2.3 เครื่องวัดความต้านทาน

2.3.1 โอห์มมิเตอร์ (Ohmmeter)

เครื่องมือวัดค่าความต้านทานหรือที่นิยมเรียกกันโดยทั่วไปว่าโอห์มมิเตอร์ (Ohmmeter)เป็นเครื่องมือที่สำหรับใช้วัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้าที่ไม่ทราบค่า สามารถอ่านค่าออกมาเป็นโอห์ม(Ω)ได้โดยตรง

โดยวิธีการอย่างง่ายๆ เราจะสามารถวัดค่าความต้านทานได้ โดยการวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน และแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานนั้น เราก็จะสามารถคำนวณหาค่าความต้านทานได้โดยใช้กฎของโอห์ม แต่วิธีการนี้มีความยุ่งยากในการวัดและอาจจะได้ผลการคำนวณค่าความต้านทานที่ผิดพลาด อันเนื่องมาจากความผิดพลาดของแอมมิเตอร์และโวลต์มิเตอร์อีกด้วย

โอห์มมิเตอร์จึงเป็นเครื่องมือวัดค่าความต้านทานที่สามารถอ่านค่าความต้านทานออกมาเป็นโอห์ม(Ω)ได้โดยตรง มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 อย่างคือ

1. แบตเตอรี่ (ขนาด 1.5 Volt หรือมากกว่านี้) อยู่ภายในวงจร เพื่อเป็นแหล่งพลังงาน
2. มิเตอร์แบบขดลวดเคลื่อนที่ (PMMC)แสดงค่าความต้านทานบนสเกลหน้าปัด
3. ตัวต้านทานปรับค่าได้ (R_{adj}) เพื่อทำการปรับเทียบโอห์มมิเตอร์ (Calibration of ohmmeter)

โดยปกติเมื่อสายวัด (Test Lead) ของโอห์มมิเตอร์สัมผัสกัน เข็มของเครื่องวัดนี้จะเบี่ยงเบนไปที่ศูนย์ ในกรณีที่สายวัดของโอห์มมิเตอร์สัมผัสกันแต่เข็มไม่ชี้ที่ศูนย์เมื่อนำไปวัดค่าความต้านทานจะทำให้ค่าที่อ่านได้ไม่ถูกต้อง ต้องปรับค่าความต้านทานที่ใช้ควบคุมโอห์มมิเตอร์ (R_{adj}) จนกระทั่งเข็มชี้ที่ศูนย์

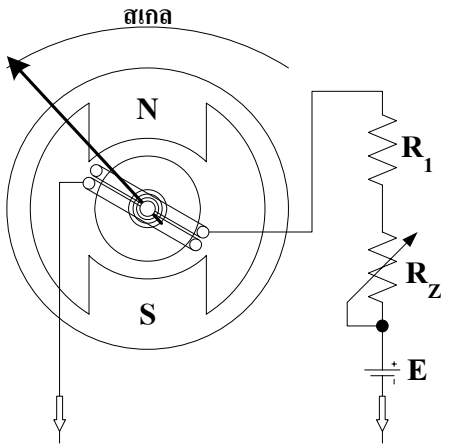
เมื่อนำส่วนประกอบทั้ง 3 ส่วนมาประกอบเข้าด้วยกันก็จะได้โอห์มมิเตอร์ เมื่อนำไปปรับเปลี่ยนสเกลให้เป็นสเกลของโอห์ม ก็จะสามารถนำไปวัดค่าความต้านทานต่างๆได้

โอห์มมิเตอร์ทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามลักษณะของวงจร ได้แก่

1. โอห์มมิเตอร์ชนิดอนุกรม (Series Type ohmmeter)
2. โอห์มมิเตอร์ชนิดขนาน (Shunt Type ohmmeter)
3. โอห์มมิเตอร์ชนิดหลายพิสัยวัด (Multiple-Range ohmmeters)

1. โอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม (Series Ohmmeter)

โอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม หมายถึง เครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้าที่ขดลวดเคลื่อนที่ความต้านทานไฟฟ้าและแหล่งจ่ายไฟฟ้าต่อกันแบบอนุกรม ดังรูปที่ 2.44



รูปที่ 2.44 แสดงโอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม

โครงสร้างของโอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม ซึ่งประกอบด้วย

1. เครื่องวัดไฟฟ้าแบบขดลวดเคลื่อนที่ ทำหน้าที่พาเข็มชี้ไปชี้ค่าความต้านทานไฟฟ้าบนสเกล

2. ความต้านทานไฟฟ้า R_1 ทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าในวงจร ไม่ให้ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่มากจนเป็นอันตรายต่อขดลวดเคลื่อนที่

3. ความต้านทานไฟฟ้า R_Z ทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าในวงจรให้มีค่าเท่ากับ I_m หรือเป็นความต้านทานไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ปรับค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรเพื่อให้เข็มชี้ชี้ที่ตำแหน่ง 0Ω

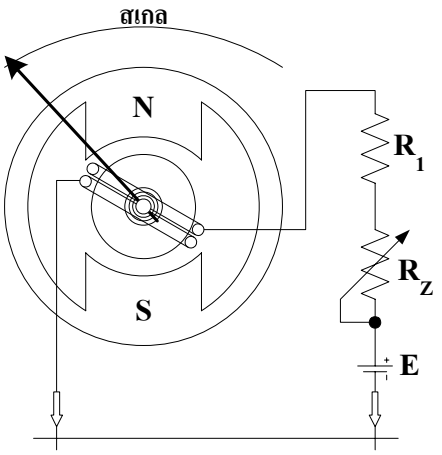
4. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง E ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าในวงจร เพื่อให้ส่วนเคลื่อนที่ (ขดลวดเคลื่อนที่) พาเข็มชี้ไปชี้ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ทำการวัดค่าบนสเกล

หลักการทำงานของเครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้าแบบอนุกรม

หลักการทำงานของเครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้าแบบอนุกรม สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 สภาวะดังนี้

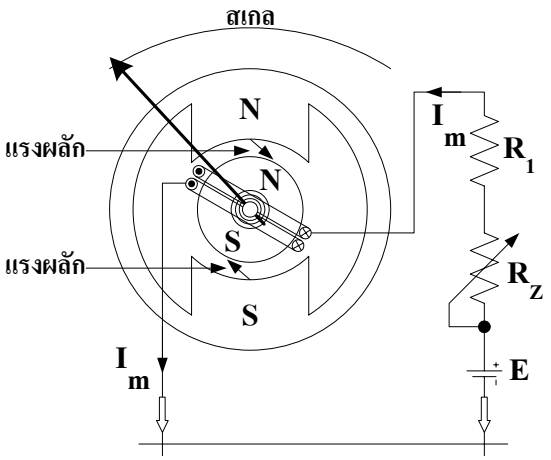
1. เมื่อนำปลายสายวัดต่อลัดวงจร

เมื่อนำปลายสายวัดต่อลัดวงจรเข้าด้วยกัน แสดงว่า ค่าความต้านทานไฟฟ้าระหว่างปลายสายมีค่าเท่ากับ 0Ω ดังนั้น เข็มชี้ของโอห์มมิเตอร์จึงเคลื่อนที่ไปชี้ที่ตำแหน่ง 0Ω ดังรูปที่ 2.45 ถึง 2.46



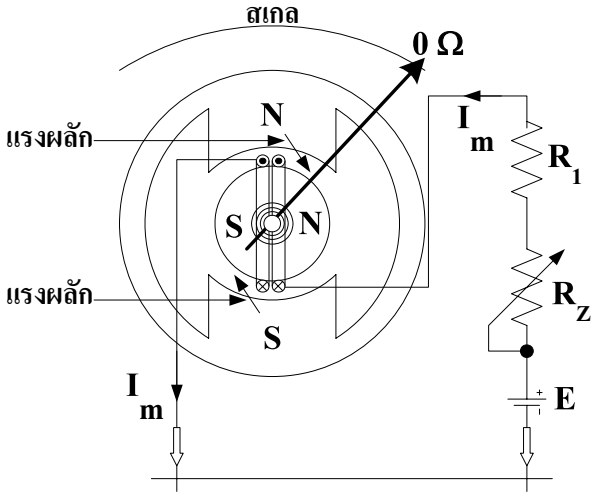
รูปที่ 2.45 แสดงการนำปลายสายต่อลัดวงจร

เมื่อนำปลายสายวัดต่อลัดวงจรเข้าด้วยกัน จะทำให้ครบวงจร จึงมีกระแสไฟฟ้าไหลออกจากขั้วบวกผ่าน R_Z , R_1 และไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ซึ่งทำให้แกนเหล็กอ่อนเกิดอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้า โดยมีขั้วแม่เหล็กเป็นไปตามกฎมือขวาของรูปที่ 2.46



รูปที่ 2.46 แสดงเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่แกนเหล็กอ่อนของโอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม

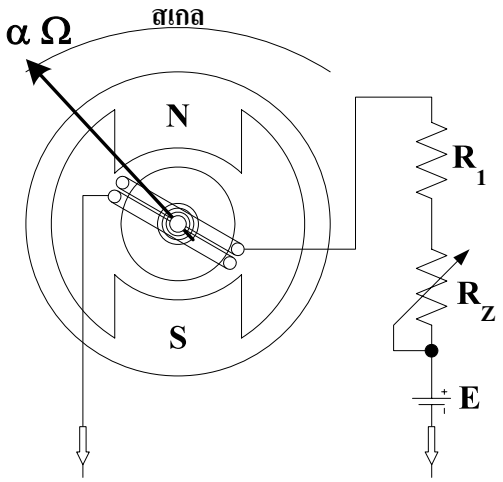
ขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าที่แกนเหล็กอ่อนจะผลักกับขั้วแม่เหล็กถาวรทำให้ขดลวดเคลื่อนที่เคลื่อนที่จากซ้ายมือไปทางขวามือ ดังนั้นตำแหน่งนี้จึงเป็นตำแหน่ง 0Ω นั่นคือ **ตำแหน่ง 0Ω ของโอห์มมิเตอร์แบบอนุกรมจึงอยู่ด้านขวามือของสเกล** และถ้าหากเข็มชี้ชี้ค่าไม่ตรงตำแหน่ง 0Ω จะต้องทำการปรับค่าความต้านทานไฟฟ้า R_Z โดยเมื่อเข็มชี้เลยตำแหน่ง 0Ω จะต้องปรับค่าความต้านทานไฟฟ้า R_Z ให้มีค่ามากขึ้นจะทำให้ I_m มีค่าลดลง แต่ถ้าหากเข็มชี้ชี้ค่าไม่ถึงตำแหน่ง0Ω จะต้องปรับค่าความต้านทานไฟฟ้า R_Z ให้มีค่าลดลงจะทำให้ I_m มีค่ามากขึ้น จึงจะทำให้เข็มชี้ชี้ค่าตรงตำแหน่ง 0Ω หรือเป็นไปตามกฎของโอห์ม นั่นเอง ดังรูปที่ 2.47



รูปที่ 2.47 แสดงตำแหน่ง 0Ω ของโอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม

2. เมื่อนำสายวัดเปิดวงจร

เมื่อนำสายวัดเปิดวงจรออกจากกันแสดงว่าค่าความต้านทานไฟฟ้าระหว่างปลายสายมีค่าเท่ากับ $\propto\Omega$ ดังนั้น เข็มชี้ของโอห์มมิเตอร์จึงเคลื่อนที่ไปชี้ที่ตำแหน่ง $\propto\Omega$ ดังรูปที่ 2.48



รูปที่ 2.48 แสดงตำแหน่ง $\propto\Omega$ ของโอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม

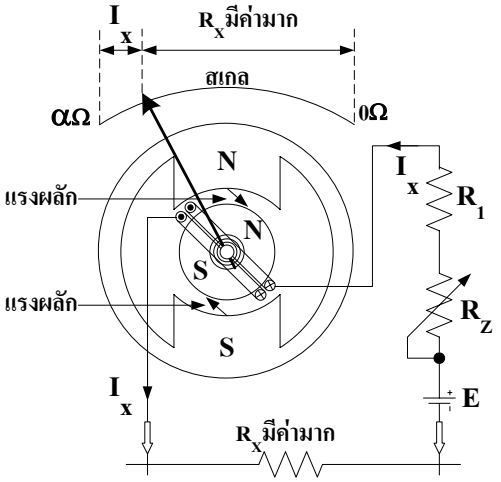
เมื่อนำปลายสายวัดเปิดวงจรออกจากกันจะทำให้วงจรขาด แสดงว่าความต้านทานระหว่างปลายสายมีค่าเท่ากับ $\propto\Omega$ จึงไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร แกนเหล็กอ่อนจึงไม่เกิดอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้า ขดลวดจึงไม่เคลื่อนที่ เข็มชี้จึงไม่เคลื่อนที่ ดังนั้น ตำแหน่งนี้จึงเป็น **ตำแหน่ง $\propto\Omega$ นั่นคือตำแหน่ง $\propto$ โอห์ม จึงอยู่ทางด้านซ้ายมือของสเกล** ดังรูปที่ 2.48

3. เมื่อนำปลายสายวัด วัดค่าความต้านทานไฟฟ้าใดๆ

เมื่อนำปลายสายวัด วัดค่าความต้านทานไฟฟ้าใดๆหรือ R_X แสดงว่าค่าความต้านทานไฟฟ้าระหว่างปลายสายมีค่าเท่ากับ $R_X\Omega$ ดังนั้นเข็มชี้ของโอห์มมิเตอร์จึงเคลื่อนที่ไปชี้ที่ตำแหน่ง $R_X\Omega$ ดังรูปที่ 2.49 ถึง 2.50

- เมื่อ R_X มีค่ามาก

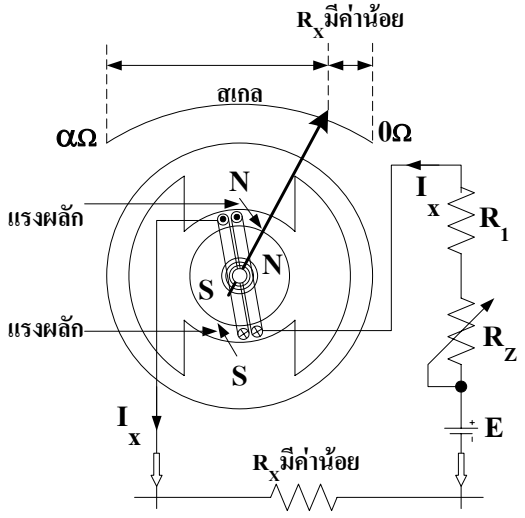
ถ้าหากค่า R_X มีค่ามาก กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะมีค่าน้อย เข็มชี้จะเคลื่อนที่ได้ระยะทางน้อย ระยะทางจากตำแหน่ง $\propto\Omega$ มายังตำแหน่งปัจจุบันของเข็มชี้ซึ่งเป็นค่าของ R_X จะมีค่ามากดัง รูปที่ 2.49



