หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

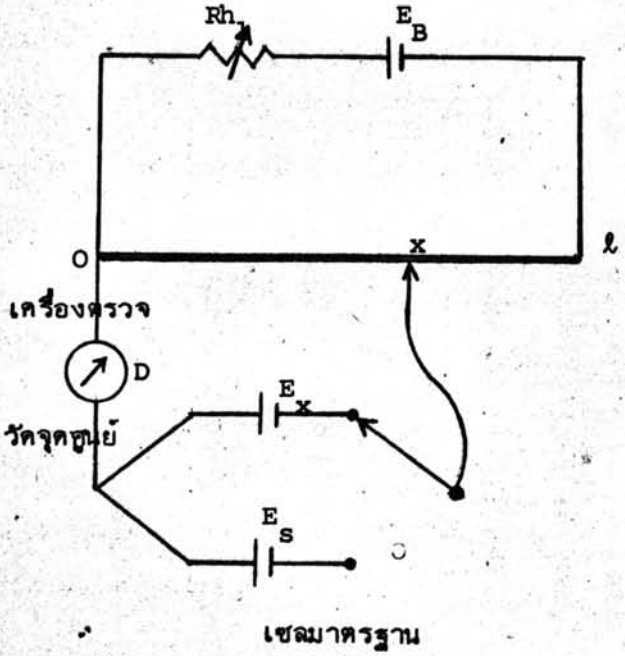
บทที่ 3

โปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับ

3.1 ข้อแตกต่างระหว่างโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสตรงกับโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับ

3.1.1 โปเทนชิโอมิเตอร์กระแสตรง

ใช้วัดศักดาตรง โดยอาศัยการเปรียบเทียบกับศักดาที่ทราบค่าแล้ว ทั้งนี้โดยอาศัยเซลมาตรฐาน (standard cell) เป็นตัวกำหนด เมื่อขนาดของศักดาทั้งสองเท่ากันจะไม่มีกระแสไหลผ่านเครื่องตรวจวัดจุดศูนย์ (null detector)



เมื่อไม่มีกระแสผ่าน D

$$E_x = \left(\frac{x}{\ell}\right) E_s$$

รูปที่ 3.1 แสดงหลักการของโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสตรง

3.1.2 โปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับ

ใช้สำหรับวัดศักดาสลับ มีหลักการคล้ายกับโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสตรง แต่มีข้อสำคัญเพิ่มเติมคือ ในกรณีกระแสตรง นั้นเพียงแต่ทำให้ขนาดของศักดาทั้งสองเท่ากัน แต่ในกรณีของโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับ จะต้องทำให้ทั้งขนาด (magnitude) และมุมเฟส (phase angle) ของศักดาทั้งสองเท่ากัน จึงจะเกิดการสมดุลย์ ไม่มีกระแสไหลผ่านเครื่องตรวจวัดศูนย์

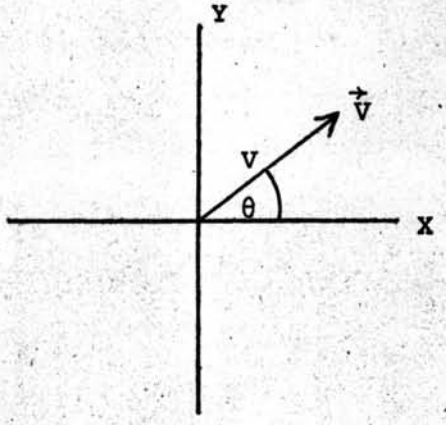
ในกรณีเช่นนี้หมายความว่าศักดาสลับทั้งสอง จะต้องมีความถี่ (frequency) และรูปคลื่น (wave form) เหมือนกัน นั่นคือแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับกับวงจรที่จะถูกวัดศักดาจะต้องมาจากแหล่งเดียวกัน ไม่เช่นนั้นจะไม่เกิดการสมดุลย์ขึ้น

3.2 ชนิดของโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับ

โดยทั่ว ๆ ไปมีอยู่ 2 ชนิดคือ

3.2.1 โปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับแบบโพลาร์ (polar A - C potentiometer)

