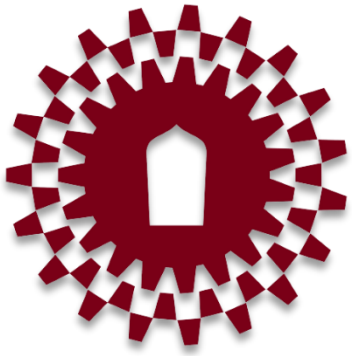


คู่มือปฏิบัติงาน

การจัดการเรียนรู้

รายวิชา 262215 ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า

รัชนีวรรณ หมั่นแสวง

ตำแหน่ง นักวิชาการศึกษา

ระดับปฏิบัติการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยพะเยา

คำนำ

คู่มือปฏิบัติงานหลักฉบับนี้ได้ดำเนินการจัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานทราบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาปฏิบัติการ ประกอบด้วยขั้นตอนการวิเคราะห์รายละเอียดของรายวิชา การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ และวิธีการประเมิน คู่มือปฏิบัติงานหลักฉบับนี้เน้นองค์ประกอบที่สำคัญของการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงาน สามารถศึกษาเป็นแนวทางนำไปพัฒนาการจัดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยนำรายวิชา 262215 ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า (Electric Circuit Laboratory) เป็นตัวอย่างในการจัดทำแผนการเรียนรู้ ในคู่มือปฏิบัติงานหลักประกอบไปด้วย การวิเคราะห์รายละเอียดรายวิชา การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ขั้นตอนการปฏิบัติงาน แนวทางการเขียนใบงานการทดลอง และวิธีจัดการประเมินผลการเรียน

ผู้เขียนได้นำความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ วิเคราะห์รายละเอียดรายวิชาเพื่อเขียนใบงานการทดลองโดยมีการพัฒนาให้เหมาะสมกับรายละเอียดรายวิชา และสอดคล้องกับวัสดุ ครุภัณฑ์ภายในห้องปฏิบัติการ โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ส่วนคือ เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าการทดลองไฟฟ้ากระแสตรง (DC Lab) และการทดลองไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Lab) เพื่อใช้ในการเรียนการสอน

รัชนีวรรณ หมั่นแสวง
นักวิชาการศึกษา ระดับปฏิบัติการ
พฤษภาคม 2565

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการจัดทำคู่มือ	1
1.3 ขอบเขตของการจัดทำคู่มือ	1
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการจัดทำคู่มือ	2
1.5 คำจำกัดความ หรือข้อตกลงเบื้องต้น	2
บทที่ 2 โครงสร้างองค์กร มาตรฐานกำหนดตำแหน่ง และบทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบ	3
2.1 โครงสร้างองค์กร	4
2.2 โครงหน่วยงานของคณะวิศวกรรมศาสตร์	5
2.3 โครงสร้างการปฏิบัติงานของนักวิชาการศึกษาระดับปฏิบัติการ	6
2.4 มาตรฐานกำหนดตำแหน่ง นักวิชาการศึกษา ระดับชำนาญการ	7
2.5 บทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่ง เลขที่ 0608	8
2.6 จรรยาบรรณที่เกี่ยวข้อง	10
บทที่ 3 การจัดทำแผนการเรียนรู้ แนวทางและวิธีการปฏิบัติงาน	12
3.1 การวิเคราะห์รายละเอียดรายวิชา	12
3.2 การวิเคราะห์รายวิชาแบบแผนภูมิลำดับ (Scalar Pattern)	13
3.3 การวิเคราะห์หัวข้อย่อยเพื่อเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้	14
3.4 สรุปการจัดทำแผนการเรียนรู้รายวิชาปฏิบัติการ	15
3.5 แนวทาง และวิธีการปฏิบัติงาน	16
3.6 วิธีจัดการประเมินผลการเรียน	27
3.7 ระเบียบการใช้ห้องปฏิบัติการ คณะวิศวกรรมศาสตร์	32
3.8 หลักเกณฑ์การปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้ไฟฟ้า	33
3.9 แนวทางการจัดการของเสียภายในห้องปฏิบัติการ	34
บทที่ 4 เทคนิคการปฏิบัติงาน	35
4.1 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	35
4.2 รายละเอียดวิธีปฏิบัติงาน	36
บทที่ 5 ปัญหา / อุปสรรค และแนวทางแก้ไข / การพัฒนางาน	43
เอกสารอ้างอิง	46
ประวัติผู้เขียน	47
ภาคผนวก ก. การทดลองที่ 1 เครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น	ก.1
ภาคผนวก ข. การทดลองที่ 2 กฎของโอห์มและการนำไปใช้งาน	ข.1
ภาคผนวก ค. การทดลองที่ 3 วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม	ค.1
ภาคผนวก ง. การทดลองที่ 4 กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	ง.1
ภาคผนวก จ. การทดลองที่ 5 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า	จ.1

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ฉ. การทดลองที่ 6 กฎของเคอร์ชอฟฟ์	ฉ.1
ภาคผนวก ช. การทดลองที่ 7 ทฤษฎีการวางซ้อน และแรงดันโนด	ช.1
ภาคผนวก ซ. การทดลองที่ 8 ทฤษฎีเทวินิน และนอร์ตัน	ซ.1
ภาคผนวก ฌ. การทดลองที่ 9 ทฤษฎีส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด และวิทสโตนบริดส์ไฟตรง	ฌ.1
ภาคผนวก ญ. การทดลองที่ 10 Introduction to AC Circuit	ญ.1
ภาคผนวก ฎ. การทดลองที่ 11 Series in AC Circuit	ฎ.1
ภาคผนวก ฏ. การทดลองที่ 12 Parallel in AC Circuit	ฏ.1
ภาคผนวก ฐ. การทดลองที่ 13 Resonance Circuit	ฐ.1
ภาคผนวก ฑ. เอกสารอ้างอิง	ฑ.1

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมา

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้มุ่งเน้นการพัฒนาด้านการเรียนการสอนและการวิจัย โดยมีเป้าหมายสูงสุดคือการผลิตบัณฑิตให้มีคุณภาพ การที่บัณฑิตจะมีคุณภาพหรือไม่ การเรียนการสอนต้องได้รับการสนับสนุนจากผู้ปฏิบัติงานสายสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนและที่สำคัญเนื่องจากเป็นหน่วยงานที่มีการเรียนการสอนและศึกษาวิจัย ในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีผู้ปฏิบัติงานคอยช่วยเหลือและสนับสนุนการเรียนการสอน ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

รายวิชา 262215 ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า (Electric Circuits Laboratory) เป็นวิชาบังคับสำหรับนิสิตชั้นปีที่ 2 มีหน่วยกิต (บรรยาย-ปฏิบัติ-ค้นคว้า) เท่ากับ 1(0-3-2) มีการเรียนการสอนเกี่ยวกับการทดลองเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า เครื่องวัดและการวัดทางไฟฟ้า วงจรไฟฟ้ากระแสตรง วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ การจำลองวงจรเบื้องต้น เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลต่อนิสิตให้มากขึ้นนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีใบงานการทดลองที่มีความเฉพาะเจาะจงต่อการเรียนรู้จากชุดฝึกปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า เพื่อเพิ่มทักษะการเรียนรู้ของนิสิตที่เรียนวิชาดังกล่าวได้และบรรลุวัตถุประสงค์ของรายวิชา

หน้าที่ความรับผิดชอบและลักษณะงานปฏิบัติในรายวิชาปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า ของผู้ปฏิบัติงานในส่วนงานปฏิบัติการโดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการจัดการเรียนรู้ จนกระทั่งการเตรียมใบงานการทดลองที่สอดคล้องกับภาคทฤษฎีของอาจารย์ประจำวิชาในชั้นเรียนการอธิบายรายละเอียดขั้นตอนการปฏิบัติการทดลอง ตามใบงานการทดลอง การควบคุม ดูแล และการจัดการหลังจากสิ้นสุดการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการ ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีคู่มือปฏิบัติงาน เพื่อจัดการเรียนรู้ของรายวิชาปฏิบัติการในรายวิชาดังกล่าว เพื่อเป็นแนวทางการบริหารจัดการที่เหมาะสม และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรายวิชา

1.2 วัตถุประสงค์ของการจัดทำคู่มือ

1) เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานรับผิดชอบในรายวิชาปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า มีความเข้าใจถึงการบริหารจัดการรายวิชาในภาคปฏิบัติ และสามารถปฏิบัติงานตามแผนการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2) เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานที่รับผิดชอบในรายวิชาปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า สามารถปฏิบัติงานที่เป็นมาตรฐานเดียวกันในแต่ละปีการศึกษา และสามารถปฏิบัติงานแทนกันได้

1.3 ขอบเขตการจัดทำคู่มือ

คู่มือปฏิบัติงานการจัดการเรียนรู้รายวิชาปฏิบัติการวงจรไฟฟ้าสำหรับผู้ปฏิบัติงานที่รับผิดชอบในรายวิชา 262215 ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า ของสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการจัดทำคู่มือ

1) ผู้ปฏิบัติงานที่รับผิดชอบในรายวิชาปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า มีความเข้าใจถึงการจัดการการเรียนรู้ บริหารจัดการรายวิชาปฏิบัติการ

2) ผู้ปฏิบัติงานที่รับผิดชอบในรายวิชาปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า สามารถปฏิบัติงานตาม แผนการเรียนรู้ตามรายละเอียดของรายวิชาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3) ผู้ปฏิบัติงานที่รับผิดชอบรายวิชาปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า สามารถปฏิบัติงานที่เป็นมาตรฐานเดียวกันในแต่ละปีการศึกษาได้

4) ผู้ปฏิบัติงานที่รับผิดชอบในรายวิชาปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า สามารถปฏิบัติงานแทนกันได้

1.5 คำจำกัดความ หรือข้อตกลงเบื้องต้น

ผู้ปฏิบัติงาน หมายถึง นักวิชาการศึกษา ครู หรือ ผู้ปฏิบัติงานวิทยาศาสตร์ ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการช่วยสนับสนุนการเรียนการสอน

รายวิชาปฏิบัติการ หมายถึง รายวิชา 262215 ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า (Electric Circuits Laboratory) เป็นวิชาบังคับสำหรับนิสิตชั้นปีที่ 2 หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มีหน่วยกิต (บรรยาย-ปฏิบัติ-ค้นคว้า) เท่ากับ 1(0-3-2)

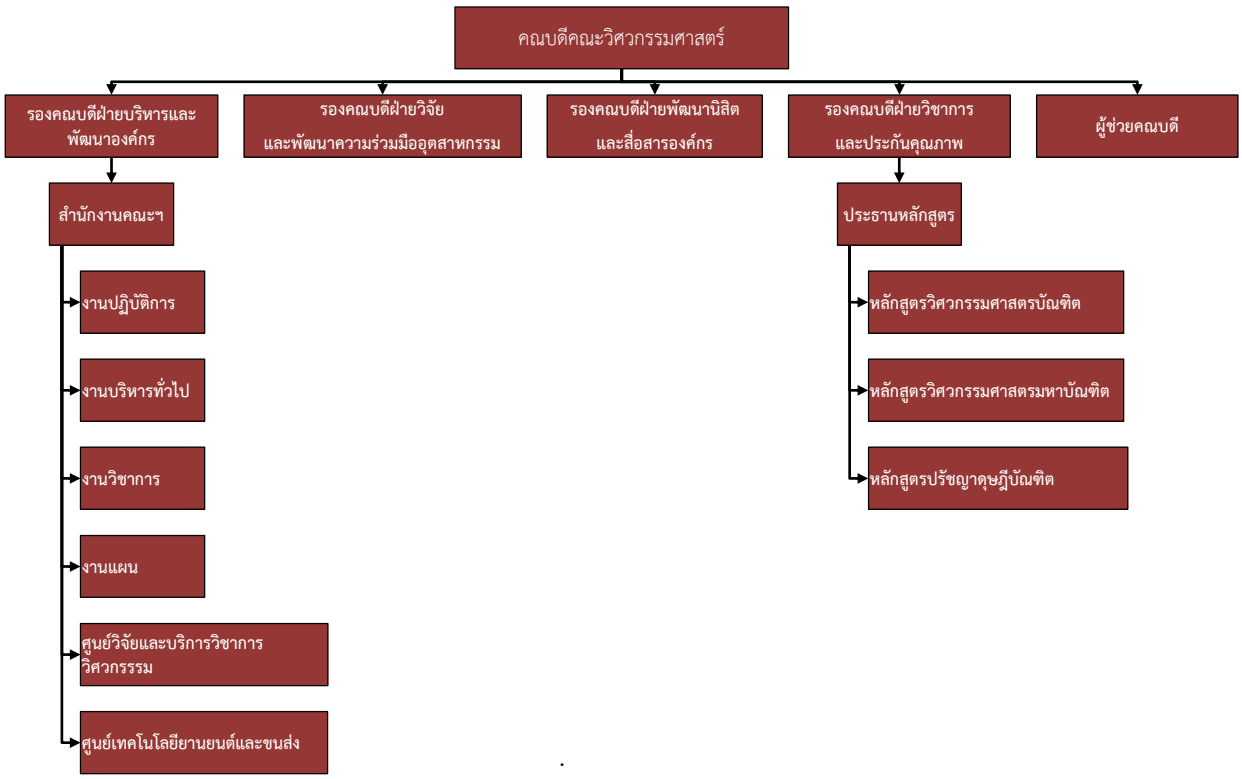
บทที่ 2
โครงสร้างองค์กร มาตรฐานกำหนดตำแหน่ง และบทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ได้ยกฐานะขึ้นจาก สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ซึ่งได้ก่อตั้งเมื่อปี พ.ศ. 2545 โดยสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์เป็นหน่วยงานหนึ่งของ มหาวิทยาลัยนเรศวร วิทยาเขตสารสนเทศพะเยา การจัดการเรียนการสอนของสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ในสมัยนั้นเปิดสอนหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต เพียง 5 สาขาวิชา คือ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ โดยจัดการเรียนการสอนเพียง ชั้นปีที่ 1 และ 2 เมื่อนิสิตต้องเรียนในชั้นปีที่ 3 และ 4 ทางสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ จะส่งนิสิตไปเรียนที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

ต่อมามหาวิทยาลัยนเรศวร วิทยาเขตสารสนเทศพะเยา ได้เปลี่ยนชื่อเป็น มหาวิทยาลัยนเรศวร พะเยา เพื่อเตรียมยกฐานะเป็นมหาวิทยาลัยเอกเทศ และเมื่อมหาวิทยาลัยนเรศวร พะเยา ได้ยกฐานะขึ้นเป็นมหาวิทยาลัยเอกเทศ คือ มหาวิทยาลัยพะเยา เมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม พ.ศ. 2553 แล้ว สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์จึงได้รับการยกฐานะขึ้นเป็นคณะวิศวกรรมศาสตร์ เมื่อวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2553 ปัจจุบันคณะวิศวกรรมศาสตร์เปิดสอนทั้งหมด 8 หลักสูตร ได้แก่ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต 4 หลักสูตร คือ วิศวกรรมเครื่องกล, วิศวกรรมไฟฟ้า, วิศวกรรมโยธา และวิศวกรรมอุตสาหการ และหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต 3 หลักสูตร คือ วิศวกรรมโยธา, วิศวกรรมไฟฟ้า, และ วิศวกรรมเครื่องกล นอกจากนี้ยังได้เปิดสอนหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต 1 หลักสูตร คือ วิศวกรรมไฟฟ้า

2.1 โครงสร้างองค์กร

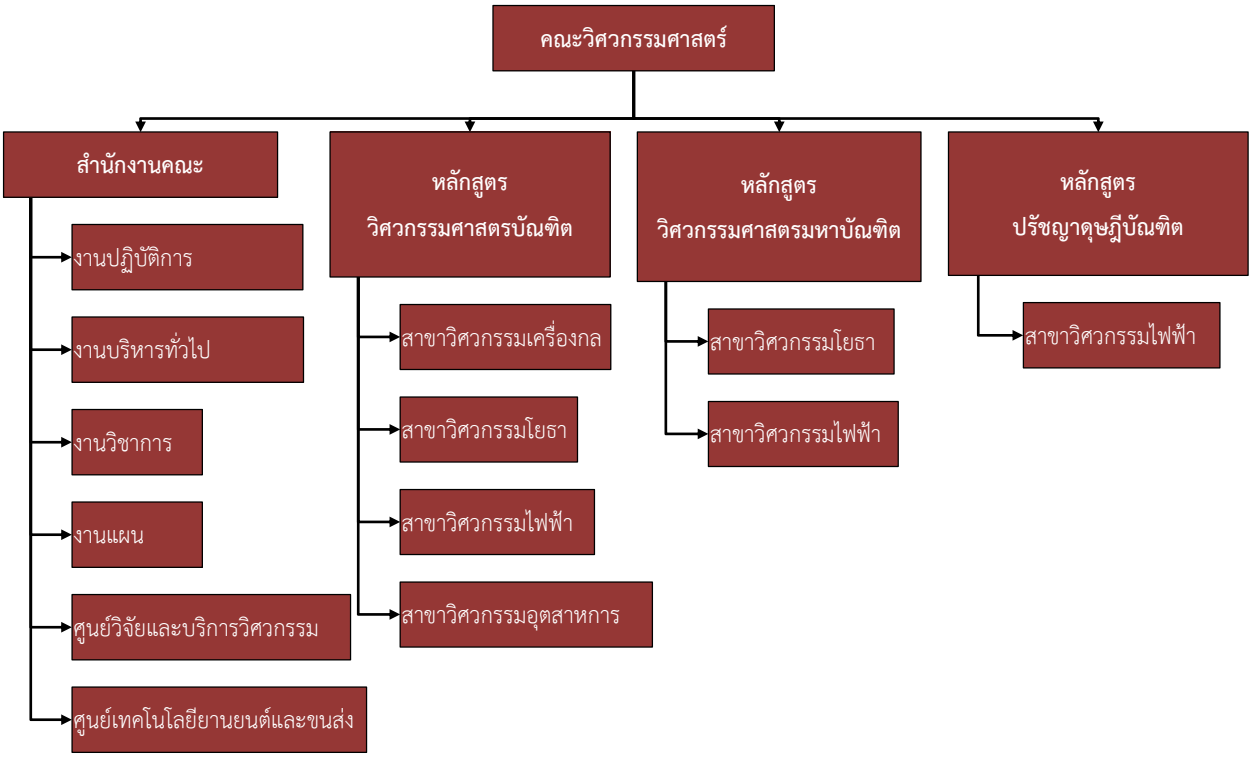
คณะวิศวกรรมศาสตร์ เป็นคณะหนึ่งที่อยู่ภายใต้การกำกับดูแลของมหาวิทยาลัยพะเยา ปฏิบัติงานโดยยึดแนวปฏิบัติตามนโยบายงานบริหารของมหาวิทยาลัย มุ่งเน้นพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีให้มีความชำนาญด้านวิชาชีพ โครงสร้างองค์กร ประกอบไปด้วย คณบดี รองคณบดี 4 ฝ่าย ได้แก่ รองคณบดีฝ่ายบริหารและพัฒนาองค์กร รองคณบดีฝ่ายวิจัยและพัฒนาความร่วมมืออุตสาหกรรม รองคณบดีฝ่ายพัฒนานิสิตและสื่อสารองค์กร รองคณบดีฝ่ายวิชาการและประกันคุณภาพ และ ผู้ช่วยคณบดี



รูปที่ 2.1 โครงสร้างองค์กรของคณะวิศวกรรมศาสตร์

ที่มา : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา พ.ศ. 2565
สืบค้นจาก http://www.eng.up.ac.th/organizational_structure

2.2 โครงหน่วยงานของคณะวิศวกรรมศาสตร์



รูปที่ 2.2 โครงหน่วยงานของคณะวิศวกรรมศาสตร์

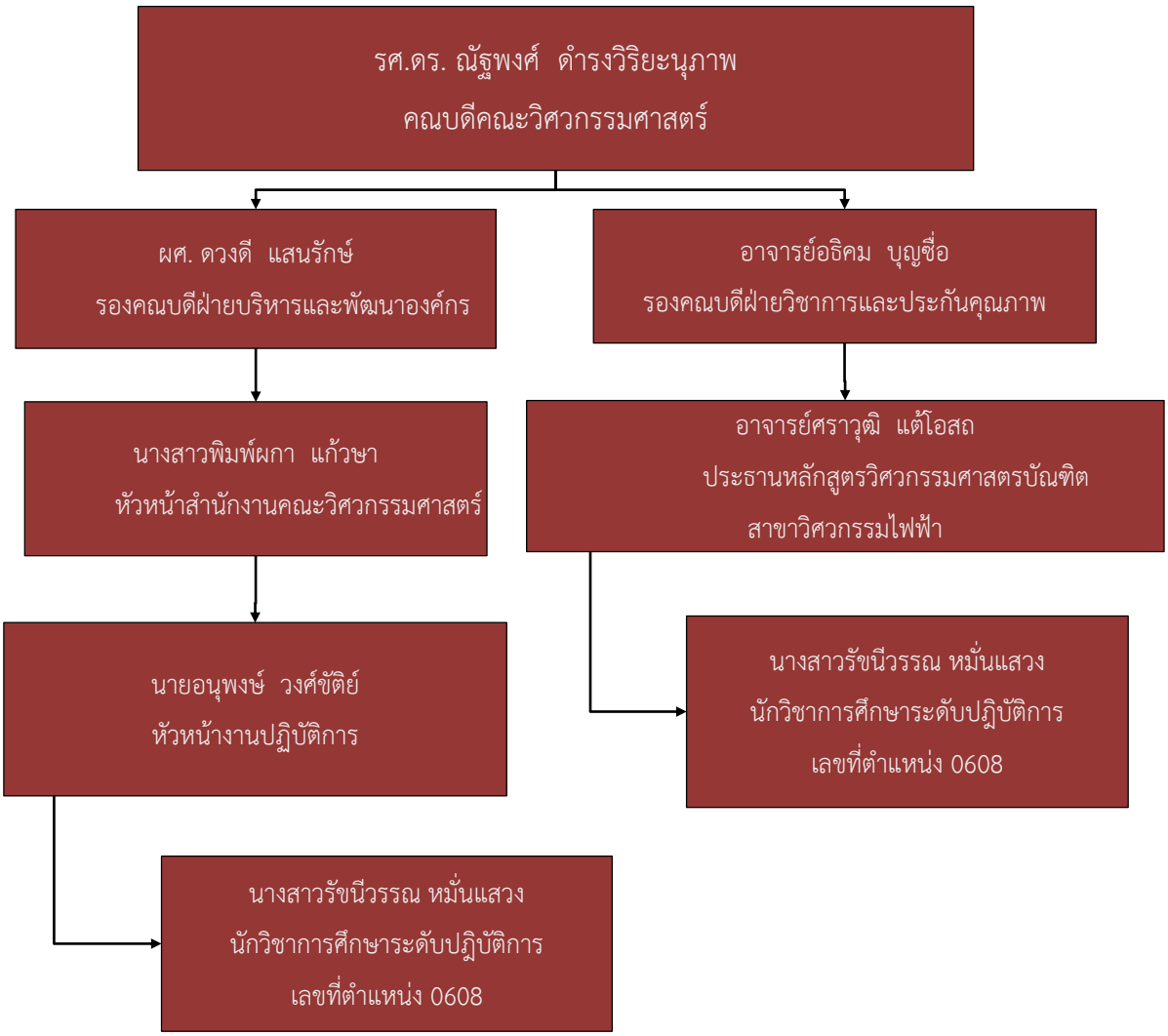
ที่มา : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา พ.ศ. 2565
สืบค้นจาก http://www.eng.up.ac.th/organizational_structure

2.3 โครงสร้างการปฏิบัติงานของนักวิชาการศึกษาระดับปฏิบัติการ

โครงสร้างการปฏิบัติงานของนักวิชาการศึกษาระดับปฏิบัติการ แบ่งตามภาระงานที่ปฏิบัติ ดังนี้

2.3.1 ภาระงานการปฏิบัติงานภายในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สายบังคับบัญชาเริ่มจาก คณบดี รองคณบดีฝ่ายวิชาการและประกันคุณภาพ ประธานหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า และนักวิชาการศึกษา

2.3.2 ภาระงานการปฏิบัติงานภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์ สายบังคับบัญชาเริ่มจาก คณบดี รองคณบดีฝ่ายบริหารและพัฒนาองค์กร หัวหน้าสำนักงานคณะฯ หัวหน้างานปฏิบัติการ และนักวิชาการศึกษา



รูปที่ 2.3 โครงสร้างการปฏิบัติงานของนักวิชาการศึกษาระดับปฏิบัติการ

2.4 มาตรฐานกำหนดตำแหน่ง นักวิชาการศึกษา ระดับชำนาญการ

หน้าที่ความรับผิดชอบหลักของตำแหน่งนักวิชาการระดับชำนาญการตามมาตรฐานกำหนดตำแหน่ง ที่กำหนดโดย ก.พ.อ. เมื่อวันที่ 21 กันยายน 2553 ได้ระบุบทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่ง นักวิชาการศึกษา ระดับชำนาญการ ไว้ดังนี้

ปฏิบัติงานในฐานะผู้ปฏิบัติงานที่มีประสบการณ์ โดยใช้ความรู้ ความสามารถ ความชำนาญงาน ทักษะ และประสบการณ์สูงในงานด้านวิชาการศึกษา ปฏิบัติงานที่ต้องทำการศึกษา ค้นคว้า วิเคราะห์ สังเคราะห์ หรือวิจัย เพื่อการปฏิบัติงานหรือพัฒนางาน หรือแก้ไขปัญหาในงานที่มีความยุ่งยากและ มีขอบเขตกว้างขวาง และปฏิบัติงานอื่นตามที่ได้รับมอบหมาย หรือ

