกมาในรูป โฟตอน อะตอมของโลหะจะให้แสงในช่วงอินฟาเรดเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งตาของมนุษย์มองไม่เห็น แต่จะมองเห็นได้ เมื่อให้ความร้อนแก่อะตอมสูงถึง 2,200 องศาเซลเซียส แสงของหลอดไฟจึงสามารถมองเห็นได้

ตามปกติแล้ว จะใช้โลหะทังสเตนเป็นไส้หลอดไฟ เพราะโลหะจะต้องได้รับความร้อนจึงเปล่งแสงออกมาได้ แต่โลหะทั่วไปจะหลอมละลายไปก่อนที่จะเปล่งแสงออกมา ทั้งนี้เนื่องจากโลหะทั่วไป มีจุดหลอมเหลวที่ต่ำจึงหลอมละลายได้ง่าย แต่โลหะทังสเตนมีจุดหลอมเหลวที่สูง จึงสามารถให้ความร้อนในระดับที่สามารถเปล่งแสงออกมาได้ นอกจากนี้ โลหะทังสเตนยังเกิดการลุกไหม้ได้ในอุณหภูมิที่สูง โดยก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศซึ่งเป็นก๊าซที่ทำให้เกิดการลุกไหม้ได้ง่าย จึงมีการปิดผนึกด้วยหลอดแก้วแล้วดูดอากาศออกให้หมด โลหะทังสเตน จึงไม่เกิดการลุกไหม้ แต่จะเกิดการระเหยของโลหะทังสเตน เป็นเขม่าสีดำไปเกาะที่หลอดแก้วและไส้หลอดไฟจะบางลงไปเรื่อยๆและขาดไป ต่อมาจึงมีการใช้ก๊าซเฉื่อย เช่น ก๊าซอาร์กอน บรรจุในหลอดแก้ว เพราะอะตอมของโลหะทังสเตนที่ระเหยออกมาจะไปชนกับอะตอมของอาร์กอน แล้วสะท้อนเข้าไปตำแหน่งเดิมของไส้หลอดไฟ และก๊าซเฉื่อยก็ไม่ทำปฏิกิริยากับโลหะ จึงไม่ทำให้ทังสเตนลุกไหม้ขึ้นมา

หลอดไส้ เป็นหลอดที่มีประสิทธิผลหรือลูเมนต่อวัตต์ต่ำ แต่ให้แสงที่อบอุ่น มีอายุการใช้งานสั้นประมาณ 1,000 ชั่วโมง หลอดประเภทนี้มีอุณหภูมิประมาณ 2,500-3,000 องศาเคลวิน สีของหลอดออกโทนเหลืองจนถึงเหลืองออกขาว ให้แสงถูกต้อง หรือ CRI 100% มักใช้ในบ้านอยู่อาศัย โรงแรม เป็นต้น

ส่วนประกอบของหลอดไส้ (ภาพที่ 3.2)

1) ไส้หลอด (Filament) คือ ลวดขดเป็นเกลียวรูปร่างคล้ายสปริง ซึ่งในยุคแรกทำจากคาร์บอน แต่พบว่าการระเหิดตัวเป็นไปอย่างรวดเร็ว ต่อมาจึงเปลี่ยนเป็นทังสเตน ซึ่งมีข้อดี คือ มีจุดหลอมเหลวสูง การกลายเป็นไอต่ำ แข็งแรง รีดเป็นเส้นได้ และเปล่งแสงได้ดี

2) ก๊าซเฉื่อย (Gas) คือ สารที่อยู่ภายในหลอดเป็นก๊าซไนโตรเจน และอาร์กอน เพื่อให้ไส้หลอดระเหยช้า

3) ตัวหลอดแก้ว (Bulb) คือ ตัวกระเปาะแก้ว มีรูปทรงหลายแบบ เช่น แบบแก้วฝ้า แก้วใส และแก้วสี สามารถทนต่ออุณหภูมิและความดันขณะหลอดทำงานได้

4) ลวดยึดไส้หลอด (Support wire) ใช้พยุงไส้หลอดไม่ให้แกว่งไปมา ทำด้วยลวด molybdenum

