เครื่องวัดไฟฟ้าดาร์สันวาร์มิเตอร์

D'arsonval Meter of Electrical Measurement

สุรินทร์ พรหมชัย คอ.ม. (Surin Promchai, M.S.Tech.Ed)[1]

บทคัดย่อ

ดาร์สันวาร์มิเตอร์เป็นเครื่องวัดไฟฟ้าที่ใช้วัดไฟฟ้ากระแสตรงสามารถแบ่งออกได้สองแบบคือ แบบขดลวดเคลื่อนที่ และแบบอาร์เมเจอร์ห้อยแขวนแถบโลหะเทาท์แบนด์ แสดงผลการทำงานอยู่ในรูปของเข็มชี้ที่บ่ายเบน โดยอาศัยหลักการทำงานของการผลักกันระหว่างสนามแม่เหล็กถาวรและสนามแม่เหล็กไฟฟ้า การทำงานนั้นแม่เหล็กถาวรขั้วเหนือ (N) และขั้วใต้ (S) วางไว้ใกล้กัน ระหว่างกลางของขั้วแม่เหล็กทั้งสองมีขดลวดเคลื่อนที่พันอยู่บนแกน และสามารถหมุนเคลื่อนที่รอบตัวเองได้อย่างอิสระ ทิศทางการบ่ายเบนหรือการเคลื่อนที่สามารถหาได้จากกฎมือซ้ายของเฟรมมิ่ง (Fleming's Left Hand Rule) ที่ปลายของขดลวดเคลื่อนที่ออกมาภายนอกใช้เป็นจุดต่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องวัดไฟฟ้าแบบดาร์สันวาร์จะประกอบด้วย แม่เหล็กถาวรรูปทรงเกือกม้า เข็มชี้ ตำแหน่งปรับค่าศูนย์ สปริง ส่วนถ่วงน้ำหนัก ปลายขั้วเหล็กเกือกม้า ขดลวดเคลื่อนที่แกนและที่รองแกน และแถบโลหะเทาท์แบนด์ แรงบิดที่เกิดขึ้นขณะที่เครื่องวัดดาร์สันวาร์มิเตอร์ทำงานจะประกอบด้วยแรงบิด 3 แรงบิดคือ แรงบิดบ่ายเบน แรงบิดควบคุม และแรงบิดหน่วง โดยในแรงบิดหน่วงนั้นจะมีขนาด 3 ขนาดด้วยกันคือ คริติคอลแดมพ์ จะมีขนาดที่พอเหมาะทำให้เข็มชี้เคลื่อนที่ไปแล้วหยุดนิ่งอยู่กับที่ได้อย่างรวดเร็วโดยที่เข็มชี้ไม่แกว่งไปมา โอเวอร์แดมพ์ จะมีขนาดที่มากเกินไปทำให้เข็มชี้เคลื่อนที่ได้ช้าโดยที่เข็มชี้แกว่งไปมา และอันเดอร์แดมพ์ จะมีขนาดที่น้อยเกินไปทำให้เข็มชี้เคลื่อนที่ไปอย่างรวดเร็ว และเข็มชี้แกว่งไปมาไม่หยุดนิ่ง

ความผิดพลาดในการใช้งานของเครื่องวัดไฟฟ้าดาร์สันวาร์มิเตอร์ สามารถเกิดขึ้นได้จากสาเหตุหลายประการ เช่น การเสียดสี ความร้อนในตัวมิเตอร์ สนามแม่เหล็กภายนอก อุณหภูมิภายนอก เข็มชี้เคลื่อนจากศูนย์ปกติ ลักษณะการวางเครื่องวัด และที่สำคัญที่สุดคือผู้ใช้เครื่องวัด ดังนั้นการใช้มิเตอร์ด้วยความระมัดระวังหลีกเลี่ยงความผิดพลาด ย่อมทำให้การใช้งานเกิดความผิดพลาดน้อยลง และสามารถช่วยยืดอายุการใช้งานได้มากขึ้น

คำสำคัญ : เครื่องวัดไฟฟ้า, ดาร์สันวาร์, มิเตอร์

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิทยาลัยเทคนิคนราธิวาส มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

Abstract

D'arsonval Meter is a type of meter used to measure the direct current which can be divided in two ways. A moving coil and Armature Grey metal bar hanging out band. The work displayed in the form of a pointer to stray pushing through the permanent magnetic field and electromagnetic fields to work together. The work is displayed of a permanent magnet North Pole (N) and South Pole (S) which is placed closely to each other. In the middle both pole, there is Moving Coil move on the cores and can rotate freely around itself. Direction of movement can be found on the left hand rule of framing at the end of Moving Coil out to the outside of the voltage point and current.

Structure and components of D'arsonval Meter of Electrical Measurement is consisted of, Horseshoe Permanent Magnet, Pointer, Zero Position Control, Spring, Counter Weight, Pole Shoe, Moving Coil, Pivot or Shaft Jewel Bearing And Flat Metal Ribbon Taut Band Suspension. Torque occurred when the D'arsonval Meter of Measurement is working caused by 3 torques, Deflecting Torque, Controlling Torque, And Damping Torque.

Errors in usage can be caused by several reasons such as coefficient of friction heat in the meter, external magnetic field, and external temperature, pointer remove from original position, lying manner of the measurement and most importantly are the users of measurement. The users should use the meter carefully to avoid mistakes and less risk and can be of help to extend more working period.