รูปที่ 2.49 แสดงการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า Rx ทีมีค่ามาก ของโอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม

- เมื่อ R_X มีค่าน้อย

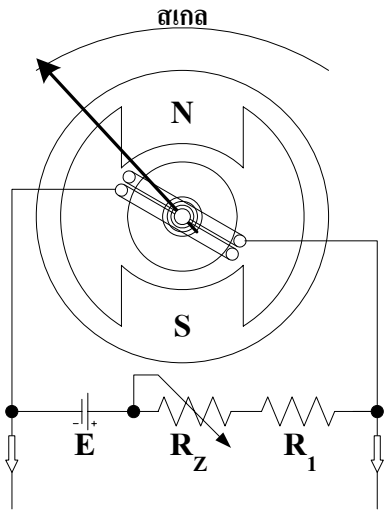
ถ้าหากค่า R_X มีค่าน้อย กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะมีค่ามาก เข็มชี้จะเคลื่อนที่ได้ระยะทางมาก ระยะทางจากตำแหน่ง $\propto\Omega$ มายังตำแหน่งปัจจุบันของเข็มชี้ซึ่งเป็นค่าของ R_X จะมีค่าน้อยดัง รูปที่ 2.50



รูปที่ 2.50 แสดงการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า Rx ที่มีค่าน้อย ของโอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม

2. โอห์มมิเตอร์แบบขนาน (Parallel Ohmmeter)

โอห์มมิเตอร์แบบขนาน หมายถึง เครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้าที่มีความต้านทานไฟฟ้า R_Z , R_1 และแหล่งจ่ายไฟฟ้าต่อขนานกับขดลวดเคลื่อนที่ ดังรูปที่ 2.51



รูปที่ 2.51 แสดงโครงสร้างของโอห์มมิเตอร์แบบขนาน

จากรูปที่ 2.51 แสดงถึงโครงสร้างของโอห์มมิเตอร์แบบขนาน ซึ่งประกอบด้วย

1. เครื่องวัดไฟฟ้าแบบขดลวดเคลื่อนที่ ทำหน้าที่ พาเข็มชี้ไปชี้ค่าความต้านทานไฟฟ้าบนสเกล

2. ความต้านทานไฟฟ้า R_1 ทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าในวงจร ไม่ให้ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ มากจนเป็นอันตรายต่อขดลวดเคลื่อนที่

3. ความต้านทานไฟฟ้า R_Z ทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าในวงจรให้มีค่าเท่ากับ I_m หรือมีความต้านทานไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ปรับค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรเพื่อให้เข็มชี้ชี้ที่ตำแหน่ง 0Ω

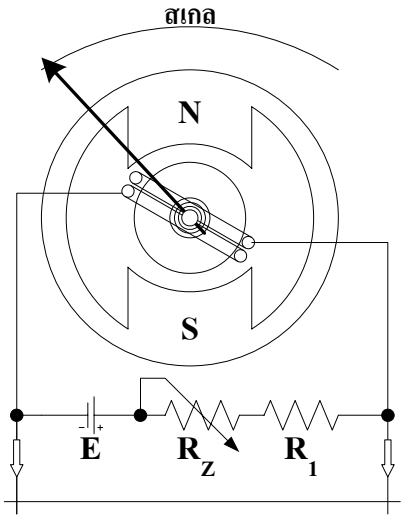
4. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง E ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าในวงจร เพื่อให้ส่วนเคลื่อนที่ (ขดลวดเคลื่อนที่) พาเข็มชี้ไปชี้ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ทำการวัดค่าบนสเกล

หลักการทำงานของเครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้าแบบขนาน

หลักการทำงานของเครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้าแบบขนาน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 สภาวะ ดังนี้

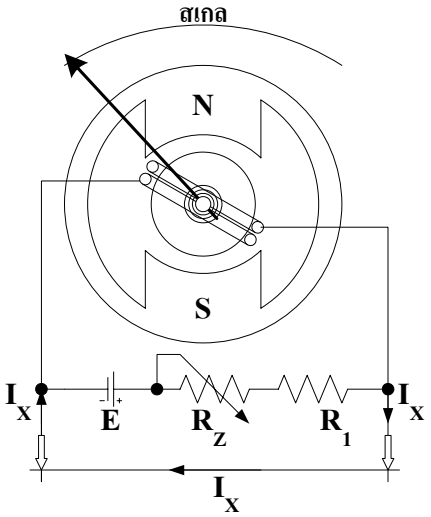
1. เมื่อนำปลายสายวัดต่อลัดวงจร

เมื่อนำปลายสายวัดต่อลัดวงจรเข้าด้วยกัน แสดงว่า ค่าความต้านทานไฟฟ้าระหว่างปลายสายมีค่าเท่ากับ $0\ \Omega$ ดังนั้นเข็มชี้ของโอห์มมิเตอร์จึงเคลื่อนที่ชี้ที่ตำแหน่ง $0\ \Omega$ ดังรูปที่ 2.52ถึง 2.53



รูปที่2.52 แสดงการนำปลายสายวัดต่อลัดวงจรของโอห์มมิเตอร์แบบขนาน

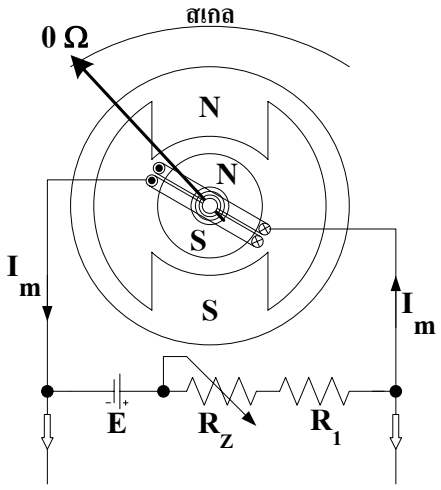
เมื่อนำปลายสายวัดต่อลัดวงจรเข้าด้วยกัน จะทำให้ครบวงจร จึงมีกระแสไฟฟ้าไหลออกจากขั้วบวกผ่าน RZ , R1 และไหลผ่านปลายสายวัดครบวงจรที่ขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้า แต่จะไม่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ ทั้งนี้เพราะว่าความต้านทานไฟฟ้าของขดลวดเคลื่อนที่มีค่าสูงกว่าค่าความต้านทานไฟฟ้าของปลายสายวัดเป็นอย่างมาก ดังนั้นกระแสไฟฟ้าจึงไหลผ่านปลายสายวัดทั้งหมด ทำให้แกนเหล็กอ่อนไม่เกิดอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้า จึงไม่เกิดแรงผลัก ขดลวดเคลื่อนที่จึงไม่เคลื่อนที่ เข็มชี้จึงอยู่ตำแหน่งเดิม(ด้านซ้ายมือ) ดังนั้นตำแหน่งนี้จึงเป็นตำแหน่ง 0 Ω หรือกล่าวว่า ตำแหน่ง 0 Ω ของโอห์มมิเตอร์แบบขนานจึงอยู่ด้านซ้ายมือ ดังรูปที่ 2.53



รูปที่ 2.53 แสดง 0 Ω ของโอห์มมิเตอร์แบบขนาน

2. เมื่อนำปลายสายวัดเปิดวงจร

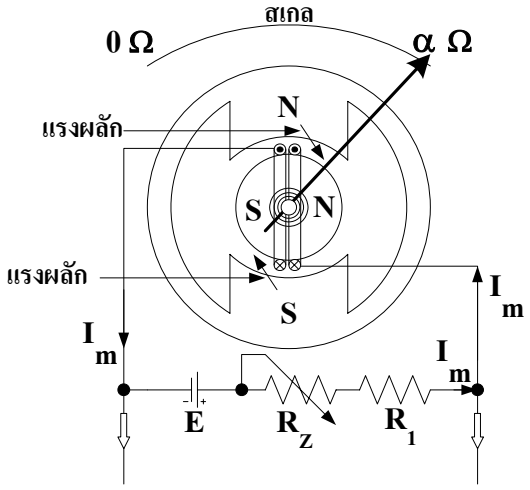
เมื่อนำปลายสายวัดเปิดวงจรออกจากกัน แสดงว่า ค่าความต้านทานไฟฟ้าระหว่างปลายสายมีค่าสูงมาก หรือเท่ากับ ∞ ดังนั้น เข็มชี้ของโอห์มมิเตอร์จึงเคลื่อนที่ไปชี้ที่ตำแหน่ง $\infty\Omega$ ดังรูปที่ 2.54 ถึง 2.55



รูปที่ 2.54 แสดงการนำปลายสายวัดเปิดวงจรของโอห์มมิเตอร์แบบขนาน

เมื่อนำปลายสายวัดเปิดวงจรออกจากกัน จะทำให้ครบวงจรทางด้านขดลวดเคลื่อนที่ จึงมีกระแสไฟฟ้าไหลออกจากขั้วบวกผ่าน R_Z, R_1 และไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ครบวงจรที่ขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแต่จะไม่ไหลผ่านปลายสายวัด เพราะว่าไม่ครบวงจร

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ทำให้แกนเหล็กอ่อนเกิดอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้า โดยมีขั้วแม่เหล็กเป็นไปตามกฎมือขวา จึงเกิดแรงผลักของขั้วแม่เหล็กระหว่างแกนเหล็กอ่อนกับขั้วแม่เหล็กถาวรทำให้ขดลวดเคลื่อนที่ เคลื่อนที่พาเข็มชี้ไปชี้ตำแหน่ง ดังนั้นตำแหน่งนี้จึงเป็นตำแหน่ง $\propto\Omega$ หรือกล่าวได้ว่า **ตำแหน่ง $\propto$โอห์มของโอห์มมิเตอร์แบบขนานจึงอยู่ด้านขวามือ** ดังรูปที่ 2.55



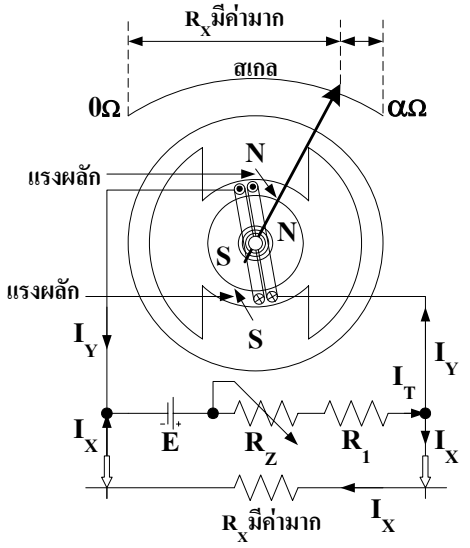
รูปที่ 2.55 แสดงตำแหน่ง $\alpha\Omega$ ของโอห์มมิเตอร์แบบขนาน

3. เมื่อนำปลายสายวัด วัดค่าความต้านทานไฟฟ้าใดๆ (R_X)

- เมื่อ R_X มีค่ามาก

ถ้าหากค่า R_X มีค่ามาก กระแสไฟฟ้าที่แบ่งไหลผ่าน R_X คือ I_X จะมีค่าน้อย แต่กระแสไฟฟ้าที่แบ่งไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่คือ I_Y จะมีค่ามากซึ่งเป็นไปตามกฎของโอห์ม

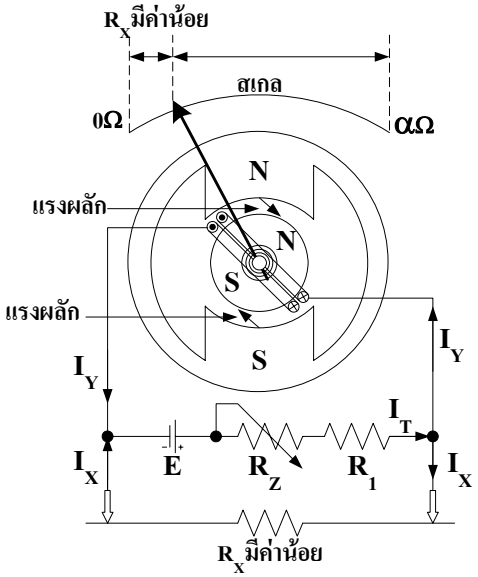
กระแสไฟฟ้า I_Y ที่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ จะทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กที่แกนเหล็กอ่อนซึ่งมีขั้วแม่เหล็กเป็นไปตามกฎมือขวาทำให้เกิดแรงผลักระหว่างขั้วแม่เหล็ก ขดลวดเคลื่อนที่จึงเคลื่อนที่พาเข็มชี้ออกจากตำแหน่ง 0Ω ไปทางขวามือ ถ้ากระแสไฟฟ้า I_Y มีค่ามาก เข็มชี้จะเคลื่อนที่ได้มาก ระยะทางจากตำแหน่ง 0Ω ไปยังตำแหน่งปัจจุบันของเข็มชี้ซึ่งคือ ค่าของความต้านทานไฟฟ้า R_X ที่วัดที่ปลายสายวัด จึงมีค่าตามค่า R_X ดังรูปที่ 2.56



รูปที่ 2.56 แสดงการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า R_X ที่มีค่ามากของโอห์มมิเตอร์แบบขนาน

- เมื่อ R_X มีค่าน้อย

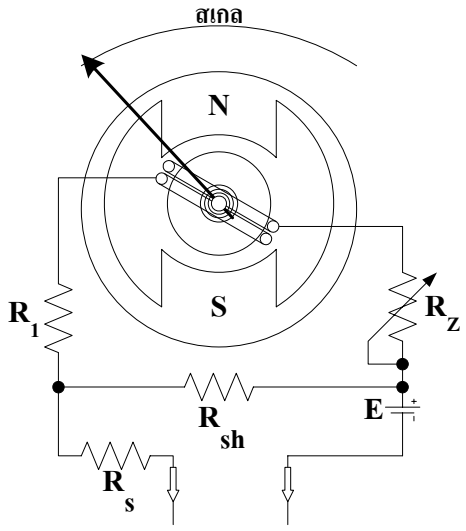
ถ้าหากค่า R_X มีค่าน้อย กระแสไฟฟ้าที่แบ่งไหลผ่าน R_X คือ I_X จะมีค่ามาก แต่กระแสไฟฟ้าที่แบ่งไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่คือ I_Y จะมีค่าน้อยซึ่งเป็นไปตามกฎของโอห์มกระแสไฟฟ้า I_Y ที่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่จะทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กที่แกนเหล็กอ่อนซึ่งมีขั้วแม่เหล็กเป็นไปตามกฎมือขวาทำให้เกิดแรงผลักระหว่างขั้วแม่เหล็ก ขดลวดเคลื่อนที่จึงเคลื่อนที่พาเข็มชี้ออกจากตำแหน่ง 0Ω ไปทางขวามือ ถ้ากระแสไฟฟ้า I_Y มีค่าน้อย เข็มชี้จะเคลื่อนที่ได้น้อย ระยะทางจากตำแหน่ง 0Ω ไปยังตำแหน่งปัจจุบันของเข็มชี้ซึ่งคือค่าของความต้านทานไฟฟ้า R_X ที่วัดที่ปลายสายวัด จึงมีค่าน้อยตามค่า R_X ดังรูปที่ 2.57