5) แท่งแก้วไส้หลอด (Button Rod) คือ แก้วทนความร้อน ใช้สำหรับฝังลวดยึดไส้หลอด

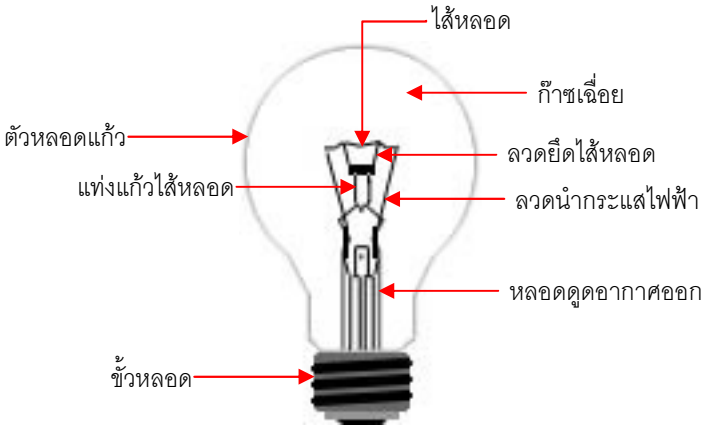
6) ลวดนำกระแสไฟฟ้า (Lead in Wrie) ทำด้วยทองแดงตั้งแต่ขั้วหลอดถึงส่วนที่ซ่อนอยู่ในแก้ว จากนั้นใช้ทองแดงเคลือบด้วยนิเกิลหรือนิเกิลล้วนๆ ทำหน้าที่นำกระแสไฟฟ้าไปยังไส้หลอด

7) หลอดดูดอากาศออก (Exhaust tube) คือ ท่อแก้วเล็กๆ ใช้สำหรับเป็นทางสูบเอาอากาศภายในออกระหว่างขบวนการผลิต และบรรจุก๊าซเฉื่อยเข้าแทนที่

8) ขั้วหลอด (Base) คือ ตัวนำกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ภายในหลอด มีทั้งแบบเกลียวและแบบเขี้ยว อาจทำด้วยทองเหลืองหรืออลูมิเนียม สำหรับขั้วแบบเกลียว โลหะที่ใช้ยึดไส้หลอดจะถูกเชื่อมเข้ากับส่วนที่เป็นเกลียวและกลางขั้วหลอดด้านล่างสุด

ภาพที่ 3.2

ส่วนประกอบของหลอดไส้



ที่มา: โครงการซอฟต์แวร์ช่วยสอนบนเครือข่าย เรื่องไฟฟ้า ม.3 (โรงเรียนเบญจมราชานุสรณ์)

ตารางที่ 3.3

ข้อดีและข้อเสียของหลอดไส้

ข้อดี	ข้อเสีย
- ราคาหลอดต่ำที่สุด - ค่าดัชนีความถูกต้องของสีสูงที่สุด - ให้แสงสว่างทันทีที่เปิดใช้งาน - ไม่ต้องใช้บัลลาสต์ อุณหภูมิไม่มีผลต่อความสว่าง - หรี่แสงได้ง่าย โดยปรับลดแรงดันไฟฟ้าขาเข้า - มีขนาด และรูปทรงให้เลือกได้มาก - มีขนาดเล็ก เบา ติดตั้งและควบคุมทิศทางแสงได้ง่าย - กลมกลืนกับโคมไฟได้ดี และมีประกายสวยงาม	- ค่าประสิทธิผลต่ำที่สุด - พลังงานที่สูญเสียก่อให้เกิดความร้อนสูงกว่า 90% - แสงมีความร้อนสูง ทำให้สีของวัตถุซีดจาง เสื่อมคุณภาพเร็ว - อายุใช้งานสั้นที่สุด - ความเสื่อมของหลอดไฟฟ้าเร็วมาก เมื่อเทียบกับหลอดประเภทอื่นๆ - เลือกอุณหภูมิสีไม่ได้ และมีค่าต่ำประมาณ 2,700 K - มีเฉพาะหลอดขนาดกำลังวัตต์ต่ำ

ที่มา: เครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย จุฬาฯ

3.2.3.2 หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp) เป็นหลอดดิสชาร์จความดันต่ำ โครงสร้างของหลอดประกอบด้วย หลอดแก้วยาวซึ่งมีขั้วไฟฟ้าที่ปลายและบรรจุไอปรอทที่ความดันต่ำ และมีก๊าซเฉื่อยเล็กน้อยเพื่อการเริ่มต้นจุดไส้หลอด ภายในเคลือบด้วยผงฟลูออเรสเซนต์ที่เรียกว่า ฟอสเฟอร์

หลักการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ เริ่มจากปล่อยกระแสไฟฟ้าหรืออิเล็กตรอนอิสระเข้าไปทางขั้วหลอดไฟ โดยอิเล็กตรอนอิสระจะวิ่งจากขั้วหนึ่งไปยังอีกขั้วหนึ่งด้วยความรวดเร็วจนเกิดพลังงาน ซึ่งพลังงานนี้จะไปทำให้สารปรอทที่บรรจุอยู่ในหลอดไฟเปลี่ยนแปลงจากของเหลวเป็นก๊าซ (ไอปรอท) เป็นผลให้อิเล็กตรอนอิสระที่วิ่งอยู่บางส่วนชนกับอะตอมของไอปรอทที่ระเหยออกมา อะตอมของไอปรอทจะเกิดการสั่นสะเทือน อิเล็กตรอนที่ล้อมรอบอะตอมปรอทจะอยู่ในสภาวะกระตุ้น และกลับลงมาสู่วงโคจรเดิมอย่างรวดเร็วพร้อมกับปล่อยพลังงานออกมาเป็นแสงในช่วงความยาวคลื่นอุลตราไวโอเลต ซึ่งตาไม่สามารถมองเห็นได้ จึงมีการใส่สารเรืองแสงเข้าไป เมื่อรังสีนี้กระทบสารเรืองแสงที่ฉาบไว้ที่ผิวหลอด สารเรืองแสงจะเปล่งแสงสีต่างๆ ตามชนิดของสารเรืองแสงที่ฉาบไว้ในหลอด โดยแสงอัลตราไวโอเลตจะไปทำให้อะตอมของสารเรืองแสงสั่นสะเทือน พร้อมกับปล่อยพลังงานออกมาในรูปแสงที่สามารถมองเห็นได้

หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดที่นิยมใช้กันมาก เพราะประหยัดไฟฟ้าประมาณ 5-8 เท่าเมื่อเทียบกับหลอดไส้ มีราคาถูก และหาซื้อได้ง่าย มีประสิทธิผลค่อนข้างสูง

ส่วนประกอบของหลอดฟลูออเรสเซนต์ (ภาพที่ 3.3)

1) ขั้วต่อไฟ (Contact Pins) เป็นจุดต่อวงจรไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์

2) ไส้หลอด (Electrode) ทำด้วยโลหะทังสเตนอยู่ที่ปลายหลอดทั้งสองข้าง

3) ก๊าซเฉื่อย (Inert gas) ใช้เพื่อเริ่มการจุดไส้หลอด

4) หลอดแก้ว (Glass tube) ภายในหลอดสูบอากาศออกจนหมด แล้วใส่ไอปรอทไว้เล็กน้อย ผิวหลอดแก้วด้านในฉาบด้วยสารวาวแสงชนิดต่าง ๆ ซึ่งจะให้สีต่าง ๆ กันออกไป

5) ปรอท (Mercury) จะถูกกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาจนเกิดแสงสว่างขึ้น

6) ฟอสเฟอร์ (Internal phosphor coating) สารเรืองแสงที่ฉาบอยู่ที่ผิวหลอด ทำหน้าที่เปลี่ยนแสงอัลตราไวโอเลตที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าให้กลายเป็นแสงสว่างได้