ปฏิบัติงานในฐานะหัวหน้างาน มีหน้าที่และความรับผิดชอบในการควบคุมการปฏิบัติงานด้านวิชาการศึกษาที่มีขอบเขตเนื้อหาของงานหลากหลาย และมีขั้นตอนการทำงานที่ยุ่งยากซับซ้อนค่อนข้างมาก โดยต้องกำหนดแนวทางการทำงานที่เหมาะสมกับสถานการณ์ ตลอดจนกำกับตรวจสอบ ผู้ปฏิบัติงานเพื่อให้งานที่รับผิดชอบสำเร็จตามวัตถุประสงค์ และปฏิบัติหน้าที่อื่นตามที่ได้รับมอบหมาย

โดยมีลักษณะงานที่ปฏิบัติในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ด้านการปฏิบัติการ

(1) ศึกษา วิเคราะห์ วิจัยหลักสูตร สร้างและพัฒนาหลักสูตรของวิชาการต่าง ๆ พัฒนา หนังสือหรือตำราเรียน วางแผนการศึกษา จัดพิพิธภัณฑ์ทางการศึกษา จัดทำมาตรฐานสถานศึกษา เพื่อส่งเสริมสนับสนุนการจัดการศึกษา และกิจกรรมทางการศึกษาต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพ เป็นไปตามยุทธศาสตร์ แผน นโยบายของหน่วยงาน

(2) ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการศึกษา เพื่อกำหนดลักษณะและมาตรฐานในการ ปฏิบัติงานวิชาการศึกษา กำหนดแผนงาน / โครงการเพื่อส่งเสริมสนับสนุนการจัดการศึกษา หาวิธีการใน การแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงาน เพื่อพัฒนาแนวทางวิธีการในงานด้านวิชาการศึกษาและที่เกี่ยวข้อง

(3) ศึกษา ค้นคว้าวิเคราะห์ สังเคราะห์ หรือวิจัยงานทางด้านการศึกษา เสนอแนะความเห็น ทางวิชาการเกี่ยวกับการพัฒนานโยบาย แผน มาตรฐานการศึกษา หลักสูตร แบบเรียน ตำรา สื่อการเรียน การสอน สื่อการศึกษา การผลิตและพัฒนาสื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยีการแนะแนวการศึกษา การส่งเสริม สนับสนุนการจัดการศึกษา จัดทำเอกสารวิชาการ คู่มือเกี่ยวกับงานในความรับผิดชอบ และเผยแพร่ผลงาน ทางด้านวิชาการศึกษา เพื่อพัฒนามาตรฐานการปฏิบัติงานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

(4) ตรวจสอบงานทะเบียนและเอกสารด้านการศึกษา และแก้ไขให้ทันสมัย เพื่อให้การส่งเสริมสนับสนุนการจัดการศึกษาเป็นไปตามมาตรฐานและมีประสิทธิภาพ ติดตาม ประเมินผล แก้ไขปัญหา และสรุปผลการดำเนินงาน กิจกรรม โครงการด้านการศึกษา ส่งเสริมการวิจัยการศึกษา วางโครงการสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลและสถิติทางการศึกษาและกิจการนักศึกษาเพื่อพัฒนางานด้านวิชาการศึกษา

(5) ศึกษาวิเคราะห์ เสนอความเห็น และจัดทำกิจกรรมความร่วมมือกับต่างประเทศเพื่อส่งเสริมสนับสนุนด้านการศึกษาตามโครงการความร่วมมือกับต่างประเทศ

(6) ให้บริการวิชาการด้านต่าง ๆ เช่น จัดบริการส่งเสริมการศึกษาโดยใช้เทคโนโลยีทางการศึกษา ฝึกอบรม เผยแพร่ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการและวิธีการของงานวิชาการศึกษา ให้คำปรึกษา แนะนำ ตอบปัญหาและชี้แจงเรื่องต่าง ๆ เกี่ยวกับงานในหน้าที่ เพื่อให้สามารถปฏิบัติงาน ได้อย่างถูกต้อง มีประสิทธิภาพ เข้าร่วมประชุมคณะกรรมการต่าง ๆ ที่ได้รับแต่งตั้ง เพื่อให้ข้อมูลทาง วิชาการประกอบการพิจารณาและตัดสินใจ และปฏิบัติหน้าที่อื่นที่เกี่ยวข้อง

(7) ในฐานะหัวหน้างาน นอกจากอาจปฏิบัติงานตามข้อ (1)-(6) ดังกล่าวข้างต้นแล้ว ต้องทำหน้าที่กำหนดแผนงาน มอบหมาย ควบคุม ตรวจสอบ ให้คำปรึกษา แนะนำ ปรับปรุงแก้ไข ติดตามประเมินผล และแก้ไขปัญหาข้อขัดข้องในการปฏิบัติงานในหน่วยงานที่รับผิดชอบ เพื่อให้การปฏิบัติงานบรรลุตามเป้าหมายและผลสัมฤทธิ์ที่กำหนด

2. ด้านการวางแผน

ร่วมกำหนดนโยบายและแผนงานของหน่วยงานที่สังกัด วางแผนหรือร่วมวางแผน การทำงานตามแผนงานหรือโครงการของหน่วยงาน แก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงาน เพื่อให้การดำเนินงาน บรรลุตามเป้าหมายและผลสัมฤทธิ์ที่กำหนด

3. ด้านการประสานงาน

(1) ประสานการทำงานร่วมกัน โดยมีบทบาทในการให้ความเห็น และคำแนะนำเบื้องต้น แก่สมาชิกในทีมงาน หรือหน่วยงานอื่น เพื่อให้เกิดความร่วมมือและผลสัมฤทธิ์ตามที่กำหนดไว้

(2) ให้ข้อคิดเห็นหรือคำแนะนำเบื้องต้นแก่สมาชิกในทีมงาน หรือบุคคล หรือหน่วยงาน ที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างความเข้าใจและความร่วมมือในการดำเนินงานตามที่ได้รับมอบหมาย

4. ด้านการบริการ

(1) ให้คำปรึกษา แนะนำ นิเทศ ฝึกอบรม ถ่ายทอดความรู้ทางด้านวิชาการศึกษา แก่ผู้ใต้บังคับบัญชา นักศึกษา ผู้รับบริการทั้งภายในและภายนอกหน่วยงาน รวมทั้งตอบปัญหาและ ชี้แจงเรื่องต่าง ๆ เกี่ยวกับงานในหน้าที่ เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจ และสามารถดำเนินงานได้อย่างถูกต้อง

(2) พัฒนาข้อมูล จัดทำเอกสารวิชาการ สื่อเอกสารเผยแพร่ ให้บริการวิชาการด้านวิชา การศึกษาที่ซับซ้อน เพื่อก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ที่สอดคล้อง และสนับสนุนภารกิจของหน่วยงาน

2.5 บทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่ง เลขที่ 0608

ปฏิบัติงาน เกี่ยวกับช่วยจัดการเรียนการสอน การศึกษาอบรม ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนานิสิต การให้คำปรึกษา แนะนำ แก่นิสิต ให้บริการทางวิชาการ ทำนุบำรุงส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรม ศิลปวัฒนธรรม และค่านิยมที่ดีงาม ปฏิบัติงานทางวิชาการของหน่วยงานที่จัดการเรียนการสอน และปฏิบัติหน้าที่อื่นที่ได้รับมอบหมาย

บทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่ง เลขที่ 0608 นักวิชาการศึกษา สังกัดงานปฏิบัติการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ปฏิบัติงานภายในห้องปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา มีหน้าที่ปฏิบัติงานด้านการสนับสนุนการเรียนการสอน ให้บรรลุเป้าหมายและวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยมีรายละเอียดหน้าที่ของงานที่ปฏิบัติ ดังนี้

หน้าที่ความรับผิดชอบหลัก

1. จัดแผนการเรียนรู้รายวิชาต่าง ๆ ที่ได้รับมอบหมายร่วมกับอาจารย์ประจำรายวิชา

2. เตรียมความพร้อมห้องปฏิบัติการเพื่อจัดการเรียนการสอน ก่อนเริ่มเรียนปฏิบัติการในแต่ละรายวิชาปฏิบัติการ ให้พร้อมใช้งานตลอดเวลา

3. จัดเตรียมเครื่องมือวิทยาศาสตร์ วัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อใช้ในการเรียนการสอน และการสอบปฏิบัติการ ในแต่ละรายวิชาปฏิบัติการ

4. จัดยืมวัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ จากคณะอื่น ๆ (กรณีที่มีจำนวนไม่เพียงพอหรือไม่มี แต่มีความจำเป็น ที่ต้องใช้ในรายวิชาปฏิบัติการ)

5. ให้บริการเบิกจ่ายวัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้กับนิสิตเพื่อใช้ประกอบการเรียนการ สอนในรายวิชาปฏิบัติการ

6. ให้บริการเบิกจ่ายวัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้กับนิสิตและอาจารย์ ที่จัดทำโครงงาน / โครงการ และงานวิจัย

7. ควบคุมปฏิบัติการ แนะนำการใช้งานวัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในขณะทำการทดลองให้เกิด ความเรียบร้อย

8. ดูแลความเรียบร้อยในขณะที่มีการจัดการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการ

9. ตรวจเช็คทำความสะอาดวัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ หลังจากสิ้นสุดการเรียนการสอนในชั่วโมงรายวิชาปฏิบัติการ

10. ตรวจเช็ควัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ และจัดเก็บโดยแยกเป็นหมวดหมู่ให้เป็นระเบียบและสะดวกในการใช้งาน ตรวจสภาพความพร้อมและบำรุงรักษาอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ที่มีในห้องปฏิบัติการให้อยู่ในสภาพพร้อมจะใช้งานได้ตลอดเวลา

หน้าที่ความรับผิดชอบรอง

1. ดูแลนิสิตในรายวิชาโครงงานวิศวกรรมไฟฟ้า ดูแลช่วยเหลือนิสิต ให้คำปรึกษาแนะนำ ทางวิชาการแก่นิสิต เพื่อให้นิสิตมีความพร้อมที่จะเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. จัดซื้อ จัดจ้าง วัสดุทางการศึกษา อุปกรณ์ และสารเคมี รายวิชาปฏิบัติการของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

2.6 จรรยาบรรณที่เกี่ยวข้อง

ข้อบังคับ ก.พ.ว่าด้วยจรรยาบรรณของข้าราชการพลเรือน พ.ศ. 2537

โดยที่ข้าราชการพลเรือนมีหน้าที่และความรับผิดชอบสำคัญในการพัฒนาประเทศ รวมทั้งการให้บริการแก่ประชาชน ซึ่งจำเป็นต้องทำงานร่วมกันหลายฝ่าย ฉะนั้น เพื่อให้ข้าราชการพลเรือนมีความประพฤติดี สำนึกในหน้าที่ สามารถประสานงานกับทุกฝ่ายตลอดจน ปฏิบัติหน้าที่ราชการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประสิทธิผลยิ่งขึ้น จึงสมควรให้มีข้อบังคับ ก.พ. ว่า ด้วยจรรยาบรรณของข้าราชการพลเรือนไว้เป็นประมวลความประพฤติเพื่อรักษาไว้ซึ่งศักดิ์ ศรี และส่งเสริมชื่อเสียง เกียรติคุณ เกียรติฐานะของข้าราชการพลเรือน อันจะยังผลให้ผู้ประพฤติ เป็นที่เลื่อมใส ศรัทธา และยกย่องของบุคคลโดยทั่วไป อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 8 (5) และมาตรา 91 แห่งพระราชบัญญัติระเบียบข้าราชการพลเรือน พ.ศ. 2535 จึงออกข้อบังคับ ก.พ. ว่าด้วยจรรยาบรรณของข้าราชการพลเรือนไว้ดังต่อไปนี้

จรรยาบรรณต่อตนเอง

ข้อ 1 ข้าราชการพลเรือนจึงเป็นผู้มีศีลธรรมอันดี และประพฤติตนให้เหมาะสมกับการเป็นข้าราชการ

ข้อ 2 ข้าราชการพลเรือนจึงใช้วิชาชีพในการปฏิบัติหน้าที่ราชการด้วยความซื่อสัตย์ และไม่ แสวงหาประโยชน์โดยมิชอบ ในกรณีที่วิชาชีพใดมีจรรยาวิชาชีพกำหนดไว้ ก็พึงปฏิบัติตาม จรรยาวิชาชีพนั้นด้วย

ข้อ 3 ข้าราชการพลเรือนจึงมีทัศนคติที่ดี และพัฒนาตนเองให้มีคุณธรรม จริยธรรม รวมทั้งเพิ่มพูนความรู้ ความสามารถ และทักษะ ในการทำงานเพื่อให้การปฏิบัติหน้าที่ราชการมีประสิทธิภาพ ประสิทธิผลยิ่งขึ้น

จรรยาบรรณต่อหน่วยงาน

ข้อ 4 ข้าราชการพลเรือนพึงปฏิบัติหน้าที่ราชการด้วยความสุจริต เสมอภาคและปราศจากอคติ

ข้อ 5 ข้าราชการพลเรือนพึงปฏิบัติหน้าที่ราชการอย่างเต็มกำลังความสามารถ รอบคอบ รวดเร็ว ขยันหมั่นเพียร ถูกต้องสมเหตุสมผล โดยคำนึงถึงประโยชน์ของทางราชการและ ประชาชนเป็นสำคัญ

ข้อ 6 ข้าราชการพลเรือนพึงประพฤติตนเป็นผู้ตรงต่อเวลา และใช้เวลาราชการให้เป็นประโยชน์ต่อทางราชการอย่างเต็มที่

ข้อ 7 ข้าราชการพลเรือนจึงดูแลรักษาและใช้ทรัพย์สินของทางราชการอย่างประหยัด คุ้มค่า โดยระมัดระวังมิให้เสียหายหรือสิ้นเปลืองเยี่ยงวิญญูชนจะพึงปฏิบัติต่อทรัพย์สินของตนเอง

จรรยาบรรณต่อผู้บังคับบัญชา ผู้อยู่ใต้บังคับบัญชา และผู้ร่วมงาน

ข้อ 8 ข้าราชการพลเรือนจึงมีความรับผิดชอบในการปฏิบัติงาน การให้ความร่วมมือช่วยเหลือกลุ่มงานของตนทั้งในด้านการให้ความคิดเห็น การช่วยทำงาน และการแก้ปัญหาร่วมกันรวมทั้งการเสนอแนะในสิ่งที่เห็นว่าจะมีประโยชน์ต่อการพัฒนางานในความรับผิดชอบด้วย

ข้อ 9 ข้าราชการพลเรือนซึ่งเป็นผู้บังคับบัญชา จึงดูแลเอาใจใส่ผู้อยู่ใต้บังคับบัญชาทั้งในด้านการปฏิบัติงาน ขวัญ กำลังใจ สวัสดิการ และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อยู่ใต้บังคับบัญชา ตลอดจนปกครองผู้อยู่ใต้บังคับบัญชาด้วยหลักการและเหตุผลที่ถูกต้องตามทำนองคลองธรรม

ข้อ 10 ข้าราชการพลเรือนจึงช่วยเหลือเกื้อกูลกันในทางที่ชอบ รวมทั้งส่งเสริมสนับสนุนให้เกิดความสามัคคี ร่วมแรงร่วมใจในบรรดาผู้ร่วมงานในการปฏิบัติหน้าที่เพื่อประโยชน์ส่วนรวม

ข้อ 11 ข้าราชการพลเรือนพึงปฏิบัติต่อผู้ร่วมงานตลอดจนผู้เกี่ยวข้องด้วยความสุภาพ มีน้ำใจและมนุษยสัมพันธ์

ข้อ 12 ข้าราชการพลเรือนพึงละเว้นจากการนำผลงานของผู้อื่นมาเป็นของตน

จรรยาบรรณต่อประชาชนและสังคม

ข้อ 13 ข้าราชการพลเรือนจึงให้บริการประชาชนอย่างเต็มกำลังความสามารถด้วยความ เป็นธรรม เอื้อเฟื้อ มีน้ำใจ และใช้กิริยาวาจาที่สุภาพอ่อนโยน เมื่อเห็นว่าเรื่องใดไม่สามารถ ปฏิบัติได้หรือไม่อยู่ในอำนาจหน้าที่ของตนจะต้องปฏิบัติ ควรชี้แจงเหตุผลหรือแนะนำให้ติดต่อ ยังหน่วยงานหรือบุคคลซึ่งตนทราบว่ามีอำนาจหน้าที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนั้น ๆ ต่อไป

ข้อ 14 ข้าราชการพลเรือนพึงประพฤติตนให้เป็นที่เชื่อถือของบุคคลทั่วไป

ข้อ 15 ข้าราชการพลเรือนถึงละเว้นการรับทรัพย์สินหรือประโยชน์อื่นใด ซึ่งมีมูลค่าเกินปกติวิสัยที่วิญญูชนจะให้กันโดยเสน่หาจากผู้มาติดต่อราชการ หรือผู้ซึ่งอาจได้รับประโยชน์จากการปฏิบัติหน้าที่ราชการนั้น หากได้รับไว้แล้วและทราบภายหลังว่าทรัพย์สินหรือประโยชน์อื่นใดที่รับไว้มีมูลค่าเกินปกติวิสัย ก็ให้รายงานผู้บังคับบัญชาทราบโดยเร็ว เพื่อดำเนินการตามสมควรแก่กรณี

ข้อ 16 ข้อบังคับฉบับนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ที่มา : ราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไปเล่ม 111 ตอนที่ 19 ง ลงวันที่ 8 มีนาคม 2537

บทที่ 3
การจัดทำแผนการเรียนรู้ แนวทางและวิธีการปฏิบัติงาน

การจัดทำแผนการเรียนรู้รายวิชาปฏิบัติการ มีลำดับขั้นตอน คือ 1) การวิเคราะห์รายละเอียดรายวิชา 2) การวิเคราะห์รายวิชาแบบแผนภูมิลำดับ (Scalar Pattern) และ 3) การวิเคราะห์หัวข้อย่อย นำมาเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อเป็นแนวทางและวิธีการปฏิบัติงานต่อไป

3.1 การวิเคราะห์รายละเอียดรายวิชา

การเขียนแผนการเรียนรู้จะต้องนำข้อมูลที่ได้จากรายละเอียดรายวิชา มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาหัวข้อหลัก จากนั้นทำการวิเคราะห์หัวข้อหลัก ซึ่งจะทำในรูปขอบเขตของเนื้อหาที่ต้องการเรียนรู้ แหล่งข้อมูลที่สืบค้น คือรายละเอียดรายวิชา (มอค.3) ซึ่งประกอบด้วยจุดประสงค์รายวิชา มาตรฐานวิชา คำอธิบายรายวิชา ผู้ปฏิบัติงานต้องนำคำอธิบายรายวิชามาทำการวิเคราะห์เนื้อหาหัวข้อหลักที่ต้องจัดการเรียนรู้ ดังนั้นต้องทำการวิเคราะห์รายวิชา หรือวิเคราะห์โครงสร้างของรายวิชา ซึ่งจะทำให้ทราบขอบเขตและรายละเอียดของเนื้อหาวิชาที่ต้องจัดการเรียนรู้

3.1.1 ความจำเป็นในการวิเคราะห์รายวิชา

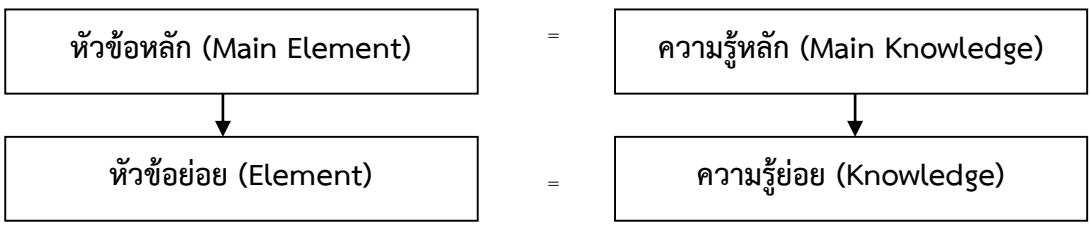
การเขียนแผนการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมสิ่งที่จะต้องทำคือ จะต้องแยกย่อยเนื้อหาต่าง ๆ ให้ชัดเจนและจัดแบ่งหัวข้อเรื่องตามลำดับความยากง่ายของเนื้อหา ต้องคำนึงกับความเปลี่ยนแปลงของหัวข้อเรื่องและรายละเอียดของเนื้อหาอยู่ตลอดเวลา เนื้อหาข้อมูลที่ทันสมัยเป็นปัจจุบันมาจัดการเรียนรู้

3.1.2 แหล่งข้อมูลที่ช่วยในการวิเคราะห์รายวิชา

คำอธิบายรายวิชาเป็นแหล่งข้อมูลหลักที่จะทำให้ทราบว่าวิชานั้นๆ ต้องเรียนรู้อะไรบ้าง แต่ก็ยังไม่เพียงพอจำเป็นต้องใช้แหล่งข้อมูลให้มากที่สุดมาช่วยในการวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง บางครั้งอาจต้องเพิ่มหัวข้อเรื่องที่สำคัญเข้าไปอีก ซึ่งแหล่งข้อมูลต่าง ๆ มาจากประสบการณ์ของผู้สอน และหนังสือตำรา และเอกสารต่าง ๆ

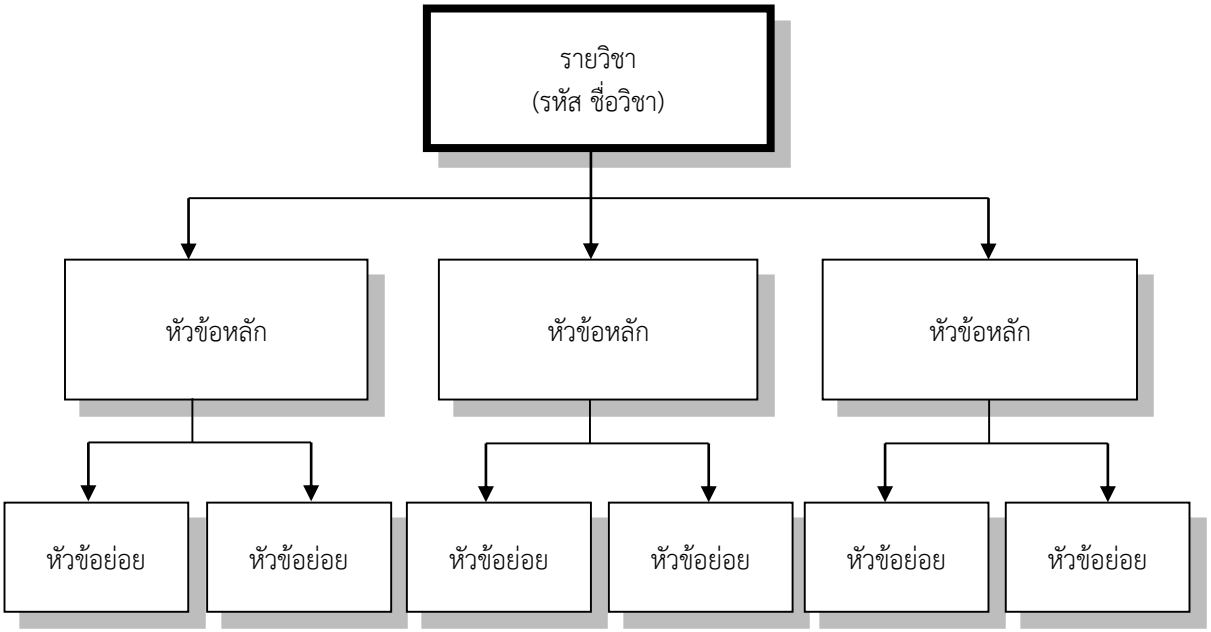
3.1.3 การวิเคราะห์รายวิชา

การวิเคราะห์แยกย่อยรายวิชา เพื่อกำหนดรายละเอียดเนื้อหาที่จะใช้ในการเรียนรู้ในการแยกย่อยหัวข้อเรื่องเพื่อกำหนดรายการเนื้อหาสำคัญจะแบ่งการแยกออกเป็น หัวข้อหลัก (Main Element) และจากหัวข้อหลักแยกย่อยเป็นหัวข้อย่อย (Element) การวิเคราะห์หัวข้อเรื่องนำไปเป็นจุดประสงค์การเรียนรู้ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การวิเคราะห์รายวิชา

3.2 การวิเคราะห์รายวิชาแบบแผนภูมิลำดับ (Scalar Pattern)



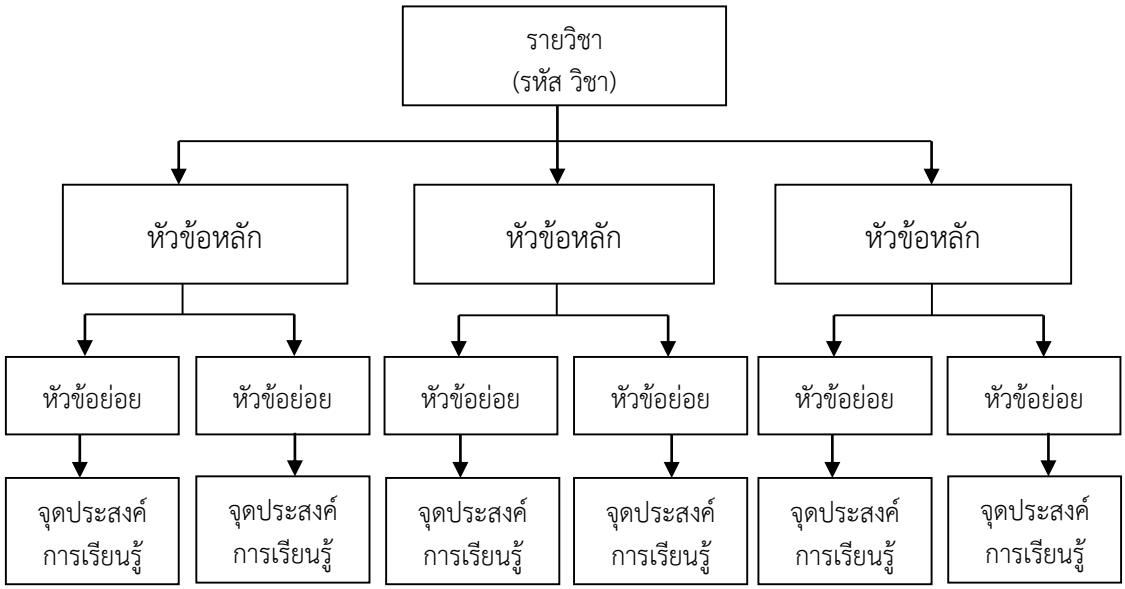
รูปที่ 3.2 การวิเคราะห์รายวิชาแบบแผนภูมิ

หลักจากการวิเคราะห์หัวข้อเรื่องเสร็จสิ้น โดยใช้แผนภูมิลำดับ (Scalar Pattern) จะได้รายละเอียดของหัวข้อในรูปของหัวข้อหลัก (Main Element) และหัวข้อย่อย (Element) ซึ่งถ้าจะให้เห็นภาพได้ง่ายควรนำมาเขียนเรียบเรียงใหม่ในรูปแบบตารางที่ 3.1 ดังนี้

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดรายวิชา

หัวข้อหลัก (Main Element)	หัวข้อย่อย (Element)
1.	1.1 .....
.....	1.2 .....
.....	1.3 .....
2.	2.1 .....
.....	2.2 .....
.....	2.3 .....
3.	3.1 .....
.....	3.2 .....
.....	3.3 .....

