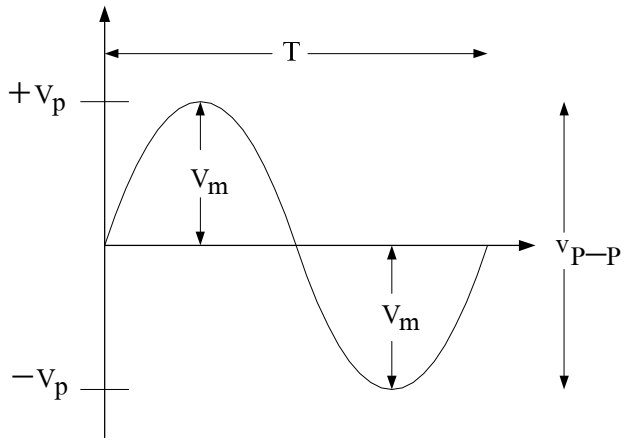
บทที่ 5
เอซีโวลต์มิเตอร์

สัญญาณกระแสสลับจะเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาด (Amplitude) ทิศทาง (Direction) และความถี่ (Frequency) ตามคาบเวลา (Time Period) จะมีหลายชนิด เช่น คลื่นไซน์ (Sine Wave) คลื่นสามเหลี่ยม (Triangle) คลื่นสี่เหลี่ยมหรือคลื่นสแควร์ (Square Wave) คลื่นพัลส์ (Pulse) และคลื่นสไปก์ (Spike) เป็นต้น

5.1 พื้นฐานกระแสสลับ (Fundamental of Alternating Current)

ระบบแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในชีวิตประจำวันนั้นจะเป็นคลื่นไซน์ ซึ่งเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current : AC) ที่ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาจึงทำให้ขั้วไฟฟ้าไม่แน่นอนแต่จะมีคาบเวลาและความถี่คงที่



ภาพที่ 5.1 รูปคลื่นไซน์

เมื่อ V_m คือค่าแรงดันสูงสุด (V)

T คือเวลา (วินาที)

V_{p-p} คือค่ายอดถึงยอด (Perk-to-perk) เป็นค่าแรงดันจากยอดบวกถึงยอดด้านลบ

เมื่อทำการหมุนขดลวดตัดกับสนามแม่เหล็กครบ 360° ทางกล แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจึงเป็นฟังก์ชันของมุมไซน์ (Function of Sine Angle) โดยจะขึ้นอยู่กับค่ามุมของขดลวดตัวนำตัดกับสนามแม่เหล็กแล้วทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าชั่วขณะที่ทำมุมไซน์ใดๆ แรงดันไฟฟ้า

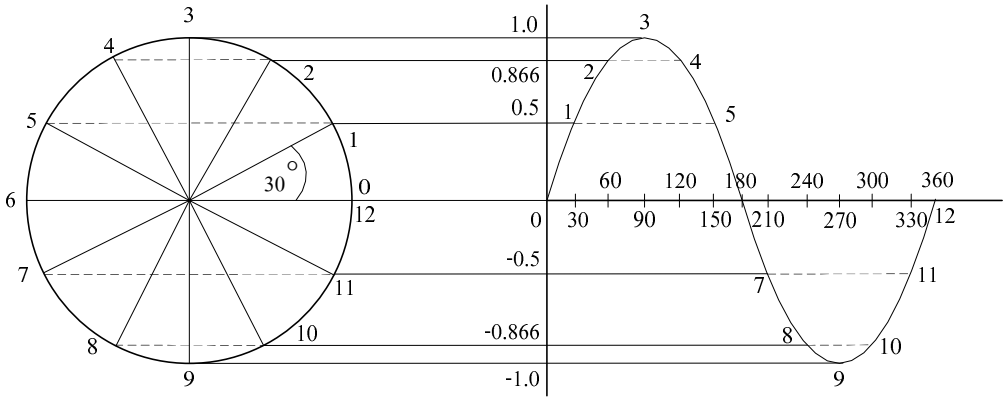
5.1.1 แรงดันไฟฟ้าชั่วขณะ (Instantaneous Voltage)

แรงดันไฟฟ้าชั่วขณะคือค่าของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับของรูปคลื่นไซน์ที่เกิดขึ้นในแต่ละมุมของการหมุนของขดลวดตัวนำตัดสนามแม่เหล็กในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$e = E_m \text{Sin}\theta$$

