1

เครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อและเส้นประสาท

สสารทั้งหลายไม่ว่าจะอยู่ในสถานะของแข็ง ของเหลวหรือก๊าซ จะประกอบด้วยอนุภาคเล็กๆ ซึ่งเรียกว่า อะตอม และในหนึ่งอะตอมยังประกอบไปด้วยอนุภาคเล็กๆอีก คือ อิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ และโปรตรอนซึ่งมีประจุ บวก โปรตรอนจะมีน้ำหนักมากกว่าอิเล็กตรอนประมาณ 2 x10^3 เท่า ในอะตอม หนึ่ง ๆ มักมีนิวเคลียสเป็นแกนกลาง ซึ่งมีประจุเป็นบวก และมีอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุเป็นลบวิ่งอยู่รอบ ๆ

หากสามารถทำให้อิเล็กตรอนในอะตอมของสสารเกิดการเคลื่อนที่ได้ (ด้วยวิธีใดๆก็ตาม) อาจกล่าวได้ว่าสามารถทำให้เกิดการไหลของกระแสในสสารนั้น (กระแสไฟฟ้าก็คือการเคลื่อนที่ของขบวนอิเล็กตรอน) ในทางปฏิบัติการที่จะกระตุ้นให้อิเล็กตรอนในอะตอมของสารเกิดการเคลื่อนที่นั้นมีความยากง่ายแตกต่างกัน สารทีสามารถถูกกระตุ้นให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้ง่ายมักมีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้า ส่วนสารที่ไม่สามารถถูกกระตุ้นให้

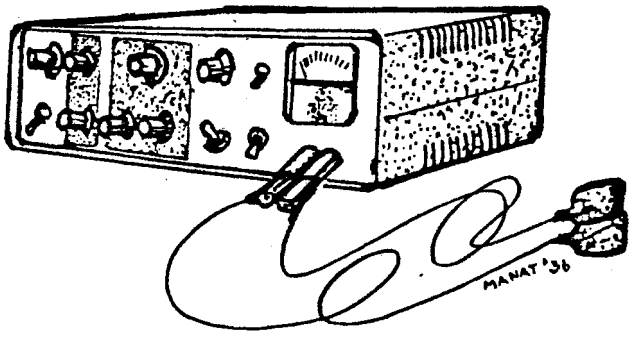
อิเล็กตรอนเกิดการเคลื่อนที่ หรืออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้ยาก มักมีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า

ถ้าผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในวงจรไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบทางอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ต่อกันอย่างมีแบบแผน จะได้กระแสที่พอเหมาะ และมีคุณสมบัติจำเพาะ เช่น ปล่อยกระแสให้ไหลอย่างต่อเนื่องหรือปล่อยออกเป็นช่วง ๆ เป็นต้น ซึ่งสามารถนำมากระตุ้นเพื่อการรักษาได้ดังจะกล่าวต่อ ๆไป

1.เครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อและเส้นประสาท [1]

มนุษย์รู้จักใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นเพื่อรักษาโรคมานานแล้ว ตั้งแต่สมัยกรีกโบราณ โดยใช้กระแสไฟที่ได้จากปลาทะเลชนิดหนึ่ง กระตุ้นที่ผิวหนังเพื่อระงับปวด ต่อมา เปลี่ยนเป็นกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้แทน ในสมัยแรก ๆ กระแส ที่ผลิตขึ้นยังไม่มีคุณภาพดีพอ มักทำให้ผู้ถูกกระตุ้นเกิดการไหม้พองอยู่เสมอ ๆ ในปัจจุบันเทคโนโลยีด้านอิเล็กทรอนิกส์ได้มีการพัฒนาไปมาก สามารถสร้าง คลื่นกระแสไฟฟ้าชนิดต่าง ๆที่มีความจำเพาะและมีค่าแม่นยำเหมาะสำหรับกระตุ้นเพื่อการรักษามากขึ้น และสามารถกระตุ้นได้นานโดยไม่มีผลแทรกซ้อน อย่างไรก็ตาม เครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อและเส้นประสาทที่ใช้ทางกายภาพบำบัดในปัจจุบัน ยังเป็นเครื่องกระตุ้นที่ให้คลื่นกระแสไฟฟ้าความถี่ต่ำ และมักใช้สำหรับ กระตุ้นเพื่อการรักษา และการวินิจฉัยโรคทางกายภาพบำบัดเป็นหลัก

เครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อที่ใช้ทางกายภาพบำบัดโดยทั่วไป นอกจากจะมีปุ่มเลือกชนิดกระแส ปุ่มปรับความแรง ความถี่ และช่วงการกระตุ้นแล้ว จะ



รูปที่ 1.1 แสดงเครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อและเส้นประสาทที่ใช้ทางกายภาพบำบัดเครื่องหนึ่ง

มีรูเสียบแจ็คและสายไฟ เพื่อต่อมายังขั้วกระตุ้นไฟฟ้าอย่างน้อย 1 คู่ (รูปที่ 1.1) ซึ่งสายไฟฟ้าที่เสียบนั้น เปรียบเสมือนสะพานเชื่อมระหว่างวงจรไฟฟ้าภายในเครื่องกระตุ้น กับเนื้อเยื่อของร่างกายผู้ป่วย เพื่อเป็นทางผ่านของกระแสไฟฟ้าให้ครบวงจร กรณีที่ยังไม่ได้เชื่อมต่อกับตัวผู้ป่วย ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่าง ขั้วไฟฟ้าทั้งสองและตัวผู้ป่วยยังคงมีอยู่ แต่จะมีความต้านทานสูงมากเป็นอนันต์ จนไฟฟ้าไม่สามารถไหลข้ามไปได้ถึงแม้จะเปิดเครื่องแล้วก็ตาม เนื่องจาก วงจรยังเปิดอยู่ กระแสไฟฟ้าที่ใช้สำหรับกระตุ้นกล้ามเนื้อและเส้นประสาทมีหลายชนิด ขึ้นกับจุดประสงค์ของการใช้งาน เช่น กระแสไฟตรงหรือแกลแวนิก กระแสฟาราดิก กรแสทีอีเอ็นเอ็ส กระแสไดอะไดนามิกส์ เป็นต้น (ดูบทที่ 2)