Keywords : Electrical Measurement, D'arsonval , Meter

บทนำ

ปริมาณต่างๆที่เกิดขึ้นในทางไฟฟ้าไม่ว่าจะเป็นกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความต้านทานไฟฟ้า ความจุ ความเหนี่ยวนำ ความถี่ สนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า และปริมาณอื่นๆ นั้น ต้องมีการวัดค่าปริมาณต่างๆ เหล่านั้นออกมา การวัดค่าปริมาณดังกล่าวไม่สามารถใช้ประสาทสัมผัสไปวัดปริมาณได้โดยตรง เพราะบางปริมาณอาจก่อให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้ บางปริมาณประสาทสัมผัสไม่สามารถรับรู้ได้ ดังนั้นจึงต้องอาศัยเครื่องมือวัดช่วยในการแสดงปรากฏการณ์ทางกายภาพออกมา ด้วยการเปลี่ยนปริมาณต่างๆ เหล่านั้นให้เป็นปริมาณที่แสดงค่าออกมาในรูปปริมาณทางไฟฟ้า ในลักษณะรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป เช่นเปลี่ยนให้แสดงออกมาเป็นขนาดของมุมที่บ่ายเบนไป เปลี่ยนเป็นตัวเลขที่อ่านค่าได้ หรือในรูปลักษณะของสัญญาณหรือสัญลักษณ์ที่มองเห็นได้

ในปี ค.ศ.1820 ฮานส์ คริสเตียน เออร์สเตด (Hans Christian Oersted) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน ได้ค้นคว้าหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับสนามแม่เหล็กพบว่าเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำไฟฟ้าแล้วจะมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบลวดตัวนำ และในปีค.ศ.1881 แจ๊ค ดาร์สันวาร์ (Jacques d'Arsonval) เป็นนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสได้ทดลองนำหลักการนั้นมาประดิษฐ์เป็นกัลป์วาโนมิเตอร์แบบขดลวดเคลื่อนที่ (Moving Coil Galvanometer) และได้ถูกพัฒนาเป็นเครื่องมือพื้นฐานของเครื่องมือวัดไฟฟ้าในปัจจุบัน จึงเรียกส่วนเคลื่อนที่มิเตอร์แบบดาร์สันวาร์(d'Arsonval Meter Movement) และด้วยเหตุส่วนที่เคลื่อนที่ของมิเตอร์นี้หมุนอยู่ระหว่างสนามแม่เหล็กถาวร ดังนั้นจึงเรียกชื่ออีกอย่างหนึ่งว่าขดลวดเคลื่อนที่แม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet Moving Coil) (ศักรินทร์ โสนันทะ, 2545)

ดาร์สันวาร์มิเตอร์เป็นเครื่องวัดไฟฟ้าแบบพื้นฐานชนิดหนึ่งที่ถูกสร้างขึ้นมาใช้งานอย่างแพร่หลายทั่วไป เป็นเครื่องวัดไฟฟ้าชนิดใช้วัดไฟฟ้ากระแสตรงที่แบ่งออกได้สองประเภทคือ แบบขดลวดเคลื่อนที่ และแบบอาร์เมเจอร์ห้อยแขวนแถบโลหะเทาท์แบนด์ การทำงานของเครื่องวัดแสดงผลอยู่ในรูปของเข็มชี้ที่บ่ายเบน เรียกส่วนนี้ว่าส่วนที่เคลื่อนไหวของมิเตอร์ (Meter Movement) ซึ่งจะอาศัยอำนาจการผลักกันของสนามแม่เหล็กถาวรและสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ทำงานร่วมกัน โครงสร้างของมิเตอร์เบื้องต้นประกอบด้วยแม่เหล็กถาวรขั้วเหนือ (N) และขั้วใต้ (S) วางไว้ใกล้กัน ระหว่างกลางของขั้วแม่เหล็กทั้งสองมีขดลวดถูกพันบนแกนวางอยู่ต่อปลายขดลวดออกมาเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไป แกนขดลวดถูกวางบนเดือยแหลม ทำให้ขดลวดสามารถหมุนเคลื่อนที่รอบตัวเองได้อย่างอิสระ ถ้าจ่ายกระแสให้ไหลผ่านขดลวดส่งผลให้ขดลวดเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นมา ขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นอยู่กับการพันขดลวด โดยขดลวดถูกพันให้ได้ขั้วของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาเหมือนกับขั้วของแม่เหล็กถาวรที่วางอยู่ใกล้ๆ เป็นผลให้สนามแม่เหล็กทั้งสองเกิดการผลักกัน ทำให้ขดลวดหมุนไปจากตำแหน่งปกติ (พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์, 2550)

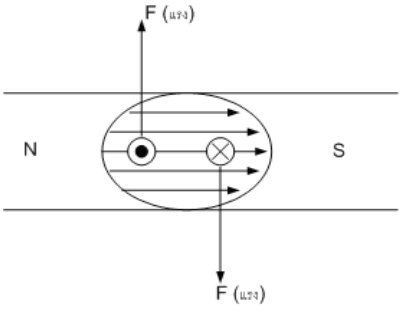
ดาร์สันวาร์มิเตอร์

ดาร์สันวาร์มิเตอร์ เป็นเครื่องวัดไฟฟ้าที่แบ่งออกได้สองแบบ คือ แบบขดลวดเคลื่อนที่และแบบอาร์เมเจอร์ชนิดห้อยแขวนเทาท์แบนด์สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ชนิดขดลวดเคลื่อนที่

