



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

กังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร

โดย นายเสริมศักดิ์ ทิพย์วงศ์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณบำรุงการศึกษา

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ปี พ.ศ. 2556

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

กักกันผลผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร

โดย นายเสริมศักดิ์ ทิพย์วงศ์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณบำรุงการศึกษา

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์จากหลายฝ่าย ขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ สำหรับทุนสนับสนุนที่ใช้ในงานวิจัย ขอขอบคุณ คณะกรรมการตรวจประเมินงานวิจัยทุก ๆ ท่าน ที่ได้ □ กรุณาตรวจประเมิน และให้ □ คำแนะนำเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นทุกขั้นตอน พร้อมทั้งได้ให้ข้อเสนอแนะ ในการปรับปรุงเป็นอย่างดี ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ รวมทั้งอาจารย์แขนงวิชาเทคโนโลยี ไฟฟ้าอุตสาหกรรมทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการใช้ สถานที่ อุปกรณ์การทดลอง กลุ่มตัวอย่าง ในการทำวิจัย

ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้

เสริมศักดิ์ ทิพย์วงศ์

หัวข้อวิจัย : กังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร
 ชื่อผู้วิจัย : นายเสริมศักดิ์ ทิพย์วงศ์
 มหาวิทยาลัย : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
 ปีการศึกษา : 2556

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร โดยการทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร แบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ

1. การทดสอบทำงานของกังหันลมที่ความเร็วลมในแต่ละวัน พบว่าเมื่อมีแรงลมมากระทบกับใบพัดของกังหันลม จะสามารถทำให้ ใบพัดของกังหันลมหมุนและเกิดแรงดันไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขึ้น ตามค่าในตารางบันทึกความเร็วลมและความเร็วรอบของกังหันลมในรอบ 1 สัปดาห์ ซึ่งมีค่าน้อยมาก เนื่องจากเป็นเพราะแรงลมมีน้อยจึงส่งผลต่อความเร็วรอบของกังหันลมมีค่าต่ำตามไปด้วย

2. การทดสอบการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของกังหันลมผลิตไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้า พบว่าแรงดันที่กังหันลมผลิตได้เมื่อจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดของกังหันลม จะเปลี่ยนแปลงโดยที่มีแรงดันต่ำกว่าแรงดันที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตได้ ซึ่งเป็นแรงดันที่บอกถึงการทำงานที่จะนำไปใช้จริง ตามค่าในตารางบันทึกค่าความเร็วรอบของกังหันลม แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า จะมีโหลด ซึ่งเป็นแรงดันที่ไม่สามารถนำไปจ่ายภาระทางไฟฟ้าทั่วไปได้ ซึ่งค่าแรงดันทางไฟฟ้าที่จะนำไปจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้าได้ ควรไม่ต่ำกว่า 6 โวลต์

กังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร ได้ทำการทดสอบการใช้งานทั้ง 2 ลักษณะ ซึ่งกังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคารต้องมีพัฒนาและปรับปรุงก่อนที่จะนำไปใช้งานจริง

Research Title : Wind turbine for exterior lighting
Name : Mr. Sermsak Thipwong
University : Phetchabun Rajabhat University
Year : 2013

Abstract

This research was aimed to building and test a Wind turbine for exterior lighting. The test a Wind turbine for exterior lighting be divided into two stories.

1. Testing of wind turbines at wind speed each day. Found that when the wind hits the blades of wind turbines. It can Rotating blades of wind turbines and The voltage at the generator. The values in the table wind speed and the speed of the wind turbine in the first week, which has very little value. Because so little is because the wind is affecting the speed of the wind turbine is lower as well.

2. Testing of wind turbine electrical power to electrical loads. The voltage at the wind turbine manufacturer when paid to the electrical loads. Voltage from the wind turbine generator. Be changed by a voltage lower than the voltage at the generator output. Which is to say the pressure to be put to practical use. The values in the table records the speed of the wind turbine voltage and load current while the voltage can not be used to pay the electrical load. The electrical voltage to be supplied to the electrical load. Should not be less than 6 volts.

The Wind turbine for exterior lighting. Tested using these 2 methods which wind turbines for illuminating the exterior of the building needs to be developed and improved before being put to practical use.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่1 บทนำ	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
ขอบเขตของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
ทฤษฎีกังหันลม	3
เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	6
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	10
สายไฟฟ้า	14
เซอร์กิตเบรกเกอร์	25
เครื่องวัดทางไฟฟ้า	37
แบตเตอรี่	47
บทที่3 วิธีดำเนินการวิจัย	63
การออกแบบ	63
การสร้าง	65
การทดสอบชุดรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าสำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้า	66

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบ	68
การทดสอบการทำงานของกังหันลมที่ความเร็วลมในแต่ละวัน	68
การทดสอบการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของกังหันลมผลิตไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้า	69
บทที่ 5 สรุปผล ปัญหา การแก้ไขปัญห และข้อเสนอแนะ	71
สรุปผลการทดสอบ	71
ปัญหาและการแก้ไขปัญห	72
ข้อเสนอแนะ	72
บรรณานุกรม	73
ภาคผนวก	74
ภาคผนวก ก	75
การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์	76
ภาคผนวก ข	77
เนื้อหาที่ให้ความรู้กับนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม	78
ในรายวิชาหม้อแปลงและเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง	
ภาคผนวก ค	79
เนื้อหาที่ให้ความรู้กับนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม	80
ในรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์กำลัง	
ภาคผนวก ค	83
ประวัติผู้วิจัย	84

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การใช้งาน	19
2.2 พิกัดการใช้งาน	20
2.3 วิธีการเดินสายไฟ	24
2.4 ค่า breaking capacity ที่แตกต่างกัน	30
2.5 ค่า power factor ของกระแสลัดวงจร	35
2.6 แสดงขนาดความจุไฟของแบตเตอรี่	51
2.7 แสดงความกว้างและความสูงของแบตเตอรี่	53
3.1 ตารางบันทึกความเร็วลมและความเร็วรอบของกังหันลมในรอบ 1 สัปดาห์	66
3.1 ตารางบันทึกค่าความเร็วรอบของกังหันลม แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ขณะมีโหลด	67
4.1 ตารางบันทึกความเร็วลมและความเร็วรอบของกังหันลมในรอบ 1 สัปดาห์	68
4.2 ตารางบันทึกค่าความเร็วรอบของกังหันลม แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ขณะมีโหลด	69

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 กังหันลมแกนเพลานวนอน	4
2.2 กังหันลมแกนเพลานวนตั้ง	5
2.3 วงจรเครื่องกำเนิดชนิดใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกเป็นตัวกระตุ้น	6
2.4 วงจรเครื่องกำเนิดแบบซันท์	6
2.5 วงจรเครื่องกำเนิดแบบซีรี่ย์	7
2.6 วงจรเครื่องกำเนิดแบบคอมปาวด์	7
2.7 แสดงเปลือกหรือโครงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	8
2.8 แสดงขั้วแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	8
2.9 แสดงขดลวดสนามแม่เหล็ก	8
2.10 แปรงถ่าน	9
2.11 แกนเหล็กอาร์เมเจอร์	9
2.12 คอมมิวเตเตอร์	10
2.13 ไดโอดชนิดจุดสัมผัส	11
2.14 ไดโอดชนิดหัวต่อ P-N	11
2.15 ลักษณะสมบัติของไดโอดอุดมคติ	11
2.16 กราฟลักษณะสมบัติระหว่างแรงดันและกระแสของวงจรไบแอส	12
2.17 แรงดันคร่อมตัวไดโอดด้านไบแอสตรง	12
2.18 แสดงค่าความต้านทานในไดโอดทางไฟตรง	13
2.19 แสดงการหาความต้านทานทางไฟสลับ	14
2.20 สายอลูมิเนียมตีเกลียวเปลือย (AAC)	15
2.21 สายอลูมิเนียมแกนเหล็ก (ACSR)	16
2.22 สาย Partial Insulated Cable (PIC)	16
2.23 สาย Space Aerial Cable (SAC)	17
2.24 สาย Cross-linked Polyethylene (XLPE)	18
2.25 สายชนิด วีเอเอฟ (VAF)สายไฟตาม มอก.11-2531	19
2.26 สายชนิด ทีเอชดับเบิลยู (THW)สายไฟตาม มอก.11-2531	20
2.27 สาย THW	21
2.28 สายชนิด เอ็นวายวาย (NYY)สายไฟตาม มอก.11-2531	21
2.29 สายชนิด วีซีที (VCT)สายไฟตาม มอก.11 – 2531	23

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.30 ลักษณะของ breaker แบบนี้ที่พบเห็นโดยทั่วไป	25
2.31 Thermal unit ใช้สำหรับปลดวงจรเนื่องมาจากการใช้โหลดมากเกินไป	25
2.32 Magnetic unit ใช้สำหรับปลดวงจรเมื่อเกิดกระแสลัดวงจร	26
2.33 Solid state trip or Electronic trip molded case circuit breaker	26
2.34 Name plate ปรากฏที่ด้านหน้าหรือด้านข้างของเบรกเกอร์	27
2.35 Arcing chamber บางครั้งเรียกว่า arc chute มีลักษณะเป็นแผ่นโลหะวางซ้อนกันเป็นชั้นๆ อยู่เหนือหน้าสัมผัส	27
2.36 หน้าสัมผัส (contact)	28
2.37 กลไกตัดวงจร สำหรับเบรกเกอร์ขนาดเล็กทั่วไป	28
2.38 AIR circuit breaker	29
2.39 Draw out type	30
2.40 Fixed type	30
2.41 ภาพแสดงส่วนประกอบของ Air CB. (click to enlarge)	32
2.42 Miniature circuit breaker	32
2.43 Earth leakage circuit breaker	33
2.44 แสดงวงจรการทำงานของ ELCB	33
2.45 การวัด แรงดันไฟฟ้าด้วยโวลต์มิเตอร์	36
2.46 ลักษณะการต่อตัวต้านทานอันดับเข้ากับคาร์สันวาล์มมิเตอร์	37
2.47 การต่อตัวต้านทานอันดับเข้ากับคาร์สันวาล์มมิเตอร์	38
2.48 ย่านการบายนของเข็มชี้ที่ พอเหมาะลักษณะการต่อโวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้า	39
2.49 การใช้คิชีโวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟสูง	39
2.50 รูปการใช้โพรบไฟสูงต่อร่วมกับคิชีโวลต์มิเตอร์	40
2.51 การสร้างโพรบใช้เอง	41
2.52 การต่อวงจรโพรบไฟสูงสร้างเองไปใช้วัดแรงดันไฟสูง	42
2.53 สเกลที่ใช้แสดงค่าแรงดันไฟตรงแบบนัลมิเตอร์	42
2.54 การปรับเข็มชี้มิเตอร์ให้ตรงตำแหน่ง 0 ของนัลมิเตอร์	44
2.55 การใช้คิชีโวลต์มิเตอร์ในการวัดแรงดันไฟตรง	44
2.56 ย่านการวัดของคิชีโวลต์มิเตอร์รุ่น YX-360TR	45
2.57 สเกลที่ใช้แสดงค่าแรงดันไฟตรง	45

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.58 รูป ของโวลต์มิเตอร์กระแสสลับ	46
2.59 แสดงโครงสร้างแบตเตอรี่	47
2.60 แสดงแผ่นธาตุของแบตเตอรี่	48
2.61 แสดงเซลล์แต่ละเซลล์ต่ออนุกรมกัน	48
2.62 แสดงการตรวจความถ่วงจำเพาะน้ำกรด	48
2.63 แสดงเปลือกแบตเตอรี่	49
2.64 แสดงจุกปิดรูฝาแบตเตอรี่	49
2.65 แสดงรหัสแสดงขนาดแบตเตอรี่	50
2.66 แสดงรายละเอียดของรหัสที่แสดงขนาดแบตเตอรี่	50
2.67 แสดงกราฟเมื่อแบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้ามักมีผลกระทบต่อความจุ (Ah)	52
2.68 แสดงกราฟการประจุไฟและจ่ายไฟด้วยกระแสไฟฟงที่ 20 ชั่วโมง	52
2.69 แสดงพิกัดความกว้างและความสูง	53
2.70 แสดงตำแหน่งของขั้วแบตเตอรี่	53
2.71แสดงแบตเตอรี่จ่ายไฟ	54
2.72 แสดงแบตเตอรี่ประจุไฟฟ้า	55
2.73 แสดงการตรวจระดับน้ำกรดที่ข้างแบตเตอรี่	56
2.74 แสดงการตรวจน้ำกรดทางช่องเติมน้ำกลั่น	56
2.75 แสดงการทดสอบด้วยไฮโดรมิเตอร์	57
2.76 แสดงการทดสอบสมรรถนะเมื่อมีภาระ	57
2.77 แสดงการระวังอันตรายจากการประจุแบตเตอรี่	58
2.78 แสดงเครื่องชาร์จช้า	58
2.79 แสดงเครื่องชาร์จเร็ว	59
2.80 แสดงกราฟ ถพ. น้ำกรด ขึ้นกับอุณหภูมิน้ำกรด	59
2.81 รูปแสดงการทำงานของคอนแทกเตอร์ และรีเลย์	61
2.82 หน้าสัมผัสช่วย (Auxiliary Contacts) หน้าสัมผัสชนิดนี้ติดตั้ง อยู่ด้านข้างทั้งสองด้านของตัวคอนแทกเตอร์	62
3.1แนวคิดเปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า	63
3.2 แบบกังหันลมที่สามารถรับลมได้ทุกทิศทาง	64
3.3 แสดงขนาดของใบกังหันลมจากแผ่นสังกะสี	64

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.5 แสดงกังหันลมผลิตไฟฟ้า	65
ก-1 แสดงกังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคารติดตั้งที่อาคารเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม	76
ข-1 วงจรเครื่องกำเนิดชนิดใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกเป็นตัวกระตุ้น	78
ข-2 วงจรเครื่องกำเนิดแบบซันท์	78
ข-3 วงจรเครื่องกำเนิดแบบซีรี่ย์	79
ข-4 วงจรเครื่องกำเนิดแบบคอมปาวด์	79
ข-5 แสดงเปลือกหรือโครงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	80
ข-6 แสดงขั้วแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	80
ข-7 แสดงขดลวดสนามแม่เหล็ก	80
ข-8 แปรงถ่าน	81
ข-9 แกนเหล็กอาร์เมเจอร์	81
ข-9 คอมมิวเตเตอร์	82

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเปลี่ยนแปลงของโครงการ

พลังงานไฟฟ้าเป็นสิ่งจำเป็นต่อชีวิตมนุษย์อย่างขาดไม่ได้ โดยเฉพาะการใช้ไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่างและการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เพื่ออำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิต ในปัจจุบันทั่วโลกมีการขยายตัวด้านเศรษฐกิจ และการเพิ่มประชากรที่ใช้พลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัดอย่างสิ้นเปลือง จึงได้ตระหนักถึงการขาดแคลนพลังงานในอนาคต การได้มาซึ่งพลังงานไฟฟ้านั้นต้องใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือเครื่องปั่นไฟ โดยอาศัยพลังงานต่างๆ เป็นตัวช่วยขับเคลื่อน เช่น จากพลังงานน้ำที่ไหลผ่านใบพัดทำให้ใบพัดหมุนจึงต้องมีสร้างเขื่อนและโรงไฟฟ้าจึงจะใช้พลังงานน้ำได้ หรือใช้พลังงานที่ได้จากแรงดันจากการต็มน้ำโดยใช้พลังงานจากถ่านหินและน้ำมันที่มีอยู่อย่างจำกัด และพลังงานนิวเคลียร์ที่ยังไม่ปลอดภัย พลังงานลมเป็นพลังงานหมุนเวียนชนิดหนึ่ง ที่มีต้นกำเนิดจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานบริสุทธิ์

จากการทำวิจัยขององค์กรพลังงานนานาชาติ (International Energy Agency, IEA) ได้ทำการสำรวจการใช้แสงสว่างและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั่วโลก พบว่า ระบบแสงสว่างนับเป็นปัจจัยหลักของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั่วโลก กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั่วโลกประมาณร้อยละ 19 ถูกนำไปใช้กับการให้แสงสว่าง หากเปรียบเทียบกันแล้ว พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ให้แสงสว่างมีมากกว่าพลังงานที่ผลิตได้จากสถานีไฟฟ้านิวเคลียร์หรือสถานีไฟฟ้าพลังน้ำ หรือเทียบเท่ากับพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากก๊าซธรรมชาติเลยทีเดียว

จึงมีแนวคิดในการหาพลังงานทดแทนที่ปลอดภัยจากสภาพปัญหามลพิษ โดยการสร้างกังหันลมผลิตไฟฟ้าเพื่อเป็นแหล่งพลังงาน ให้กับระบบแสงสว่าง ซึ่งพลังงานลมเป็นพลังงานหมุนเวียนตามธรรมชาติอยู่แล้ว โครงการวิจัยในครั้งนี้ จะเป็นการสร้างกังหันลมเพื่อการส่องสว่างภายนอกอาคารซึ่งจะเป็นการประหยัดพลังงานและสามารถพึ่งพาตนเองด้านพลังงานอย่างยั่งยืนอันเป็นรากฐานด้านเศรษฐกิจต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างกังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร

1.2.2 เพื่อทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ออกแบบและสร้างกังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร

1.3.2 ออกแบบให้กังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคารแบบแนวนอนสามารถรับลมได้ทุกทิศทาง

1.3.3 ออกแบบให้กังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร สามารถประจุพลังงานให้กับแบตเตอรี่ขนาด 6 โวลต์ได้

1.3.4 ออกแบบให้ชุดกังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร สามารถตัดวงจรการประจุพลังงานไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ขณะที่แบตเตอรี่มีพลังงานไฟฟ้าเต็มพิกัด

1.3.5 ทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้เครื่องต้นแบบกังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร

1.4.2 สามารถหาประสิทธิภาพกังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร

1.4.3 สามารถนำข้อมูลความรู้ที่ได้จากการศึกษาทดลองไปเผยแพร่ให้เกิดประโยชน์ กับชุมชนอื่นๆในประเทศไทย

1.4.4 ได้พลังงานทางเลือกที่สามารถลดภาวะโลกร้อนได้มลพิษ คนในชุมชนสามารถบริหารจัดการกันเองได้ภายในชุมชน

1.4.5 สามารถลดการผลิตและนำเข้าพลังงานไฟฟ้าได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง □ อง

การสร้างกังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคารมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

ทฤษฎีกังหันลม

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

สายไฟฟ้า

เซอร์กิตเบรกเกอร์

เครื่องวัดทางไฟฟ้า

แบตเตอรี่

รีเลย์

ทฤษฎีกังหันลม

ความเป็นมาของกังหันลม

มนุษย์ได้รู้จักการนำเอาพลังงานลมมาใช้ให้เกิดประโยชน์มาเป็นเวลานานนับพันปีแล้ว อาทิ ใช้พลังงานลมในการขับเคลื่อนเรือเดินทะเล การสร้างกังหันลมเพื่อเปลี่ยนพลังงานลมให้เป็นพลังงานกลเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น การสูบน้ำ การกะเทาะเมล็ดพืช จากวิกฤตการณ์ด้านพลังงานที่ผ่านมา จึงได้มีการศึกษาเพื่อค้นคว้าหาแหล่งพลังงานทดแทนเพื่อใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งนับวันจะมีจำนวนน้อยลงทุกที พลังงานลมจึงได้ถูกพัฒนาขึ้นมาใช้ด้วยการพัฒนารูปแบบ และ กลไกของกังหันลมเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ปัจจุบันประเทศไทย ได้มีการศึกษาพัฒนารูปแบบและวิธีการเปลี่ยนแปลงพลังงานลม ให้เป็นพลังงานในรูปแบบต่างๆ ด้วยการสร้างและพัฒนากังหันลมที่มีใช้กันแต่ดั้งเดิม อาทิ กังหันลมแบบล้อราแพนซึ่งติดตั้งบริเวณชายทะเลเพื่อใช้ในการทำนาเกลือ กังหันลมแบบใบพัดทำด้วยไม้เพื่อการสูบน้ำในนาข้าว กังหันลมแบบใบพัดทำด้วยโลหะเพื่อใช้ในการสูบน้ำขึ้นในที่สูงๆ จนถึงปัจจุบันได้มีการสร้างกังหันลมเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ในระดับเมกะวัตต์ การพัฒนากังหันลมเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นยังคงดำเนินการต่อไป เนื่องจากพลังงานลมเป็นพลังงานหมุนเวียน และสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานอื่นที่มีต้นทุนการผลิตต่ำ เมื่อเทียบกับการบำรุงรักษาและอายุการใช้งาน

การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับกังหันลมภายในประเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีได้ทำการศึกษาและพัฒนากังหันลมแบบต่างๆ เพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2518 จนถึงปัจจุบัน โดยได้มีศึกษาเพื่อพัฒนากังหันลมแกนหมุนแนวตั้งแบบใบพัดหกเหลี่ยม และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ขนาด 1 กิโลวัตต์ โดยได้เน้นการศึกษาถึงความเค้นที่เกิดขึ้นในใบพัด และสมรรถนะของแบบจำลองกังหันลมแกนหมุนแนวตั้งแบบใบพัดหกเหลี่ยม

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้เคยให้ความร่วมมือและสนับสนุนเพื่อการวิจัยเกี่ยวกับพลังงานลมกับสถาบันการศึกษาต่างๆ อาทิ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ประเภทของกังหันลม

กังหันลมได้มีการจำแนกออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. ตามลักษณะการวางตัวของแกนเพลลา

1.1 กังหันลมที่มีแกนเพลลาอยู่ในแกนนอน กังหันลมประเภทนี้จะมีแกนหมุนขนานกับพื้นราบหรือขนานกับทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสลมนั่นเอง อาทิ กังหันลมแบบหลายใบ แบบโรเตอร์ แบบเสือร่าแพน เป็นต้น



ภาพที่ 2.1 กังหันลมแกนเพลลานอน

1.2 กังหันลมที่มีแกนเพลายู่ในแกนตั้ง กังหันลมประเภทนี้จะมีแกนหมุนอยู่ในแนวดิ่ง หรือตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสลม อาทิ กังหันลมแบบ Savonius แบบ Darrius แบบ Turbine เป็นต้น



ภาพที่ 2.2 กังหันลมแกนเพลานแนวดิ่ง

2. ตามลักษณะแรงขับเคลื่อนที่กระแสนลมกระทำต่อไปพัด

2.1 ขับด้วยแรงยกตัว (Lift Force)

2.2 ขับด้วยแรงดูด (Drag Force)

ในประเทศไทยได้มีการใช้กังหันลมที่มีเพลายู่ในแกนนอนกันอย่างแพร่หลาย ส่วนมากแล้วจะออกแบบให้ใบกังหันลมหมุนด้วยแรงยกตัว อาทิ กังหันลมแบบหลายใบ กังหันแบบ Propeller กังหันลมแบบสี่ร่าแพนที่ใช้กับบริเวณนาเกลือ เป็นต้น ส่วนกังหันลมที่มีเพลายู่ในแกนตั้งก็ได้มีการศึกษาและพัฒนาขึ้นมากขึ้น เนื่องจากกังหันลมแบบนี้มีข้อได้เปรียบกังหันลมแบบแกนนอน คือ ไม่ต้องมีอุปกรณ์ควบคุมทิศทางของกังหันให้หันหน้ารับลม และระบบส่งกำลังและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถติดตั้งอยู่บนพื้นดินได้

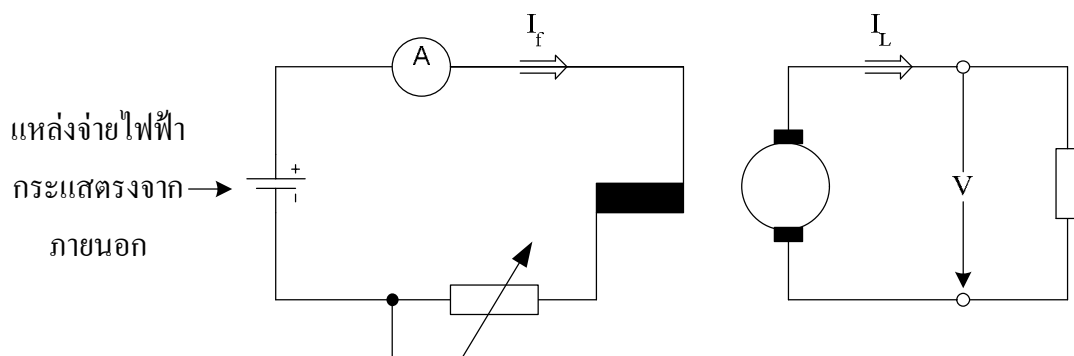
(ที่มา ผ.ศ.อนุตร จำลองกุล 2545 : 83)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

ชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (Types of generator)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงนั้น แบ่งตามลักษณะของการกระตุ้นขดลวดฟิลด์คอยล์ ได้เป็น 2 ชนิด คือ

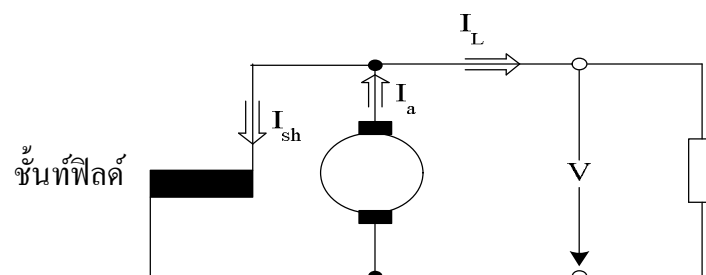
1. เครื่องกำเนิดชนิดใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกเป็นตัวกระตุ้น (Separately-excited generator) ฟิลด์คอยล์ของเครื่องกำเนิดชนิดนี้ จะถูกกระตุ้นให้มีอำนาจแม่เหล็กโดยการใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกเป็นตัวกระตุ้น ซึ่งมีวงจรดังแสดงในภาพ 2.3



ภาพที่ 2.3 วงจรเครื่องกำเนิดชนิดใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกเป็นตัวกระตุ้น

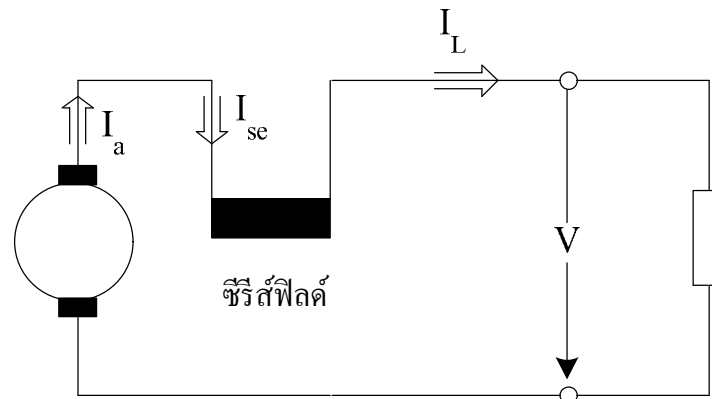
2. เครื่องกำเนิดชนิดใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากในตัวเองกระตุ้น (Self-excited generator) เครื่องกำเนิดชนิดนี้ ฟิลด์คอยล์จะถูกกระตุ้นให้มีอำนาจแม่เหล็ก โดยอาศัยไฟฟ้ากระแสตรงจากภายในตัวเครื่องกำเนิดของมันเอง ซึ่งขึ้นอยู่กับอำนาจแม่เหล็กตกค้าง (Residual magnetism or Residual flux) ที่มีอยู่ที่ขั้วแม่เหล็ก เมื่ออาร์เมเจอร์หมุนจะเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นเล็กน้อย และจะมีกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นเล็กน้อยด้วย ดังนั้น กระแสนี้บางส่วนจะไหลผ่านฟิลด์คอยล์ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้น ซึ่งสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้จะเสริมกับอำนาจแม่เหล็กตกค้างที่ขั้วแม่เหล็ก เครื่องกำเนิดชนิดใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากในตัวเองกระตุ้นนั้น แบ่งตามลักษณะการต่อของฟิลด์คอยล์กับอาร์เมเจอร์ได้ 3 ชนิด