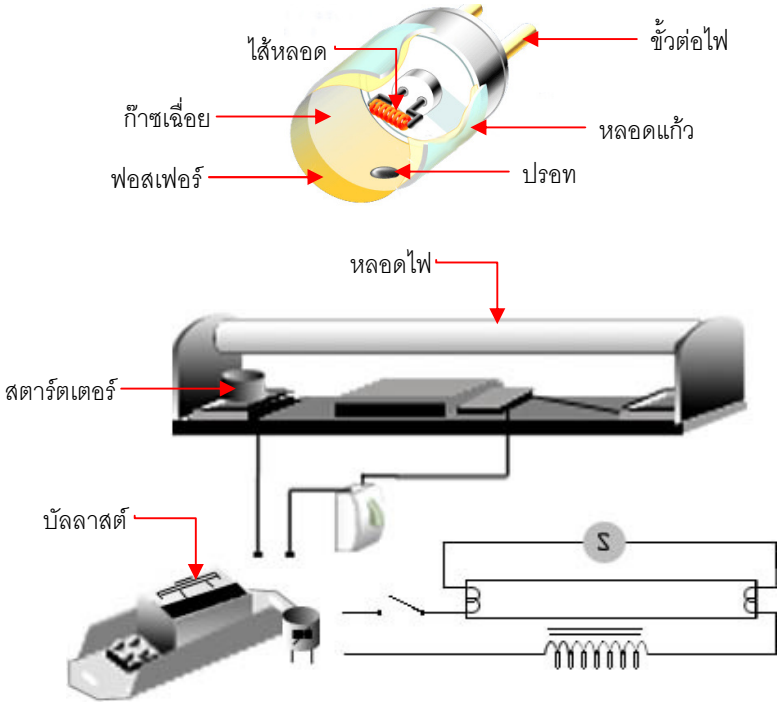
นอกจากนี้ การใช้งานหลอดฟลูออเรสเซนต์จำเป็นต้องอุปกรณ์เสริม ได้แก่ สตาร์ตเตอร์และบัลลาสต์ โดยต้องมีการต่อวงจรเข้ากับสตาร์ตเตอร์และบัลลาสต์ก่อน แล้วจึงต่อเข้ากับสายไฟฟ้าเพื่อให้ใช้งานได้

7) สตาร์ตเตอร์ (Starter) ทำหน้าที่เป็นสวิตช์อัตโนมัติในขณะหลอดฟลูออเรสเซนต์ยังไม่ติด และหยุดทำงานเมื่อหลอดติดแล้ว

8) บัลลาสต์ (Ballast) ทำหน้าที่เพิ่มความต่างศักย์ เพื่อให้หลอดฟลูออเรสเซนต์ติดในตอนแรก และทำให้กระแสไฟฟ้าที่ผ่านหลอดไฟลดลงเมื่อหลอดติดแล้ว พร้อมทั้งควบคุมให้กระแสไฟฟ้าคงตัว

ภาพที่ 3.3

ส่วนประกอบของหลอดฟลูออเรสเซนต์



ที่มา: โครงการซอฟต์แวร์ช่วยสอนบนเครือข่าย เรื่องไฟฟ้า ม.3 (โรงเรียนเบญจมราชานุสรณ์), Northwestern Energy Technology Group

ตารางที่ 3.4

ข้อดีและข้อเสียของหลอดฟลูออเรสเซนต์

ข้อดี	ข้อเสีย
- อายุใช้งานค่อนข้างยาว - ราคาหลอดต่ำ และมีค่าเสื่อมต่ำที่สุด - ค่าดัชนีความถูกต้องของสีค่อนข้างสูงถึงสูงมาก - มีอุณหภูมิสีให้เลือกทุกโทนสี - หรี่แสงได้โดยใช้หลอดชนิดติดเร็ว หรือใช้เครื่องหรี่ไฟ - อุณหภูมิสภาพแวดล้อมรอบข้างต่ำที่สุด - เป็นแหล่งกำเนิดแสงแบบกระจาย จึงไม่จ้าแยงตา	- ในบางรุ่น ประสิทธิภาพยังไม่สูง - ในบางรุ่น มีความเสื่อมของหลอดไฟฟ้าสูง - ใช้เวลา 2-3 วินาที จึงให้ความสว่าง และมีการกระเพื่อม (ยกเว้นชนิดติดเร็ว หรือเมื่อใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์) - ต้องใช้บัลลาสต์ (และสตาร์ทเตอร์ เมื่อใช้ชนิดอุ่นไส้) - อุณหภูมิมีผลต่อความสว่างมาก (ยกเว้นชนิดติดเร็ว) - มีขนาดใหญ่ หนัก ติดตั้งและควบคุมทิศทางแสงยาก