รูปที่ 2.57 แสดงการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า R_X ทีมีค่าน้อยของโอห์มมิเตอร์แบบขนาน

3.โอห์มมิเตอร์แบบโวลต์มิเตอร์ (Potentio Ohmmeter)

โอห์มมิเตอร์แบบโวลต์มิเตอร์ หมายถึง เครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้าที่มีความต้านทานไฟฟ้า R_Z, R_1, R_{SH}, R_S และแหล่งจ่ายไฟฟ้าต่อกับขดลวดเคลื่อนที่ ดังรูปที่ 2.58 โดยที่ R_{SH} จะทำหน้าที่แบ่งแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมให้กับขดลวดเคลื่อนที่



รูปที่ 2.58 แสดงโครงสร้างของโอห์มมิเตอร์แบบโวลต์มิเตอร์

จากรูปที่ 2.58 แสดงถึงโครงสร้างของโอห์มมิเตอร์แบบโวลต์มิเตอร์ ซึ่งประกอบด้วย

1. เครื่องวัดไฟฟ้าแบบขดลวดเคลื่อนที่ทำหน้าที่พาเข็มชี้ไปชี้ค่าความต้านทานไฟฟ้าบนสเกล

2. ความต้านทานไฟฟ้า R_S ทำหน้าที่แบ่งแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า E ร่วมกับ R_{SH} เพื่อให้แรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดเคลื่อนที่ได้รับมีค่าเหมาะสม

3. ความต้านทานไฟฟ้า R_{SH} ทำหน้าที่แบ่งแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า E ร่วมกับ R_S และทำหน้าที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับขดลวดเคลื่อนที่

4. ความต้านทานไฟฟ้า R_1 ทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าในวงจรของขดลวดเคลื่อนที่ไม่ให้มีค่าสูงเกินไป

5. ความต้านทานไฟฟ้า R_Z ทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าในวงจรให้มีค่าเท่ากับ I_M หรือเป็นความต้านทานไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ปรับค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรเพื่อให้เข็มชี้ชี้ที่ตำแหน่ง 0Ω

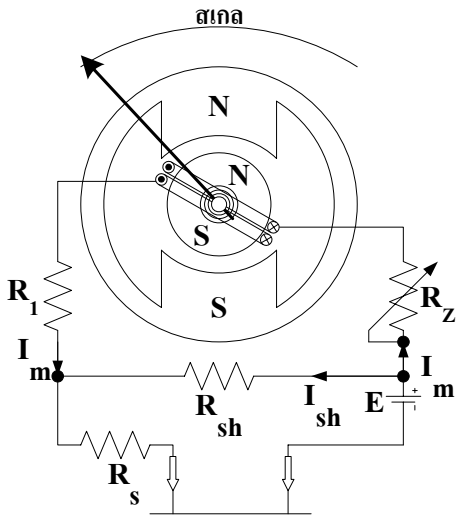
6. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง E ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าในวงจร เพื่อให้ส่วนเคลื่อนที่ (ขดลวดเคลื่อนที่) พาเข็มชี้ไปชี้ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ทำการวัดค่าบนสเกล

หลักการทำงานของเครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้าแบบโวลต์มิเตอร์

หลักการทำงานของเครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้าแบบโวลต์มิเตอร์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 สภาวะดังนี้

1. เมื่อนำปลายสายวัดต่อลัดวงจร

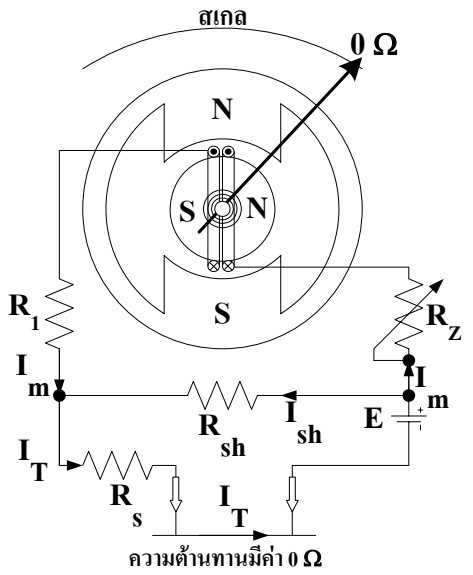
เมื่อนำปลายสายวัดต่อลัดวงจรเข้าด้วยกัน แสดงว่า ค่าความต้านทานไฟฟ้าระหว่างปลายสายมีค่าเท่ากับ 0Ω ดังนั้น เข็มชี้ของโอห์มมิเตอร์จึงเคลื่อนที่ไปชี้ที่ตำแหน่ง 0Ω ดังรูปที่ 2.59 ถึง 2.60



รูปที่ 2.59แสดงนำปลายสายวัดต่อลัดวงจรโอห์มมิเตอร์แบบโวลต์มิเตอร์

จากรูปที่ 2.59 เมื่อนำปลายสายวัดต่อลัดวงจรเข้าด้วยกัน กระแสไฟฟ้า I_T ที่ไหลออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า E จะแบ่งไหลออกไปสองส่วน ได้แก่ I_{sh} จะไหลผ่าน R_{sh} และ I_m จะไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่

กระแสไฟฟ้า I_m ที่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่จะทำให้แกนเหล็กอ่อนกลายเป็นขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าโดยมีขั้วแม่เหล็กเป็นไปตามกฎมือขวา ดังนั้นจึงเกิดแรงผลักระหว่างขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าที่แกนเหล็กอ่อนกับขั้วแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวร ทำให้ขดลวดเคลื่อนที่ เคลื่อนที่พาเข็มชี้เคลื่อนที่จากซ้ายมือไปยังด้านขวามือ นั่นคือ ตำแหน่ง 0Ω ของโอห์มมิเตอร์แบบโวลต์มิเตอร์จึงอยู่ทางด้านขวามือ

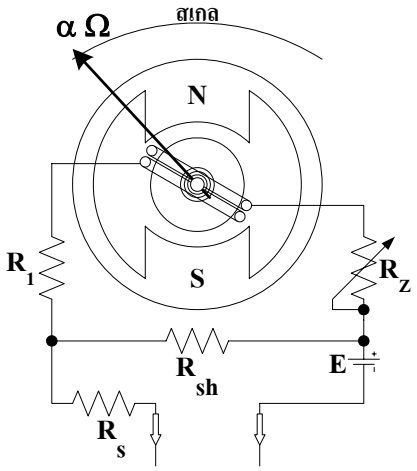


รูปที่ 2.60 แสดงตำแหน่ง 0Ω ของโอห์มมิเตอร์แบบโวลต์มิเตอร์

ถ้าหากเข็มชี้ชี้ค่าไม่ตรงตำแหน่ง 0Ω ต้องทำการปรับค่าความต้านทานไฟฟ้า R_Z โดยถ้าเข็มชี้ชี้เลยตำแหน่ง 0Ω ให้เพิ่มค่า R_Z แต่ถ้าเข็มชี้ชี้ค่าต่ำกว่าตำแหน่ง 0Ω ให้ลดค่าความต้านทานไฟฟ้า R_Z จนกว่าเข็มชี้ของโอห์มมิเตอร์จะเคลื่อนที่ไปชี้ที่ตำแหน่ง 0Ω ดังรูปที่ 2.60

2. เมื่อนำปลายสายวัดเปิดวงจร

เมื่อนำปลายสายวัดเปิดวงจรออกจากกัน แสดงว่า ค่าความต้านทานไฟฟ้าระหว่างปลายสายมีค่าสูงมาก หรือเท่ากับ $\infty\Omega$ ดังนั้น เข็มชี้ของโอห์มมอเตอร์จึงเคลื่อนที่ไปชี้ที่ตำแหน่ง $\infty\Omega$ ดังรูปที่ 2.61



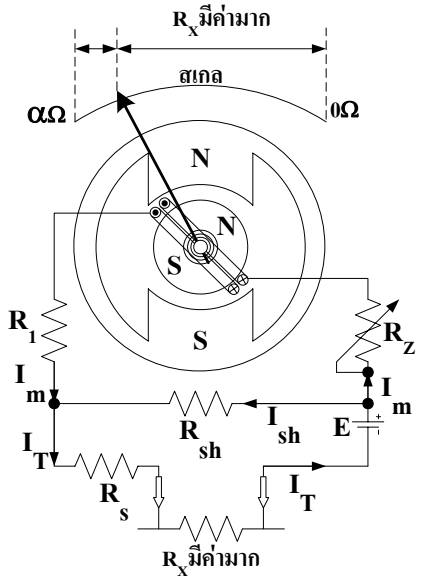
รูปที่ 2.61 แสดงนำปลายสายวัดเปิดวงจรของโอห์มมิเตอร์แบบโวลต์มิเตอร์

จากรูปที่ 2.61 เมื่อนำปลายสายวัดเปิดวงจรออกจากกัน จะไม่มีกระแสไฟฟ้า I_T ไหลออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า E เพราะไม่ครบวงจร จึงไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ แกนเหล็กอ่อนจึงไม่มีอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้า จึงไม่มีแรงผลักระหว่างขั้วแม่เหล็ก ขดลวดเคลื่อนที่ จึงไม่เคลื่อนที่ เข็มชี้จึงอยู่กับที่ด้านซ้ายมือ ตำแหน่ง $\propto\Omega$ นั่นคือ **ตำแหน่ง 0Ω ของโอห์มมิเตอร์แบบโวลต์มิเตอร์จึงอยู่ทางด้านขวามือ**

3. เมื่อนำปลายสายวัด วัดค่าความต้านทานไฟฟ้าใดๆ (R_X)

- เมื่อ R_X มีค่ามาก

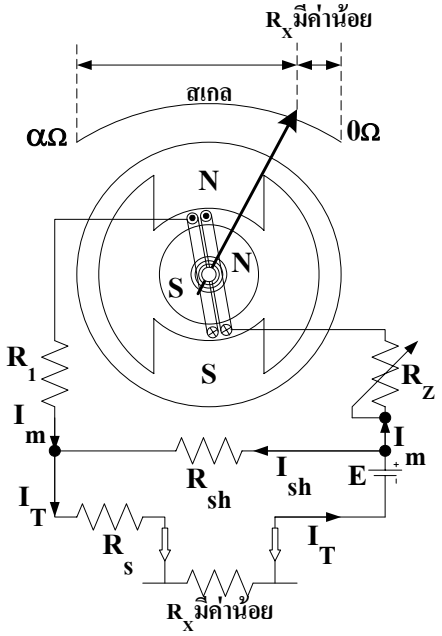
ถ้าหากค่า R_X มีค่ามาก กระแสไฟฟ้า I_T จะมีค่าน้อย ซึ่งเป็นไปตามกฎของโอห์ม ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่แบ่งไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ คือ I_Y จะมีค่าน้อย และอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้าที่แกนเหล็กอ่อนจึงมีค่าน้อย แรงผลักระหว่างขั้วแม่เหล็กจึงมีค่าน้อยไปด้วย เข็มชี้จึงเคลื่อนที่ได้น้อย ระยะทางจากตำแหน่ง 0Ω มายังตำแหน่งปัจจุบันของเข็มชี้จึงมีค่ามาก ซึ่งเป็นค่าของ R_X จึงมีค่ามากตามค่า R_X นั่นเอง ดังรูปที่ 2.62



รูปที่ 2.62 แสดงการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า R_X ที่มีค่ามากของโอห์มมิเตอร์แบบโวลต์มิเตอร์

- เมื่อ R_X มีค่าน้อย

ถ้าหากค่า R_X มีค่าน้อย กระแสไฟฟ้า I_T จะมีค่ามาก ซึ่งเป็นไปตามกฎของโอห์ม ดังนั้น กระแสไฟฟ้าที่แบ่งไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ คือ I_Y จะมีค่ามาก จึงทำให้อำนาจแม่เหล็กไฟฟ้าที่แกนเหล็กอ่อน มีค่ามาก แรงผลักระหว่างขั้วแม่เหล็กจึงมีค่ามากไปด้วย เข็มชี้จึงเคลื่อนที่ได้มากระยะทางจากตำแหน่ง 0Ω มายังตำแหน่งปัจจุบันของเข็มชี้จึงมีค่าน้อย ซึ่งเป็นค่าของ R_X จึงมีค่าน้อยตามค่า R_X นั่นเอง ดังรูปที่ 2.63



รูปที่ 2.63 แสดงการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า Rx ที่มีค่าน้อยของโอห์มมิเตอร์แบบโวลต์มิเตอร์

การกำหนดสเกลของโอห์มมิเตอร์

ในการกำหนดสเกลของโอห์มมิเตอร์ จะกำหนดโดยการปรับเทียบค่ากระแสไฟฟ้าที่ทำให้เข็มชี้เกิดการบ่ายเบนเป็นค่าความต้านทานไฟฟ้า และเพื่อให้สามารถเข้าใจวิธีการกำหนดสเกลของโอห์มมิเตอร์ได้ง่ายขึ้นในที่นี้จะขอยกตัวอย่างเฉพาะโอห์มมิเตอร์แบบอนุกรมเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ส่วนโอห์มมิเตอร์แบบขนาน แบบโวลต์มิเตอร์ จะมีหลักการเดียวกัน

จากหลักการทำงานของโอห์มมิเตอร์แบบอนุกรมเมื่อนำปลายสายวัดต่อลัดวงจรเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 2.64 จะทำให้เข็มชี้บ่ายเบนสูงสุดไปทางด้านขวามือ นั่นคือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะเป็นกระแสไฟฟ้า I_M โดยด้านขวามือจะเป็นตำแหน่ง 0Ω ถ้าไม่ตรงตำแหน่ง 0Ω ให้ทำการปรับค่า

ความต้านทานไฟฟ้า R_Z ดังนั้นค่ากระแสไฟฟ้า I_M ที่ไหลในวงจรไฟฟ้าจะสามารถหาได้โดยใช้กฎของโอห์มดังสมการ (2-50)