2.1 เครื่องกำเนิดแบบชั๊นท์ (Shunt generator or shunt wound) เครื่องกำเนิดชนิดนี้ฟิลด์คอยล์จะต่อคร่อม หรือต่อขนานอยู่กับอาร์เมเจอร์ เครื่องกำเนิดนี้จะให้แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายออกสูง



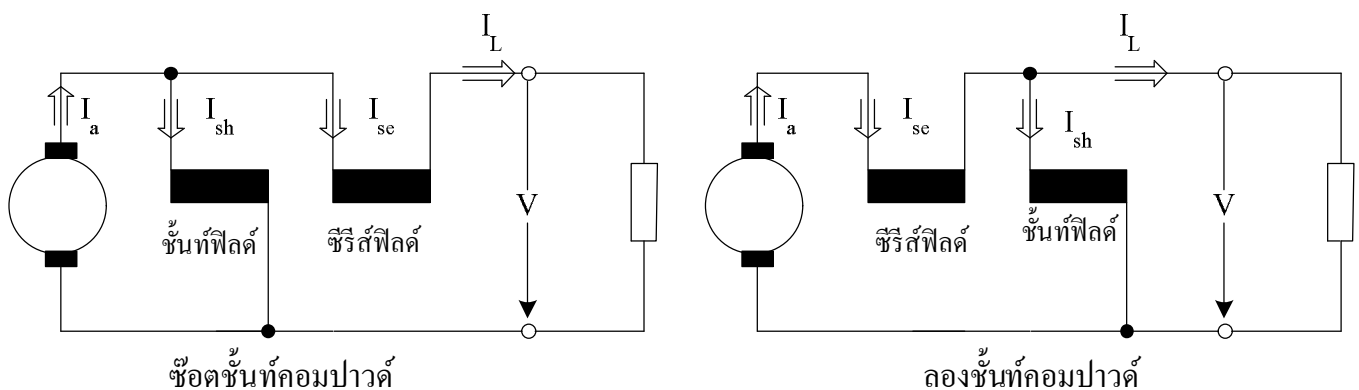
ภาพที่ 2.4 วงจรเครื่องกำเนิดแบบชั๊นท์

2.2 เครื่องกำเนิดแบบซีรีส์ (Series generator or series wound) เครื่องกำเนิดชนิดนี้ ขดลวดฟิลด์คอยล์จะต่ออนุกรมอยู่กับอาร์เมเจอร์ เป็นเครื่องกำเนิดที่ให้กระแสสูง ขดลวดฟิลด์คอยล์เป็นขดลวดเส้นโต เครื่องกำเนิดนี้ไม่ค่อยนิยมใช้ จะใช้ในกรณีพิเศษเท่านั้น เช่น ทำตัวขยายกำลัง (Boosters) เป็นต้น



ภาพที่ 2.5 วงจรเครื่องกำเนิดแบบซีรีส์

2.3 เครื่องกำเนิดแบบคอมปาวด์ (Compound generator or compound wound) เครื่องกำเนิดชนิดนี้เป็นเครื่องกำเนิดที่รวมเอาคุณสมบัติของเครื่องกำเนิดแบบซีรีส์ และเครื่องกำเนิดแบบชั้ท์เข้าด้วยกันเป็นข้อั้ชั้ท์คอมปาวด์ (Short shunt compound) และลองชั้ท์คอมปาวด์ (Long shunt compound)



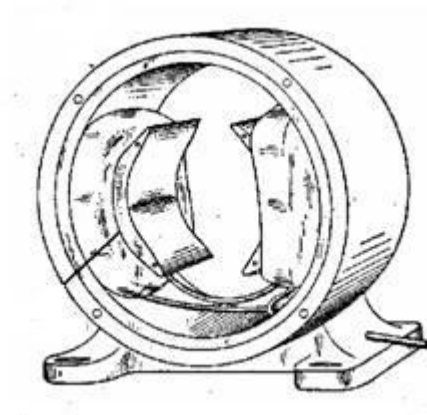
ภาพที่ 2.6 วงจรเครื่องกำเนิดแบบคอมปาวด์

โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง มีโครงสร้างประกอบด้วยส่วนใหญ่อะไรๆ 2 ส่วน คือ

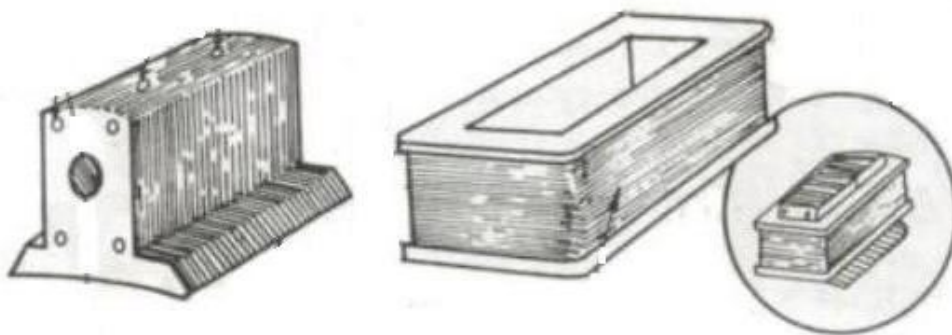
1. ส่วนที่อยู่กับที่ ประกอบด้วย

1.1 เปลือกหรือโครง (Frame or Yoke) ทำด้วยเหล็กหล่อ หรือสารแม่เหล็ก ทำหน้าที่คือ ยึดขั้วแม่เหล็ก และส่วนประกอบทั้งหมด เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic circuit)



ภาพที่ 2.7 แสดงเปลือกหรือโครงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

1.2 ขั้วแม่เหล็ก (Pole-Shoes) ทำจากแผ่นเหล็กบางๆ (Laminated sheet steel) อัดซ้อนเข้าด้วยกัน โดยแต่ละแผ่นจะเคลือบไว้ด้วยฉนวน ลักษณะของขั้วแม่เหล็ก แสดงในภาพ 2.8 ขั้วแม่เหล็กนี้จะนำไปยึดเข้ากับโครงด้วยสกรู (Screw)



ภาพที่ 2.8 แสดงขั้วแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

1.3 ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil or Field winding) หรือเรียกว่าขดลวดฟิลด์คอยล์ เป็นลวดตัวนำพันไว้รอบขั้วแม่เหล็ก ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็ก ขดลวดฟิลด์คอยล์มี 2 ชนิด คือ

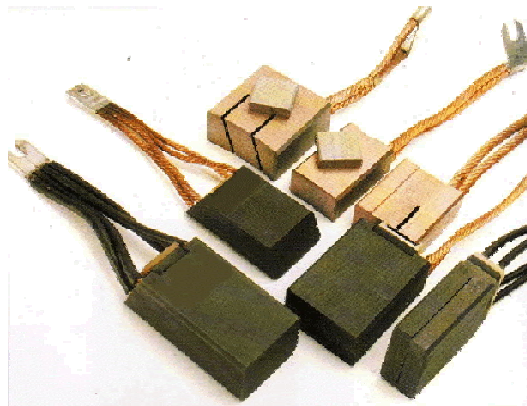
1.3.1 ขดลวดชั๊นท์ฟิลด์ (Shunt field or Shunt winding) จะพันด้วยเส้นลวดความต้านทานสูง

1.3.2 ขดลวดซีรีส์ฟิลด์ (Series field or Series winding) จะพันด้วยลวดเส้นโตความต้านทานจะต่ำ



ภาพที่ 2.9 แสดงขดลวดสนามแม่เหล็ก

1.4 แปรงถ่านและแปรง (Brushes and Bearing) ทำหน้าที่เป็นสะพานไฟจากคอมมิวเตเตอร์ไปยังวงจรถ่ายนอก แปรงถ่านทำมาจากคาร์บอนอัดแน่นจะมีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้า บรรจุอยู่ในช่องถ่านและถูกกดด้วยสปริงให้สัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ตลอดเวลา และช่องถ่านจะถูกยึดติดอยู่กับฝาครอบส่วนแปรงหรือลูกปืนนั้น จะเป็นตัวรับน้ำหนักทั้งหมดที่ได้รับจากการหมุนตัว และช่วยลดแรงเสียดทานที่เพลานะที่อาร์เมเจอร์หมุน ปกติแล้วแปรงจะยึดติดอยู่ที่ฝาครอบทั้ง 2 ข้างของเครื่องกำเนิด



ภาพที่ 2.10 แปรงถ่าน

1.5 ฝาปิดหัวท้ายหรือฝาครอบ (End plate) ทำมาจากเหล็กหล่อเช่นเดียวกับโครง ทำหน้าที่รองรับเพลานะของส่วนหมุนและยึดช่องถ่าน

2. ส่วนที่เคลื่อนที่

2.1 แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ (Armature core) แกนเหล็กอาร์เมเจอร์เป็นที่ใช้สำหรับบรรจุขดลวดอาร์เมเจอร์ แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ทำมาจากแผ่นเหล็กบางๆ ที่ด้านหนึ่งฉาบด้วยฉนวนอัดซ้อนเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอก และทำเป็นช่องสลีตไว้ และที่แกนเหล็กอาร์เมเจอรนี้จะเจาะรูไว้ด้วยเพื่อช่วยในการระบายความร้อนเนื่องมาจากการสูญเสีย



ภาพที่ 2.11 แกนเหล็กอาร์เมเจอร์

2.2 ขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature or Armature winding) คือ ขดลวดที่บรรจุในช่องสล้อทของแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ ซึ่งจะมีการพันเป็นแบบแลป (Lap) หรือ (Wave) ปลายของขดลวดจะถูกนำไปต่อเข้ากับคอมมิวเตเตอร์

2.3 คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิดในขดลวดอาร์เมเจอร์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง คอมมิวเตเตอร์ประกอบด้วยซี่ทองแดงหลายๆซี่อัดเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอก และระหว่างซี่ทองแดงแต่ละซี่จะคั่นไว้ด้วยฉนวนหนาที่แข็งแรง และยึดติดไว้กับเพลอาอันเดียวกับแกนเหล็กอาร์เมเจอร์



ภาพที่ 2.12 คอมมิวเตเตอร์

(ที่มา ไซยาณู หินเกิด, 2542 : 4-8)

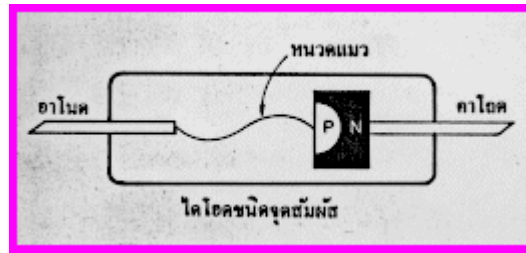
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ไดโอด

ไดโอดเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปในสมัยก่อนไดโอดมักจะเป็นแบบหลอดสุญญากาศ ปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเป็นไปอย่างรวดเร็วทำให้สิ่งประดิษฐ์ชนิดใหม่ ซึ่งทำด้วยสารกึ่งตัวนำได้เข้ามาแทนที่หลอดสุญญากาศ ไดโอดที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำมีสองขั้วและมีขนาดเล็กใช้งานได้ง่าย

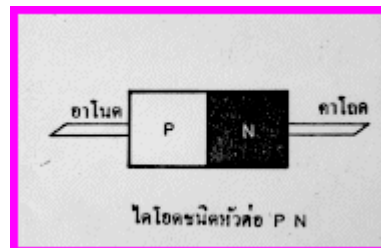
ชนิดของไดโอด ไดโอดที่ทำจากสารกึ่งตัวนำแบ่งได้ตามชนิดของเนื้อสารที่ใช้ เช่น เป็นชนิดเยอรมันเนียม หรือเป็นชนิดซิลิกอน นอกจากนี้ไดโอดยังแบ่งตามลักษณะตามกรรมวิธีที่ผลิตคือ

1. ไดโอดชนิดจุดสัมผัส (Point-contact diode) ไดโอดชนิดนี้เกิดจากการนำสารเยอรมันเนียมชนิด N มาแล้วอัดสายเล็กๆ ซึ่งเป็นลวดพลาทินัม (Platinum) เส้นหนึ่งเข้าไปเรียกว่า หนวดแมว จากนั้นจึงให้กระแสค่าสูงๆ ไหลผ่านรอยต่อระหว่างสายและผลึก จะทำให้เกิดสารชนิด P ขึ้นรอบๆ รอยสัมผัสในผลึกเยอรมันเนียมดังรูป



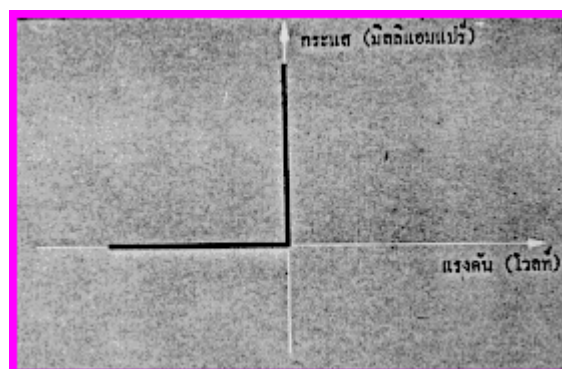
ภาพที่ 2.13 ไดโอดชนิดจุดสัมผัส

2. ไดโอดชนิดหัวต่อ P-N (P-N junction diode) เป็นไดโอดที่สร้างขึ้นจากการนำสารกึ่งตัวนำชนิด N มาแล้วแพร่อนุภาคอะตอมของสารบางชนิดเข้าไปในเนื้อสาร P ขึ้นบางส่วน แล้วจึงต่อขั้วออกใช้งาน ไดโอดชนิดนี้มีบทบาทในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และมีที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลาย



ภาพที่ 2.14 ไดโอดชนิดหัวต่อ P-N

ลักษณะสมบัติของไดโอด



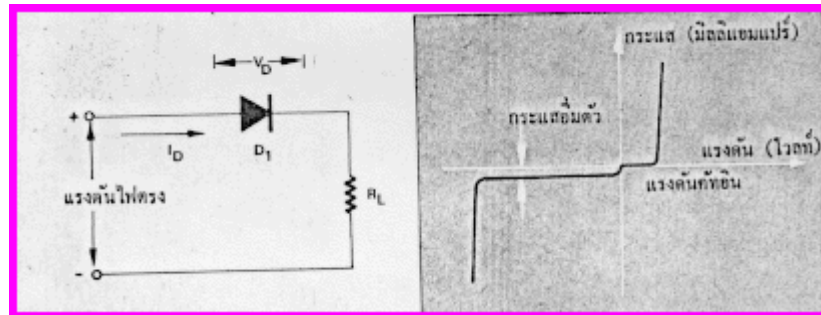
ภาพที่ 2.15 ลักษณะสมบัติของไดโอดอุดมคติ

ไดโอดที่ใช้ในวงจรมีสัญลักษณ์ เป็นรูปลูกศรมีขีดขวางไว้ดังรูป ตัวลูกศรเป็นสัญลักษณ์แทนสารกึ่งตัวนำชนิด P ซึ่งเป็นขั้วอาโนด (ขั้วบวก) ของไดโอด ลูกศรจะชี้ในทิศทางที่โฮลเคลื่อนที่ ส่วนขีดคั่นเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด N ซึ่งเป็นขั้วคาโทด (ขั้วลบ) ดังนั้นเราสามารถพิจารณาว่า ไดโอดถูกไบแอสตรงหรือไบแอสกลับได้ง่าย ๆ โดยพิจารณาว่าถ้าขั้วอาโนดมี

ศักดาไฟฟ้าเป็นบวกมากกว่าราคาโอดแล้ว ไดโอดจะถูกไบแอสตรง ถ้าขั้วอานอมีศักดาไฟฟ้าเป็นบวกน้อยกว่า คาโอดก็แสดงว่าไดโอดถูกไบแอสกลับ

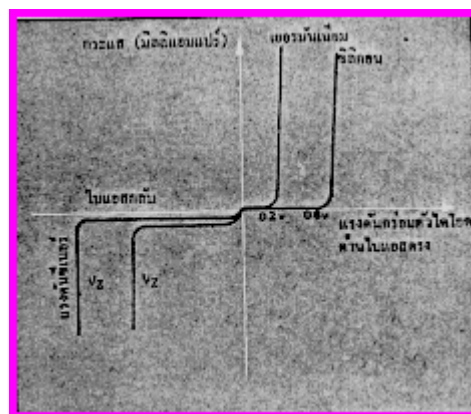
ลักษณะสมบัติระหว่างแรงดันและกระแสของไดโอด

เนื่องจากความต้านทานของตัวไดโอด ขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ดังนั้นจึงถือว่า สิ่งประดิษฐ์ ไดโอดมีคุณสมบัติไม่เป็นเชิงเส้น ลักษณะ : สมบัติระหว่างแรงดันและกระแสจะเป็นตัวแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของกระแสที่ไหลผ่านตัวไดโอด (ID) กับค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวไดโอด (VD) ทั้งในทิศทางไบแอสตรง และไบแอสกลับ



ภาพที่ 2.16 กราฟลักษณะสมบัติระหว่างแรงดันและกระแสของวงจรไบแอส

เนื่องจากไดโอดชนิดหัวต่อ P-N แบ่งเป็น 2 ชนิดคือชนิดซิลิกอนและชนิดเยอรมันเนียม ดังนั้นลักษณะสมบัติทางแรงดันและกระแสของไดโอดทั้งสองชนิด



ภาพที่ 2.17 แรงดันคร่อมตัวไดโอดด้านไบแอสตรง

ค่ากระแสอิ่มตัวย้อนกลับสำหรับซิลิกอนไดโอดกับของเยอรมันเนียมไดโอดยังมีค่าไม่เท่ากันด้วยซิลิกอนไดโอดมีค่ากระแสอิ่มตัวน้อยกว่าของเยอรมันเนียมไดโอดประมาณ 1000 เท่า สำหรับค่าแรงดันกักขังทั้งของซิลิกอนและเยอรมันเนียมจะมีค่าไม่เท่ากัน ค่าแรงดันกักขังของซิลิกอนไดโอดมีค่าประมาณ 0.6 โวลต์ ส่วนของเยอรมันเนียมไดโอดมีค่าประมาณ 0.2 โวลต์

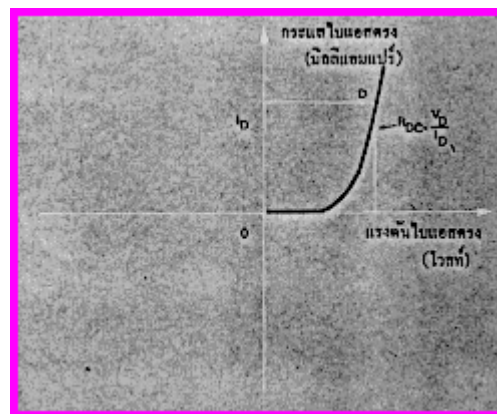
ผลของอุณหภูมิที่มีต่อไดโอด

ผลของอุณหภูมิที่มีต่อไดโอด เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจะมีผลต่อลักษณะสมบัติทางแรงดันและกระแสของไดโอด เนื่องจากสารกึ่งตัวนำจะมีจำนวนโฮล และอิเล็กตรอนอิสระที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมด้วย ดังนั้นในการออกแบบวงจรจำเป็นต้องทราบว่ากระแสไดโอดเมื่อไบแอสกลับ จะเปลี่ยนแปลงอย่างไรกับอุณหภูมิ และแรงดันคร่อมไดโอดขณะไบแอสตรงจะเปลี่ยนแปลงอย่างไรกับอุณหภูมิเมื่อกระแสที่ไหลผ่านไดโอดมีค่าคงที่

ความต้านทานในตัวไดโอด

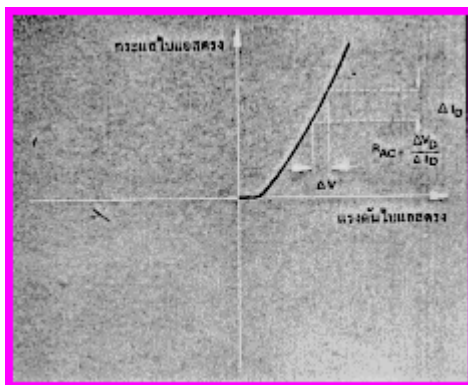
ความต้านทานในตัวไดโอดพอที่จะแบ่งออกตามชนิดของแรงดันที่ให้กับตัวไดโอด ซึ่งแยกออกเป็นความต้านทานทางไฟตรงหรือทางสรีรคติกและความต้านทานไฟสลัป

1.ความต้านทานทางไฟตรง (Static resistance)จากลักษณะสมบัติแรงดันและกระแสของไดโอดจะไม่ใช่ลักษณะเชิงเส้น ดังนั้นความต้านทานในตัวไดโอดจึงไม่คงที่ จากกฎของโอห์มจะให้ความต้านทานทางไฟตรง ที่จะคทำงานขณะไม่มีสัญญาณอื่นใดเข้ามาเป็น



ภาพที่ 2.18 แสดงค่าความต้านทานในไดโอดทางไฟตรง

2.ความต้านทานทางไฟสลัป (Dynamic resistance)เมื่อไดโอดทำงานในขณะที่มีค่าสัญญาณแรงดันไฟสลัปขนาดเล็กๆ ป้อนเข้ามาค่าความต้านทานที่เกิดขึ้นที่ไดโอดจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาค่าความต้านทานนี้จะแตกต่างจากความต้านทานทางไฟตรงเราเรียกค่าความต้านทานนี้ว่า ความต้านทานทางไฟสลัปการหาค่าความต้านทานทางไฟสลัปหาได้จากค่าอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงของแรงดันคร่อมตัวไดโอดที่เปลี่ยนไปกับค่าการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ไหลในตัวไดโอด เนื่องจากการทำงานของไดโอดเมื่อมีสัญญาณเข้ามา ณ จุดที่ไดโอดทำงานก็จะมีค่าไม่คงที่ไม่แน่นอน เกิดการเปลี่ยนแปลงตามลักษณะสมบัติ แต่เมื่อคิดการเปลี่ยนแปลงกระแสไบแอสตรงค่าเล็กๆ ของกระแสและแรงดันแล้วจะสามารถหาค่าความต้านทานทางไดนามิกหรือความต้านทานต่อไฟสลัปได้ดังรูป



ภาพที่ 2.19 แสดงการหาความต้านทานทางไฟสลัป

(ที่มา <http://accept.la.asu.edu/courses/phs110/expmts/exp13a.html>)

สายไฟฟ้า

สายไฟฟ้า ประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือ ตัวนำและฉนวน

ตัวนำ ตัวนำของสายไฟฟ้าทำมาจากโลหะที่มีความนำไฟฟ้าสูง อาจเป็นตัวนำเดี่ยว (solid) หรือตัวนำตีเกลียว (strand) ที่นิยมได้แก่ ทองแดง และอลูมิเนียม ซึ่งมีข้อดี-ข้อเสีย ดังนี้

ทองแดง มีความนำไฟฟ้าสูงมาก แข็งแรง เหนียว ทนต่อการกัดกร่อนได้ดี ข้อเสียคือน้ำหนักมากราคาแพง จึงไม่เหมาะกับงานแรงดันสูง แต่เหมาะกับงานทั่วไปโดยเฉพาะงานในอาคาร

อลูมิเนียม มีความนำไฟฟ้ารองจากทองแดง แต่เมื่อเทียบกรณีกระแสเท่ากันแล้ว อลูมิเนียมจะเบาและราคาถูกกว่า จึงเหมาะกับงานนอกอาคารและแรงดันสูง อลูมิเนียมถ้าทิ้งไว้ในอากาศ จะเกิดออกไซด์เป็นฉนวนฟิล์มบางๆ ป้องกันการสึกกร่อน แต่ทำให้การเชื่อมต่อทำได้ยาก

ฉนวน ทำหน้าที่ห่อหุ้มตัวนำเพื่อป้องกันการสัมผัสโดยตรง ระหว่างตัวนำ หรือตัวนำกับส่วนที่ต่อลงดิน ในระหว่างที่ตัวนำ นำกระแสไฟฟ้า จะเกิดพลังงานสูญเสีย ในรูปความร้อน ซึ่งจะถ่ายเทไปยังเนื้อฉนวน ความสามารถในการทนต่อความร้อน ของฉนวน จะเป็นตัวกำหนดความสามารถในการทน ความร้อนของสายไฟฟ้านั้นเอง การเลือกใช้ชนิดของฉนวน จะขึ้นกับอุณหภูมิใช้งาน แรงดันของระบบ และสภาพแวดล้อมในการติดตั้ง วัสดุที่นิยมใช้เป็น ฉนวนมากที่สุดขณะนี้คือ Polyvinyl Chloride (PVC) และ Cross Linked Polyethylene (XLPE)

ประเภทของสายไฟฟ้า

สายไฟฟ้าแรงดันสูง เป็นตัวนำดีเกี๋ยวมี่ขนาดใหญ่ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ สายเปลือย และสายหุ้มฉนวน

1. สายเปลือย สายชนิดนี้ใช้กับแรงดันต่ำจะไม่ปลอดภัย จึงนิยมใช้กับแรงดันสูง และ มักทำจากสายอลูมิเนียมเพราะน้ำหนักเบา และราคาถูก แต่สายอลูมิเนียมล้วนสามารถรับแรงดึงได้ต่ำ จึงได้พัฒนาให้สามารถรับแรงดึงให้สูงขึ้น โดยเสริมแกนเหล็กหรือวัสดุอื่น สายเปลือยที่นิยมใช้ปัจจุบันได้แก่

1.1 สายอลูมิเนียมตีเกลียวเปลือย (AAC) เป็นตัวนำอลูมิเนียมล้วนตีเกลียวเป็นชั้นๆ รับแรงดึงได้ต่ำ จึงไม่สามารถึงสายให้มีระยะห่างมากๆ ได้ ปกติความยาวช่วงเสา ต้องไม่เกิน 50 เมตร ยกเว้นสายที่มีขนาด 95 sq.mm ขึ้นไปสามารถมีระยะช่วงเสามากถึง 100



ภาพที่ 2.20 สายอลูมิเนียมตีเกลียวเปลือย (AAC)

1.2 สายอลูมิเนียมผสม (AAAC) สายชนิดนี้มีส่วนผสมของอลูมิเนียม แมกนีเซียมและซิลิกอน ซึ่งมีความเหนียวและรับแรงดึงได้สูงกว่าสายอลูมิเนียมล้วน จึงสามารถึงสายได้ห่างมากขึ้น นิยมใช้บริเวณชายทะเลเพราะสามารถทนการกัดกร่อนของไอเกลือได้ดี