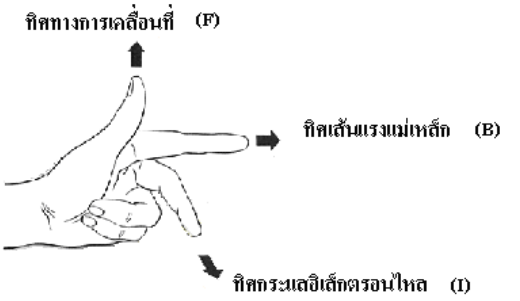
เครื่องวัดไฟฟ้าแบบขดลวดเคลื่อนที่เป็นเครื่องวัดที่ใช้วัดไฟกระแสตรง เมื่อมีไฟฟ้ากระแสตรงไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นทองแดงน้ำหนักเบา เข็มชี้ของมิเตอร์หรือ Pointer ที่บ่ายเบนไปได้อาศัยหลักการหมุนตัวของขดลวด Moving Coil ที่มีกระแสไฟไหลถูกวางเคลื่อนที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field) ของแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet) โดยอาศัยหลักการของสนามแม่เหล็กถาวรและสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามาทำงานร่วมกันในการผลักกันของสนามแม่เหล็กทั้งสองทำให้เกิดการบ่ายเบนไปของเข็มชี้มิเตอร์ เพื่อแสดงค่าของการวัดที่ต้องการออกมาได้ การเคลื่อนที่ของขดลวดหรือการบ่ายเบนไปของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าดังกล่าวจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอำนาจของแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้น

อำนาจของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าดังกล่าวนั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณของกระแสไฟฟ้ามากน้อยที่ไหลผ่านเข้าไปในขดลวด การหาแรงที่เกิดขึ้นบนขดลวดนั้นอาศัยกฎมือซ้ายของเฟรมมิ่ง



รูปที่ 1 แรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำ
ที่มา: ปราโมทย์ ฤกษ์มงคล, 2550

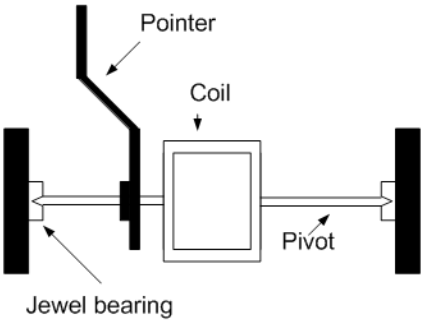
กฎมือซ้ายของเฟรมมิ่ง ซึ่งได้กล่าวไว้ว่า กางนิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลาง ของมือซ้ายออก โดยให้นิ้วทั้งสามตั้งฉากซึ่งกันและกัน นิ้วหัวแม่มือจะชี้ไปในทิศทางการเคลื่อนที่ของแรง (F) นิ้วชี้จะชี้ไปในทิศทางการเคลื่อนที่ของเส้นแรงแม่เหล็ก (B) นิ้วกลางจะชี้ไปในทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสอิเล็กตรอนไหล (I) (ปราโมทย์ ฤกษ์มงคล, 2550)



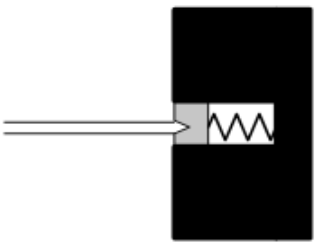
รูปที่ 2 กฎมือซ้ายของเฟรมมิ่ง
ที่มา : อาภรณ์ เก่งผล และโอชานุ นิชิโนะ, 2527

การทำงานของดาร์สันวาร์มิเตอร์ชนิดขดลวดเคลื่อนที่ ต้องจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วให้กับมิเตอร์ให้ถูกต้องตามขั้วที่กำหนดไว้เท่านั้น โดยทั่วไปประกอบด้วยแม่เหล็กถาวรรูปเกือกม้าขั้วเหนือและขั้วใต้วางไว้ใกล้กัน ระหว่างกลางของขั้วแม่เหล็กทั้งสองมีขดลวดเคลื่อนที่พันอยู่บนแกนปลายแหลมที่วางอยู่บนที่รองรับแกนแบบตัว V ที่ทำด้วยแซฟไฟร์หรือแก้ว (Sapphire or Glass) บางครั้งที่รองรับแกนตัว V จะมีสปริงรองรับอยู่

ด้านหลังด้วย แกนของขดลวดจะต้องมีปลายแหลมมากๆ จะได้มีจุดสัมผัสน้อยที่สุดเพื่อลดแรงเสียดทานกับตัว V (ศักรินทร์ โสนันทะ, 2545)