2.วัตถุประสงค์ของการใช้เครื่องกระตุ้นทางกายภาพบำบัด

เครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อและเส้นประสาทที่ใช้ทางกายภาพบำบัดมักนิยม

ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

2.1 การชะลอการลีบของกล้ามเนื้อ [2]

การลีบของกล้ามเนื้อ (atrophy) หมายถึง การลีบเล็กลงของเซลล์หรืออวัยวะ หรือส่วนหนึ่งส่วนใดของร่างกาย เมื่อเปรียบเทียบกับด้านปกติหรืออีกข้าง ถ้ามีขนาดไม่เท่ากันก็จะถือว่าข้างที่เล็กกว่าเกิดการลีบ

การลีบในกล้ามเนื้อนั้นอาจเกิดจากกล้ามเนื้อไม่ได้ถูกใช้งาน (disuse atro-phy) เนื่องจาก การควบคุมการใช้งานของกล้ามเนื้อน้อยลง หรือถูกจำกัด แต่ยังมีเส้นประสาทเลี้ยงปกติ เช่น ในผู้ป่วยที่ข้อถูกยึดตรึงกับที่หรืออยู่ในเฝือก ผู้ป่วยที่หมดสติ หรือต้องนอนนิ่งอยู่บนเตียงเป็นเวลานาน กล้ามเนื้อที่ลีบจากสาเหตุดังกล่าว สามารถฟื้นฟูให้อยู่ในสภาพแข็งแรงและทนทานได้ตามปกติด้วยการออกกำลัง ส่วนการลีบอีกชนิดหนึ่ง คือ การลีบของกล้ามเนื้อซึ่งเกิดจากการขาดเส้นประสาทมาเลี้ยง (denervated atrophy) การลีบของกล้ามเนื้อกรณีนี้จะเกิดอย่างรวดเร็ว ในบางรายอาจตรวจพบได้ภายใน 3 วัน หลังการบาดเจ็บของเส้นประสาท พบว่า กล้ามเนื้อที่ขาดเส้นประสาทมาเลี้ยงจะเกิดภาวะเสื่อม (degeneration) และเกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่แย่ลงเรื่อยๆ ถึงแม้เส้นประสาท หรือแอกซอนที่มาเลี้ยงกล้ามเนื้อนั้น สามารถเกิดกระบวนการซ่อมสร้าง หรืองอกใหม่ จนกระทั่งมาถึงตัวกล้ามเนื้อก็ตาม แต่ต้องใช้เวลาพอควร ช่วงเวลาที่เส้นประสาทงอกมาถึงกล้ามเนื้อนั้น อาจกินเวลาเป็นเดือน ๆ ถ้ากล้ามเนื้อที่ขาดเส้นประสาทนั้นไม่ได้ถูกเตรียมสภาพให้พร้อมที่จะทำงาน เมื่อเส้นประสาทนั้นงอกมาถึงก็ไม่สามารถเกิดการหดตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น จึงควรเตรียมการให้กล้ามเนื้อที่ขาดประสาทมาเลี้ยงนั้น พร้อมที่จะทำงานโดยการกระตุ้นด้วย

กระแสไฟฟ้า

ผลการกระตุ้นกล้ามเนื้อที่ขาดเส้นประสาทมาเลี้ยงด้วยกระแสไฟฟ้าที่ปรับช่วงการกระตุ้น และช่วงพักที่เหมาะสม ทำให้เกิดการเลื่อนเข้าออกของ actin และ myosin ส่งผลให้อัตราการทำลายของ myofibril ลดน้อยลง นอกจากนั้น ยังเชื่อว่าผลจากการหดตัวของกล้ามเนื้อโดยการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า มีส่วนเพิ่มการสังเคราะห์กลัยโคเจน (glycogen) อีกด้วย อย่างไรก็ตาม ผลของไฟฟ้าก็ไม่สามารถที่จะป้องกันการลีบ และการเสื่อมของกล้ามเนื้อเนื่องจากการขาดเส้นประสาทมาเลี้ยงได้โดยสิ้นเชิง เพียงแต่เป็นการชะลอ กระบวนการดังกล่าวให้เกิดช้าลงเท่านั้น (ดูบทที่ 6)

2.2 ช่วยเพิ่มการไหลเวียนและลดบวม [3]

การกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยกระแสไฟฟ้าให้หดตัวเลียนแบบการหดตัวของกล้ามเนื้อธรรมชาติ จะช่วยไล่น้ำเหลือง และโลหิตกลับสู่หัวใจ ในผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บ และเกิดการบวมเรื้อรัง การหดตัวของกล้ามเนื้อเป็นจังหวะปกติเพื่อช่วยเพิ่มการไหลเวียนนั้นไม่เพียงพอสำหรับการไล่โลหิตและน้ำเหลือง ดังนั้น การใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นเสริมจึงช่วยลดการบวมได้ดียิ่งขึ้น ความแรงของไฟที่ใช้กระตุ้นนั้น ควรแรงมากกว่า motor threshold ของกล้ามเนื้อและเน้นการหดตัวของกล้ามเนื้อเป็นจังหวะ (ดูบทที่ 7)

2.3 การบรรเทาอาการปวด [4]

การใช้กระแสไฟฟ้าความถี่ต่ำเพื่อระงับปวดนั้น ได้กระทำกันมาตั้งแต่สมัยกรีกโบราณ (600 ปี ก่อนคริสตศักราช) โดยการนำเอากระแสไฟฟ้ามาจากปลาไหลไฟฟ้า และปลาบางชนิดซึ่งสามารถให้กระแสไฟฟ้ามากระตุ้น

ผิวหนัง ต่อมามนุษย์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อทดแทนกระแสไฟฟ้าจากธรรมชาติได้สำเร็จ จึงได้มีการพัฒนากระแสไฟฟ้าเพื่อการรักษาต่อ ๆมาตามลำดับ

ในปัจจุบันกระแสไฟฟ้าที่นิยมใช้ระงับความรู้สึกเจ็บปวด ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีคือกระแสทีอีเอ็นเอส หรือTENS (transcutaneous electrical nerve stimulation) ซึ่งมีการประยุกต์ใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งทางศัลยแพทย์ ทันตแพทย์ สูตินรีแพทย์ และวิสัญญีแพทย์ ในความเป็นจริงแล้ว กระแส TENS ไม่ได้ มีความแตกต่างจากกระแสความถี่ต่ำชนิดเป็นช่วง ๆ เพียงแต่กระแสชนิดนี้ถูกดัดแปลงให้มีช่วงการกระตุ้นสั้น เพื่อหวังผลในการระงับปวดนั่นเอง (ดูบทที่ 10)