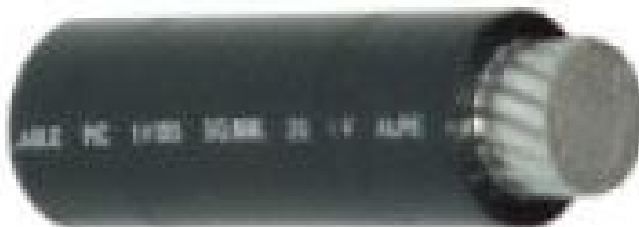
1.3 สายอลูมิเนียมแกนเหล็ก (ACSR) เป็นสายอลูมิเนียมตีเกลียวและมีสายเหล็ก อยู่ตรงกลางเพื่อให้อาจรับแรงดึงได้สูงขึ้น ทำให้ขยายระยะห่างช่วงเสาได้มากขึ้น แต่จะไม่ใช้สายชนิดนี้บริเวณชายทะเล เพราะจะเกิดการกัดกร่อนจากไอเกลือ



ภาพที่ 2.21 สายอลูมิเนียมแกนเหล็ก (ACSR)

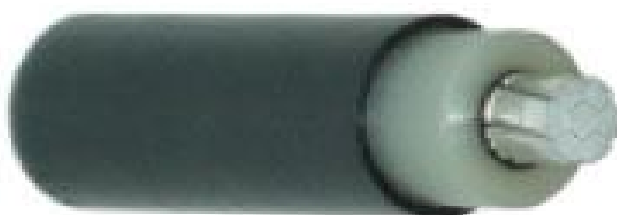
2. สายหุ้มฉนวน ในการเดินสายแรงสูงผ่านที่อยู่อาศัย เพื่อความปลอดภัยต้องใช้สายที่มีฉนวนหุ้มซึ่งทำให้มีความเชื่อถือสูงขึ้น ที่นิยมใช้มีดังนี้

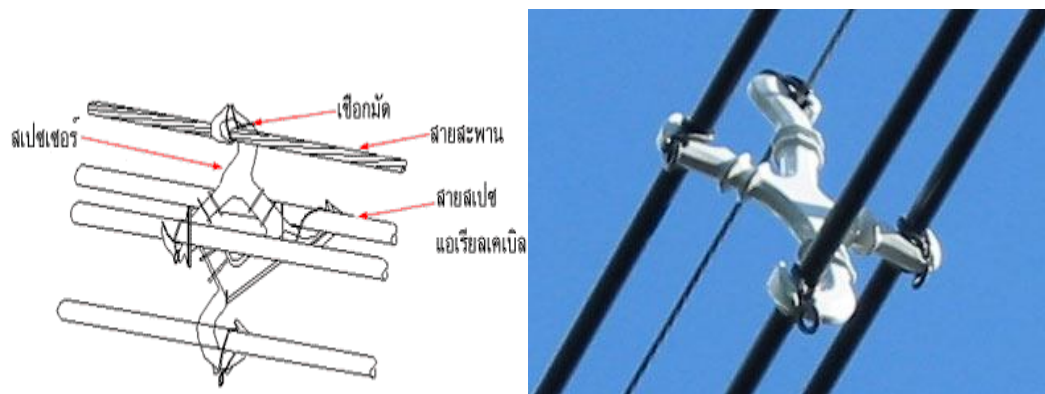
2.1 สาย Partial Insulated Cable (PIC) โครงสร้างประกอบด้วยตัวนำอลูมิเนียม ดีเกลืออัดแน่น หุ้มด้วยฉนวน XLPE (Cross-linked Polyethylene) หรือ PE (Polyethylene) แล้วแต่ความเหมาะสม 1 ชั้น ปัจจุบันนิยมใช้ฉนวน XLPE ถึงแม้มีฉนวนหุ้ม ก็ไม่สามารถแตะต้องสายได้ เพราะฉนวนบางมาก ซึ่งจะช่วยลดการเกิดลัดวงจร ของสายเปลือยเท่านั้น ใช้เดินในอากาศผ่านลูกถ้วยแทนสายเปลือย



ภาพที่ 2.22 สาย Partial Insulated Cable (PIC)

2.2 สาย Space Aerial Cable (SAC) โครงสร้างประกอบด้วยตัวนำอลูมิเนียม ดีเกลือหุ้มด้วยฉนวน XLPE เช่นเดียวกับสาย PIC แต่จะมีเปลือก (Sheath) ที่ทำจาก XLPE หุ้มฉนวนอีกชั้นหนึ่ง แต่ไม่มีลวดจึงไม่สามารถกั้นสนามไฟฟ้าที่ออกจากตัวนำได้ และถึงแม้จะมีเปลือกหุ้ม ก็ไม่ควรสัมผัสสายโดยตรง เพราะมีความเข้มสนามไฟฟ้าสูง ในการใช้งาน จำเป็นต้องติดตั้งบนฉนวนไฟฟ้าอีกทีหนึ่ง และต้องใช้ฉนวนที่เรียกว่า spacer ที่เหมาะสมกับแรงดันเป็นตัวรองรับ และเพื่อจำกัดระยะห่างระหว่างสาย แม้ว่าจะสามารถวางไว้ใกล้กันได้มากกว่าสาย PIC แต่ต้องไม่เกินค่าจำกัดค่าหนึ่งและต้องใช้ Messenger Wire เป็นตัวรับน้ำหนักและช่วยดึงสายไว้ Messenger Wire จะต่อลงดินทำหน้าที่เป็นสาย Overhead Ground Wire ด้วย

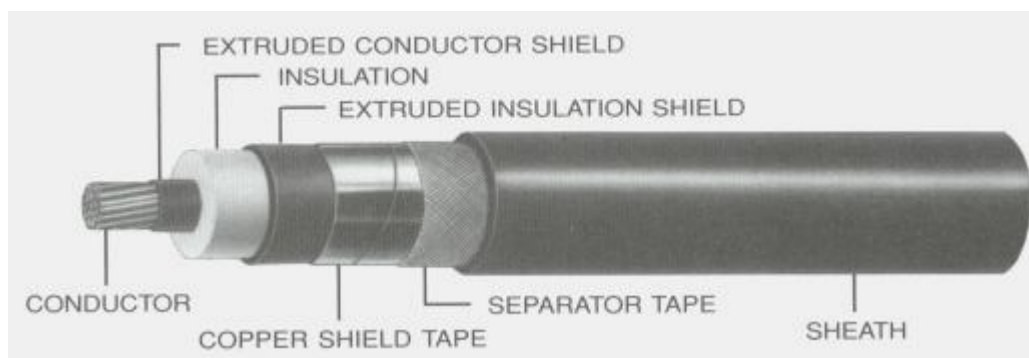




ภาพที่ 2.23 สาย Space Aerial Cable (SAC)

2.3 สาย Preassembly Aerial Cable สายชนิดนี้จัดเป็นสาย fully insulated มีโครงสร้างคล้ายสาย XLPE และสามารถวางใกล้กันได้ จึงใช้สายชนิดนี้ในบริเวณที่มี ระยะห่างจากตัวอาคาร จำกัด หรือผ่านบริเวณที่มีคนอาศัยอยู่

2.4 สาย Cross-linked Polyethylene (XLPE) สายชนิดนี้จัดเป็นสาย fully insulated



ภาพที่ 2.24 สาย Cross-linked Polyethylene (XLPE)

2.4.1 ตัวนำ (Conductor) ส่วนใหญ่เป็นทองแดงตีเกลียว ซึ่งอาจจัดอยู่ในรูปแบบของ Copper Concentric Strand

2.4.2 ชีลด์ของตัวนำ (Conductor Shield) ทำด้วยสารกึ่งตัวนำ มีหน้าที่ช่วยให้สนามไฟฟ้าระหว่างตัวนำกับฉนวนกระจายอย่างสม่ำเสมอในแนวรัศมี ช่วยลดการเกิด Break down ได้

2.4.3 ฉนวน (Insulation) เป็นชั้นที่ห่อหุ้มชีลด์อีกทีหนึ่ง ทำด้วยฉนวน XLPE

2.4.4 ชีลด์ของฉนวน (Insulation Shield) เป็นชั้นของ semi-conducting tape พันทับชั้นของฉนวนจากนั้นก็หุ้มด้วยชั้นของ Copper Tape อีกทีหนึ่ง ชีลด์ของฉนวนนี้ทำหน้าที่จำกัดสนามไฟฟ้า ให้อยู่เฉพาะภายในสายเคเบิล เป็นการป้องกันการรบกวนระบบสื่อสาร นอกจากนี้การต่อชีลด์ลงดิน จะช่วยลดอันตรายจากการสัมผัสถูกสายเคเบิลด้วย และทำให้เกิดการกระจายของแรงดันอย่างสม่ำเสมอเวลาใช้งาน

2.4.5 เปลือกนอก (Jacket) อาจเป็น Polyvinyl Chloride หรือ Polyethylene ก็ได้แล้วแต่ลักษณะงาน ถ้าเป็นงานกลางแจ้ง มักใช้ Polyvinyl Chloride เพราะเมื่อเกิดการติดไฟ ขณะที่ Polyethylene มักใช้งานเดินลอย เนื่องจากทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ สายชนิดนี้สามารถเดินลอย ในอากาศหรือฝังดินก็ได้ แต่นิยมฝังใต้ดิน เนื่องจากมีความแข็งแรง ทนทานสามารถทนต่อความชื้นได้ดี

สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ เป็นสายไฟฟ้าที่ใช้กับแรงดันไม่เกิน 750 V. เป็นสายหุ้มฉนวน ทำด้วยทองแดงหรืออลูมิเนียม โดยทั่วไปเป็นสายทองแดงสายขนาดเล็กจะเป็นตัวนำเดี่ยว แต่สายขนาดใหญ่เป็นตัวนำตีเกลียว วัสดุฉนวนที่ใช้กับสายแรงดันต่ำคือ Polyvinyl Chloride (PVC) และ Cross-linked Polyethylene (XLPE) ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่

1. สายชนิด วีเอเอฟ (VAF) สายไฟตาม มอก.11-2531 ที่ตามท้องตลาดเรียกว่าสายชนิด วีเอเอฟ (VAF) เป็นสายชนิด ทนแรงดัน 300 V มีทั้งชนิดที่เป็นสายเดี่ยว สายคู่ และที่มีสายดินอยู่ด้วย ถ้าเป็นสายเดี่ยว จะเป็นสายกลม และถ้าเป็นชนิด 2 แกน หรือ 3 แกน จะเป็นสายแบน ตัวนำนอกจาก จะมีฉนวนหุ้ม แล้วยังมีเปลือกหุ้มอีกชั้นหนึ่ง สายคู่จะนิยมรัดด้วยเข็มขัดรัดสาย (Clip) ใช้ในบ้านอยู่อาศัยทั่วไป สายชนิดนี้ห้ามใช้ในวงจร 3 phase ที่มีแรงดัน 380 V เช่นกัน (ในระบบ 3 phase แต่แยกไปใช้งานเป็นแบบ 1 phase แรงดัน 220 V. จะใช้ได้)



ภาพที่ 2.25 สายชนิด วีเอเอฟ (VAF)สายไฟตาม มอก.11-2531

1.1 การใช้งาน

ตารางที่ 2.1 การใช้งาน

สายกลม	สายแบน
เดินลอย	เดินเกาะผนัง
เดินเกาะผนัง เดินซ่อนในผนัง	เดินซ่อนในผนัง
เดินในช่องเดินสาย	ห้ามเดินในช่องเดินสาย
ห้ามเดินฝังโดยตรง	ห้ามฝังดินโดยตรง
หมายเหตุ การไฟฟ้านครหลวงยอมให้เดินร้อยท่อฝังดินได้ แต่ต้องป้องกันไม่ให้ น้ำเข้าท่อ และป้องกันไม่ให้สายมีโอกาสแช่น้ำ	

ตารางที่ 2.2 พิกัดการใช้งาน

จำนวนแกน	พื้นที่หน้าตัดสายตัวนำ	จำนวนและขนาดตัวนำ	กระแสใช้งานสูงสุด A
2	1.0	1/1.13	11
2	1.5	1/1.38	15
2	2.5	1/1.78	20
2	4	1/2.25	27
2	6	7/1.04	35
2	10	7/1.35	49
2	16	7/1.70	65
2	25	7/2.14	88
2	35	19/1.53	109

2. สายชนิด ทีเอชดับเบิลยู (THW)สายไฟฟ้าตาม มอก.11-2531 ที่ในท้องตลาดนิยมเรียกว่า ทีเอชดับเบิลยู (THW) เป็นสาย ไฟฟ้าชนิดทนแรงดัน 750 V เป็นสายเดี่ยว นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะใน โรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากใช้ในวงจรไฟฟ้า 3 phase ได้ ปกติจะ

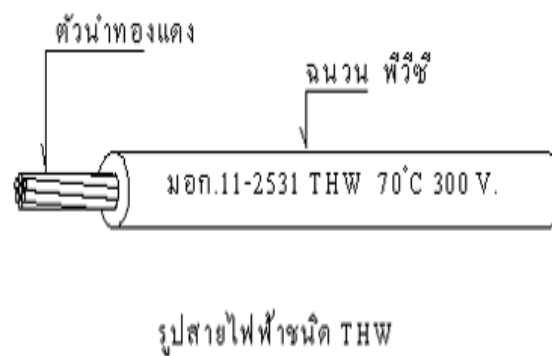


เดินร้อยในท่อร้อยสาย ชื่อ THW เป็นชื่อตามมาตรฐานอเมริกัน ซึ่งเป็นสายชนิดทนแรงดัน 600 V อุณหภูมิใช้งานที่ 75 องศาเซลเซียส แต่ในประเทศไทยนิยม เรียกสายที่ผลิตตาม มอก. 11 -2531 ว่า

ภาพที่ 2.26 สายชนิด ทีเอชดับเบิลยู (THW)สายไฟฟ้าตาม มอก.11-2531

ส า ย THW
และรู้กันทั่วไป

เนื่องจากมีโครงสร้างคล้ายกัน
ในท้องตลาด



ภาพที่ 2.27 สาย THW

2.1 การใช้งาน

2.1.1. เดินลอย ต้องยึดด้วยวัสดุฉนวน (insulator)

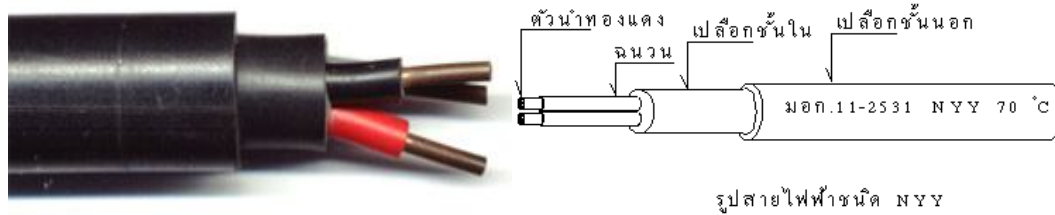
2.1.2. เดินในช่องเดินสาย ในสถานที่แห้ง

2.1.3. ห้ามเดินฝังดินโดยตรง

หมายเหตุ การไฟฟ้านครหลวงยอมให้เดินร้อยท่อฝังดินได้ แต่ต้องป้องกันไม่ให้ น้ำเข้าท่อ และป้องกันไม่ให้สายมีโอกาสแช่น้ำ

3. สายชนิด เอ็นวายวาย (NYY)สายไฟฟ้าตาม มอก.11-2531 ตามท้องตลาดนิยมเรียกว่าสายชนิด เอ็นวายวาย (NYY) มีทั้งชนิดแกนเดี่ยว และหลายแกน สายหลายแกน ก็จะเป็นสายชนิดกลมเช่นกัน สายชนิดนี้ทนแรงดันที่ 750 V. นิยมใช้อย่างกว้างขวางเช่นกัน เนื่องจากว่ามีความทนต่อสภาพแวดล้อม เพราะมีเปลือกหุ้มอีกชั้นหนึ่ง บางทีเรียกว่าเป็นสายฉนวน 3 ชั้น ความจริงแล้วสายชนิดนี้มีฉนวนชั้นเดียว อีกสองชั้นที่เหลือเป็นเปลือก เปลือกชั้นในทำหน้าที่เป็นแบบ (Form) ให้

สายแต่ละแกนที่ตีเกลียวเข้าด้วยกัน มีลักษณะกลม แล้วจึงมีเปลือกนอกหุ้ม อีกชั้นหนึ่ง ทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายทางกายภาพ



ภาพที่ 2.28 สายชนิด เอ็นวายวาย (NYY)สายไฟฟ้าตาม มอก.11-2531

3.1 การใช้งาน

3.1.1. ใช้งานทั่วไป เดินร้อยท่อฝังดิน หรือเดินฝังโดยตรง

3.2 ชนิดของสาย NY Y แบ่งตามลักษณะของสายโดยแบ่งออกได้ดังนี้

3.2.1. NY Y ชนิดสายเดี่ยว สายชนิดนี้เป็นสายที่มีเปลือกเพียงชั้นเดียว ทำหน้าที่ป้องกัน ความเสียหายทางกายภาพ ไม่ต้องมีเปลือกชั้นใน

3.2.2. NY Y ชนิด 2 แกน 3 แกน และ 4 แกน ซึ่งแล้วแต่ความต้องการของ ใช้งาน สายชนิดนี้จะมีเปลือกสองชั้นดังกล่าวมาแล้วข้างต้น

3.2.3 NY Y ชนิด 4 แกน มีสายนิวทรัลรวมอยู่ด้วย เรียกว่าเป็นสาย NY Y - N คือมีสายไฟอยู่ 3 เส้น และมีสายนิวทรัลอีกหนึ่งเส้น มีขนาดพื้นที่หน้าตัดประมาณครึ่งหนึ่ง ของ สายไฟ จึงเหมาะที่จะใช้ในวงจร 3 phase 4 สาย

3.2.4. NY Y ชนิด NY Y - GRD คือเป็นสายชนิด 2 แกน 3 แกน และ 4 แกน ที่มีสายดิน (Ground) รวมอยู่ด้วยอีกเส้นหนึ่งเส้น จึงเหมาะที่จะใช้ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน

4. สายชนิด วีซีที (VCT)สายไฟฟ้าตาม มอก.11 - 2531 ตามท้องตลาดเรียกว่า สาย วีซีที (VCT) เป็นสายกลมมี ทั้งชนิดหนึ่งแกน 2 แกน 3 แกนและ 4 แกนทนแรงดันที่ 750 V. มีฉนวนและเปลือกเช่นกัน มีข้อพิเศกว่าก็คือ ตัวนำจะประกอบไปด้วย ทองแดงฝอยเส้นเล็ก ๆ ทำให้มีข้อดีคือ อ่อนตัวและ ทนต่อสภาพการสั่นสะเทือนได้ดี เหมาะที่จะใช้เป็น สายเดินเข้าเครื่องจักร ที่มีการสั่นสะเทือนขณะใช้งาน สายชนิดนี้ ใช้งานได้ทั่วไปเหมือนสายชนิด NY Y สาย VCT มีหลายแบบตามรูปทรงโดยแบ่งได้ทั้งแบบ VCT - GRD ซึ่งมี 2 แกน 3 แกนและ 4 แกน และมีสายดินเดินร่วมไปด้วยอีกเส้นหนึ่ง เพื่อให้เหมาะสำหรับใช้เครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน



ภาพที่ 2.29 สายชนิด วิซีที (VCT)สายไฟฟ้าตาม มอก.11 – 2531

4.1 การใช้งาน

4.1.1 ใช้งานทั่วไป เดินร้อยท่อฝังดิน

5. สายไฟฟ้าแรงดันต่ำที่ผลิตตามมาตรฐานอื่นหมายถึง สายไฟฟ้าที่ไม่ได้ผลิตตามมาตรฐาน มอก 11-2531 จึงเป็นสายไฟฟ้าทองแดง ที่หุ้มฉนวนชนิดอื่น ที่นอกเหนือไปจากฉนวนชนิด PVC. ฉนวนที่นิยมใช้ก็คือ ครอบสลิคโพลีเอททิลีน (Cross-Linked Polyethylene) นิยมเขียนเป็นอักษรย่อว่า XLPE มีคุณสมบัติพิเศษคือ ทนอุณหภูมิได้สูง และมีความแข็งแกร่งต่อแรงเสียดสีได้ดี สายที่นิยมใช้งาน ได้อย่างกว้างขวางคือ สายที่ผลิตตามมาตรฐาน JIS C-3606 เป็นสายชนิดทนแรงดัน 600 V เป็นตัวนำทองแดง อุณหภูมิใช้งานของฉนวน 90 °C เรียกว่าสายไฟฟ้าชนิด CV ซึ่งมีขนาดกระแสสูงกว่าสายตาม มอก. 11-2531 ที่ขนาดเดียวกัน และวิธีการเดินสายเหมือนกัน เนื่องจากสายมีอุณหภูมิใช้งาน 90 °C ขั้วสายและเครื่องอุปกรณ์ที่สายชนิดนี้ต่ออยู่ ก็ต้องเป็นชนิดที่ออกแบบให้ใช้งานได้ 90 °C ด้วยเช่นกัน (หรือทำการลดค่าของกระแสของสายไฟฟ้าลงมา) สายชนิดนี้มีทั้ง แกนเดี่ยวและหลายแกน (Multi-Core) มีเปลือกนอก เพื่อป้องกันความเสียหาย ทางกายภาพ จึงใช้งานได้ทั่วไป รวมทั้งใช้เดินฝังดินโดยตรง

5.1 การใช้งาน

5.1.1 ใช้งานทั่วไป เดินร้อยท่อฝังดิน หรือฝังดินโดยตรงขนาดกระแสนของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี ตาม มอก.11-2531 อุณหภูมิตัวนำ 70 °C ขนาดแรงดัน 300 หรือ 750 โวลต์ อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C

ตารางที่ 2.3 วิธีการเดินสายไฟ

ขนาดกระแสน (แอมแปร์)							
ขนาดสาย(ตร.มม)	วิธีการเดินสาย (หมายเหตุ 1)						
	ก	ข	ค		ง		จ
			ท่อโลหะ	ท่อโลหะ	ท่อโลหะ	ท่อโลหะ	
0.5	9	8	8	7	10	9	-
1	14	11	11	10	15	13	21
1.5	17	15	14	13	18	16	26
2.5	23	20	18	17	24	21	34
4	31	27	24	23	32	28	45
6	42	35	31	30	42	36	56
10	60	50	43	42	58	50	75
16	81	66	56	54	77	65	97
25	111	89	77	74	103	87	125
35	137	110	95	91	126	105	150
50	169	-	119	114	156	129	177
70	217	-	148	141	195	160	216
95	271	-	187	180	242	200	259
120	316	-	214	205	279	228	294
150	364	-	251	236	322	259	330
185	424	-	287	269	370	296	372
240	509	-	344	329	440	352	431
300	592	-	400	373	508	400	487
400	696	-	474	416	599	455	552
500	818	-	541	469	684	516	623

หมายเหตุ ก. หมายถึง สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนเดินในอากาศ

ข. หมายถึง สายแบนหุ้มฉนวนมีเปลือกเดินเกาะผนัง

ค. หมายถึง สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้นหรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน เดินในท่อในอากาศ ในท่อฝังในผนังปูนฉาบ หรือในท่อในฝ้าเพดาน

ง. หมายถึง สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้นหรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกนเดินในท่อฝังดิน

จ. หมายถึง สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 เส้นหรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน ฝังดินโดยตรง

ที่มา(<http://www.nectec.or.th/courseware/electrical/wire/index.html>)

เซอร์กิตเบรกเกอร์

เซอร์กิตเบรกเกอร์ หมายถึง อุปกรณ์ที่ทำงาน เปิดและปิดวงจรไฟฟ้า แบบไม่อัตโนมัติ แต่สามารถเปิดวงจรได้อัตโนมัติ ถ้ามีกระแสไหลผ่าน เกินกว่าค่าที่กำหนด โดยไม่มีความเสียหาย เกิดขึ้นCircuit Breaker แรงดันต่ำ หมายถึง breaker ที่ใช้กับแรงดันน้อยกว่า 1000 volt แบ่งออกได้หลายชนิด ได้แก่

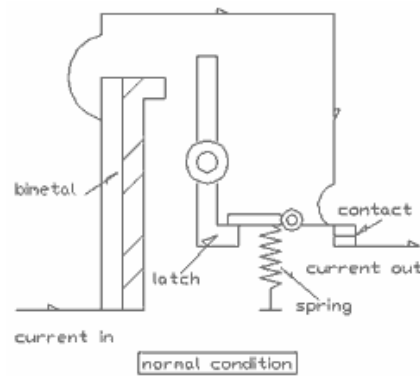
1. **Molded case circuit breaker (MCCB)** หมายถึง breaker ที่ถูกห่อหุ้มมิดชิดโดย mold 2 ส่วน มักทำด้วย phenolic ซึ่งเป็นฉนวนไฟฟ้าสามารถทนแรงดันใช้งานได้ breaker แบบนี้ มีหน้าที่หลัก 2 ประการคือทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิด-ปิดด้วยมือ และเปิดวงจรโดยอัตโนมัติ เมื่อมีกระแสไหลเกิน หรือเกิดลัดวงจร โดย breaker จะอยู่ในภาวะ trip ซึ่งอยู่กึ่งกลางระหว่างตำแหน่ง ON และ OFF เราสามารถ reset ใหม่ได้โดย กดคันโยกให้อยู่ในตำแหน่ง OFF เสียก่อน แล้วค่อยโยกไปตำแหน่ง ON การทำงานแบบนี้เรียกว่า quick make , quick break ลักษณะของ breaker แบบนี้ที่พบเห็นโดยทั่วไป



ภาพที่ 2.30 ลักษณะของ breaker แบบนี้ที่พบเห็นโดยทั่วไป

molded case circuit breaker ที่พบบ่อยในท้องตลาดมี 2 ประเภทคือ Thermal magnetic CB. และ Solid state trip CB.Breaker แบบนี้มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วนคือ

1. **Thermal unit** ใช้สำหรับปลดวงจรเมื่อมีกระแสไหลเกินอันเนื่องมาจากการใช้โหลดมากเกินไป ลักษณะการทำงานดูได้จาก ภาพที่ 2.31



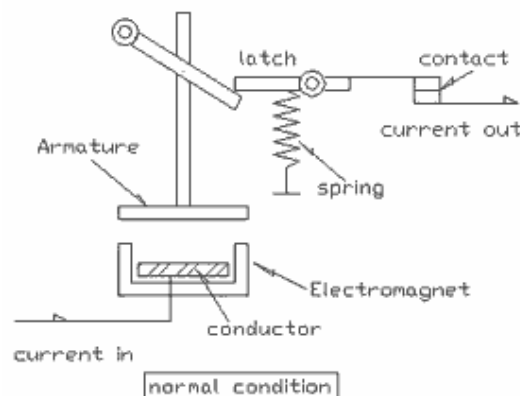
ภาพที่ 2.31 **Thermal**

unit ใช้สำหรับปลดวงจร

เนื่องมาจากการใช้โหลดมากเกินไป

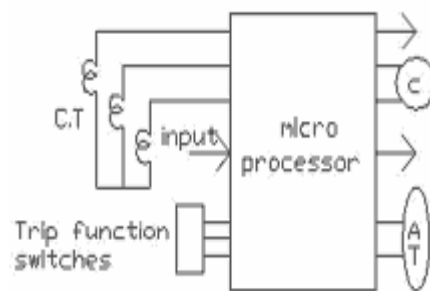
เมื่อมีกระแสเกินไหลผ่านโลหะ bimetal (เป็นโลหะ 2 ชนิด ที่มีสัมประสิทธิ์ ทางความร้อน ไม่เท่ากัน) จะทำให้ bimetal โค้งตัว ไปปลดอุปกรณ์ทางกล และทำให้ CB. ตัดวงจร เรียกว่าเกิดการ trip การปลดวงจรแบบนี้ ต้องอาศัย เวลาพอสมควร ขึ้นอยู่กับ กระแสขณะนั้น และความร้อน ที่เกิดขึ้นจนทำให้ bimetal โค้งตัว