จาก
$$I_M = \frac{E}{(R_M + R_1 + R_Z)} \qquad (2\text{-}50)$$

เมื่อ I_M คือกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรแล้วทำให้เข็มชี้บ่ายเบนเต็มสเกล

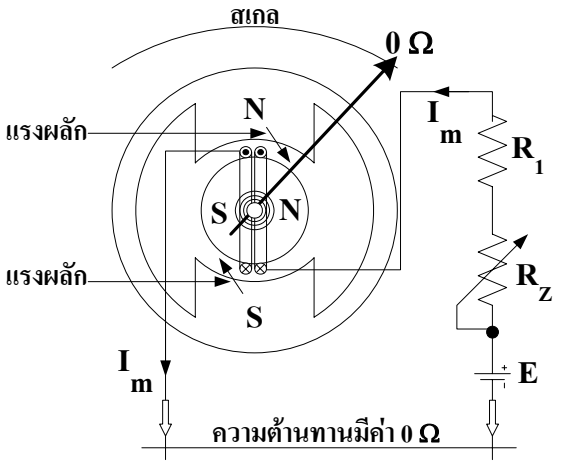
R_M คือ ความต้านทานไฟฟ้าของขดลวดเคลื่อนที่

R_1 คือ ความต้านทานไฟฟ้าจำกัดค่ากระแสไฟฟ้า I_M

R_Z คือ ความต้านทานไฟฟ้าปรับตำแหน่งศูนย์โอห์ม (0Ω)

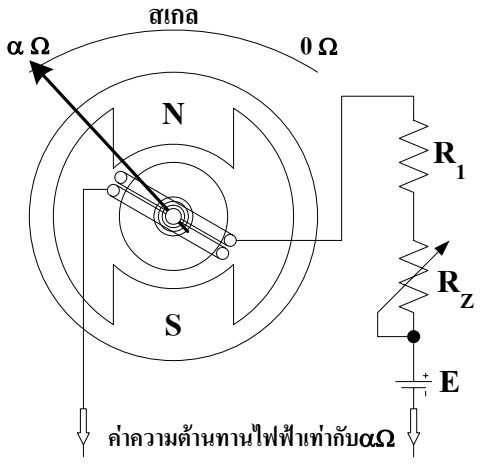
ถ้าให้ $R_T = (R_M + R_1 + R_Z)$

ดังนั้น
$$I_M = \frac{E}{(R_T)} \qquad (2\text{-}51)$$



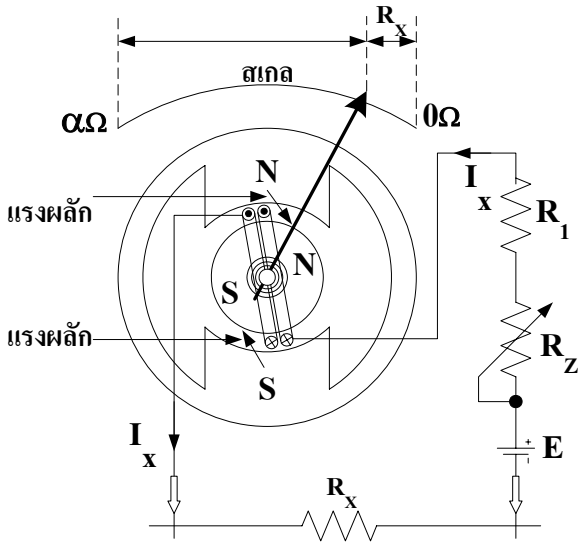
รูปที่ 2.64 แสดงการไหลของกระแสไฟฟ้า I_M ของโอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม

เมื่อนำปลายสายวัดเปิดวงจรออกจากกัน ดังรูปที่ 2.65 จะทำให้เข็มชี้ไม่เกิดการบ่ายเบน เข็มชี้จะอยู่ที่ตำแหน่งเดิมคือ ด้านซ้ายมือ และตำแหน่งนี้คือ ตำแหน่ง $\propto\Omega$



รูปที่ 2.65 แสดงตำแหน่ง $\propto\Omega$ ของโอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม

เมื่อนำปลายสายวัด วัดค่าความต้านทานไฟฟ้าใดๆ R_X ดังรูปที่ 2.66 โดยกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะเป็นกระแสไฟฟ้า I_X และเข็มชี้บ่ายเบนอยู่ระหว่างตำแหน่ง 0Ω กับตำแหน่ง $\propto\Omega$ ขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานไฟฟ้า R_X ดังนั้นค่ากระแสไฟฟ้า I_X ที่ไหลในวงจรไฟฟ้าจะสามารถหาได้โดยใช้กฎของโอห์มดังสมการ (2-52)



รูปที่ 2.66 แสดงการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า R_X ของโอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม

จาก $$I_X = \frac{E}{(R_T + R_X)} \qquad (2\text{-}52)$$

ถ้าให้ D คือ เปอร์เซ็นต์การบ่ายเบนของเข็มชี้

โดย $$D = I_X / I_M \qquad (2\text{-}53)$$

แทนค่า $$D = \frac{E \times (R_T)}{(R_T + R_X)E}$$

$$D = \frac{(R_T)}{(R_T + R_X)}$$

$$(R_T + R_X) = \frac{(R_T)}{D}$$

$$R_X = \frac{R_T}{D} - (R_T)$$

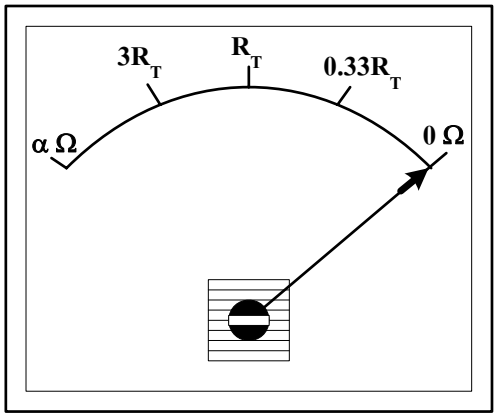
$$R_X = \frac{R_T - D(R_T)}{D}$$

ดังนั้น $$R_X = \frac{R_T(1-D)}{D} \qquad (2\text{-}54)$$

ตารางที่ 2.1 แสดงการปรับเทียบสเกลโอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม

เปอร์เซ็นต์การบ่ายเบนของเข็มชี้ (D)	$R_X=R_T(1-D)/D$
0.00	$\alpha\ \Omega$
0.25	3RT
0.50	1RT
0.75	0.33RT
1.00	$0\ \Omega$

หมายเหตุ การบ่ายเบนของเข็มชี้ 0.00 หมายถึง ไม่มีการบ่ายเบนของเข็มชี้
การบ่ายเบนของเข็มชี้ 1.00 หมายถึง เข็มชี้บ่ายเบนได้สูงสุด



รูปที่ 2.67 แสดงวิธีการกำหนดสเกลของโอห์มมิเตอร์

วิธีการใช้มัลติมิเตอร์

- การวัดโอห์ม (Ohm)

1. ต่อสายวัดสีแดงที่ขั้วต่อ (+) และสายวัดสีดำเข้าที่ขั้วต่อ (-) หรือ COM
2. หมุนซีเล็คเตอร์สวิทซ์เลือกย่านการวัดของโอห์ม
3. ทำการลัดวงจรปลายวัดทั้งสอง แล้วปรับปุ่ม Zero Ohm Adjust ให้เข็มมิเตอร์ชี้ที่

ตำแหน่งศูนย์ พอดี

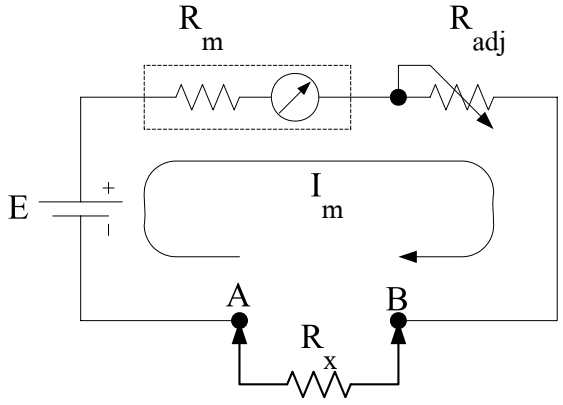
4. ขณะทำการวัดความต้านทานของอุปกรณ์ จะต้องไม่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อมอุปกรณ์ที่ทำการวัดขณะนั้น

5. เมื่อต่อสายวัดทดสอบความต้านทาน สามารถอ่านค่าจากสเกล

2.3.2 การขยายพิสัยเครื่องวัดความต้านทาน

1. โอห์มมิเตอร์ชนิดอนุกรม (Series Type ohmmeter)

โอห์มมิเตอร์ชนิดอนุกรม หมายถึง โอห์มมิเตอร์ที่มีวงจรส่วนที่เคลื่อนไหวขณะทำการตรวจวัด ต่ออนุกรมกับความต้านทานที่ต้องการทราบค่า กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านส่วนที่เคลื่อนไหวของโอห์มมิเตอร์ชนิดนี้เป็นตัวเดียวกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทานที่ต้องการทราบค่า ดังนั้นถ้าแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ลดลงจะมีผลต่อความต้านทานที่อ่านค่าได้จากโอห์มมิเตอร์กล่าวคือ การที่แรงดันไฟฟ้าลดลงนั้นแสดงว่ากระแสไฟฟ้าตอบสนองต่อความต้านทานภายนอกต่ำกว่าปกติ แม้ว่าจะลดค่า R_{adj} ก็ยังอ่านค่าได้สูงกว่าความต้านทานที่แท้จริง



รูปที่ 2.68 รูปวงจรพื้นฐานภายในโอห์มมิเตอร์ชนิดอนุกรม

จากรูปที่ 2.68 แสดงให้เห็นวงจรพื้นฐานภายในโอห์มมิเตอร์ชนิดอนุกรม

เมื่อ

E = แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ที่มีอยู่ภายในโอห์มมิเตอร์

R_m = ความต้านทานของส่วนที่เคลื่อนไหวภายในเครื่องวัด

R_{adj} = ความต้านทานที่ใช้ควบคุมให้โอห์มมิเตอร์อ่านค่าเป็นศูนย์ (Resistance of Zero control)

R_x = ความต้านทานที่ต้องการทราบค่า

$I = I_m$ = กระแสที่ไหลทั้งหมดในวงจร

ขณะใช้เครื่องวัดโอห์มมิเตอร์ชนิดอนุกรมนี้ วัดค่าความต้านทานจากภายนอก (R_x) ดังในรูปที่ 1 ถ้ากำหนดให้ I เป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานและส่วนที่เคลื่อนไหว จะได้สมการดังต่อไปนี้

$$E = I \cdot R_T \qquad (2.55)$$

$$R_T = R_m + R_{adj} + R_x \qquad (2.56)$$

แทนสมการ (2.56) ลงในสมการ (2.55) จะได้

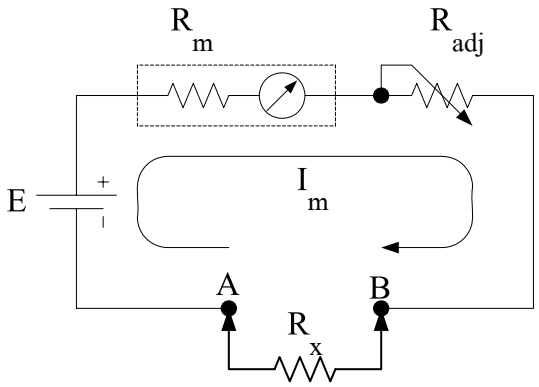
$$E = I \cdot (R_m + R_{adj} + R_x) \qquad (2.57)$$

เมื่อสายวัดทั้งสองของโอห์มมิเตอร์สัมผัสกันจะได้ $R_x = 0$ ดังนั้น

$$R_m + R_{adj} = \frac{E}{I_m} \qquad (2.58)$$

<u>ตัวอย่างที่ 2.41</u>

กำหนดให้โอห์มมิเตอร์ มีกระแสไฟฟ้าขณะเข็มเบี่ยงเบนเต็มสเกล 50 μA ความต้านทานของส่วนที่เคลื่อนไหวภายในเครื่องวัด 3 kΩ แบตเตอรี่ในเครื่องวัดมีค่า 1.5 Volt จงหาค่าความต้านทาน R_x ขณะกระแสไฟฟ้าของส่วนที่เคลื่อนไหวมีค่าเป็น 50 μA,40 μA ,30 μA ,20 μA,10 μA และ 0 μA.



รูปที่ 2.69

<u>วิธีทำ</u>

เมื่อ I = 50 μA เข็มของมิเตอร์จะเบี่ยงเบนเต็มสเกล แสดงว่าสายวัดสัมผัสกันจะได้ค่า $R_x = 0\,\Omega$ จากกรณีนี้หาค่า R_{adj} ได้จากสมการ (2.57)

$$R_m + R_{adj} = \frac{E}{I_m}$$

$$= \frac{1.5V}{50\mu A}$$

$$R_m + R_{adj} = 30\ k\Omega$$

ดังนั้น

$$R_{adj} = 30\ k\Omega - R_m$$

$$R_{adj} = 30\ k\Omega - 3\ k\Omega$$

$$R_{adj} = 27\ k\Omega$$

เมื่อ I = 40 μA

$$R_m + R_{adj} = \frac{E}{I_m}$$

$$= \frac{1.5V}{40\mu A}$$

$$R_m + R_{adj} = 37.5\ k\Omega$$

ดังนั้น

$$R_x = 37.5\ k\Omega - (R_m + R_{adj})$$

$$= 37.5\ k\Omega - (3\ k\Omega + 27\ k\Omega)$$

$$= 7.5\ k\Omega$$

เมื่อ I = 30 μA

$$R_m+R_{adj} = \frac{E}{I_m}$$
$$= \frac{1.5V}{30\mu A}$$
$$R_{m.} + R_{adj} = 50\ k\Omega$$

ดังนั้น

$$R_x = 50\ k\Omega - (R_m + R_{adj})$$
$$= 50\ k\Omega - (3\ k\Omega + 27\ k\Omega)$$
$$= 20\ k\Omega$$

เมื่อ I = 20 μA

$$R_m+R_{adj} = \frac{E}{I_m}$$
$$= \frac{1.5V}{20\mu A}$$
$$R_{m.} + R_{adj} = 75\ k\Omega$$

ดังนั้น

$$R_x = 75\ k\Omega - (R_m + R_{adj})$$
$$= 75\ k\Omega - (3\ k\Omega + 27\ k\Omega)$$
$$R_x = 45\ k\Omega$$

