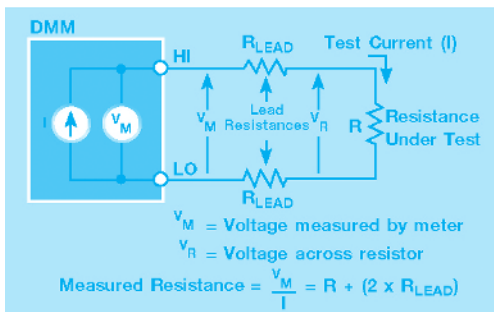


ปัจจัยที่ก่อให้เกิดข้อผิดพลาด ของระบบการวัดตัวต้านทานต่ำกระแสดตรง ด้วยโอห์มมิเตอร์

โดยทั่วไปการวัดค่าตัวต้านทานต่ำสามารถกระทำได้หลากหลายวิธี วิธีการหนึ่งที่ยอมรับกันเป็นอย่างมาก คือ การวัดค่าตัวต้านทานต่ำโดยใช้โอห์มมิเตอร์ ซึ่งวิธีการนี้สามารถวัดค่าได้สะดวกและใช้อุปกรณ์ค่อนข้างน้อย ในส่วนของความถูกต้องของระบบการวัดขึ้นอยู่กับขีดความสามารถของอุปกรณ์ที่นำมาใช้เป็นโอห์มมิเตอร์และทักษะในการวัด บทความฉบับนี้จะนำเสนอปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบให้เกิดความผิดพลาดต่อผลการวัด รวมทั้งวิธีแก้ไขเบื้องต้น ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

โดยทั่วไปวงจรสมมูลของการวัดตัวต้านทานด้วยโอห์มมิเตอร์จะสามารถแสดงได้ ดังรูปที่ 1 จากรูปสามารถแบ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นกับระบบการวัดได้ 2 ส่วนคือ ส่วนของโอห์มมิเตอร์และส่วนของการเชื่อมต่อ เมื่อพิจารณาของระบบของการวัดในส่วนของโอห์มมิเตอร์จะประกอบไปด้วยแหล่งจ่ายกระแสและโวลท์มิเตอร์ โดยมีคุณลักษณะ (Specification) ขึ้นอยู่กับมิเตอร์ที่นำมาใช้ในส่วนนี้ข้อผิดพลาด หรือผลกระทบที่เกิดขึ้นจะไม่หลีกเลี่ยงได้ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกมิเตอร์ให้มีคุณลักษณะเหมาะสมกับระบบที่จะทำการวัด ในส่วนของการเชื่อมต่อนั้นจึงเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาดต่อการวัดที่สามารถหลีกเลี่ยงและลดผลกระทบได้ การเชื่อมต่อของระบบการวัดในที่นี้คือสายตัวนำและขั้วต่อสาย ซึ่งสามารถพิจารณาได้ดังนี้



▲ รูปที่ 1: การวัดความต้านทานด้วยโอห์มมิเตอร์

เมื่อพิจารณาในส่วนสายตัวนำ จากรูปที่ 1 กระแส I จะไหลจากขั้ว HI ผ่าน R_{LEAD} , R และ R_{LEAD} ครบวงจรที่ขั้ว LO ทำให้เกิดแรงเคลื่อนตกคร่อมที่สาย ขณะเดียวกันแรงเคลื่อนที่มิเตอร์อ่านได้จะเท่ากับ