3.3 การวิเคราะห์หัวข้อย่อยเพื่อเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้



รูปที่ 3.3 การวิเคราะห์หัวข้อหลักเพื่อเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้

3.3.1 จุดประสงค์การเรียนรู้

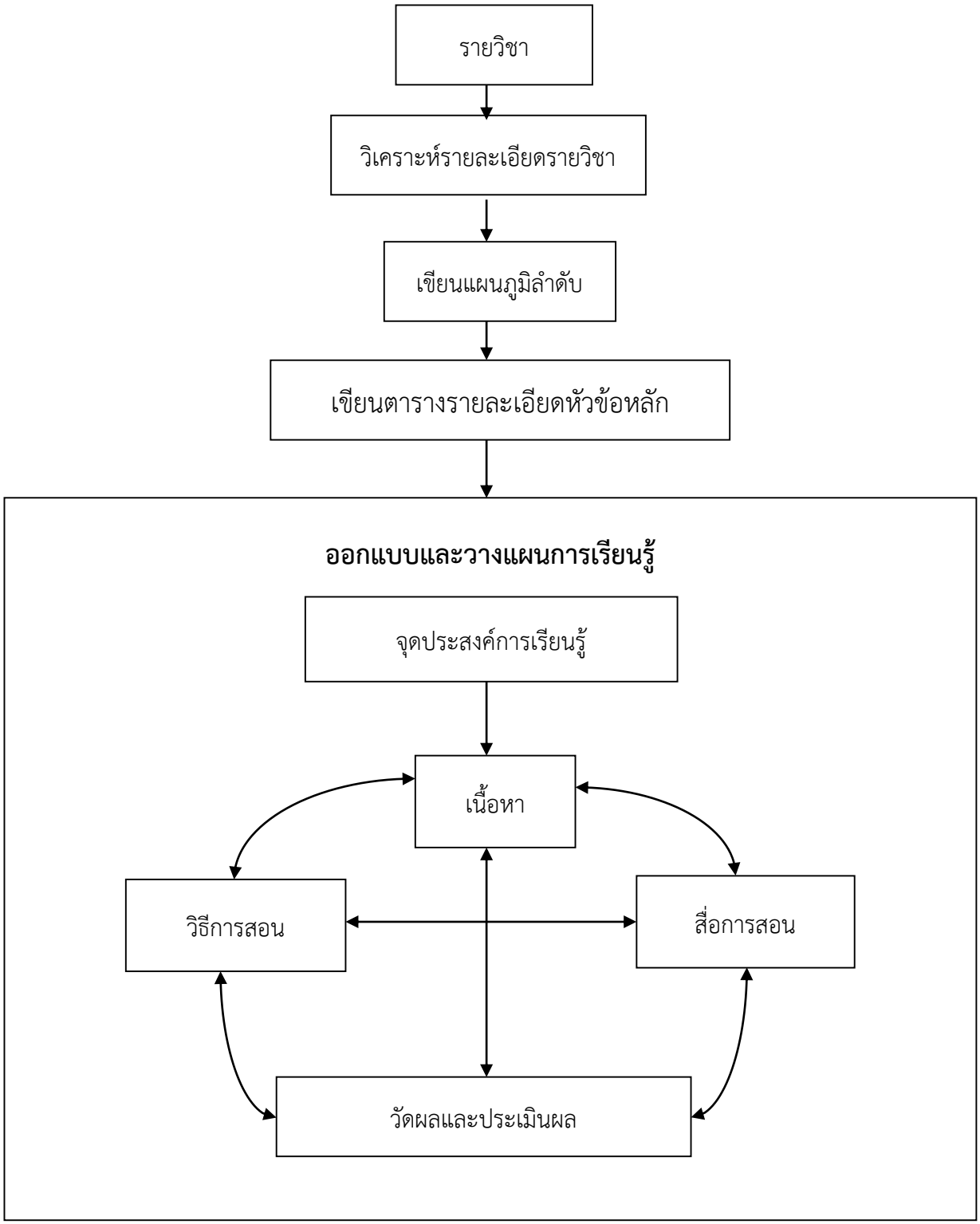
ในกระบวนการเรียนรู้สิ่งที่สำคัญที่สุดคือ การให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมโดยให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมนั้น ๆ ออกมา จุดประสงค์การเรียนรู้ แบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ

1. **จุดประสงค์ทั่วไป** (General Objectives) เป็นจุดประสงค์ที่ตั้งขึ้นในแนวกว้าง ๆ เมื่อมีการเรียนรู้แล้ว ผู้เรียนจะรู้อะไรบ้างเข้าใจนำไปใช้อะไรได้บ้าง

2. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (Behavioral Objectives) เป็นจุดประสงค์ที่ตั้งขึ้นเพื่อแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า หลังจากมีการเรียนรู้แล้ว ผู้เรียนจะสามารถแสดงพฤติกรรมที่วัดได้ สังเกตได้ออกมาอย่างไรบ้าง ภายใต้เงื่อนไขอย่างไร ประกอบด้วยสาระสำคัญ 3 ส่วน ดังนี้ 1) พฤติกรรมขั้นสุดท้ายหรือพฤติกรรมที่คาดหวัง (Terminal Behavior or Expected Behavior) 2) เงื่อนไขหรือสถานการณ์ (Condition or Situation) และ 3) เกณฑ์หรือมาตรฐาน (Criteria or Standard)

รูปที่ 3.4 สาระสำคัญของจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

3.4 สรุปการจัดทำแผนการเรียนรู้รายวิชาปฏิบัติการ

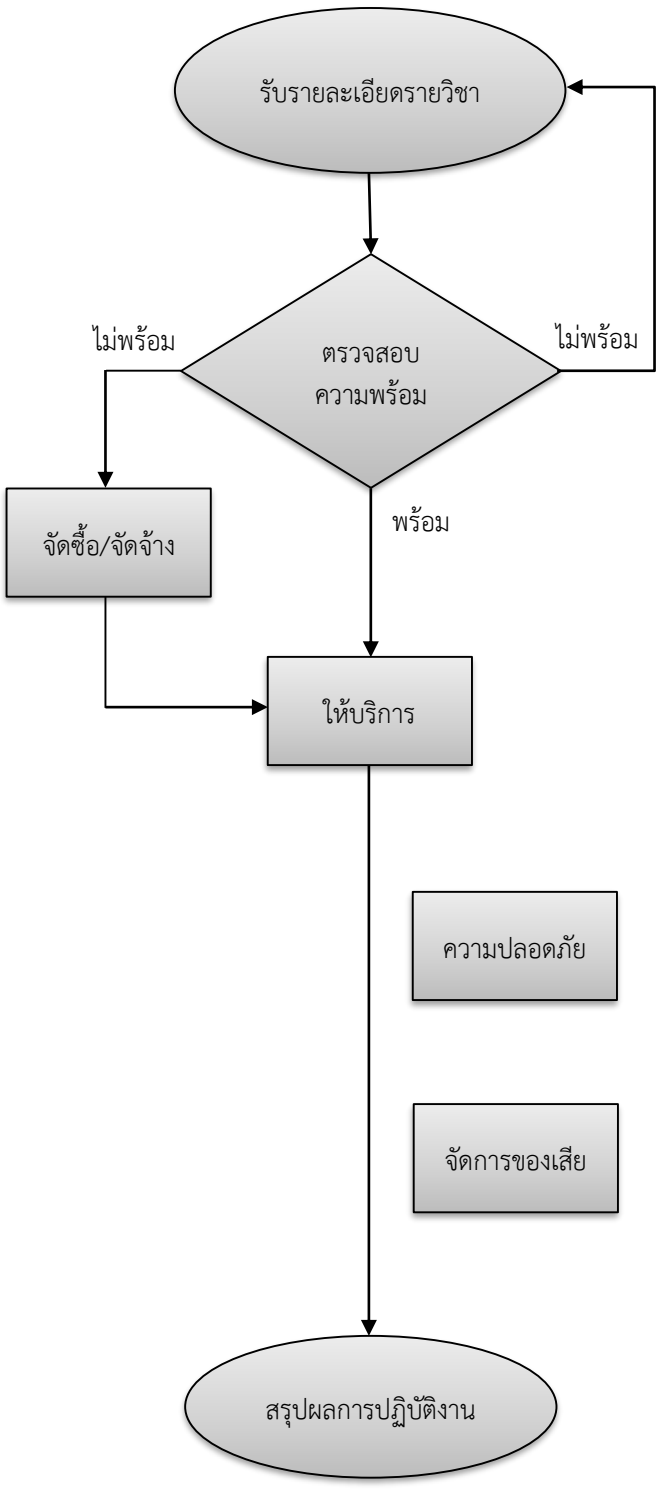


รูปที่ 3.5 สรุปการจัดทำแผนการเรียนรู้รายวิชาปฏิบัติการ

3.5 แนวทาง และวิธีการปฏิบัติงาน

ยกตัวอย่างภาระงานด้านปฏิบัติงานสนับสนุนการเรียนการสอน รายวิชา 262215 ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า มาจัดทำคู่มือปฏิบัติงาน โดยใช้การจัดทำแผนการเรียนรู้รายวิชาปฏิบัติการ ดังนี้

3.5.1 วิธีการปฏิบัติงาน (Flow Chat)



1. ขั้นตอนการรับรายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3) จากอาจารย์ประจำรายวิชา
1) รับรายละเอียดรายวิชา 2) วิเคราะห์รายละเอียดรายวิชา 3) กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้
2. ขั้นตอนการตรวจสอบความพร้อมของห้องปฏิบัติการ
1) ตรวจสอบความสอดคล้องรายละเอียดรายวิชากับใบงานการทดลอง และภาคทฤษฎี 2) ตรวจสอบจำนวนนิสิตที่ลงเรียนในภาคการศึกษานั้น ๆ 3) ตรวจสอบตารางเรียนกับวันหยุดราชการ 4) ตรวจสอบความพร้อมของครุภัณฑ์ วัสดุทางการศึกษา 5) จัดซื้อ / จัดจ้าง วัสดุการศึกษา อุปกรณ์ และสารเคมี
3. ขั้นตอนการให้บริการของแต่ละใบงานการทดลอง
1) เตรียมความพร้อมของห้องปฏิบัตการ และวัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์ที่จำเป็นของใบงานการทดลอง ให้เสร็จสิ้นก่อนเริ่มเรียน 2) ดูแล ให้คำแนะนำนิสิต ระหว่างการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการ 3) ปฏิบัติตามระเบียบการใช้ห้องปฏิบัติการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
4. ความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ
1) ปฏิบัติตามหลักเกณฑ์การปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้ไฟฟ้า 2) คำนึงถึงความปลอดภัยต่อ นิสิต ผู้ปฏิบัติงาน
5. การจัดการของเสียของห้องปฏิบัติการ
1) ปฏิบัติตามแนวทางการจัดการของเสียอันตรายจากห้องปฏิบัติการ โดยคำนึงถึงความปลอดภัยต่อ นิสิต ผู้ปฏิบัติงาน และสิ่งแวดล้อม
6. ขั้นตอนสรุปผลการดำเนินการ
1) การประเมินผลการสอนแต่ละใบงานการทดลอง 2) การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรูปแบบต่าง ๆ 3) การสรุปผลการเรียนกับอาจารย์ประจำรายวิชา

รูปที่ 3.6 วิธีการปฏิบัติงาน

3.5.2 วิเคราห์รายละเอียดของรายวิชา (มอค.3)

เมื่อรับรายละเอียดของรายวิชา (มอค.3) จากอาจารย์ประจำวิชานำมาศึกษา และวิเคราะห์ตามหมวดเพื่อจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยมีรายละเอียดหมวดต่าง ๆ ดังนี้

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

- รหัสและรายชื่อวิชา
- จำนวนหน่วยกิต
- หลักสูตรและประเภทรายวิชา
- อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา และอาจารย์ผู้สอน
- ภาคการศึกษา / ชั้นปีที่เรียน
- รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (ถ้ามี)
- รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)
- สถานที่เรียน

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

- จุดมุ่งหมายรายวิชา
- รหัสวิชา ชื่อวิชา (ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ)
- วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด
- วัตถุประสงค์ในการพัฒนา / ปรับปรุงรายวิชา

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

- คำอธิบายรายวิชา “การทดลองเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า เครื่องมือวัดและการวัดทางไฟฟ้า วงจรไฟฟ้ากระแสตรง วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ การจำลองวงจรเบื้องต้น”
- จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา
- จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษา และแนะนำทางวิชาการแก่ผู้เรียนเป็นรายบุคคล

หมวดที่ 4 การพัฒนาการเรียนรู้ของนิสิต ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

- คุณธรรม จริยธรรม
- ความรู้
- ทักษะทางปัญญา
- ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล และความรับผิดชอบ

หมวดที่ 5 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

- ผลการเรียนรู้
- วิธีการสอน
- แผนการประเมินผลการเรียนรู้

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

- ตำราและเอกสารหลัก
- เอกสารและข้อมูลแนะนำ

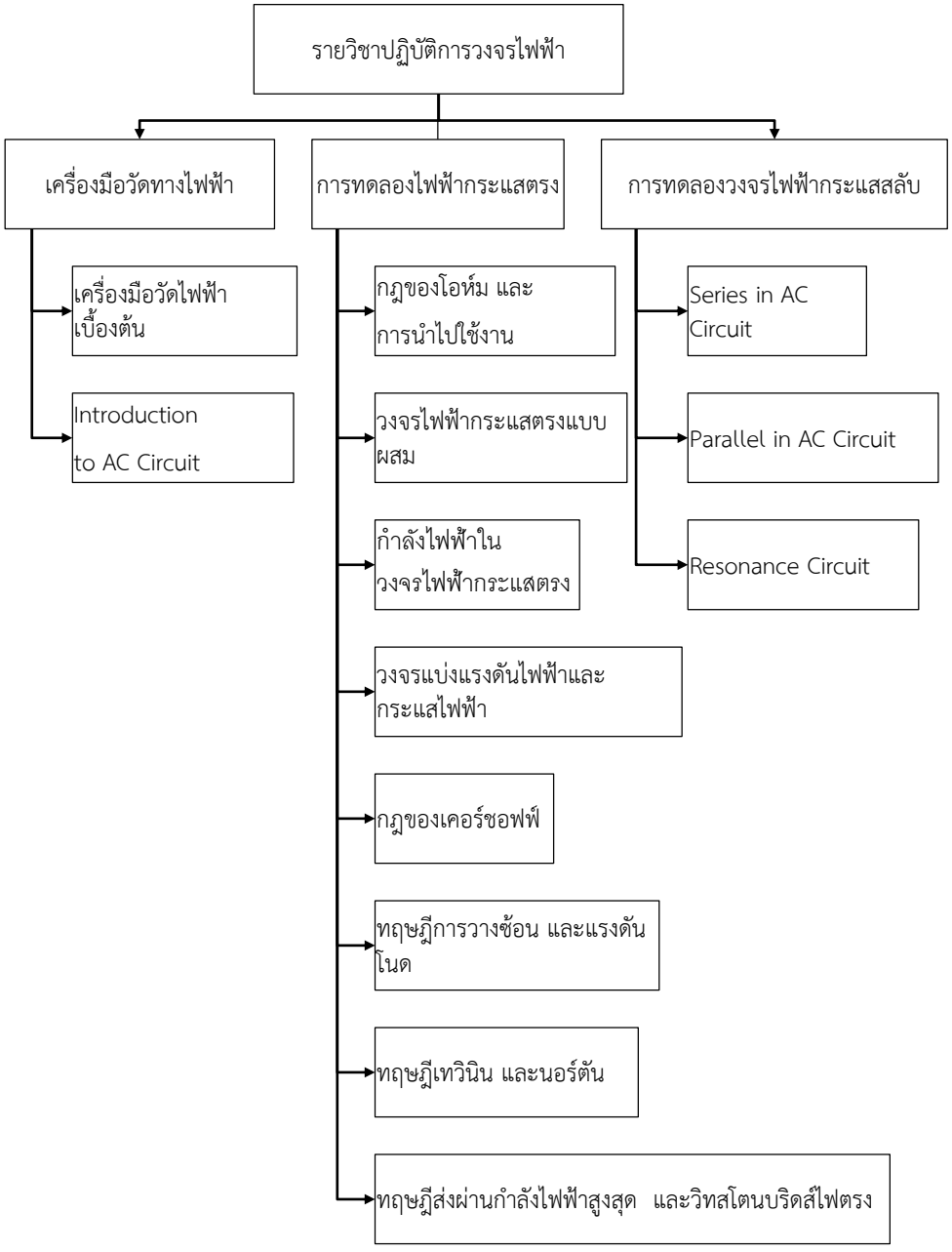
- เอกสารและข้อมูลสำคัญ (ถ้ามี)

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

- กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนิสิต
- กลยุทธ์การประเมินการสอน
- การปรับปรุงการเรียนการสอน
- การทบทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนิสิตในรายวิชา
- การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ที่มา : ระบบฐานข้อมูลหลักสูตร ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ สืบค้นจาก https://tqf.up.ac.th

3.5.3 การวิเคราะห์รายวิชาแบบแผนภูมิลำดับ (Scalar Pattern)



รูปที่ 3.7 การวิเคราะห์รายวิชา

3.5.4 ตารางรายละเอียดรายวิชา

ตารางที่ 3.2 ตารางรายละเอียดรายวิชา

หัวข้อหลัก (Main Element)	หัวข้อย่อย (Element)
1. เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า	1.1 เครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น 1.2 Introduction to AC Circuit
2. การทดลองไฟฟ้ากระแสตรง (DC Lab)	2.1 กฎของโอห์มและการนำไปใช้งาน 2.2 วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม 2.3 กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง 2.4 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า 2.5 กฎของเคอร์ชอฟฟ์ 2.6 ทฤษฎีการวางซ้อน และแรงดันโนด 2.7 ทฤษฎีเทวินิน และนอร์ตัน 2.8 ทฤษฎีส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด และวิทสโตนบริดส์ไฟตรง
3. การทดลองไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Lab)	3.1 Series in AC Circuit 3.2 Parallel in AC Circuit 3.3 Resonance Circuit

3.5.5 การวิเคราะห์หัวข้อย่อยเพื่อเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้

ตารางที่ 3.3 การวิเคราะห์หัวข้อย่อยเพื่อเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้

หัวข้อย่อย (Element)	จุดประสงค์การเรียนรู้
1. เครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น	1.1เพื่ออธิบายวิธีการใช้งานเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่ถูกต้องเพื่อความปลอดภัยทั้งสำหรับผู้ทดลองและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองไม่ให้เกิดความเสียหายเนื่องมาจากการใช้เครื่องมืออย่างผิดวิธี
2. Introduction to AC Circuit	2.1 เพื่อให้นิสิตสามารถเรียนรู้การใช้งานออสซิลโลสโคปเบื้องต้นได้ 2.2 เพื่อให้นิสิตสามารถอ่านค่าแรงดัน ความถี่ และคำนวณค่ากระแส จากการวัดด้วยออสซิลโลสโคปเบื้องต้นได้
3. กฎของโอห์มและการนำไปใช้งาน 4. วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม 5. กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง 6. วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า 7. กฎของเคอร์ชอฟฟ์ 8. ทฤษฎีการวางซ้อน และแรงดันโนด 9. ทฤษฎีเทวินิน และนอร์ตัน 10. ทฤษฎีส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด และวิทสโตนบริดส์ไฟตรง 11. Series in AC Circuit 12. Parallel in AC Circuit 13. Resonance Circuit	1. เพื่อให้นิสิตสามารถต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงตามที่กำหนดให้ สามารถวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรได้อย่างถูกต้อง 2. เพื่อให้นิสิตสามารถใช้เครื่องมือวัดกระแสและแรงดันได้อย่างถูกต้องตามขั้นตอน เพื่อความปลอดภัยต่อตัวผู้วัด อุปกรณ์การทดลองและเครื่องมือวัด

3.5.6 หลักเกณฑ์การจัดกิจกรรมการเรียนรายวิชาปฏิบัติการ

ก่อนการเข้าเรียนในภาคปฏิบัติ ได้มีการ ชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับการเรียนภาคปฏิบัติของรายวิชา รายละเอียดการดำเนินการเรียนการสอนภายในห้อง และชี้แจงการวัดผลสัมฤทธิ์และการประเมินผลการเรียน ของรายวิชาปฏิบัติการ ดังนี้

- การวัดผลสัมฤทธิ์ และการประเมินผลในการเรียน มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 3.4 การวัดผลสัมฤทธิ์ และการประเมินผลในการเรียน

รายการ	คะแนน	การประเมินผลในการเรียน
เข้าเรียน	20*	การเข้าเรียน ความตั้งใจ ความมีน้ำใจ และอื่นๆ
ใบงานการทดลอง	40*	การทำใบงานการทดลองส่งตามกำหนด
สอบภาคปฏิบัติครั้งที่ 1	20*	สอบปฏิบัติ
สอบภาคปฏิบัติครั้งที่ 2	20*	สอบปฏิบัติ
รวม	100	ใช้วิธีการตัดเกรดตามเกณฑ์มาตรฐานทั่วไป

* อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม

- จัดแบ่งกลุ่มพร้อมทั้งแจกใบงานการทดลอง สำหรับรายวิชา 262215 ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า และแนะนำการทิ้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ สารเคมี ที่ถูกต้อง และกิจกรรมการเรียนการสอนใบงานการทดลองต่าง ๆ อธิบายเป็นตาราง ดังนี้

ตารางที่ 3.5 กิจกรรมการเรียนการสอนใบงานการทดลอง

ใบงานการทดลอง	กิจกรรมการเรียนการสอน
ใบงานการทดลองที่ 1 เครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น (ภาคผนวก ก)	-เตรียมบอร์ดทดลอง เครื่องมือวัด สายต่อวงจร ให้เพียงพอต่อจำนวนนิสิต -อาจารย์ประจำรายวิชา หรือครูอธิบายใบงานการทดลองก่อนการทดลอง -นิสิตทดลองวงจรไฟฟ้าตามขั้นตอนในใบงาน ระหว่างการทดลองครูมีหน้าที่ให้คำแนะนำเมื่อนิสิตมีปัญหาในการทดลอง -นิสิตส่งใบงาน ก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ -ครูตรวจเช็คความเรียบร้อยของห้องปฏิบัติการ ตรวจสอบ วัสดุครุภัณฑ์ อุปกรณ์ต่างๆ ก่อนการจัดเก็บ
ใบงานการทดลองที่ 2 กฎของโอห์มและการนำไปใช้งาน (ภาคผนวก ข)	
ใบงานการทดลองที่ 3 วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (ภาคผนวก ค)	
ใบงานการทดลองที่ 4 กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง (ภาคผนวก ง)	
ใบงานการทดลองที่ 5 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า (ภาคผนวก จ)	
ใบงานการทดลองที่ 6 กฎของเคอร์ชอฟฟ์ (ภาคผนวก ฉ)	
ใบงานการทดลองที่ 7 ทฤษฎีการวางซ้อน และแรงดันโนด (ภาคผนวก ช)	
ใบงานการทดลองที่ 8 ทฤษฎีเทวินิน และนอร์ตัน (ภาคผนวก ซ)	
ใบงานการทดลองที่ 9 ทฤษฎีส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด และวิทสโตนบริดส์ไฟตรง (ภาคผนวก ฌ)	
ใบงานการทดลองที่ 10 Introduction to AC Circuit (ภาคผนวก ญ)	
ใบงานการทดลองที่ 11 Series in AC Circuit (ภาคผนวก ฎ)	
ใบงานการทดลองที่ 12 Parallel in AC Circuit (ภาคผนวก ฏ)	
ใบงานการทดลองที่ 13 Resonance Circuit (ภาคผนวก ฐ)	
สอบภาคปฏิบัติ ครั้งที่ 1	สอบภาคปฏิบัติวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
สอบภาคปฏิบัติ ครั้งที่ 2	สอบภาคปฏิบัติวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