1.1.Magnetic unit ใช้สำหรับปลดวงจรเมื่อเกิดกระแสลัดวงจรหรือมีกระแสค่า สูงๆ ประมาณ 8-10 เท่าขึ้นไป ไหลผ่าน กระแสจำนวนมากจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กความเข้มสูง ดึงให้อุปกรณ์การปลดวงจรทำงานได้ การตัดวงจรแบบนี้เร็วกว่าแบบแรกมาก โอกาสที่ breaker จะชำรุดจากการตัดวงจรจึงมีน้อยกว่า ภาพที่ 2.32



ภาพที่ 2.32 **Magnetic unit** ใช้สำหรับปลดวงจรเมื่อเกิดกระแสลัดวงจร

2. Solid state trip or Electronic trip molded case circuit breaker เป็น breaker ชนิดหนึ่งที่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทำหน้าที่วิเคราะห์กระแสเพื่อสั่งปลดวงจร



ภาพที่ 2.33 Solid state trip or Electronic trip molded case circuit breaker

จาก diagram จะเห็นว่ามี CT อยู่ภายในตัว breaker ทำหน้าที่ แปลงกระแส ให้ต่ำลง ตามอัตราส่วนของ CT และมี microprocessor คอยวิเคราะห์กระแส หากมีค่าเกินกว่าที่กำหนด จะสั่งให้ tripping coil ซึ่งหมายถึง solenoid coil ดึงอุปกรณ์ทางกลให้ CB. ปลดวงจร ที่ด้านหน้าของ breaker ชนิดนี้จะมีปุ่มปรับค่ากระแสปลดวงจร , เวลาปลดวงจร และอื่นๆ นอกจากนี้ยังสามารถติดตั้งอุปกรณ์เสริมที่เรียกว่า amp meter & fault indicator ซึ่งสามารถแสดงสาเหตุการ fault ของวงจรและค่ากระแสได้ ทำให้ทราบสาเหตุของการปลดวงจรได้

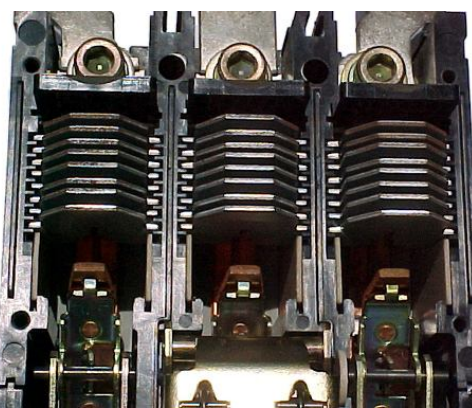
โครงสร้างและส่วนประกอบของเบรกเกอร์

1. **Name plate** ป라กฏที่ด้านหน้าหรือด้านข้างของเบรกเกอร์ โดยมักกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับเบรกเกอร์นั้นๆ เช่น จำนวนขั้ว, แรงดัน, กระแส ในส่วนของกระแสจะระบุ 3 จำนวน ประกอบด้วย ampere trip , ampere frame และ interrupting capacity ดังภาพที่ 2.34



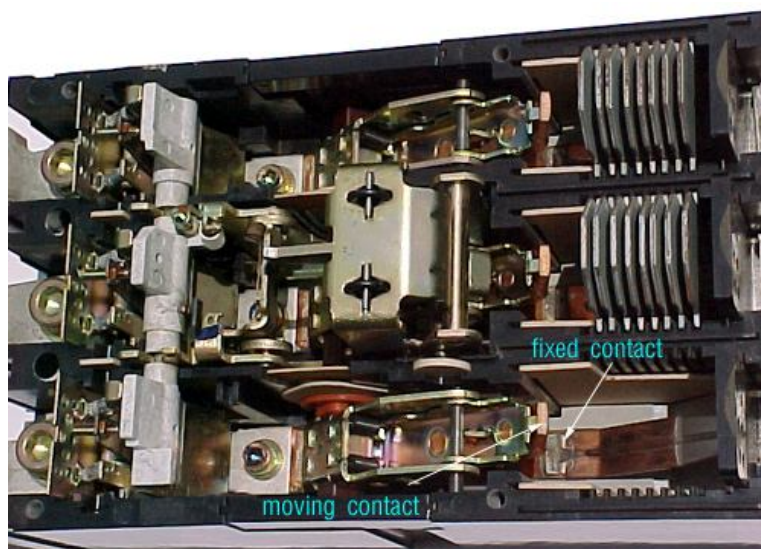
ภาพที่ 2.34 Name plate ปรากฏที่ด้านหน้าหรือด้านข้างของเบรกเกอร์

2. **Arcing chamber** บางครั้งเรียกว่า arc chute มีลักษณะเป็นแผ่นโลหะวางซ้อนกันเป็นชั้นๆ อยู่เหนือหน้าสัมผัส (contact) ของเบรกเกอร์ ทำหน้าที่ช่วยดับอาร์ก



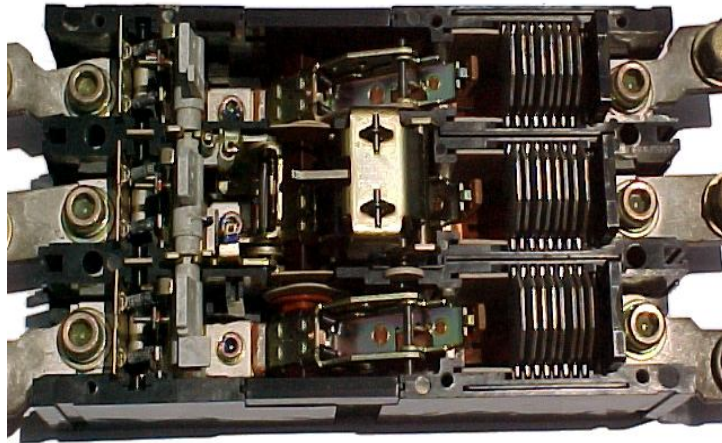
ภาพที่ 2.35 **Arcing chamber** บางครั้งเรียกว่า arc chute มีลักษณะเป็นแผ่นโลหะวางซ้อนกันเป็นชั้นๆ อยู่เหนือหน้าสัมผัส

3. **หน้าสัมผัส (contact)** นิยมทำด้วยทองแดงเคลือบผิวหน้าด้วยเงินเพื่อให้ทนต่อเปลวอาร์กได้ดี ประกอบด้วย fixed contact และ movable contact ดังภาพ ในรูปที่ 2.36



ภาพที่ 2.36 หน้าสัมผัส (contact)

4. **กลไกตัดวงจร** สำหรับเบรกเกอร์ขนาดเล็กทั่วไป แบ่งเป็นอาศัยความร้อนและอาศัยอำนาจแม่เหล็ก แบบอาศัยความร้อน ใช้หลักการโก่งตัวของโลหะ bimetal เพื่อปลดกลไก ส่วนแบบอาศัยอำนาจแม่เหล็ก ใช้แรงดึงดูดของแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวด ที่กระทำต่อแผ่นโลหะ เพื่อปลดกลไก ดังภาพที่ 2.37



ภาพที่ 2.37 กลไกตัดวงจร สำหรับเบรกเกอร์ขนาดเล็กทั่วไป

2. AIR circuit breaker เป็นเบรกเกอร์ที่ใช้กับแรงดัน <1000 volt มีขนาดใหญ่ใช้เป็น main CB. โดยทั่วไปมีพิกัดกระแสตั้งแต่ 225-6300 A. และมี interrupting capacity สูงตั้งแต่ 35-150 KA. โครงสร้างทั่วไปทำด้วยเหล็กมีช่องดับอาร์ก (Arcing chamber) ที่ใหญ่โตแข็งแรงเพื่อให้สามารถรับกระแสลัดวงจรจำนวนมากได้ Air CB. ที่มีขายในท้องตลาด มักใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตรวจจับ และวิเคราะห์กระแสเพื่อสั่งปลดวงจร ดังภาพ ที่ 2.38



ภาพที่ 2.38 AIR circuit breaker

สำหรับ LV Air CB. ยี่ห้อ MERLIN GERIN ได้แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ให้เหมาะสมกับงานแต่ละประเภทคือ

- 1.N1 : standard
- 2.H1 , H2 : high performance
3. L1 : current limiting

แต่ละประเภทจะมีค่า breaking capacity ที่แตกต่างกันดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ค่า breaking capacity ที่แตกต่างกัน

Breaking Capacity (KA rms , Ics = Icu, 220/415 V according to IEC 947-2)						
current rating (A)	800-1600	2000/2500	3200	4000	5000	6300
Type						
N1	40	55	-	-	-	-
H1	65	75	75	75	100	100
H2	100	100	100	100	125	125
L1	130	130	-	-	-	-
Degree of pollution (IEC947-2)	IV	IV	IV	IV	IV	IV

Air CB. มี 2 ชนิดคือ

1. Draw out type เป็นเบรกเกอร์ชนิดชักออก ซึ่งติดตั้งบนฐานรางเลื่อน สามารถถอดเปลี่ยน/ซ่อม ได้สะดวกรวดเร็ว เบรกเกอร์อีกชนิดหนึ่ง คือ direct current breaker มีใช้กับชนิด draw out เท่านั้น เพื่อขยายความสามารถการทนกระแสของเบรกเกอร์ มีลักษณะ ดังภาพที่ 2.39



Draw out type



Direct current CB

ภาพที่ 2.39 Draw out type

2. Fixed type เป็นเบรกเกอร์ชนิดยึดติดกับที่ ซึ่งที่จริงแล้วก็คือส่วนที่เคลื่อนที่ ของเบรกเกอร์แบบ drawout โดยเพิ่มปีกโลหะ (fixing bracket) ประกบด้านข้างทั้ง 2 ด้าน มีลักษณะ ดังภาพที่ 2.40



Fixed breaker

ภาพที่ 2.40 Fixed type

ส่วนประกอบของ Air CB

1. Arc chute cover เป็นฝาครอบ arc chute
2. Auxiliary terminal shield
3. Auxiliaries connection block
4. Fixed integral enclosure
5. Safety shutters ม่านกัน contact ซึ่งเป็นส่วนที่ติดอยู่กับฐานของเบรกเกอร์ (fixed portion) แบบ draw out จะปิดอัตโนมัติ เมื่อ contact ถูกแยกออกจากกัน
6. Arc chute เป็นช่องดับอาร์ค ติดตั้งไว้บริเวณหน้าสัมผัสของเบรกเกอร์
7. Remote control voltage release ทำหน้าที่ควบคุมการปลด-สับ เบรกเกอร์ โดยจะสั่งปลดหน้าสัมผัส ถ้าแรงดันที่ release ได้รับจากแหล่งจ่ายมีค่าต่ำกว่า rated voltage ระหว่าง 35% - 70% ถ้า voltage release ไม่ได้รับแรงดันที่ถูกต้อง จะไม่สามารถสั่งสับเบรกเกอร์ได้ จนกว่าแรงดันที่ได้รับจะมีค่าตั้งแต่ 85% ของ rated voltage ขึ้นไป และเพื่อป้องกันเบรกเกอร์ trip จากภาวะ transients ที่อาจทำให้แรงดันตกชั่วขณะ ก็จะมีการติดตั้ง time delay ไว้ภายใน (built-in time delay)
8. Motor for electrical charging of stored energy mechanism ติดตั้งเพิ่มเพื่อให้สามารถ charge สปริงแบบ manual ได้ด้วย ในชุดนี้ประกอบด้วย
 - 8.1 gear motor
 - 8.2 closing release
 - 8.3 shunt release หรือ undervoltage release
 - 8.4 "springs charged" limit switch changeover contact
9. Control unit ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเบรกเกอร์ รวมทั้งสามารถปรับตั้งค่าต่างๆ ได้ดังนี้
 - 9.1 short time protection

9.2 long time protection

9.3 earth fault protection

นอกจากนี้ยังใช้แสดงผลปริมาณทางไฟฟ้าเช่น กระแส, แรงดัน, เพาเวอร์แฟคเตอร์, กำลังไฟฟ้า หรือวัดกระแส fault ได้ด้วย

10. Front cover เป็นฝาครอบด้านหน้าของ Air circuit breaker



Draw out Air CB.



Control unit



Safety shutters



Auxiliaries connection

block



Voltage release



Voltage release
accessible from the
front



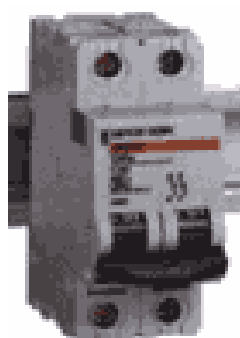
Fixed integral
enclosure



Motor for electrical
charging of stored
energy mechanism

ภาพที่ 2.41 ภาพแสดงส่วนประกอบของ Air CB. (click to enlarge)

3. Miniature circuit breaker เป็นเบรกเกอร์ขนาดเล็ก ใช้ติดตั้งเป็นอุปกรณ์ป้องกันร่วมกับแผงจ่ายไฟฟ้าย่อย (Load center) หรือแผงจ่ายไฟฟ้าประจำห้องพักอาศัย (consumer unit) เบรกเกอร์ชนิดนี้ไม่สามารถปรับตั้ง ค่ากระแสตัดวงจรได้ มีทั้งแบบ 1 pole , 2 pole และ 3 pole อาศัยกลไกการปลดวงจรทั้งแบบ thermal และ magnetic มีรูปร่างทั่วไป ดังภาพ ในรูปที่ 2.42



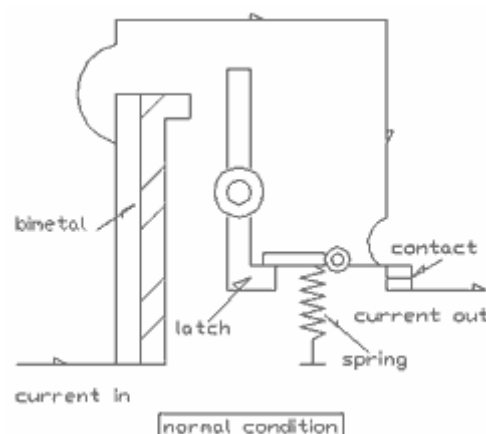
ภาพที่ 2.42 Miniature circuit breaker

พิกัดแรงดันของเบรกเกอร์ชนิดนี้จะอยู่ที่ 240/415 Vac. มี Ampere trip สูงสุด 100 A. และมี interrupting capacity ตั้งแต่ 5 KA. ขึ้นไป และเนื่องจากเป็นเบรกเกอร์ขนาดเล็กจึงมักใช้ป้องกันวงจรย่อย เช่น วงจรแสงสว่าง วงจรเตารีด หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็กทั่วไป นอกจากนี้ยังมีรุ่นที่สามารถป้องกันไฟฟ้าดูดได้ด้วย เรียกว่า Earth leakage circuit breaker (ELCB)

3.1 Earth leakage circuit breaker (ELCB) เป็น miniature CB. ชนิดหนึ่งซึ่งมีอุปกรณ์เสริมสำหรับตรวจจับกระแสรั่วออกจากวงจรเกินกว่าค่าที่กำหนดหรือไม่ ถ้าเกินค่าที่ตั้งไว้ ก็จะสั่งปลดวงจร โดยกระแสรั่วไหลจะกำหนดตายตัว ไม่สามารถปรับตั้งได้เช่น 10 mA. , 15 mA. , 30 mA. เป็นต้น ตัวอย่างของ ELCB ดังภาพ ในรูปที่ 2.43



ภาพที่ 2.43 Earth leakage circuit breaker



ภาพที่ 2.44 แสดงวงจรการทำงานของ ELCB

ที่มา (<http://www.nectec.or.th/courseware/electrical/circuit>)

พิกัดกระแสของ circuit breaker ที่ควรรู้จักมี 3 อย่างดังนี้

1. Ampere Trip (AT) เป็นพิกัดกระแส handle rating ซึ่งบอกให้รู้ว่าสามารถทนกระแสใช้งานในภาวะปกติได้สูงสุดเท่าใด มักแสดงค่าไว้ที่ name plate หรือด้ามโยกของเบรกเกอร์ ซึ่งมาตรฐานของ NEC 1990 paragraph 240-6 กำหนดดังนี้ 15 , 60 , 70 , 80 , 90 , 100 , 110 , 125 , 150 , 175 , 200 , 225 , 250 , 300 , 350 , 400 , 450 , 600 , 700 , 800 , 1000 , 1200 , 1600 , 2000 , 2500 , 3000 , 4000 , 5000 , 6000 A.

ในกรณีที่ขนาดอุปกรณ์ของผู้ผลิตบางรายไม่มีค่าตรงกับค่าที่กำหนด ก็สามารถเลือกใช้ค่าที่สูงขึ้นไปแทนได้ สิ่งควรรู้เพิ่มเติมก็คือ พิกัดการทนกระแส ของเบรกเกอร์ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

1.1 standard circuit breaker ในที่นี้หมายถึงชนิด thermal magnetic ซึ่งถ้าเอาเบรกเกอร์ชนิดนี้ไปใช้กับโหลดต่อเนื่อง จะปลดวงจรที่ 80 % ของพิกัดกระแสเบรกเกอร์

1.2 100% rated circuit breaker แบบนี้ถ้านำไปใช้กับโหลดต่อเนื่องจะตัดวงจรที่พิกัดกระแสของเบรกเกอร์ แต่จะมีเฉพาะสินค้าของอเมริกาเท่านั้น

2. Ampere Frame (AF) พิกัดกระแสโครง ซึ่งหมายถึงพิกัดการทนกระแสสูงสุดของเบรกเกอร์ในรุ่นนั้นๆ Ampere Frame มีประโยชน์คือ สามารถเปลี่ยนพิกัด Ampere Trip ได้โดยที่ขนาด (มิติ) ของเบรกเกอร์ยังคงเท่าเดิม ค่า AF ตามมาตรฐาน NEMA มีดังนี้ 50 , 100 , 225 , 250 , 400 , 600 , 800 , 1000 , 1200 , 1600 , 2000 , 2500 , 4000 , 5000 AF

3. Interrupting Capacity (IC) เป็นพิกัดการทนกระแสลัดวงจรสูงสุดโดยปลอดภัยของเบรกเกอร์นั้นๆ โดยปกติกำหนดค่าการทนกระแสเป็น KA. ค่า IC จะบอกให้รู้ว่าเบรกเกอร์ที่ใช้นั้นมีความปลอดภัยมากน้อยเพียงใด การเลือกค่ากระแส IC จะต้องรู้ค่ากระแสลัดวงจร ณ. จุดนั้นๆ เสียก่อน ตามมาตรฐาน IEC947-2 แล้วสามารถแบ่งเป็น 4 ประเภทคือ

3.1 Icu หรือ Icn (Rated short-circuit breaking capacity) หมายถึงพิกัดการทนกระแสลัดวงจรสูงสุดโดยปลอดภัยของเบรกเกอร์ ตามมาตรฐานแล้วจะระบุเป็นค่า r.m.s ของกระแสไฟฟ้าสลับ โดย

ถือว่าส่วนประกอบ transient กระแสตรง (ค่า DC. Transient) เป็นศูนย์ พิกัดกระแสดังกล่าวในภาคอุตสาหกรรมเรียกว่า ค่า Icu (Rated ultimate s.c. breaking capacity) ส่วนภาคที่อยู่อาศัยเรียกว่า Icn ปกติจะมีหน่วยเป็น KA r.m.s. การทดสอบค่า Icu หรือ Icn ตามมาตรฐาน IEC มี 3 ลักษณะคือ

3.1.1 Operating sequences(open-close/open) คือการทดสอบการทนกระแสลัดวงจร โดยทำการปิดและเปิดวงจร ของเบรกเกอร์ขณะมีกระแสลัดวงจร

3.1.2 Current and voltage phase displacement คือการทดสอบการทนกระแสลัดวงจร ที่ค่า power factor ต่างๆ กัน ซึ่งพบว่าถ้า power factor = 1 จะปลดวงจรง่ายกว่า และถ้า power factor มีค่าต่ำเท่าใดการปลดวงจรยิ่งทำได้ยากเท่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับความเป็นจริงที่ว่าระบบไฟฟ้าส่วนใหญ่เป็น lagging power factor และยังมีกระแสลัดวงจรสูงเท่าใด (อยู่ใกล้ generator หรือหม้อแปลง ขนาดใหญ่) ค่า power factor ก็ยิ่งต่ำลง

3.1.3 Dielectric withstand capability คือการทดสอบความเป็นฉนวนของโครง (case) ของเบรกเกอร์ หลังจากการ short-circuit ไปแล้วว่ายังคงสภาพการเป็นฉนวนอยู่หรือไม่
ที่มา วารสาร โอเอ็มแมกกาซีน ฉบับที่ 1 มิถุนายน-สิงหาคม 2000

3.2 Icm (Rated making capacity) หมายถึงพิกัดการทนกระแสลัดวงจรสูงสุดที่เป็น peak current ที่เบรกเกอร์ สามารถทนได้ และทำการปลดวงจรแบบทันทีทันใด (instantaneous) โดยไม่มีการหน่วงเวลาที่แรงดันพิกัด (rated voltage) ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ ค่ากระแส peak มีความสัมพันธ์กับค่า Icu ด้วยตัวคูณ (k factor) ซึ่งต่างกันไปตามค่า power factor ของกระแสลัดวงจร ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ค่า power factor ของกระแสลัดวงจร

Icu	power factor	Icm = kIcu
มากกว่า 6KA ถึง 10KA	0.5	1.7 x Icu
มากกว่า 10KA ถึง 20KA	0.3	2 x Icu
มากกว่า 20KA ถึง 50KA	0.25	2.1 x Icu
มากกว่า 50KA	0.2	2.2 x Icu

3.3 Icw (Rated short-time withstand current) คือค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดสำหรับเบรกเกอร์ชนิด B ที่สามารถทนได้ทั้งผลทางด้านอุณหภูมิ , ความเค้น และ ความเครียดจากสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้น โดยตัวมันเองไม่เสียหายในช่วงเวลาหนึ่ง ตามที่โรงงานผู้ผลิตระบุค่านี้ขึ้นอยู่กับการประเภทของ switchgear แรงต่ำ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

3.3.1 ชนิด A คือระบบ switchgear ที่ไม่มีความต้องการให้มีการหน่วงเวลาในการทำงานของอุปกรณ์ magnetic trip (เป็นการปลดวงจรโดยอาศัยอำนาจแม่เหล็ก) ได้แก่ molded case circuit breaker ทั่วไป ดังนั้น molded case CB. จึงไม่มีค่า Icw

3.3.2 ชนิด B คือระบบ switchgear ที่สามารถหน่วงเวลาในการปลดวงจรได้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถทำการปลดวงจรเป็นลำดับขั้น (discrimination) ในระบบ โดยเบรกเกอร์ตัวที่อยู่ใกล้กระแสลัดวงจรที่สุดควรปลดวงจรก่อน ดังนั้นตัวที่อยู่ถัดไป (โดยเฉพาะตัว main) ต้องทนกระแสลัดวงจรซึ่งสูงกว่าและเป็นเวลานานกว่าได้ โดยตัวมันเองไม่ปลดวงจรและไม่เสียหาย ค่าพิกัดและกระแสการลัดวงจรสูงสุดที่เบรกเกอร์ทนได้ในกรณีที่ต้องหน่วงเวลาเช่นนี้เรียกว่า short-time withstand current rating (Icw) โดยปกติค่า Icw จะถูกระบุหรือทดสอบกับเบรกเกอร์แบบ electronic trip เช่น Air circuit breaker หรือ molded case ประเภท heavy duty

ที่มา วารสาร โอษฐ์แมกกาซีน ฉบับที่ 1 มิถุนายน-สิงหาคม 2000

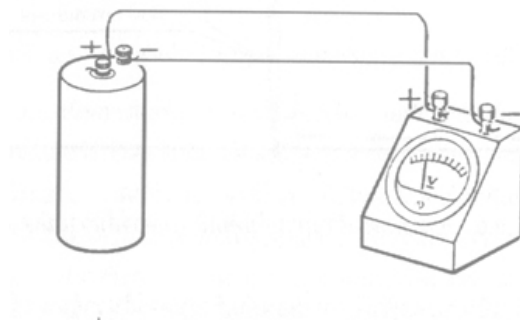
3.4 Ics (Rated service short short-circuit breaking capacity) เป็นค่าที่บอกให้รู้ว่าเมื่อเบรกเกอร์ปลดวงจรหลังจากเกิดการลัดวงจรครั้งแรกแล้ว เบรกเกอร์ตัวนั้นจะสามารถทนกระแสลัดวงจร ในครั้งถัดไปได้เท่าเดิมหรือไม่โดยเทียบกับค่า Icu โดยระบุเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่า Icu เช่น 25 , 50 , 75 และ 100% เช่น เบรกเกอร์ตัวหนึ่งระบุค่า Ics = 0.5 Icu หมายความว่าเมื่อเบรกเกอร์ปลดวงจรหลังจากเกิดการลัดวงจรครั้งแรกแล้ว เบรกเกอร์ตัวนั้นจะสามารถทนกระแสลัดวงจรในครั้งถัดไปได้เท่ากับ 50% ของ Icu

ที่มา (วารสาร โอษฐ์แมกกาซีน ฉบับที่ 1 มิถุนายน-สิงหาคม 2000)

เครื่องวัดทางไฟฟ้า

ดีซีโวลต์มิเตอร์

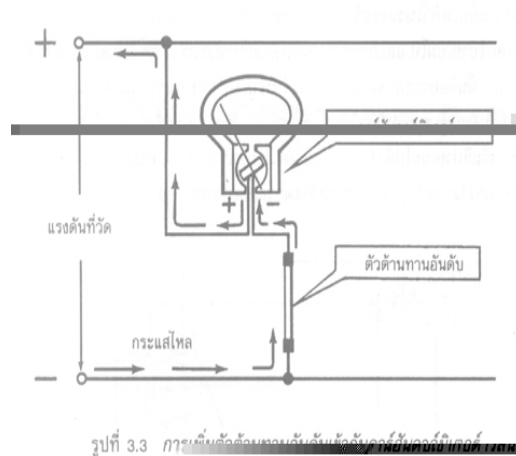
โครงสร้างโวลต์มิเตอร์โวลต์มิเตอร์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้วัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (แรงดันไฟฟ้าหรือแรงดันตกคร่อม) ระหว่าง จุดสองจุด ในวงจร ความจริงแล้วโวลต์มิเตอร์ก็คือแอมมิเตอร์นั่นเอง เพราะขณะวัดแรงดันไฟฟ้าในวงจร หรือแหล่งจ่ายแรงดันจะต้องมี กระแสไฟฟ้าไหลผ่านมิเตอร์จึงทำให้เข็มมิเตอร์บ่ายเบนไป และการที่กระแสไฟฟ้าจะไหล ผ่าน เข้าโวลต์มิเตอร์ได้ ที่ต้องมี แรงดันไฟฟ้าป้อนเข้ามา นั่นเองกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน กระแสไฟฟ้าไหลได้มากน้อยถ้า จ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้ามาน้อย กระแสไฟฟ้าไหลน้อย เข็มชี้บ่ายเบนไปน้อยถ้าจ่าย แรงดันไฟฟ้าเข้ามามาก กระแสไฟฟ้าไหลมาก เข็มชี้บ่ายเบนไปมากการวัดแรงดันไฟฟ้าด้วยโวลต์มิเตอร์แสดงดังรูป



