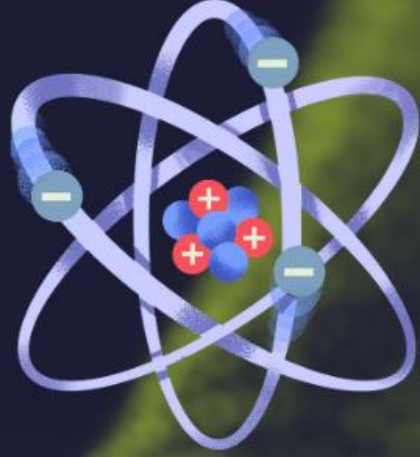
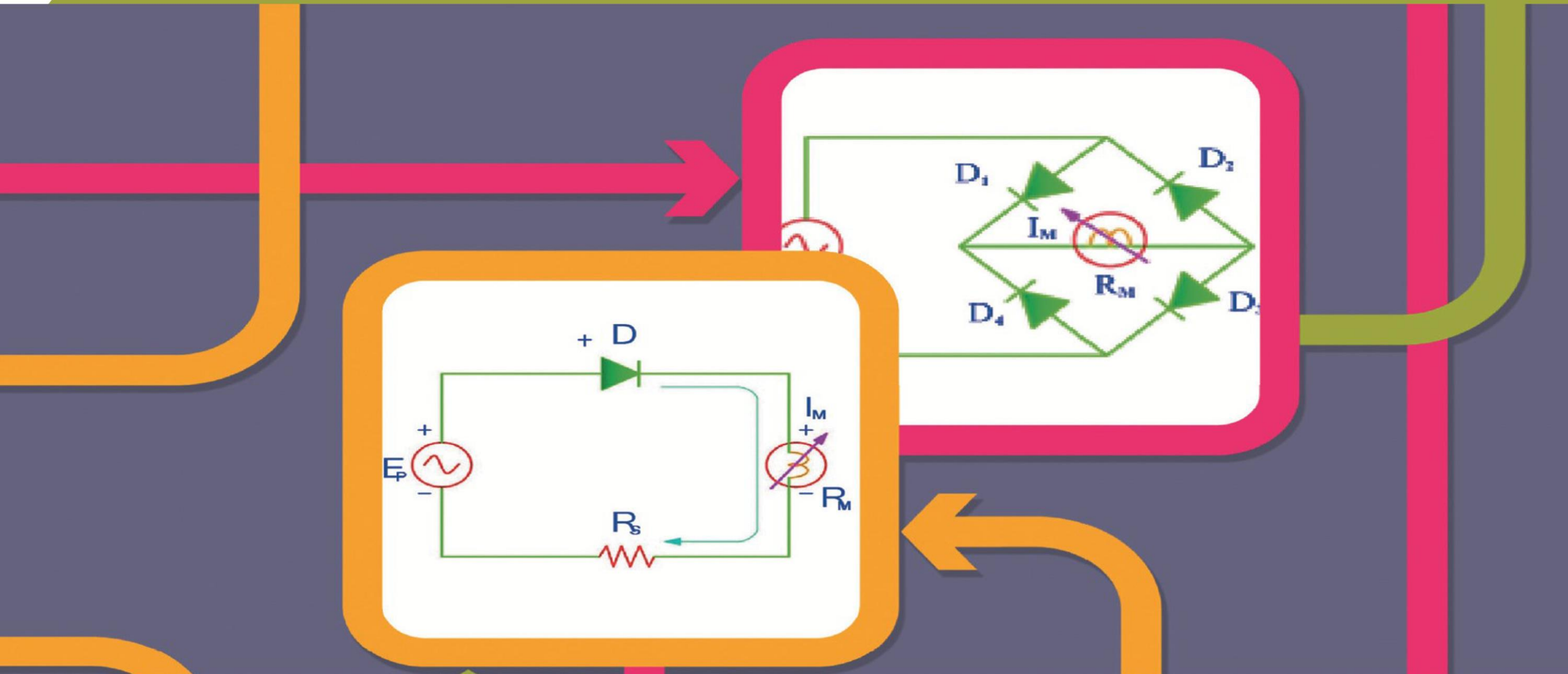
เครื่องมือวัดในงานยานยนต์ไฟฟ้า

20143 - 2004



หน่วยที่ 3

เครื่องวัดไฟฟ้ากระแสสลับ



หัวข้อเรื่อง (Topics)