เครื่องแบบนี้จะวัดศักดาสลับที่ต้องการทราบค่าออกมาเป็นขนาด (magnitude) และมุมเฟส (phase angle) คือวัดออกมาเป็นเวคเตอร์แบบโพลาร์ (polar form) ดังรูป 3.2 ด้วยเหตุนี้จึงเรียกโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับประเภทนี้ว่า แบบโพลาร์

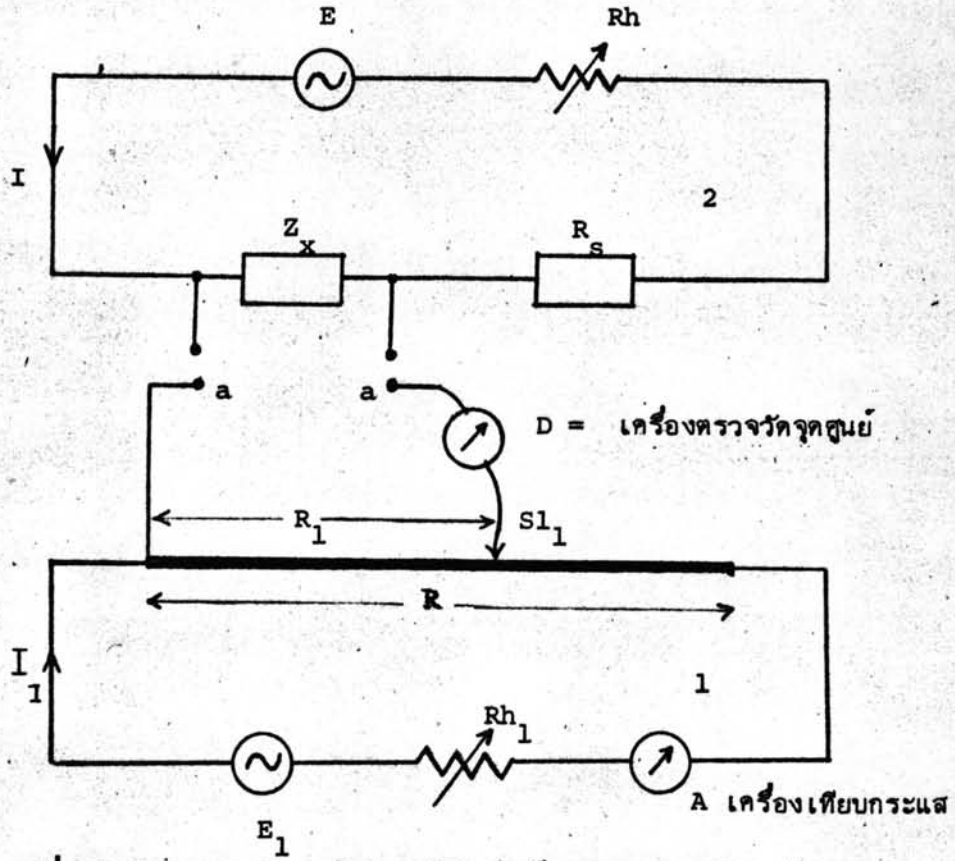


ศักดาที่ต้องการวัด $\vec{V} = Ve^{i\theta}$

V = ขนาด (magnitude)

θ = มุมเฟส (phase angle)

รูปที่ 3.2 ศักดาสลับเขียนในรูปเวคเตอร์แบบโพลาร์



รูปที่ 3.3 แสดงหลักการโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับแบบโพลาร์