ภาพที่ 2.45 การวัด แรงดันไฟฟ้าด้วยโวลต์มิเตอร์

การที่สามารถวัดแรงดันไฟฟ้าได้ก็อาศัยปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมิเตอร์ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมิเตอร์ก็ขึ้น อยู่กับปริมาณของแรงดันที่จ่ายเข้ามา ดังนั้นการวัดปริมาณของแรงดันไฟฟ้าก็คือ การวัดปริมาณ ของกระแสไฟฟ้านั้นเอง เพียงแต่เปลี่ยนสเกลหน้าปัดของมิเตอร์ ให้แสดงค่าออกมา เป็นค่าปริมาณ ของแรงดัน ไฟฟ้าเท่านั้น และปรับค่าให้ถูกต้อง

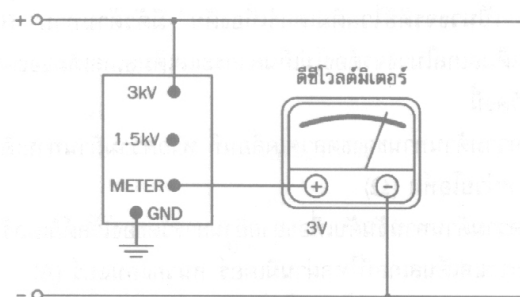
กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเข้าโวลต์มิเตอร์จะมีขีดจำกัดขึ้นอยู่กับค่าการทนกระแสได้ของโวลต์มิเตอร์ตัวนั้น ดังนั้นเมื่อนำโวลต์มิเตอร์ไปวัดแรงดันไฟฟ้าค่ามาก ๆ ย่อมส่งผลให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าโวลต์มิเตอร์มากตามไปด้วย ซึ่งถ้ามากเกินไป ที่โวลต์มิเตอร์ทนได้ ก็ไม่สามารถนำโวลต์มิเตอร์ไปวัดแรงดันไฟฟ้าค่านั้นได้ การดัดแปลงให้คาร์สันวาล์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ หรือโวลต์มิเตอร์เดิมสามารถวัดแรงดันไฟฟ้าได้สูงมากขึ้น ทำได้ โดยใช้ตัวต้านทานที่เหมาะสมมาต่ออันดับหรืออนุกรมกับมิเตอร์ เดิมเพื่อจำกัดจำนวนกระแสที่ไหลผ่านเข้า โวลต์มิเตอร์ไม่ให้เกินกว่าค่ากระแสไฟฟ้าเดิมที่มิเตอร์เดิมทนได้ทำให้ สามารถนำโวลต์มิเตอร์ไปวัดค่าแรงดัน ไฟฟ้าได้สูงมากขึ้นตามต้องการ ตัวต้านทานที่นำมาต่ออันดับกับคาร์สันวาล์มิเตอร์ แอมมิเตอร์หรือโวลต์มิเตอร์ เดิมเพื่อให้โวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้าได้มากขึ้นเรียกว่าตัวต้านทานอันดับ(Series Resistor) หรือตัวต้านทานทวีคูณ (Multiplies Resistor) ลักษณะการต่อตัวต้านทานอันดับเข้ากับคาร์สันวาล์มิเตอร์แสดงดังรูป



รูปที่ 3.3 การเชื่อมต่อของหม้อแปลงไฟฟ้ากับคาร์สันวาล์วมิเตอร์

ภาพที่ 2.46 ลักษณะการต่อตัวต้านทานอันดับเข้ากับคาร์สันวาล์วมิเตอร์

จากรูป เป็นการต่อตัวต้านทานอันดับเข้ากับคาร์สันวาล์วมิเตอร์ ทำให้คาร์สันวาล์วมิเตอร์กลายเป็น มิลลิโวลต์มิเตอร์ หรือ โวลต์มิเตอร์หรือกิโลโวลต์มิเตอร์ การจะทำเป็นมิเตอร์วัดแรงดันย่านใดหรือขนาดใดนั้น ขึ้นอยู่กับขนาดของความต้านทาน อันดับที่นำมาต่อ ว่ามีค่าความต้านทานมากน้อยเท่าไรความต้านทานอันดับมีค่าน้อยจะวัดแรงดันได้ต่ำ อาจเป็นมิลลิโวลต์หรือโวลต์ ถ้าความต้านทานอันดับมีค่ามากจะวัดแรงดันได้สูงขึ้น อาจเป็นกิโลโวลต์หรือตัวต้านทานทวิคูณที่ใช้ต่อ อันดับกับ คาร์สันวาล์วมิเตอร์ โวลต์มิเตอร์ เพื่อเพิ่มการวัดแรงดันได้มากขึ้นแสดงดังรูป



ภาพที่ 2.47 การต่อตัวต้านทานอันดับเข้ากับคาร์สันวาล์วมิเตอร์

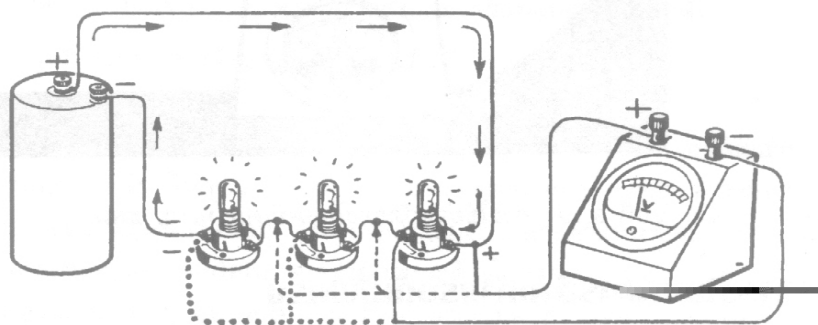
จากรูปข้างบน เป็นการต่อตัวต้านทานอันดับเพิ่มภายนอกโวลต์มิเตอร์ เพื่อเพิ่มย่านการวัดค่าแรงดันของ โวลต์มิเตอร์ ให้วัดค่าแรงดันได้สูงขึ้นตามต้องการตามรูปต่อตัวต้านทานอันดับย่าน 3kV เข้ากับ ดิซีโวลต์มิเตอร์ย่าน 3V ขั้วบวก ส่วนขั้วลบ ดิซีโวลต์มิเตอร์ต่อกับขั้วลบแหล่งจ่ายแรงดันสามารถทำให้ ดิซีโวลต์มิเตอร์ตัวนี้วัด แรงดัน ได้สูงสุดถึง 3 กิโลโวลต์หรืออาจย้ายขั้วต่อวัดของตัวต้านทานอันดับจากจุด 3kVมาที่จุด 1.5kV ได้ ดิซีโวลต์มิเตอร์ ตัวนี้ จะสามารถวัดแรงดัน

ได้สูงสุด 1.5 กิโลโวลต์ ส่วนจุดต่อกราวด์ ใช้ต่อลงกราวด์ร่วมกับจุดกราวด์ของ วงจรที่นำ คีชีโวลต์ มิเตอร์ไปต่อวัด

การวัดและการต่อคีชีโวลต์มิเตอร์

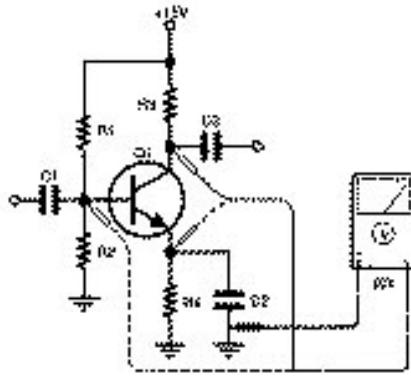
คีชีโวลต์มิเตอร์สร้างขึ้นมาเพื่อวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของแหล่งจ่าย แรงดัน หรือวัดค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม ระหว่างจุดสองจุดในวงจร การวัดแรงดันไฟฟ้าด้วยโวลต์ มิเตอร์ เหมือนกับการวัดความดันของน้ำในท่อส่ง น้ำด้วยเกจ วัดความดัน(Pressure Gage) โดยต้อง ต่อท่อเพิ่มจากท่อเดิมไปยังเกจวัดในทำนองเดียวกัน กับการวัดแรงดันไฟฟ้า ใน วงจร ต้องใช้ โวลต์มิเตอร์ไปจากक्रमวงจรในตำแหน่งที่ต้องการวัด (ต่อขนานกับจุดวัด) เสมอ การเลือกโวลต์มิเตอร์ที่เหมาะสมในการวัดแรงดัน

การต่อโวลต์มิเตอร์เพื่อวัดแรงดันไฟฟ้าในวงจร ต้องระมัดระวังในเรื่องขนาดปริมาณ แรงดันไฟฟ้าของวงจร ที่ตำแหน่งทำการวัดกับขนาดค่าการทนแรงดันไฟฟ้าได้ของโวลต์มิเตอร์ โวลต์มิเตอร์ที่นำมาต่อวัดแรงดันในวงจรต้อง ทนแรงดันได้มากกว่าแรงดันไฟฟ้าที่ตำแหน่งทำการ วัดเสมอ เพราะมีเช่นนั้น โวลต์มิเตอร์อาจชำรุดเสียหายได้หากไม่ ทราบค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตำแหน่ง ทำการวัด ควรใช้โวลต์มิเตอร์ทนแรงดันได้สูง ๆ มาต่อวัดก่อน ถ้าอ่านค่าไม่ได้ เพราะ เข็มชี้ขึ้นน้อย หรือไม่ขึ้นจึงค่อย ๆ ลดขนาดการทนแรงดันได้ของโวลต์มิเตอร์ลงจนอยู่ในย่านการบ่ายเบนของ เข็มชี้ที่ พอเหมาะลักษณะการต่อโวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้า และการบ่ายเบนของเข็มชี้แสดงดังรูป



ภาพที่ 2.48 ย่านการบ่ายเบนของเข็มชี้ที่ พอเหมาะลักษณะการต่อโวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้า

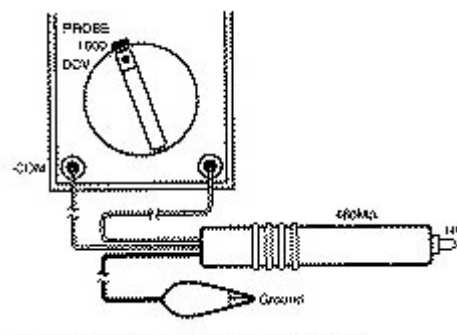
ขณะวัดแรงดันไฟฟ้าในวงจรด้วยโวลต์มิเตอร์เข็มชี้ของโวลต์มิเตอร์จะแสดงค่า แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ออกมา ด้วยการเบนชี้ค่าแรงดันค่านั้น การใช้โวลต์มิเตอร์หรือย่านวัดของ โวลต์มิเตอร์ต้องถูกต้องพอเหมาะ เข็มชี้ชี้แสดง ค่าออกมาบนสเกล ควรอยู่ในย่านประมาณกลาง ๆ สเกล ไม่ควรต่ำหรือสูงเกินไป เพราะอ่านค่าได้ลำบาก ไม่ละเอียด หรืออาจมีผลต่อการชำรุดเสียหาย เองโวลต์มิเตอร์ได้ การแสดงค่าของโวลต์มิเตอร์ลักษณะต่าง ๆ



ภาพที่ 2.49 การใช้คิซีโวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟสูง

ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติ

1. นำโพรบไฟสูง (HIGH VOLTAGE PROBE) หรือ HV โพรบมาต่อร่วมกับคิซีโวลต์มิเตอร์
2. ตั้งย่านวัดที่หน้าปัดของมิเตอร์ที่ย่าน 1000 VDC จะมีวงเล็บ HV PROVE อยู่ ซึ่งเป็นย่านใช้วัดแรงดันไฟสูง
3. โพรบไฟสูง HV PROBE ดังกล่าวสร้างขึ้นมาเพื่อใช้วัดแรงดันไฟสูงในโทรทัศน์ TV ซึ่งออกแบบไว้วัดแรงดันไฟสูงได้ถึง 25KV
4. สเกลที่หน้าปัดมิเตอร์ใช้สเกล 0~250 ของสเกล DCV,A ค่าที่อ่านได้จากสเกลให้คูณด้วย 0.1 และอ่านหน่วยแรงดันไฟตรงที่ได้เป็นกิโลโวลต์
5. การใช้โพรบไฟสูง ให้ใช้เฉพาะวัดแรงดันขั้วแรงดันแอโนดของหลอดภาพโทรทัศน์ วัดแรงดันไฟสูงของโฟกัส และวัดแรงดันในวงจรที่มีอิมพีแดนซ์สูงเท่านั้น
6. การวัดแรงดันไฟสูงให้ใช้สายก๊ิบ หนีบเข้ากับกราวด์หรือแท่นเครื่องโทรทัศน์ และใช้ปลายเข็มวัดของโพรบไฟสูง วัดแรงดันไฟสูงจุดต่างๆ ในวงจรโทรทัศน์



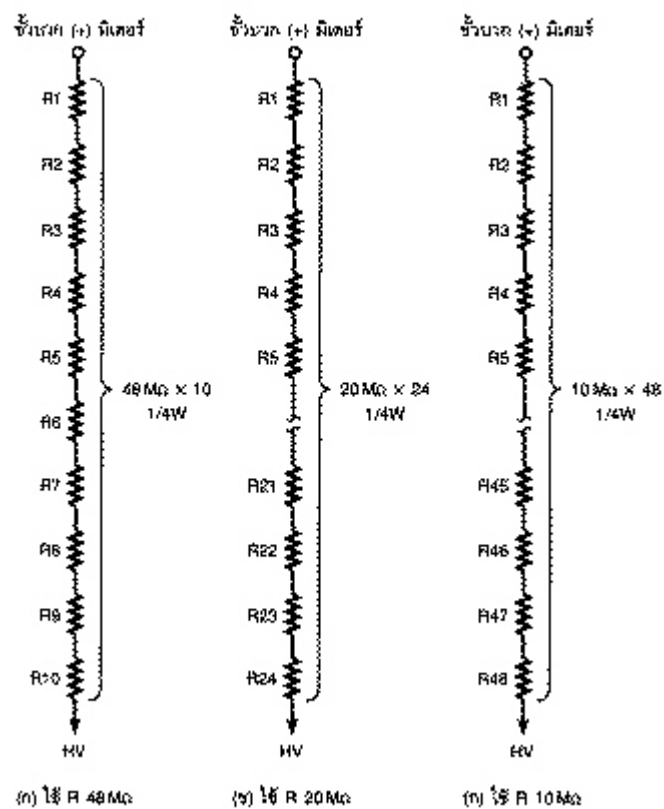
ภาพที่ 2.50 รูปการใช้โพรบไฟสูงต่อร่วมกับคิซีโวลต์มิเตอร์

ข้อควรระวัง

แรงดันไฟฟ้าสูงในโทรทัศน์ จะมีแรงดันเป็นหมื่นโวลต์ขึ้นไป ดังนั้นในการใช้โพรบไฟฟ้าวัดแรงดันไฟฟ้าต้องระมัดระวังในการใช้งานด้วย เพราะอาจเกิดอันตรายจากไฟฟ้าที่กระโดดเข้าหาตัวผู้วัด การวัดควรจะจับด้ามของโพรบไฟฟ้าเท่านั้น ห้ามจับเข้าใกล้ปลายเข็มวัดของโพรบ

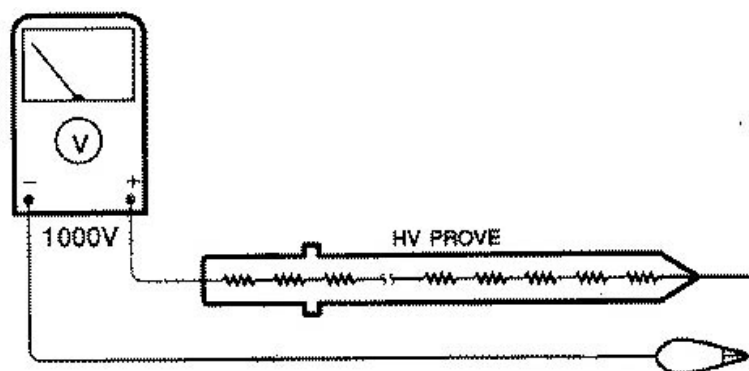
การสร้างโพรบไฟฟ้า (HV PROBE) ใช้เอง

ความยุ่งยากในการวัดแรงดันไฟฟ้าสูง ก็อยู่ที่การหาโพรบไฟฟ้ามาใช้งาน การจะซื้อที่เข้าร้านขายก็มีราคาแพงไม่คุ้มเท่ากับเงินที่เสียไปดังนั้นควรสร้างขึ้นมาใช้เอง จะเห็นได้ว่าโพรบไฟฟ้าที่นำมาต่อเพิ่มในวงจรความจริงแล้วก็คือตัวต้านทาน 480 เมกะโอห์ม ต่อลดแรงดันและกระแสที่จะผ่านเข้าดิซีโวลต์มิเตอร์ ทำให้มีกระแสและแรงดันที่พอเหมาะกับย่านวัดของดิซีโวลต์ที่ตั้งไว้



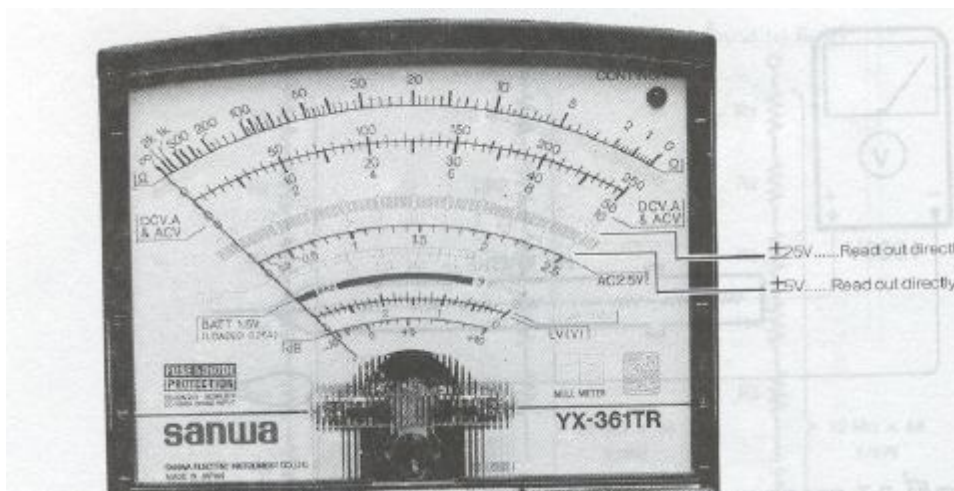
ภาพที่ 2.51 การสร้างโพรบใช้เอง

การสร้างโพรบไฟสูงใช้เองทำได้โดยหาตัวต้านทานมาต่ออันดับกัน ให้มีค่าความต้านทานรวมกันได้ 480 เมกะโอห์ม เช่น อาจใช้ตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทาน 48 เมกะโอห์ม มาต่ออันดับกัน 10 ตัว ($48 \text{ เมกะโอห์ม} \times 10 = 480 \text{ เมกะโอห์ม}$) แต่ละตัวของตัวต้านทาน ให้ใช้ค่าทนกำลังไฟฟ้าตัวละ 1/4 วัตต์ ก็พอ หรือใช้ตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทาน 10 เมกะโอห์ม ต่ออันดับกัน 48 ตัว ก็จะเท่ากับ 480 เมกะโอห์ม แต่ละตัวของตัวต้านทานให้ใช้ค่าทนกำลังไฟฟ้าตัวละ 1/4 วัตต์ก็พอ



ภาพที่ 2.52 การต่อวงจรโพรบไฟสูงสร้างเองไปใช้วัดแรงดันไฟสูง

การต่อตัวต้านทานให้ใช้การบัดกรี โดยตัดขาตัวต้านทานให้สั้นที่สุดที่จะบัดกรีได้และบัดกรีให้ชิดกัน เพื่อจะทำให้ขนาดของโพรบสั้นลง และนำไปบรรจุในท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/2 นิ้วตอนปลายด้านไฟสูงหาโลหะแหลมต่อกับตัวต้านทานและสนไฟท่อ PVC บีบให้ติดกับโลหะแหลม และปิดรูท่อ PVC ตกแต่งให้สวยงามในท่อ วิธีนี้อาจจะใช้เรซินเทหล่อปิดตัวต้านทาน และจัดให้ตัวต้านทานอยู่กึ่งกลางหรืออาจใช้ฉนวนตัวเป็นวงกลมยึดตัวต้านทานให้อยู่กึ่งกลางหรืออาจใช้ฉนวนตัวเป็นวงกลม ยึดตัวต้านทานอยู่กึ่งกลางเป็นช่วง ๆ ก็ได้ปลายอีกด้านที่เหลือของท่อ วิธีนี้อาจใช้ฝาปิดท่อวิธีไว้ ต่อสายจากตัวต้านทานตัวแรกของโพรบ ไปเข้าขั้วบวกของมิเตอร์ ก็จะได้อุปกรณ์ไฟสูงตามต้องการ



ภาพที่ 2.53 สเกลที่ใช้แสดงค่าแรงดันไฟตรงแบบนัลมิเตอร์

การใช้ดีซีโวลต์มิเตอร์แบบมีค่าศูนย์โวลต์อยู่ที่กลางสเกล (DC NULL)

ดีซีโวลต์มิเตอร์แบบศูนย์โวลต์อยู่ที่กลางสเกล จะถูกเรียกว่านัลมิเตอร์ (null meter) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่ากัลวานอมิเตอร์นั่นเองเป็นดีซีโวลต์มิเตอร์ที่สามารถวัดแรงดันไฟตรงได้ ไม่ว่าจะเอาแรงดันขั้วบวกหรือขั้วลบจ่ายเข้าสายวัดของมิเตอร์ขั้วไหนก็ตาม มิเตอร์ก็สามารถแสดงผลการวัดออกมาได้ เพราะมิเตอร์สามารถแสดงผลออกมาได้ทั้งไฟบวก และ ไฟลบ

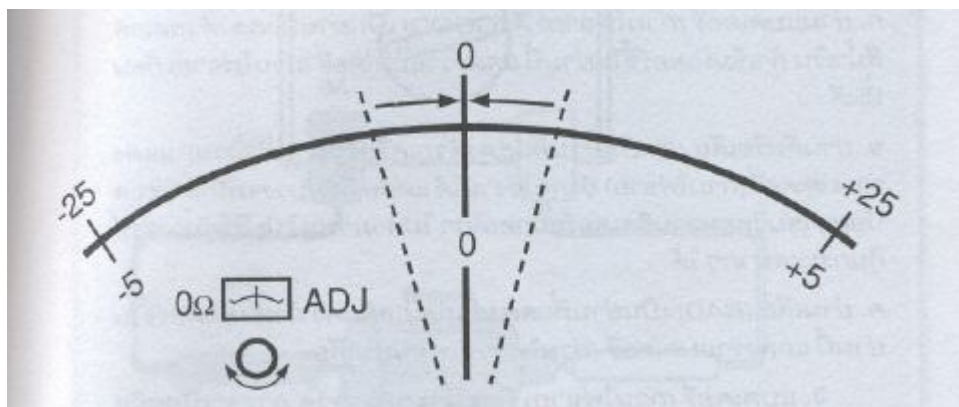
ลำดับขั้นการปฏิบัติ

1. ตั้งย่านวัดของนัลมิเตอร์ที่ตำแหน่ง DCV (NULL) ซึ่งจะมี 2 ย่านคือ 5V และ 25 V เลือกใช้ที่ย่านใดย่านหนึ่ง
2. ใช้สายวัดสีแดงเสียบเข้าที่ขั้วต่อขั้วบวกและสายวัดสีดำเสียบเข้าที่ขั้วต่อขั้วลบ
3. สเกลที่ใช้ในการอ่านค่าใช้สเกล DCV(NULL) มี 2 ย่านคือ 5V และ 25 V
4. เมื่อปรับซีเล็คเตอร์สวิตช์ตั้งย่านการวัดที่ต้องการแล้วจะทำให้เข็มของมิเตอร์ เคลื่อนที่ไปชี้กลางสเกลตรงตำแหน่ง 0 ของสเกล DCV(NULL)
5. ถ้าเข็มมิเตอร์ไม่เคลื่อนที่ไปชี้ที่ตำแหน่ง 0 กลางสเกล พอดีแต่ชี้ขอบๆ ที่บริเวณนั้น ต้องทำการปรับให้เข็มชี้ที่ตำแหน่ง 0 กลางสเกลพอดี ให้ปรับปุ่มปรับหมายเลข 6 คือปุ่ม 0 โอห์มมันเอง
6. นำมิเตอร์ไปวัดแรงดันไฟตรงได้แล้ว ค่าที่เข็มมิเตอร์ชี้สามารถอ่านออกมาได้โดยตรง ค่าที่อ่านได้คือ ค่าแรงดันของวงจรที่วัดได้
7. หลังจากให้นัลมิเตอร์เรียบร้อยแล้ว ให้ปรับซีเล็คเตอร์สวิตช์ไปที่ตำแหน่งย่านวัดอื่นๆ หรือปรับซีเล็คเตอร์สวิตช์ไปที่ตำแหน่ง OFF เมื่อเลิกใช้มิเตอร์

ข้อควรระวัง

1. การใช้นัลมิเตอร์นั้น จะมีกระแสไหลผ่านมิเตอร์ตลอดเวลาตั้งนั้นเมื่อเลิกใช้นัลมิเตอร์เมื่อไร ให้ปรับซีเล็กเตอร์สวิตช์ไปที่ตำแหน่งการวัดที่อื่น ๆ ทันที ไม่เช่นนั้นอาจทำให้แบตเตอรี่ภายในของมิเตอร์ไฟหมดได้ง่ายหรือถ่านหมดนั่นเอง

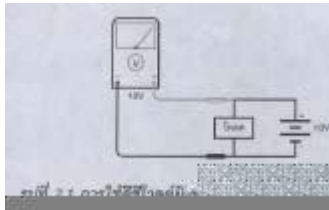
2. เมื่อใช้นัลมิเตอร์ทุกครั้ง ต้องปรับแต่งที่ 0 โอห์ม เพื่อให้เข็มมิเตอร์ชี้ตำแหน่ง 0 กลางสเกล พอดีทุกครั้ง ถ้าการปรับปุ่ม 0 โอห์ม จนสุดแล้ว เข็มมิเตอร์ยังไม่สามารถชี้ตำแหน่ง 0 กลางสเกล พอดี ต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่ 9 V ในมิเตอร์ใหม่



ภาพที่ 2.54 การปรับเข็มมิเตอร์ให้ตรงตำแหน่ง 0 ของนัลมิเตอร์

จากรูปเป็นการต่อคิชีโวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟตรง คิชีโวลต์มิเตอร์ต้องต่อแบบขนานกับวงจรไฟฟ้าหรือ ต่อกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง การต่อคิชีโวลต์มิเตอร์แรงดันไฟตรงในวงจร ต้องคำนึงถึงขั้วของ โวลต์มิเตอร์ ที่จะวัดคร่อมวงจรด้วย โดยขั้วของคิชีโวลต์มิเตอร์ต้องตรงกับขั้วของแหล่งจ่ายแรงดัน หรือตรงกับขั้วของ แรงดัน ที่เกิดตกคร่อมวงจร การต่อขั้วคิชีโวลต์มิเตอร์วัดค่าแรงดันใช้หลักการต่อดังนี้ โกลั๊บบวกต่อบวก โกลั๊บลบต่อลบหมายถึงการจะต่อโวลต์มิเตอร์คร่อมวงจร ขั้วบวกของโวลต์มิเตอร์ต้องต่อคร่อมจุดวัดที่ต่อโกลั๊บบวกแหล่งจ่ายและ ขั้วลบของโวลต์มิเตอร์ต้องต่อคร่อมจุดวัดที่ต่อโกลั๊บลบแหล่งจ่าย การต่อผิดขั้วจะทำให้เข็มชี้ของคิชีโวลต์มิเตอร์ บ่ายเบนกลับทาง วัดแรงดันไฟตรงไม่ได้ และยังสามารถทำให้คิชีโวลต์มิเตอร์ชำรุดเสียหายได้ด้วย