3.5.7 แนวทางการเขียนใบงานการทดลอง

ใบงานการทดลองประกอบไปด้วย ข้อมูลนำการทดลอง ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทดลอง และข้อมูลสำหรับดำเนินการ

1. ข้อมูลนำการทดลอง ประกอบไปด้วย
    1.1 วัตถุประสงค์ของการทดลอง เป็นข้อมูลที่ให้นิสิตเห็นความสำคัญ
    1.2 ความจำเป็นและขอบเขตของการทดลอง
    1.3 การวางแผน การตัดสินใจล่วงหน้า
2. ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทดลอง คือข้อมูลที่ช่วยให้นิสิตได้อาศัยแนวทาง หลักในการวางแผนการดำเนินงาน
3. ข้อมูลสำหรับดำเนินการ คือข้อมูลที่ช่วยให้นิสิตดำเนินการตามขั้นตอนที่เหมาะสม

ผู้เขียนได้ยกตัวอย่างการเขียนใบงานการทดลองของรายวิชา 262215 ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า การทดลองที่2 กฎของโอห์มและการนำไปใช้งาน (Application Of Ohm's Law) ดังนี้

<u>ตัวอย่างการเขียนข้อมูลนำการทดลอง</u>

1. เพื่อให้นิสิตสามารถต่อวงจรไฟฟ้า กระแสตรงตามที่กำหนดให้ สามารถวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรได้อย่างถูกต้อง
2. เพื่อให้นิสิตสามารถใช้เครื่องมือวัดกระแส และแรงดันได้อย่างถูกต้องตามขั้นตอน เพื่อความปลอดภัยต่อตัวผู้วัด อุปกรณ์การทดลองและเครื่องมือวัด

<u>ตัวอย่างข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทดลอง</u>

รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. มัลติมิเตอร์	2	เครื่อง
2. ชุดทดลองหลัก BASE UNIT (BU-1)	1	เครื่อง
3. แผงโมดูลการทดลอง AL-1100A	1	แผ่น
4. สายต่อวงจรไฟฟ้า	1	ชุด

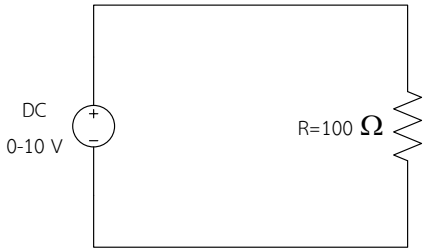
<u>ตัวอย่างข้อมูลสำหรับดำเนินการ</u>

โดยผู้เขียนได้วาดวงจรรูปที่ 2.1 จากการสรุปเนื้อหาในหนังสือทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรง แต่งโดยนภัทร วัจนเทพินทร์, วิจิตร ศีลคุณ และ สุรศักดิ์ วงษ์ชนะชัย นำมาปรับรูปวงจรที่เหมาะสมและสอดคล้องกับวัสดุ ครุภัณฑ์ภายในห้องปฏิบัติการ

การทดลองที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้า

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 2.1



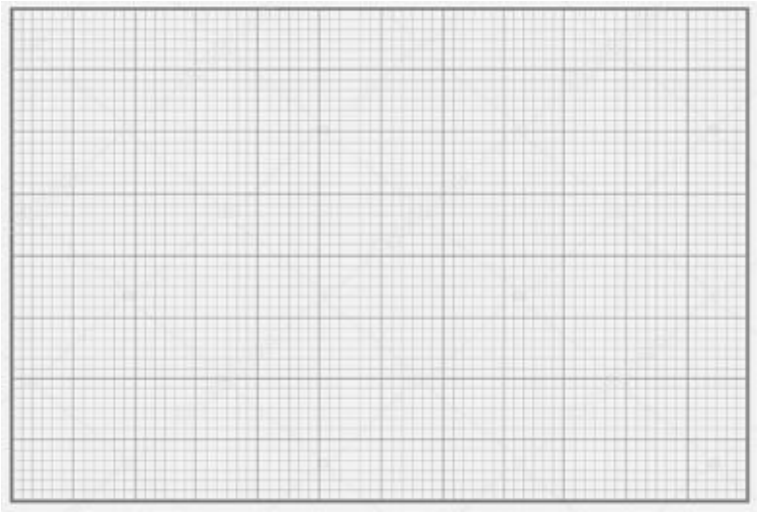
รูปที่ 2.1

2. ปรับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย ตามตาราง อ่านค่าไฟฟ้าจาก แอมป์มิเตอร์ (Ammeter) และ โวลต์มิเตอร์ (Voltmeter) บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 2.1

3. นำกระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากตารางบันทึกผลการทดลองมาเขียนกราฟรูปที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันไฟฟ้า

แรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย (V)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
กระแสไฟฟ้า (mA)										
แรงดันไฟฟ้า (V)										



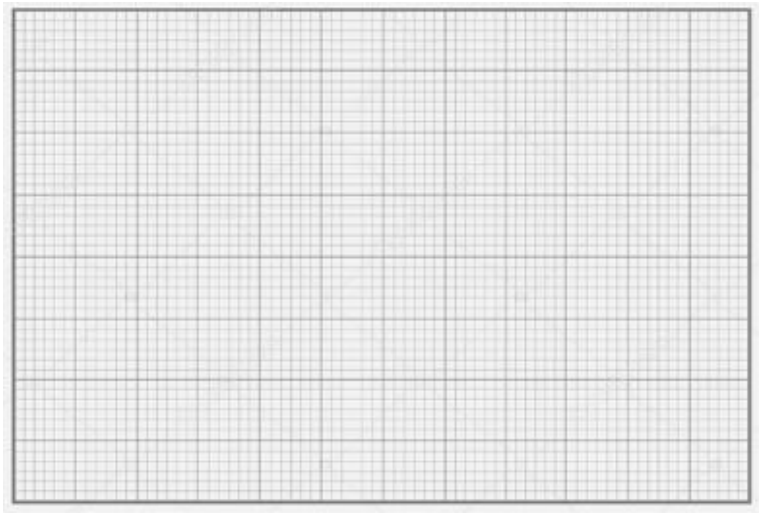
กราฟรูปที่ 2.1 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันไฟฟ้า ตามตารางที่ 2.1

4. จากวงจรไฟฟ้ารูป 2.1 ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าคงที่ 10 V ปรับค่าความต้านทานตามตารางที่ 2.2 และบันทึกค่ากระแสและแรงดันที่วัดได้ลงในตารางให้สมบูรณ์

5. นำกระแสไฟฟ้าและความต้านทานจากตารางบันทึกผลการทดลองมาเขียนลงกราฟรูปที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันไฟฟ้า

ค่าความต้านทาน ($k\Omega$)	1	2	3	4	5
กระแสไฟฟ้า (mA)					



กราฟรูปที่ 2.2 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันไฟฟ้า ตามตารางที่ 2.2

สรุปผลการทดลองที่ 2.1

.....

.....

.....

.....

.....

3.6 วิธีจัดการประเมินผลการเรียน

จุดมุ่งหมายการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ 1) ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) 2) ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) และ 3)ด้านจิตพิสัย (Affective Domain)

ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) เป็นพฤติกรรมด้านสมองเป็นพฤติกรรมเกี่ยวกับสติปัญญา ความรู้ ความคิด ความเฉลียวฉลาด ความสามารถในการคิดเรื่องราวต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นความสามารถทางสติปัญญา แบ่งการเรียนรู้เป็น 6 ระดับ ผู้เขียนสรุปเป็นตารางในการจัดการเรียนรู้ ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 การจัดการประเมินผลการเรียนด้านพุทธิพิสัย

ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain)			
ระดับ	**พฤติกรรมด้านสมอง**	**ตัวอย่างคำกริยา พุทธิพิสัย**	
		จุดประสงค์ทั่วไป	**จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม**
ความรู้	สามารถในการจำความรู้ต่างๆ ที่ได้เรียนรู้มา	รู้ศัพท์ รู้ข้อเท็จจริง รู้กฎเกณฑ์ รู้ลำดับขั้น รู้ความสำคัญ รู้วิธีการ	บรรยาย ชี้แจง เขียน บอก เลือก ชี้บ่ง จัด จำแนก ระบุ ค้นหา วิธีปฏิบัติ
ความเข้าใจ	สามารถในการแปลความ ขยายความในสิ่งที่ได้เรียนรู้	เข้าใจข้อเท็จจริง ตีความหมายคาดการณ์ ที่เกิดขึ้น	เรียบเรียง แปลง แปล เปลี่ยน อธิบาย ขยายความ เขียนใหม่ สรุป
การนำไปใช้	สามารถในการใช้สิ่งที่ได้เรียนรู้มาก่อให้เกิดสิ่งใหม่	แก้ปัญหา คำนวณ ตรวจสอบ ประมาณการ พิจารณา เลือก	เลือก เปลี่ยนวิธีการ คำนวณ ปรับปรุง ใช้ เขียนแผนงาน แก้ปัญหา ผลิต แต่ง
วิเคราะห์	สามารถในการแยกความรู้ออกเป็นส่วน ทำความเข้าใจแต่ละส่วนว่าสัมพันธ์ หรือแตกต่างกันอย่างไร	วิเคราะห์	จำแนก ชี้บ่ง เปรียบเทียบ จัดประเภท ระบุหาความสัมพันธ์
สังเคราะห์	สามารถในการรวมความรู้ต่างๆ หรือประสบการณ์ต่างๆ ให้เกิดเป็นสิ่งแปลกใหม่	สังเคราะห์	เขียนแผนผัง วางแผน กำหนด ขอบข่าย ประเมิน พิจารณา
ประเมินค่า	สามารถในการตัดสินคุณค่าอย่างมีเหตุผล	ประเมิน	ตัดสิน เปรียบเทียบกับมาตรฐาน เปรียบเทียบกับเกณฑ์

ทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) พฤติกรรมด้านกล้ามเนื้อประสาท เป็น พฤติกรรมที่บ่งถึงความสามารถในการปฏิบัติงานได้อย่างคล่องแคล่วชำนิชำนาญ ซึ่งแสดงออกมาได้โดยตรงมีเวลาและคุณภาพของงานเป็นตัวชี้ระดับของทักษะ แบ่งเป็น 5 ระดับ ผู้เขียนสรุปเป็นตารางในการจัดการเรียนรู้ ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 การจัดการประเมินผลการเรียนด้านทักษะพิสัย

ทักษะพิสัย (Psychomotor Domain)		
ระดับ	พฤติกรรม	**คำอธิบาย**
1	เลียนแบบ	สังเกตและทำตาม เป็นการให้ผู้เรียนได้รับรู้หลักการปฏิบัติที่ถูกต้อง หรือเป็นการเลือกหาตัวแบบที่สนใจ
2	ทำได้ตามแบบ	ทำตามได้ เป็นพฤติกรรมที่ผู้เรียนพยายามฝึกตามแบบที่ตนสนในและพยายามทำซ้ำ เพื่อที่จะให้เกิดทักษะตามแบบที่ตนสนใจให้ได้ หรือสามารถปฏิบัติงานได้ตามข้อเสนอแนะ
3	ทำได้ถูกต้องแม่นยำ	ทำได้ถูกต้อง ควบคุมและลดความผิดพลาด พฤติกรรมสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเอง โดยไม่ต้องอาศัยเครื่องชี้แนะเมื่อได้กระทำซ้ำแล้ว ก็พยายามหาความถูกต้องในการปฏิบัติ
4	ทำได้ต่อเนื่องประสานกัน	เรียนรู้วิธีการถูกต้องตามขั้นตอน หลังจากตัดสินใจเลือกรูปแบบที่เป็นของตัวเองจะกระทำตามรูปแบบนั้นอย่างต่อเนื่องจนปฏิบัติงานที่ยุ่งยากซับซ้อนได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้องคล่องแคล่ว การที่ผู้เรียนเกิดทักษะได้ ต้องอาศัยการฝึกฝนและกระทำอย่างสม่ำเสมอ
5	ทำได้อย่างเป็นธรรมชาติ	แสดงพฤติกรรมเป็นประจำเป็นอัตโนมัติจนกลายเป็นธรรมชาติ พฤตกรรมที่ได้จากการฝึกอย่างต่อเนื่อง จนสามารถปฏิบัติได้คล่องแคล่วว่องไวโดยอัตโนมัติ เป็นไปอย่างธรรมชาติ

ด้านจิตพิสัย (Affective Domain) พฤติกรรมด้านจิตใจ เป็น ค่านิยม ความรู้สึก ความซาบซึ้ง ทัศนคติ ความเชื่อ ความสนใจและคุณธรรม พฤติกรรมด้านนี้อาจไม่เกิดขึ้นทันที ดังนั้น การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยจัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม และสอดแทรกสิ่งที่ดีงามอยู่ตลอดเวลา จะทำให้พฤติกรรมของผู้เรียนเปลี่ยนไปในแนวทางที่พึงประสงค์ได้ แบ่งเป็น 5 ระดับ ผู้เขียนสรุปเป็นตารางในการจัดการเรียนรู้ ดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 การจัดการประเมินผลการเรียนด้านจิตพิสัย

ด้านจิตพิสัย (Affective Domain)		
ระดับ	พฤติกรรม	**คำอธิบาย**
1	รับรู้	ตั้งใจสนในสิ่งเร้า เป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นต่อปรากฏการณ์หรือสิ่งเร้าอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งเป็นไปในลักษณะของการแปลความหมายของสิ่งเร้านั้นว่าคืออะไร แล้วจะแสดงออกมาในรูปของความรู้สึกที่เกิดขึ้น
2	ตอบสนอง	มีส่วนร่วมในกิจกรรมที่จัดขึ้น เป็นการกระทำที่แสดงออกมาในรูปของความเต็มใจ ยินยอมและพอใจต่อสิ่งเร้านั้น ซึ่งเป็นการตอบสนองที่เกิดจากการเลือกสรรแล้ว
3	เห็นคุณค่า	รู้สึกชอบซึ้งยินดีและมีเจตคติที่ดีต่อสิ่งนั้น การเลือกปฏิบัติในสิ่งที่เป็นที่ยอมรับกันในสังคมการยอมรับนับถือในคุณค่านั้นๆ หรือปฏิบัติตามในเรื่องใดเรื่องหนึ่งจนกลายเป็นความเชื่อ แล้วจึงเกิดทัศนคติที่ดีในสิ่งนั้น
4	จัดระบบคุณค่า	เห็นความแตกต่างในคุณค่า แก้ไขความขัดแย้ง สร้างปรัชญาหรือเป้าหมายให้กับตนเอง การสร้างแนวคิดจัดระบบของค่านิยมที่เกิดขึ้นโดยอาศัยความสัมพันธ์ ถ้าเข้ากันได้ก็จะยึดต่อไปแต่ถ้าขัดกันอาจไม่ยอมรับอาจจะยอมรับค่านิยมใหม่โดยยกเลิกค่านิยมเก่า
5	พัฒนาเป็นลักษณะนิสัย	ทำให้เป็นคุณลักษณะหนึ่งของชีวิต การนำค่านิยมที่ยึดถือมาแสดงพฤติกรรมที่เป็นนิสัยประจำตัว ให้ประพฤติปฏิบัติแต่สิ่งที่ถูกต้องดีงามพฤติกรรมด้านนี้ จะเกี่ยวกับความรู้สึกและจิตใจ ซึ่งจะเริ่มจากการได้รับรู้จากสิ่งแวดล้อม แล้วจึงเกิดปฏิกิริยาโต้ตอบ ขยายกลายเป็นความรู้สึกด้านต่างๆ จนกลายเป็นค่านิยมและยังพัฒนาต่อไปเป็นความคิด อุดมคติ ซึ่งจะควบคุมทิศทางพฤติกรรม

เกณฑ์หรือมาตรฐาน (Criteria or Standard) เป็นส่วนที่ใช้ระบุความสามารถขั้นต่ำของผู้เรียนว่าจะต้องทำได้เพียงใด จึงจะยอมรับได้ว่าผู้เรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์แล้ว การกำหนด เกณฑ์สามารถทำได้หลายลักษณะ ยกตัวอย่างการใช้เกณฑ์หรือมาตรฐานของ รายวิชา262215 ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า (Electric Circuit Laboratory) ดังนี้

1. ลักษณะความเร็วเป็นการวัดระดับความชำนาญมากกว่าความรู้ เช่น

1.1 ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงที่มีตัวต้านทานภายในวงจรไม่เกิน 5 ตัวภายในเวลา 3 นาที

1.2 วัดค่าแรงดัน และกระแสไฟฟ้าที่มีตัวต้านภายในวงจรไม่เกิน 5 ตัว ภายในเวลา 5 นาที

2. ลักษณะปริมาณที่ต่ำที่สุด เช่น

2.1 คำนวณโจทย์ เรื่องกฎของโอห์มและการใช้งานได้ 8 ใน 10 ข้อ

2.2 สามารถบอกสาเหตุความผิดพลาดในวงจร เมื่อวงจรไฟฟ้าไม่สามารถทำงานตามทฤษฎี 3 สาเหตุ

3. เป็นเกณฑ์ที่ไม่สามารถระบุในเชิงความเร็วหรือปริมาณได้ เช่น

3.1 อธิบายวิธีการใช้งานเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่ถูกต้องเพื่อความปลอดภัยทั้งสำหรับผู้ทดลองและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองไม่ให้เกิดความเสียหายเนื่องมาจากการใช้เครื่องมืออย่างผิดวิธี

3.2 อธิบายวิธีการอ่านค่าแรงดัน ความถี่ และคำนวณค่ากระแส จาการวัดด้วยออสซิลโลสโคปเบื้องต้นได้

กระบวนการวัดผลและประเมินผล เป็นการตรวจสอบว่าผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์ในการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในแผนการเรียนรู้หรือไม่

การวัดผล หมายถึง กระบวนการให้ได้มาซึ่งตัวเลขหรือสัญลักษณ์ที่มีความหมายแทนคุณลักษณะของสิ่งที่วัด โดยใช้เครื่องมือที่มีความเหมาะสมและมีคุณภาพ

การประเมินผล หมายถึง การวินิจฉัยตัดสินคุณค่าของบุคคล สิ่งของหรืออื่น ๆ อย่างมีหลักเกณฑ์

วิธีการวัดผลที่เหมาะสมกับพิสัยแบบต่างๆ การเลือกวิธีการวัดผล ต้องเลือกให้เหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ทั้ง 3 ด้าน คือ พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย

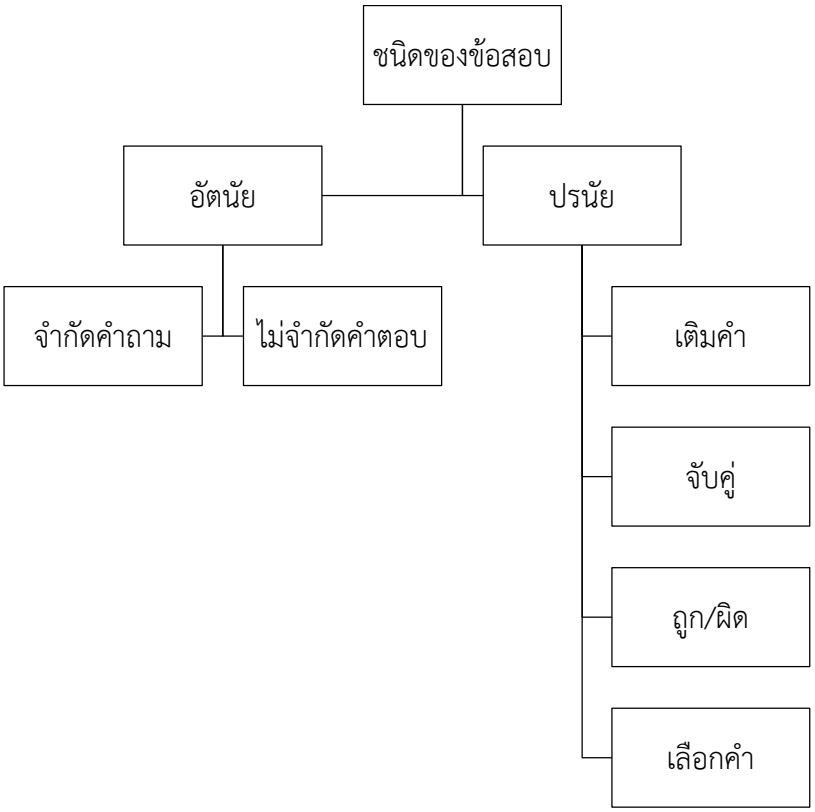
คุณสมบัติของเครื่องมือวัดผล

1. มีความเที่ยงตรง (Validity) ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด วัดได้ตรงระดับของการเรียนรู้ในจุดประสงค์

2. มีความเป็นปรนัย (Objectivity) คำถามชัดเจน คำตอบแน่นอน ตรวจง่าย แปลความหมายของคะแนนชัดเจน

3. มีความสะดวกในการกระทำ (Practicality) การจัดพิมพ์ถูกต้อง ชัดเจน จัดหน้ากระดาษคำถามและคำตอบเหมาะสม

ชนิดของข้อสอบ แบ่งเป็น 2 ขนิด คือ อัตนัย ปรนัย ยกตัวอย่างรายวิชา262215 ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า (Electric Circuit Laboratory) ควรใช้ข้อสอบแบบอัตนัย เพราะสามารถประเมินด้านพุทธิพิสัย และทักษะพิสัย ได้ชัดเจน



รูปที่ 3.8 ชนิดของข้อสอบ

บันทึกผลหลังการเรียนรู้ เป็นการบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ตามแผนการเรียนรู้ ควรบันทึกดังนี้

1. ผลการเรียนรู้ตามที่กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ ในแผนการเรียนรู้ ซึ่งส่วนใหญ่มี 3 ด้าน ด้านองค์ความรู้ ด้านทักษะกระบวนการ และด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

2. ปัญหาอุปสรรค ควรบันทึกสาเหตุที่การจัดการเรียนรู้ไม่เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่วางไว้ น่าจะมีสาเหตุมาจากอะไร

3. ข้อเสนอแนะ บันทึกข้อเสนอแนะในการปรับปรุงต่อผู้เรียนที่ไม่ผ่านและที่ผ่านกิจกรรมตามจุดประสงค์การเรียนรู้

3.7 ระเบียบการใช้ห้องปฏิบัติการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

1. นิสิตที่ลงปฏิบัติงานจะต้องแต่งกายให้เรียบร้อยตามระเบียบการใช้ห้องปฏิบัติการของ มหาวิทยาลัย หรือตามระเบียบของคณะวิศวกรรมศาสตร์

2. กำหนดการเปิด - ปิด ห้องปฏิบัติการตามเวลาราชการ วันจันทร์-ศุกร์ เวลา 8.30 – 16.30 น. หยุดวันเสาร์-อาทิตย์ และวันหยุดราชการ หากนิสิตมี ความจำเป็นต้องใช้ห้องปฏิบัติการนอกเวลาให้ขอแบบฟอร์มขออนุญาตใช้ห้องนอกเวลาจาก เจ้าหน้าที่ ที่เกี่ยวข้องล่วงหน้าอย่างน้อย 3 วันทำการ

3. ในกรณีที่เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ชำรุดเสียหายหรือใช้การไม่ได้หรือสูญหายไป อันเกิดจากความประมาทเลินเล่อ และการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์อย่างไม่ถูกต้อง ผู้ใช้จะต้องจัดการแก้ไขซ่อมแซมให้คงสภาพเดิม และคุณภาพเท่าเดิม โดยเสียค่าใช้จ่ายของตนเอง หรือชดใช้เป็นพัสดุ / ครุภัณฑ์ ประเภท ชนิด ขนาด ลักษณะและคุณภาพต้องไม่น้อยกว่าของเดิม หรือชดใช้เป็นเงินตามราคาที่เป็นอยู่ในขณะยืม ตามเกณฑ์ที่กระทรวงการคลังกำหนด

4. หลังการใช้งาน นิสิต ต้องเก็บ วัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ เก็บให้เรียบร้อยทุกครั้ง และจุดที่ขอใช้บริการให้อยู่ในสภาพเรียบร้อยพร้อมใช้งานได้ต่อไป ห้ามไม่ให้วางวัสดุอุปกรณ์ส่วนตัวทิ้งไว้บนพื้นที่ส่วนรวมอย่างเด็ดขาด หากมีการฝ่าฝืนจะไม่รับผิดชอบในความเสียหาย หรือสูญหายของอุปกรณ์เหล่านั้น

6. ห้ามเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ทุกชิ้นออกนอกห้องก่อนได้รับอนุญาต

7. ห้ามนิสิตนำอาหาร / เครื่องดื่ม / ขนมขบเคี้ยว เข้ามารับประทานในห้องปฏิบัติการโดยเด็ดขาด

8. หากนิสิตไม่ปฏิบัติตามข้อปฏิบัติดังกล่าวนี้ จะไม่ได้รับอนุญาตให้เข้าใช้งานห้องปฏิบัติการตามความเหมาะสมในครั้งต่อไป และดำเนินการแจ้งอาจารย์ประจำรายวิชา หรืออาจารย์ผู้รับผิดชอบให้พิจารณาหักคะแนน