2.4 การผลักดันตัวยาเข้าสู่ร่างกาย [5] (iontophoresis)

การส่งผ่านไอออนหรือตัวยา เข้าผิวหนังโดยใช้กระแสไฟตรงนี้ Le Duc เป็นผู้ค้นพบเมื่อปี ค.ศ.1903 โดยอาศัยหลักการที่ประจุไฟฟ้าเหมือนกันจะผลักดันกัน ถ้าประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันก็จะดึงดูดกัน ดังนั้น ถ้านำตัวยามาละลายในตัวทำละลายที่เหมาะสม ถ้ามีประจุเป็นบวกก็จะวางไว้ที่ใต้ขั้วบวก เพื่อให้กระแสไฟฟ้าที่ใต้ขั้วบวกเป็นตัวผลักดันตัวยานั้น ให้เข้าสู่ร่างกายทางผิวหนัง ตัวอย่าง เช่น ยาแอสไพรินละลายน้ำแตกตัวให้ไอออนลบ ถ้าต้องการลดปวดและลดบวมในข้อ ควรใช้ผ้าชุบสารละลายแอสไพรินวางไว้ที่ใต้ขั้วลบ แล้วเปิดไฟกระแสไฟตรงผลักดันไอออนของแอสไพรินเข้าสู่ผิวหนัง (ดูบทที่ 5)

นอกจากวัตถุประสงค์ดังกล่าวมาแล้ว ในปัจจุบันเครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อและเส้นประสาทยังถูกนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่น ๆอีกมากมาย เช่น

การกระตุ้นเพื่อฝึกความแข็งแรงและทนทานในกล้ามเนื้อปกติ (ดูบทที่ 7) การกระตุ้นเพื่อฝึกการทำงานในผู้ป่วยอัมพาตครึ่งท่อนอย่างถาวร (ดูบทที่ 6) การกระตุ้นเพื่อแก้ไขความพิการจากกระดูกสันหลังคด (ดูบทที่ 7) การกระตุ้นเพื่อการซ่อมแซมเนื้อเยื่อ (ดูบทที่ 15) และการติดของกระดูก ฯลฯ ซึ่งผลการศึกษาบางอย่างก็ได้รับการยอมรับแล้ว และบางอย่างก็ยังต้องการงานวิจัยสนันสนุนอีก

3.ชนิดของเครื่องกระตุ้น [6]

เครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อและเส้นประสาทที่ใช้สำหรับกายภาพบำบัดในปัจจุบัน มีมากมายหลายชนิด บางชนิดก็ให้กระแสเฉพาะ เช่น เครื่องรุ่น ENDOMED 433 จะให้กระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียลเพียงอย่างเดียว บางชนิดก็สามารถให้กระแสหลายชนิดในเครื่องเดียวกัน โดยมีปุ่มปรับเลือกชนิด เช่น เครื่องรุ่น DYNATRON 408 ให้กระแสไฟตรงอย่างต่อเนื่อง (แกลแวนิก) กระแส ไฟตรงเป็นช่วงๆ (IDC) และกระแสไฟไดอะไดนามิกส์ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ในที่นี้จะขอกล่าวแยกเป็นเครื่องๆ พอสรุปได้ดังนี้

3.1 เครื่องกระตุ้นกระแสไฟตรงที่ปล่อยเป็นช่วงๆ (interrupted DC, IDC)

กระแสไฟตรงที่ปล่อยเป็นช่วง ๆ เป็นกระแส ที่นิยมใช้ทางกายภาพบำบัดในการกระตุ้นกล้ามเนื้อ และเส้นประสาทเพื่อการรักษา และเพื่อการตรวจวินิจฉัยโรค (ดูบทที่ 6) ลักษณะของกระแสไฟตรงที่ปล่อยเป็นช่วง ๆ สามารถปรับค่าช่วงการกระตุ้นและช่วงพักได้ ส่วนลักษณะคลื่นมักเป็นทั้งแบบสามเหลี่ยม หรือสี่เหลี่ยม ในปัจจุบันได้มีการดัดแปลงกระแสไฟตรงแบบเป็นช่วงๆ ให้มีลักษณะจำเพาะ และเรียกชื่อแตกต่างกันออกไป เช่น กระแสไฟที

อีเอ็นเอ็ส (บางชนิด) ก็คือกระแสไฟตรงแบบเป็นช่วง ๆ ที่ดัดแปลงให้มีช่วงการกระตุ้นสั้นกว่า 0.5 มิลลิวินาที (ดูบทที่ 11) หรือ กระแสไฟตรงศักย์สูง ก็คือ กระแสไฟตรงแบบเป็นช่วง ๆ ที่ดัดแปลงให้มีรูปคลื่นแบบคู่มีช่วงกระตุ้นและช่วงพักสั้นมาก ๆ ในหน่วยไมโครวินาที และสามารถปรับความเข้มของกระแสได้ถึง 500 โวลต์ (ดู บทที่ 13) เป็นต้น

3.2 เครื่องกระตุ้นกระแสฟาราดิก (faradic current)

คำว่า'ฟาราดิก' มักใช้เรียกกระแสที่สร้างจากขดลวดเหนี่ยวนำ เช่น faradic coil ซึ่ง Faraday เป็นผู้ค้นพบ ในปัจจุบันถึงแม้กระแสฟาราดิกจะไม่ได้สร้างจากขดลวดเหนี่ยวนำแล้ว แต่ก็ยังเรียกกระแสนี้ว่า ไฟฟาราดิก ลักษณะเฉพาะของกระแสไฟฟาราดิก เป็นกระแสไฟตรง ที่ปล่อยออกเป็นชุด ๆ แต่ละชุดจะมีความถี่ประมาณ 50-100 เฮิรตซ์ มีช่วงพัก และช่วงกระตุ้นคงที่และแน่นอน (ถูกกำหนดมาจากโรงงานไม่สามารถปรับค่า) ซึ่งจะแตกต่างจากไฟตรงที่ปล่อยออกเป็นช่วง ๆ กระแสไฟฟาราดิกจะกระตุ้นกล้ามเนื้อให้เกิดการหดตัวแบบหดตัวค้าง หรือ เตตะนิก (tetanic contraction) และไม่ตอบสนองในกล้ามเนื้อที่ขาดเส้นประสาท เนื่องจากช่วงการกระตุ้นสั้นมากเกินกว่าจะทำให้กล้ามเนื้อเกิดการตอบสนอง