แรงเคลื่อนตกคร่อมสายและแรงเคลื่อนตกคร่อมความต้านทานที่ทำการวัด

Measured Resistance

$$= \frac{V_M}{I} = R + 2R_{LEAD}$$

Actual Resistance

$$= \frac{V_R}{I} = R$$

เมื่อ $V_M =$ แรงเคลื่อนตกคร่อมของมิเตอร์

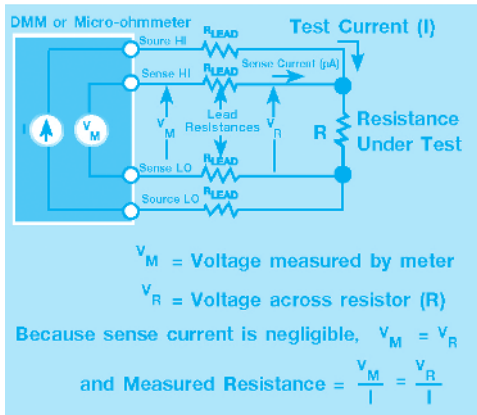
$V_R =$ แรงเคลื่อนตกคร่อมตัวต้านทานที่วัด

ค่าตัวต้านทานที่ต้องการวัดคือ R แต่ความต้านทานที่มิเตอร์วัดหรือแสดงค่าจะเป็นค่าของความต้านทานที่ต้องการวัดรวมกับความต้านทานที่เกิดขึ้นของสายคือ $R + 2 R_{LEAD}$ เนื่องจากแรงเคลื่อนของมิเตอร์ (V_M) ที่วัดได้ มีค่าไม่เท่ากับแรงเคลื่อนตกคร่อมความต้านทาน (V_R) ดังนั้นการที่จะทำให้มิเตอร์สามารถวัดค่าได้อย่างถูกต้องคือการทำแรงเคลื่อนตกคร่อมของมิเตอร์เท่ากับแรงเคลื่อนตกคร่อมความต้านทานที่วัด $V_M = V_R$ ซึ่งสามารถกระทำได้โดยการลดขนาดแรงเคลื่อนตกคร่อมสายให้มีค่าน้อยลง ซึ่งสามารถกระทำได้ 2 วิธี คือ วิธีการลดค่าความต้านทานของสายและวิธีการวัดความต้านทานเป็นแบบ 4 สาย (4 wires)

เนื่องจากความต้านทานจะมีค่าเท่ากับความต้านทานจำเพาะคุณ ความยาวหารด้วยพื้นที่หน้าตัด ดังนั้นการลดค่าความต้านทานของสายสามารถกระทำได้ 3 อย่าง คือ ใช้สายที่มีความต้านทานจำเพาะต่ำ ใช้สาย



ที่มีความยาวสั้นและใช้สายที่มีพื้นหน้าตัดมาก สำหรับวิธีการวัดความต้านทานแบบ 4 สาย แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2: การวัดความต้านทานด้วยโอห์มมิเตอร์ แบบ 4 สาย (4 wires)

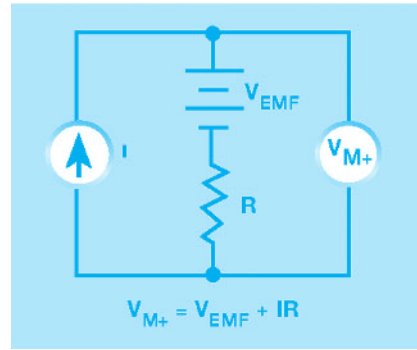
จากรูป เมื่อกระแส I ไหลออกจากขั้ว Source HI ผ่าน R_{LEAD} , R และ R_{LEAD} ครบวงจรที่ขั้ว Source LO ขณะเดียวกัน โวลต์มิเตอร์จะทำการวัดค่าแรงเคลื่อน ซึ่งแรงเคลื่อนที่โวลต์มิเตอร์อ่านได้จะมีค่าเท่ากับแรงเคลื่อนตกคร่อมความต้านทานที่ทำการวัด เนื่องจากความต้านทานของโวลต์มิเตอร์มีค่าสูงมาก จึงทำให้มีกระแสไหลน้อยมาก หรือแทบไม่มีไหลผ่าน R_{LEAD} จึงทำให้ไม่มีแรงเคลื่อนตกคร่อมสาย R_{LEAD} ดังนั้น