3.8 หลักเกณฑ์การปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้ไฟฟ้า

1. เขียนคำเตือนไว้กับเครื่องมือ อุปกรณ์ไฟฟ้า และบริเวณซึ่งอาจมีอันตรายจากไฟฟ้าและห้ามนำอุปกรณ์ไฟฟ้าไปใช้ใกล้วัสดุ ไวไฟ

2. อุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิดในห้องปฏิบัติการ จะต้องต่อสายลงดินเสมอ เลือกใช้อุปกรณ์ที่ปลอดภัยได้มาตรฐาน

3. การต่อสายไฟฟ้า รวมทั้งการใช้ชนิด และขนาดของสายไฟฟ้า จะต้องปฏิบัติให้ถูกต้องตามหลักความปลอดภัย

4. ในที่มีไฟฟ้าแรงดันสูงควรจะปูพื้นห้องบริเวณนั้นด้วย

5. ให้ผู้ที่มีความรู้และความชำนาญเท่านั้นที่ทำงานเกี่ยวกับไฟฟ้าได้

6. ต้องใช้เครื่องป้องกันอันตรายเสมอในการทำงานเกี่ยวกับไฟฟ้า

7. มีการตรวจสอบสายไฟฟ้า อุปกรณ์ทางไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ อยู่เสมอ ถ้าพบส่วนชำรุดหรือบกพร่องจะต้องรีบรายงานให้ผู้รับผิดชอบมาแก้ไขทันที

8. หากห้องปฏิบัติการร้อนเกินกว่าปกติ จะต้องรีบหยุดเครื่องและให้ผู้รับผิดชอบมาตรวจแก้ไข

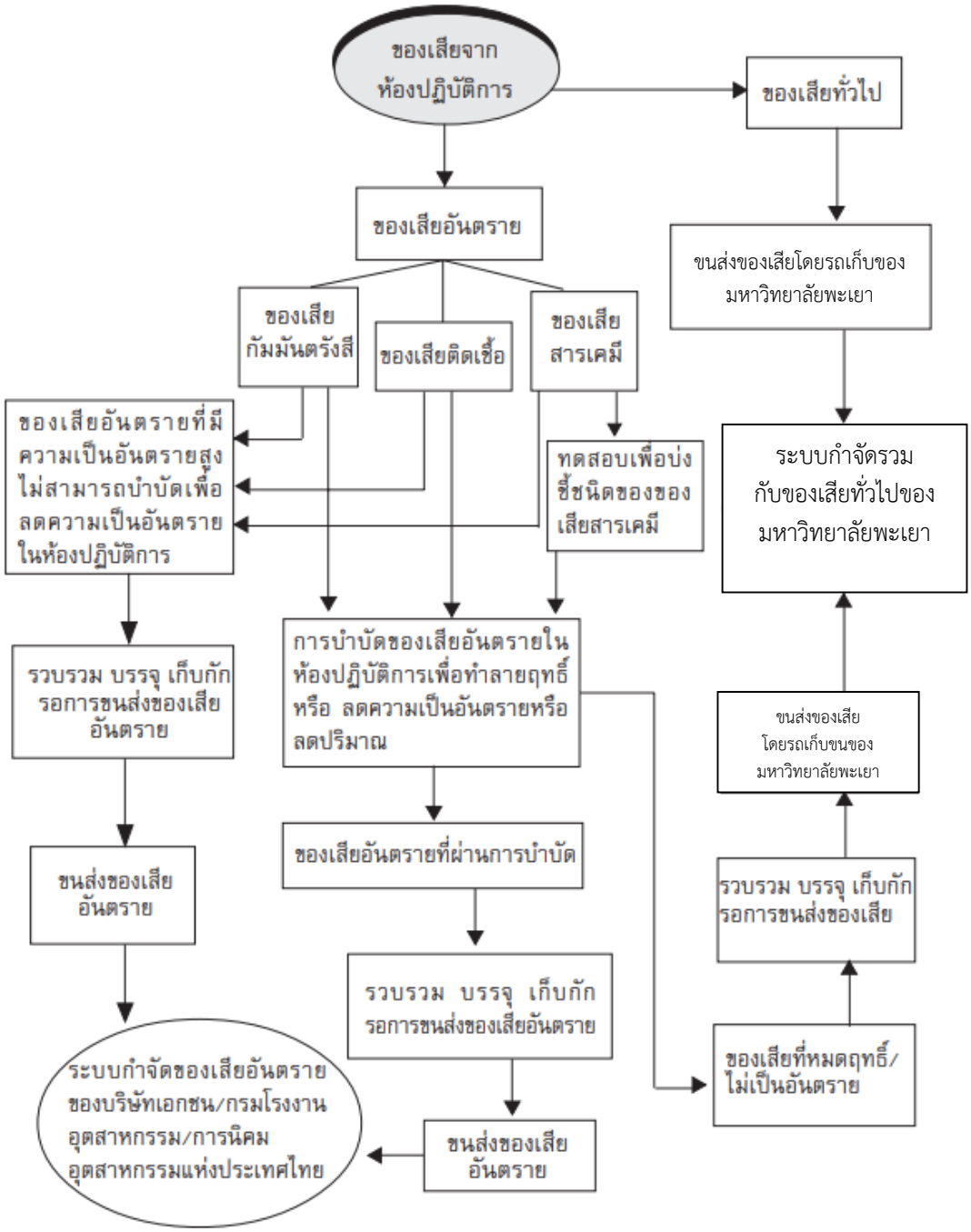
9. อย่าใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ เกินขีดความสามารถที่ออกแบบหรือกำหนดไว้ เมื่อใช้งานเสร็จต้องนำเก็บเข้าที่เดิม

10 .ระวังอย่าให้อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าเปียกชื้น ในกรณีที่เครื่องเปียกน้ำ จะต้องเช็ดให้แห้ง ถ้าจำเป็นต้องย้ายเครื่องมือให้พ้นน้ำ ซึ่งในการปฏิบัติเช่นนี้ต้องถอดปลั๊กหรือปลดสวิทช์ตัดกระแสไฟฟ้าก่อน

11. เมื่อตัวเปียกน้ำหรืออยู่ในบริเวณที่ชื้นแฉะห้ามอยู่ใกล้บริเวณที่มีกระแสไฟฟ้าหรือจับต้องเครื่องมือหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า

3.9 แนวทางการจัดการของเสียภายในห้องปฏิบัติการ

ห้องปฏิบัตการวิศวกรรมไฟฟ้า มีของเสียจากห้องปฏิบัติการ 2 ชนิด คือ ของเสียทั่วไป และของเสียอันตรายประเภทสารเคมี (ถ่ายไฟฉาย, แบตเตอรี่) ซึ่งมีแนวทางการจัดการ ดังนี้



รูปที่ 3.9 แนวทางการจัดการของเสียภายในห้องปฏิบัติการ

บทที่ 4
เทคนิคการปฏิบัติงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงเทคนิคการปฏิบัติงาน ในรายวิชา 262215 ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ผู้ปฏิบัติงานต้องจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือที่เกี่ยวข้องตามใบงานการทดลอง ให้คำแนะนำนิสิตขณะปฏิบัติการทดลอง ตรวจสอบ และจัดเก็บ วัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ หลังการใช้งานจึงจะทำให้การดำเนินการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการ บรรลุตามวัตถุประสงค์ เทคนิคในการปฏิบัติงาน มีขั้นตอนการปฏิบัติงาน อธิบายดังตารางที่ 4.1 ดังนี้

4.1 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน ในรายวิชา 262215 ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า ต้องทำการวางแผนการจัดกิจกรรมภายนอก และภายในชั้นเรียน ตามใบงานการทดลอง ในแต่ละขั้นตอน จะกำหนดระยะเวลาดำเนินการที่เหมาะสม ต่อ 1 ใบงานการทดลอง ดังนี้

ตารางที่ 4.1 กิจกรรมภายนอก และภายในชั้นเรียน และระยะเวลาดำเนินงาน ต่อ 1 ใบงานการทดลอง

กิจกรรม	ชั้นเรียน		ระยะเวลาดำเนินงาน
	ภายนอก	ภายใน	
1.ศึกษาวัตถุประสงค์ เนื้อหา และขั้นตอนการทดลองของใบงานการทดลอง แต่ละใบงาน	✓		3 ชั่วโมง
2.จัดเตรียมความพร้อมของห้องปฏิบัติการ วัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ		✓	20 นาที
3. ให้บริการการเรียนการสอน 3.1 เบิกวัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ 3.2 ให้คำแนะนำระหว่างการปฏิบัติการทดลอง 3.3 รับคืน วัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ		✓	3 ชั่วโมง
4. ตรวจสอบ และจัดเก็บวัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ	✓		40 นาที

4.2 รายละเอียดวิธีปฏิบัติงาน

1. ศึกษาวัตถุประสงค์ เนื้อหา และขั้นตอนการทดลอง ของใบงานการทดลอง ก่อนจะเริ่มการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการ ผู้ปฏิบัติงานต้องศึกษารายละเอียดของใบงานการทดลองแต่ละใบงานที่จะมีการเรียนการสอนในแต่ละสัปดาห์ ตามภาคผนวกที่ ก, ข, ค, ง, จ, ฉ, ช, ซ, ฌ, ญ, ฎ, ฏ และ ฐ ตามลำดับ

2. จัดเตรียมความพร้อมของห้องปฏิบัติการ ดังรูป 4.1 และเตรียม วัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละใบงานการทดลอง ดังตารางที่ 4.2

รูปที่ 4.1 เตรียมความพร้อมของห้องปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (EN2301)

ตารางที่ 4.2 วัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อการปฏิบัติการทดลอง แต่ละใบงาน

ใบงานการทดลอง	วัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ
ใบงานการทดลองที่ 1 (รายละเอียด ภาคผนวก ก)	
ใบงานการทดลองที่ 2 ถึง 9 (รายละเอียด ภาคผนวก ข, ค, ง, จ, ฉ, ช, ซ และ ฌ ตามลำดับ)	
ใบงานการทดลองที่ 10 (รายละเอียด ภาคผนวก ญ)	

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) วัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการปฏิบัติการทดลอง แต่ละใบงาน

ใบงานการทดลอง	วัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ
ใบงานการทดลองที่ 11 ถึง 13 (รายละเอียด ภาคผนวก ฎ, ฏ และ ฐ ตามลำดับ)	

3. ให้บริการการเรียนการสอน

3.1 เบิก และ รับคืน วัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามแบบฟอร์มขอยืมพัสดุ / ครุภัณฑ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ดังรูปที่ 4.2

แบบฟอร์มขอยืมพัสดุ / ครุภัณฑ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

วันที่.....

เรียน คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว).....ตำแหน่ง.....

คณะ/กอง/ศูนย์.....เบอร์โทรศัพท์.....

มีความประสงค์ขอยืมพัสดุ / ครุภัณฑ์ ตามรายการดังต่อไปนี้

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	หมายเลขพัสดุ / ครุภัณฑ์

เพื่อใช้ในงาน.....

สถานที่นำไปใช้.....

ระหว่างวันที่.....ถึงวันที่.....รวมเป็นเวลา.....วัน

ข้าพเจ้าจะนำส่งคืนวันที่.....หากพัสดุ / ครุภัณฑ์ ที่นำมาส่งคืนชำรุดเสียหายหรือใช้การไม่ได้ หรือสูญหายไป ข้าพเจ้ายินดีจัดการแก้ไขซ่อมแซมให้คงสภาพเดิม โดยเสียค่าใช้จ่ายของตนเอง หรือชดใช้เป็นพัสดุ / ครุภัณฑ์ ประเภท ชนิด ขนาด ลักษณะและคุณภาพต้องไม่น้อยกว่าของเดิม หรือชดใช้เป็นเงินตามราคาที่เป็นอยู่ในขณะยืม ตามหลักเกณฑ์ที่กระทรวงการคลังกำหนด

ลงชื่อ.....ผู้ยืม

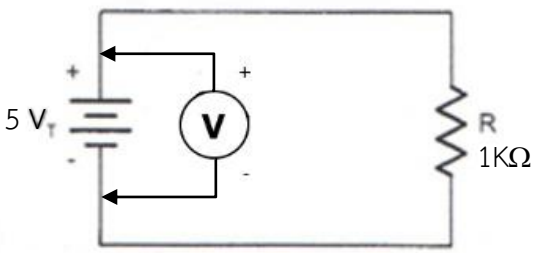
เรียน คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ ตรวจสอบแล้วสามารถจ่ายพัสดุ / ครุภัณฑ์ตามรายการได้ ลงชื่อ.....ผู้ตรวจสอบ (.....) วันที่...../...../.....	☐ อนุมัติให้ยืมพัสดุ / ครุภัณฑ์ ☐ ไม่อนุมัติ เนื่องจาก..... ..... ลงชื่อ.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ (.....) วันที่...../...../.....
ได้รับพัสดุตามรายการข้างต้นแล้ว ลงชื่อ.....ผู้ยืม (.....) วันที่...../...../.....	**การรับพัสดุ / ครุภัณฑ์คืน** ☐ สภาพสมบูรณ์ ☐ สภาพไม่สมบูรณ์ ☐ ครบถ้วนตามรายการ ☐ ไม่ครบ ขาด.....รายการ ลงชื่อ.....ผู้ตรวจสอบ (.....) วันที่...../...../.....

รูปที่ 4.2 แบบฟอร์มขอยืมพัสดุ / ครุภัณฑ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

3.2 ให้คำแนะนำระหว่างการปฏิบัติการทดลอง ผู้ปฏิบัติงานสามารถดูแล ให้คำแนะนำนิสิต ระหว่างการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการ โดยปฏิบัติตามระเบียบการใช้ห้องปฏิบัติการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และปฏิบัติตามหลักเกณฑ์การปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้ไฟฟ้า ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยต่อนิสิต และผู้ปฏิบัติงานสูงสุด

กรณีมีของเสียเกิดขึ้นขณะปฏิบัติงาน (เปลี่ยนถ่านไฟฉาย / แบตเตอรี่) ให้ปฏิบัติตามแนวทางการจัดการของเสียอันตรายจากห้องปฏิบัติการ โดยคำนึงถึงความปลอดภัยต่อ นิสิต ผู้ปฏิบัติงาน และสิ่งแวดล้อม หลังเสร็จสิ้นรายวิชาปฏิบัติการแต่ละครั้ง สรุปผลการเรียนการสอน กับอาจารย์ประจำรายวิชา

4. ตรวจสอบ และจัดเก็บวัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ เมื่อเสร็จสิ้นการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการก่อนจัดเก็บ วัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ต้องทำการตรวจสอบให้เรียบร้อยก่อนทุกครั้ง เช่น การตรวจสอบมัลติมิเตอร์ย่านวัดโวลท์และแอมป์ต้องไม่เสียหายจากการใช้งาน วิธีทดสอบการวัดโวลท์ ดังรูปที่ 4.3 และการวัดแอมป์ ดังรูปที่ 4.4 โดยใช้วงจรอย่างง่ายในการทดสอบ เมื่อวัดค่าแรงดันและกระแสถูกต้องตามทฤษฎี ผู้ปฏิบัติงานสามารถจัดเก็บมัลติมิเตอร์ วัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในตู้เก็บได้



$V_T = 5V$

ก. วงจรสำหรับตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าอย่างง่าย

$V_T \approx 5V$

ข. ทดสอบแรงดันไฟฟ้า ของอนาล็อกมัลติมิเตอร์

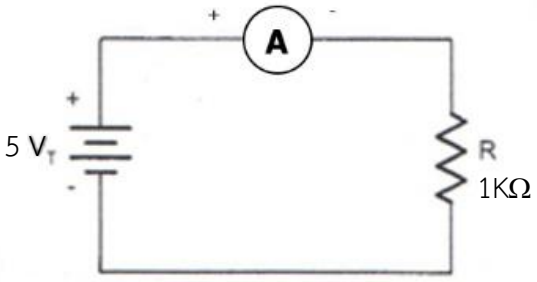
$V_T \approx 5V$

ค. ทดสอบแรงดันไฟฟ้า ของดิจิตอลมัลมิเตอร์ เครื่องชนิดที่ 1

$V_T \approx 5V$

ง. ทดสอบแรงดันไฟฟ้า ของดิจิตอลมัลมิเตอร์ เครื่องชนิดที่ 2

รูปที่ 4.3 การทดสอบมัลติมิเตอร์ ย่านการวัดโวลท์



I_T = 5 mA

ก. วงจรสำหรับตรวจสอบกระแสไฟฟ้าอย่างง่าย

$I_T \approx$ 5 mA

ข. ทดสอบกระแสไฟฟ้า ของอนาล็อกมัลติมิเตอร์

$I_T \approx$ 5 mA

ค. ทดสอบกระแสไฟฟ้า ของดิจิตอลมัลติมิเตอร์ เครื่องชนิดที่ 1

$I_T \approx$ 5 mA

ง. ทดสอบกระแสไฟฟ้า ของดิจิตอลมัลมิเตอร์ เครื่องชนิดที่ 2

รูปที่ 4.4 การทดสอบมัลติมิเตอร์ ย่านการวัดแอมป์

รูปที่ 4.5 การจัดเก็บวัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ

บทที่ 5
ประเด็นปัญหาอุปสรรค แนวทางการแก้ไขและการพัฒนางาน

จากการจัดการเรียนรู้รายวิชาปฏิบัติการ ผู้เขียนได้รวบรวมประเด็นปัญหาอุปสรรค และเสนอแนะแนวทางแก้ไขและการพัฒนางาน ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ประเด็นปัญหาอุปสรรค แนวทางการแก้ไขและการพัฒนางาน

ประเด็นปัญหาอุปสรรค	แนวทางแก้ไขและการพัฒนางาน
1.ขั้นตอนการรับรายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3) จากอาจารย์ประจำรายวิชา	
1) อาจารย์ประจำรายวิชาส่งรายละเอียดประจำวิชา (มคอ.3) ใกล้วันเปิดภาคเรียน	1) สามารถดำเนินการจัดการเรียนรู้ เตรียมความพร้อมของรายวิชาปฏิบัติการ ใกล้วันเปิดภาคเรียนไว้ก่อนล่วงหน้าได้ เนื่องจากเป็นวิชาบังคับ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า เปิดสอนในทุกภาคเรียนที่ 2 ซึ่งมีแบบรายละเอียดประจำวิชา (มคอ.3) แตกต่างจากปีก่อนหน้าไม่มาก 2) เพื่อความสะดวกและรวดเร็ว ควรบันทึกไฟล์แบบ รายละเอียดประจำวิชา (มคอ.3) ไว้ เมื่อถึงกำหนด ให้แก้ไขให้เป็นปัจจุบัน ปริ้นให้อาจารย์ประจำรายวิชาตรวจทาน โดยไม่ต้องรอให้อาจารย์ประจำรายวิชา ดำเนินการเอง
2) รายละเอียดประจำวิชา (มคอ.3) ไม่ระบุชื่อหรือระบุหน้าที่รับผิดชอบของผู้ปฏิบัติงาน	1) ทำบันทึกข้อความ ให้อาจารย์ประจำรายวิชาขออนุมัติผู้ปฏิบัติงานช่วยสอน โดย มีการระบุชื่อหรือระบุหน้าที่รับผิดชอบของภาระงานช่วยสอน
3) การวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียน และประเมินผลการเรียน	1) ประสานงานกับอาจารย์ประจำรายวิชา เพื่อทำความเข้าใจในการดำเนินการในการเรียน และการประเมินผลการเรียนที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยผู้ปฏิบัติงานควรเป็นผู้ออกแบบการวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียน และการประเมินผลการเรียน ให้อาจารย์ประจำรายวิชาพิจารณา โดยให้คำนึงถึงวัตถุประสงค์และเป้าหมายของรายวิชาเป็นหลัก 2) การวัดและประเมินผลการเรียน ควรให้ทันสมัยกับสถานการณ์ปัจจุบัน อาจใช้เทคโนโลยีประกอบการวัดและประเมินผล
4) ขอบเขตและความรับผิดชอบของรายวิชาปฏิบัติการใบงานการทดลอง	1) ประสานงานกับอาจารย์ประจำรายวิชา เพื่อทำความเข้าใจขอบเขตและความรับผิดชอบของอาจารย์ประจำรายวิชา และผู้ปฏิบัติงาน 2) มีการแบ่งความรับผิดชอบไปตามบทบาทและหน้าที่ของตนอย่างชัดเจน ทั้งนี้ต้องเกิดจากการร่วมคิด พูดคุย มุ่งเน้นผลประโยชน์ของนิสิตเป็นสำคัญ

ประเด็นปัญหาอุปสรรค	แนวทางแก้ไขและการพัฒนางาน
5) เนื้อหาของใบงานการทดลอง	1) จัดการประชุมในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า เพื่อวิเคราะห์ วิพากษ์ ใบงานการทดลอง เพื่อให้เหมาะสมและสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์
2.ขั้นตอนการตรวจสอบความพร้อมของห้องปฏิบัติการ	
1) มีวันหยุดราชการ ตรงกับการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการ	1) วางแผนการรวมใบงานการทดลองที่สามารถสอนร่วนกันได้ภายในชั่วโมง เรียนปฏิบัติการ 2) นัดสอนนอกเวลาเรียน ทั้งนี้ต้องได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ประจำรายวิชา และนิสิตทุกคน
2) มีความต้องการจัดซื้อจัดจ้าง แต่มีงบประมาณไม่เพียงพอ	1) ประสานงานกับอาจารย์ประจำวิชา เพื่อหาทางแก้ไข เช่น อาจขอใช้งบประมาณจากงบวิจัยของอาจารย์ หรือวิธีการยืมจากห้องปฏิบัติการอื่นที่มีวัสดุ อุปกรณ์ หรือสารเคมี ดังกล่าว
3) งบประมาณที่ใช้ในการเรียนการสอนสามารถจัดซื้อเฉพาะวัสดุการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถจัดซื้อจัดจ้างได้ ซึ่งอุปกรณ์บางรายการจำเป็นต้องจ้างเหมาทำขึ้นมา	1) ประสานงานกับอาจารย์ประจำวิชา เพื่อหาทางออก เช่น ขอใช้งบประมาณจากงบวิจัยของอาจารย์ หรือ ซื้อวัสดุมาดำเนินการออกแบบและสร้างเอง
4) กรณีไม่มีงปประมาณในการซ่อมครุภัณฑ์	1) วางแผนสำรวจครุภัณฑ์ที่ต้องการซ่อม ในแต่ละปีการศึกษา เกิดจากสาเหตุใด และทำการจัดซื้ออะไหล่สำหรับในการซ่อมแซม ในวัสดุการศึกษา เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานนำมาซ่อมครุภัณฑ์ต่อไป
3.ขั้นตอนการให้บริการของแต่ละใบงานการทดลอง	
1) ไม่มีค่าที่กำหนดของอุปกรณ์ตามใบงานการทดลอง	1) เปลี่ยนค่าของอุปกรณ์ในใบงานโดยการคำนวณกระแส และแรงดันให้เหมาะสมโดยไม่ส่งผลการกระทบต่อเนื้อหาที่ต้องการให้นิสิต เปรียบเทียบอ้างอิงกับเนื้อหาในทฤษฎี
2) สถานการณ์โควิด-19 ไม่สามารถเข้ามาเรียนภายในห้องปฏิบัติการได้	1) จัดทำชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา ให้นิสิตทำไปใช้ในการประกอบการเรียนการสอนแบบออนไลน์ 2) จัดทำคลิปการทดลองแต่ละใบงาน ลงยูทูป และแปะลิงก์ไว้ให้นิสิต นำไปดูซ้ำภายหลังได้
4.ความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ	
1) นิสิตทราบการปฏิบัติตน ตามมาตรฐานความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ	1) แจ้งการวิธีการใช้งานห้องปฏิบัติการ ก่อนเริ่มการเรียนการสอนในชั่วโมงแรก และมีคลิปวีดีโอสั้นๆ แนะนำการใช้ห้องปฏิบัติการให้นิสิต นำไปดูซ้ำในภายหลัง

ประเด็นปัญหาอุปสรรค	แนวทางแก้ไขและการพัฒนางาน
5.การจัดการของเสียของห้องปฏิบัติการ	
1) อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รอการกำจัด	1) ดำเนินการตามแนวทางการจัดการของเสียภายในห้องปฏิบัติการ โดยรวบรวมไว้ รวมกันและแจ้งให้ทางพัสดุคณะวิศวกรรมศาสตร์ ดำเนินการติดต่อบริษัทในการกำจัดวัสดุอิเล็กทรอนิกส์ต่อไป
6.ขั้นตอนสรุปผลการดำเนินการ	
1) ประเมินผลสัมฤทธิ์หลักการทดลองในแต่ละใบงานการทดลอง	1) เลือกใบงานการทดลอง ที่สามารถวัดทุกทักษะการปฏิบัติด้านไฟฟ้า ในการประเมินนิสิต กรณีที่ไม่สามารถวัดผลสัมฤทธิ์ได้ทุกใบงานการทดลอง 2) สามารถนำผลที่นิสิต บันทึกผลการทดลอง นำไปสอบถามที่มาของค่าที่บันทึกได้ และให้อธิบายว่ามีกระบวนการใดได้ค่าที่ได้นี้มาจะทำให้ทราบถึงความเข้าใจของนิสิต ที่ได้ปฏิบัติใบงานการทดลองนั้น
2) นิสิตไม่ผ่านการประเมินผลสัมฤทธิ์	1) ทำการตกลงกับอาจารย์ประจำรายวิชากรณีนิสิตไม่ผ่านการประเมินผลสัมฤทธิ์ หมายถึงได้คะแนนไม่ถึง 50 เปอร์เซนต์ ของการสอบครั้งแรก สามารถสอบซ่อมได้จำนวน 1 ครั้ง และถือคะแนนนั้นเป็นที่สิ้นสุด หากคะแนนสอบจะมากกว่า 50 เปอร์เซนต์ของการสอบ นิสิตจะได้รับคะแนนการสอบซ่อมเพียง 50 เปอร์เซนต์ของการสอบครั้งแรก

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2548 . แนวทางการจัดการของเสียอันตรายจากห้องปฏิบัติการ. หจก.มีเดีย เพรส. กรุงเทพมหานคร. 137 หน้า

นภัทร วัจนเทพินทร์, วิจิตร ศีลคุณ และ สุรศักดิ์ วงษ์ชนะชัย. 2533. ทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรง. ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ. กรุงเทพมหานคร. 344 หน้า

ระบบบริการการศึกษา. (2565). ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า, สืบค้นเมื่อวันที่ 15 พฤศจิกายน 2565. จาก https://reg.up.ac.th/app/class_info/subject/2565/2/15535

ราชกิจจานุเบกษา, ข้อบังคับ ก.พ.ว่าด้วยจรรยาบรรณของข้าราชการพลเรือน พ.ศ. 2537, สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม 2565.จาก. https://www.ocsc.go.th.