3.1 เครื่องวัดไฟฟ้าแบบเรียงกระแสไฟฟ้า

3.2 เครื่องวัดไฟฟ้าแบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์

3.3 เครื่องวัดไฟฟ้าแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่

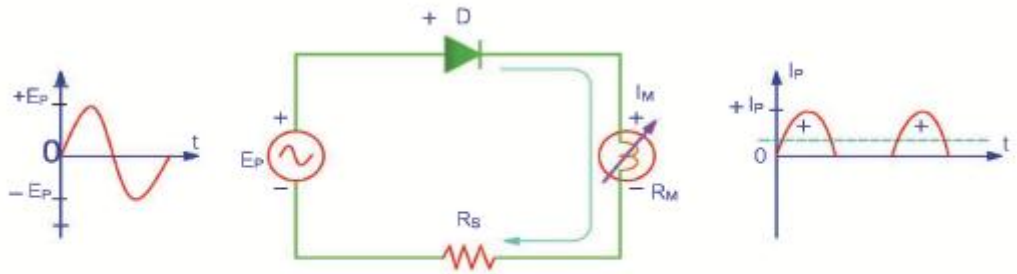
3.4 เครื่องวัดไฟฟ้าแบบเทอร์มอคัปเปิล

3.5 เครื่องวัดไฟฟ้าแบบไฟฟ้าสถิต

3.1 เครื่องวัดไฟฟ้าแบบเรียงกระแสไฟฟ้า

เครื่องวัดไฟฟ้าแบบเรียงกระแสไฟฟ้า (Rectifier Instrument) เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับเข้าไปที่ขดลวดเคลื่อนที่ (PMMC) จะทำให้ทิศทางเกิดการบ่ายเบนของเข็มชี้ย้อนกลับไปกลับมา ตามการเปลี่ยนแปลงของรูปคลื่นไซน์ (Sine Wave) การย้อนกลับไปกลับมาเร็วมากจนมองเห็นว่าเข็มชี้เกิดการสั่น ดังนั้นจะต้องทำการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงก่อน โดยใช้อุปกรณ์ในการเรียงกระแสไฟฟ้า (Rectifier) นั่นคือ ไดโอดซึ่งสามารถทำการเรียงกระแสไฟฟ้าได้ 2 แบบ ดังนี้ แบบการเรียงกระแสไฟฟ้าครึ่งรูปคลื่น (Half–Wave Rectifier) แบบการเรียงกระแสไฟฟ้าเต็มรูปคลื่น (Full–WaveRectifier)

3.1.1 เครื่องวัดแบบเรียงกระแสครึ่งรูปคลื่น (Half–Wave Rectifier)



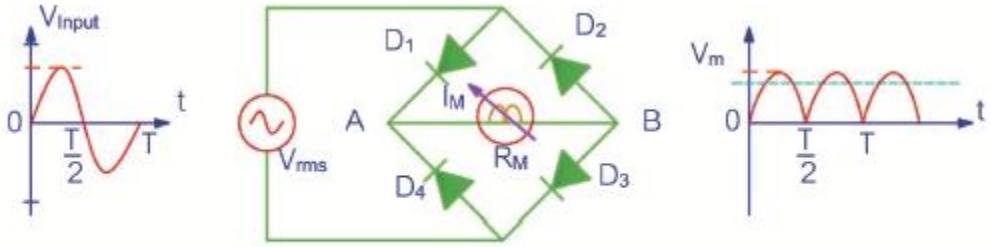
รูปที่ 3.1 เครื่องวัดแบบการเรียงกระแสไฟฟ้าครึ่งรูปคลื่น

จากรูปที่ 3.1 เมื่อนำไดโอดมาต่ออนุกรมเข้ากับขดลวดเคลื่อนที่ เพื่อทำการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

เมื่อรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับในซีกบวกไหลผ่านไดโอด จะเป็นการได้รับการไบอัสตรงทำให้ไดโอดสามารถนำกระแสไฟฟ้าได้ สัญญาณทางด้านเอาต์พุตจึงมีแรงดันไฟฟ้า (มีรูปคลื่นเกิดขึ้น) เมื่อรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับในซีกลบไหลผ่านไดโอด เป็นการได้รับไบอัสกลับ ทำให้ไดโอดไม่สามารถนำกระแสได้จึงไม่มีสัญญาณของแรงดันไฟฟ้าทางเอาต์พุต

สรุปว่า ไดโอดจะสามารถนำกระแสได้เฉพาะรูปคลื่นในซีกบวกเท่านั้น ซึ่งเป็นการเรียงแบบครึ่งรูปคลื่น (Half–Wave Rectifier) เครื่องวัดที่ใช้หลักการนี้เรียกว่า “เครื่องวัดไฟฟ้าเรียงกระแสแบบครึ่งรูปคลื่น”