เมื่อ I = 10 μA

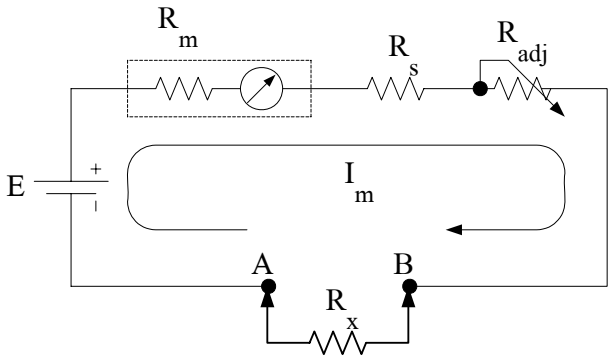
$$R_m+R_{adj} = \frac{E}{I_m}$$
$$= \frac{1.5V}{10\mu A}$$
$$R_m + R_{adj} = 150\ k\Omega$$

ดังนั้น

$$R_x = 150\ k\Omega - (R_m + R_{adj})$$
$$= 150\ k\Omega - (3\ k\Omega + 27\ k\Omega)$$
$$= 120\ k\Omega$$

เมื่อ I = 0 μA แสดงว่าเข็มของโอห์มมิเตอร์ไม่เบี่ยงเบนจะได้ค่า $R_x = \infty$ **ตอบ.**

จากตัวอย่างที่ 2.41 ค่าความต้านทาน R_{adj} มีค่า 27kΩ ซึ่งจะช่วยจำกัดกระแสให้ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่พอดี 50 μA ซึ่งถ้าปรับค่า R_{adj} ให้มีค่าลดลงต่ำมากๆ ก็อาจเกิดผลความเสียหายแก่ขดลวดเคลื่อนที่ได้ในกรณีที่ชอร์ตปลาย X-Y เข้าด้วยกัน เนื่องจากในขณะนั้นมีค่า R_T ในวงจรมีค่าต่ำ กระแสจึงไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่มากเกินกว่าพิกัดของขดลวดเคลื่อนที่ การแก้ไขทำได้โดยเพิ่มตัวต้านทานอันดับค่าคงที่ (R_s) อีกค่าหนึ่งเข้าไปในวงจรโดยต่ออันดับกับขดลวดเคลื่อนที่ เพื่อช่วยป้องกันกระแสจำนวนมากไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่



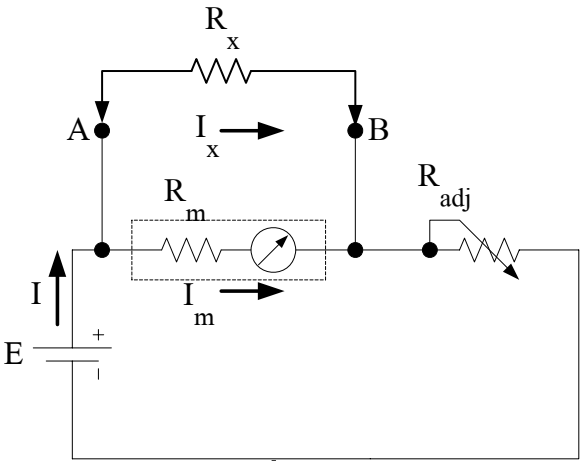
รูปที่ 2.70 วงจรวงจรโอห์มมิเตอร์แบบอนุกรมที่เพิ่ม R_s

จากรูปที่ 2.70 เป็นวงจรโอห์มมิเตอร์แบบอันดับที่เพิ่มตัวต้านทาน R_s เข้าไปในวงจรเพื่อป้องกันกระแสจำนวนมากผ่านมิเตอร์เนื่องจากการปรับลด R_{adj} ต่ำสุด ค่าความต้านทานอันดับนี้จะใช้ค่าประมาณ 10 – 20 % ของค่าความต้านทานทั้งหมดในวงจรก่อนต่อ R_x เมื่อทำการวัดหาค่า R_x แล้ว
จะได้สมการดังนี้

$$I_m = \frac{E}{R_m + R_s + R_{adj} + R_x} \qquad (2.59)$$

2. โอห์มมิเตอร์แบบขนาน(Shunt Type ohmmeter)

โอห์มมิเตอร์แบบขนาน(Shunt Type ohmmeter) ถือว่าเป็นโอห์มมิเตอร์แบบพื้นฐานอีกแบบหนึ่ง ส่วนประกอบโครงสร้างจะคล้ายกับโอห์มมิเตอร์แบบอันดับคือ จะประกอบด้วย มิเตอร์ แหล่งจ่ายไฟ ตัวต้านทานปรับค่าได้ โดยมีตัวต้านทานที่ไม่ทราบค่าที่ต้องการวัดค่าต่อขนาน กับมิเตอร์จึงถูกเรียกว่า **โอห์มมิเตอร์แบบขนาน**



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

รูปที่ 2.71 วงจรโอห์มมิเตอร์แบบขนาน

เมื่อ E = แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ที่มีอยู่ภายในโอห์มมิเตอร์

R_m = ความต้านทานของส่วนที่เคลื่อนไหวภายในเครื่องวัด

R_{adj} = ความต้านทานที่ใช้ควบคุมให้โอห์มมิเตอร์อ่านค่าเป็นศูนย์ (Resistance of Zero control)

R_x = ความต้านทานที่ต้องการทราบค่า

R_s = ความต้านทานจำกัดกระแส

I = กระแสที่ไหลทั้งหมดในวงจร

I_x = กระแสที่ไหลผ่านตัวต้าน R_x ที่จุด A และจุด B

I_m = กระแสที่ไหลมิเตอร์

จากรูปที่ 2.71 ขณะทำการปรับแต่งให้กระแสไหลผ่านมิเตอร์เท่ากับกระแสเต็มสเกล (I_m) ขณะไม่ได้ต่อตัวต้านทาน R_x ที่จุด A และจุด B จะได้สมการดังต่อไปนี้

$$I_m = \frac{E}{R_m + R_s + R_{adj}} \qquad (2.60)$$

จากรูปที่ 2.71 เมื่อนำตัวต้านทานไม่ทราบค่ามาต่อที่จุด X และจุด Y จะทำให้มีกระแสไหลผ่านมิเตอร์ กระแสที่ไหลผ่านมิเตอร์จะสามารถหาค่าได้จากสมการดังต่อไปนี้

กำหนดให้ตัวต้านทานที่จุด A และจุด B เป็น R_{ab}

$$R_{ab} = \frac{R_m \times R_x}{R_m + R_x} \qquad (2.61)$$

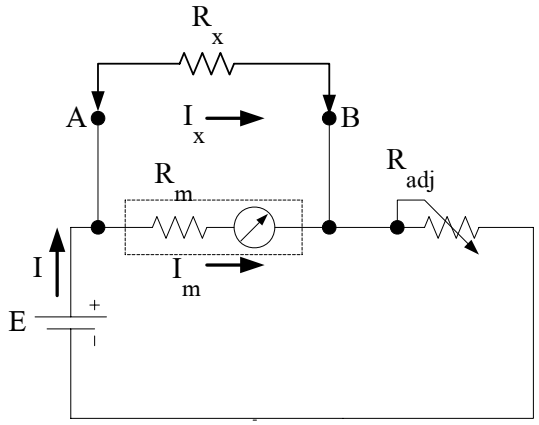
กำหนดให้ I เป็นกระแสที่ไหลในวงจรขณะต่อตัวต้านทานที่จุด A และจุด B

และ I_m เป็นกระแสที่ไหลผ่านมิเตอร์ขณะต่อตัวต้านทานที่จุด A และจุด B

$$\therefore \quad \frac{I_m \times R_m}{R_{ab}} = \frac{E}{R_m + R_s + R_{adj}}$$

$$I_m = \frac{E}{R_m + R_s + R_{adj}} \times \frac{R_{ab}}{R_m} \qquad (2.62)$$

ตัวอย่างที่ 2.42 ในวงจรโอห์มมิเตอร์แบบขนาน มิเตอร์สามารถทนกระแสได้สูงสุด 50 μA และความต้านทานภายใน ของมิเตอร์มีค่าเท่ากับ 3 kΩ ตัวต้านทาน R_{adj} มีค่าเท่ากับ 2.8 kΩ และ R_x มีค่าเท่ากับ 10 kΩแรงดันที่จ่ายให้วงจร 1.5 Volt จงคำนวณหาค่ากระแสที่ไหลผ่านมิเตอร์ขณะต่อตัวต้านทาน R_x



รูปที่ 2.72

<u>วิธีทำ</u>

กำหนดให้ I_m เป็นกระแสที่ไหลผ่านมิเตอร์ขณะต่อตัวต้านทานที่จุด A และจุด B

$$R_{ab} = \frac{R_m \times R_x}{R_m + R_x}$$

$$R_{ab} = \frac{3k\Omega \times 10k\Omega}{3k\Omega + 10k\Omega}$$

$$= 2.3\ k\Omega$$

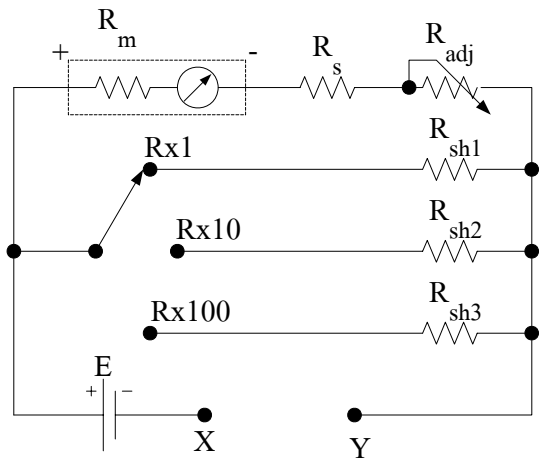
$$\frac{I_m \times R_m}{R_{ab}} = \frac{E}{R_z + R_{ab}}$$

$$I_m = \frac{1.5V}{2.8k\Omega + 2.3k\Omega} \times \frac{2.3k\Omega}{3k\Omega}$$

$$I_m = 0.225\ mA. \qquad \textbf{<u>ตอบ.</u>}$$

3. โอห์มมิเตอร์แบบหลายพิสัยวัด(Multiple-Range ohmmeters)

โอห์มมิเตอร์ที่มีหลายพิสัยการวัด (Multiple-range ohmmeters) มักจะเป็นโอห์มมิเตอร์ประเภทขนาน - อนุกรม เพราะต่อกับความต้านทานขยายพิสัยการวัดได้ทีละหลายตัวพร้อมกัน



รูปที่ 2.73

จากรูปที่ 2.73 แสดงให้เห็นวงจรภายในของเครื่องมือวัดชนิดนี้ ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เคลื่อนไหวต่ออนุกรมอยู่กับ R_{adj} ,R_sและต่อขนานกับตัวต้านทานสำหรับขยายพิสัยการวัด (R_{sh}) โดยใช้สวิทช์เลือกพิสัยการวัดเป็นตัวกลางในการต่อตัวความต้านทานที่เหมาะสมกับพิสัยการวัดนั้นๆ สำหรับจุด X และจุด Y แทนสายวัด (Test Lead)ของโอห์มมิเตอร์

จากรูป จะหาค่าความต้านทานรวม (R_T) จากสมการต่อไปนี้

$$R_T = \frac{R_{sh} \times \left(R_m + R_{adj} + R_s\right)}{R_{sh} + R_m + R_{adj} + R_s} + R_{xy} \qquad (2.63)$$

เมื่อ R_{sh} = ความต้านทานชันท์

R_{xy} = ความต้านทานที่ต้องการทราบค่า

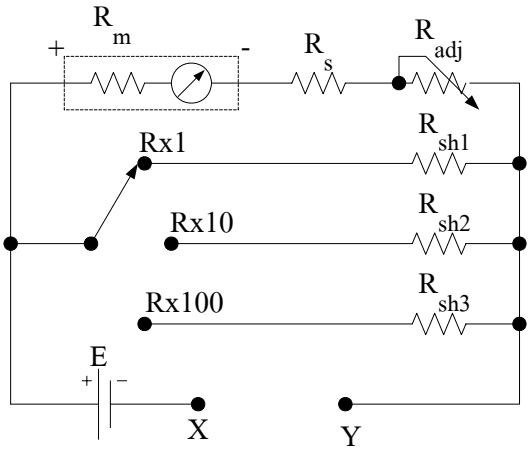
ในกรณีที่สายวัดของโอห์มมิเตอร์ชนิดนี้สัมผัสกัน เข็มจะเบี่ยงเบนเต็มสเกล (บางครั้งต้องปรับ R_{adj} ด้วย) แสดงว่า $R_x = 0\ \Omega$

<u>ตัวอย่างที่ 2.43</u>

จากรูปที่ 2.74 ถ้าสวิตช์เลือกพิสัยการวัดตั้งอยู่ที่ตำแหน่ง R × 1 จงหาค่าต่อไปนี้

1. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_{sh1} ขณะ $R_x = \infty$

2. ค่าของ R_{adj} ที่ทำให้โอห์มมิเตอร์ชี้ไปที่ $0\ \Omega$
3. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_{sh1} ขณะ $R_x = 0\ \Omega$
4. ความต้านทานรวม เมื่อ $R_x = 10\ \Omega$



รูปที่ 2.74

เมื่อ $R_m = 3\ k\Omega$

$R_s = 680\Omega$

$I_m = 50\ \mu A.$

<u>วิธีทำ</u>

1. เมื่อ $R_x = \infty$ แสดงว่าส่วนประกอบต่างๆ ของวงจรที่ทำการวัดค่าไม่สมบูรณ์ (สายวัดไม่สัมผัสกันและยังไม่ได้วัดค่า R_x)ดังนั้น $I_m = 0$, $I_{sh1} = 0$ ตำแหน่งของเข็มยังคงชี้ที่เดิมคือ ∞
2. เมื่อเข็มชี้ที่ศูนย์ ($R_x = 0$) แสดงว่าสายวัดสัมผัสกัน

$$R_m + R_{adj} + R_s = \frac{E}{I_m}$$

$$R_{adj} = \frac{E}{I_m} - (R_m + R_s)$$

$$= \frac{1.5V}{50\mu A} - (3k\Omega + 680\Omega)$$

$$R_{adj} = 26.32\ k\Omega$$

3. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_{sh1} ขณะ $R_x = 0\ \Omega$

$$I_{sh1} = \frac{E}{R_{sh1}}$$

$$= \frac{1.5V}{10\Omega}$$

$$I_{sh1} = 150\ mA.$$

4. เมื่อ $R_x = 10\ \Omega$

$$R_T = \frac{R_{sh} \times \left(R_m + R_{adj} + R_s\right)}{R_{sh} + R_m + R_{adj} + R_s} + R_{xy}$$

$$= \frac{10\Omega\left(3k\Omega + 680\Omega + 26.32k\Omega\right)}{10\Omega + 3k\Omega + 680\Omega + 26.32k\Omega} + 10\Omega$$

$$R_T = 19.99\ \Omega \qquad \underline{\textbf{ตอบ}}$$

จากเรื่องของโอห์มมิเตอร์แบบอันดับ มีข้อเสียตรงที่วัดค่าความต้านทานต่ำ ๆ ได้ไม่ถูกต้อง ทั้งนี้เนื่องจากค่าความต้านทานภายในมิเตอร์มีค่าสูง ดังนั้นถ้าต้องการวัดค่าความต้านทานต่ำต้องลดค่าความต้านทานภายในลง โดยต่อตัวต้านทานค่าต่ำขนานกัน ความต้านทานภายในมิเตอร์ คือ ดัดแปลงเป็นโอห์มมิเตอร์หลายพิสัย คือจะต้องใช้สเกลในการวัดค่าเพียงสเกลเดียว ดังนั้นการสร้างโอห์มมิเตอร์จึงต้องถือกลางสเกลเป็นส่วนสำคัญเพื่อจะทำให้สามารถใช้สเกลรวมกันได้