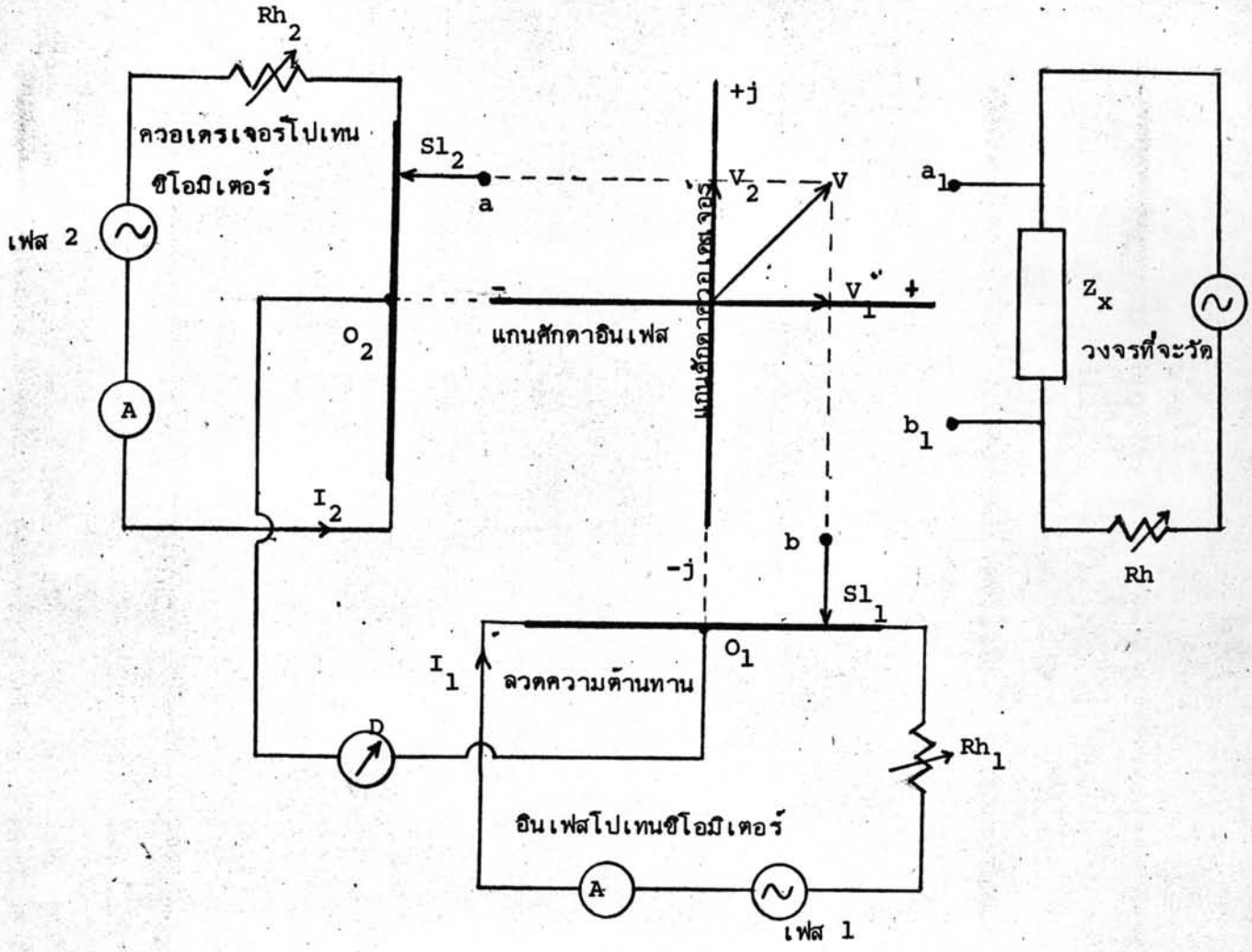
000771

ส่วนประกอบของโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับแบบโพลาร์แสดงไว้ในรูป 3.3 ประกอบด้วยวงจรสองส่วน ส่วนที่หนึ่งเป็นวงจรของโปเทนชิโอมิเตอร์ ประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้า E_1 ซึ่งสามารถเปลี่ยนเฟส (phase) ได้ Rh_1 ใช้ปรับกระแส A เป็นเครื่องเทียบกระแสใช้ในการทำมาตรฐานศักดา (standardization) โดยใช้เซลมาตรฐาน (standard cell) เป็นตัวกำหนด R เป็นเส้นลวดความต้านทานใช้เป็นตัวเทียบศักดาสลับ D เป็นเครื่องตรวจวัดจุดศูนย์ (null detector) วงจรส่วนที่สองเป็นวงจรที่จะถูกวัดศักด้าสลับ ประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้า E ความต้านทานมาตรฐาน R_S และตัวที่จะถูกวัดศักดาสลับ Z_x