3.1.2 เครื่องวัดแบบเรียงกระแสเต็มรูปคลื่น (Full–Wave Rectifier)



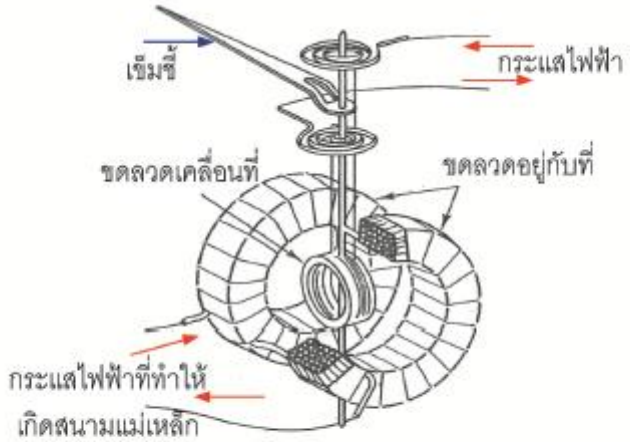
รูปที่ 3.2 เครื่องวัดแบบการเรียงกระแสเต็มรูปคลื่น

จากรูปที่ 3.2 เมื่อรูปคลื่นสัญญาณไซน์ (Sine Wave) ในซีกบวกเข้ามา ที่จุด A สัญญาณจะเป็นบวก + จุด B เป็นสัญญาณลบ –ไดโอด D1, D3 จะได้รับไบอัสตรงทำให้มีแรงดันไฟฟ้า (รูปคลื่นสัญญาณทางด้านเอาต์พุต) เมื่อรูปคลื่นสัญญาณไซน์ (Sine Wave) ในซีกลบกลับมา ที่จุด A มีค่าเป็นลบ –ที่จุด B มีค่าเป็นบวก + ไดโอด D2, D4 ได้รับการไบอัสตรง ทำให้เกิดมีแรงดันไฟฟ้า (รูปคลื่นสัญญาณทางด้านเอาต์พุต) ดังรูปที่ 3.2

หลักการทำงานเช่นนี้เรียกว่าเป็นการเรียงกระแสแบบเต็มรูปคลื่น (Full–Wave Rectifier) เครื่องวัดที่ใช้หลักการนี้เรียกว่า เครื่องวัดแบบเรียงกระแสเต็มคลื่น

3.2 เครื่องวัดไฟฟ้าแบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์

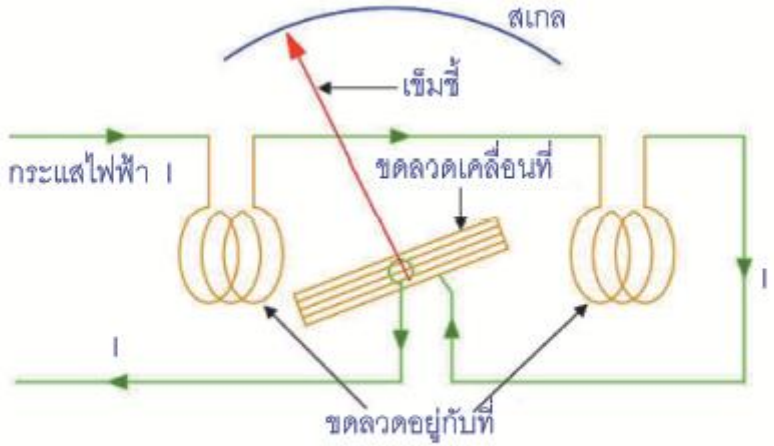
เครื่องวัดไฟฟ้าแบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์ (Electrodynamometer) มีโครงสร้างเหมือนกับแบบขดลวดเคลื่อนที่ (PMMC) แต่ทำการเปลี่ยนจากแม่เหล็กถาวรเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งแยกออกเป็น 2 ชุด ขดลวดชุดที่อยู่กับที่เรียกว่า “ขดกระแสไฟฟ้า” ขดลวดเคลื่อนที่เรียกว่า “ขดแรงดันไฟฟ้า”



รูปที่ 3.3 โครงสร้างของเครื่องวัดไฟฟ้าแบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์

3.2.1 หลักการทำงาน

หลักการทำงานของเครื่องวัดไฟฟ้าแบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์ ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การทำงานของเครื่องวัดไฟฟ้าแบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์