หน้าปัดสเกลของโวลต์มิเตอร์ ถูกสร้างขึ้นให้สามารถบอกค่าปริมาณแรงดันไฟฟ้าได้โดยตรงทั้งปริมาณ แรงดันไฟฟ้าจำนวนน้อย ๆ ไปจนถึงปริมาณแรงดันไฟฟ้าจำนวนมาก ๆ สเกลจะถูกสร้างให้บอกค่าปริมาณ แรงดัน ไฟฟ้าแตกต่างกัน เพื่อความสะดวกในการเลือกโวลต์มิเตอร์มาใช้งานได้เหมาะสมกับค่าปริมาณแรงดัน ไฟฟ้าที่ทำการวัด และสามารถอ่านค่าได้ละเอียดถูกต้อง



ภาพที่ 2.55 การใช้ดีซีโวลต์มิเตอร์ในการวัดแรงดันไฟตรง

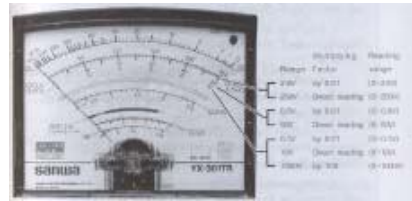


ภาพที่ 2.56 ย่านการวัดของดีซีโวลต์มิเตอร์รุ่น YX-360TR

ลำดับขั้นการปฏิบัติ

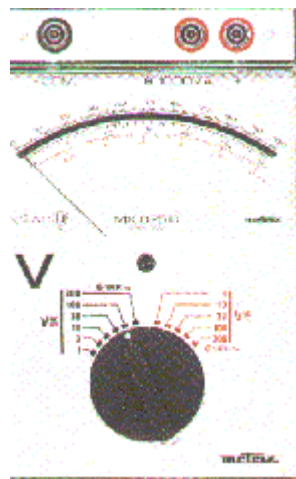
1. ตั้งย่านใช้งานของมิเตอร์ในย่าน DCV มีทั้งหมด 7 ย่าน คือ 0.1V ,0.5V, 2.5V, 10V, 50V, 250V, และ 1,000V
2. ใช้สายวัดสีแดงเสียบเข้าที่ขั้วต่อขั้วบวก (+) และสายวัดสีดำเสียบเข้าที่ขั้วต่อขั้วลบ
3. สเกลที่ใช้ในการอ่านค่าใช้สเกล DCV, A ซึ่งจะมี 3 สเกล อ่านขีดสเกลที่อยู่ได้ออกกระจ่าง การอ่านค่าแรงดันที่ถูกต้องจะต้องใช้หลักการอ่าน
4. ปรับซีเล็กเตอร์สวิตซ์ตั้งย่านการวัดให้ถูกต้อง ถ้าหากไม่ทราบแรงดันไฟตรง ที่จะทำการวัดว่าเป็นเท่าใด ให้ตั้งย่านวัดไฟตรงที่ตำแหน่งสูงสุด ไว้ก่อนและทำการปรับลดย่านให้ต่ำลงทีละย่าน จนกว่าเข็มเดิมมิเตอร์จะชี้ค่าที่อ่าน ได้ง่าย ๆ และถูกต้อง
5. การวัดแรงดันไฟตรงในวงจร ให้นำสายวัดขั้วลบ สีดำจับที่ขั้วลบของแหล่งจ่าย นำสายวัดขั้วบวก สีแดงของ มิเตอร์ไปวัดแรงดันตามจุดต่าง ๆ ใส่ขั้วแรงดันที่วัดได้ที่ปลายทั้งสองข้าง ไม่ว่าจะเป็น ตัวต้านทานวงจรกำเนิดความถี่ วงจรทรานซิสเตอร์และอื่น ๆ โดยแรงดันที่วัด ได้จะมีค่าเป็นบวกเสมอ

6. ในตำแหน่งที่วัดด้วยคีมวัดแรงดันไฟฟ้าไม่ขึ้น แต่ขณะแตะสายวัดขั้วบวกเข้าไปหรือขณะดึงสายวัดขั้วบวกออกมา เข็มมิเตอร์จะกระดิกขึ้นหนึ่งเสมอ แสดงว่าจุดวัดนั้นไม่มีแรงดันไฟตรง แต่มีแรงดันไฟสลับ



ภาพที่ 2.57 สเกลที่ใช้แสดงค่าแรงดันไฟตรง

เอซีโวลต์มิเตอร์



ภาพที่ 2.58 รูปของโวลต์มิเตอร์กระแสสลับ

โวลต์มิเตอร์กระแสสลับ เป็นเครื่องวัดไฟฟ้าที่ใช้สำหรับวัดแรงดันไฟฟ้า ที่วัดได้มีค่าหน่วยเป็น rms โครงสร้างของมิเตอร์กระแสสลับจะเป็นชนิดแกนเหล็กเคลื่อนที่ การต่อโวลต์มิเตอร์ต้องต่อขั้วทั้งสองขานกับวงจร ที่จะวัดหรือขานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการวัดแรงดันตกคร่อมอุปกรณ์นั้น การเลือกขานวัดของมิเตอร์ควรเลือกขานสูงสุดไว้ก่อนแล้วจึงค่อยๆ ปรับขานวัดลงให้เหมาะสม จนถึงค่าที่สามารถวัดได้อย่างถูกต้องชัดเจน และต้องระมัดระวังเรื่อง การวัดแรงดันด้วย เพราะแรงดันไฟฟ้าสูงอาจมีอันตรายถึงชีวิตได้

ที่มา(http://rtc.ac.th/electronic/meaus/ac_voltmeter.html)

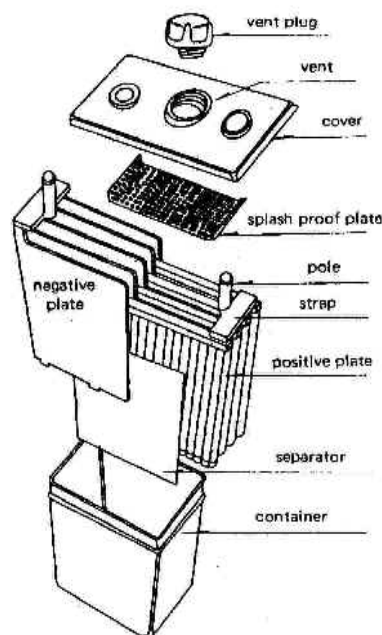
แบตเตอรี่

คุณลักษณะแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าทางเคมีที่ออกแบบสำหรับเก็บประจุไฟฟ้าและจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรง (D.C.) ให้อุปกรณ์ไฟฟ้าๆ แบตเตอรี่จะเก็บกระแสไฟฟ้าไว้ในรูปของพลังงานเคมี และจ่ายกระแสไฟออกมาให้แก่อุปกรณ์ที่ต้องการใช้ไฟฟ้า เมื่อแบตเตอรี่สูญเสียพลังงานเคมีไปในการใช้งานจะต้องประจุหรือเรียกว่าชาร์จแบตเตอรี่ให้แบตเตอรี่เก็บเอาไว้ในรูปของพลังงานเคมี ดังนั้น การจ่ายกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่จะเกิดขึ้นสลับกันไปอย่างต่อเนื่อง หน้าที่ของแบตเตอรี่ คือ เป็นตัวจ่ายไฟฟ้าให้แก่อุปกรณ์ไฟฟ้า แบตเตอรี่มีค่าจำกัดความจุไม่สามารถที่จะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่อุปกรณ์ไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ดังนั้นแบตเตอรี่จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการประจุไฟฟ้าเต็มอยู่เสมอ เพื่อที่จะสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าในปริมาณที่เพียงพอ ในขณะที่ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า ดังนั้นจึงต้องมีระบบชาร์จประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่เพื่อสะสมเอาไว้ (สุจิตต์, 2542 :19)

โครงสร้างของแบตเตอรี่

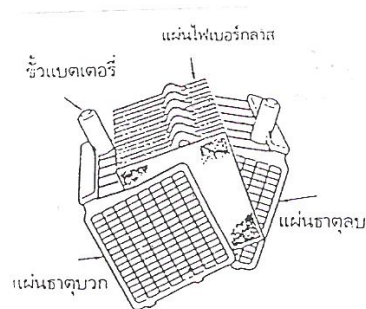
แบตเตอรี่ประกอบด้วยน้ำกรด แผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ แผ่นธาตุทำมาจากผงตะกั่วบริสุทธิ์อัดแน่นในแผ่นตะแกรงตะกั่ว แบตเตอรี่แบบนี้จึงเรียกว่า แบตเตอรี่ตะกั่ว (Lead Battery) ภายในแบตเตอรี่แยกออกเป็นช่องหลายๆ ช่อง (โดยทั่วไปแบตเตอรี่จะมี 6 ช่อง) ในแต่ละช่องเรียกว่า เซลล์ (Cell) แต่ละเซลล์ มีชุดแผ่นธาตุแช่อยู่ในน้ำกรดกักมันอย่างเจือจาง



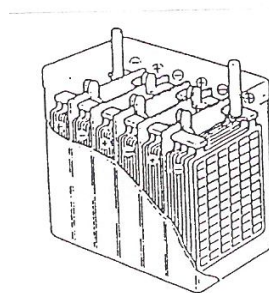
ภาพที่ 2.59 แสดงโครงสร้างแบตเตอรี่

ส่วนประกอบของแบตเตอรี่

ชุดของแผ่นธาตุบวก และแผ่นธาตุลบจะวางเรียงสลับกัน และขันเอาไว้ด้วยแผ่นกั้นและแผ่นไฟเบอร์กลาส เมื่อเอาแผ่นธาตุแผ่นกั้นและแผ่นไฟเบอร์กลาสรวมเข้าด้วยกันจะเรียกว่า เซลล์แบตเตอรี่ การรวมของแผ่นธาตุด้วยวิธีนี้ทำให้พื้นที่สัมผัสน้ำกรดมากขึ้นสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้มาก หรือกล่าวอีกในหนึ่ง คือแบตเตอรี่มีความจุเพิ่มขึ้น แรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากช่องหนึ่ง ๆ ประมาณ 2.1 โวลต์ แบตเตอรี่ 6 ช่อง ต่ออนุกรมกันจึงมีแรงดันไฟฟ้าประมาณ 12 โวลต์ (สุจิตต์, 2542 : 19)



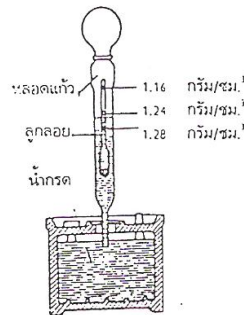
ภาพที่ 2.60 แสดงแผ่นธาตุของแบตเตอรี่



ภาพที่ 2.61 แสดงเซลล์แต่ละเซลล์ต่ออนุกรมกัน

น้ำกรดแบตเตอรี่

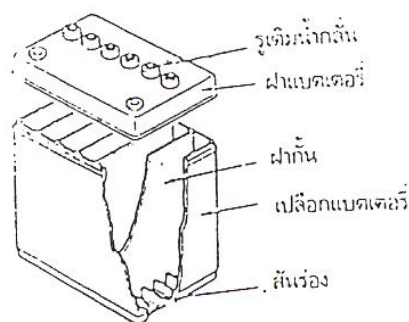
น้ำกรดแบตเตอรี่คือสารละลายของกรดกำมะถันเจือจางกับน้ำกลั่น น้ำกรดแบตเตอรี่จะมีค่าความถ่วงจำเพาะที่อุณหภูมิทั่วไปประมาณ 1.260 หรือ 1.280 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร น้ำกรดที่มีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.260 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จะประกอบด้วย น้ำกลั่น 65 เปอร์เซ็นต์ และกรดกำมะถัน 35 เปอร์เซ็นต์ (สุจิตต์, 2542 : 20)



ภาพที่ 2.62 แสดงการตรวจความถ่วงจำเพาะน้ำกรด

เปลือกแบตเตอรี่

สิ่งที่บรรจุน้ำกรดและส่วนประกอบของแบตเตอรี่เรียกว่าเปลือกแบตเตอรี่ แบ่งออกเป็น 6 ช่อง เครื่องหมายแสดงระดับของน้ำกรดจะแสดงอยู่บนเปลือกชนิดโปร่งใสหรือกึ่งโปร่งใสของแบตเตอรี่ แผ่นธาตุรองด้วยสัณร่องจากกันของเปลือกแบตเตอรี่ เพื่อป้องกันการลัดวงจรระหว่างแผ่นธาตุจากแผงแผ่นธาตุหรือสิ่งอื่นที่หลุดร่วงออกจากแผ่นธาตุ (สุจิตต์, 2542 : 20)

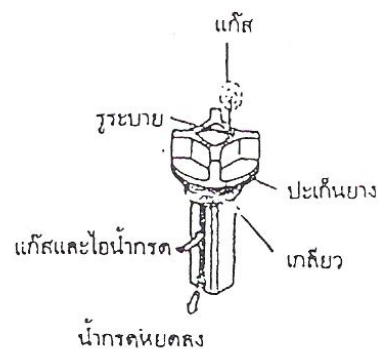


ภาพที่ 2.63 แสดงเปลือกแบตเตอรี่

จุกปิดรูฝาแบตเตอรี่ (Vent Plugs)

จุกปิดนี้จะใช้สำหรับปิดช่องเติมน้ำกลั่น และออกแบบเอาไว้สำหรับแยกแก๊สไฮโดรเจน (ที่เกิดขึ้นขณะชาร์จแบตเตอรี่) และไอของกรดกำมะถัน ซึ่งมีอยู่ภายในแบตเตอรี่โดยยอมให้

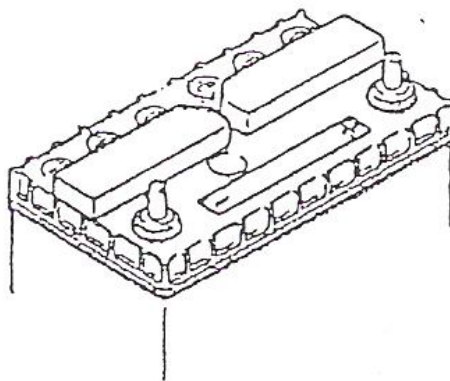
ไฮโดรเจนไหลผ่านรูระบายออกไป ส่วนไอกรดกำมะถันกลั่นตัวในช่องระบายแล้วตกกลับเข้าไปในแบตเตอรี่ (สุจิตต์, 2542 : 21)



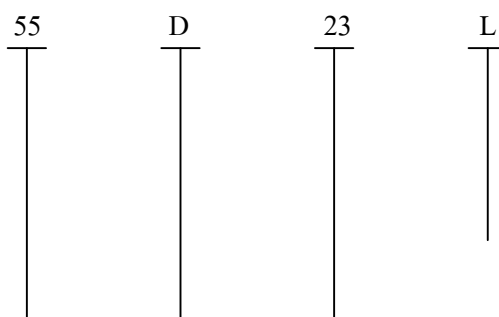
ภาพที่ 2.64 แสดงจุดปิดรูฝาแบตเตอรี่

รหัสแสดงขนาดแบตเตอรี่

แบตเตอรี่จะมีรหัสแสดงขนาดของแบตเตอรี่ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม รหัสนี้จะแสดงถึงความจุของแบตเตอรี่ ขนาดและตำแหน่งของขั้วบวก (ด้านซ้ายหรือด้านขวา) เป็นสากลใช้ได้ทั่วโลก (สุจิตต์, 2542 : 21)



ภาพที่ 2.65 แสดงรหัสแสดงขนาดแบตเตอรี่



_____ ตำแหน่งของขั้วบวก

_____ ความยาวของแบตเตอรี่ ชม.

_____ ความกว้างและความสูงของแบตเตอรี่

_____ สมรรถนะของแบตเตอรี่

ภาพที่ 2.66 แสดงรายละเอียดของรหัสที่แสดงขนาดแบตเตอรี่

สมรรถนะของแบตเตอรี่

รหัสแสดงถึงขนาดความจุไฟของแบตเตอรี่โดยย่อ จากตารางที่ 2.6 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างรหัสของแบตเตอรี่ และความจุไฟของแบตเตอรี่

ตารางที่ 2.6 แสดงขนาดความจุไฟของแบตเตอรี่

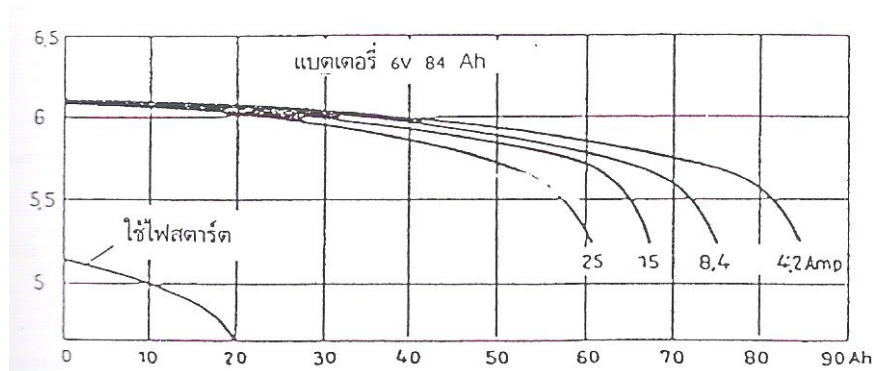
รหัส	ความจุไฟ (จ่ายไฟ 5 ชม.)	รหัส	ความจุไฟ (จ่ายไฟ 5 ชม.)
50 B 24 R/L	36	105 E 41 R/L	83
55 B 24 R/L	36	115 E 41 R/L	88
32 C 24 R/L	32	130 E 41 R/L	92
50 D 20 R/L	40	115 F 51	96
55 D 23 R/L	48	150 F 51	108

ความจุไฟของแบตเตอรี่

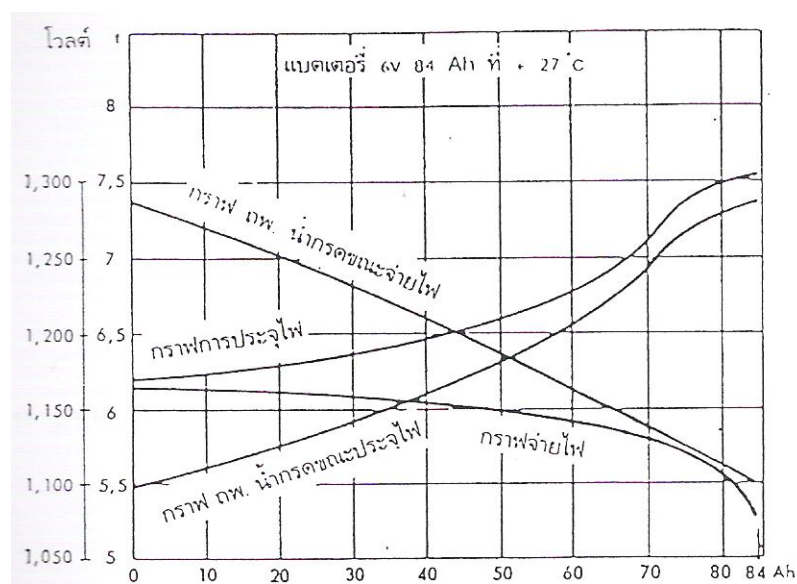
ความจุไฟของแบตเตอรี่ หมายถึง สมรรถนะของการเก็บกระแสไฟฟ้าในแบตเตอรี่ซึ่งสามารถจ่ายไฟออกมาในลักษณะของต้นกำลังไฟฟ้าโดยวัดได้ในรูปของแอมแปร์ต่อชั่วโมง (Ah) ดังนี้

$$Ah = A (\text{แอมแปร์}) \times h (\text{ชั่วโมง})$$

ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม กำหนดการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกมาจนกระทั่งถึงค่าแรงดันไฟ (10.5 V) ใน 5 ชั่วโมง แล้วนำมาคำนวณตามสูตรข้างบน เช่น จ่ายไฟออกอย่างต่อเนื่อง 7.2 A ตลอดเวลา 5 ชั่วโมง ก่อนที่จะถึงค่าแรงดันสิ้นสุด ดังนั้น แบตเตอรี่จึงมีความจุไฟ 36 Ah ($7.2 \text{ A} \times 5 \text{ hr}$) (สุจิตต์, 2542 : 22)



ภาพที่ 2.67 แสดงกราฟเมื่อแบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟมากมีผลกระทบต่อความจุ (Ah)



ภาพที่ 2.68 แสดงกราฟการประจุไฟและจ่ายไฟด้วยกระแสไฟคงที่ 20 ชั่วโมง

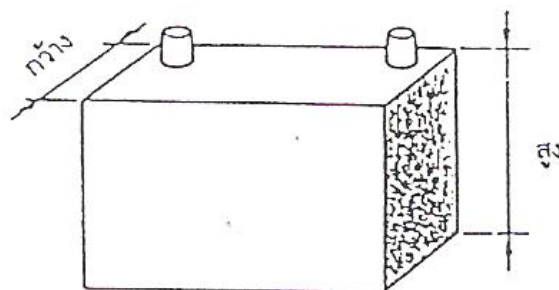
พิกัดขนาดแบตเตอรี่

ความกว้างและความสูงของแบตเตอรี่จะแสดงอยู่รวมกันโดยใช้รหัสตัวอักษรตัวใดตัวหนึ่งจากทั้งหมด 8 ตัว (A ถึง H) ดังตัวอย่าง A ถึง D ในตารางที่ 2.7

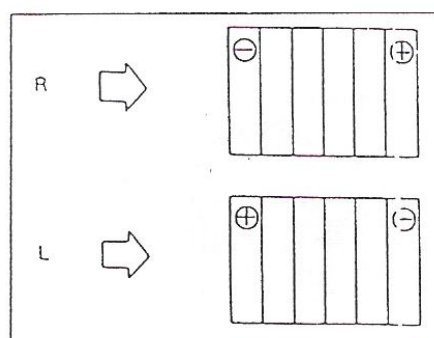
ตารางที่ 2.7 แสดงความกว้างและความสูงของแบตเตอรี่

รหัส	กว้าง (มม.)	สูง (มม.)
A	162	127
B	203	127 หรือ 129
C	207	135
D	204	173

ความยาวของแบตเตอรี่ จะแสดงอย่างคร่าว ๆ เช่น รหัสแสดงของแบตเตอรี่ “23” หมายถึง แบตเตอรี่ที่มีความยาวประมาณ 23 ซม. (230 มม.) ตำแหน่งขั้วจะถือขั้วบวกเป็นหลัก รหัส R = อยู่ด้านขวา L = อยู่ด้านซ้าย (สัจจิตต์, 2542 : 23)



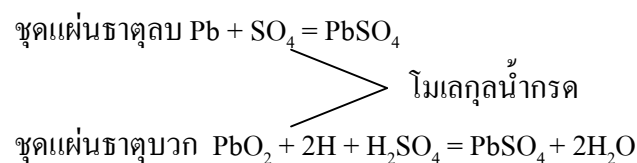
ภาพที่ 2.69 แสดงพิกัดความกว้างและความสูง



ภาพที่ 2.70 แสดงตำแหน่งของขั้วแบตเตอรี่

การทำปฏิริยาเคมีของแบตเตอรี่

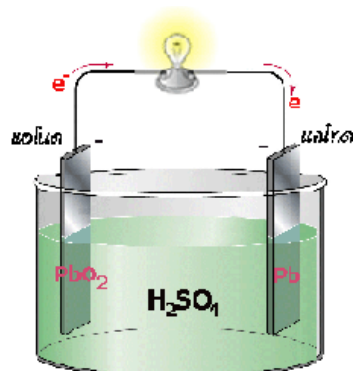
การทำปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายในแผ่นธาตุกับน้ำกรด เพราะแผ่นธาตุทั้งสองเป็นวัตถุไวต่อการเกิดปฏิกิริยา ตะกั่วเปอร์ออกไซด์เป็นรูปของตะกั่ว 1 อะตอม และออกซิเจน 2 อะตอม ส่วนกรดกำมะถันมีไฮโดรเจน 2 อะตอม กำมะถัน 1 อะตอม และออกซิเจนอีก 4 อะตอม ปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างแบตเตอรี่จ่ายไฟจะเป็น ดังนี้ (สุทธิตย์, 2542 : 24)



ปฏิกิริยาระหว่างจ่ายไฟ

จะเห็นว่าแผ่นธาตุบวกจะกลายเป็นตะกั่วซัลเฟต แผ่นธาตุลบจะกลายเป็นตะกั่วซัลเฟต เช่นเดียวกัน น้ำกรดจะค่อยเจือจางลง เพราะโมเลกุลของกรดกำมะถันแยกออกเป็น H_2 และ SO_4 นั่นคือ SO_4 ส่วนหนึ่งไปรวมกับ Pb ในแผ่นบวกคือไปแทนที่ O_2 ปฏิกิริยานี้ทำให้ O_2 จำนวน 2 อะตอมเป็นอิสระจากแผ่นธาตุบวกเคลื่อนย้ายเข้ารวมกับ H_2 ซึ่งเหลือจากที่ SO_4 ไปรวมเข้ากับแผ่นธาตุบวก O_2 และ H_2 รวมตัวกันเป็นน้ำ (H_2O) และ SO_4 อีกส่วนหนึ่งไปรวมกับ Pb ในแผ่นธาตุลบ คงทิ้งไว้แต่ H_2 ให้รวมตัวกับ O_2 จะเห็นว่าที่กล่าวมานี้เป็นเพียงไม่กี่โมเลกุลในเซลล์ แบตเตอรี่ ดังนั้นแผ่นธาตุของแบตเตอรี่มีเป็นพัน ๆ ล้านโมเลกุล พลังงานที่เกิดจากอิเล็กตรอนเคลื่อนย้าย (Lons) จากแผ่นธาตุบวกไปสู่แผ่นธาตุลบ ทำให้แผ่นธาตุลบมีอิเล็กตรอนจำนวนมาก แต่แผ่นธาตุบวกมีอิเล็กตรอนขาดแคลนเมื่อวงจรภายนอกของขั้วแบตเตอรี่บวกและลบครบวงจร อิเล็กตรอนจะไหลจากขั้วลบผ่านวงจรไฟฟ้าไปครบวงจรที่ขั้วบวก ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นตลอดเวลาทั้งใช้กระแสไฟและไม่ใช้ ถ้าใช้ไฟมากจนไฟหมดเลย แผ่นธาตุจะเป็นตะกั่วซัลเฟต น้ำกรดจะเหลือเป็นน้ำไม่เกิดปฏิกิริยาต่อไป ต้องนำไปประจุไฟใหม่ (ศ

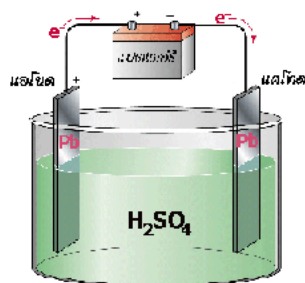
จิตต์ , 2542 : 24)