เมื่อจะวัดศักดาสลับที่คร่อม Z_x ทำได้โดยต่อปลาย Z_x เข้าที่ a ปรับ Sl_1 และมุมเฟสของ E_1 จนกระทั่งไม่มีกระแสผ่าน D แสดงว่าศักดาสลับที่คร่อม Z_x เท่ากับศักดาสลับที่คร่อม R_1 นั่นคือ ขนาดของ I_1R_1 เท่ากับขนาดของ Z_xI และมุมเฟสของ I_1 เท่ากับมุมเฟสของ ,I

3.2.2 โปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับแบบโคออร์ดิเนต (co-ordinate A-C potentiometer)

โปเทนชิโอมิเตอร์แบบนี้ประกอบด้วยส่วนสำคัญสองส่วน แต่ละส่วนคล้ายกับโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสตรง ส่วนที่หนึ่งเรียกว่า อินเฟสโปเทนชิโอมิเตอร์ (in phase potentiometer) ส่วนที่สองเรียกว่า ควอเดรเจอร์โปเทนชิโอมิเตอร์ (quadrature potentiometer) กระแสที่ไหลในวงจรส่วนที่สองจะต้องมีเฟสต่างจากกระแสในวงจรส่วนที่หนึ่ง 90 องศา โดยอาศัยเครื่องแยกเฟส (phase shifting device) การสมดุลย์ระหว่างศักดาสลับเกิดขึ้นได้เมื่อศักดาสลับทั้งสองมีความถี่ (frequency) รูปคลื่น (wave form) และเฟส (phase) เหมือนกัน ดังนั้นกระแสในวงจรโปเทนชิโอมิเตอร์ทั้งสองและกระแสในวงจรที่จะถูกวัดศักดาสลับ จะต้องมาจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าเดียวกัน



รูปที่ 3.4 วงจรเบื้องต้นของโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับแบบโคออร์ดิเนต

รูปที่ 3.4 แสดงหลักการของโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับแบบโคออร์ดิเนต จุดกึ่งกลาง O_1 ของอินเฟสโปเทนชิโอมิเตอร์ และจุดกึ่งกลาง O_2 ของควอเดรเจอร์โปเทนชิโอมิเตอร์ ต่อเข้ากับเครื่องตรวจวัดจุดศูนย์ D (null detector)

เมื่อต่อจุด a เข้ากับ a_1 และ b เข้ากับ b_1 ปรับ Sl_1 Sl_2 จนกระทั่ง D แสดงจุดศูนย์ แสดงว่าอยู่ในภาวะสมดุลย์ ศักดาสลับระหว่างจุดกึ่งกลางของลวดความต้านทาน (O_1, O_2) กับตัวเลื่อน (Sl_1, Sl_2) จะมีเครื่องหมายบวกหรือลบขึ้นกับตำแหน่งของ Sl_1 และ Sl_2 อาศัยรูปที่ 3.4 เป็นหลัก ถ้า Sl_1 อยู่ทางขวาของ O_1 V_1 จะมีศักดาสลับเป็น $+V_1$ เมื่อ Sl_1 อยู่ทางซ้ายของ O_1 V_1 จะมีศักดาสลับเป็น $-V_1$ ทำนองเดียวกัน ถ้า Sl_2 อยู่เหนือ O_2 V_2 จะมีศักดาสลับเป็น $+jV_2$ เมื่อ Sl_2 อยู่ใต้ O_2 V_2 จะมีศักดาสลับเป็น $-jV_2$

ศักดาสลับที่วัดได้จะอยู่ในรูปของ $V = \pm V_1 \pm jV_2$ หรือ $\pm V_x \pm jV_y$ โดยที่ V_x และ V_y เป็นศักดาสลับอินเฟส และศักดาสลับควอเดเจอร์ที่คร่อม Z_x