เนื่องจาก กระแสไฟฟาราดิกมีช่วงพักการหดตัวของกล้ามเนื้อสั้นหรือไม่มีช่วงพักเลย จึงทำให้กล้ามเนื้อที่ถูกกระตุ้นเพลียล้าอย่างรวดเร็วจากการหดตัวค้าง ดังนั้น จึงมีผู้พยายามดัดแปลงกระแสไฟฟาราดิก ออกเป็นลักษณะปล่อยออกเป็นช่วง ๆ และเป็นแบบ surge ซึ่งสามารถช่วยลดปัญหาการเพลียล้าของกล้ามเนื้อ (ดูบทที่ 7) นอกจากนั้น ยังสามารถกระตุ้นให้กล้ามเนื้อหดตัวตามจังหวะที่ต้องการได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

3.3 เครื่องกระตุ้นกระแสไฟสลับ

กระแสไฟสลับที่ใช้กระตุ้นเพื่อการรักษา ทางกายภาพบำบัดในปัจจุบันอาจจัดอยู่ในกลุ่ม การรักษาด้วยกระแสความถี่ขนาดกลาง (medium frequency current) (หมายถึง กระแสที่มีความถี่ในช่วงประมาณ 4-10 กิโลเฮิรตซ์ ส่วนกระแสที่จัดอยู่ในย่านความถี่ต่ำ (low frequency current) จะมีความถี่น้อยกว่า 100 เฮิรตซ์

3.3.1 เครื่องกระตุ้นกระแสไฟสลับความถี่ต่ำ

กระแสไฟสลับความถี่ต่ำที่ใช้รักษาทางกายภาพบำบัด มักจะสร้างจากไฟกระแสสลับ 200 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ ที่ใช้ตามบ้านในปัจจุบัน โดยให้กระแสดังกล่าวผ่านทรานสฟอร์มเมอร์ เพื่อแปลงกระแสให้มีศักย์ไฟฟ้าพอที่จะกระตุ้นกล้ามเนื้อได้โดยไม่เกิดอันตราย ซึ่งสามารถสร้างกระแสที่มีความถี่ 100 เฮิรตซ์

กระแสที่มีความถี่ต่ำจะผ่านผิวหนังได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากผิวหนังมีค่าความต้านทานเชิงซ้อนต่อไฟฟ้าสูง (ปกติมีค่าประมาณ 1-2 กิโลโอห์ม) ถึงแม้เนื้อเยื่อใต้ผิวหนังจะมีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่มากก็ตาม ถ้าเปรียบชั้นของเนื้อเยื่อเป็นตัวต้านทานไฟฟ้าที่ต่ออนุกรม พบว่า ที่ผิวหนังและเนื้อเยื่อส่วนผิว ๆจะมีค่าความต้านทานเชิงซ้อนสูงมาก

3.3.2 เครื่องกระตุ้นกระแสไฟสลับความถี่ปานกลาง (4)

ผิวหนังมีความต้านทานเชิงซ้อนต่อไฟฟ้าสูง แต่ยอมให้คลื่นไฟฟ้าที่มีความถี่สูงผ่านได้ดี ดังนั้นกระแสไฟสลับความถี่ปานกลาง จึงสามารถกระตุ้นกล้ามเนื้อที่อยู่ในชั้นลึกได้ดีกว่า (ดูบทที่ 14)

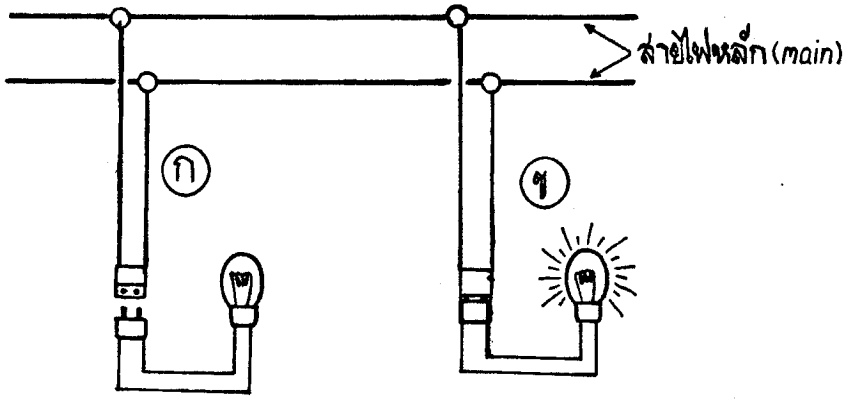
3.3.3 เครื่องกระตุ้นกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล

กระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียลเป็นกระแสที่เกิดจาก การสอดแทรกของกระแสไฟสลับความถี่ขนาดกลาง (ประมาณ 2000-4000 เฮิรตซ์) อย่างน้อย 2 ขบวน ซึ่งความถี่กระแสสลับที่ใช้สอดแทรกดังกล่าวนั้น มักจะมีค่าไม่ต่างกันมากนัก (ประมาณ 10-100 เฮิรตซ์) จึงทำให้คลื่นที่สอดแทรกกันนั้นเกิดความถี่บีตส์ (beats) ซึ่งเป็นความถี่ที่ใช้รักษา (ดูบทที่ 14)

4.การติดตั้งเครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อเข้ากับระบบไฟบ้าน [7,8]

สายไฟหลัก (main) ที่ใช้ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้าตามบ้านเรือนทั่วๆไปนั้น มักมี 2 สาย คือ สายที่มีกระแสไฟมักมีสีดำ (hot wire) และสายกลาง ที่ไม่มีกระแสไฟมักมีสีขาว (neutral wire) ดังนั้นเมื่อปิดวงจร (กดสวิตช์หรือเสียบปลั๊ก) กระแสไฟฟ้าจะวิ่งจากสายทีมีไฟ (สีดำ) ผ่านตัวต้านทานในเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น ลวดทังสเตนของหลอดไฟทำให้หลอดไฟสว่าง เป็นต้น แล้ววิ่งกลับมาทางด้านสายที่ไม่มีกระแสไฟ (สีขาว) เพื่อให้ครบวงจร (รูปที่ 1.2)