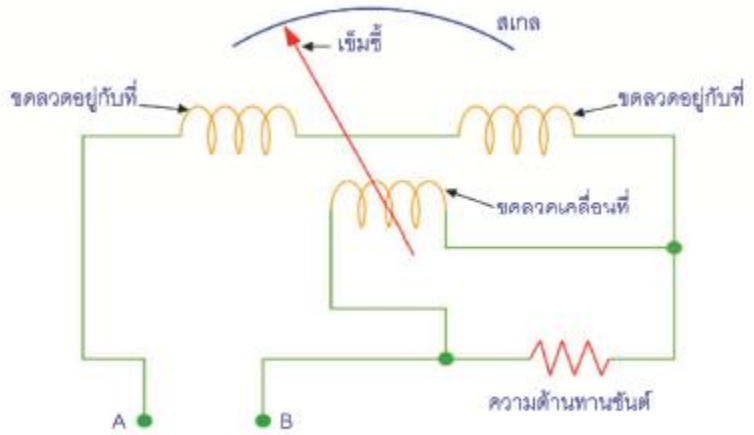
จากรูปที่ 3.4 จะเห็นว่ามีการต่อขดลวดเคลื่อนที่อนุกรมกับขดลวดอยู่กับที่เพื่อให้ทิศทางของสนามแม่เหล็กไปในทิศทางเดียวกัน

เมื่อทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านขดลวดอยู่กับที่ ทำให้เกิดการสร้างสนามแม่เหล็กขึ้น เป็นผลให้ขดลวดเคลื่อนที่สร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมารอบ ๆ ขดลวดเคลื่อนที่ และมีกระแสไฟฟ้าส่วนหนึ่งไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ ทำให้เกิดแรงบิดบ่ายเบนที่มีอำนาจชนะแรงสปริงต้านไว้เป็นผลให้เข็มชี้เคลื่อนที่ไปและหยุดชี้ค่าที่ตำแหน่งตามปริมาณกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้ขดลวด

3.2.2 การนำไปใช้งาน

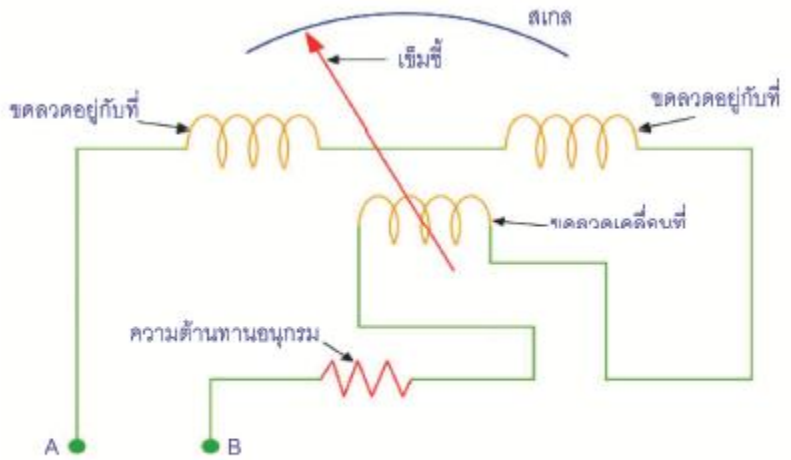
เนื่องจากเครื่องวัดไฟฟ้าแบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์สามารถวัดทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับได้ดังนั้นจึงสามารถประยุกต์เป็นเครื่องวัดต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. การนำไปใช้เป็นแอมมิเตอร์ ทำการต่อขดลวดเคลื่อนที่อนุกรมกับขดลวดอยู่กับที่ ดังรูปที่ 3.5



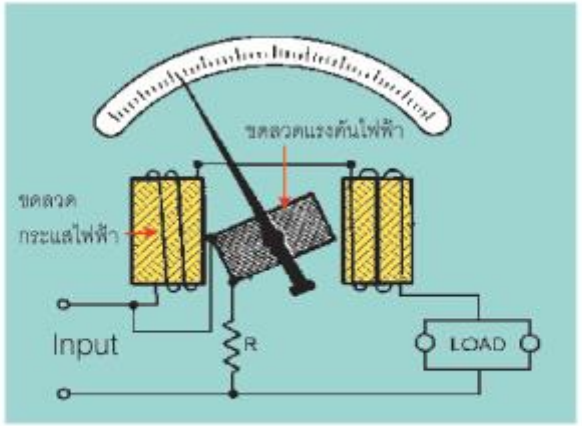
รูปที่ 3.5 โครงสร้างแอมมิเตอร์แบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์

2. การนำไปใช้เป็นโวลต์มิเตอร์ ทำการต่อตัวต้านทานอนุกรมเข้ากับขดลวดเคลื่อนที่และขดลวดอยู่กับที่ ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 โครงสร้างโวลต์มิเตอร์แบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์