ถ้าเข็มมิเตอร์ ชี้กลางสเกลแสดงว่าความต้านทานที่นำมาวัดค่าจะมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานภายในมิเตอร์ ดังนั้นถ้าความต้านทานภายในต่ำจะวัดค่าความต้านทานได้ต่ำและถ้าความต้านทานภายในมิเตอร์มีค่าสูงจะวัดค่าความต้านทานได้สูง การเปลี่ยนค่าความต้านทานภายในมิเตอร์ ทำได้โดยการเปลี่ยนความต้านทานที่มีต่อขนานกัน ความต้านทานภายในมิเตอร์คือดัดแปลงเป็นโอห์มมิเตอร์หลาย ๆ พิสัย มักนิยมทำให้ค่ากลางสเกลเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนเท่า เช่น 10 เท่า 100 เท่า 1,000 เท่า 10,000 เท่า เป็นต้น โดยการเพิ่มค่าการวัดกลางสเกลเป็นหลัก ดังตัวอย่างนี้

พิสัย $\times 1$ ค่ากลางสเกลมีค่า $15\ \Omega$

พิสัย $\times 10$ ค่ากลางสเกลมีค่า $150\ \Omega$

พิสัย $\times 100$ ค่ากลางสเกลมีค่า $1.5\ k\Omega$

พิสัย $\times 1K$ ค่ากลางสเกลมีค่า $15\ k\Omega$

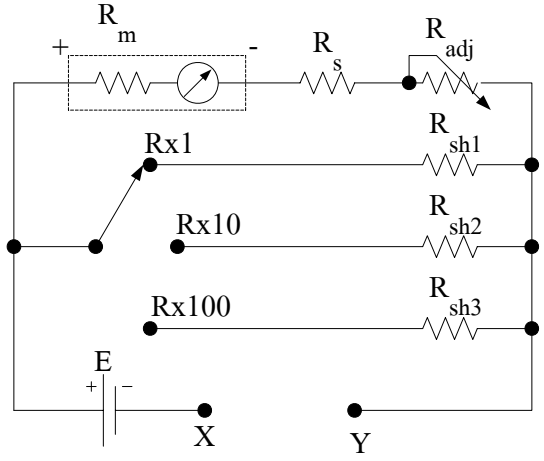
พิสัย $\times 10\ K$ ค่ากลางสเกลมีค่า $150\ k\Omega$

การหาค่าความต้านทานมาต่อเพื่อลดหรือเพิ่มค่าความต้านทานภายในมิเตอร์ สิ่งที่จะต้องทราบก่อนดังนี้

1. ค่าของกระแสเต็มสเกลของมิเตอร์
2. ค่าความต้านทานภายในเดิมของมิเตอร์
3. ค่ากลางสเกลของโอห์มในพิสัยต่ำสุด

ตัวอย่างที่ 2.44

มิเตอร์ตัวหนึ่งมีค่ากระแสเต็มสเกล 50 ไมโครแอมป์ ความต้านทานภายในมิเตอร์ 2 กิโลโอห์ม เมื่อต้องการทำเป็นโอห์มมิเตอร์วัดได้ 3 พิสัย คือ พิสัย ×1 , ×10 , ×1K กำหนดค่ากลางสเกลของพิสัยต่ำสุดเท่ากับ 20 โอห์มใช้แบตเตอรี่ในวงจร 3 โวลต์ จงหาค่าความต้านทานมาต่อขยายพิสัยวัดของโอห์มมิเตอร์แต่ละพิสัย



รูปที่ 2.75 โอห์มมิเตอร์โพเทนทิโอห์มมิเตอร์แบบ 3 พิสัยวัด

วิธีทำ

(ก) หาความต้านทาน $R_S + R_{adj}$ โดยลัดวงจรจุด X-Y

$$R_s + R_m + R_{adj} = \frac{E}{I_M}$$

$$R_s + R_{adj} + 2\,K\Omega = \frac{3V}{50x10^{-6}\,A}$$

$$R_s + R_{adj} = 60\,k\Omega - 2k\Omega$$

$= \quad 58\ k\Omega$

ใช้ $R_s \quad = \quad 40\ k\Omega$

ใช้ $R_{adj} \quad = \quad 20\ k\Omega$ ชนิดปรับค่าได้

R_s ควรใช้ค่ามากเพื่อป้องกันไฟกระชากผ่านมิเตอร์มากไป ขณะปรับลดค่า R_{adj} ต่ำสุดซึ่งในขณะปรับลดค่า R_{adj} ต่ำสุดเมื่อลัดวงจรจุด X-Y กระแสไม่ควรไหลผ่านมิเตอร์เกินกว่า 50% ที่มิเตอร์ต้องการ

ดังนั้นมิเตอร์ต้องการกระแสเต็มสเกล 50 ไมโครแอมป์ ควรมีกระแสไหลผ่านมากที่สุดไม่ควรเกิน 75 ไมโครแอมป์

ถ้าใช้ $R_s = 40\ k\Omega$ มีกระแสผ่านมิเตอร์ สูงสุด $= \dfrac{E}{R_S + R_m}$

$$I_{fs} = \frac{3V}{40K\Omega + 2K\Omega}$$

$$= 71.4\ \mu A$$

R_{adj}ควรเลือกให้มากว่าค่าที่ต้องการจริง เพราะปรับค่าได้ เพื่อทำให้สามารถปรับให้กระแสไหลผ่านมิเตอร์เต็มสเกลพอดีก่อนการใช้งาน

(ข) หาความต้านทานในพิสัย $\times 1$ กลางสเกลพิสัย X1 $= 20$

R กลางสเกลพิสัย $\times 1 \quad = (R_s + R_m + R_{adj}) \,//\, R1$

$$20\ \Omega = \frac{(R_s + R_m + R_{adj}) x R1}{(R_s + R_m + R_{adj}) + R1}$$

$$20\ \Omega = \frac{(60K\Omega) \times R1}{(60K\Omega) + R1}$$

$$20\Omega\,(60K\Omega + R1) = 60\ K\Omega \times RI$$

$$1.2\ M\Omega^2 + 20\ \Omega\ R1 = 60\ K\Omega \times R1$$

$$59.98\ K\Omega\ R1 = 1.2\ M$$

$$R1 = \frac{1.2M\Omega^2}{59.98K\Omega}$$

$$= 20\ \Omega$$

(ค) หาค่าความต้านทานในพิสัย $\times 10$ R กลางสเกลในพิสัย $\times\ 10 = 200\ \Omega$

R กลางสเกลพิสัย $\times 10 \quad = (R_s + R_m + R_{adj}) \,//\, R_2$

$$200\Omega = \frac{(R_s + R_m + R_{adj}) \times R1}{(R_s + R_m + R_{adj}) + R1}$$

$$200\ \Omega = \frac{(60K\Omega)\times R2}{(60K\Omega)+R2}$$

$$200\ \Omega\ (60k\Omega + R_1) = 60\ k\Omega \times R_2$$

$$(12\ M\Omega)^2 + 200\ \Omega\ R_1 = 60\ k\Omega \times R_2$$

$$60\ k\Omega\ R_2 - 200\ R_2 = (12\ M\Omega)^2$$

$$59.8\ k\Omega\ R_2 = (12\ M\Omega)^2$$

$$R_2 = \frac{12M\Omega}{59.8K\Omega}$$

$$= 200.7\ \Omega \sim 200\ \Omega$$

(ง) หาความต้านทาน ×1k กลางสเกลพิสัย ×1k = 20 kΩ

R กลางสเกลพิสัย ×1K $= (R_S + R_m + R_{adj})\ //\ R3$

$$20k\Omega = \frac{(60K\Omega)\times R_3}{(60K\Omega)+R_3}$$

$$20\ k\Omega\ (60\ k\Omega + R_3) = 60\ k\Omega \times R_3$$

$$1{,}200\ M\Omega + 20\ k\Omega\ R_3 = 60\ k\Omega \times R_3$$

$$60\ k\Omega R_3 - 20\ k\Omega R_3 = (1{,}200\ M\Omega)^2$$

$$40\ k\Omega\ R_3 = (1{,}200\ M\Omega)^2$$

$$R_3 = \frac{1{,}200M\Omega}{40K}$$

$$= 30\ k\Omega$$

ตอบ

R_S = 40 kΩ

R_{adj} = 20 kΩ

R_1 = 20 Ω

R_2 = 200 Ω

R_3 = 30 kΩ

สรุป

โอห์มมิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นมาเพื่อวัดอุปกรณ์เฉพาะความต้านทาน และมีประโยชน์ต่อเนื่องไปถึงการวัดอุปกรณ์อื่น ๆ ได้ด้วย เช่น วัดการตัดต่อของสวิตซ์ หน้าสัมผัส ตลอดจนวัดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ว่าดี เสียได้ด้วย

โครงสร้างของโอห์มมิเตอร์ประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 3 อย่าง คือ อาร์สันวาล์มิเตอร์ แบตเตอรี่ (ถ่านไฟฉาย) และตัวต้านทานปรับค่าได้ โดยนำอุปกรณ์ 3 ส่วนดังกล่าวมาต่อวงจรได้โอห์มมิเตอร์ขึ้นมาและปรับแต่งสเกลหน้าปัดให้บอกค่าเป็นโอห์ม (Ω) โอห์มมิเตอร์แบ่งลักษณะการต่อวงจรออกเป็น 3 แบบด้วยกันคือ แบบอันดับ แบบขนาน และแบบปรับแบ่งแรงดัน

โอห์มมิเตอร์แบบอันดับ คือ โอห์มมิเตอร์ที่มีตัวต้านทานไม่ทราบค่าที่ต้องการวัดต่อเป็นอันดับกับ ขดลวดเคลื่อนที่ของมิเตอร์ สภาวะการบ่ายเบนของเข็มมิเตอร์จะขึ้นอยู่กับขนาดของความต้านทานที่ไม่ทราบค่า ถ้าขนาดความต้านทานไม่ทราบค่าสูง จะจำกัดกระแสให้ผ่านขดลวดเคลื่อนที่น้อย ถ้าขนาดความต้านทานไม่ทราบค่าต่ำ จะจำกัดกระแสให้ผ่านขดลวดเคลื่อนที่มาก ผลดังกล่าวเข็มมิเตอร์จะชี้ค่าวัดความต้านทานออกมา

โอห์มมิเตอร์แบบขนาน เป็นโอห์มมิเตอร์ที่วัดค่าความต้านทานค่าต่ำ ๆ ได้ดี จากผลการต่อความต้านทานไม่ทราบค่าขนานกับมิเตอร์นั่นเอง ในทำนองเดียวกันการต่อตัวต้านทานไม่ทราบค่า ค่าต่ำ ๆ ขนานกับมิเตอร์ ก็สามารถนำโอห์มมิเตอร์ไปวัดความต้านทานต่ำได้เช่นกันและสามารถเปลี่ยนค่าความต้านทานของมิเตอร์ได้ ทำให้สามารถวัดค่าความต้านทานได้กว้างเรียกโอห์มมิเตอร์แบบนี้ว่าแบบปรับแรงดัน โดยอาศัยตัวต้านทานขนาดค่าต่ำ ที่ต่อร่วมกับตัวต้านทานที่ต้องการวัดค่า ต่อเป็นวงจรแบ่งแรงดัน ผลการแบ่งแรงดันจะทำให้มีแรงดันไฟตกคร่อมขดลวดเคลื่อนที่ของมิเตอร์เปลี่ยนแปลง ส่งผลให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่เปลี่ยนไป เกิดการบ่ายเบนที่เปลี่ยนแปลงเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงสเกลหน้าปัดให้เป็นสเกลโอห์มมิเตอร์ก็สามารถอ่านค่าความต้านทานที่ทำการวัดได้

สเกลของโอห์มมิเตอร์แบบขานจะตรงข้ามกับสเกลของโอห์มมิเตอร์แบบอันดับ คือ มี 0 อยู่ทางซ้ายมือ และ มี ∞ อยู่ทางขวามือ

โอห์มมิเตอร์แบบการปรับแบ่งแรงดัน ความจริงมีโครงสร้างมาจากโอห์มมิเตอร์แบบอันดับโดยทำการดัดแปลงส่วนประกอบวงจรคือเพิ่มตัวต้านทานค่าต่ำขนานกับมิเตอร์ ดังนั้นสเกลของโอห์มมิเตอร์แบบนี้จะมีสเกลเหมือนกับโอห์มมิเตอร์อันดับ คือ 0 อยู่ทางขวามือ และ ∞ อยู่ทางซ้ายมือ

โอห์มมิเตอร์แบบหลายพิสัยวัด คือ โอห์มมิเตอร์ที่วัดค่าความต้านทานได้กว้าง ตั้งแต่ค่าต่ำไปหาค่าสูง โดยอาศัยหลักการของโอห์มมิเตอร์แบบปรับแรงดันพิสัยวัดถูกสร้างให้เพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณ 1 เท่า 10 เท่า 100 เท่า 1,000 เท่า ส่วนสำคัญของโอห์มมิเตอร์หลายพิสัยวัด คือ จะต้องใช้

สเกลการวัดค่าเพียงสเกลเดียว การกำหนดค่าสเกลจะต้องมองที่พิสัยกลางสเกลของโอห์มมิเตอร์พิสัยต่ำสุด