เต้าเสียบของปลั๊กไฟที่ใช้ตามบ้าน มี 2 รู ส่วนเต้าเสียบของปลั๊กไฟที่โรงพยาบาลหรืออาคารที่มีระบบสายดิน (ground) มักมี 3 รู ซึ่งเพิ่มสายไฟที่ต่อเป็นสายดินอีกเส้นหนึ่ง (มักมีสีเขียว) ส่วนปลายของสายดินจะต่อเข้ากับท่อน้ำโลหะ หรือแท่งโลหะที่ฝังอยู่ใต้พื้นดิน ปลั๊กที่ต่อจากเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ จึงมักใช้ปลั๊กสามขา โดยต่อสายดินเพิ่มจากจุดต่อสายดินที่มีสัญลักษณ์ (G) มักอยู่ด้านหลังของเครื่อง หรือต่อจากโครงนอกของเครื่องที่เป็นโลหะ ขาของปลั๊กเสียบที่เป็นสายดินมักจะยื่นยาวออกมา



รูปที่ 1.2 แสดงวงจรไฟฟ้าที่ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า (ก) เมื่อเสียบปลั๊ก กระแสจะไหลจากสายเมนเส้นหนึ่งผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้า แล้วกลับอีกเส้น (ข)

มากกว่าขาอื่นๆ ฉะนั้น เมื่อเสียบปลั๊กขาสายดินจะถูกต่อ เพื่อป้องกันไว้ก่อนที่กระแสไฟฟ้าจะเข้าเครื่อง และขณะดึงปลั๊กออก ขาสายดินยังคงถูกต่อไว้ (หลุดทีหลัง) ขณะที่ขาปลั๊กอื่นๆที่มีกระแสไฟหลุดออกจากรูปลั๊กแล้ว การต่อระบบสายดินเป็นวิธีที่ดีและประหยัด ในการช่วยให้มีความปลอดภัย จากเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ไฟตามสายเมน (ไฟกระแสสลับ 220 โวลต์) และเครื่องที่มีโครงนอกเป็นโลหะวิธีหนึ่ง

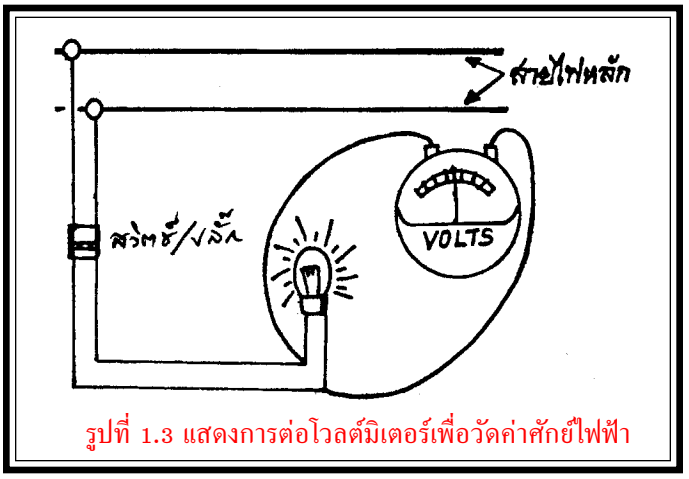
ในกรณีที่สถานที่ใช้เครื่องอิเล็กทรอนิกส์ หรือเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น ไม่มีระบบสายดิน หากต้องการเพิ่มความปลอดภัยจากกรณีไฟรั่ว อาจกระทำได้ง่ายๆ โดยใช้สายตัวนำหุ้มฉนวนไฟฟ้า ต่อที่โครงนอกของเครื่อง (ที่เป็นโลหะ) ส่วนปลายอีกด้านต่อเข้ากับท่อโลหะที่ฝังในดิน หรือท่อประปา เป็นต้น

5.การทดสอบเครื่องกระตุ้นก่อนนำไปใช้งาน [9]

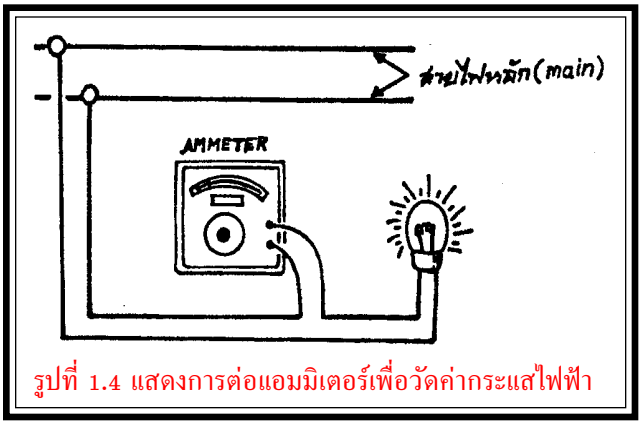
ภายหลังจากการติดตั้งเครื่องเรียบร้อยแล้ว ก่อนนำไปใช้งาน เพื่อความปลอดภัยและความถูกต้องแม่นยำ ควรจะมีการทดสอบค่ากระแสที่ปล่อยออกจากเครื่อง ให้มีความถูกต้องตรงกับมาตรวัดที่ตัวเครื่อง เพื่อประโยชน์ของการรักษาและความถูกต้องในการแปรผล หรือตรวจสอบว่าขณะใช้งานมีไฟรั่วออกจากตัวเครื่องหรือไม่ ซึ่งผู้ใช้เครื่องอาจใช้วิธีการทดสอบอย่างง่าย ๆ โดยใช้เครื่องมือดังต่อไปนี้