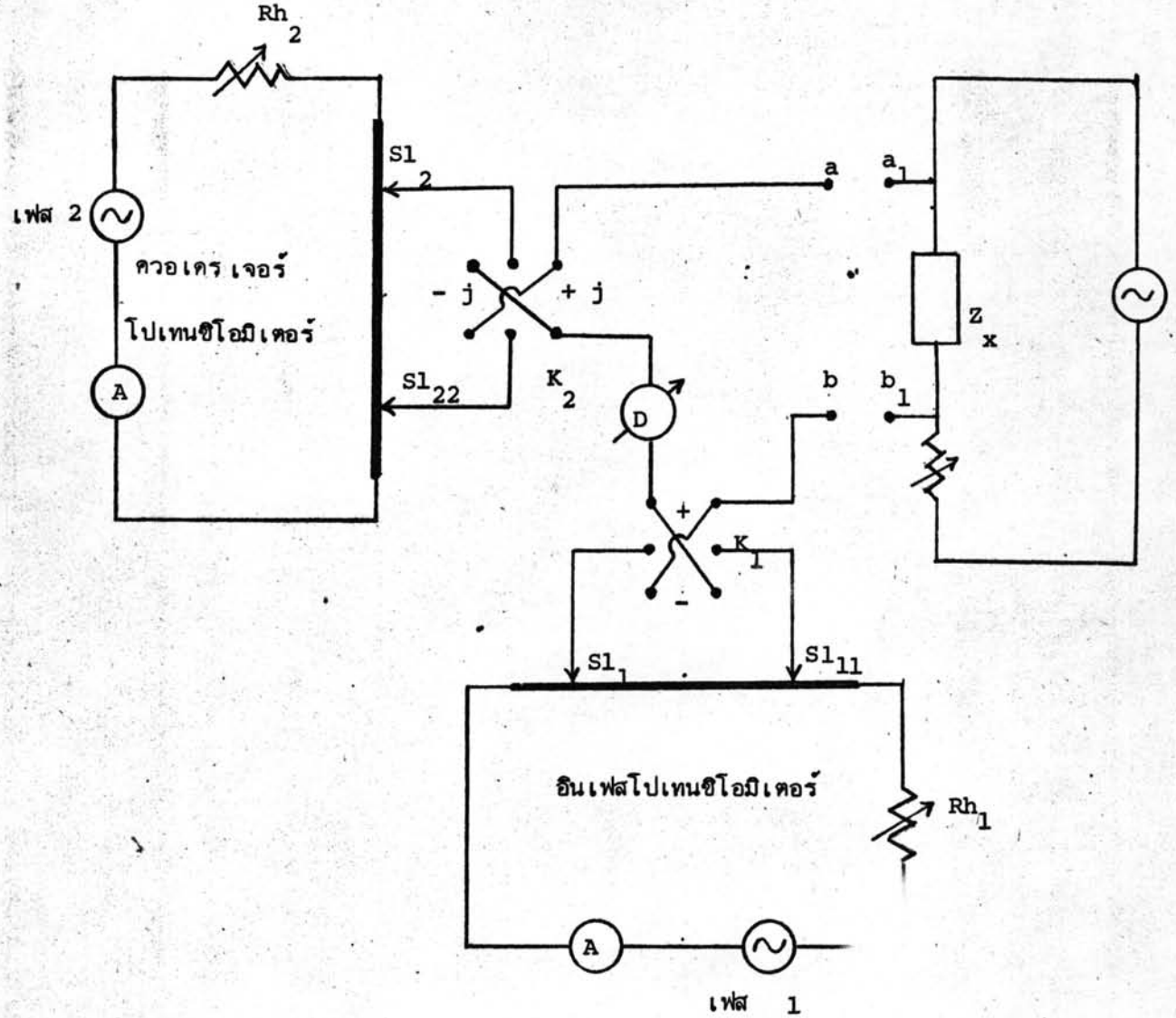
ขนาดของศักดาที่คร่อม $Z_x = Z_xI = \sqrt{V_1^2 + V_2^2}$