2.3.3 การวัดค่าความต้านทานหลักดิน

1. การวัดค่าความต้านทานดินโดยหลักการ Fall of Potential

ระบบดิน (Earth System) เปรียบประหนึ่งดั่งแหล่งที่ใช้สำหรับทิ้งขยะทางไฟฟ้า เช่น สัญญาณรบกวน (Noise) ตลอดถึงกำลังไฟฟ้าเกินชั่วขณะที่ไม่พึงประสงค์ ศักยภาพในการทำงานของระบบดิน ก็จะขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานหรือค่าอิมพีแดนซ์ของระบบดินเอง ยิ่งระบบดินมีค่าความต้านทานหรือค่าอิมพีแดนซ์สูงเท่าไหร่ ย่อมส่งผลร้ายต่อระบบงานโดยตรง อันเนื่องมาจากการพิจารณาอย่างง่าย ๆ โดยอาศัยกฎของโอห์ม นั่นก็คือ ระบบดินมีค่าความต้านทานหรือค่าอิมพีแดนซ์อยู่ค่าหนึ่ง จึงส่งผลให้เกิดศักย์ไฟฟ้าปรากฏที่ระบบดินในช่วงเวลานั้นผลลัพธ์ที่ตามมาหากเกิดศักย์ไฟฟ้าที่ระบบดินสูงกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าปกติ (AC Line) ของระบบงานคือ จะเกิดกระแสไฟฟ้าจากศักย์ไฟฟ้าที่สูงกว่า ไหลไปสู่ที่ต่ำกว่า โดยเราสามารถสังเกตเห็นได้โดยง่ายสำหรับระบบงานที่มีค่าความต้านทานหรือค่าอิมพีแดนซ์สูง มักจะเกิดร่องรอยของการอาร์กดำขึ้นตามบริเวณขอบสัมผัสของตู้หรือเครื่องไฟฟ้าในระบบงาน

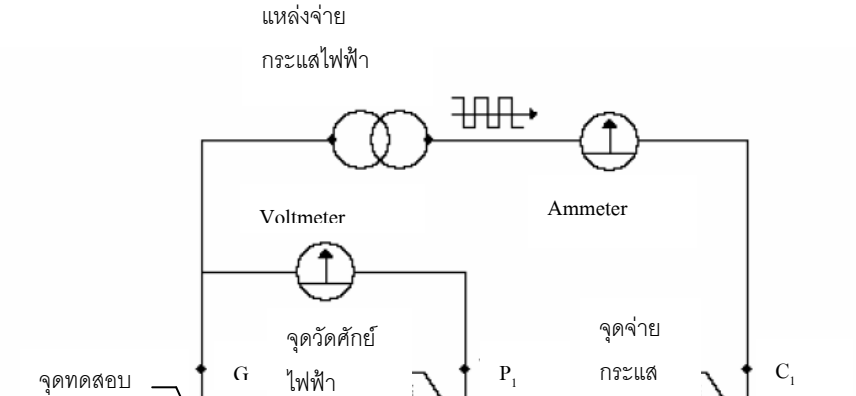
สองตัวแปรสำคัญที่จะเป็นผลให้ศักย์แรงดันไฟฟ้า ณ ระบบดินมีค่าสูงหรือต่ำ นั่นก็คือ ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลลงสู่ระบบดินกับค่าความต้านทานหรือค่าอิมพีแดนซ์ของระบบดิน สำหรับค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลลงสู่ระบบดิน เราไม่สามารถจำกัดได้ว่าจะมีค่าเป็นเท่าไหร่ ซึ่งหากเป็นกระแสไฟฟ้าที่ไม่พึงประสงค์ อย่างเช่น Surge, Spike, Sag แน่นอนที่สุดว่า เราจะต้องเบี่ยงเบนให้สัญญาณที่ไม่พึงประสงค์เหล่านี้ ไหลลงสู่ระบบกราวด์สู่ระบบดินให้หมด เพื่อไม่ให้สร้างความเสียหายต่อระบบงาน

ทำให้เราคงเหลือค่าความต้านทานหรือค่าอิมพีแดนซ์ของระบบดินเพียงตัวแปรเดียวเท่านั้น ที่จะต้องดำเนินการทำให้มันมีค่าต่ำที่สุดเท่าที่สามารถจะทำได้

หัวข้อนี้จะนำเสนอเฉพาะขอบเขตในการวัดค่าความต้านทานดิน โดยอาศัยหลักการ Fall of Potential ซึ่งจะละไว้สำหรับวิธีการวัดค่าอิมพีแดนซ์ของระบบดิน

การทำความเข้าใจหลักการทำงานของเครื่องวัดค่าความต้านทานดิน สามารถนำเอากฎของโอห์มมาพิจารณาได้อย่างตรง ๆ ตัว พิจารณารูปที่ 2.76

มหาวิทยาลัยเท



รูปที่ 2.76 โครงสร้างของเครื่องวัดค่าความต้านทานดิน

โครงสร้างของเครื่องมือวัดค่าความต้านทานของระบบดิน จะประกอบด้วยแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า (Ammeter) เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า (Voltmeter) สำหรับ R ก็คือ ค่าความต้านทานของจุดที่ต้องการตรวจวัด

หลักการทำงานของเครื่องมือวัดค่าความต้านทานดิน สามารถอธิบายได้ว่า เครื่องมือวัดค่าความต้านทานดิน จะจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านทางหลักทดสอบ C1 (สายยาวสุด) ลงสู่ระบบดิน กระแสไฟฟ้าที่ถูกจ่ายออกมานี้ ก็จะไหลกลับมาครบวงจรที่หลักทดสอบร่วม (G) หรือเป็นจุดที่ต้องการวัดค่าความต้านทานดินนั่นเอง เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านระบบดิน แน่นอนที่สุดว่า ย่อมจะต้องเกิดแรงดันไฟฟ้าค่าหนึ่งปรากฏตกคร่อมอยู่ที่ระบบดิน ณ ขณะนั้น ซึ่งค่าแรงดันที่ปรากฏก็จะถูกดำเนินการตรวจวัดโดยเครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้า (Voltmeter) ที่อยู่ภายในเครื่องวัดค่าความต้านทานดิน

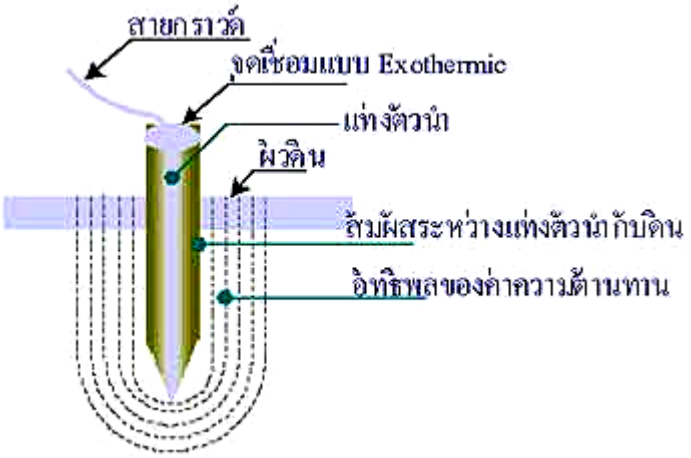
เครื่องมือวัดค่าความต้านทานดิน จะดำเนินการนำเอาค่ากระแสไฟฟ้า ซึ่งตรวจวัดโดย Ammeter และค่าแรงดันไฟฟ้า ซึ่งตรวจวัดโดย Voltmeter มาคำนวณหาค่าความต้านทานตามสมการ $R = V/I$

สำหรับค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการวัดของเครื่องมือวัดค่าความต้านทานดิน เราไม่มีโอกาสได้รับทราบ เพราะเครื่องมือวัดจะดำเนินคำนวณแสดงค่าความต้านทานดินออกมาให้เสร็จเลย

พฤติกรรมปกติของระบบดิน จะมีค่าความต้านทานหรืออิมพีแดนซ์อยู่ค่าหนึ่ง แต่เมื่อเราได้ดำเนินการฝังแท่งตัวนำ (อาจจะเป็นแท่งทองแดงหรือแท่งเหล็กเคลือบด้วยทองแดง) ลงไป จะส่งผลให้ค่าความต้านทานหรืออิมพีแดนซ์ของระบบดินในบริเวณนั้นมีค่าลดลง เป็นผลมาจากความเป็นตัวนำทางไฟฟ้าของแท่งตัวนำนั้น ๆ หากพิจารณาในรูปที่ 2.77 เส้นประที่แสดงอยู่รอบ

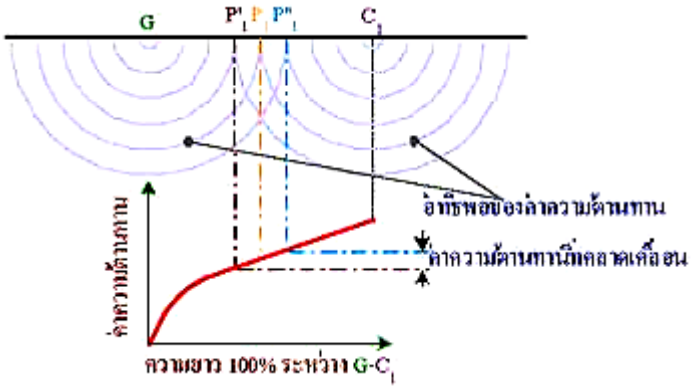
แท่งตัวนำ จะหมายถึง อิทธิพลของแท่งตัวนำที่ทำให้ค่าความต้านทานดินหรืออิมพีแดนซ์ในบริเวณรอบ ๆ แท่งตัวนำมีค่าลดลง

แท่งตัวนำที่ถูกฝังลงไปในดิน สามารถส่งผลให้การวัดค่าความต้านทานดินมีความผิดพลาดได้ ถ้าหากการวางตำแหน่งหลักทดสอบ P1 (สายยาวกลาง) และหลักทดสอบ C1 (สายยาวสุด) ไม่มีความเหมาะสม



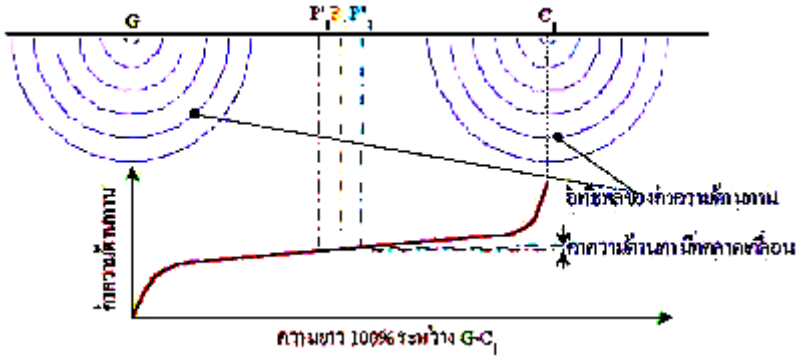
รูปที่ 2.77 อิทธิพลการลดลงของค่าความต้านทานดินอันเนื่องมาจากแท่งตัวนำที่ถูกฝัง

ให้พิจารณารูปที่ 2.78 โดยจุดร่วม (Common หรือ G) จะหมายถึงตำแหน่งหรือจุดที่ต้องการจะตรวจวัดค่าความต้านทานดิน จากรูปจะเห็นได้ว่า มีเส้นประล้อมรอบแท่งตัวนำ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลของค่าความต้านทานของดินในบริเวณที่ลดลง ส่วนจุด C1 (หลักทดสอบ) ก็จะเป็นไปในลักษณะเดียวกัน แต่สำหรับหลักหรือจุด P1 จะไม่มีผลทางอิทธิพลของค่าความต้านทานดินมารบกวนการวัด เพราะจุด P1 เป็นจุดที่ใช้ในการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าเท่านั้น ซึ่งจะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าหรือออกจากหลักทดสอบนี้



รูปที่ 2.78 การวางตำแหน่งหลัก P1 และ C1 ที่ไม่เหมาะสม

หากการวัดค่าความต้านทานดิน เราดำเนินการวางตำแหน่งหรือหลัก C1 อยู่ใกล้จุดวัดหรือจุดทดสอบมากเกินไป ก็จะเป็นผลให้อิทธิพลของค่าความต้านทานหรือจุดทดสอบกับจุด C1 เกิดตัดกัน ซึ่งทำให้ค่าความต้านทานดินที่วัดได้ ไม่มีความน่าเชื่อถือ (มีค่าที่ต่ำเกินจริง) โดยเราสามารถตรวจเช็คความถูกต้องของค่าความต้านทานดินที่วัดได้ว่าถูกต้องหรือไม่ โดยสามารถดำเนินการย้ายหลักทดสอบ P1 ไปที่ P1' และ P1" แล้วนำผลการวัดทั้งสามมาเปรียบเทียบกัน หากค่าความต้านทานที่วัดได้ทั้งสามมีความแตกต่างกันมาก แสดงว่าการวางหลักทดสอบ C1 กับ P1 ไม่ถูกต้อง



รูปที่ 2.79 การวางตำแหน่งหลัก P1 และ C1 ที่เหมาะสม

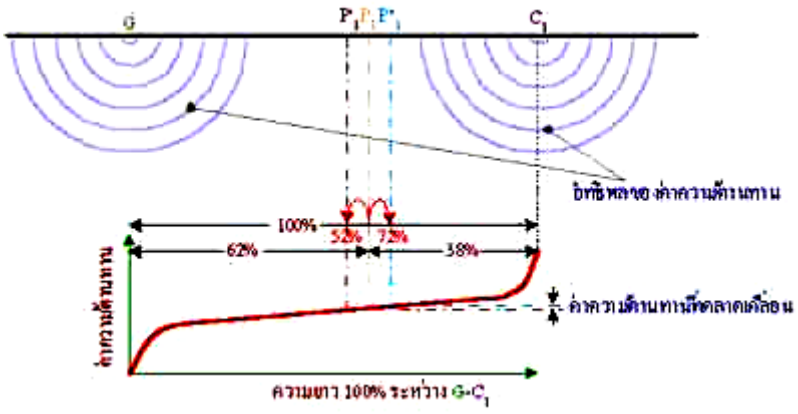
ทางออกเดียวในการวัดค่าความต้านทานดินที่ถูกต้องที่สุด นั้นก็คือเราจะต้องยืดความยาวของหลัก C1 ให้ไกลออกไปอีก ให้พิจารณารูปที่ 2.79 จากรูปเราจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า อิทธิพลของค่าความต้านทานดินระหว่างจุดทดสอบกับหลัก C1 ไม่มีการตัดกันอีกแล้ว (No Overlapping) หากนำเสนอเพียงเท่านี้ คงไม่สามารถหยั่งรู้ได้ว่า แล้วทางปฏิบัติจริงจะต้องมาวัดกันทุกระยะหรือ

ให้พิจารณารูปที่ 2.79 อีกครั้ง ซึ่งผลของค่าความต้านทานที่วัดได้ในตำแหน่ง P1', P1, P1" จะมีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก และถ้าเราพิจารณาค่าความต้านทานตลอดทั้งระยะ จะพบว่า ทิศทางในการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทาน จะออกมาในลักษณะตัวอักษร S และนี้จึงกลายเป็นที่มาของคำว่า S-Curve (เส้นสีแดง)