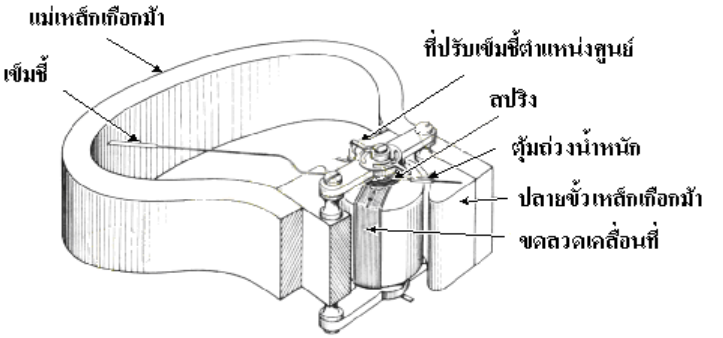


รูปที่ 3 ที่รองรับแกนแบบตัว V
ที่มา : ศักรินทร์ โสนันทะ, 2545



รูปที่ 4 ที่รองรับแกนแบบมีสปริงรองรับด้านหลัง
ที่มา : ศักรินทร์ โสนันทะ, 2545

และขดลวดสปริงขดเป็นวงกลมวนออกมาหลายวงซ้อนกันคล้ายก้นหอยมีความต้านทานต่ำทำด้วยฟอร์ทเฟอร์บรอนซ์ (Phosphor Bronze) ทำหน้าที่เป็นตัวบังคับการเคลื่อนที่ของขดลวดเคลื่อนที่และเข็มชี้ให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง ปลายของขดลวดเคลื่อนที่ใช้เป็นจุดต่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า ทำให้ขดลวดสามารถหมุนเคลื่อนที่รอบตัวเองได้ เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านขดลวดจะส่งผลให้ขดลวดเคลื่อนที่เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นมา ขั้วของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีขั้วเหมือนกับขั้วแม่เหล็กถาวรคือด้านซ้ายมือขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นขั้วเหนือ ด้านขวามือขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นขั้วใต้ เกิดการผลักดันกันของสนามแม่เหล็กทั้งสองทำให้อามาร์เจอร์บ่ายเบนไป การบ่ายเบนของอาร์มาร์เจอร์ขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสที่ไหลเข้ามา ถ้าจ่ายกระแสเข้ามาน้อย สนามแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดน้อยอำนาจการผลักดันน้อย เกิดการบ่ายเบนน้อย ถ้าจ่ายกระแสเข้ามามาก สนามแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดมาก อำนาจการผลักดันมาก เกิดการบ่ายเบนมาก (พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์, 2550)



รูปที่ 5 โครงสร้างดาร์สันวาร์มิเตอร์ชนิดขดลวดเคลื่อนที่
ที่มา : พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์, 2550

1.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของดาร์สันวาร์มิเตอร์ชนิดขดลวดเคลื่อนที่

1. แม่เหล็กถาวรรูปเกือกม้า (Horseshoe Magnet) เป็นแม่เหล็กถาวรที่มีความเข้มของสนามแม่เหล็กสูงอยู่ที่ปลายทั้งสองของเกือกม้า มีเส้นแรงแม่เหล็กที่เคลื่อนที่จากขั้วเหนือไปขั้วใต้

2. เข็มชี้ เป็นเข็มชี้ของมิเตอร์ที่ชี้ค่าที่วัดได้บนสเกลหน้าปัดจะทำหน้าที่แสดงค่าการวัดปริมาณไฟฟ้าออกมา

3. ตำแหน่งปรับค่าศูนย์ (Zero Position Control) เป็นตำแหน่งปรับหมุนซ้าย-ขวาได้ โดยหมุนที่สกรูหน้าปัดมิเตอร์ ปรับเพื่อเลื่อนตำแหน่งเข็มชี้ให้บ่ายเบนไปทางด้านซ้ายมือหรือทางด้านขวามือ ทำให้เข็มชี้ชี้ไปยังที่ตำแหน่งเลขศูนย์ซึ่งจะช่วยทำให้มิเตอร์วัดค่าออกมาได้ถูกต้อง

4. สปริง (Spring) เป็นขดลวดสปริงขดเป็นวงกลมวนออกมาหลายวงซ้อนกันคล้ายก้นหอย มีความต้านทานต่ำทำด้วยฟอร์ทเฟอร์บรอนซ์ (Phosphor Bronze) ทำหน้าที่เป็นตัวบังคับการเคลื่อนที่ของขดลวดเคลื่อนที่และเข็มชี้ให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง สปริงจะถูกยึดติด 2 ตำแหน่งทั้งบนและล่าง ร่วมกับขดลวดเคลื่อนที่และเดือยแหลม

5. ส่วนถ่วงน้ำหนัก (Counter Weight) เป็นตุ้มน้ำหนักมี 3 ด้านหากรวมกับเข็มชี้เป็น 4 ด้าน เพื่อถ่วงน้ำหนักเข็มชี้ให้เกิดความสมดุลของน้ำหนักที่ตกบนขดลวดเคลื่อนที่

6. ปลายขั้วเหล็กเกือกม้า (Pole Shoe) เป็นเหล็กต่อเชื่อมกับตอนปลายแม่เหล็กเกือกม้าเพื่อส่งสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวรให้เข้าใกล้ขดลวดเคลื่อนที่ และบังคับทิศทางของนามแม่เหล็กให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ

7. ขดลวดเคลื่อนที่ (Moving Coil) เป็นขดลวดที่ถูกพันอยู่บนกรอบอะลูมิเนียมสี่เหลี่ยมยึดติดร่วมกับเดือยแหลม สปริงและเข็มชี้ เป็นส่วนเคลื่อนที่ของมิเตอร์ ซึ่งจะถูกเรียกว่าอาร์มาเจอร์ (Armature)

8. แกนและที่รองแกน (Pivot and Bearing) เป็นส่วนตอนปลายของขดลวดเคลื่อนที่ ทำหน้าที่เป็นส่วนรองรับ จุดหมุนของขดลวดเคลื่อนที่ ทำให้ขดลวดเคลื่อนที่สามารถบ่ายเบนไปได้อย่างอิสระ

1.2 ข้อดีของดาร์สันวาร์มิเตอร์ ชนิดขดลวดเคลื่อนที่

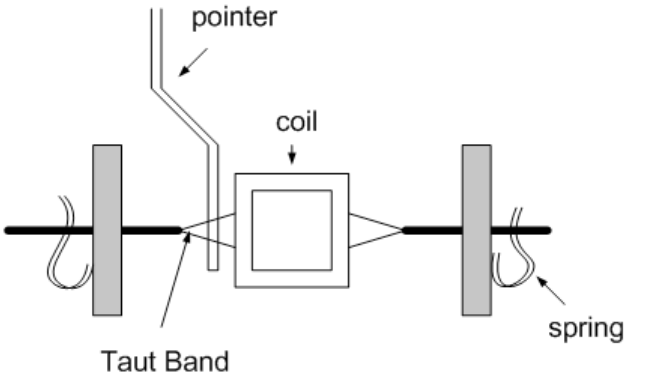
1. สูญเสียกำลังไฟฟ้าขณะทำการวัดน้อย
2. ไม่มีการสูญเสียพลังงานแม่เหล็ก
3. มีอัตราส่วนแรงบิดต่อน้ำหนักสูง
4. สเกลหน้าปัดมีขนาดเท่ากันสม่ำเสมอ
5. กระแสไหลวนในมิเตอร์ส่งผลให้แรงบิดเพิ่มขึ้น
6. ความเข้มของสนามแม่เหล็กสูงมากจนสนามแม่เหล็กภายนอกไม่มีผลต่อการทำงาน
7. สามารถเพิ่มย่านการวัดได้โดยการดัดแปลงอุปกรณ์เล็กน้อย เมื่อนำไปทำเป็นโวลท์มิเตอร์หรือแอมมิเตอร์ (พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์, 2550)