5.1 โวลต์มิเตอร์

โวลต์มิเตอร์ เป็นเครื่องมือสำหรับวัดแรงดัน หรือความต่างศักย์ของ ไฟฟ้า โดยวัดเป็นหน่วยโวลต์ ลักษณะการต่อเครื่องโวลต์มิเตอร์นั้น จะต้องต่อสายที่จะใช้วัดคล่อมวงจรตรงจุดที่ต้องการรู้ค่าศักย์ไฟฟ้า ในทางปฏิบัติหากต้องการรู้ค่าความเข้มกระแส (มีหน่วยเป็นโวลต์) ที่ปล่อยออกจากเครื่องกระตุ้น อาจต่อคร่อมตัวต้านทาน (แทนผู้ป่วย) ระหว่างขั้วกระตุ้น (ดังรูปที่ 1.3)



รูปที่ 1.3 แสดงการต่อโวลต์มิเตอร์เพื่อวัดค่าศักย์ไฟฟ้า



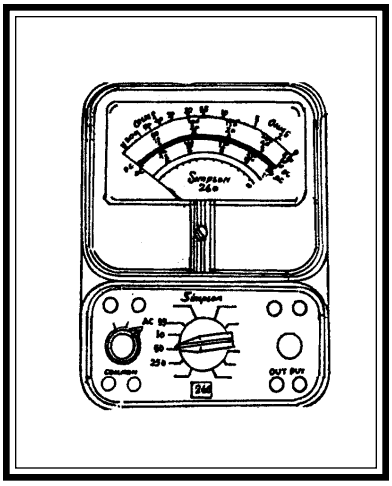
รูปที่ 1.4 แสดงการต่อแอมมิเตอร์เพื่อวัดค่ากระแสไฟฟ้า

5.2 แอมมิเตอร์

แอมมิเตอร์ เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดกระแสไฟฟ้า โดยวัดเป็นหน่วยแอมแปร์ ลักษณะการต่อแอมมิเตอร์ จะต่ออนุกรมเข้ากับวงจรที่ต้องการวัด ในทางปฏิบัติหากต้องการวัดความเข้มกระแส (มีหน่วยเป็นแอมแปร์) ที่ปล่อยออกจากเครื่องกระตุ้น สามารถต่ออนุกรมเข้ากับขั้วที่ใช้กระตุ้น ดังรูปที่ 1.4

5.3 มัลติมิเตอร์

มัลติมิเตอร์เป็นเครื่องมือ ที่สามารถวัดค่าของ ศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้าในเครื่องเดียวกัน การใช้มัลติมิเตอร์เพื่อวัดค่าทางไฟฟ้าใด ก็ควรปรับสวิตช์เลือกไปในตำแหน่งชนิดของค่าทางไฟฟ้าที่ต้องการวัดให้ถูกต้องก่อน มิเช่นนั้น อาจทำให้เครื่องวัดชำรุด (ดังรูปที่ 1.5)

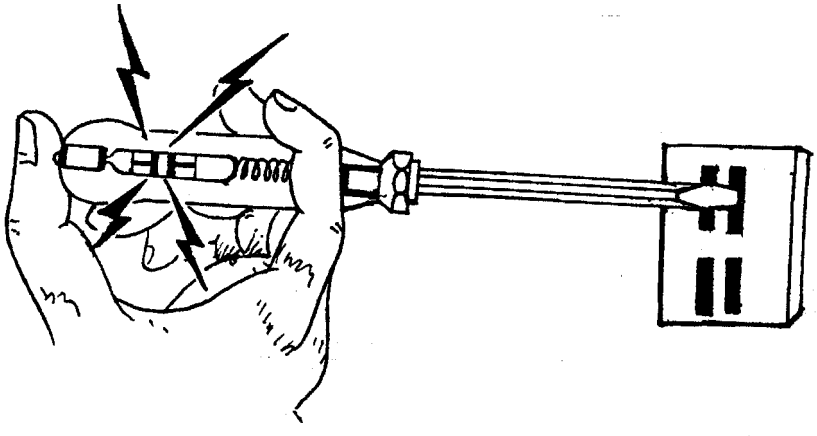

รูปที่ 1.5 แสดงมัลติมิเตอร์เครื่องหนึ่ง

5.4ไขควงทดสอบกระแส

ไขควงทดสอบกระแส ประกอบด้วยไขควงซึ่งด้ามจับมีหลอดไฟสำหรับตรวจวงจรชนิดหนึ่งเป็นส่วนประกอบ มักมีขายตามร้านจำหน่ายเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งมีประโยชน์เหมาะสำหรับตรวจเช็คว่าสายเส้นใดเป็นสายที่มีกระแสไฟ และสายใดเป็นสายดินขณะทำการ ต่อไฟ นอกจากนั้น ยังสามารถใช้ตรวจสอบเครื่องใช้ไฟฟ้าว่า เกิดการรั่วของกระแสไฟหรือไม่ วิธีการใช้ก็เพียงแต่นำปลายไขควงไปแตะสายไฟ หรือจุดที่ต้องการทดสอบว่ามีไฟรั่วหรือไม่ (รูปที่ 1.6) ถ้าปรากฏว่ามีแสงไฟออกจากหลอดทดสอบ (ที่ด้ามไขควง) แสดงว่าสายนั้นมีไฟ หรือเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นมีไฟรั่ว เป็นต้น

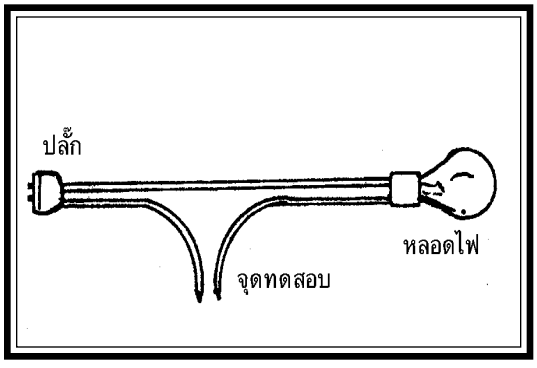
5.5 เครื่องทดสอบกระแสไฟ [9]

เครื่องทดสอบกระแสไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์อย่างง่ายประกอบ ด้วย หลอดไฟทดสอบและสายต่อ(รูปที่ 1.7) ใช้สำหรับทดสอบการทำงานของวงจรไฟฟ้าว่าขาดออกจากกันหรือไม่ หรือใช้ตรวจสอบไฟรั่ว เป็นต้น วิธีการใช้ก็เพียง