และ $$\tan \psi = \frac{V_2}{V_1}$$

โดยที่ ψ เป็นมุมระหว่างกระแส I และศักดาสลับที่คร่อม Z_x

เพื่อความสะดวกโดยที่จะไม่ใช้จุดกึ่งกลาง O_1, O_2 ของลวดความต้านทาน แต่อาศัยสวิทช์ผันกลับ (reversing switch) K_1, K_2 เป็นตัวเปลี่ยนเครื่องหมายของ V_1, V_2 ดังรูป 3.5 โดยที่ K_1 ทำหน้าที่เปลี่ยนเครื่องหมายศักดาสลับระหว่าง Sl_1 กับ Sl_{11} และ K_2 จะเปลี่ยนเครื่องหมายศักดาสลับระหว่าง Sl_2 กับ Sl_{22} ผลที่ได้จะเหมือนกับที่แล้วมาคือ $V = \pm V_1 \pm jV_2$

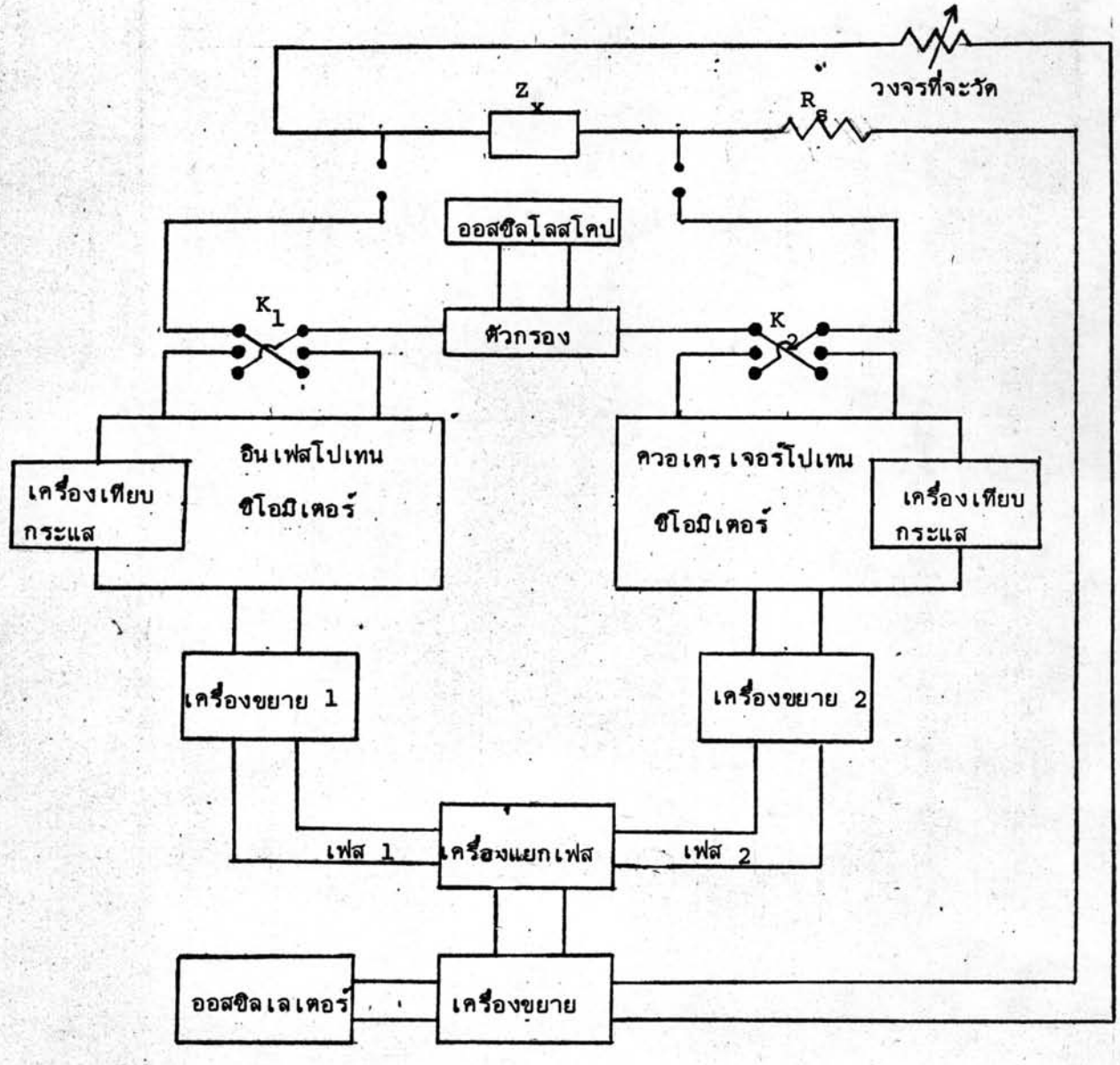
ศักดาสลับที่วัดได้จะมีความถูกต้องเพียงใดขึ้นอยู่กับศักดาสลับที่คร่อมลวดความต้านทานทั้งสองของโปเทนชิโอมิเตอร์ ดังนั้นจึงต้องมีการทำมาตรฐาน (standardization) ศักดาสลับโดยเทียบกับศักดาตรงที่ได้จากเซลมาตรฐาน (standard cell) ทั้งนี้โดยอาศัยเครื่องเทียบกระแส (current comparator) ศักดาสลับที่เทียบแล้วจะอยู่ในรูปของศักดาสลับอาร์.เอ็ม.เอส.