1.3 ข้อเสียของดาร์สันวาร์มิเตอร์ ชนิดขดลวดเคลื่อนที่

1. การกระทบกระเทือนมากๆไม่ได้ เพราะอาจทำให้เกิดการงอของเดือยและการแตกหักของรองเดือยได้ ส่งผลให้มิเตอร์ชำรุดเสียหาย
2. อาจเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นได้จากอายุการใช้งานของมิเตอร์ ทำให้สปริงก้นหอยและแม่เหล็กถาวรเสื่อมลง
3. เนื่องจากโครงสร้างที่บอบบาง จึงต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์มาประกอบร่วมในมิเตอร์ชนิดมีประสิทธิภาพสูง (พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์, 2550)

2. ชนิดอาร์เมเจอร์ห้อยแขวนเทาท์แบนด์

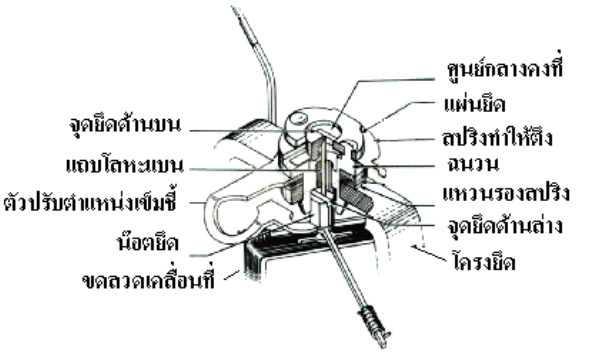
ดาร์สันวาร์มิเตอร์ชนิดอาร์เมเจอร์ห้อยแขวน (Suspension Type) หรือชนิดห้อยแขวนเทาท์แบนด์ (Taut Band Suspension) เป็นมิเตอร์ชนิดเข็มชี้ที่พัฒนาให้มีความทันสมัยและทนทาน แข็งแรงยิ่งขึ้น เพราะในส่วนอาร์เมเจอร์ของดาร์สันวาร์มิเตอร์ชนิดเดือยและรองเดือยนั้นมีความบอบบางเมื่อถูกกระทบกระเทือนแรงๆ สามารถชำรุดเสียหายได้ง่าย เช่น ถูกกระแทก หรือตกหล่น มีผลต่อส่วนเดือยและที่รองเดือยเกิดการคดงอ แตกหัก ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนวัดปริมาณไฟฟ้าออกมาผิดพลาด ดังนั้นมิเตอร์ชนิดห้อยแขวนแบบนี้ ได้เปลี่ยนส่วนของเดือยและรองเดือยมาเป็นแถบโลหะแทน ช่วยในการยึดส่วนของอาร์เมเจอร์ ทำให้เกิดการยืดหยุ่นในส่วนอาร์เมเจอร์มากยิ่งขึ้น และสามารถรองรับแรงกระทบกระแทกได้ดีขึ้น



รูปที่ 6 ที่รองรับแกนแบบห้อยแขวนเทาท์แบนด์ (Taut Band Suspension)
ที่มา : ศักรินทร์ โสนันทะ, 2545

ที่รองรับแกนแบบห้อยแขวนเทาท์แบนด์ (Taut Band Suspension) ที่รองรับแกนแบบนี้จะลดการเสียดสีลงกว่าแบบแรกเพราะจะมีแถบโลหะแบน (Flat Metal Ribbon) จำนวน 2 อัน ทำด้วยฟอสเฟอร์บรอนซ์ (Phosphor Bronze) หรือพลาตินัมอัลลอย (Platinum Alloy) เพื่อลดความเครียด (Tension) จากสปริงที่รองรับขดลวดเคลื่อนที่ โดยแถบโลหะแบบนี้จะทำให้เกิดแรงควบคุม (Controlling Force) เพื่อต่อต้านแรงเบี่ยงเบน (Deflection Force) กระแสไฟฟ้าจะจ่ายผ่านแถบโลหะแบนให้ขดลวดเคลื่อนที่ เครื่องมือวัดไฟฟ้าที่ใช้ที่รองรับแกนแบบห้อยแขวนเทาท์แบนด์จะทำให้มีความเสียดทานต่ำ (Friction) จึงมีความไว (Sensitivity) มากกว่าแบบใช้ที่รองรับแกนแบบตัว V โดยแบบห้อยแขวนเทาท์แบนด์จะมีความไวกระแสไฟฟ้า 2 แต่แบบใช้ที่รองรับแกนแบบตัว V นั้นจะมีความไวกระแสไฟฟ้า 25 ซึ่งช้ากว่ามาก (ศักรินทร์ โสนันทะ, 2545)