ที่มา: เครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย จุฬาฯ

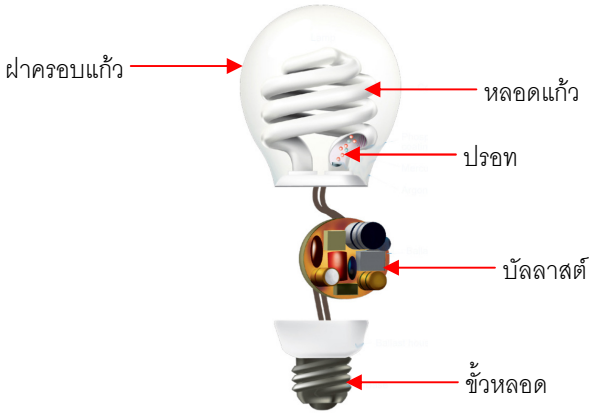
3.2.3.3 หลอดตะเกียบหรือหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (Compact Fluorescent Lamp: CFL) มีหลักการทำงานเช่นเดียวกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ เพียงแต่มีขนาดย่อส่วนลงมา หลอดตะเกียบถูกออกแบบมาเพื่อใช้ทดแทนหลอดไส้ซึ่งกินไฟมาก

หลอดตะเกียบมี 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ แบบขั้วเกลียว E27 และแบบขั้วเสียบ แบบขั้วเกลียวจะเป็นชนิดที่มีบัลลาสต์ในตัว (บัลลาสต์มีทั้งสองแบบ คือ แบบแกนเหล็ก และแบบอิเล็กทรอนิกส์) และสามารถใช้แทนหลอดไส้ได้ทันที โดยไม่ต้องติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม ส่วนขั้วเสียบจะต้องมีบัลลาสต์อยู่ข้างนอกหลอดตะเกียบ

ส่วนประกอบของหลอดตะเกียบ ส่วนใหญ่แล้วจะไม่แตกต่างจากหลอดฟลูออเรสเซนต์มากนัก ยกเว้นในส่วนของขั้วหลอดโดยเฉพาะหลอดตะเกียบแบบขั้วเกลียวซึ่งเป็นประเภทที่มีบัลลาสต์ในตัว หลอดตะเกียบประเภทนี้จะมีขั้วหลอดคล้ายกับหลอดไส้ ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนที่หลอดไส้ได้ทันที (ภาพที่ 3.4)

ภาพที่ 3.4

ส่วนประกอบของหลอดตะเกียบ



ที่มา: ENERGY STAR

ในปัจจุบัน มีการผลิตหลอดตะเกียบออกมาหลายขนาดและมีรูปแบบที่หลากหลายเพื่อให้สามารถเลือกใช้งานได้ตามความต้องการ (ภาพที่ 3.5) เช่น

1) หลอด SL เป็นหลอดขั้วเกลียว E27 ที่ใช้ทดแทนหลอดไส้ได้ทันที มีฝาครอบแก้ว Prismatic ช่วยกระจายแสงสามารถประหยัดไฟได้ถึง 75% เมื่อเทียบกับหลอดไส้ เหมาะที่จะใช้ในสถานที่เปิดไฟนานๆ หรือที่เปลี่ยนหลอดยาก เช่น โคมไฟหัวเสา โคมไฟบริเวณทางเดินบันได เป็นต้น มีขนาด 9, 13, 18 และ 25 W มีสี Warm White และ Cool Daylight

2) หลอด PLE*C เป็นหลอดตะเกียบสี่แท่ง ขั้วเกลียว E27 แต่ใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ จึงจุดติดทันทีไม่กะพริบ สามารถประหยัดไฟได้ 80 % และยังสามารถใช้ได้ในสถานที่เย็นจัดถึง –20 o C มีขนาด 9,11,15 และ 20W ทั้ง Warm White และ Daylight

3) หลอด PLE*T เป็นหลอดตะเกียบ ตัวยูสามขดทำให้มีขนาดสั้นกะทัดรัดให้ความสว่างมากและประหยัดถึง 80% เพราะมีขนาดกะทัดรัด จึงสามารถเปลี่ยนแทนหลอดไส้ได้โดยไม่มีปัญหาเรื่องหลอดยาวเกินโคมมีให้เลือก 2 ขนาด คือ 20 และ 23 W

4) หลอด PLS เป็นหลอดตะเกียบขั้วเสียบ ต้องใช้บัลลาสต์ต่ออยู่ข้างนอก มีขนาด 7 9, และ 11W ให้เลือกมีสี Warm White, White และ Daylight