2. การวัดค่าความต้านทานดินโดยหลักการ 62 %

หลักการ 62% ถือว่าเป็น Subset ของการวัดค่าความต้านทานดินโดยอาศัยหลักการ Fall of Potential ถ้าหากพิจารณาหลักการวัดค่าความต้านทานดินโดยหลักการ Fall of Potential ตามที่ได้กล่าวมา เราคงไม่สามารถตัดสินใจได้ว่า จุด P1 ที่เหมาะสมนั้นควรจะมีระยะห่างจากจุดทดสอบ (G) เท่าไหร่ ซึ่งหลักการวัดค่าความต้านทานดินโดยอาศัยหลักการ 62% จะเข้ามาให้คำตอบในปัญหานี้

ให้พิจารณารูปที่ 2.80 ซึ่งเป็นไดอะแกรมแสดงการวัดค่าความต้านทานดิน ระบบดินที่ดำเนินการวัดในรูปนี้ เป็นระบบดินในลักษณะการฝังแท่งตัวนำ (Deep Ground หรือ Rod Ground) โดยการวัดค่าความต้านทานดินตามหลักการ 62% ก็จะหมายความว่า ระยะห่างระหว่างจุดทดสอบ (G) มีระยะห่างกับจุด P1 เท่ากับ 62% ของระยะห่างระหว่างจุดทดสอบ (G) กับจุด C1 และเพื่อความถูกต้องของการวัด เราจะต้องดำเนินการถอยจุด P1 กลับมา 10% (P1') และเดินหน้า 10% (P1") ค่าความต้านทานดินที่ตรวจวัดได้ทั้งสามครั้ง โดยตำแหน่งของหลัก P1 ที่ 52%, 62% และ 72% จะต้องมีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน



รูปที่ 2.80 ไดอะแกรมแสดงการวัดโดยอาศัยหลักการ 62 %

แต่ถ้าหากผลการวัดทั้งสามครั้ง ให้ผลที่มีความแตกต่างกันมาก หรือมีทิศทางที่ค่าความต้านทานจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ นั้นก็แสดงว่า ณ หลัก P1 ซึ่งเป็นจุดที่ 62% ไม่ใช่จุดที่เหมาะสมสำหรับการวัด ทางแก้ เราจะต้องเพิ่มระยะให้หลักทดสอบ C1 ยาวออกไปอีก แล้วดำเนินการวัดตามหลักการ 62% อีกครั้ง

ความยาวของสายที่ใช้ในการตรวจวัดซึ่งให้มากับตัวเครื่องวัดนั้น ไม่ใช่ความยาวมาตรฐานที่สามารถครอบคลุมการวัดระบบดินได้ทุกประเภท สำหรับการวัดค่าความต้านทานโดยอาศัยหลักการ Fall of Potential สามารถใช้ได้ดีกับระบบดินแบบฝังแท่งตัวนำเพียงแท่งเดียวเท่านั้น (Single Ground Rod) หากระบบดินมีการฝังแท่งตัวนำหลายแท่ง (Multiple Ground Rods) การวัดค่าความต้านทานดินโดยอาศัยหลักการ Fall of Potential จะให้ผลที่มีผิดพลาดสูง ซึ่งทางแก้ที่ถูกต้องที่สุด ควรนำเนินการวัดค่าความต้านทานทุก ๆ ระยะ เพื่อนำค่าความต้านทานมาเขียน S-Curve ซึ่งจะให้ผลที่ถูกต้องที่สุด

ข้อแนะนำในการวัดค่าความต้านทานดินโดยอาศัยหลักการ Fall of Potential

1. การวัดค่าความต้านทานดินโดยอาศัยหลักการ Fall of Potential จะให้ผลที่ถูกต้องที่สุด ก็ต่อเมื่อ ใช้ในการวัดระบบดินที่เป็นการฝังแท่งตัวนำเพียงแท่งเดียวเท่านั้น หากเป็นการวัดระบบดินที่มีหลายแท่งตัวนำ ควรดำเนินการวัดเพื่อเขียน S-Curve

2. ในงานภาคปฏิบัติทั่วไป ผู้ปฏิบัติงานมักจะยึดขนาดความยาวของสายวัดที่ให้มากับเครื่องมือวัดเป็นหลัก ซึ่งถ้าหากนำไปวัดระบบดินที่ดำเนินฝังแท่งตัวนำลึกมาก ๆ ผลการวัดจะผิดพลาดไปโดยทันที ด้วยประสบการณ์ วิธีพิจารณาอย่างง่าย ๆ ในระดับแรก ควรวางตำแหน่งหรือหลัก P1 ให้ห่างจากจุดทดสอบประมาณ 2 เท่าของความลึก ตัวอย่างเช่น ดำเนินการฝังแท่งตัวนำลึก 50 เมตร ก็จะต้องวางตำแหน่งหรือหลัก C1 ให้ห่างออกไป100 เมตร เป็นต้น แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นจะต้องคำนึงถึงค่า Resistivity ของดินด้วย

3. แนวในการวัดค่าความต้านทาน จะต้องแน่ใจว่า ไม่มีตัวนำอื่น เช่น ท่อน้ำ เป็นต้น ฝังอยู่ใต้ดินในบริเวณที่ดำเนินการวัด และหากเป็นระบบดินประเภทฝังแท่งตัวนำหลายแท่ง จะต้องลากแนวให้หนีจากระบบดินให้มากที่สุด (90 องศา)

4. ในบางครั้ง ผู้ปฏิบัติงานบางคน จะนิยมวัดเพียงครั้งเดียว เพราะฉะนั้นผู้ควบคุมงานจะต้องให้ความสนใจ

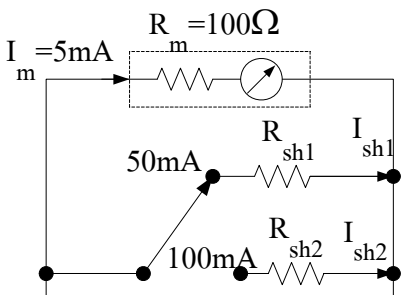
5. ค่าความต้านทานที่วัดได้จะถือว่าถูกต้องที่สุด เกิดจากการพิจารณา S-Curve เท่านั้น

6. การวัดค่าความต้านทานของระบบดิน จะต้องดำเนินการปลดออกจากระบบกราวด์ทุกครั้งที่ดำเนินการวัด

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 2

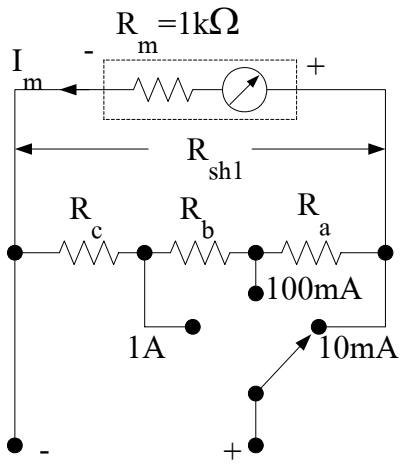
<u>คำชี้แจง</u> จงแสดงวิธีทำจากโจทย์ต่อไปนี้

1. ดีซีแอมมิเตอร์ตัวหนึ่งอ่านค่ากระแสไฟฟ้าเต็มสเกลได้ 5 mA มีความต้านทานภายในมิเตอร์ 100 Ω ต้องการขยายย่านวัดเป็น 50 mA, 100 mA และ 500 mA จงคำนวณหาค่าความต้านทานที่มาต่อขนานกับมิเตอร์ในย่านการการวัดต่าง ๆ



รูปที่ 2.81

2. วงจรแอมมิเตอร์แบบอาร์ตอนชันต์ ดังรูปข้างล่าง มีกระแสไฟฟ้าสูงสุดสเกลมิเตอร์ 100 μA ความต้านทานภายในมิเตอร์ 1 kΩ ใช้ในการวัดกระแสไฟฟ้าในย่าน 100mA และ 1A จงคำนวณหาค่าความต้านที่นำมาต่อในวงจร Ra , Rb

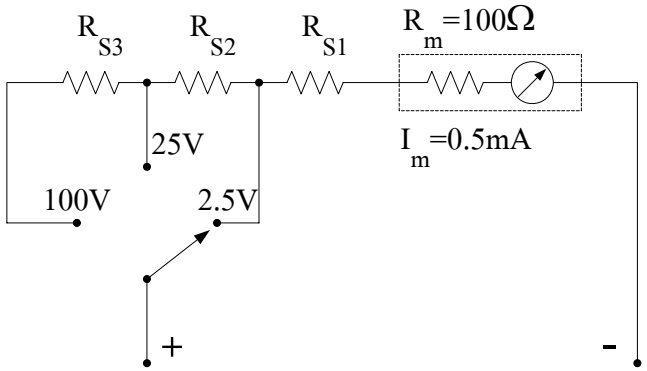


รูปที่ 2.82

3 D.C. Ammeter ขนาด 1 mAdc. มีค่าความต้านทานภายใน 500 Ω ต้องการทำเป็น A.C. Ammeter แบบหลายย่านวัด โดยมี Range 10 mAac. ; 50 mAac. ; 100 mAac. ต่อวงจรแบบ Universal และใช้วงจรแปลงกระแสแบบ Full wave จงหาค่าความต้านทานในวงจร

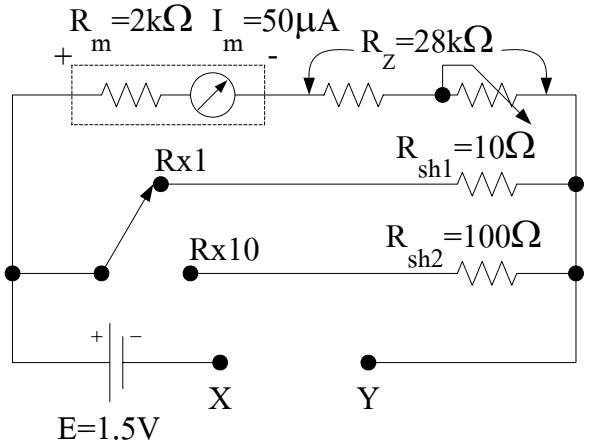
4 D.C. Ammeter ขนาด 5 mAdc. มีค่าความต้านทานภายใน 200 Ω ต้องการทำเป็น D.C. Ammeter แบบหลายย่านวัด โดยมี Range 10 mA. ; 50 mA. ; 100 mA. ; 500 mA. ต่อวงจรแบบ Individualจงหาค่าความต้านทานในวงจร

5. จงออกแบบวงจรโวลต์มิเตอร์ที่มี 3 ย่าน คือ 2.5 V , 25 V และ 100 V โดยใช้มิลลิแอมมิเตอร์ที่มีกระแสเต็มสเกล 0.5 mA ความต้านทานภายใน 100 Ω และใช้วงจรการต่อความต้านทานทวีคูณแบบอันดับ



รูปที่ 2.83วงจรโวลต์มิเตอร์แบบอันดับ

6. วงจรโอห์มมิเตอร์ ดังรูปข้างล่าง จงคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมิเตอร์ (I_m)



รูปที่ 2.84

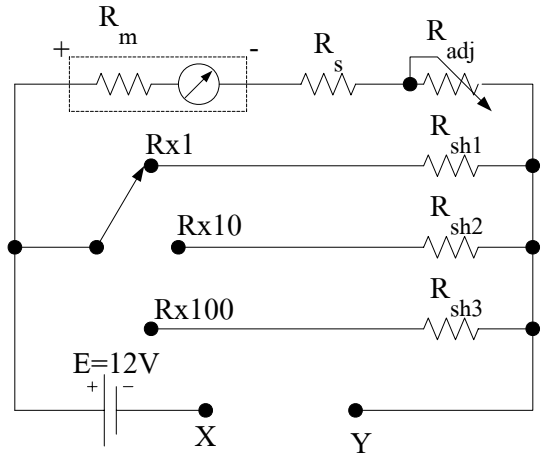
a) ที่ย่านการวัด R×1 ที่ต่อตัวต้านทาน 20 Ω เข้าที่ขั้ว x และขั้ว y

b) ที่ย่านการวัด R×10 ที่ต่อตัวต้านทาน 200 Ω

7. D.C. Voltmeter ขนาด 1 Vdc. มีค่าความต้านทานภายใน 1.5 kΩ ต้องการทำเป็นเครื่องวัดแบบหลายย่านวัด โดยต่อวงจร แบบ Universal มีย่านวัดขนาด 10 V. ; 50 V. ; 250 V. ; 1000 V. จงหาขนาดของความต้านทาน ที่ต้องต่อขยายย่านวัด

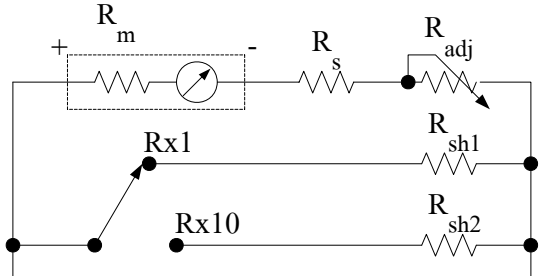
8. เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าขนาด 10 mAdc. มีค่าความต้านทานภายใน 500 Ω ต้องการทำเป็น D.C. Voltmeter แบบหลายย่านวัด โดยต่อวงจร แบบ Individual มีย่านวัดขนาด 10 V. ; 50 V. ; 250 V. ; 1000 V. จงหาขนาดของความต้านทาน ที่ต้องต่อขยายย่านวัด

9. เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าขนาด 1 mAdc. มีค่าความต้านทานภายใน 300 Ω ต้องการทำเป็น Ohmmeter แบบหลายย่านวัด โดยต่อวงจรแบบ อนุกรม-ชั้นต์ กำหนดให้ค่าต่ำสุดของเครื่องมือวัด คือ 0.01 mA. สามารถวัดค่าความต้านทานได้ 3 kΩ ในย่านวัด R $\times$ 1 จงหาค่าต่างๆ ในวงจร



รูปที่ 2.85

10. เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าขนาด 5 μAdc. มีค่าความต้านทานภายใน 1.5 kΩ ต้องการทำเป็น Ohmmeter แบบหลายย่านวัด โดยต่อวงจรแบบ อนุกรม-ชั้นต์ กำหนดให้ค่าต่ำสุดของเครื่องมือวัด คือ 0.01 mA. สามารถวัดค่าความต้านทานได้ 2 kΩ ในย่านวัด R $\times$ 1 จงหาค่าต่างๆ ในวงจร



รูปที่ 2.86