เมื่อ

e	คือแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะ (Instantaneous Voltage) (V)
E_m	คือแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Voltage) (V) หรือ (Peak Voltage)
θ	คือมุมใดของขดลวดตัวนำที่ตัดกับสนามแม่เหล็ก (องศา)



ภาพที่ 5.2 มุมการหมุนของลวดตัวนำตัดสนามแม่เหล็กในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ในทำนองเดียวกันจะเกิดกระแสไฟฟ้าชั่วขณะไหลในขดลวดตัวนำด้วยเช่นกันดังสมการ

$$i = I_m \text{Sin}\theta$$

เมื่อ

i คือกระแสไฟฟ้าชั่วขณะ (Instantaneous Current) แอมแปร์

I_m กระแสไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Current) แอมแปร์ หรือ (Peak Current)

5.1.2 ความถี่ (Frequency) และคาบเวลา (Period)

ความถี่ (Frequency : f) หมายถึง จำนวนรอบหรือจำนวนไซเกิลของการเกิดรูปคลื่นไซน์ต่อเวลา 1 วินาที โดยที่รูปคลื่นไซน์ 1 ไซเกิล/วินาที (Cycle/Second) จะมีความถี่เท่ากับ 1 เฮิรตซ์ (Hertz : H_z)

คาบเวลา (Time Period : T) หมายถึง ระยะเวลาที่เกิดรูปคลื่นไซน์ได้ 1 รอบหรือ 1 ไซเกิลซึ่งคาบเวลา T มีหน่วยเป็นวินาที (Second : S)

ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และคาบเวลาสามารถที่จะสรุปได้ดังนี้

$$f = \frac{1}{T}$$

$$T = \frac{1}{f}$$

เมื่อ

f คือความถี่ (H_z)

T คือคาบเวลา (second)

5.1.3 แรงดันไฟฟ้าจากยอดถึงยอด (Peak to Peak Voltage)

แรงดันไฟฟ้าจากยอดถึงยอด V_m, V_{p-p} คือค่าที่วัดจากยอดไซเกิลลบถึงยอดไซเกิลบวกของรูปคลื่นไซน์ ค่ายอดถึงยอดจะเท่ากับ 2 เท่าของแรงดันไฟฟ้าสูงสุด สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$V_{p-p} = 2V_p = 2V_m$$

เมื่อ

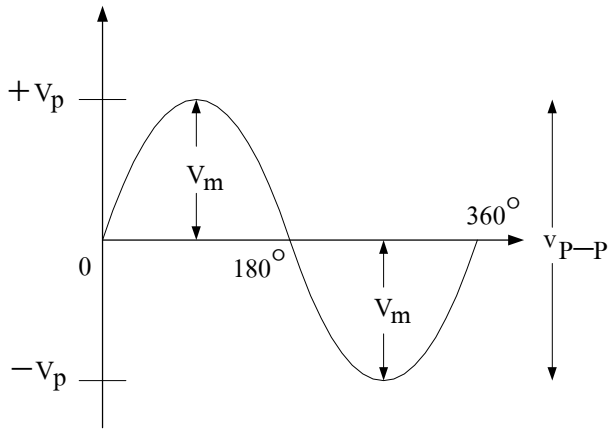
V_{p-p} คือแรงดันไฟฟ้าจากยอดถึงยอด

ถ้าพิจารณาที่กระแสก็จะสามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$I_{p-p} = 2I_p = 2I_m$$

เมื่อ

I_{p-p} คือกระแสไฟฟ้าจากยอดถึงยอด



ภาพที่ 5.3 ค่าแรงดันจากยอดถึงยอดหรือ Peak to peak Voltage

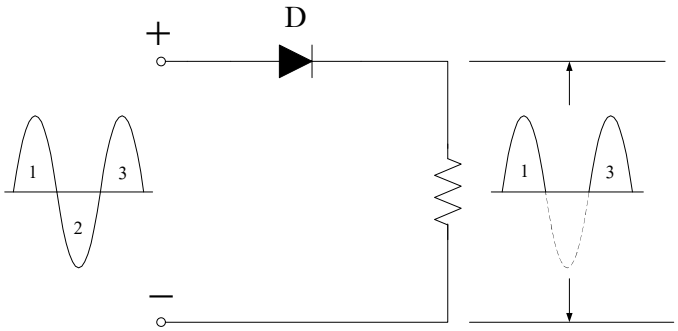
5.2 เอซีโวลต์มิเตอร์ (AC Voltmeter)