5) หลอด PLC เป็นหลอดตะเกียบชนิดสี่แท่ง ขั้วเสียบ มีขนาด 8,10,13,18 และ 26W ทั้งสี Warm White และ Daylight นิยมใช้ในโคมไฟ Downlight (ไฟที่ปรับหรี่แสงได้)

ภาพที่ 3.5

รูปแบบต่างๆ ของหลอดตะเกียบ

ที่มา: http://papundits.wordpress.com

นอกจากจะประหยัดไฟเมื่อเทียบกับหลอดไส้แล้ว หลอดตะเกียบยังมีความร้อนน้อยกว่าหลอดไส้มาก จึงช่วยประหยัดค่าไฟฟ้ามากยิ่งขึ้น และการที่หลอดตะเกียบมีอายุการใช้งานที่ยาวถึง 8,000 – 12,000 ชั่วโมง ซึ่งมากกว่าหลอดไส้ถึง 8-10 เท่า ก็จะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนหลอดไฟได้อีก อย่างไรก็ตาม หลอดตะเกียบยังคงไม่สามารถทดแทนหลอดไส้ได้ทั้งหมด เนื่องจากความต้องการหลอดไส้ยังมีมาก ซึ่งเกิดจากการที่หลอดไส้มีดัชนีความถูกต้องของสีที่สูงมาก ประกอบกับราคาที่ยังถูกอยู่มาก

ตารางที่ 3.5

ข้อดีและข้อเสียของหลอดตะเกียบ

ข้อดี	ข้อเสีย
- ค่าประสิทธิผลสูงที่สุดสำหรับหลอดไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าต่ำ - อายุการใช้งานค่อนข้างยาว - ค่าดัชนีความถูกต้องของสีค่อนข้างสูง - มีขนาดเล็กลง จึงควบคุมทิศทางแสงได้ง่ายขึ้น - มีอุณหภูมิสีให้เลือกทุกโทนสี - หรี่แสงได้โดยใช้กับสวิตช์หรี่ไฟสำหรับหลอดตะเกียบ - อุณหภูมิสภาพแวดล้อมรอบข้างต่ำ - เป็นแหล่งกำเนิดแสงแบบกระจาย จึงไม่จ้าแยงตา	- ราคาหลอดและค่าเสื่อมสูง โดยเฉพาะชนิดบัลลาสต์ภายในจะสูงที่สุดสำหรับหลอดไฟที่มีกำลังไฟฟ้าต่ำ - ชนิดบัลลาสต์ภายในมีขนาดใหญ่ หนัก เมื่อหลอดเสียต้องทิ้งบัลลาสต์ไปด้วยกัน - อุณหภูมิมีผลต่อความสว่างมาก - อาจมีการกระพริบหรือกระเพื่อมของแสง

ที่มา: เครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย จุฬาฯ

3.3 การประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง

แนวทางในการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง จะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

3.3.1 มาตรการที่ไม่ต้องมีการลงทุน

เป็นการดำเนินการเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างประหยัดโดยไม่ต้องมีการลงทุนเพิ่มเติม รวมถึงการส่งเสริมพฤติกรรมที่ช่วยสนับสนุนให้เกิดการประหยัดพลังงาน เช่น

- สำรวจลักษณะการทำงานตลอดจนระดับความส่องสว่าง รวมทั้งการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ

- หมั่นทำความสะอาดหลอดไฟให้สะอาดอยู่เสมอ เพราะฝุ่นละอองที่เกาะหลอดไฟจะทำให้ปริมาณแสงลดน้อยลง และอาจจะต้องเปิดไฟหลายหลอดเพื่อให้ปริมาณแสงเท่าเดิม

- ผนังและเฟอร์นิเจอร์ควรใช้สีนวลเพื่อช่วยสะท้อนแสงให้ดูสว่างขึ้น

- ปิดไฟทุกครั้งเมื่อไม่ต้องการใช้แม้ว่าจะเป็นช่วงที่ไม่ต้องการใช้ระยะเวลาสั้น ๆ

- ทำการลดปริมาณแสงสว่างบริเวณที่ไม่จำเป็นลงโดย

- การลดปริมาณวัตต์ของหลอดไฟอย่างเช่น การลดวัตต์ของหลอดไฟบริเวณระเบียงทางเดินของตึก