การทำงานของมิเตอร์ชนิดห้อยแขวนมีลักษณะการทำงานคือ เมื่อมีกระแสไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายเข้ามาที่ขดลวดเคลื่อนที่ ทำให้ขดลวดเคลื่อนที่เกิดอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น จะเกิดมีขั้วแม่เหล็กเหมือนกับขั้วแม่เหล็กถาวรที่วางอยู่ใกล้ๆ ทำให้เกิดแรงผลักดันซึ่งกันและกัน ขดลวดเคลื่อนที่และเข็มชี้จะบ่ายเบนไป ขณะที่ขดลวดเคลื่อนที่บ่ายเบนไปแถบโลหะจะเกิดการบิดตัวไปด้วย ตามการบ่ายเบนของขดลวดเคลื่อนที่ ถ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าให้น้อยขดลวดเคลื่อนที่บ่ายเบนไปน้อยแถบโลหะบิดตัวไปน้อยถ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าให้มากขดลวดเคลื่อนที่บ่ายเบนไปมากแถบโลหะก็จะบิดตัวไปมาก หากงดจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้ขดลวดเคลื่อนที่ ขดลวดเคลื่อนที่จะหมดอำนาจแม่เหล็ก การผลักดันกันระหว่างสนามแม่เหล็กถาวรกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะไม่มี แถบโลหะจะเกิดการบิดตัวกลับเข้าสู่สภาพที่ปกติ ขดลวดเคลื่อนที่และเข็มชี้จะเคลื่อนกลับเข้าสู่ตำแหน่งปกติเหมือนเดิม (พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์, 2550)



รูปที่ 7 โครงสร้างของดาร์สันวาร์มิเตอร์อาร์เมเจอร์ชนิดห้อยแขวนเทาท์แบนด์
ที่มา: พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์, 2550

2.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของดาร์สันวาร์มิเตอร์อาร์เมเจอร์ชนิดห้อยแขวนเทาท์แบนด์

1. โครงสร้างและส่วนประกอบต่างๆ คล้ายกับมิเตอร์ชนิดเดือยและรองเดือย คือ มีแม่เหล็กถาวร มีขดลวดเคลื่อนที่ มีแกนเหล็กทรงกระบอก มีเข็มชี้ เช่นเดียวกัน แต่ที่แตกต่างกันคือ ไม่มีสปริงไม่มีเดือยและรองเดือยแต่จะใช้แถบโลหะและแหวนสปริงยึดอาร์เมเจอร์แทน

2. แถบโลหะเป็นส่วนยึดให้อาร์เมเจอร์ลอยอยู่ในสนามแม่เหล็กถาวร โดยใช้แบน (Ribbon) ยึดส่วนบนล่างของอาร์เมเจอร์

3. ท่อทรงกระบอกเป็นตัวช่วยบังคับการสั่นคลอนของส่วนอาร์เมเจอร์ พร้อมกับช่วยรองรับการสั่นสะเทือนแรงๆ เช่น การตกหล่นหรือถูกกระทบกระแทกแรงๆ เป็นการช่วยป้องกันการชำรุดเสียหายของส่วนอาร์เมเจอร์ได้

2.2 ข้อดีของดาร์สันวาร์มิเตอร์อาร์เมเจอร์ชนิดห้อยแขวนเทาท์แบนด์

1. ไม่เกิดแรงเสียดทานเหมือนแบบเดือยและรองเดือย
2. มีความทนทานมากขึ้นต่อการกระทบกระเทือนแรงๆ
3. นำไปสร้างใช้งานได้ดีกับเครื่องมือวัดชนิดความเที่ยงตรงสูง
4. ใช้วัดค่าได้ดีในที่มีการสั่นสะเทือนโดยเกิดความผิดพลาดต่ำ
5. นำใช้สร้างเป็นเครื่องมือวัดชนิดพกติดตัวได้
6. นำไปใช้งานร่วมกับเครื่องมือวัดชนิดอื่นๆได้ (พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์, 2550)

2.3 ข้อเสียของดาร์สันวาร์มิเตอร์อาร์เมเจอร์ชนิดห้อยแขวนเทาท์แบนด์

1. ไม่สามารถสร้างได้กับมิเตอร์ชนิดอาร์มาเจอร์มีน้ำหนักมากๆ
2. โครงสร้างมีความสลับซับซ้อนมากกว่าแบบเดือยและรองเดือย
3. ต้นทุนการผลิตสูงทำให้มีราคาแพงมากกว่าแบบเดือยและรองเดือย (พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์, 2550)

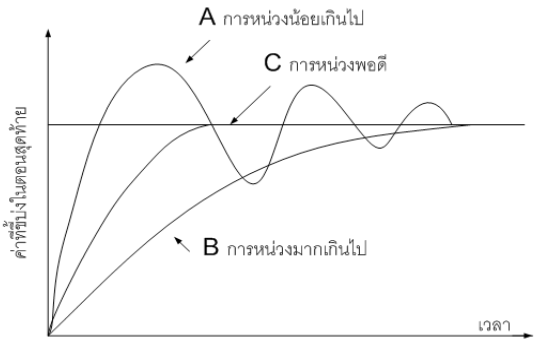
3. แรงบิด (Torqe)

แรงบิดที่เกิดขึ้นขณะที่เครื่องวัดดาร์สันวาร์มิเตอร์ทำงานจะประกอบด้วยแรงบิด 3 แรงบิดคือ แรงบิดบ่ายเบน (Deflecting Torque, TD) แรงบิดควบคุม (Controlling Torque, TC) และแรงบิดหน่วง (Damping Torque, TD) ซึ่งในแรงบิดหน่วงนั้นจะมีขนาด 3 ขนาดด้วยกันคือ

1. คริติคอลแดมพ์ (Critical Damp) จะมีขนาดที่พอเหมาะทำให้เข็มชี้เคลื่อนที่ไปแล้วหยุดนิ่งอยู่กับที่ได้อย่างรสดเร็วโดยที่เข็มชี้ไม่แกว่งไปมา

2. โอเวอร์แดมพ์ (Over Damp) จะมีขนาดที่มากเกินไปทำให้เข็มชี้เคลื่อนที่ได้ช้าโดยที่เข็มชี้แกว่งไปมา