ขดลวดเคลื่อนที่แบบดาร์สันวัลจะใช้วัดเฉพาระแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น ถ้าต้องการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจะต้องทำการแปลงไฟฟ้าจากสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงก่อนนำไปป้อนให้ขดลวดเคลื่อนที่อีกทีหนึ่ง วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าในเอซีมิเตอร์สามารถที่จะแบ่งออกเป็น 2 วงจรคือ วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier : HWR) และวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Wave Rectifier : FWR) โดยแบบ FWR นั้นสามารถที่แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดบริดจ์ (Bridge Full Wave Rectifier) ในเอซีโวลต์มิเตอร์จะใช้ชนิดนี้ และวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าเต็มคลื่นชนิดเซ็นเตอร์แท็ป (Center-Tap Transformer Full Wave Rectifier) จะใช้หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าที่มีขั้วต่อกึ่งกลาง (Center-Tap) ที่ด้านขดลวดทุติยภูมิ

5.2.1 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier)

วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่นจะใช้ไดโอด (Diode) ทำหน้าที่เรียงกระแสไฟฟ้าเพื่อทำการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้าแสตรง การทำงานจะเริ่มจากการที่แรงดันกระแสไฟฟ้าสลับครึ่งไซเกิลบวกเข้ามาจะทำให้ไดโอด ได้รับแรงดันไบแอสตรง (Forward Bias Voltage) เกิดการนำกระแสไฟฟ้าของไดโอด

เมื่อแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับครึ่งไซเกิลลบเข้ามาทำให้ไดโอดได้รับไฟฟ้าไบแอสกลับ (Reverse Bias Voltage) จะไม่นำกระแสไฟฟ้าจึงเสมือนว่าไดโอดเป็นสวิตช์ปิด (Switch Off) แรงดันเอาต์พุตจึงเป็นศูนย์ ดังแสดงจากภาพที่ 5.4



ภาพที่ 5.4 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier)

สมการพื้นฐานของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$V_{rms} = 0.707 V_p$$

$$V_p = 1.414 V_{rms}$$

$$V_{av} = 0.636 V_p$$

เมื่อ

V_{rms} คือแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน (Effective Voltage)

V_p คือแรงดันไฟฟ้าสูงสุด

V_{av} คือแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย

จากกภาพที่ 5.4 ถ้าสมมติให้แรงดันไฟฟ้า V_{in} มีขนาด $10\,V_{rms}$ เมื่อพิจารณาสมการพื้นฐานของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจะได้ว่า

$$V_p = 1.414 \times 10 V_{rms} = 14.14 V_p$$

ทำให้อยู่ในรูปของค่าเฉลี่ยจะได้

$$V_{av} = 0.636 V_p$$

$$V_{av} = 0.636 \times 14.14$$

$$V_{av} = 9V$$

ค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้า 9V นี้จะเป็นค่าเฉลี่ยทั้งไซเกิล แต่ไดโอดให้แรงดันเฉพาะด้านบวกผ่านเท่านั้น ดังนั้นค่าเฉลี่ยเป็นของแรงดันไฟฟ้าจะเป็นครึ่งหนึ่งของ 9V คือ 4.5V จึงอาจกล่าว

ได้ว่าเมื่อใช้เครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าครึ่งคลื่น เครื่องวัดจะมีความไวประมาณ 45% ของเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรง สามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

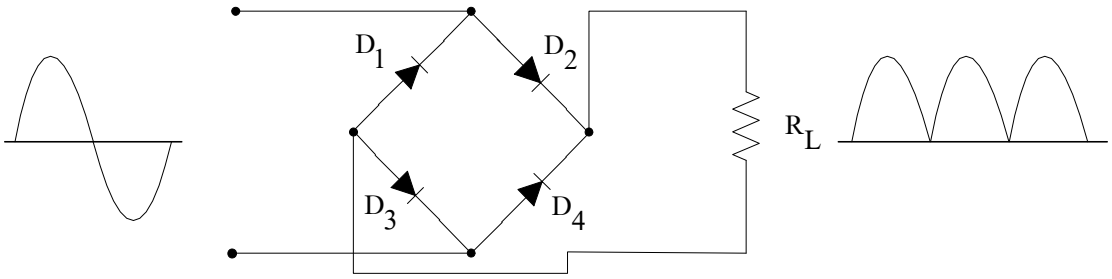
$$V_{dc} = V_{av} = \frac{V_p}{\pi} = 0.45V_{rms}$$

ในทำนองเดียวกันจะได้ค่าของกระแสไฟฟ้า

$$I_{dc} = I_{av} = \frac{I_p}{\pi} = 0.45I_{rms}$$

5.2.2 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าเต็มคลื่นชนิดบริดจ์ (Bridge Full Wave Rectifier)

วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าเต็มคลื่นจะใช้ไดโอดทั้งหมด 4 ตัวทำหน้าที่ในการเรียงกระแสไฟฟ้า การทำงานเมื่อแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับครึ่งไซเกิลบวกเข้ามาจะทำให้ D_2 และ D_4 ได้รับแรงดันไบแอสตรง เกิดการนำกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_L มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_L ครึ่งไซเกิลแรก ต่อมาแรงดันไฟฟ้าครึ่งไซเกิลลบเข้ามาจะทำให้ไดโอด D_1 และ D_3 ได้รับแรงดันไฟฟ้าไบแอสตรงเกิดการนำกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_L มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_L อีกครึ่งไซเกิลจะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_L เกิดจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับทั้งครึ่งไซเกิลบวกและลบ ดังภาพที่ 5.5



ภาพที่ 5.5 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบบริดจ์

เมื่อต่อวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบบริดจ์ตามภาพที่ 5.5 จะสามารถนำเอาครึ่งไซเกิลเป็นลบมาใช้ได้ ทำให้ความไวของเครื่องวัดเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า แรงดันไฟฟ้าของวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบบริดจ์จะมีค่าเป็น 2 เท่าของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าคลื่นสามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$V_{dc} = V_{av} = \frac{2V_p}{2}$$

$$V_{dc} = V_{av} = 0.636V_p = 0.90V_{rms}$$

จะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้า V_{dc} ของวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าเต็มคลื่นจะมีค่าเป็น 0.90 ของแรงดันไฟฟ้า V_{rms} หรือมีค่าเท่ากับ 90% ของแรงดันไฟฟ้า V_{rms} ในทำนองเดียวกันจะได้ค่ากระแสไฟฟ้า I_{dc} เท่ากับ

$$I_{dc} = I_{av} = \frac{2I_p}{\pi}$$

เมื่อนำโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบเรียงกระแสไฟฟ้าเต็มคลื่น แม้ว่าจะมีความไวสูงกว่าแบบเรียงกระแสไฟฟ้าครึ่งคลื่น แต่ก็ยังมีความไวต่ำกว่ามิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้นจึงได้รับผลกระทบอันเนื่องมาจากโหลดมากกว่าโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าเต็มคลื่นมีลักษณะข้อจำกัดดังนี้

1. การออกแบบสเกลของเครื่องวัดนี้มักถูกเปรียบเทียบกับไฟฟ้ากระแสสลับที่มีรูปคลื่นไซน์ เมื่อนำไปวัดกระแสไฟฟ้าสลับที่เกิดจากรูปคลื่นชนิดอื่นจึงอ่านค่าได้ไม่ตรงกับความเป็นจริง
2. มีค่าความถูกต้องไม่สูงนัก คือมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงประมาณ 3-5% ของค่าที่ทำให้เข็มเบี่ยงเบนเต็มสเกล
3. เนื่องจากอุปกรณ์เรียงกระแสไฟฟ้าใช้ไดโอด ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิรอบเครื่องวัดและความถี่ของสัญญาณที่ทำการวัดจึงมีผลต่อค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดด้วย

5.3 ชนิดของเอซีโวลต์ (Type of AC Voltage)

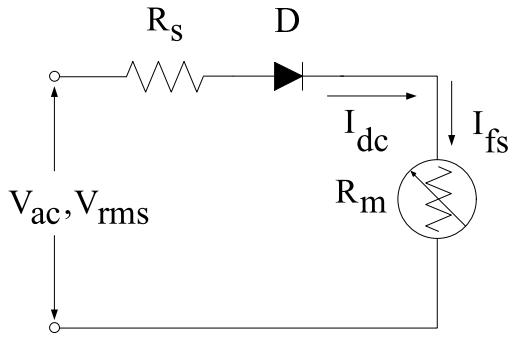
เอซีโวลต์มิเตอร์สามารถแบ่งตามวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าได้ 2 ประเภทคือ

1. เอซีโวลต์มิเตอร์แบบเรียงกระแสไฟฟ้าครึ่งคลื่น
2. เอซีโวลต์มิเตอร์แบบเรียงกระแสไฟฟ้าเต็มคลื่น

5.3.1 เอซีโวลต์มิเตอร์แบบเรียงกระแสไฟฟ้าครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier AC Voltage)