รูปที่ 1.6 แสดงวิธีตรวจปลั๊กไฟฟ้าด้วยไขควงทดสอบ

แต่นำปลายสาย ไปต่อกับวงจรที่ต้อง การทดสอบ



รูปที่ 1.7 แสดงผังของเครื่องทดสอบกระแสไฟฟ้าอย่างง่าย

วิธีการทำเครื่องทดสอบไฟอย่างง่าย โดยการเตรียมวัสดุดังนี้

1.หลอดไฟขนาด 100 วัตต์

2.กล่องไม้แผงไฟขนาดเล็ก 1 อัน

3.สวิตช์กระดิ่ง 1 อัน

4.สายไฟ พร้อมปลั๊กตัวผู้

5.ปลั๊กตัวเมีย

นำวัสดุดังกล่าวมาต่อเป็นวงจรดังรูปที่ 1.8 ซึ่งจะได้เครื่องทดสอบกระแสไฟอย่างง่าย ๆไว้ใช้ทดสอบไฟรั่วของเครื่องมือ วิธีใช้ก็อาจกระทำโดย

1.เสียบปลั๊กเข้ากับแหล่ง จ่ายไฟหลัก

2.นำปลายสายที่จะใช้ทด สอบมาแตะกัน หรือกดสวิตช์ ถ้าเครื่องทำงานได้ปกติหลอดไฟจะสว่าง

3.นำปลายสายทดสอบไปแตะที่ขั้วปลั๊กทั้งสองของครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการทดสอบ

4.ถ้าปรากฏว่าแสงสว่างจากหลอดไฟน้อยกว่าตอนกดสวิตช์ทดสอบแสดงว่าเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น สามารถใช้งานได้ตามปกติ

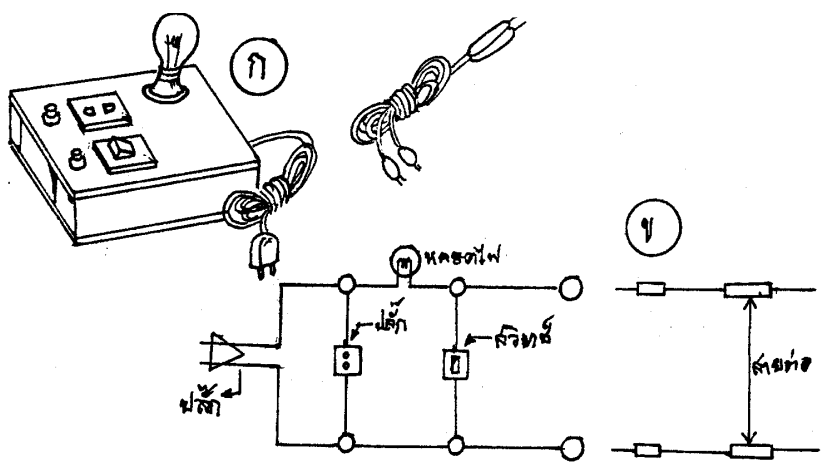
5.ถ้าปรากฏว่าแสงสว่างจากหลอดสว่างเท่ากับตอนกดสวิตช์ทดสอบแสดงว่าอาจเกิดไฟฟ้าลัดวงจรภายในเครื่อง ไม่ควรนำมาใช้งาน

6.ถ้าต้องการตรวจไฟรั่ว หรือตรวจการทำงานของระบบสายดินของ

เครื่องใช้ไฟฟ้า อาจกระทำได้โดยใช้สายทดสอบเส้นหนึ่งแตะที่ตัวเครื่องส่วนที่เป็นโลหะ (มักเป็นโครงเครื่อง) ส่วนอีกเส้นแตะที่สายไฟของเครื่องใช้ (ส่วนที่เป็นโลหะ) หากปรากฏว่าเกิดแสงสว่างจากหลอดไฟ แสดงว่าเครื่องใช้นั้นเกิดไฟรั่ว หากหลอดไฟไม่สว่างแสดงว่าไม่มีไฟรั่ว เป็นต้น

ข้อควรระวัง

เครื่องทดสอบนี้ให้ไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ ผ่านวงจรโดยตรง ขั้วที่ใช้สำหรับเป็นตัวทดสอบ ควรมีฉนวนไฟฟ้าหุ้มอย่างดี และขณะใช้งาน หากผู้ทดสอบแตะหรือจับที่ปลายขั้วทดสอบทั้งสองพร้อมกัน หรือแตะสายเส้นที่มีกระแสไหลผ่าน กระแสไฟสลับ 220 โวลต์ จะไหลผ่านตัวผู้ทดสอบโดยตรงทันที ซึ่งเป็นอันตรายอย่างมาก จึงควรระวัง



รูปที่ 1.8 เครื่องทดสอบกระแสไฟอย่างง่าย (ก) และ(ข) แสดงผังวงจรของเครื่อง

ปฏิบัติการที่ 1 การติดตั้งและการทดสอบเครื่องกระตุ้นก่อนใช้งาน

วัตถุประสงค์

หลังจากปฏิบัติการครั้งนี้แล้ว นักศึกษาสามารถ

1.อธิบายวิธีการ และจุดประสงค์ของการติดตั้ง และการทดสอบเครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อและเส้นประสาทก่อนใช้งาน

2.แสดงวิธีการทดสอบเครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อ

3.อธิบายและแสดงวิธีการตรวจสอบ และป้องกันไฟรั่วจากเครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อและเส้นประสาทเบื้องต้น

เครื่องมือและอุปกรณ์

1.เครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อและเส้นประสาทชนิดต่าง ๆ
2.สายต่อขั้วไฟฟ้าและขั้วกระตุ้น
3.ค่าความต้านทานขนาดต่าง ๆ
4.มัลติมิเตอร์, โวลต์มิเตอร์, แอมมิเตอร์
5.เครื่องทดสอบกระแสไฟฟ้าอย่างง่าย
6.ไขควงทดสอบกระแส

วิธีการปฏิบัติการ

ตอนที่ 1 ศึกษาระบบสายไฟหลักและปลั๊กต่อ

1.เขียนแผนภูมิของระบบสายไฟหลักในห้องปฏิบัติการจนกระทั่งถึงปลั๊ก
2.ศึกษาลักษณะการต่อสายปลั๊กที่ใช้ต่อ จากปลั๊กหลัก (ที่ติดผนัง)
3.เสียบสายปลั๊กที่ใช้ต่อเข้ากับปลั๊กหลัก