ภาพที่ 2.71 แสดงแบตเตอรี่จ่ายไฟ

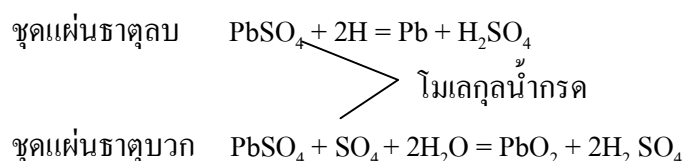
ปฏิกิริยาระหว่างประจุไฟ

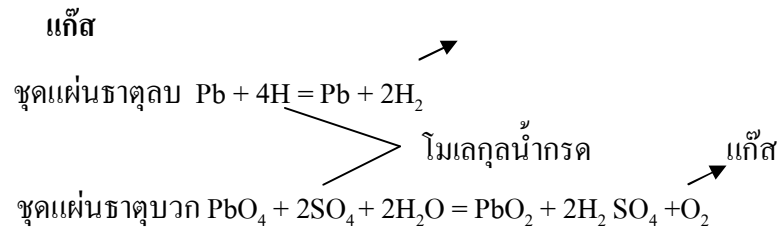
การประจุไฟแบตเตอรี่ คือ การใช้แรงดันอิเล็กทรอนิกส์เข้าไปในแผ่นธาตุลบ โดยให้อิเล็กตรอนดันกลับในทิศทางที่จ่ายกระแสไฟ เพื่อให้ น้ำแตกตัวเป็น H_2 และ O_2 พร้อม SO_4 เป็น H_2SO_4 ขณะเดียวกัน อะตอมของ O_2 จะกลับไปยังแผ่นธาตุบวก กลายเป็นแผ่นตะกั่วเปอร์ไซด์ อีกเช่นเดิม ส่วนแผ่นธาตุลบ จะกลับเป็นแผ่นตะกั่วบริสุทธิ์ เมื่อ SO_4 หายไปจากแผ่นธาตุหมด ไปรวมตัวอยู่กับ H_2 ก็เท่ากับแบตเตอรี่อยู่ในสภาพไฟเต็ม ในระหว่างการประจุก็คือ การทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี ดังนั้นย่อมเกิดความร้อนขึ้นระหว่างทำการประจุไฟ H_2 และ O_2 ซึ่งเป็นแก๊สจะหนีออกทางรูระบายที่จุกปิดรู แก๊สที่เกิดขึ้นนี้เป็น แก๊สติดไฟ ดังนั้นอย่าให้มีประกายไฟเกิดขึ้นระหว่างทำงาน เพราะอาจจะทำให้เกิดแบตเตอรี่ระเบิดแตกได้ จะเห็นได้ว่าแก๊สที่ระเหยออกนี้คือไอน้ำ แบตเตอรี่ที่ใช้ไปนาน ๆ น้ำกรดจะมีระดับลดลงจากแผ่นธาตุแสดงว่าน้ำกลั่นได้ระเหยออกไปจากน้ำกรดเวลาจะเพิ่มระดับน้ำกรด ให้เต็มเฉพาะน้ำกลั่นเท่านั้น(สุจิตต์, 2542 : 25)



ภาพที่ 2.72 แสดงแบตเตอรี่ประจุไฟฟ้า

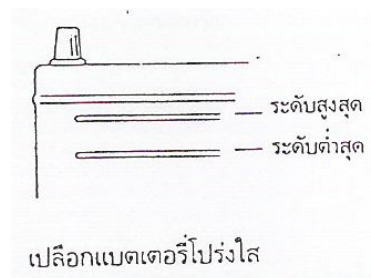
การทำปฏิกิริยาขณะประจุไฟมี ดังนี้



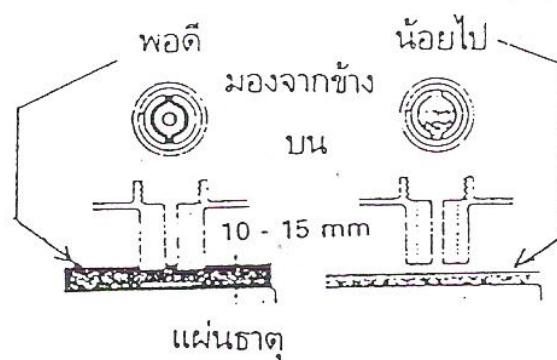


การบำรุงรักษาแบตเตอรี่

ตรวจระดับน้ำกรดควรตรวจทุกอาทิตย์หรือเป็นครั้งคราวตามวาระการใช้งาน และถ้าจำเป็นให้เติมน้ำกลั่นให้ถึงระดับที่กำหนด แบตเตอรี่ชนิดเปลือกโปรงใสจะมีขีดบอกระดับปกติอยู่บนเปลือกของแบตเตอรี่ดังนั้นน้ำกรดควรอยู่ในช่วงกำหนดไว้นี้ แบตเตอรี่ที่มีเปลือกทึบระดับของน้ำกรดจะต้องอยู่ในระดับสูงกว่าแผ่นกั้น 10 ถึง 15 มม. หรือสูงพอที่จะท่วมแผ่นธาตุในแต่ละช่องประมาณ 1 ข้อมือมองจากข้างบน (สุจิตต์, 2542 : 26)



ภาพที่ 2.73 แสดงการตรวจระดับน้ำกรดที่ข้างแบตเตอรี่



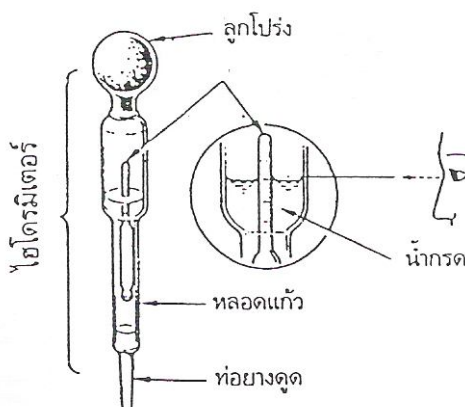
ภาพที่ 2.74 แสดงการตรวจน้ำกรดทางช่องเติมน้ำกลั่น

การตรวจสอบสภาพประจุแบตเตอรี่

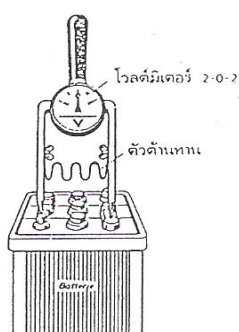
การตรวจสอบสภาพประจุแบตเตอรี่จะกระทำได้โดย การวัดค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำกรดและการทดสอบสมรรถนะเมื่อมีภาระ

1. การวัดค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำกรด ใช้ไฮโดรมิเตอร์ดูดน้ำกรดเข้าในไฮโดรมิเตอร์ แล้วอ่านค่าที่ระดับของน้ำกรดในหลอดแก้วระดับสายตา โดยอย่าให้ลูกกลอยสัมผัสกับหลอดแก้ว

2. การทดสอบสมรรถนะเมื่อมีภาระ (โหลด) โดยปล่อยให้แบตเตอรี่ (112 A ถ้าอัตรา 5 ชม. คือ 28 Ah) และวัดแรงดันไฟที่ขั้วแบตเตอรี่จะต้องเป็น 9.6 V หรือสูงกว่า ถ้าไม่ได้ตามนี้ แสดงว่าแบตเตอรี่ไม่ดี กรณีระดับน้ำกรดในแบตเตอรี่ต่ำมากให้เติมน้ำกลั่นและชาร์จไฟจนเต็ม แล้วปล่อยให้เย็นจึงตรวจสอบสภาพตามต้องการ (สุจิตต์, 2542 : 26-27)



ภาพที่ 2.75 แสดงการทดสอบด้วยไฮโดรมิเตอร์

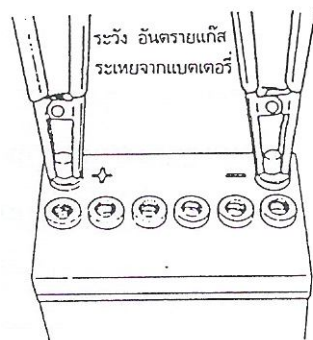


ภาพที่ 2.76 แสดงการทดสอบสมรรถนะเมื่อมีภาระ

การประจุแบตเตอรี่

ข้อควรระวังระหว่างการประจุแบตเตอรี่

1. เนื่องจากไอระเหยของแก๊สจากแบตเตอรี่ไวไฟ อย่าทำให้เกิดประกายไฟใกล้แบตเตอรี่
2. อย่าปลดสายไฟของเครื่องชาร์จออกจากขั้วแบตเตอรี่ ขณะแบตเตอรี่กำลังประจุไฟอยู่ให้ ปิดสวิตช์เครื่องชาร์จไฟก่อนที่จะปลดสายออก
3. อุณหภูมิของน้ำกรดแบตเตอรี่จะต้องไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส ถ้าสูงกว่านี้ ให้ลดอัตรา กระแสไฟประจุลงหรือหยุดการประจุก่อน เย็นแล้วจึงประจุต่อ (สุจิตต์ , 2542 : 27)

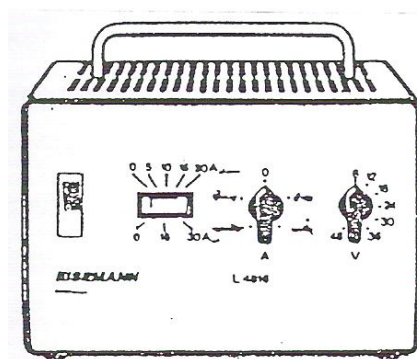


ภาพที่ 2.77 แสดงการระวังอันตรายจากการประจุแบตเตอรี่

การประจุแบบช้า

การประจุไฟแบตเตอรี่ทั่วไป ใช้วิธีประจุแบบช้าเพื่อให้การทำปฏิกิริยาเคมีเป็นไปอย่าง สมบูรณ์มีลำดับดังต่อไปนี้ (สุจิตต์ , 2542 : 28)

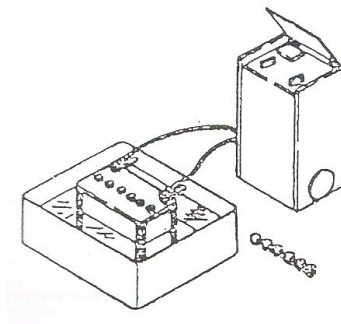
1. อัตรากระแสไฟประจุไม่เกิน 1 ใน 10 ของความจุไฟแบตเตอรี่ เช่น 40 Ah ให้ประจุ ด้วย 4A
2. ตั้งสวิตช์เครื่องชาร์จเอาไว้ที่ตำแหน่ง Slow (ถ้ามี)
3. ปรับสวิตช์ควบคุมกระแสไฟ เมื่อกระแสไฟต่ำเกินไปขณะทำการประจุไฟ
4. เมื่อน้ำกรดเริ่มเดือดความถ่วงจำเพาะ หรือแรงดันไฟของแบตเตอรี่ไม่มีการเพิ่มขึ้นอีก ต่อไปเป็นเวลามากกว่า 1 ชั่วโมง แสดงว่าแบตเตอรี่ได้รับการประจุเต็มที่แล้ว



ภาพที่ 2.78 แสดงเครื่องชาร์จช้า

การประจุแบบเร็ว

ใช้เมื่อมีความจำเป็นที่จะต้องใช้แบตเตอรี่รับค่านภายในระยะเวลาสั้นด้วย อัตราประจุกระแสไฟสูง อย่างไรก็ตามการกระทำเช่นนี้อาจทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลงได้ การกำหนดอัตรากระแสไฟ และเวลาที่จะทำการประจุเครื่องชาร์จเร็วจะมีอุปกรณ์ทดสอบ เพื่อหาอัตรากระแสไฟและเวลาที่ต้องการในการประจุโดยทั่วไปใช้เวลาประจุไม่เกิน 1 ชม. ด้วย 1 ใน 2 ของความจุไฟ เช่น 40 Ah ประจุด้วย 20 A (สุจิตต์, 2542 : 28)



ภาพที่ 2.79 แสดงเครื่องชาร์จเร็ว

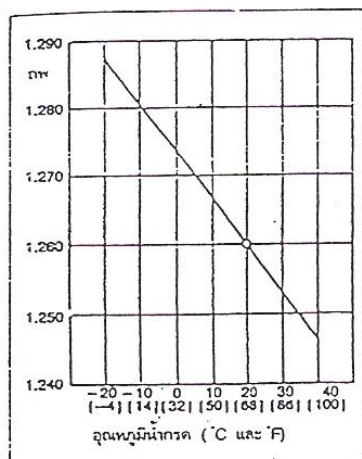
หลักปฏิบัติการประจุแบตเตอรี่

1. ทำความสะอาดสิ่งสกปรก และขี้เกลือออกจากแบตเตอรี่ และขั้วแบตเตอรี่
2. เปิดฝาจากแบตเตอรี่ออกทั้งหมด ตรวจสอบระดับของน้ำกรดถ้ามีไม่เพียงพอ ให้เติมด้วยน้ำกลั่น

3. การประจุแบตเตอรี่ขณะติดตั้งใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าต้องปลดสายขั้วบวก และขั้วลบออกจากขั้วแบตเตอรี่ทั้งคู่เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ไฟฟ้า

การเก็บรักษาแบตเตอรี่

การเก็บแห้ง การเก็บแห้งเป็นการเก็บแบตเตอรี่ไว้โดยไม่มีน้ำกรดอยู่ในแบตเตอรี่ ส่วนใหญ่เป็นการเก็บแบตเตอรี่ที่ผลิตจากโรงงานใหม่ ๆ รอส่งให้ลูกค้า เมื่อจะใช้ไปเติมน้ำกรดแล้ว ประจุไฟให้เต็มสำหรับแบตเตอรี่ที่ใช้แล้วมีน้ำกรดอยู่ในจำเป็นต้องพักใช้งาน อาจเก็บแห้งได้ โดยการนำไปอัดไฟให้เต็มแทนน้ำกรดทิ้งแล้วใช้น้ำกลั่นล้างเทว่าไว้จนแห้งเมื่อจะใช้ก็ไปเติมน้ำกรด และประจุไฟใหม่ (สุจิตต์, 2542 : 29)



ภาพที่ 2.80 แสดงกราฟ ดพ. น้ำกรด ขึ้นกับอุณหภูมิ น้ำกรด

การเก็บเปียก

แบตเตอรี่แม้อัดไฟเต็มแล้ว ทิ้งปล่อยไว้โดยไม่ใช้เลย ก็สามารถคายประจุเองได้ (Self Discharge) ดังนั้น แบตเตอรี่ที่มีน้ำกรดอยู่ควรนำไปตรวจประจุไฟ ทุก ๆ 1 เดือน หรือสลับใช้งาน จะดีที่สุด

ข้อแนะนำในการใช้แบตเตอรี่ชาร์จแห้ง (Dry Charge) แบตเตอรี่ชาร์จแห้ง หมายถึง แบตเตอรี่ที่ยังไม่ได้เติมน้ำกรดจากโรงงานผลิตก่อนจะนำมาใช้งาน มีข้อแนะนำปฏิบัติดังนี้

1. แกะพลาสติกที่ปิดจุกเติมน้ำกรดแล้วเปิดฝาจุกออก
2. เติมน้ำกรดตามระดับผสมเสร็จลงในแบตเตอรี่สูงกว่าแผ่นกั้นประมาณ 20 มม.
3. ภายหลังเติมน้ำกรดแล้ว ประมาณ 1 ถึง 2 ชม. สามารถนำไปใช้งานได้ แต่ต้องตรวจดูระดับน้ำกรด ถาลดลง ให้เติมน้ำกรด ดพ. เท่าเดิมลงไปจนถึงระดับที่ต้องการ
4. เพื่อให้แบตเตอรี่ใช้งานได้ทนทานยิ่งขึ้น ภายหลังเติมน้ำกรดแล้ว ทิ้งไว้ประมาณ 1 ถึง 12 ชม. จนกว่าอุณหภูมิของน้ำกรดต่ำลง ปรับระดับของน้ำกรดให้เท่าเดิม แล้วนำไปประจุไฟตามอัตราที่กำหนด
5. ประจุไฟจนเกิดแก๊สทุกเซลล์ โวลท์ และ ดพ. ของน้ำก้างที่ติดต่อกันเป็นเวลา 1 ชม. เวลาที่ใช้ในการประจุไฟทั้งหมดประมาณ 15 ถึง 20 ชม.
6. ในระหว่างประจุไฟ ระวังอย่าให้อุณหภูมิของน้ำกรดสูงเกิน 50 องศาเซลเซียส หากสูงเกินอุณหภูมิดังกล่าวนี้ให้ลดกระแสไฟลง หรือหยุดประจุจนกว่าอุณหภูมิจะลดต่ำลงแล้วจึงประจุต่อ (สุจิตต์, 2542 : 29)

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้เลือกใช้แบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด ขนาด 12 โวลท์ 125 แอมแปร์ต่อชั่วโมง สามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด และการบำรุงรักษาง่าย การประจุพลังงานจากเซลล์

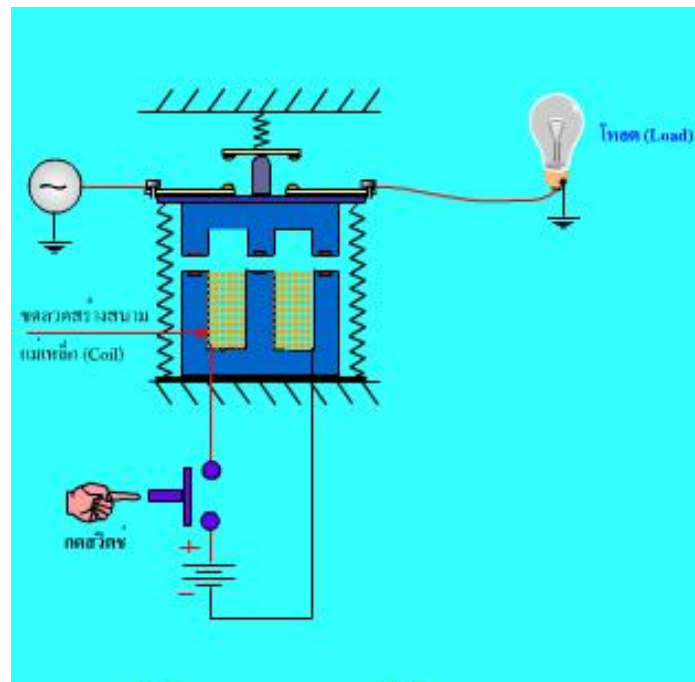
แสงอาทิตย์จะใช้เวลา 4 ถึง 5 ชั่วโมง สามารถจ่ายไฟให้กับหลอดไฟ ขนาด 8 วัตต์ ได้นานประมาณ 8-10 ชั่วโมง จากการคำนวณและการใช้งานจริง
 ที่มา (สุจิตต์ สนองคุณ , 2542 : 29)

รีเลย์ (Relay)

เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับ ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือ โซลินอยด์ (solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจร ไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. รีเลย์กำลัง (Power relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ (Contactor or Magnetic contactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา
2. รีเลย์ควบคุม (Control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุมบางทีเรียกกันง่าย ๆ ว่า "รีเลย์"

หน้าที่ของคอนแทกเตอร์ คือ การใช้กำลังไฟฟ้าจำนวนน้อยเพื่อไปควบคุมการตัดต่อกำลังไฟฟ้าจำนวนมาก คอนแทกเตอร์ ทำให้เราสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าในตำแหน่งอื่นๆ ของระบบไฟฟ้าได้ สายไฟควบคุมให้รีเลย์กำลังหรือคอนแทกเตอร์ทำงานเป็นสายไฟฟ้าขนาดเล็กต่อเข้ากับสวิตช์ควบคุมและคอยล์ของคอนแทกเตอร์ กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอยล์อาจจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง หรือไฟฟ้ากระแสสลับก็ได้ขึ้นอยู่กับวิธีการออกแบบการใช้คอนแทกเตอร์ทำให้สามารถควบคุมวงจรจากระยะไกล(Remote) ได้ ซึ่งทำให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานในการควบคุมกำลังไฟฟ้า

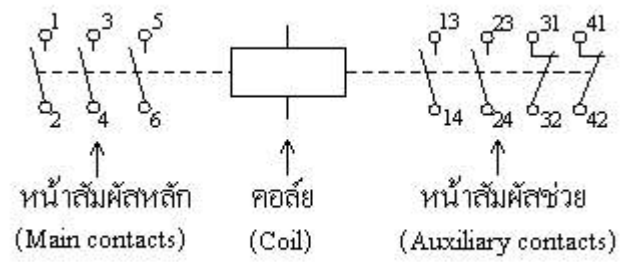


ภาพที่ 2.81 รูปแสดงการทำงานของคอนแทกเตอร์ และรีเลย์

คอนแทกเตอร์ (Contactors) นอกจากจะมีหน้าสัมผัสทั้งส่วนเคลื่อนที่ และหน้าสัมผัสส่วนที่อยู่กับที่แล้วหน้าสัมผัสภายในของคอนแทกเตอร์ยังแบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามลักษณะของการทำงาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้ คือ

1. หน้าสัมผัสหลัก (Main Contacts) โดยปกติแล้วหน้าสัมผัสหลักมี 3 อัน สำหรับส่งผ่านกำลังไฟฟ้า 3 เฟสเข้าไปสู่มอเตอร์ หรือโหลดที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 3 เฟส หน้าสัมผัสหลักของคอนแทกเตอร์มีขนาดใหญ่ทนแรงดันและกระแสได้สูง หน้าสัมผัสหลักเป็นชนิดปกติเปิด (Normally open; N.O. contact) อักษรกำกับ หน้าสัมผัสด้านแหล่งจ่ายคือ 1, 3, 5 หรือ L1, L2, L3 และด้านโหลดคือ 2, 4, 6 หรือ T1, T2, T3 ดังรูป

2. หน้าสัมผัสช่วย (Auxiliary Contacts) หน้าสัมผัสชนิดนี้ติดตั้งอยู่ด้านข้างทั้งสองด้านของตัวคอนแทกเตอร์ มีขนาดเล็กทนกระแสได้ต่ำทำหน้าที่ช่วยการทำงานของวงจร เช่น เป็นหน้าสัมผัสที่ทำให้คอนแทกเตอร์ทำงานได้ตลอดเวลา หรือเรียกว่า "holding" หรือ "maintaining contact" หน้าสัมผัสช่วยนี้จะเป็นหน้าสัมผัสแบบโยกได้สองทาง โดยจะถูกดึงขึ้น-ลงไปตามจังหวะการดูด-ปล่อยของคอนแทกเตอร์ อักษรกำกับหน้าสัมผัสช่วย จะเป็น 13, 14 สำหรับคอนแทกเตอร์ที่มีหน้าสัมผัสช่วยแบบปกติเปิด 1 ชุดถ้ามี N.O. ชุดที่ 2 จะเป็น 23, 24 และหน้าสัมผัสช่วยแบบปกติปิดจะมีอักษรกำกับเป็น 31, 32 และ 41, 42



ภาพที่ 2.82 หน้าสัมผัสช่วย (Auxiliary Contacts) หน้าสัมผัสชนิดนี้ติดตั้งอยู่ด้านข้างทั้งสองด้านของตัวคอนแทกเตอร์

ที่มา (www.st.kmutt.ac.th/~s5400211/module4/contact1.html)

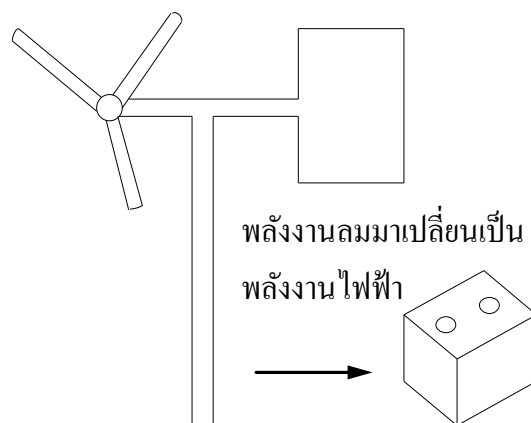
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึง การออกแบบ การสร้างและการทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบสร้างและวางแผนการดำเนินงาน ดังมีรายละเอียดดังนี้

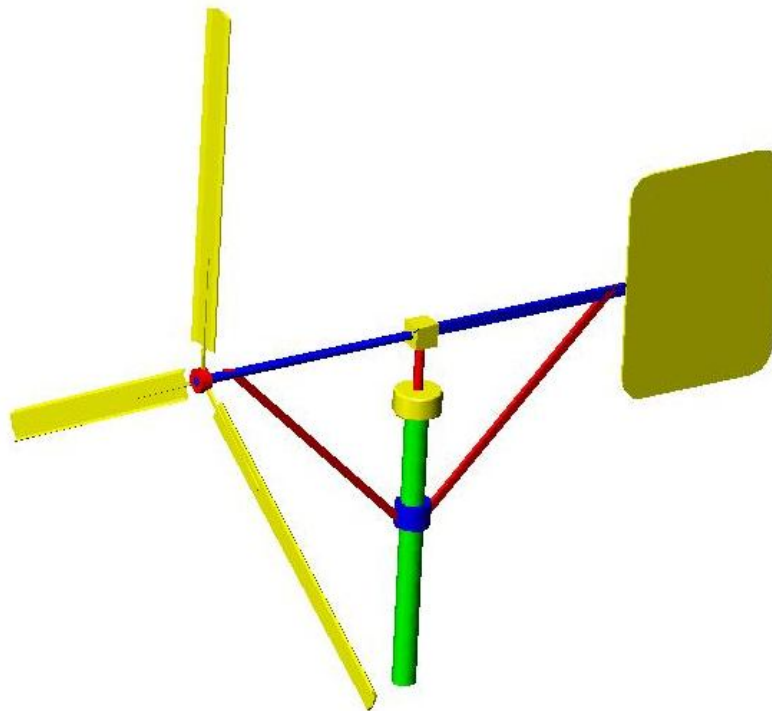
การออกแบบ

เป็นการออกแบบกังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร จากแนวคิดที่จะนำพลังงานลม มาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าและเก็บพลังงานในแบตเตอรี่ เพื่อที่จะนำพลังงานงานจากแบตเตอรี่ไปใช้ประโยชน์ในการส่องสว่างสำหรับพื้นที่ภายนอกอาคาร

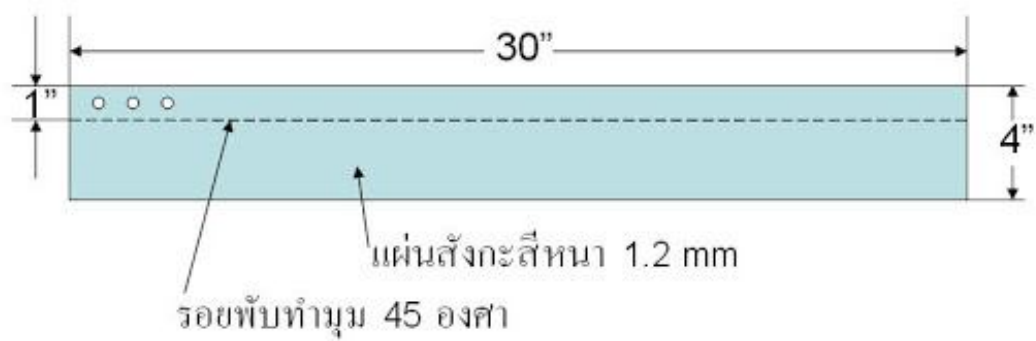


ภาพที่ 3.1 แนวคิดเปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า

เมื่อได้แนวคิดในการออกแบบกังหันลม แล้วขั้นตอนต่อไปผู้วิจัยได้ทำการออกแบบกังหันลมเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า ซึ่งได้ออกแบบให้กังหันลมสามารถรับลมได้ทุกทิศทางและออกแบบให้ใบกังหันลมโดยใช้แผ่นสังกะสีแผ่นเรียบ