เอซีโวลต์มิเตอร์แบบเรียงกระแสไฟฟ้าครึ่งคลื่นนั้น จะใช้ไดโอด D มาทำการต่อในลักษณะอนุกรมกับชุดขดลวดดาร์สันวัล (PMMC) เพื่อทำการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับโดยจะให้เฉพาะช่วงบวกผ่านเท่านั้นดังภาพที่ 5.6

เมื่อทำการป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้กับวงจรดังภาพที่ 5.6 เมื่อช่วงบวกเข้ามาที่ไดโอด ไดโอดก็จะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะมีกระแสไฟฟ้า I_p ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ และไดโอดที่ใช้ก็จะเป็นไดโอดในเชิงอุดมคติ คือเมื่อไดโอดมีการนำกระแสความต้านทานภายในของไดโอดจะมีค่าเป็นศูนย์ดังนั้นสามารถที่เขียนเป็นสมการได้ว่า



ภาพที่ 5.6 วงจรพื้นฐานของเอซีโวลต์มิเตอร์แบบเรียงกระแสไฟฟ้าครึ่งคลื่น

$$V_p = I_p(R_s + R_m) = I_p R_s + I_p R_m$$

$$R_s = \frac{V_p - I_p R_m}{I_p} = \frac{V_p}{I_p} - R_m$$

เมื่อ $V_p = \sqrt{2}V_{rms}, I_p = \frac{I_{dc}}{0.381}, R_s = \frac{V_p}{I_p} - R_m$ เข้าไปในสมการจะได้ว่า

$$R_s = \frac{\sqrt{2V_{rms}}}{I_{dc}/0.318} - R_m = \frac{0.45V_{Vrms}}{I_{dc}} - R_m$$

$$R_s = \frac{0.45V_{rms}}{I_{dc}} - R_m = \frac{0.45V_{rms}}{I_{fs}} - R_m$$

ค่าความไวกระแสสลับ (S_{ac})

$$S_{ac} = 0.45\left(\frac{1}{I_{fs}}\right) = 0.45S_{dc}$$

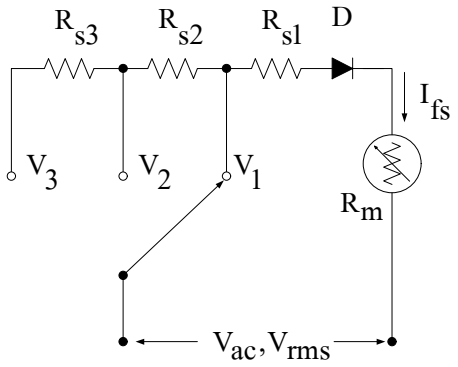
สมการที่ใช้หาค่า R_s

$$R_s = \frac{0.45V_{rms}}{I_{dc}} - R_m = \frac{0.45V_{rms}}{I_{fs}} - R_m$$

$$R_s = 0.45S_{dc} \times \text{Range} - R_m$$

$$R_s = S_{ac} \times \text{Range} - R_m$$

การขยายย่านวัดเอซีโวลต์มิเตอร์



ภาพที่ 5.7 การขยายย่านนัดของเอซีโวลต์มิเตอร์

ตัวอย่างที่ 5.1 จากภาพที่ 5.7 กำหนดให้ขดลวดเคลื่อนที่มี $I_{fs} = 50\mu A$ และค่า $R_m = 100\Omega$ ให้ขยายย่านวัดเป็นเอซีโวลต์มิเตอร์แบบเรียงกระแสไฟฟ้าครึ่งคลื่นเป็น 10V, 50V และ 100V จงคำนวณหา