4.ทดสอบกระแสไฟฟ้าอย่างง่ายโดยใช้ไขควงทดสอบที่ปลั๊ก โดยสังเกตว่า รูไหนของปลั๊กที่ทำให้หลอดไฟที่ด้ามไขควงสว่าง

5.ใช้โวลต์มิเตอร์วัดสัญญาณในกระแสไฟสลับที่ปลั๊ก แล้วบันทึกผลศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้

6.จงอธิบายผลที่เกิดขึ้น

ตอนที่ 2 ทดสอบไฟรั่วจากเครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อ

1.เสียบปลั๊กของเครื่องกระตุ้นเข้ากับปลั๊กที่ต่อจากสายไฟหลัก

2.ปรับปรุ่มความแรงของกระแสมาที่ศูนย์

3.เปิดสวิตซ์ของเครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อ สังเกตการเปลี่ยนแปลง

4.ใช้หลังมือสัมผัสที่โครงของเครื่องกระตุ้นส่วนที่เป็นโลหะ แล้วบันทึกผลการเปลี่ยนแปลง และความรู้สึก

5.ใช้เครื่องทดสอบกระแสไฟอย่างง่ายทดสอบ กระแสไฟรั่ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงแล้วบันทึกผล

6.ลองอธิบายผลที่เกิดขึ้น

ตอนที่ 3 ทดสอบกระแสไฟฟ้าที่ปล่อยออกจากเครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อ

1.ต่อสายขั้วกระตุ้นไฟฟ้าเข้ากับเครื่องกระตุ้น

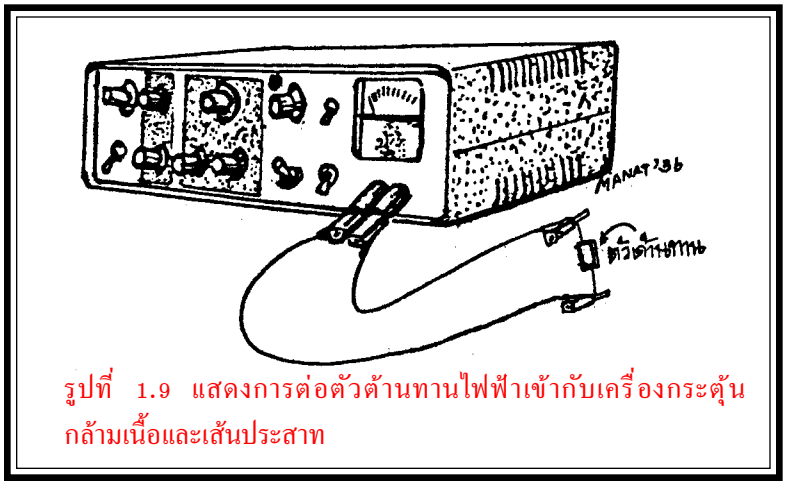
2.ต่อปลายสายขั้วกระตุ้นเข้ากับตัวต้านทานดังรูปที่ 1.9

3.กดปุ่มอ่านค่ากระแส และค่อย ๆเพิ่มกระแส แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่หน้าปัทม์มิเตอร์ของเครื่องแล้วบันทึกผล

4.ปรับความแรงของกระแสมาอยู่ที่ตำแหน่งศูนย์ ตามลำดับ

5.นำโวลต์มิเตอร์ หรือแอมมิเตอร์ต่อเข้ากับวงจร

6.ค่อย ๆเพิ่มความแรงของกระแส แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่หน้าปัทม์มิเตอร์ของเครื่อง และที่โวลต์มิเตอร์หรือแอมมิเตอร์ แล้วบันทึกผล



รูปที่ 1.9 แสดงการต่อตัวต้านทานไฟฟ้าเข้ากับเครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อและเส้นประสาท

คำถามท้ายบท

1.หากเครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อเกิดไฟรั่วท่านจะมีวิธีแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างไร ?

2.หากความเข้มของกระแสที่อ่านจากหน้าปัทม์เครื่องกระตุ้นและที่อ่านได้จากมิเตอร์มีค่าไม่ตรงกัน ท่านจะมีวิธีแก้ไขอย่างไร ?

3.จงอธิบายความแตกต่างของวิธีการวัดความเข้มของกระแส ที่มีหน่วยเป็นโวลต์ และแอมแปร์ มาเป็นข้อ ๆ

4.ท่านคิดว่าเครื่องทดสอบกระแสไฟ มีประโยชน์อย่างไร? และจำเป็นต้องจัดหาไว้ใช้หรือไม่ ?

เอกสารอ้างอิง

1.Ward AR. Electrical stimulator of nerve and muscle: Electricity, fields and waves in therapy. Marrickville 2204: Science Press, 1976: 63-88.

2.Speilholtz N. Electrical stimulation of denervated muscle. In: Nelson RM, Currier DP eds. Clinical electrotherapy. California: Appleton and Lange, 1987: 97-110.

3.Robinson AJ Physiology of muscle and nerve. In: Mackler LS, Robinson AJ. eds. Clinical electrophysiology. Baltimore: Williams and Wilkins, 1989: 59-94.

4.Mackler LS. Electrical stimulation for pain modulation. In: Mackler LS, Robinson AJ eds. Clinical electrophysiology. Baltimore: Williams and Wilkins, 1989: 214-6.

5.Cummings J. Iontophoresis. In: Nelson RM, Currier DP eds. Clinical electrotherapy. California: Appleton and Lange, 1987: 231-5.

6.Along G. Principle of electrical stimulation. In: Nelsom RM, Currier DP eds. Clinical electrotherapy. California: Appleton and Lange, 1987: 29-54.

7.Low J. Reed A. Electrotherapy explained. London: Butterworth-Heinemann 1992: 24-5.

8.Gersh MR. Electrotherapy in rehabilitation. Philadelphia: F.A. Davis Company, 1992:87-99.

9.ณรงค์ ชอนตะวัน, เสวก ผาสุข, สุภาพ สุขเกื้อ, พานิชผล มงคลเจริญ . คู่มือซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน. กรุงเทพฯ: 23-33.