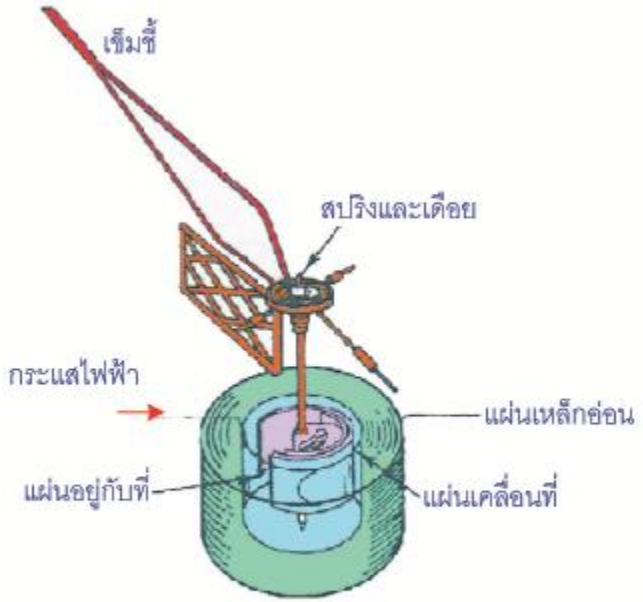
3. การนำไปใช้เป็นวัตต์มิเตอร์ ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 โครงสร้างวัตต์มิเตอร์แบบอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์

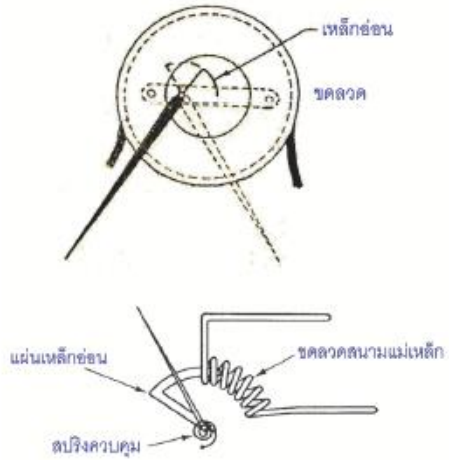
3.3 เครื่องวัดไฟฟ้าแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่

เครื่องวัดไฟฟ้าแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ (Moving Iron Instrument) มีโครงสร้างประกอบด้วย แผ่น–เหล็กอ่อน 2 แผ่น เป็นแผ่นเหล็กเคลื่อนที่กับแผ่นเหล็กอยู่กับที่ สปริงและเข็มชี้ติดอยู่กับขดลวดเคลื่อนที่มีลักษณะการทำงานแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ แบบแรงดูด แบบแรงผลัก และแบบแรงดูดและแรงผลักร่วมกัน



รูปที่ 3.8 โครงสร้างของเครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่

3.3.1 แบบแรงดูด



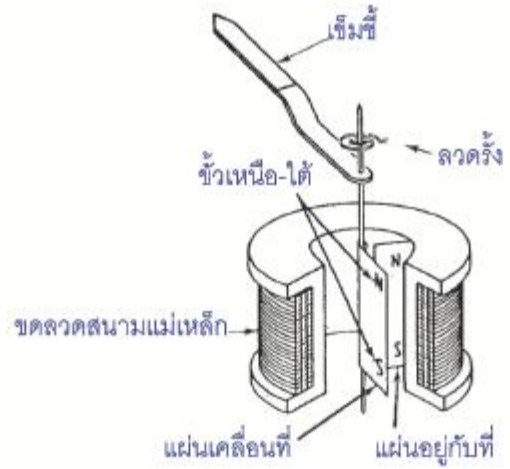
รูปที่ 3.9 โครงสร้างเครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ชนิดแรงดูด

จากรูปที่ 3.9 เครื่องวัดชนิดนี้มีโครงสร้างประกอบด้วย ส่วนที่เคลื่อนที่ ทำจากแผ่นเหล็กอ่อน ส่วนนี้จะมีการเชื่อมต่อกับสปริงควบคุมและเข็มชี้ ส่วนที่อยู่กับที่ เป็นขดลวดสนามแม่เหล็ก หรือเรียกว่า ฟิลด์คอยล์ (Field Coil)

เครื่องวัดชนิดนี้มีหลักการทำงาน คือ เมื่อจ่ายกระแสฟ้าให้ไหลผ่านฟิลด์คอยล์ (Field Coil) ฟิลด์คอยล์จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นเป็นผลให้เกิดการเหนี่ยวนำ และเกิดแรงดูดแผ่นเหล็กอ่อนให้เคลื่อนที่เข้าไป เข็มชี้ของเครื่องวัดจึงเกิดการบ่ายเบนไปด้วย เมื่อเกิดการสมดุลของแรงดูดระหว่างฟิลด์คอยล์กับสปริงจะทำให้เข็มชี้หยุดนิ่ง