ก) ความต่านทานอนุกรมและความต้านทานภายในของแต่ละย่าน

ข) ความไวกระแสสลับของมิเตอร์

ก) ความต้านทานอนุกรมและความต้านทานภายในของแต่ละย่าน

ย่านวัด $V_1 = 10V$

จากสมการ

$$R_s = \frac{0.45V_{rms}}{I_{fs}} - R_m$$

$$R_s = \frac{0.45 \times 10V}{50\mu A} - 100$$

$$R_s = 89.9K\Omega$$

$$R_{Range} = R_{10V} = S_{ac} \times Range = \frac{0.45 \times 10V}{50\mu A}$$

$$R_{Range} = 90K\Omega$$

ย่านวัด $V_2 = 50V$

$$R_{s2} = \frac{0.45 \times V_{rms}}{I_{fs}} - (R_m + R_{s1})$$

$$R_{s2} = \frac{0.45 \times 50V}{50\mu A} - (100\Omega + 89.9K\Omega)$$

$$R_{s2} = 360K\Omega$$

$$R_{Range} = R_{50V} = S_{ac} \times Range = \frac{0.45 \times 50V}{50\mu A}$$

$$R_{range} = 450K\Omega$$

ย่านวัด $V_3 = 100V$

$$R_{s3} = \frac{0.45 \times V_{rms}}{I_{fs}} - (R_m + R_{s1} + R_{s2})$$

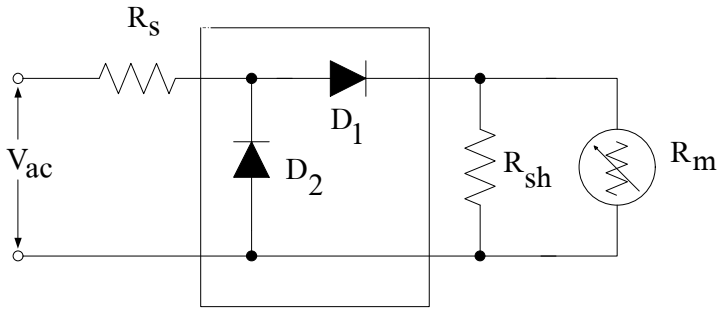
$$R_{s3} = \frac{0.45 \times 100V}{50\mu A} - (100\Omega + 89.9K\Omega + 360K\Omega)$$

$$R_{s3} = 450K\Omega$$

$$R_{Range} = R_{100V} = S_{ac} \times Range = \frac{0.45 \times 100V}{50\mu A}$$

$$R_{Range} = 900K\Omega$$

ในทางปฏิบัติเครื่องมือวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าครึ่งคลื่นจะต่อไดโอดเพิ่มอีกตัวหนึ่ง เพื่อป้องกันไม่ให้กระแสไฟฟ้ารั่วไหล หรือป้องกันไม่ให้เกิดการไบอัสกลับที่ไดโอดดังภาพที่ 5.8



ภาพที่ 5.8 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าครึ่งคลื่นที่ใช้ไดโอด 2 ตัว

เมื่อวงจรได้รับสัญญาณแรงดันไฟฟ้าครึ่งที่เป็นบวก ไดโอด D_1 จะได้รับแรงดันไบอัสตรง ไดโอดจึงทำหน้าที่นำกระแสไฟฟ้า ส่วน D_2 จะได้รับไบอัสกลับจึงทำให้มีความต้านทานสูง กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน D_2 ไม่ได้

ในครึ่งของสัญญาณที่เป็นลบ D_2 ได้รับไบอัสตรงทำให้ความต้านทานลดลงกระแสไฟฟ้าจึงไหลผ่าน D_2 ได้ ขณะเดียวกันแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม D_1 จะลดลงจนไม่อยู่ในสภาพแรงดันไฟฟ้าคัตอินได้ ดังนั้นกระแสไฟฟ้าจึงไม่สามารถที่จะไหลผ่าน D_1 ไปได้ การที่ต่อ D_1 และ D_2 ก็เพื่อทำหน้าที่ป้องกันซึ่งกันและกันไม่ให้ได้รับการไบอัสกลับ ส่วน R_{sh} ที่ต่อคร่อมส่วนที่เคลื่อนไหวของเครื่องวัดจะทำให้แรงดันไฟฟ้าในช่วงไบอัสตรงมีค่ามากขึ้นจนอยู่เลยช่วงแรงดันไฟฟ้าคัตอิน

ตัวอย่างที่ 5.2 ส่วนที่เคลื่อนไหวของเครื่องวัดในภาพที่ 5.8 มีค่าความต้านทาน $100\,\Omega$ และต้องการกระแสไฟฟ้าขนาด 1mA จึงจะทำให้เข็มเบี่ยงเบนเต็มสเกล ตัวต้านทานที่ต่อขนานกับส่วนที่เคลื่อนไหวมีค่า $100\,\Omega$ ความต้านทานเฉลี่ยขณะไบอัสตรงของไดโอด D_1 และ D_2 มีค่า $400\,\Omega$ เท่ากัน สมมติให้ค่าความต้านทานของไดโอดทั้งสองขณะไบอัสกลับมีค่าอนันต์และต้องการใช้เครื่องวัดนี้วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ย่านการวัด $10\,V_{ac}$ จงหาค่าต่อไปนี้