3.3.2 **มาตรการที่มีการลงทุน**

เป็นการดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้า รวมถึงการปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้เอื้ออำนวยต่อการประหยัดพลังงาน เช่น

- ใช้หลอดไฟที่มีประสิทธิภาพสูง คือ ให้ประมาณแสงสว่าง (Lumens) มาก แต่ใช้กำลังไฟฟ้า (Watts) ต่ำ เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ และหลอดตะเกียบ เป็นต้น

- การเปลี่ยนบัลลาสต์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เช่น บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

- ติดตั้งวงจรควบคุมแสงสว่างให้สามารถควบคุมแสงสว่างให้ใช้งานได้ตามความจำเป็น เช่น การติดตั้งสวิตซ์ตั้งเวลาสำหรับพื้นที่ที่ใช้งานสั้นๆ ที่คนมักลืมเปิดไฟทิ้งไว้ เป็นต้น

ทั้งนี้ ก่อนการปรับปรุงประสิทธิภาพอุปกรณ์ในระบบแสงสว่าง หรือการปรับเปลี่ยนใดๆ เพื่อการประหยัดพลังงาน ควรจะดำเนินการดังต่อไปนี้

1) การสำรวจสภาพแวดล้อม

ควรมีการสำรวจและศึกษาองค์ประกอบต่างๆ ภายในบ้านที่มีผลต่อแสงสว่างก่อนติดตั้งอุปกรณ์แสงสว่างใดๆ เช่น ความสูงของเพดาน การสะท้อนแสงของฝาผนัง เป็นต้น

2) การกำหนดความสว่างของแต่ละพื้นที่ (ตารางที่ 3.6)

ควรมีการศึกษาลักษณะการใช้แสงสว่างของแต่ละพื้นที่ภายในบ้าน แล้วกำหนดระดับแสงสว่างที่เหมาะสม

ตารางที่ 3.6

ช่วงระดับความส่องสว่างที่เหมาะสมกับพื้นที่ต่างๆ ของอาคาร

พื้นที่	**ระดับความส่องสว่างที่เหมาะสม (ลักซ์)**		
	ต่ำสุด	**เฉลี่ย**	**สูงสุด**
ห้องประชุม	200	300	500
ห้องเขียนแบบ	500	750	1,000
ห้องทำงานทั่วไป ห้องคอมพิวเตอร์	200	300	500
ห้องสมุด เคาน์เตอร์	200	300	500
ร้านค้าในอาคารพาณิชย์	500	750	1,000
ห้องเก็บของ ห้องน้ำ ล็อบบี้	100	150	200
ทางเดิน บันได ลิฟต์	100	150	200

ที่มา: สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

3) การเลือกใช้หลอดไฟฟ้าและอุปกรณ์ร่วมที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับพื้นที่ เช่น

- ในพื้นที่ทำงานทั่ว ๆ ไปที่ไม่ต้องเน้นการให้ความถูกต้องของสีหรือปริมาณแสงสว่างจากดวงโคม ให้ใช้โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบเปลือยดีที่สุด เนื่องจากมีการระบายความร้อนที่ดีอายุใช้งานก็จะนานขึ้น

- สำหรับบริเวณภายนอกอาคารให้ใช้หลอดตะเกียบกำลังไฟฟ้าต่ำ เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีการเปิดใช้หลอดไฟฟ้าเป็นเวลานานและเป็นโคมที่มีระดับการป้องกันความชื้นที่ดี เช่น เป็นโคมครอบแก้ว

- ในกรณีที่ห้องขนาดเล็กแต่เป็นห้องที่ต้องการความส่องสว่างสูง เช่น บริเวณห้องน้ำที่มีส่วนแต่งหน้าอยู่ อาจใช้โคมไฟส่องลง (Down light) กับหลอดตะเกียบ

- ระดับแสงสว่างในห้องที่มีการใช้สายตาน้อย เช่น บริเวณห้องนอน สามารถติดตั้งหลอดไฟให้อยู่ในระดับปริมาณความส่องสว่างค่าต่ำได้ หากต้องการทำกิจกรรมเพิ่มเติม เช่น การอ่านหนังสืออ่านติดตั้งเป็นโคมไฟเพิ่มเติมบริเวณหัวเตียงได้