3.3.2 แบบแรงผลัก

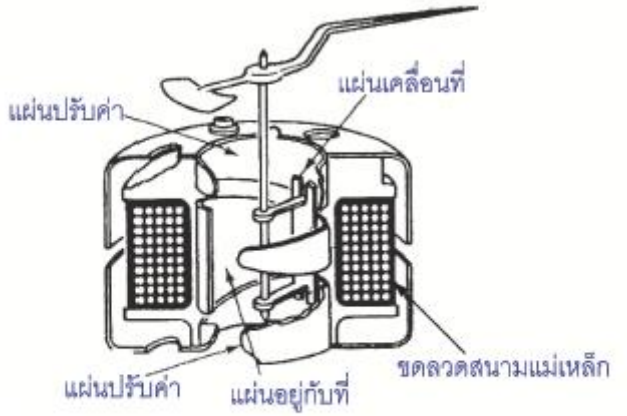
โครงสร้างของเครื่องวัดแบบผลักนี้ประกอบด้วยแผ่นเหล็กอ่อน 2 แผ่น แผ่นที่หนึ่ง ติดอยู่กับที่ที่บริเวณขดลวดสนามแม่เหล็ก เรียกส่วนนี้ว่า “แผ่นเหล็กอยู่กับที่” แผ่นที่สอง ติดอยู่กับส่วนที่เคลื่อนที่ประกอบด้วยเข็มชี้และสปริง เรียกส่วนนี้ว่า “แผ่นเหล็กเคลื่อนที่” ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 โครงสร้างเครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ชนิดผลัก

แผ่นเหล็กอ่อนทั้ง 2 แผ่น วางอยู่ในขดลวดสนามแม่เหล็ก หลักการทำงานของเครื่องวัดชนิดนี้ทำได้โดยเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็ก จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำขึ้น เป็นผลให้แผ่นเหล็กทั้งสองกลายเป็นแม่เหล็กที่มีขั้วเหมือนกัน เกิดการผลักกันระหว่างแผ่นเหล็กอ่อน ทำให้เกิดแรงบิดทำให้แผ่นเหล็กเคลื่อนที่หมุนเคลื่อนที่ไป

3.3.3 แบบแรงดูดและผลักร่วมกัน



รูปที่ 3.11 เครื่องวัดแบบแรงดูดและผลักร่วมกัน

โครงสร้างของเครื่องวัดชนิดนี้ ประกอบด้วยแผ่นเหล็กอ่อนทั้ง 2 คู่ คู่ที่หนึ่งทำหน้าที่ในการผลักอีกคู่หนึ่งทำหน้าที่ในการดูด แผ่นเหล็กทั้งสองวางอยู่ในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil)

หลักการทำงานของเครื่องวัดนี้มีลักษณะการทำงานดังนี้ เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับขดลวดสนามแม่เหล็ก ขดลวดสนามแม่เหล็กจะให้อำนาจในการสร้างสนามแม่เหล็กให้กับแผ่นเหล็กอยู่กับที่กับแผ่นเหล็กเคลื่อนที่มีแรงผลักกันเข็มชี้เกิดการบ่ายเบนไป เมื่อถึงท้ายสเกล จะมีแผ่นเหล็กที่ทำหน้าที่ดูดจะทำให้การดูดแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ทำให้เข็มชี้บ่ายเบนไปมีมุมในการบ่ายเบนเพิ่มมากขึ้น

3.4 เครื่องวัดไฟฟ้าแบบเทอร์มอคัปเปิล

โครงสร้างของเครื่องวัดไฟฟ้าแบบเทอร์มอคัปเปิล (Thermocouple Instrument) มีหลักการทำงานและการนำไปใช้ ดังนี้

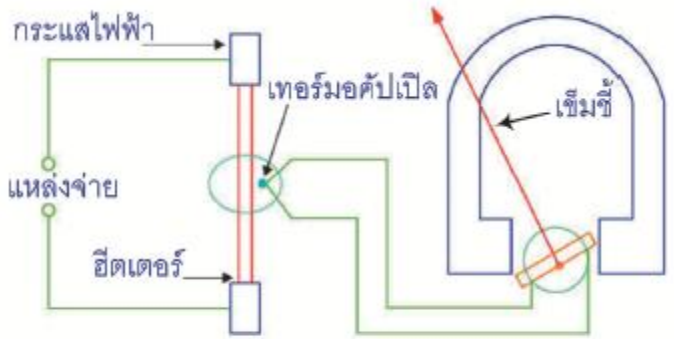
3.4.1 โครงสร้างและหลักการทำงาน

โครงสร้างของเครื่องวัดไฟฟ้าแบบเทอร์มอคัปเปิล ดังรูปที่ 3.12 ประกอบด้วยขดลวดเคลื่อนที่ขดลวด ความร้อน และเทอร์มอคัปเปิล