ก) ความต้านทาน R_s

ข) ความไวของโวลต์มิเตอร์

ก) ขณะที่ D_1 ได้รับการไบอัสตรงและ D_2 ได้รับการไบอัสกลับ R_m และ R_{sh} มีค่า $100\,\Omega$ เท่ากัน ทำให้ทราบว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_{sh} มีค่า 1mA ด้วย ดังนั้นขณะเข็มเบี่ยงเบนเต็มสเกลกระแสไฟฟ้าทั้งหมดจะมีค่าเท่ากับ

$$I_T = I_m + I_{sh}$$

$$I_T = 1\text{mA} + 1\text{mA}$$

$$I_T = 2\text{mA}$$

เครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าครึ่งคลื่นจะมีค่า

$$V_{dc} = 0.45 V_{rms}$$

$$V_{dc} = 0.45 \times 10 V_{rms}$$

$$V_{dc} = 40005\text{V}$$

ค่าความต้านทานทั้งหมดของวงจรในเครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าครึ่งคลื่น เมื่อไม่คิดค่าความต้านทานของไดโอดจะมีค่าเท่ากับ

$$R_T = \frac{V_{dc}}{I_T}$$

$$R_T = \frac{4.5V}{2mA}$$

$$R_T = 2.25K\Omega$$

การหาค่าความต้านทานรวมต้องนำค่าความต้านทานของไดโอด D_1 และ D_2 มาคิดร่วมด้วย ในกรณีนี้ความต้านทานขณะไบอัสกลับมีค่าความต้านทานเท่ากับอนันต์จึงไม่ต้องคิดค่าความต้านทานของ D_2 จะได้ว่า

$$R_T = R_s + R_{D1} + (R_m // R_{sh})$$

$$R_T = R_s + 400 + \left(\frac{100 \times 100}{100 + 100}\right)$$

$$R_T = R_s + 450$$

$$R_s = 2.25K\Omega - 450\Omega$$

$$R_s = 1.8K\Omega$$

ข) ความไวของโวลต์มิเตอร์หาได้จาก

$$S = \frac{R_T}{V_T}$$

$$S = \frac{2.25K\Omega}{10V}$$

$$S = 225\Omega / V$$

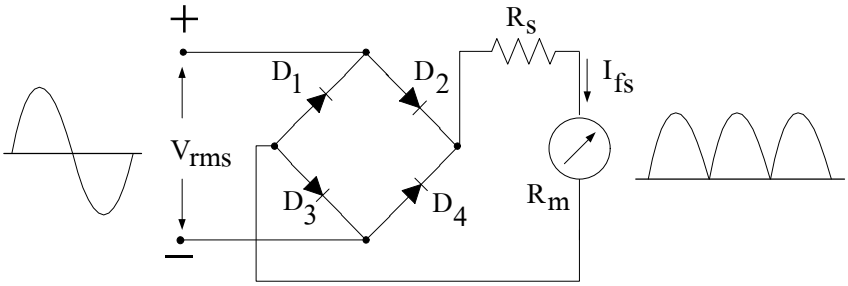
5.3.2 เอซีโวลต์มิเตอร์แบบเรียงกระแสไฟฟ้าเต็มคลื่น (Bridge Full Wave Rectifier : Bridge FWR AC Voltage)

การเรียงกระแสไฟฟ้าครึ่งคลื่นทำให้ความไวกระแสสลับเท่ากับ 45% ของความไวกระแสตรงเพื่อให้ความไวกระแสสลับเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า จะต้องใช้วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าเต็มคลื่นชนิดบริดจ์ในเอซีโวลต์มิเตอร์ ดังนั้นความไวกระแสสลับจะเพิ่มเป็น 90% ของความไวกระแสตรง

จากภาพที่ 5.9 เป็นวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าเต็มคลื่น สามารถที่จะเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$V_p = I_p(R_s + R_m) = I_p R_s + I_p R_m$$

$$R_s = \frac{V_p - (I_p R_m)}{I_p} = \frac{V_p}{I_p} - R_m$$



ภาพที่ 5.9 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่น

แทน $V_p = \sqrt{2}V_{rms}$, $I_p = \frac{I_{dc}}{0.636}$ และ $R_s = \frac{V_p}{I_p} - R_m$