รูปที่ 3.5 การจัดวงจรโดยอาศัยสวิทช์ผันกลับ (reverse switch) เป็นตัวเปลี่ยนเครื่องหมายศักดาสลับ

3. 3 แบบของโปเทนชิโอมิเตอร์ที่จะสร้างและความถี่ที่ใช้งาน

โปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับที่จะออกแบบและสร้างในงานวิจัยนี้เป็นแบบโคออร์ดิเนต (co-ordinate) ทำงานที่ความถี่ 1000 เฮิทซ์ (hertz) ส่วนประกอบของเครื่องมือดังรูป 3.6 รายละเอียดแต่ละส่วนจะได้กล่าวในบทต่อไป



รูปที่ 3.6 แสดงแผนผังโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับแบบโคออร์ดิเนต

แผนผังของโปเทนชิโอมิเตอร์กระแสสลับแบบโคออร์ดิเนต เริ่มจากออสซิลเลเตอร์ (oscillator) ซึ่งจะผลิตสัญญานความถี่ 1000 เฮิทซ์ สัญญานคายจะป้อนเข้าเครื่องขยายให้สัญญานแรงขึ้น เพื่อเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้วงจรโปเทนชิโอมิเตอร์และวงจรที่จะถูกวัดศักดาสลับ

สัญญานคายของเครื่องขยายจะต่อไปยังเครื่องแยกเฟส (phase spliting device) เพื่อที่จะเปลี่ยนจากเฟสเดี่ยวออกมาเป็นสองเฟสที่มีมุมต่างกัน 90 องศา ศักดาสลับแต่ละเฟสจะถูกป้อนเข้าเครื่องขยาย 1 และเครื่องขยาย 2 เพื่อขยายกำลังไฟฟ้าสำหรับเลี้ยงวงจรของอินเฟสโปเทนชิโอมิเตอร์ กับควอเดรัเจอร์โปเทนชิโอมิเตอร์ ให้ได้ศักดาสลับคร่อมลวดความต้านทานของโปเทนชิโอมิเตอร์พอแก่ความต้องการ

เครื่องเทียบกระแสจะทำหน้าที่เทียบกระแสสลับ อาร์ เอ็ม เอส กับกระแสตรง ซึ่งใช้ในการทำมาตรฐาน (standardization) ศักดาสลับที่คร่อมลวดความต้านทานของโปเทนชิโอมิเตอร์

K_1, K_2 เป็นสวิทช์ผันกลับ (reversing switch) ทำหน้าที่เปลี่ยนเครื่องหมายศักดาสลับ

Z_x เป็นส่วนที่ต้องการวัดศักดา แต่ละปลายของ Z_x จะต่อไปยังโปเทนชิโอมิเตอร์ทั้งสอง แล้วผ่านตัวกรอง (filter) ซึ่งมีหน้าที่กรองความถี่ที่ไม่ต้องการออกไป สัญญานความถี่ 1000 เฮิทซ์จะผ่านเข้าออสซิลโลสโคป (osscilloscope) ซึ่งใช้เป็นเครื่องตรวจวัดจุดศูนย์ (null detector) เพื่อดูว่าการสมดุลย์ของศักดาสลับเกิดแล้วหรือยัง