เพาเวอร์มิเตอร์ไลน์. (2565). หลักเกณฑ์การปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้ไฟฟ้า, สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มีนาคม 2565. จาก https://www.powermeterline.com

สำนักงาน ก.พ. (2565). มาตรฐานกำหนดตำแหน่ง, สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มีนาคม 2565. จาก https://www.ocsc.go.th/job/standard-position

University of Phayao. (2017). UpTQF (Version 3.2.0) [Mobile application software]. Retrieved from https://tqf.up.ac.th

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ (ภาษาไทย) รัชนีวรรณ หมั่นแสวง

(ภาษาอังกฤษ) Ratchaneewan Munsawaeng

ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิชาการศึกษา ระดับปฏิบัติการ

ที่อยู่หน่วยงานที่ติดต่อได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา
เลขที่ 19 หมู่ที่ 2 ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000
โทรศัพท์ 0-5446-6666 ต่อ 3380 โทรสาร 0-5446-6662
E-mail : ratchaneewan.mu@up.ac.th

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	สาขาวิชา	ปีที่สำเร็จ	ชื่อสถาบัน
วท.ม.	เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตและสารสนเทศ	2555	มหาวิทยาลัยพะเยา
ค.อ.บ.	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	2544	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
ปวส.	อิเล็กทรอนิกส์	2539	วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่

ประสบการณ์การทำงาน

ระยะเวลา	สังกัด/แผนก	สถานที่ทำงาน	จังหวัด	ตำแหน่ง
พ.ศ. 2563 – ปัจจุบัน	คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยพะเยา	พะเยา	นักวิชาการศึกษา
พ.ศ. 2553 – 2563	คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยพะเยา	พะเยา	ครู
พ.ศ. 2548 – 2553	ส่วนงานปฏิบัติการ	มหาวิทยาลัยนเรศวร วิทยาเขตสารสนเทศพะเยา	พะเยา	ครู
พ.ศ. 2547 – 2548	แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์	วิทยาลัยเทคนิคพะเยา	พะเยา	อาจารย์
พ.ศ. 2545 – 2547	สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์	โรงเรียน ไชยพันธ์พงษ์เทคโนโลยี	พะเยา	ครู
พ.ศ. 2544 – 2545	แผนกวิชาช่างไฟฟ้า	วิทยาลัยการอาชีพ ดอกคำใต้	พะเยา	ครู
พ.ศ. 2541 – 2544	แผนกโพสต์เทล 1188	บจก. ลานนาเพจเจอร์	เชียงใหม่	นายช่างเทคนิค
พ.ศ. 2539 – 2541	แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิสก์	วิทยาลัยเทคนิคพะเยา	พะเยา	ครู

ผลงานตีพิมพ์ / ผลงานวิจัย

1. รัชนีวรรณ หมั่นแสวง (2559). ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ ที่มีต่องานบริการห้องปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า. การประชุมทางวิชาการพะยาวิจัย ครั้งที่ 5. หน้า 116 28-29 มกราคม 2559.

2. รัชนีวรรณ หมั่นแสวง (2562). ระบบ เบิกจ่าย ยืม-คืน วัสดุครุภัณฑ์ ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า.การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ. หน้า 773-780, 24-25 ตุลาคม 2562 วันที่ 30 มิถุนายน 2564

3. รัชนีวรรณ หมั่นแสวง (2565). ชุดทดลองวงจรไฟฟ้าแบบพกพา สำหรับใช้ในการสอนแบบออนไลน์. วารสารวิชาการ ปขมท. หน้า 88-94 ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 (มกราคม – เมษายน 2565)

ประสบการณ์เข้าร่วมการอบรม ปีงบประมาณ 2565

อบรมเรื่อง	เริ่มวันที่	สิ้นสุดวันที่
ระบบยานยนต์พลังงานไฟฟ้าสมัยใหม่รองรับอุตสาหกรรม 4.0	20/6/2565	24/6/2565
อบรม “หลักสูตรการใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel 2016 อย่างมืออาชีพ”ภายใต้โครงการพัฒนาศักยภาพบุคลากร คณะวิศวกรรมศาสตร์	5/5/2565	5/5/2565
หลักสูตรทักษะชุดโปรแกรมเบื้องต้นในงานอุตสาหกรรม	25/1/2565	28/1/2565
โครงการอบรมการพัฒนางานประจำสู่งานวิจัย (R2R)	18/1/2565	18/1/2565
การอบรมการสร้างสรรค์ผลงานเชิงวิเคราะห์จากงานประจำ	14/1/2565	14/1/2565
การเขียนคู่มือปฏิบัติงาน ของบุคลากรสายสนับสนุน	14/12/2564	14/12/2564
โครงการอบรมการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวกับสารเคมี	5/10/2564	5/10/2564
การพัฒนาทักษะด้วยแนวคิด IoT (Internet of Things)	24/8/2564	25/8/2564
โปรแกรมที่ 2 Rising Star	19/8/2564	19/8/2564
การวิจัยและพัฒนา (R&D) และการพัฒนานวัตกรรมในงานวิจัยทางการศึกษา	4/8/2564	4/8/2564
อบรมหลักสูตรระยะสั้น "ระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าชาญฉลาด"	24/7/2564	19/9/2564
อบรมเชิงปฏิบัติการ “SMART LABORATORY : ระบบออนไลน์กับการพัฒนาระบบงานห้องปฏิบัติการ”	10/7/2564	10/7/2564

ภาคผนวก ก. การทดลองที่ 1 เครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น (Basic Electric Instrumentation)

วัตถุประสงค์

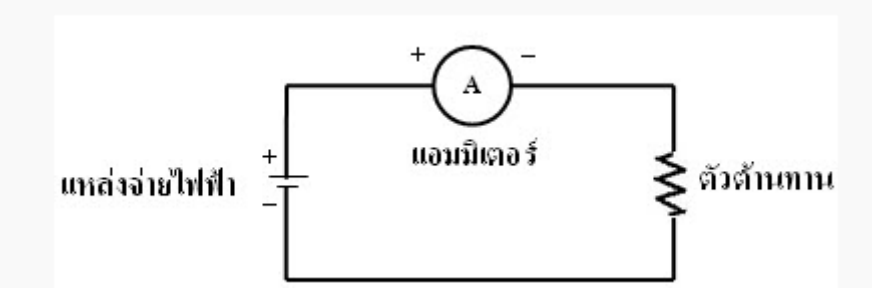
1. เพื่ออธิบายวิธีการใช้งานเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่ถูกต้องเพื่อความปลอดภัยทั้งสำหรับผู้ทดลองและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองไม่ให้เกิดความเสียหายเนื่องมาจากการใช้เครื่องมืออย่างผิดวิธี

เนื้อหา

1. เครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น
2. ชนิดเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น
3. การอ่านค่าจากการแสดงผลเครื่องวัดไฟฟ้า
4. การใช้งานมัลติมิเตอร์
5. การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัด

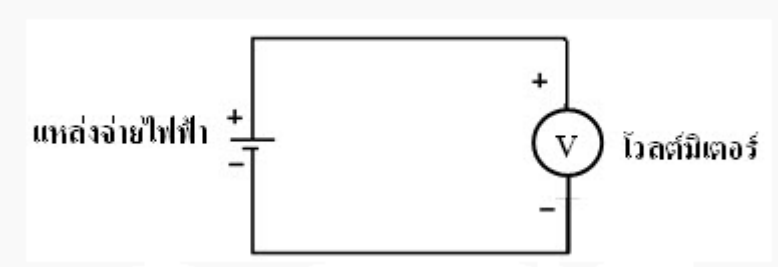
1. เครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น

1.1 แอมมิเตอร์กระแสตรง (DC Ammeter) เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้สำหรับวัดค่ากระแสไฟตรงในวงจรต่างๆ ที่ต้องการทราบค่ากระแสในวงจร การใช้แอมมิเตอร์ในการต่อเพื่อวัดกระแสจะต้องต่อแอมมิเตอร์แบบอนุกรม (Series) กับวงจรที่วัด การต่อวัดแบบอนุกรมจะต้องตัดวงจร เพราะภายในวงจรแอมป์มิเตอร์มีความต้านทานต่ำมาก หน่วยที่ใช้ขึ้นอยู่กับการเลือกพิสัยในการวัด หน่วยที่ได้จากการวัดอาจเป็น ไมโครแอมป์ (μA), มิลลิแอมป์ (mA) หรือ แอมแปร์ (A) ขึ้นอยู่กับค่าของโหลดในวงจรนั้น ๆ การนำแอมมิเตอร์ไปใช้วัดกระแส ควรตั้งพิสัยวัดที่มีค่าสูง เมื่อเราไม่ทราบหรือประมาณค่ากระแสในวงจรไม่ถูก จากนั้นจึงปรับมายังพิสัยวัดที่สามารถอ่านค่ากระแสได้สะดวกที่สุดการต่อแอมป์มิเตอร์เข้ากับวงจร ดังแสดงในรูปที่1.1



รูปที่ 1.1 การต่อแอมมิเตอร์เพื่อวัดกระแส
ที่มา : http://www.lampangpoly.ac.th/ratwit/content/02-content.htm

1.2 โวลต์มิเตอร์กระแสตรง (DC Voltmeter) การที่เราจะทราบแรงดันในวงจรหรือแรงดันที่ตกคร่อมตามจุดต่างๆ ในวงจร สามารถวัดได้โดยใช้โวลต์มิเตอร์ การต่อใช้งานโวลต์มิเตอร์จะต้องต่อขนาน (Parallel) กับวงจรที่ใช้วัด หรือเรียกว่า “ต่อคร่อม” ภายในวงจรของโวลต์มิเตอร์มีความต้านทานสูง หน่วยที่ได้จากการวัดแรงดันนี้อาจเป็น มิลลิโวลต์(mV) หรือ โวลต์ (V) ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้พิสัยวัด การวัดแรงดันก็ควรตั้งพิสัยวัดที่ใช้วัดไว้สูง ๆ แล้วจึงปรับลงมา จนถึงค่าที่สามารถอ่านได้สะดวก การต่อโวลต์มิเตอร์เข้ากับวงจร แสดงดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 การต่อโวลต์มิเตอร์เพื่อวัดแรงดัน
ที่มา : https://www.lampangpoly.ac.th/ratwit/content/04-content.htm

1.3 โอห์มมิเตอร์ (Ohm Meter) เป็นเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นมาเพื่อวัดอุปกรณ์เฉพาะความต้านทาน และมีประโยชน์ ต่อเนื่องไปถึงการวัดอุปกรณ์อื่นๆ ได้ด้วย เช่น วัดการตัดต่อของสวิตช์ หน้าสัมผัสต่าง ๆ ตลอดจนวัดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ว่า ดี หรือเสียได้ การต่อโอห์มมิเตอร์ โอห์มมิเตอร์ใช้สำหรับวัดความต้านทานค่าเป็นโอห์ม (Ω) สเกลของมัลติมิเตอร์แบบเข็ม มีข้อควรจำว่า ให้อ่านเพียงสเกลเดียวสเกลบนสุดใช้สำหรับวัดความต้านทาน สังเกตว่าต้องอ่านกลับด้านและไม่เป็นเชิงเส้น

2. ชนิดเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น

มัลติมิเตอร์ (Multimeter) แบ่งตามลักษณะการแสดงผล คือ มัลติมิเตอร์แบบเข็ม (Analog Multimeter) และ มัลติมิเตอร์แบบตัวเลข (Digital Multimeter)

2.1 มัลติมิเตอร์แบบเข็ม (Analog Multimeter) มีลักษณะดังรูปที่ 1.3

รูปที่ 1.3 มัลติมิเตอร์แบบเข็ม (Analog Multimeter)
ที่มา : https://legatool.com/wp/3332/

ส่วนประกอบสำคัญของมัลติมิเตอร์แบบเข็ม:

1) ที่ปรับการชี้ศูนย์ (Indicator Zero Corrector): ใช้สำหรับการปรับให้เข็มชี้ศูนย์

2) สวิตช์เลือกปริมาณที่จะวัดและระดับขนาด (Range selector switch knob): เป็นสวิตช์ที่ผู้ใช้จะต้องบิดเลือกว่าจะใช้เครื่องวัดปริมาณใด มีช่วงการวัดให้เลือก ดังนี้

ACV: 0-10V, 0-50 V, 0-250 V และ 0-1000 V

DCV: 0-0.1 V, 0-0.5 V, 0-2.5 V, 0-10 V, 0-50 V, 0-250 V และ 0-1000 V

DCA: 0-50 μA , 0-2.5 mA , 0-25 mA และ 0-0.25 A

Resistance (Ω) x1, x10, x1k และ x10k

3) ช่องเสียบสายวัดขั้วบวก (Measuring terminal +)

4) ช่องเสียบสายวัดขั้วลบ (Measuring terminal -COM)

5) ช่องเสียบสายวัดขั้วบวกกรณีวัดกำลังออกของสัญญาณความถี่เสียง (Output terminal)

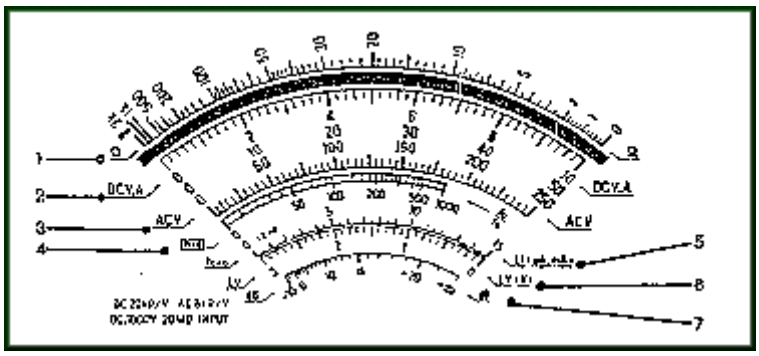
6) ปุ่มปรับแก้ศูนย์โอห์ม (0 Ω adjust knob): ใช้เพื่อปรับให้เข็มชี้ศูนย์โอห์มเมื่อนำปลายวัดทั้งคู่มาแตะกันก่อนทำการวัดค่าความต้านทานในแต่ละช่วงการวัด

7) แผงหน้าปัด (panel)

8) เข็มชี้ (indicator pointer)

9) สายวัด (test lead): ประกอบด้วยสาย 2 เส้น สีแดงสำหรับขั้วบวกและสีดำสำหรับขั้วลบ

10) สเกลการวัด (reading scales): ประกอบด้วย 7 สเกลการวัดเรียงลำดับจากบนสุดลงล่าง



รูปที่ 1.4 สเกลการวัด
ที่มา : https://legatool.com/wp/3332/

(1) สเกลวัดความต้านทาน (Ω)

(2) สเกลวัดความต่างศักย์กระแสตรง (DCV) และปริมาณกระแสตรง (DCA) มีสีดำ

(3) สเกลวัดความต่างศักย์กระแสสลับ (ACV) มีสีแดง

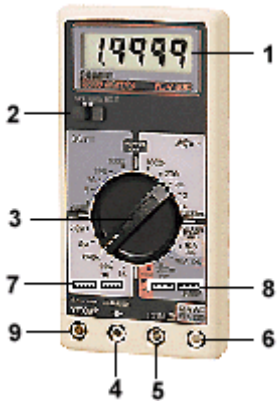
(4) สเกลวัดการขยายกระแสตรงของทรานซิสเตอร์ (hFE) มีสีน้ำเงิน

(5) สเกลวัดกระแสรั่วของทรานซิสเตอร์ (LEAK, ICEO, Ll) มีสีน้ำเงิน

(6) สเกลวัดความต่างศักย์ระหว่างปลายขณะวัดความต้านทาน (LV) มีสีน้ำเงิน

(7) สเกลวัดกำลังออกของสัญญาณความถี่เสียง (dB) มีสีแดง

2.2 มัลติมิเตอร์แบบตัวเลข (Digital Multimeter) มีลักษณะดังรูปที่ 1.5 เป็นเครื่องวัดที่แสดงค่าที่วัดได้ในรูปตัวเลข แสดงค่าที่วัดได้ออกมาเป็นตัวเลขโดยตรง และยังแบ่งจุดทศนิยมได้โดยอัตโนมัติ เพื่อทำให้การวัดสะดวกยิ่งขึ้น มัลติมิเตอร์แบบตัวเลขมีหน้าที่ในการวัดเหมือนกับมัลติมิเตอร์แบบเข็มทุกประการหรือมากกว่า สามารถทำการวัด แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง/สลับ, กระแสไฟตรง/สลับ, ค่าวามต้านทาน, ความถี่, ค่าคาปาซิแตนซ์, ค่าอัตราขยายกระแส, ตรวจเช็คไดโอด, ทดสอบความถี่พิสัยเสียงแบบต่อเนื่อง และการบันทึกค่าที่ทำการวัดค้างไว้ได้



รูปที่ 1.5 มัลติมิเตอร์แบบตัวเลข (Digital multimeter)
ที่มา : https://www.nectec.or.th/schoolnet/library/snet3/saowalak/digital_multi/digital.html

ส่วนประกอบที่สำคัญของมัลติมิเตอร์แบบตัวเลข

1) จอแสดงผล (Display)

2) สวิตช์เปิด-ปิด (ON-OFF)

3) สวิตช์เลือกปริมาณที่จะวัดและช่วงการวัด (range selector switch) สามารถเลือกการวัดได้ 8 อย่าง ดังนี้

- **DCV** สำหรับการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสตรง มี 5 ช่วงการวัด
- **ACV** สำหรับการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสสลับ มี 5 ช่วงการวัด
- **DCA** สำหรับการวัดปริมาณกระแสตรง มี 3 ช่วงการวัด
- **ACA** สำหรับการวัดปริมาณกระแสสลับ มี 2 ช่วงการวัด
- **Ω** สำหรับการวัดความต้านทาน มี 6 ช่วงการวัด
- **CX** สำหรับการวัดความจุไฟฟ้า มี 5 ช่วงการวัด
- **hFE** สำหรับการวัดการขยายกระแสตรงของทรานซิสเตอร์
- สำหรับตรวจสอบไดโอด

4) ช่องเสียบสายวัดร่วม: (COM) ใช้เป็นช่องเสียบร่วมสำหรับการวัดทั้งหมด (ยกเว้นการวัด CX และ hFE ไม่ต้องใช้สายวัด)

5) ช่องเสียบสายวัด mA สำหรับวัด DCA และ ACA ที่มีขนาด 0-200 mA

6) ช่องเสียบสายวัด 10 A สำหรับวัด DCA และ ACA ที่มีขนาด 200 mA - 10 A

7) ช่องเสียบสำหรับวัดการขยายกระแสตรงของทรานซิสเตอร์

8) ช่องเสียงสำหรับวัดความจุไฟฟ้า

9) ช่องเสียบสายวัด V และ Ω

นอกจากนี้บนแผงหน้าของมัลติมิเตอร์แบบตัวเลขยังมีสัญลักษณ์เพื่อความปลอดภัย (Safety symbols) กำกับไว้ ซึ่งเป็นสัญลักษณ์สากลสำหรับเตือนผู้ใช้ให้มีความระมัดระวังในการใช้เครื่องมือ เพื่อความปลอดภัยแก่ผู้ใช้เองและให้เครื่องมืออยู่ในสภาพที่พร้อมจะใช้งานได้เสมอ สัญลักษณ์ที่กล่าวนี้ ได้แก่

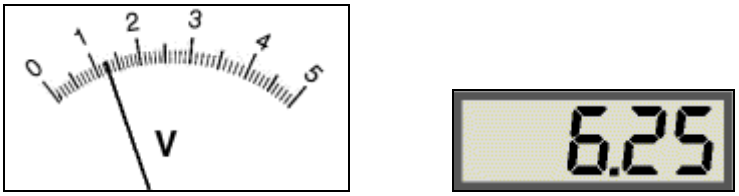
หมายถึง ให้ดูคำอธิบายในคู่มือ และ หมายถึง ความต่างศักย์ไฟฟ้าสูง

3. การอ่านค่าจากการแสดงผลเครื่องวัดไฟฟ้า

3.1 การอ่านค่าจากการแสดงผลแบบอนาล็อก คือการอ่านค่าจากมัลติมิเตอร์แบบเข็มที่หน้าปัดแสดงผลจะมีเข็มเคลื่อนที่ชี้บนสเกลที่ถูกแบ่งเป็นช่องที่มีตัวเลขกำกับ สเกลถูกแบ่งออกเป็นช่องเล็กๆ ตัวอย่างในรูปสเกลระหว่าง 0 และ 1 ถูกแบ่งเป็น 10 ช่องเล็กๆ โดย 1 ช่องเท่ากับ 0.1 ดังนั้นค่าที่อ่านได้คือ 1.25V (เข็มจะชี้อยู่ประมาณกึ่งกลาง ระหว่าง 1.2 กับ 1.3) ตามตัวอย่างในรูปที่ 1.6 ค่าสูงสุดที่อ่านได้จากมิเตอร์แบบอนาล็อกคือตีเต็มสเกล (FSD: Full Scale Deflection) คือ 5V

การต่อสายวัดมัลติมิเตอร์แบบตัวเลขต้องต่อให้ถูกขั้ว หากผิดขั้วเข็มจะตีกลับและอาจทำให้เสียหายได้ มิเตอร์แบบอนาล็อกมีประโยชน์มากในการวัดเพื่อเฝ้าดูการเปลี่ยนแปลงค่าอย่างต่อเนื่อง และเหมาะสำหรับในกรณีต้องการอ่านค่าหยาบแต่รวดเร็ว

การอ่านค่าให้แม่นยำ การที่จะอ่านค่าให้แม่นยำจากสเกลอนาล็อก จะต้องให้สายตามองทับตรงกับเข็ม อย่ามองทำมุมเอียงซ้ายหรือขวาเพราะจะอ่านได้ค่าที่เพิ่มขึ้น หรือลดลงเล็กน้อย มัลติมิเตอร์แบบตัวเลขบางยี่ห้อจะมีแถบกระจกเล็กๆ ตลอดสเกลซึ่งจะช่วยให้อ่านได้ง่าย เมื่อสายตาเรามองเข็มที่ตำแหน่งถูกต้องจะมองไม่เห็นเงาเข็มในกระจกเพราะตัวเข็มจะบังทับเงา แต่ถ้าเรามองเห็นเงาแสดงว่าสายตาเราเอียงทำมุม



(ก) (ข)

รูปที่ 1.6 การแสดงผลของเครื่องวัดไฟฟ้า
ก) การแสดงผลแบบอนาล็อก
ข) การแสดงผลแบบดิจิตอล
ที่มา : (ก) https://th.misumi-ec.com/th/vona2/detail/110400271560/
(ข) https://icelectronic.com/beginner/study/multimtr.htm

(ก) (ข)

รูปที่ 1.7 การมองสเกล
(ก) ถูก เพราะเงาเข็มจากกระจกถูกบัง
(ข) ผิด เพราะมองเห็นเงาเข็ม
ที่มา : https://th.misumi-ec.com/th/vona2/detail/110400271560/

3.2 การอ่านค่าจากการแสดงผลแบบดิจิตอล สามารถอ่านค่าได้ง่ายโดยอ่านจากตัวเลขที่แสดงผล ปกติตัวเลขที่แสดงค่าเศษน้อยๆ ด้านขวาจะเปลี่ยนแปลงค่าสองหรือสามค่าตลอดเวลาเป็นลักษณะการทำงานของมัลติมิเตอร์แบบตัวเลข และถ้าเราไม่ต้องการความแม่นยำมากนัก ค่าตัวเลขเศษน้อยๆ ก็ไม่ต้องไปใส่ใจ

มัลติมิเตอร์แบบตัวเลขหากต่อขั้วสายวัดผิดหรือกลับกันจะไม่เกิดความเสียหายและจะแสดงเครื่องหมายติดลบ(–)หน้าตัวเลข เมื่อค่าที่วัดสูงเกินกว่าพิสัยที่เลือกไว้มัลติมิเตอร์แบบตัวเลขส่วนใหญ่จะแสดงค่าว่างเปล่าคือมีเพียงเลข 1 อยู่ด้านซ้ายสุด บางยี่ห้อการเลือกพิสัย (Range) การวัดจะเป็นไปโดยอัตโนมัติ