จะได้ว่า

$$R_s = \frac{\sqrt{2}V_{rms}}{\frac{I_{dc}}{0.636}} - R_m = \frac{0.90V_{rms}}{I_{dc}} - R_m$$

$$R_s = \frac{0.90V_{rms}}{I_{dc}} - R_m = \frac{0.90V_{rms}}{I_{fs}} - R_m$$

ความไวกระแสสลับ S_{ac}

$$S_{ac} = 0.90\left(\frac{1}{I_{fs}}\right) = 0.90S_{ac}$$

$$R_s = \frac{0.90V_{rms}}{I_{dc}} - R_m = \frac{0.90V_{rms}}{I_{fs}} - R_m$$

$$R_s = 0.90S_{dc} \times \text{Range} - R_m$$

$$R_s = S_{ac} \times \text{Range} - R_m$$

ค่าความต้านทานภายใน

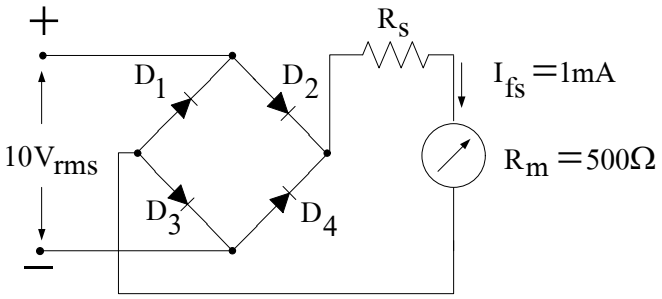
$$R_{in} = R_T = R_{Range} = S_{ac} - \text{Range}$$

$$R_{in} = R_T = R_{Range} = 0.90S_{dc} \times \text{Range}$$

ค่าความไวกระแสสลับ

$$S_{ac} = \frac{R_T}{\text{Range}}$$

ตัวอย่างที่ 5.2 วงจรเอซีโวลต์มิเตอร์เต็มคลื่นชนิดบริดจ์ ความต้านทานไบแอสตรงของไดโอด $D_1 - D_4$ เป็นศูนย์ กำหนดให้ย่านวัดเป็น $10\,V_{rms}$ จงหาค่า R_s, R_{in} และ S_{ac}



หาค่า R_s

$$R_s = \frac{0.90V_{rms}}{I_{fs}} - R_m$$

$$R_s = \frac{0.90 \times 10V}{1mA} - 500\Omega$$

$$R_s = 8.5K\Omega$$

หาค่า R_{in}

$$R_{in} = S_{ac} \times \text{Range}$$

$$R_{in} = \frac{0.90K\Omega}{V} \times 10V$$

$$R_{in} = 9K\Omega$$

หาค่า S_{AC}

$$S_{ac} = \frac{0.90}{I_{fs}} = \frac{0.90}{1mA}$$

$$S_{ac} = 0.9K\Omega / V$$

หรือ

$$S_{ac} = \frac{R_T}{\text{Range}} = \frac{0.9K\Omega}{10V}$$

$$S_{ac} = 0.9K\Omega / V$$

5.4 สรุป

ดาร์สันวัลมิเตอร์ที่ถูกสร้างขึ้นมาใช้งาน เป็นมิเตอร์ที่ใช้วัดเฉพาะไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น ไม่สามารถไปวัดไฟฟ้ากระแสสลับได้ เพราะไฟฟ้ากระแสสลับมีขั้วสัญญาณไม่คงที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดาร์สันวัลมิเตอร์วัดค่าได้ไม่ทันและบางจังหวะของขั้วแรงดันไฟฟ้ามีผลให้เข็มชี้ของดาร์สันวัลมิเตอร์ตีกลับต่ำกว่าศูนย์ซึ่งอาจจะทำให้มิเตอร์ชำรุดเสียหายได้

ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องแปลงจากไฟฟ้ากระสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงเสียก่อน อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ จะใช้ไดโอดชนิดเจอร์มัลเนียมโดยเรียกวงจรนี้ว่าวงจรเร็กติไฟเออร์หรือวงจรเรียงกระแสไฟฟ้า วงจรเรียงกระแสไฟฟ้ามี 2 แบบคือ วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier AC Voltage) และวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่นแบบบริดจ์ (Bridge Full Wave Rectifier)

วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่นนั้นจะใช้ไดโอด 1 ตัวหรือ 2 ตัวก็ได้ แต่ที่นิยมจะใช้ไดโอด 2 ตัว ตัวหนึ่งทำหน้าที่เรียงกระแส อีกตัวทำหน้าที่กำจัดสัญญาณที่ไม่ต้องการทิ้งไปไม่ให้ผ่านมิเตอร์

วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่นแบบบริดจ์จะใช้ไดโอดทั้งหมด 4 ตัวทำหน้าที่เรียงกระแส วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นจะมีข้อดีคือ ค่าความไวจะมีค่าที่ใกล้เคียงกับความไวของกระแสตรง