3. อันเดอร์แดมพ์ (Under Damp) จะมีขนาดที่น้อยเกินไปทำให้เข็มชี้เคลื่อนที่ไปอย่างรวดเร็ว และเข็มชี้แกว่งไปมาไม่หยุดนิ่ง (ปราโมทย์ ฤกษ์มงคล, 2550)



รูปที่ 8 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีแรงบิดขนาดต่างๆ
ที่มา : ปราโมทย์ ฤกษ์มงคล, 2550

ดังที่กล่าวมาแล้วดาร์สันวาร์กัลวาร์มิเตอร์ (D'Arsonval galvanometer) เป็นอุปกรณ์พื้นฐานในการตรวจรับและวัดกระแสไฟตรง ถูกออกแบบโดยได้รวมขดลวดเข้าไว้ด้วยกันในลักษณะที่ขดลวดถูกรองรับให้หมุนได้ในสนามแม่เหล็กถาวรโดยมีสปริงรูปก้นหอยยึดติดอยู่ เมื่อกระแสไฟฟ้า (i) ไหลเข้าไปในขดลวด ขดลวดจะหมุนอยู่ในสนามแม่เหล็กจนกระทั่งถูกกระทำให้หยุดโดยสปริงก้นหอย เมื่อกระแสไหลเข้าไปในขดลวดจะเกิดทอร์ก T_1 ขึ้นโดย

$$T_1 = NBLDi$$

เมื่อ N คือ จำนวนรอบของขดลวด
B คือ ความหนาแน่นของฟลักซ์ของสนามแม่เหล็ก
L คือ ความยาวของสนามแม่เหล็ก
D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของขดลวด
i คือ กระแสไฟฟ้า

ในขณะเดียวกันก็เกิดทอร์ก T_2 ขึ้นเนื่องจากสปริง โดย

$$T_2 = k\theta$$

เมื่อ θ คือ มุมของการหมุนของขดลวด

k คือ ค่าคงตัวของสปริง

เมื่อตัวขึ้นอยู่ในภาวะสมดุล $T_1 - T_2 = 0$ จะได้

$$\theta = \frac{NBlD}{k} i = Si$$

เมื่อ S คือ ความไวหรือค่าคงตัวปรับเทียบ (Calibration constant) เท่ากับ $\frac{NBlD}{k}$ ดังนั้นความไวสามารถเปลี่ยนโดยการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ N,B,L,D หรือ k (สมนึก บุญพาไสว, 2550)

4. ความผิดพลาดในการวัด

ความผิดพลาดในการใช้งานสามารถเกิดขึ้นได้จากสาเหตุหลายประการ ดังนั้นการใช้ด้วยความระมัดระวังและหลีกเลี่ยงความผิดพลาดต่างๆ แล้วย่อมทำให้เกิดความผิดพลาดที่น้อยลง ชนิดของความผิดพลาดจากการวัดมี 3 ชนิดคือ

1. ความผิดพลาดโดยตัวผู้วัด (Human Errors or Gross Errors) เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์ เช่น อ่านค่าไม่ถูกต้อง บันทึกค่าไม่ถูกต้องและคำนวณผลการวัดไม่ถูกต้อง

2. ความผิดพลาดของระบบ (Systematic Errors) จะแบ่งออกเป็น 3 อย่างคือ

ความผิดพลาดของเครื่องมือวัด (Instrumental Errors) โดยจะเป็นความผิดพลาดที่มีอยู่ในเครื่องวัดที่เกิดจากโครงสร้างและระบบกลไก เนื่องจากขาดการบำรุงรักษา อายุการใช้งานและการใช้เครื่องมือวัดไม่ถูกต้องดังนี้

- ความฝืดของแกนขกลวดกับที่รองรับ
- ความผิดพลาดจากสปริงก้นหอยเช่น การตึงตัว การยืดตัวของสปริงก้นหอย
- การปรับแต่งผิดพลาดทำให้เข็มชี้ไม่ตรงตำแหน่งศูนย์

ความผิดพลาดจากสิ่งแวดล้อม (Environmental Errors) สิ่งแวดล้อมจะเป็นตัวแปรอิทธิพลซึ่งความผิดพลาดที่ได้รับจากอิทธิพลสิ่งแวดล้อมทางกายภาพภายนอกของเครื่องวัด เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความสั่นสะเทือน ความกดดันของอากาศ การเปลี่ยนแปลงความถี่และแรงดันไฟฟ้า สนามแม่เหล็กไฟฟ้า สนามไฟฟ้าสถิต ซึ่งตัวแปรนี้จะมีผลต่อค่าที่วัดโดยตรง

ความผิดพลาดจากการอ่าน (Observational Errors) เป็นความผิดพลาดโดยผู้ใช้เครื่องวัดที่อ่านค่าสเกลไม่ถูกต้องคือมองเข็มชี้ไม่ตั้งฉากกับสเกลแก้ไขโดยการติดกระจกไว้กับสเกล ความผิดพลาดนี้เรียกอีกอย่างว่า Parallax Errors)

3. ความผิดพลาดแบบแรนดอม (Random Errors) หรือความผิดพลาดตกค้างเป็นความผิดพลาดที่ไม่แน่นอนว่ามีสาเหตุมาจากอะไร ความผิดพลาดนี้มักเกิดขึ้นเสมอ เช่น การวัดแรงดันไฟฟ้าซ้ำ ๆ กันด้วยการอ่านค่าทุกครึ่งชั่วโมงถึงแม้ว่าเครื่องมือวัดนี้จะถูกออกแบบมาใช้งานในสภาพแวดล้อมที่ดีและได้รับการแต่งให้มีความเที่ยงตรงก่อนการใช้งานก็ตามจะพบว่าค่าที่อ่านได้จะมีการเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย เมื่ออ่านค่าที่วัดได้แตกต่างกัน ค่าที่อ่านได้เหล่านี้จะนำมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาค่าที่วัดได้ต่อไป (ศักรินทร์ โสนันทะ, 2545)