ภาพที่ 3.2 แบบกัณฑ์ล้มที่สามารถรับลมได้ทุกทิศทาง



ภาพที่ 3.3 แสดงขนาดของใบกัณฑ์ล้มจากแผ่นสังกะสี

การสร้าง

เมื่อได้แนวคิดของการออกแบบกังหันลมผลิตไฟฟ้าให้ใช้พลังงานลมมาผลิตพลังงานไฟฟ้า ที่สามารถรับแรงลมได้ทุกทิศทางโดยใช้หาเสือ และใบพัดของกังหันสามารถหาได้ในท้องถิ่นซึ่งเป็นสังกะสีแผ่นเรียบ ผู้วิจัยจึงได้สร้างกังหันลมตามที่ออกแบบไว้ได้ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.5 แสดงกังหันลมผลิตไฟฟ้า

การทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร

เป็นการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะในการทำงานด้านต่างๆ ของกังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร ซึ่งจะมีรายละเอียดการทดสอบดังต่อไปนี้

การทดสอบการทำงานของกังหันลมที่ความเร็วลมในแต่ละวัน

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบความเร็วรอบของกังหันลมเมื่อมีแรงลมมาปะทะกันกังหัน ซึ่งจะทำให้กังหันลมหมุน และทำการวัดค่าความเร็วลม ค่าความเร็วรอบของกังหันลม

วิธีการทดสอบ

1. ติดตั้งกังหันลมให้พร้อมใช้งาน
2. วัดค่าความเร็วลมและความเร็วรอบของกังหันลมลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 3.1 ตารางบันทึกความเร็วลมและความเร็วรอบของกังหันลมในรอบ 1 สัปดาห์

วันที่ (เวลา 16.00 น.)	ความเร็วลม(เมตรต่อวินาที)	ความเร็วรอบของกังหันลม (รอบต่อนาที)	แรงดันไฟฟ้าขณะ NO LOAD (โวลต์)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

การทดสอบการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของกังหันลมผลิตไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้า

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของกังหันลมผลิตไฟฟ้า ว่าจะมีมีความสามารถในการจ่ายพลังงานให้กับภาระทางไฟฟ้ามากน้อยเพียงใด สามารถผลิตไฟฟ้าได้กี่โวลต์

วิธีการทดสอบ

1. ติดตั้งกังหันลมให้พร้อมใช้งาน

2. วัดค่าความเร็วรอบของกังหันลม แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 3.2 ตารางบันทึกค่าความเร็วรอบของกังหันลม แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ขณะมีโหลด

ขนาดของ โหลด (โอห์ม)	แรงดันไฟฟ้า ขณะ NO LOAD	ความเร็วรอบ ของกังหันลม ขณะ NO LOAD	แรงดันไฟฟ้า ขณะ ON LOAD	กระแสไฟฟ้า	Voltage Regulation

บทที่ 4

การทดสอบและผลการทดสอบ

การทดสอบ และผลการทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร โดยมีการทดสอบการทำงานของกังหันลมที่ความเร็วลมในแต่ละวัน และการทดสอบการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของกังหันลมผลิตไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้า ซึ่งผลการทดสอบเป็นดังนี้

การทดสอบการทำงานของกังหันลมที่ความเร็วลมในแต่ละวัน

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบความเร็วรอบของกังหันลมเมื่อมีแรงลมมาปะทะกันกังหัน ซึ่งจะทำให้กังหันลมหมุน และทำการวัดค่าความเร็วลม ค่าความเร็วรอบของกังหันลม

วิธีการทดสอบ

1. ติดตั้งกังหันลมให้พร้อมใช้งาน
2. วัดค่าความเร็วลมและความเร็วรอบของกังหันลมลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกความเร็วลมและความเร็วรอบของกังหันลมในรอบ 1 สัปดาห์

วันที่ (เวลา 16.00 น.)	ความเร็วลม(เมตรต่อ วินาที)	ความเร็วรอบของกังหัน ลม (รอบต่อนาที)	แรงดันไฟฟ้าขณะ NO LOAD (โวลต์)
1	1.7	76.7	1.6
2	1.5	72.3	1.32
3	1.2	59.6	0.77
4	1.3	69.7	0.83
5	1.6	74.3	1.54
6	1.4	70.2	0.93
7	1.5	72.5	1.33

สรุปผลการทดลอง

จากตารางการทดลอง จะพบว่าเมื่อมีแรงลมมากระทบกับใบพัดของกังหันลม จะสามารถทำให้ ใบพัดของกังหันลมหมุนและเกิดแรงดันไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขึ้น ตามค่าในตารางบันทึกความเร็วลมและความเร็วรอบของกังหันลมในรอบ 1 สัปดาห์ ซึ่งมีค่าน้อยมาก เนื่องจากเป็นเพราะแรงลมมีน้อยจึงส่งผลต่อความเร็วรอบของกังหันลมมีค่าต่ำตามไปด้วย

การทดสอบการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของกังหันลมผลิตไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้า

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของกังหันลมผลิตไฟฟ้า ว่าจะมีความสามารถการจ่ายพลังงานให้กับภาระทางไฟฟ้ามากน้อยเพียงใด สามารถผลิตไฟฟ้าได้กี่โวลต์

วิธีการทดสอบ

1. ติดตั้งกังหันลมให้พร้อมใช้งาน
2. วัดค่าความเร็วรอบของกังหันลม แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกค่าความเร็วรอบของกังหันลม แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ขณะมีโหลด

ขนาดของ โหลด (โอห์ม)	แรงดันไฟฟ้า ขณะ NO LOAD	ความเร็วรอบ ของกังหันลม ขณะ NO LOAD (รอบต่อนาที)	แรงดันไฟฟ้า ขณะ ON LOAD	กระแสไฟฟ้า	Voltage Regulation
10	1.5 V.	1.31	1.22 V.	0.1 A	22.95 %
20	1.3 V.	0.83	0.97 V.	0.038	34.02 %
100	1.5 V.	1.32	1.19 V.	0.012	26.05 %
500	1.2 V.	0.78	0.86 V.	1.11 mA	39.53 %
1,000	1.6 V.	1.53	1.02 V.	1.02 mA	56.86 %

สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบจะพบว่า แรงดันที่กังหันลมผลิตได้เมื่อจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดของกังหันลม จะเปลี่ยนแปลงโดยที่มีแรงดันต่ำกว่าแรงดันที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตได้ ซึ่งเป็นแรงดันที่บอกถึงการที่จะนำไปใช้จริง ตามค่าในตารางบันทึกค่าความเร็วรอบของกังหันลม แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ขณะมีโหลด ซึ่งเป็นแรงดันที่ไม่สามารถนำไปจ่ายภาระทางไฟฟ้าทั่วไปได้ ซึ่งค่าแรงดันทางไฟฟ้าที่จะนำไปจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้าได้ ควรไม่ต่ำกว่า 6 โวลต์

บทที่ 5

สรุปผล ปัญหา การแก้ไขปัญหาคือข้อเสนอแนะ

การทำวิจัยครั้งนี้ เป็นการออกแบบและสร้างกังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร โดยมีการทดสอบการทำงานของกังหันลมที่ความเร็วลมในแต่ละวัน และการทดสอบการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของกังหันลมผลิตไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้า ซึ่งสามารถสรุปปัญหา แนวทางการแก้ไข ข้อเสนอแนะ ดังนี้

สรุปผลการทดสอบ

การทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร ได้แบ่งการทดสอบของผู้วิจัยดังนี้ การทดสอบการทำงานของกังหันลมที่ความเร็วลมในแต่ละวัน และการทดสอบการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของกังหันลมผลิตไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้า สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. จากการทำงานของกังหันลมที่ความเร็วลมในแต่ละวัน จะพบว่าเมื่อมีแรงลมมากระทบกับใบพัดของกังหันลม จะสามารถทำให้ ใบพัดของกังหันลมหมุนและเกิดแรงดันไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขึ้น ตามค่าในตารางบันทึกความเร็วลมและความเร็วรอบของกังหันลมในรอบ 1 สัปดาห์ ซึ่งมีค่าน้อยมาก เนื่องจากเป็นเพราะแรงลมมีน้อยจึงส่งผลต่อความเร็วรอบของกังหันลมมีค่าต่ำตามไปด้วย
2. จากการทดสอบการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของกังหันลมผลิตไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าจะพบว่าแรงดันที่กังหันลมผลิตได้เมื่อจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดของกังหันลมจะเปลี่ยนแปลงโดยที่มีแรงดันต่ำกว่าแรงดันที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตได้ ซึ่งเป็นแรงดันที่บอกถึงการที่จะนำไปใช้จริง ตามค่าในตารางบันทึกค่าความเร็วรอบของกังหันลม แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ขณะมีโหลด ซึ่งเป็นแรงดันที่ไม่สามารถนำไปจ่ายภาระทางไฟฟ้าทั่วไปได้ ซึ่งค่าแรงดันทางไฟฟ้าที่จะนำไปจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้าได้ ควรไม่ต่ำกว่า 6 โวลต์

ปัญหาและการแก้ไข้ปัญหา

สภาพปัญหาของกังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร และแนวทางในการแก้ปัญหามีดังนี้

1. ปัญหาที่เกิดขึ้นกับกังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร

1.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าของกังหันลมไม่สามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าให้มากพอที่จะสามารถนำแรงดันไปจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้าทั่วไปได้

1.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าของกังหันลมเมื่อจ่ายแรงดันให้กับภาระทางไฟฟ้าเกิดแรงดันตก

2. แนวทางแก้ไข้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับชุดรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าสำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้า

2.1 ควรเลือกใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ให้แรงดันมากๆ เช่น 240 โวลต์ เพื่อจ่ายต่อการนำแรงดันที่ได้ไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง

2.2 ควรเลือกออกแบบให้มีวงจรรักษาระดับแรงดัน (Voltage Regulators)

ข้อเสนอแนะ

1. ควรออกแบบให้วงจรมีการป้องกันการหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเกินพิกัดที่ตั้งไว้เช่น หมุน 300 รอบต่อนาที

2. ควรออกแบบให้วงจรมีการปรับเปลี่ยนแรงดันในการประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ได้หลายขนาดเช่น 6 โวลต์ ,12 โวลต์ หรือ 48 โวลต์ เป็นต้น

บรรณานุกรม

เครื่องวัดทางไฟฟ้า.(2554 มีนาคม 16). Available URL :

http://rtc.ac.th/electronic/meaus/ac_voltmeter.html

ไชยชาญ หินเกิด. (2542). เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

พลังงานลม.(2554 มีนาคม 10) Available URL :

http://www2.egat.co.th/re/egat_wind/pdf_wind/wind_energy.pdf

มนตรี ศิริปรัชญานันท์.(2548). การออกแบบแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า.นนทบุรี: มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รีเลย์ . (2554 มีนาคม 20). Available URL :

<http://www.st.kmutt.ac.th/~s5400211/module4/contacto1.html>

ล□วน สายศ และอังคณา สายศ.(2538) เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์□สุวีริยาสาส□น.

วารสาร โอเอ็มเอ็มเอกาซีน.(2553).กรุงเทพฯ : schneider electric

สายไฟฟ้า.(2554 มีนาคม 18). Available URL :

<http://www.nectec.or.th/courseware/electrical/wire/index.html>

สุจิตต์ สมองคุณ .(2542).ไฟฟ้ารถยนต์. กรุงเทพฯ : หจก.เม็คทรายปรี้นดิง

อนุตร จำลองกุล.(2545). พลังงานหมุนเวียน. กรุงเทพฯ : โอเอสพรี้นดิงแฮตส์

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์. (2554 มีนาคม 11). Available URL :

<http://accept.la.asu.edu/courses/phs110/expmts/exp13a.html>

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์



ภาพที่ ก-1 แสดงกังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคารติดตั้งที่อาคารเทคโนโลยี
ไฟฟ้าอุตสาหกรรม

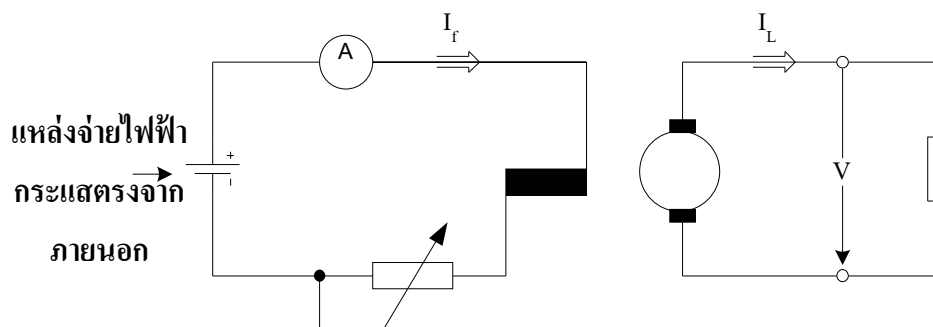
ภาคผนวก ข
เนื้อหาที่ให้ความรู้กับนักศึกษา
สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม
ในรายวิชาหม้อแปลงและเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

ชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (Types of generator)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงนั้น แบ่งตามลักษณะของการกระตุ้นขดลวดฟิลด์คอยล์ ได้เป็น 2 ชนิด คือ

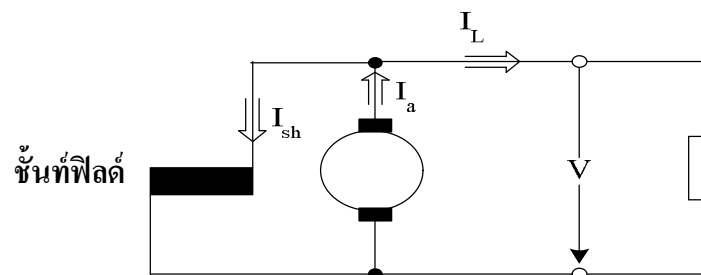
1. เครื่องกำเนิดชนิดใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกเป็นตัวกระตุ้น (Separately-excited generator) ฟิลด์คอยล์ของเครื่องกำเนิดชนิดนี้ จะถูกกระตุ้นให้มีอำนาจแม่เหล็กโดยการใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกเป็นตัวกระตุ้น ซึ่งมีวงจรดังแสดงในภาพ 2.3



ภาพที่ ข-1 วงจรเครื่องกำเนิดชนิดใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกเป็นตัวกระตุ้น

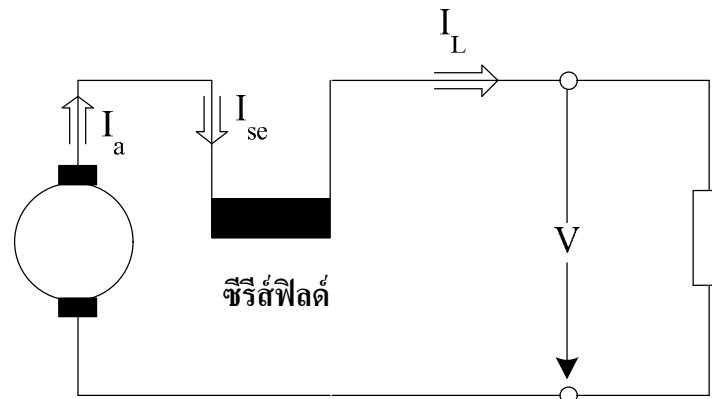
2. เครื่องกำเนิดชนิดใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากในตัวเองกระตุ้น (Self-excited generator) เครื่องกำเนิดชนิดนี้ ฟิลด์คอยล์จะถูกกระตุ้นให้มีอำนาจแม่เหล็ก โดยอาศัยไฟฟ้ากระแสตรงจากภายในตัวเครื่องกำเนิดของมันเอง ซึ่งขึ้นอยู่กับอำนาจแม่เหล็กตกค้าง (Residual magnetism or Residual flux) ที่มีอยู่ที่ขั้วแม่เหล็ก เมื่ออาร์เมเจอร์หมุนจะเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นเล็กน้อย และจะมีกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นเล็กน้อยด้วย ดังนั้น กระแสนี้บางส่วนจะไหลผ่านฟิลด์คอยล์ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้น ซึ่งสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้จะเสริมกับอำนาจแม่เหล็กตกค้างที่ขั้วแม่เหล็ก เครื่องกำเนิดชนิดใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากในตัวเองกระตุ้นนั้น แบ่งตามลักษณะการต่อของฟิลด์คอยล์กับอาร์เมเจอร์ได้ 3 ชนิด

2.1 เครื่องกำเนิดแบบชั๊นท์ (Shunt generator or shunt wound) เครื่องกำเนิดชนิดนี้ฟิลด์คอยล์จะต่อคร่อม หรือต่อขนานอยู่กับอาร์เมเจอร์ เครื่องกำเนิดนี้จะให้แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายออกสูง



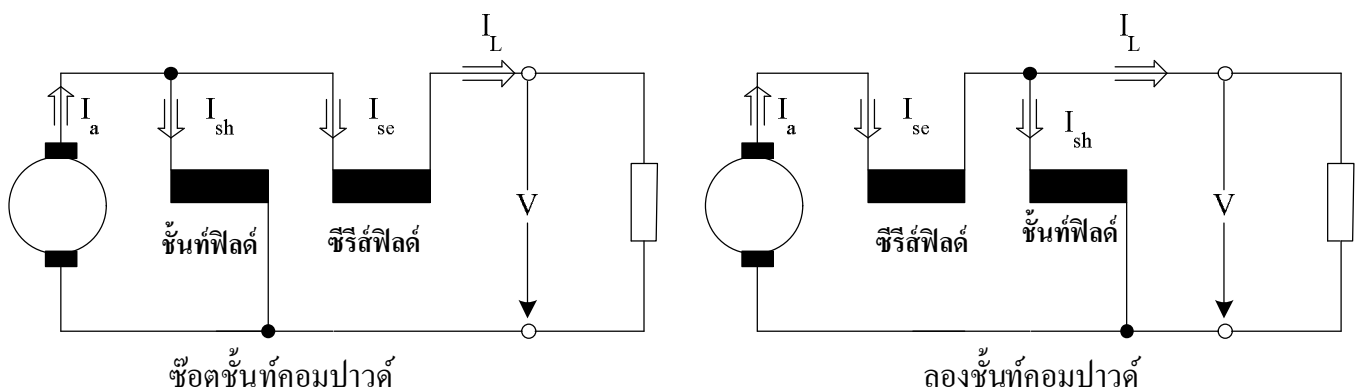
ภาพที่ ข-2 วงจรเครื่องกำเนิดแบบชั๊นท์

2.2 เครื่องกำเนิดแบบซีรีส์ (Series generator or series wound) เครื่องกำเนิดชนิดนี้ ขดลวดฟิลด์คอยล์จะต่ออนุกรมอยู่กับอาร์เมเจอร์ เป็นเครื่องกำเนิดที่ให้กระแสสูง ขดลวดฟิลด์คอยล์เป็นขดลวดเส้นโต เครื่องกำเนิดนี้ไม่ค่อยนิยมใช้ จะใช้ในกรณีพิเศษเท่านั้น เช่น ทำตัวขยายกำลัง (Boosters) เป็นต้น



ภาพที่ ข-3 วงจรเครื่องกำเนิดแบบซีรีส์

2.3 เครื่องกำเนิดแบบคอมปาวด์ (Compound generator or compound wound) เครื่องกำเนิดชนิดนี้เป็นเครื่องกำเนิดที่รวมเอาคุณสมบัติของเครื่องกำเนิดแบบซีรีส์ และเครื่องกำเนิดแบบชั้ท์เข้าด้วยกันเป็นข้อั้ท์ชั้ท์คอมปาวด์ (Short shunt compound) และลองชั้ท์คอมปาวด์ (Long shunt compound)



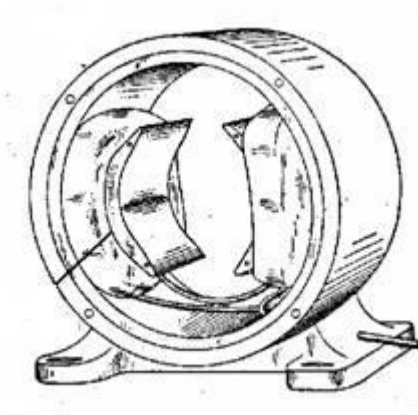
ภาพที่ ข-4 วงจรเครื่องกำเนิดแบบคอมปาวด์

โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง มีโครงสร้างประกอบด้วยส่วนใหญ๋ ๆ 2 ส่วน คือ

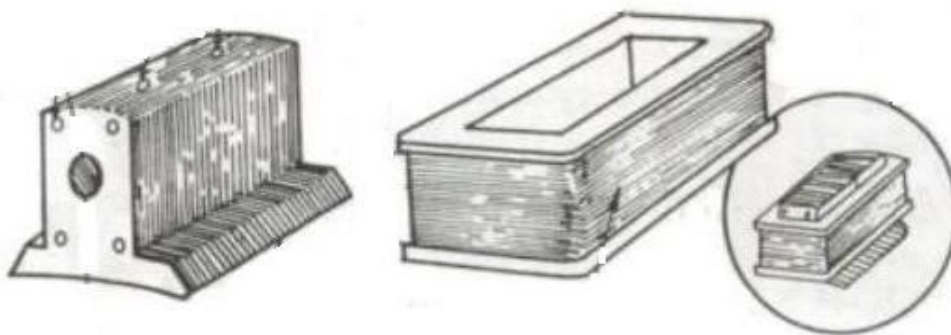
1. ส่วนที่อยู่กับที่ ประกอบด้วย

1.1 เปลือกหรือโครง (Frame or Yoke) ทำด้วยเหล็กหล่อ หรือสารแม่เหล็ก ทำหน้าที่ คือ ยึดขั้วแม่เหล็ก และส่วนประกอบทั้งหมด เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic circuit)



ภาพที่ ข-5 แสดงเปลือกหรือโครงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

1.2 ขั้วแม่เหล็ก (Pole-Shoes) ทำจากแผ่นเหล็กบางๆ (Laminated sheet steel) อัดซ้อนเข้าด้วยกัน โดยแต่ละแผ่นจะเคลือบไว้ด้วยฉนวน ลักษณะของขั้วแม่เหล็ก แสดงในภาพ 2.8 ขั้วแม่เหล็กนี้จะนำไปยึดเข้ากับโครงด้วยสกรู (Screw)



ภาพที่ ข-6 แสดงขั้วแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

1.3 ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil or Field winding) หรือเรียกว่าขดลวดฟิลด์คอยล์ เป็นลวดตัวนำพันไว้รอบขั้วแม่เหล็ก ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็ก ขดลวดฟิลด์คอยล์มี 2 ชนิด คือ

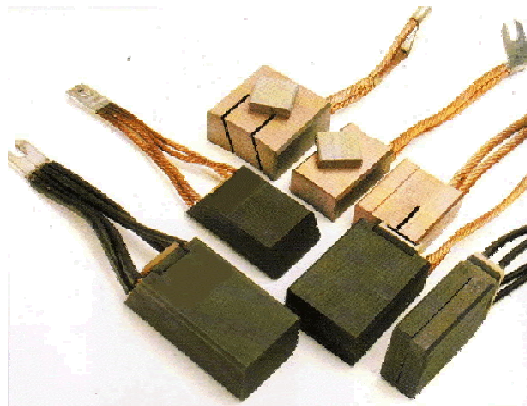
1.3.1 ขดลวดชั๊นท์ฟิลด์ (Shunt field or Shunt winding) จะพันด้วยเส้นลวดความต้านทานสูง

1.3.2 ขดลวดซีรีส์ฟิลด์ (Series field or Series winding) จะพันด้วยลวดเส้นโตความต้านทานจะต่ำ



ภาพที่ ข-7 แสดงขดลวดสนามแม่เหล็ก

1.4 แปรงถ่านและแปรง (Brushes and Bearing) ทำหน้าที่เป็นสะพานไฟจากคอมมิวเตเตอร์ไปยังวงจรถ่ายนอก แปรงถ่านทำมาจากคาร์บอนอัดแน่นจะมีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้า บรรจุอยู่ในช่องถ่านและถูกกดด้วยสปริงให้สัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ตลอดเวลา และช่องถ่านจะถูกยึดติดอยู่กับฝาครอบส่วนแปรงหรือลูกปืนนั้น จะเป็นตัวรับน้ำหนักทั้งหมดที่ได้รับจากการหมุนตัว และช่วยลดแรงเสียดทานที่เพลานะที่อาร์เมเจอร์หมุน ปกติแล้วแปรงจะยึดติดอยู่ที่ฝาครอบทั้ง 2 ข้างของเครื่องกำเนิด



ภาพที่ ข-8 แปรงถ่าน

1.5 ฝาปิดหัวท้ายหรือฝาครอบ (End plate) ทำมาจากเหล็กหล่อเช่นเดียวกับโครง ทำหน้าที่รองรับเพลานของส่วนหมุนและยึดช่องถ่าน

2. ส่วนที่เคลื่อนที่

2.1 แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ (Armature core) แกนเหล็กอาร์เมเจอร์เป็นที่ใช้สำหรับบรรจุขดลวดอาร์เมเจอร์ แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ทำมาจากแผ่นเหล็กบางๆ ที่ด้านหนึ่งฉาบด้วยฉนวนอัดซ้อนเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอก และทำเป็นช่องสลักไว้ และที่แกนเหล็กอาร์เมเจอร์นี้จะเจาะรูไว้ด้วยเพื่อช่วยในการระบายความร้อนอันเนื่องมาจากการสูญเสีย



ภาพที่ ข-9 แกนเหล็กอาร์เมเจอร์

2.2 ขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature or Armature winding) คือ ขดลวดที่บรรจุในช่องสล้อทของแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ ซึ่งจะมีการพันเป็นแบบแลป (Lap) หรือ (Wave) ปลายของขดลวดจะถูกนำไปต่อเข้ากับคอมมิวเตเตอร์

2.3 คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิดในขดลวดอาร์เมเจอร์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง คอมมิวเตเตอร์ประกอบด้วยซี่ทองแดงหลายๆซี่อัดเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอก และระหว่างซี่ทองแดงแต่ละซี่จะคั่นไว้ด้วยฉนวนหนาที่แข็งแรง และยึดติดไว้กับเพลลาอันเดียวกับแกนเหล็กอาร์เมเจอร์



ภาพที่ ข-9 คอมมิวเตเตอร์

ภาคผนวก ค

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ นายเสริมศักดิ์ ทิพย์วงศ์ ที่อยู่ปัจจุบัน 39 หมู่ 6 ตำบลบ้านโสก อำเภอห้วยเม็ก
จังหวัดเพชรบูรณ์ 67110 เบอร์โทรศัพท์ 083-6236708

ประวัติการศึกษา

วศ.บ. (ไฟฟ้ากำลัง) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตขอนแก่น ปีที่จบ 2546

ค.อ.ม. (ไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่จบ 2553

สถานที่ทำงาน

อาจารย์ สังกัด สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (ไฟฟ้าอุตสาหกรรม) คณะ
เทคโนโลยีการเกษตรมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ พ.ศ.2547-ปัจจุบัน Tel. 0-5673-7060 ต่อ 1702
e-mail : ssrjr2@hotmail.com