$$\text{Measured Resistance} = \frac{V_M}{I} = \frac{V_R}{I}$$

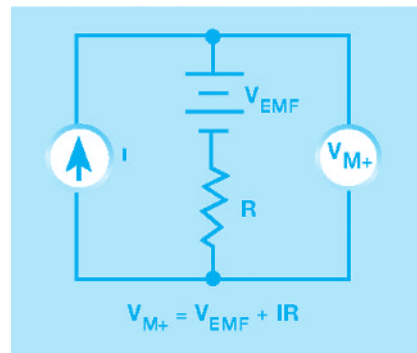
แรงเคลื่อนที่ตกคร่อมมิเตอร์มีค่าใกล้เคียงกับแรงเคลื่อนตกคร่อมความต้านทานที่วัด จึงทำให้โอห์มมิเตอร์สามารถแสดงผลได้อย่างถูกต้อง

สำหรับในส่วนขั้วต่อ หากขั้วต่อไม่มีสิ่งสกปรกและกระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านได้ปกติ สิ่งที่มีผลกระทบต่อการวัดคือ Thermal EMF ซึ่งเป็นแรงเคลื่อนขนาดเล็กที่เกิดขึ้นตรงจุด ซึ่งเป็นแรงเคลื่อนขนาดเล็กที่เกิดขึ้นตรงจุดต่อของโลหะต่างชนิดกัน ขนาดของแรงเคลื่อนที่ขึ้นอยู่กับโลหะทั้งคู่ที่นำมาใช้และอุณหภูมิที่จัดต่อ โดยแรงเคลื่อนที่เกิดขึ้นนี้จะมีนัยสำคัญเมื่อทำการวัดความต้านทานต่ำ แรงเคลื่อนที่ใช้มักจะมีขนาดต่ำ โดยแต่ละจุดต่อและขั้วต่อสามารถก่อให้เกิดแรงเคลื่อน Thermal EMF ได้ วิธีการหลีกเลี่ยงปัญหานี้เบื้องต้น สามารถกระทำได้โดยการใช้วัสดุตัวนำซึ่งใช้ในการเชื่อมต่อเป็นวัสดุเดียวกัน หรืออาจใช้สายตัวนำที่มีคุณลักษณะเฉพาะเป็น low Thermal EMF แต่บางครั้งวัสดุที่ใช้เชื่อมต่อมักเป็นคนละชนิดและสายตัวนำที่เป็น Low Thermal EMF มักหายากและมีราคาสูง ดังนั้นจึงมีวิธีการกำจัด Thermal EMF ให้ลดลงได้โดยอาศัยทิศทางของแรงเคลื่อน ซึ่งโดยทั่วไปสามารถกระทำได้ 3 วิธี คือ Current Reversal Method และ Offset Compensated Ohms Method

Current Reversal Method วิธีการนี้ Thermal EMF สามารถกำจัดได้โดยทำการวัด 2 ครั้ง ด้วยการป้อนกระแสที่มีทิศทางตรงกันข้าม ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3ก: Positive Polarity



รูปที่ 3ข: Negative Polarity

รูปที่ 3: Current Reversal Method

จากรูปที่ 3ก แหล่งจ่ายกระแสป้อนกระแสต้านบวกให้วงจรแรงเคลื่อนมิเตอร์มีค่าเป็น

$$V_{M+} = V_{EMF} + IR$$

และเมื่อป้อนกระแสทางด้านลบดังรูปที่ 3ข แรงเคลื่อนมิเตอร์เป็น

$$V_{M-} = V_{EMF} - IR$$

เมื่อนำแรงเคลื่อนทั้ง 2 มาหักล้างกันจะสามารถกำจัด Thermal EMF ได้ดังนี้

$$VM = \frac{V_{M+} - V_{M-}}{2}$$

$$VM = IR$$

อ่านต่อฉบับหน้า

ที่มา: บทความจากวารสาร Metrology Info สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