5. สาเหตุความผิดพลาด

ความผิดพลาดโดยทั่วไปที่เกิดนั้นพอสรุปได้ดังนี้ (ศักรินทร์ โสนันทะ, 2545)

1. สนามแม่เหล็ก เช่นใช้เครื่องมือวัดใกล้กับสายไฟฟ้าแรงสูงหรือที่มีกระแสไฟฟ้าไหลมากๆ หรือใกล้กับสนามแม่เหล็กแรง ๆ จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำให้กับขดลวดเคลื่อนที่

2. อุณหภูมิสูงบริเวณรอบๆเครื่องมือวัดสูงเกินไปการวัดจะขาดความแม่นยำ

3. ความร้อนในตัวเครื่องวัด เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเครื่องมือวัดในขณะใช้วัดในระยะแรกๆ อุณหภูมิของอุปกรณ์ต่างๆ ในเครื่องวัดจะเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าวัดได้อาจไม่ถูกต้อง ในการวัดจะต้องรอให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

4. เข็มชี้เคลื่อนที่ไปจากศูนย์ กรณีที่เครื่องวัดไม่ได้ใช้งานเข็มชี้จะต้องชี้ที่ศูนย์ แต่ถ้าใช้งานนานๆ สปริงควบคุมอาจเกิดการล้าขึ้นได้ทำให้เข็มชี้เคลื่อนที่ไปจากศูนย์การใช้งานทุกครั้ง จึงต้องปรับเข็มชี้ให้ตรงกับศูนย์เสมอ

5. การเสียดสีหรือความฝืดจะเกิดขึ้นระหว่างแกนของขดลวดที่รองรับแกนจะมีผลให้ค่าที่วัดคลาดเคลื่อนได้

6. การเสื่อมอายุของอุปกรณ์ของเครื่องมือวัดเมื่อใช้งานไปนานๆ จะเกิดการเสื่อมอายุตามเวลาและสภาพการใช้งานจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการวัดได้

7. ลักษณะการใช้งานของเครื่องมือวัด เช่น การวางตั้งฉาก การวางเอียง 45 องศา หรือการวางราบเป็นต้น

8. ตัวผู้วัดเอง การอ่านค่า การใช้งานเครื่องมือวัด จะต้องมีความระมัดระวังละความชำนาญจะมีส่วนทำให้วัดค่าไม่มีความผิดพลาดได้

9. การเปลี่ยนแปลงความถี่และแรงดันไฟฟ้าขณะทำการวัด

สรุป

ดาร์สันวาร์มิเตอร์ เป็นเครื่องวัดไฟฟ้าแบ่งออกได้สองแบบคือ แบบขดลวดเคลื่อนที่และแบบอาร์เมเจอร์ชนิดห้อยแขวนเทาท์แบนด์ โครงสร้างและส่วนประกอบจะประกอบด้วย แม่เหล็กถาวรรูปทรงเกือกม้า เข็มชี้ ที่ปรับค่าศูนย์ สปริง ส่วนถ่วงน้ำหนัก ปลายขั้วเหล็กเกือกม้า ขดลวดเคลื่อนที่ แถบโลหะเทาท์แบนด์



แกนและที่รองแกน การทำงานอาศัยการผลักกันของสนามแม่เหล็กถาวรและสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามาทำงานร่วมกัน การแสดงผลอยู่ในรูปของเข็มชี้ที่บ่ายเบน ทิศทางการบ่ายเบนหรือการเคลื่อนที่ของเข็มชี้สามารถหาได้จากกฎมือซ้ายของเฟรมมิ่ง การบ่ายเบนของเข็มชี้จะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ แรงบิดที่เกิดขึ้นนั้นประกอบด้วย แรงบิดบ่ายเบน แรงบิดควบคุม และแรงบิดหน่วง

ข้อดีของเครื่องวัด สามารถขยายย่านวัดได้เมื่อทำเป็นโวลท์มิเตอร์หรือแอมป์มิเตอร์ มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียน้อย ข้อเสียอายุของสปริงและแม่เหล็กถาวรมีการเสื่อมสภาพทำให้ค่าที่วัดได้เกิดความคลาดเคลื่อนจากค่าที่เป็นจริง ส่วนความผิดพลาดในการใช้งานสามารถเกิดขึ้นได้จากการเสียดสี ความร้อนในตัวเครื่อง สนามแม่เหล็กและอุณหภูมิภายนอก เข็มชี้ที่เคลื่อนจากตำแหน่งศูนย์ปกติ ลักษณะการวางเครื่องวัดในขณะใช้งาน และที่สำคัญคือผู้ใช้เครื่องวัด

รายการอ้างอิง

พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. (2550). **เครื่องมือวัดไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.

ประยูร เชี่ยววัฒนา. (2535). **เครื่องมือวัดและการวัดทางไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี่ (ไทย-ญี่ปุ่น).

ปราโมช ฤกษ์มงคล. (2550). **เครื่องวัดไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ: บริษัทพัฒนาวิชาการ (2535) จำกัด .

ศักรินทร์ โสนันทะ. (2545). **เครื่องมือวัดและการวัดทางไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

สมนึก บุญพาไสว. (2550). **การวัดและเครื่องมือวัด.** กรุงเทพฯ: บริษัทสำนักพิมพ์ท้อป จำกัด.

อาภรณ์ เก่งผล และโอซานุ นิชิโนะ. (2527). **เครื่องวัดและการวัดทางไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ดวงกมล จำกัด.

เอก ไชยสวัสดิ์. (2534). **การวัดและเครื่องมือวัดไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริม เทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).