1. ขดลวดเคลื่อนที่ เป็นขดลวดเคลื่อนที่ของมิลลิโวลต์มิเตอร์ที่มีความไวสูง ในการวัดค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มาจากเทอร์มอคัปเปิล

2. ขดลวดความร้อน เป็นขดลวดเส้นเล็ก ๆ ทำหน้าที่ในการสร้างความร้อน (Heater)

3. เทอร์มอคัปเปิล เป็นตัวตรวจจับความแตกต่างของความร้อนระหว่างโลหะ 2 ชนิด เป็นผลให้เกิดแรงดันไฟฟ้า ซึ่งขนาดของแรงดันไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะและอุณหภูมิที่สูงขึ้นที่จุดต่อระหว่างโลหะสองชนิด



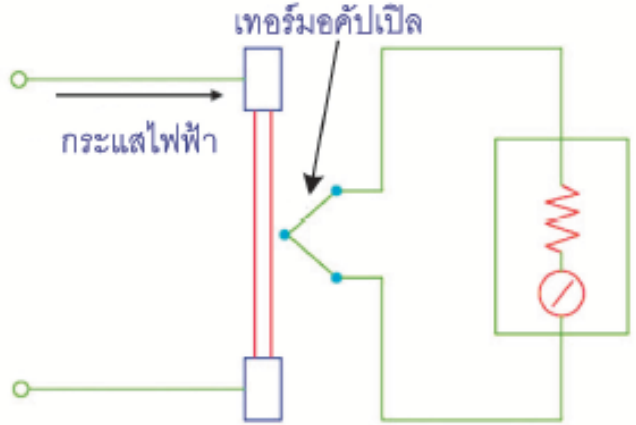
รูปที่ 3.12 โครงสร้างเครื่องวัดแบบเทอร์มอคัปเปิล

หลักการทำงานของเครื่องวัดชนิดนี้จะอาศัยความร้อนที่เกิดจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดความร้อนที่มีค่าความต้านทานภายใน ความร้อนที่ได้มีค่าเท่ากับ I2R แล้วส่งมายังเทอร์มอคัปเปิลจะเป็นตัวส่งสัญญาณที่เป็นแรงดันไฟฟ้าไปยังขดลวดเคลื่อนที่ทำให้เข็มชี้เกิดบ่ายเบนไป

3.4.2 การนำไปใช้งาน

จากคุณลักษณะของเทอร์มอคัปเปิล สามารถนำมาทำเป็นเครื่องวัดไฟฟ้าได้ดังนี้

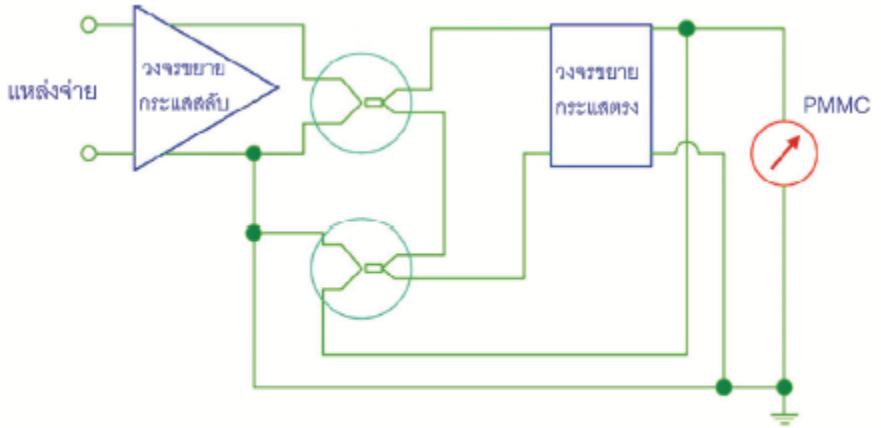
1. การนำไปใช้เป็นแอมมิเตอร์ ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ตัวอย่างเครื่องวัดกระแสไฟฟ้าแบบเทอร์มอคัปเปิล

จากรูปที่ 3.13 เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดความร้อนส่งความร้อน เทอร์–มอคัปเปิล จะส่งสัญญาณเป็นแรงดันไฟฟ้าไปยังขดลวดเคลื่อนที่ทำให้เข็มชี้บ่ายเบนไป ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่เทอร์มอคัปเปิลจะแปรผันตามค่าของ I2 ซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดความร้อน ค่าที่อ่านได้จากสเกลจึงเป็นค่าอาร์เอ็มเอส ค่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่สเกลของขดลวดเคลื่อนที่จะมีค่าสูงประมาณ 10 mAเนื่องจากใช้กระแสไฟฟ้ามากในการที่จะทำให้ขดลวดเกิดความร้อนได้

2. การนำไปใช้เป็นโวลต์มิเตอร์ ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ตัวอย่างโวลต์มิเตอร์แบบเทอร์มอคัปเปิล

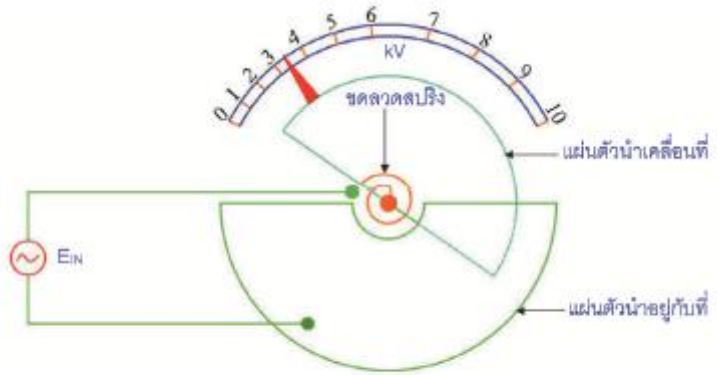
จากรูปที่ 3.14 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโวลต์มิเตอร์ ซึ่งมีเทอร์มอคัปเปิล 2 ตัว ตัวที่ 1 ทำหน้าที่วัดค่า อีกตัวหนึ่งทำหน้าที่ทำให้เกิดการสมดุลของวงจร เมื่อมีสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับไหลผ่านขดลวดความร้อน เทอร์มอคัปเปิลตัวที่หนึ่งจะแสดงค่าออกมาเป็นแรงดันไฟฟ้า ส่งสัญญาณไปยังวงจรขยายไฟฟ้ากระแสตรง ส่วนหนึ่งของวงจรขยายกระแสตรงจะส่งไปยังขดลวดความร้อนตัวที่สอง เทอร์มอคัปเปิลจะส่งสัญญาณเป็นแรงดันไฟฟ้าไปยังวงจรขยายกระแสตรง เมื่อค่าของแรงดันไฟฟ้าที่เข้าไปยังวงจรขยายกระแสตรงมีค่าเท่ากันพอดี สัญญาณที่ออกมาทางด้านขดลวดเคลื่อนที่จะมีค่าคงที่ สามารถอ่านค่าได้ทันที

3.5 เครื่องวัดไฟฟ้าแบบไฟฟ้าสถิต

เครื่องวัดไฟฟ้าแบบไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Instrument) แสดงโครงสร้างและหลักการทำงานดังนี้

3.5.1 โครงสร้าง

เครื่องวัดไฟฟ้าแบบไฟฟ้าสถิตมีโครงสร้างดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 โครงสร้างเครื่องวัดแบบไฟฟ้าสถิต

โครงสร้างของเครื่องวัดแบบไฟฟ้าสถิต ประกอบด้วย แผ่นตัวนำ 2 ชุด และสปริงชุดที่หนึ่งเป็นแผ่นตัวนำเคลื่อนที่ทำการติดตั้งบนแบริง (Bearing) และมีเข็มชี้ติดอยู่ สามารถหมุนได้ แผ่นตัวนำชุดที่สองเป็นแผ่นตัวนำอยู่กับที่และสปริงทำหน้าที่สำหรับทำให้เกิดแรงบิดต้าน

3.5.2 หลักการทำงาน

หลักการทำงานของเครื่องวัดแบบไฟฟ้าสถิตมีดังนี้ เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับเข้าที่อินพุตของแผ่นตัวนำทั้งสองชุด จะทำให้แผ่นตัวนำทั้งสองมีขั้วที่แตกต่างกันเป็นผลให้เกิดแรงบิดที่แผ่นตัวนำทั้งสองชุด ส่งผลให้แผ่นตัวนำเคลื่อนที่ไปเข็มชี้ที่ติดกับแผ่นตัวนำให้เกิดการบ่ายเบน เข็มชี้จะหยุดนิ่งเมื่อแรงบิดของแผ่นตัวนำเคลื่อนที่ และแผ่นตัวนำอยู่กับที่มีแรงบิดที่สปริงเกิดการสมดุลกัน