มัลติมิเตอร์แบบตัวเลขส่วนใหญ่หรือทั้งหมดใช้กำลังงานจากแบตเตอรี่ จึงไม่มีการใช้กำลังงานจากวงจรที่ทดสอบอยู่เลย นั่นหมายถึงตัวมัลติมิเตอร์แบบตัวเลขจะมีความต้านทานสูงมาก (ปกติเรียกว่าอิมพิแดนซ์ ด้านเข้า) เช่น 1MΩ หรือมากกว่า เป็นต้นว่า 10MΩ เวลาวัดจึงไม่เกิดผลต่อวงจรที่ทดสอบ การใช้งานทั่วไป มัลติมิเตอร์แบบตัวเลขจะเหมาะที่สุด เพราะอ่านง่าย ต่อขั้วกลับได้ และไม่เกิดผลต่อวงจรที่ทดสอบ

4. การใช้งานมัลติมิเตอร์

มัลติมิเตอร์แบบเข็ม สามารถใช้วัดหาปริมาณไฟฟ้าค่าต่างๆ ได้หลายชนิด เช่น แรงดันไฟตรง (DCV) แรงดันไฟสลับ (ACV) กระแสไฟตรง (DCmA) และความต้านทาน (Ω) สิ่งสำคัญในการใช้ งานของมัลติมิเตอร์ชนิดนี้ อยู่ที่ค่าที่อ่านออกมาได้จากการบ่ายเบนไปของเข็มชี้ ถูกแสดงค่าออกมาเป็นสเกลที่ แบ่งไว้การอ่านค่าที่ถูกต้องของค่าที่เข็มชี้ชี้บอกไว้จำเป็นต้องใช้ค่าการแบ่งออกเป็นอัตราส่วน จากค่าตัวเลขที่ บอกไว้ในตำแหน่งใกล้เคียงตั้งต้าน ซ้ายและต้านขวาของเข็มชี้ อัตราส่วนที่แบ่งออกมีความแตกต่างกันไปในแต่ละสเกล และแต่ละค่า เป็นผลทำให้การอ่านค่าเกิดความผิดพลาดได้ง่าย การจะนำมัลติมิเตอร์แบบเข็มไปใช้งานต้องศึกษาทำความเข้าใจการใช้งานและการอ่านค่าให้ถูกต้องเสียก่อน

4.1 ข้อควรระวังและการเตรียมก่อนทำการวัด สำหรับมัลติมิเตอร์แบบเข็ม

การต่อขั้วมัลติมิเตอร์ การต่อขั้วให้ถูกต้องมีความสำคัญมาก สายสีแดงต่อขั้วบวกของมัลติมิเตอร์มีเครื่องหมาย + และสายสีดำต่อขั้วลบของมัลติมิเตอร์มีเครื่องหมาย –

รูปที่ 1.8 ขั้วบวกสายวัดสีแดง ขั้วลบสายวัดสีดำ

ที่มา : https://www.sangchaimeter.com/product_page/มิเตอร์วัดค่าทางไฟฟ้า-Electrical-meters/union/FC26Aสายวัดสำหรับมัลติเตอร์

การปรับแก้การชี้ศูนย์ของเข็มชี้ (Zero adjust) ให้ทำตามขั้นตอนดังนี้

(1) วางเครื่องวัดบนพื้นโต๊ะให้อยู่ในแนวราบ

(2) ยังไม่ต้องต่อสายเสียบใดๆ กับเครื่องวัด

(3) ก้มดูที่เข็มชี้ว่าอยู่ในแนวทับกับขีดศูนย์

(4) ถ้าเข็มชี้ตรงขีดศูนย์พอดี เครื่องวัดพร้อมที่จะใช้งานได้

(5) แต่ถ้าเข็มชี้ไม่ตรงขีดศูนย์ จะต้องใช้ไขควงปลายแบนหมุนปรับที่ปรับการชี้ศูนย์

ข้อควรระวังในการใช้มัลติมิเตอร์แบบเข็ม

1. ส่วนเคลื่อนไหวของมัลติมิเตอร์ ประกอบด้วย ขดลวดเส้นเล็ก เดือยและรองเดือยขนาดเล็กมากมีความบอบบาง มีโอกาสชำรุดเสียหายได้ง่าย หากได้รับกระแสไหลผ่านมากเกินไป หรือได้รับการกระทบกระเทือนแรง ๆ ที่เกิดจากการตกหล่น

2. การวัดปริมาณไฟฟ้าต่างๆ ที่ไม่ทราบค่า ครั้งแรกควรตั้งพิสัยวัดไว้สูงสุดไว้ก่อน เมื่อวัดค่าแล้วจึงค่อย ๆ ลดพิสัยวัดต่ำลงมาให้ถูกต้องกับปริมาณไฟฟ้าที่ต้องการวัดค่า และต่อขั้ววัด บวก + ลบ – ให้ถูกต้อง

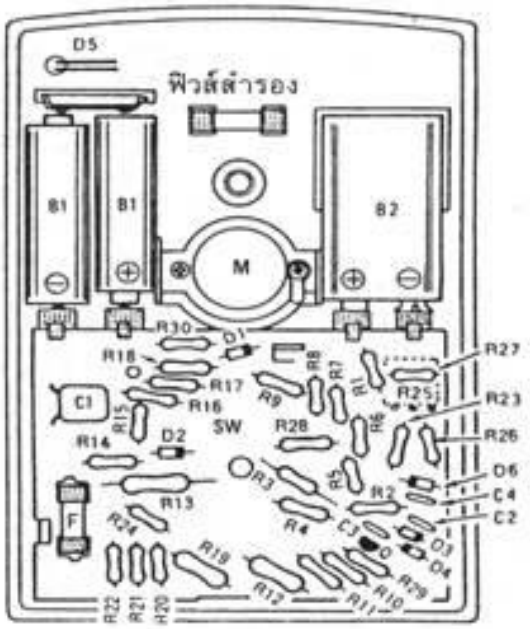
3. การตั้งพิสัยวัดปริมาณไฟฟ้าชนิดหนึ่ง แต่นำไปวัดไฟฟ้าอีกชนิดหนึ่ง จะมีผลต่อการทำให้มัลติมิเตอร์ชำรุดเสียหายได้ เช่น <u>ตั้งพิสัยวัดกระแส แต่นำไปวัดแรงดันเป็นต้น</u>

4. ห้ามวัดค่าความต้านทานด้วยพิสัยวัดโอห์มของมัลติมิเตอร์ ในวงจรที่มีกำลังไฟฟ้าจ่ายอยู่ เพราะจะทำให้พิสัยวัดโอห์มชำรุดเสียหายได้ ต้องตัดไฟจากวงจรก่อนและปลดขาตัวต้านทานหรือขาอุปกรณ์ตัวที่ต้องการวัดออกจากวงจรเสียก่อน

5. ขณะพักการใช้มัลติมิเตอร์ทุกครั้งควรปรับสวิตช์เลือกพิสัยไฟฟ้าที่พิสัย 1000 VDC หรือ 1000 VAC เสมอ เพราะเป็นพิสัยวัดที่มีความต้านทานผ่านในมัลติมิเตอร์สูงสด เป็นการป้องกันการผิดพลาดในการใช้งานครั้งต่อไป เมื่อลืมตั้งพิสัยวัดที่ต้องการ ในมัลติมิเตอร์บางรุ่นอาจมีตำแหน่ง OFF บนสวิตช์เลือกพิสัยวัด ให้ปรับสวิตช์เลือกพิสัยวัดไปที่ตำแหน่ง OFF เสมอ เพราะเป็นการตัดวงจรมัลติมิเตอร์ออกขากจากขั้ววัด

6. ถ้าต้องการหยุดการใช้งานมัลติมิเตอร์เป็นเวลานาน ๆ หรืองดใช้มัลติมิเตอร์ ควรปลดแบตเตอรี่ที่ใส่ไว้ในมัลติมิเตอร์ออกจากมัลติมิเตอร์ให้หมด เพื่อป้องกันการเสื่อมของแบตเตอรี่และการเกิดสารเคมีไหลออกมาจากแบตเตอรี่ อาจกัดกร่อนอุปกรณ์ภายในมัลติมิเตอร์จนชำรุดเสียหายได้

7. ในกรณีที่ตั้งพิสัยวัดผิดพลาด จนทำให้มัลติมิเตอร์วัดค่าประมาณไฟฟ้าอื่น ๆ ไม่ขึ้น ให้ตรวจสอบฟิวส์ที่อยู่ภายในมัลติมิเตอร์ เป็นตัวป้องกันไฟเกินว่าขาดหรือไม่



รูปที่ 1.9 ตำแหน่งแบตเตอรี่ และฟิวส์ ในมัลติมิเตอร์แบบเข็ม

ที่มา : http://www.tatc.ac.th/elearning_elec/Untitled-3.html

4.2 ข้อควรระวังและการเตรียมก่อนทำการวัด สำหรับมัลติมิเตอร์แบบตัวเลข

1) ก่อนการวัดปริมาณใด ต้องแน่ใจว่า

(ก) บิดสวิตช์เลือกการวัดตรงกับปริมาณที่จะวัด

(ข) สวิตช์เลือกการวัดอยู่ในช่วงการวัดที่เหมาะสมไม่ต่ำกว่าปริมาณที่จะวัด

(ค) ในกรณีที่ไม่ทราบปริมาณที่จะวัดมีค่าอยู่ในช่วงการวัดใด ให้ตั้งช่วงการวัดที่มีค่าสูงสุดก่อนแล้วค่อยลดช่วงการวัดลงมาทีละช่วง

2) เนื่องจากช่องเสียบสายวัด (สีแดง) มีหลายช่อง คือ V-Ω , mA และ 10 A ต้องแน่ใจว่าเสียบสายวัดสีแดงในช่องเสียบตรงกับปริมาณที่จะวัด

3) ในกรณีที่วัดความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงตั้งแต่ 25 V_{AC} หรือ 60 V_{DC} ขึ้นไป ระวังอย่าให้ส่วนใดของร่างกายแตะวงจรที่กำลังวัดจะเป็นอันตรายได้

4) ในขณะที่กำลังทำการวัด และต้องการปรับช่วงการวัดให้ต่ำลงหรือสูงขึ้นหรือเลือกการวัดปริมาณอื่น ให้ดำเนินการดังนี้

(ก) ยกสายวัดเส้นหนึ่งออกจากวงจรที่กำลังทดสอบ

(ข) ปรับช่วงการวัดหรือเลือกการวัดปริมาณอื่นตามต้องการ

(ค) ทำการวัด

5) การวัดปริมาณกระแสสูง (~10A) ควรใช้เวลาวัดในช่วงสั้นไม่เกิน 30 วินาที

6) เมื่อใช้งานเสร็จแล้ว ให้เลื่อนสวิตช์ปิด-เปิด มาที่ OFF ถ้าไม่ได้ใช้เป็นเวลานาน ควรนำแบตเตอรี่ออกด้วย

4.3 การวัดแรงดันและกระแสด้วยมัลติมิเตอร์

<u>มีขั้นตอนดังนี้</u>

1) เลือกพิสัยการวัดที่คาดว่าสูงกว่าค่าแรงดัน/กระแสที่ต้องการวัด

2) ต่อขั้วสายวัดให้ถูกต้อง สำหรับมัลติมิเตอร์แบบตัวเลขไม่เกิดความเสียหายต่อสายวัดผิดขั้ว แต่มัลติมิเตอร์แบบเข็มหากต่อผิดขั้วจะเกิดความเสียหายได้

<u>มัลติมิเตอร์อาจเสียหายได้ง่ายหากไม่ระมัดระวังในการใช้ จึงมีข้อควรระวังดังนี้:</u>

1) ต้องเอาสายวัดออกจากวงจรทดสอบก่อนที่จะปรับเปลี่ยนพิสัยการวัด

2) ต้องตรวจดูพิสัยการวัดก่อนที่จะต่อเข้าวงจรทดสอบเสมอ

3) หากค่าที่อ่านได้เกินสเกล: ต้องเอาสายแดงมิเตอร์ออกทันที

4) แล้วเลือกพิสัยที่สูงกว่าก่อนวัดใหม่

5) อย่าปรับมัลติมิเตอร์ทิ้งไว้ที่พิสัยการวัดกระแส (ยกเว้นเมื่อต้องการวัดกระแส) อันตรายสูงสุดทำให้มิเตอร์เสียหายเกิดจากพิสัยการวัดกระแส เพราะมีความต้านทานต่ำมาก

4.4 การวัดความต้านทานด้วยมัลติมิเตอร์

การวัดความต้านทานของอุปกรณ์จะต้องไม่วัดในวงจร เพราะจะได้ค่าที่ไม่ถูกต้อง (แม้จะตัดแหล่งจ่ายกำลังออก) หรืออาจทำให้มัลติมิเตอร์เสียหายได้

5. การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัด

การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัด (calculation of measurement error) ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (absolute error) คือ ค่าปริมาณความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าที่ได้จากการวัด สามารถหาได้จากสมการ (1.1)

$$Absolute \quad error = \left| X_{mea} - X_t \right| \tag{1.1}$$

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (relative error) สามารถหาได้จากสมการ (1.2)

$$\text{Re}lative \quad error = \left| \frac{X_{mea} - X_t}{X_t} \right| \tag{1.2}$$

เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน สามารถหาได้จากสมการที่ (1.3)

$$\%Error = Relative\ error\ X\ 100 \tag{1.3}$$

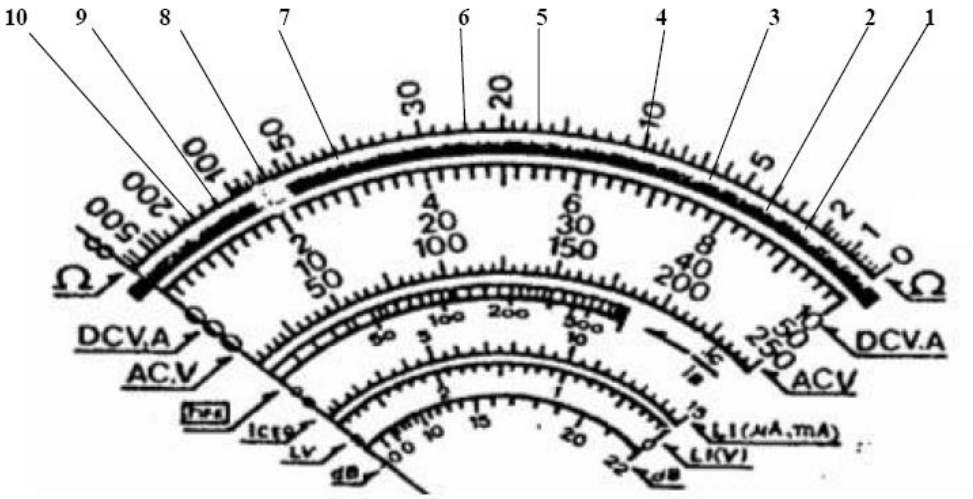
โดย X_t คือ ค่าจริง (True value)

X_{mea} คือ ค่าที่ได้จากการวัด (Measure Value)

ลำดับขั้นการทดลอง

การอ่านค่าจากมัลติมิเตอร์

1. เมื่อทำการวัดค่าความต้านทาน ถ้าเข็มชี้ ชี้ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ตามรูป และตั้งพิสัยวัดตามตาราง จะอ่านค่าได้เท่าไร



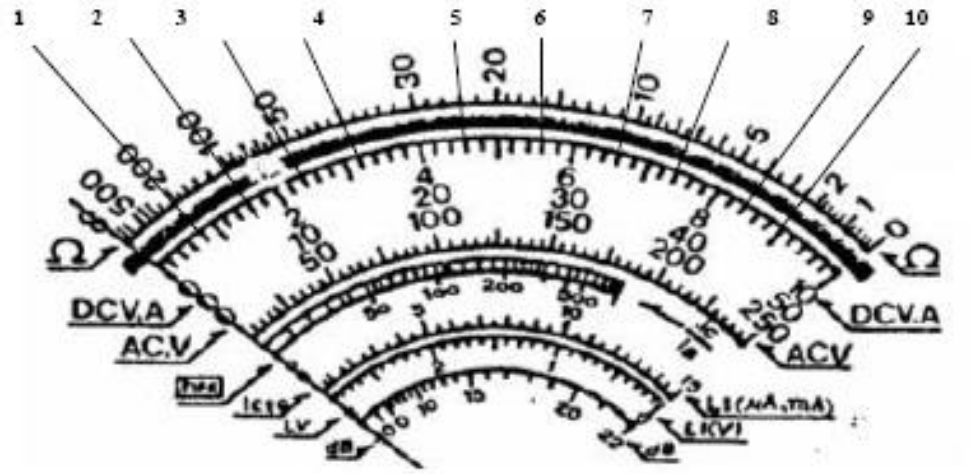
รูปที่ 1.11

ที่มา :

http://blog.bru.ac.th/wp-content/uploads/bp-attachments/10692/Lab-1-การใช้มัลติมิเตอร์.pdf

พิสัยวัด	ตำแหน่งที่	อ่านค่าได้
× 1	1	
× 10	2	
× 1k	3	
× 10k	4	
× 1	5	
× 10	6	
× 1k	7	
× 10k	8	
× 1	9	
× 10	10	

2. เมื่อทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ถ้าเข็มชี้ ชี้ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ตามรูป และตั้งพิสัยวัดตามตารางจะอ่านค่าได้เท่าไร

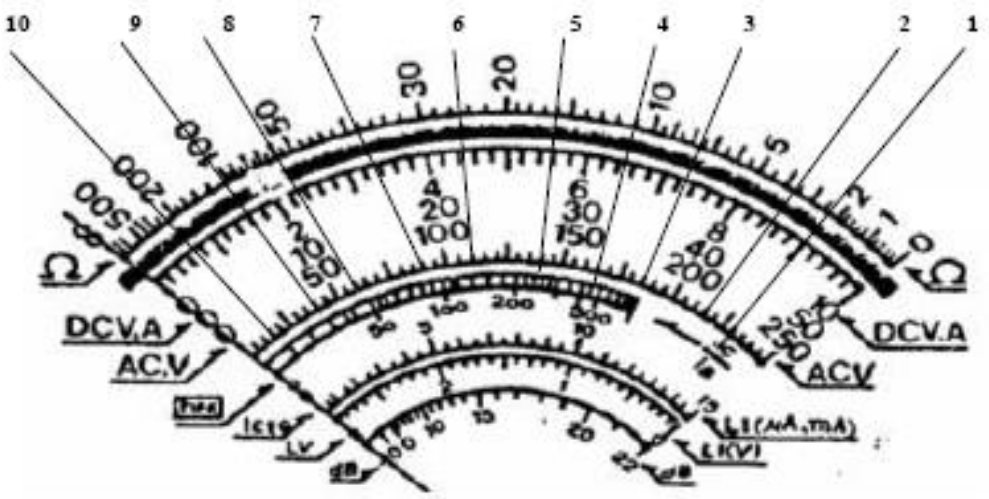


รูปที่ 1.12

ที่มา :
http://blog.bru.ac.th/wp-content/uploads/bp-attachments/10692/Lab-1-การใช้มัลติมิเตอร์.pdf

พิสัยวัด	ตำแหน่งที่	อ่านค่าได้
1000 DCV	1	
250 DCV	2	
50 DCV	3	
10 DCV	4	
2.5 DCV	5	
1000 DCV	6	
250 DCV	7	
50 DCV	8	
10 DCV	9	
2.5 DCV	10	

3. เมื่อทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ถ้าเข็มชี้ ชี้ที่ตำแหน่งต่างๆ ตามรูป และตั้งพิสัยวัดตามตารางจะอ่านค่าได้เท่าไร

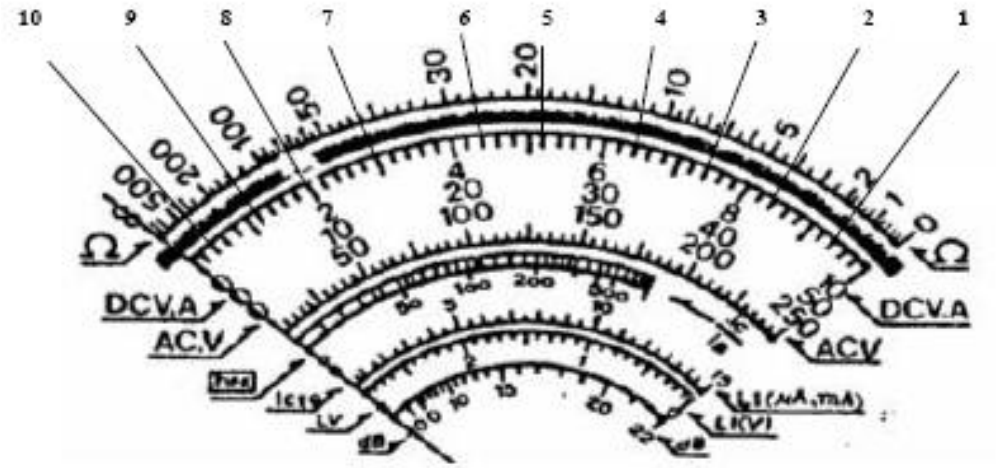


รูปที่ 1.13

ที่มา :
http://blog.bru.ac.th/wp-content/uploads/bp-attachments/10692/Lab-1-การใช้มัลติมิเตอร์.pdf

พิสัยวัด	ตำแหน่งที่	อ่านค่าได้
1000 ACV	1	
250 ACV	2	
50 ACV	3	
10 ACV	4	
1000 ACV	5	
250 ACV	6	
50 ACV	7	
10 ACV	8	
1000 ACV	9	
250 ACV	10	

4. เมื่อทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้ากระแสตรงถ้าเข็มชี้ ชี้ที่ตำแหน่งต่างๆ ตามรูป และตั้งพิสัยวัดตามตาราง จะอ่านค่าได้เท่าไร



รูปที่ 1.14

ที่มา :
http://blog.bru.ac.th/wp-content/uploads/bp-attachments/10692/Lab-1-การใช้มัลติมิเตอร์.pdf

พิสัยวัด	ตำแหน่งที่	อ่านค่าได้
50 μA	1	
2.5 mA	2	
25 mA	3	
0.25 A หรือ 250 mA	4	
50 μA	5	
2.5 mA	6	
25 mA	7	
0.25 A หรือ 250 mA	8	
25 mA	9	
0.25 A หรือ 250 mA	10	

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ข. การทดลองที่ 2 กฎของโอห์มและการนำไปใช้งาน (Application Of Ohm's Law)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นิสิตสามารถต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงตามที่กำหนดให้ สามารถวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรได้อย่างถูกต้อง
2. เพื่อให้นิสิตสามารถใช้เครื่องมือวัดกระแสและแรงดันได้อย่างถูกต้องตามขั้นตอน เพื่อความปลอดภัยต่อตัวผู้วัด อุปกรณ์การทดลองและเครื่องมือวัด

เนื้อหา

1. ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส และแรงดันไฟฟ้า
2. วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม (Series DC Circuits)
3. วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Parallel DC Circuits)

1. ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้า

ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้า (I) แรงดันไฟฟ้า (E) และค่าความต้านทานในวงจรไฟฟ้า(R) ค้นพบโดย Simon Ohm ซึ่งเรียกว่า **กฎของโอห์ม (Ohm's Law)** ดังสมการที่ (2.1)

$$\mathrm{I} = \frac{\mathrm{E}}{\mathrm{R}} \qquad (2.1)$$

เมื่อ I คือ กระแสไฟฟ้า (Current) มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (Ampere: A)

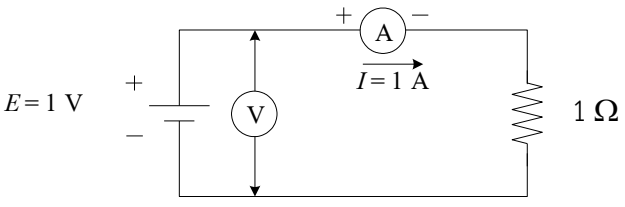
E คือ แรงดันไฟฟ้า (Voltage) มีหน่วยเป็นโวลต์ (Volt: V)

R คือ ความต้านทาน (Resistance) มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ohm: Ω)

ในทำนองเดียวกันความสัมพันธ์ของแรงดัน(V) กระแส (I) และความต้านทาน(R) อาจเขียนเป็นสมการเพื่อคำนวณหาค่าของแรงดัน (V) และความต้านทาน (R) ได้ดังสมการที่ (2.2)

$$\mathrm{E} = \mathrm{I}\times\mathrm{R} \qquad \text{และ} \qquad \mathrm{R} = \frac{\mathrm{E}}{\mathrm{I}} \qquad (2.2)$$

ตัวอย่างการคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงด้วยกฎของโอห์ม ดังวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 2.1 ซึ่งประกอบด้วยแบตเตอรี่ขนาด 1V ต่อกับตัวต้านทาน 1 Ω เมื่อนำแอมมิเตอร์ไปวัดค่ากระแสไฟฟ้าปรากฏว่าแอมมิเตอร์อ่านค่าได้ 1A สามารถคำนวณค่ากระแสไฟฟ้าได้โดยกฎของโอห์ม



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างวงจรตามความสัมพันธ์จากกฎของโอห์ม

ที่มา : "กฎของโอห์มและการนำไปใช้งาน" โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 1.

2. วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม (Series DC Circuits)

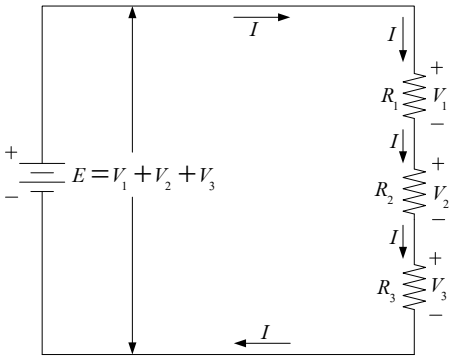
วงจรอนุกรม หมายถึง การนำเอาอุปกรณ์ทางไฟฟ้ามาต่อกันในลักษณะที่ปลายด้านหนึ่งของอุปกรณ์ตัวที่ 1 ต่อเข้ากับอุปกรณ์ตัวที่ 2 จากนั้นนำปลายที่เหลือของอุปกรณ์ตัวที่ 2 ไปต่อกับอุปกรณ์ตัวที่ 3 และจะต่อลักษณะนี้ไปเรื่อยๆ ซึ่งการต่อแบบนี้จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลไปในทิศทางเดียวกระแสไฟฟ้าภายในวงจรอนุกรมจะมีค่าเท่ากันทุกๆ จุด ค่าความต้านทานรวมของวงจรอนุกรมคือการนำเอาค่าความต้านทานทั้งหมดนำมารวมกัน ส่วนแรงดันไฟฟ้าในวงจรอนุกรมจะปรากฏคร่อมตัวต้านทานทุกตัวที่จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมีค่าไม่เท่ากันโดยสามารถคำนวณหาได้จากกฎของโอห์ม

<u>คุณสมบัติของวงจรอนุกรม</u>

1. ในวงจรหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของวงจรอนุกรมจะมีกระแสไหลผ่านในทิศทางเดียวเท่านั้น แรงดันตกคร่อมที่ความต้านทานแต่ละตัวในวงจรเมื่อนำมาร่วมกันจะมีค่าเท่ากับแรงดันที่จ่ายให้กับวงจร
2. ค่าความต้านทานย่อยแต่ละตัวในวงจร เมื่อนำมารวมกันก็จะมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานรวมกันทั้งหมดในวงจร
3. กำลังและพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ความต้านทานย่อยแต่ละตัวในวงจร เมื่อนำมารวมกันก็จะมีค่าเท่ากำลังและพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในวงจร

<u>นิยามของวงจรความต้านทานแบบอนุกรม (Series Resistive Circuit)</u> คือ

1. กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวในวงจรมีค่าเท่ากันและมีเพียงค่าเดียวเท่านั้น
2. แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานทุกตัวรวมกันเท่ากับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟฟ้าในวงจร



รูปที่ 2.2 วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

ที่มา : “วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 6.

3. วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Parallel DC Circuits)

วงจรที่เกิดจากการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปให้ขนานกับแหล่งจ่ายไฟมีผลทำให้ค่าของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัวมีค่าเท่ากัน ส่วนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าจะมีตั้งแต่ 2 ทิศทางขึ้นไปตามลักษณะของสาขาของวงจร ส่วนค่าความต้านทานรวมภายในวงจรขนานจะมีค่าเท่ากับผลรวมของส่วนกลับของค่าความต้านทานทุกตัวรวมกัน ซึ่งค่าความต้านทานรวมภายในวงจรไฟฟ้าแบบขนานจะมีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานภายในสาขาที่มีค่าน้อยที่สุดเสมอ และค่าแรงดันที่ตกคร่อมความต้านทานไฟฟ้าแต่ละตัวจะมีค่าเท่ากับแรงเคลื่อนของแหล่งจ่าย

<u>คุณสมบัติของวงจรขนาน</u>

1. แรงดันที่ตกคร่อมที่อิลิเมนท์ หรือที่ความต้านทานทุกตัวของวงจรจะมีค่าเท่ากันเพราะว่าเป็นแรงดันตัวเดียวกันในจุดเดียวกัน

2. กระแสที่ไหลในแต่ละสาขาย่อยของวงจร เมื่อนำมารวมกันจะมีค่าเท่ากับกระแสที่ไหลผ่านวงจรทั้งหมด หรือกระแสรวมของวงจร
3. ค่าความนำไฟฟ้าในแต่ละสาขาย่อยของวงจร เมื่อนำมารวมกันจะมีค่าเท่ากับค่าความนำไฟฟ้าทั้งหมดของวงจร
4. กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่อิลิเมนท์หรือค่าความต้านทานในแต่ละสาขาในวงจรเมื่อนำมาร่วมกันก็จะมีค่าเท่ากับกำลังและพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของวงจร

นิยามของวงจรความต้านทานแบบขนาน (Parallel Resistive Circuit) กล่าวไว้ดังนี้

1. แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานทุกตัวในวงจรเท่ากัน และเท่ากับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟฟ้าในวงจร (พิจารณารูปที่ 2.3 (ก)) V หรือ $E=V_{R1}=V_{R2}$
2. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวในวงจรขนาน เมื่อรวมกันจะเท่ากับกระแสรวมที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าในวงจรจ่ายออกมา (พิจารณารูปที่ 2.3 (ข))

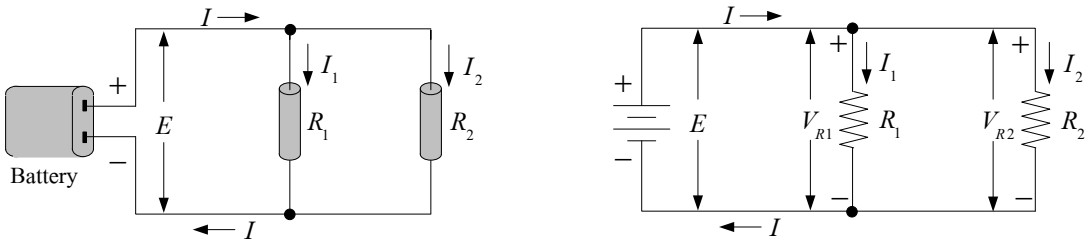
   จากกฎของโอห์ม $I_1=\frac{E}{R_1},\ I_2=\frac{E}{R_2}$

   และ $I_T = I = I_1+I_2$

   $$I = \frac{E}{R_1}+\frac{E}{R_2} = E\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right) = E\left(\frac{R_1\times R_2}{R_1+R_2}\right)$$
3. ค่าความต้านทาน (R_T) ของตัวต้านทานที่ต่อแบบขนาน มีค่าตามสมการ (2.3) และ (2.4)

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+.....+\frac{1}{R_n} \qquad (2.3)$$

$$R_T = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+.....+\frac{1}{R_n}\right)} \qquad (2.4)$$



รูปที่ 2.3 วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

ที่มา : “วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 11.

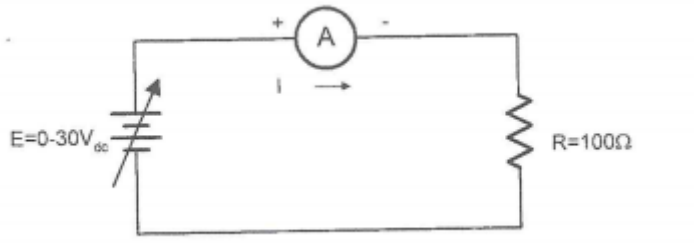
รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.	มัลติมิเตอร์	2	เครื่อง
2.	ชุดทดลองหลัก BASE UNIT (BU-1)	1	เครื่อง
3.	แผงโมดูลการทดลอง AL-1100A	1	แผ่น
4.	สายต่อวงจรไฟฟ้า	1	ชุด

การทดลองที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้า

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 2.4
2. ปรับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย ตามตาราง อ่านค่าไฟฟ้าจาก แอมป์มิเตอร์ (Ammeter) และ โวลต์มิเตอร์ (Voltmeter) บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 2.1
3. นำกระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากตารางบันทึกผลการทดลองมาเขียนกราฟรูปที่ 2.1

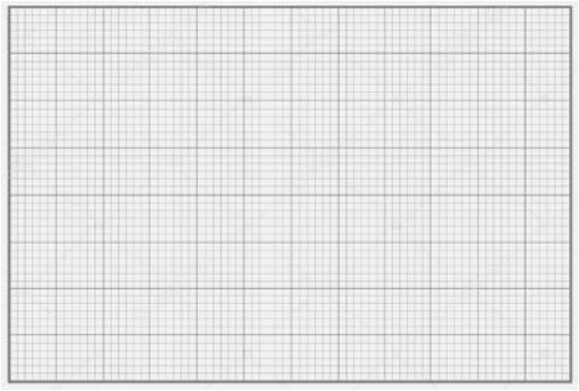


รูปที่ 2.4

ที่มา : “กฎของโอห์มและการนำไปใช้งาน” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 2.

ตารางที่ 2.1 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันไฟฟ้า

แรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย (V)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
กระแสไฟฟ้า (mA)										
แรงดันไฟฟ้า (V)										

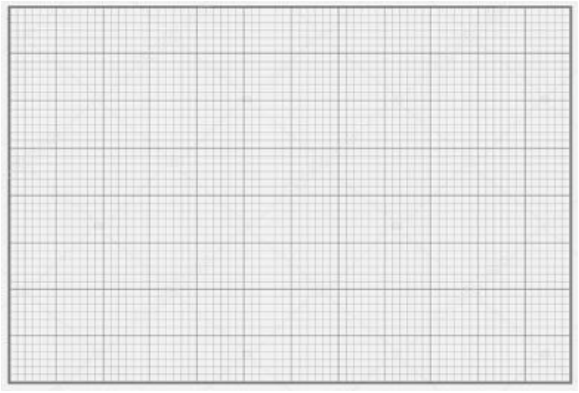


กราฟรูปที่ 2.1 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันไฟฟ้า ตามตารางที่ 2.1

4. จากวงจรไฟฟ้ารูป 2.4 ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าคงที่ 10 V ปรับค่าความต้านทานตามตารางที่ 2.2 และบันทึกค่ากระแสและแรงดันที่วัดได้ลงในตารางให้สมบูรณ์
5. นำกระแสไฟฟ้าและความต้านทานจากตารางบันทึกผลการทดลองมาเขียนลงกราฟรูปที่2.2

ตารางที่ 2.2 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันไฟฟ้า

ค่าความต้านทาน ($k\Omega$)	1	2	3	4	5
กระแสไฟฟ้า (mA)					

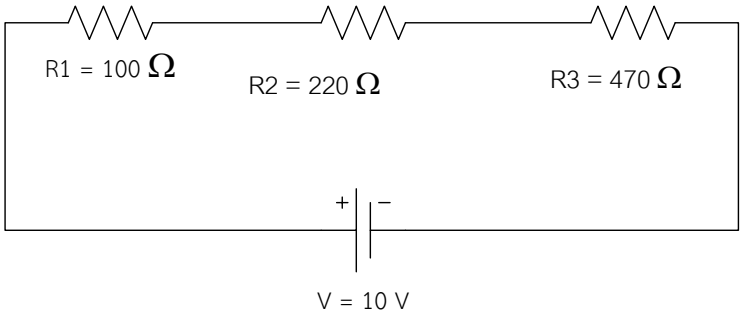


กราฟรูปที่ 2.2 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันไฟฟ้า ตามตารางที่ 2.2

การทดลองที่ 2.2 วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม (Series DC Circuits)

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 2.5
2. วัดแรงดันไฟฟ้าที่ตัวต้านทาน 100 Ω, 220 Ω และ 470 Ω บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 2.3
3. วัดค่ากระแสไฟฟ้า บันทึกผลลงในตารางที่ 2.3
4. ปลดแหล่งจ่ายไฟออกจากวงจร ทำการวัดความต้านทานแต่ละตัว และความต้านทานรวม (R_T) ทั้งหมดตามตารางการทดลอง แล้วบันทึกผลในตารางที่ 2.3
5. คำนวณหาค่าที่วัดได้จากวงจรการทดลอง แล้วบันทึกลงในตารางการทดลอง
6. เปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับค่าที่คำนวณได้ โดยคำนวณหาร้อยละค่าคลาดเคลื่อน (%Error) ลงในตารางให้สมบูรณ์



รูปที่ 2.5 วงจรไฟฟ้าต่อแบบอนุกรม
ที่มา : ผู้เขียนวาดจากการประยุกต์ทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

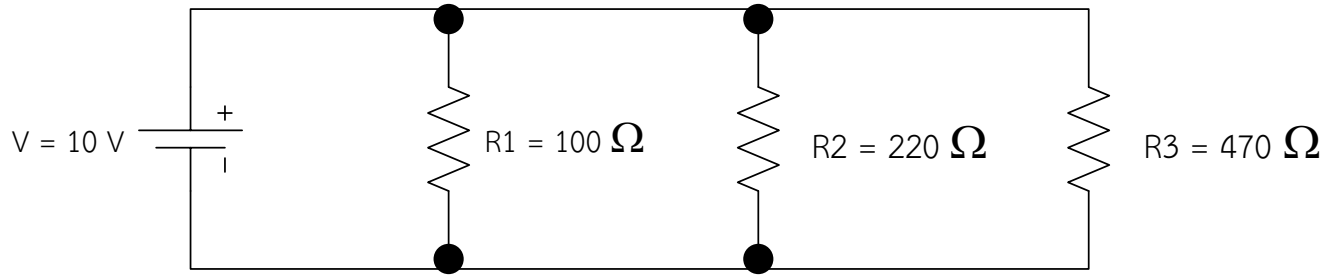
ตารางที่ 2.3 ผลการทดลองวงจรไฟฟ้าต่อแบบอนุกรม

ตัวต้านทาน (R)		R1	R2	R3
แรงดันไฟฟ้า (V)	ค่าที่คำนวณ			
	ค่าที่วัด			
	% Error			
ความต้านทาน (Ω)	ค่าที่อ่าน	100	220	470
	ค่าที่วัด			
	% Error			
ความต้านทานรวม (Ω)	ค่าที่คำนวณ	790		
	ค่าที่วัด			
	% Error			
กระแสไฟฟ้ารวม (mA)	ค่าที่คำนวณ			
	ค่าที่วัด			
	% Error			

การทดลองที่ 2.4 วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Parallel DC Circuits)

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 2.6
2. คำนวณและวัดแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน 100 Ω, 220 Ω และ 470 Ω บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 2.4 และคำนวณหาร้อยละค่าคลาดเคลื่อน (%Error) ลงในตารางให้สมบูรณ์
3. คำนวณและวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน 100 Ω, 220 Ω และ 470 Ω บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 2.4 และคำนวณหาร้อยละค่าคลาดเคลื่อน (%Error) ลงในตารางให้สมบูรณ์
4. ปลดแหล่งจ่ายไฟออกจากวงจร อ่านค่าความต้านทานและใช้โอห์มมิเตอร์วัดตัวต้านทานเพื่อหาความต้านทานแต่ละตัว และความต้านทานรวมทั้งหมดตามตารางการทดลอง บันทึกผลลงในตารางที่ 2.4 และคำนวณหาร้อยละค่าคลาดเคลื่อน (%Error) ลงในตารางให้สมบูรณ์



รูปที่2.6 วงจรไฟฟ้าต่อแบบขนาน

ที่มา : ผู้เขียนวาดจากการประยุกต์ทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

ตารางที่ 2.4 ผลการทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

ตัวต้านทาน (R)		R1	R2	R3
แรงดันไฟฟ้า (V)	ค่าที่คำนวณ			
	ค่าที่วัด			
	% Error			
กระแสไฟฟ้า (mA)	ค่าที่คำนวณ			
	ค่าที่วัด			
	% Error			
ความต้านทาน (Ω)	ค่าที่อ่าน			
	ค่าที่วัด			
	% Error			
ความต้านทานรวม (Ω)	ค่าที่คำนวณ			
	ค่าที่วัดได้			
	% Error			
กระแสไฟฟ้ารวม (mA)	ค่าที่คำนวณ			
	ค่าที่วัดได้			
	% Error			

สรุปผลการทดลองที่ 2.1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลองที่ 2.2

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค. การทดลองที่ 3 วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Combination DC Circuits)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นิสิตสามารถต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงตามที่กำหนดให้ สามารถวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรได้อย่างถูกต้อง

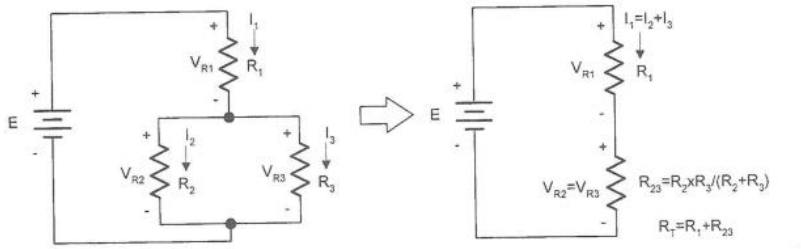
2. เพื่อให้นิสิตสามารถใช้เครื่องมือวัดกระแสและแรงดันได้อย่างถูกต้องตามขั้นตอน เพื่อความปลอดภัยต่อตัวผู้วัด อุปกรณ์การทดลองและเครื่องมือวัด

เนื้อหา

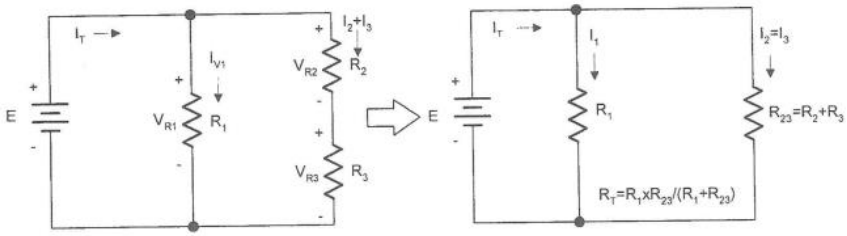
วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Combination DC Circuits)

วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม เป็นการต่อวงจรไฟฟ้าโดยการต่อรวมกันระหว่างวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมกับวงจรไฟฟ้าแบบขนาน ภายในวงจรโหลดบางตัวต่อวงจรแบบอนุกรม และโหลดบางตัวต่อวงจรแบบขนาน การต่อวงจรไม่มีมาตรฐานตายตัว เปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะการต่อวงจรตามต้องการ การวิเคราะห์แก้ปัญหาของวงจรผสม ต้องอาศัยหลักการทำงานตลอดจนอาศัยคุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าทั้งแบบอนุกรมและแบบขนาน

วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม คือ วงจรไฟฟ้าที่ประกอบด้วยส่วนที่ขนานและอนุกรมของตัวต้านทานไฟฟ้าที่อยู่ในวงจรเดียวกัน ดังนั้น ในการคำนวณเพื่อวิเคราะห์หาค่าต่างๆ ทางไฟฟ้า เช่น ค่าความต้านทานรวม ค่ากระแสไฟฟ้าในวงจร และค่าแรงดันตกคร่อมส่วนต่างๆ ของวงจร จึงต้องใช้ความรู้จากการทดลองวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม แบบขนาน และกฎของโอห์มมาใช้แก้ปัญหาดังกล่าวนี้ด้วย วงจรไฟฟ้าแบบผสมที่พบเห็นบ่อยๆ มี 2 ลักษณะ ดังรูปที่ 3.1 (ก) และ (ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.1 วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม

(ก) ลักษณะที่ 1 แบบ Series-Parallel

(ข) ลักษณะที่ 2 แบบ Parallel-Series

ที่มา : “วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 15.

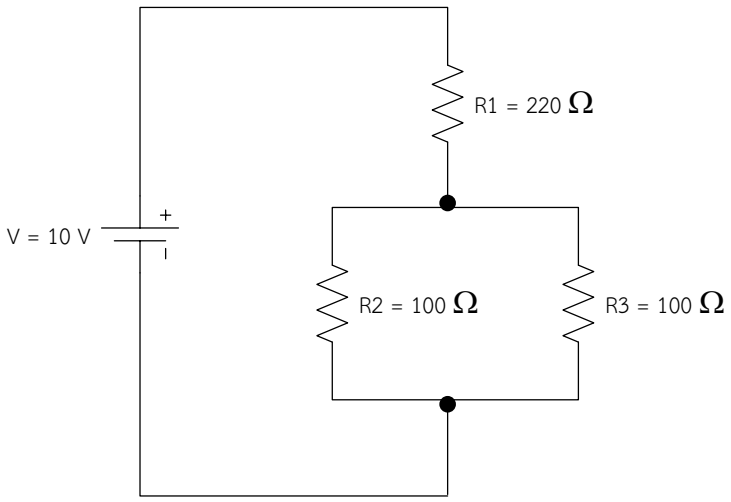
รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.	มัลติมิเตอร์	2	เครื่อง
2.	ชุดทดลองหลัก BASE UNIT (BU-1)	1	เครื่อง
3.	แผงโมดูลการทดลอง AL-1100A	1	แผ่น
4.	สายต่อวงจรไฟฟ้า	1	ชุด

การทดลองที่ 3.1 วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Combination DC Circuits)

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 3.2
2. วัดแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R1, R2 และ R3 บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 3.1
3. วัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าต้านทาน R1, R2 และ R3 บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 3.1
4. ปลดแหล่งจ่ายไฟออกจากวงจร ทำการวัดความต้านทานแต่ละตัว และความต้านทานรวมทั้งหมดตามตารางการทดลอง บันทึกผล ***ข้อควรระวัง:*** ในการวัดค่าความต้านทานในวงจร ต้องปลดแหล่งจ่ายไฟออกก่อน
5. คำนวณหาค่าที่วัดได้จากวงจรการทดลอง แล้วบันทึกลงในตารางที่ 3.1
6. เปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับค่าที่คำนวณได้ โดยคำนวณหาร้อยละค่าผิดพลาด (%Error) ลงในตารางให้สมบูรณ์



รูปที่ 3.2 วงจรการทดลอง Series-Parallel Circuit

ที่มา : ผู้เขียนวาดจากการประยุกต์ทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม

ตารางที่ 3.1 ผลการทดลอง

ตัวต้านทาน (R)		R1	R2	R3
แรงดันไฟฟ้า (V)	ค่าที่คำนวณ			
	ค่าที่วัด			
	% ความผิดพลาด			
กระแสไฟฟ้า (mA)	ค่าที่คำนวณ			
	ค่าที่วัด			
	% ความผิดพลาด			
ความต้านทาน (Ω)	ค่าที่อ่าน			
	ค่าที่วัด			
	% ความผิดพลาด			
ความต้านทานรวม (Ω)	ค่าที่คำนวณ			
	ค่าที่วัด			
	% ความผิดพลาด			
กระแสไฟฟ้ารวม (mA)	ค่าที่คำนวณ			
	ค่าที่วัด			
	% ความผิดพลาด			

สรุปผลการทดลองที่ 3.1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

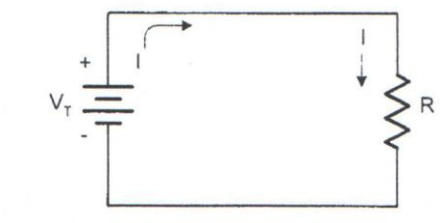
ภาคผนวก ง. การทดลองที่ 4 กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง (Power in DC Circuits)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นิสิตสามารถต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงตามที่กำหนดให้ สามารถวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรได้อย่างถูกต้อง
2. เพื่อให้นิสิตสามารถใช้เครื่องมือวัดกระแสและแรงดันได้อย่างถูกต้องตามขั้นตอน เพื่อความปลอดภัยต่อตัวผู้วัด อุปกรณ์การทดลองและเครื่องมือวัด

เนื้อหา

กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง (Power in DC Circuits) ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงค่าของกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับภาระไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า กระแสตรงใดๆ มีค่าเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านภาระไฟฟ้านั้นยกกำลังสองคูณกับค่าความต้านทางของภาระไฟฟ้าดังสมการ



รูปที่ 4.1

ที่มา : “กำลังไฟฟ้าในวงจรกระแสตรง” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 21.

$$P = I^2 \times R$$

เมื่อ

$P =$ กำลังไฟฟ้า (หน่วย Watt, W)

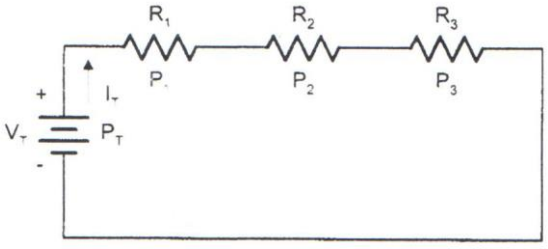
$I =$ กระแสไฟฟ้า (หน่วย Ampere, A)

$R =$ ค่าความต้านทานไฟฟ้า (หน่วย Ohms, Ω)

สูตรกำลังไฟฟ้า ยังสามารถดัดแปลงได้อีก 2 สมการคือ $P = \frac{V^2}{R}$ และ $P = I \times V$ การหาค่ากำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง แบบขนาดและแบบอนุกรม กำลังไฟฟ้ารวม (P_T) ที่เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้าทั้งแบบขนานและแบบอนุกรม คือ ผลรวมของกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับภาระไฟฟ้ารวมกัน ดังสมการ

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3$$

สมการกำลังไฟฟ้ารวมดังกล่าวสามารถพิจารณาได้จากวงจรไฟฟ้า ในรูปที่ 4.2

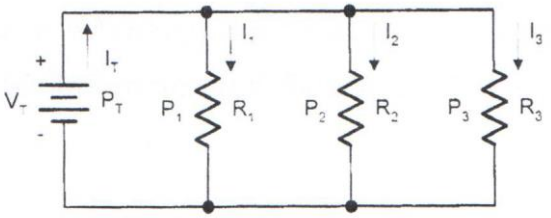


รูปที่ 4.2 วงจรอนุกรม

ที่มา : “กำลังไฟฟ้าในวงจรกระแสตรง” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 21.

$$P_T = (I_T^2 R_1) + (I_T^2 R_2) + (I_T^2 R_3)$$

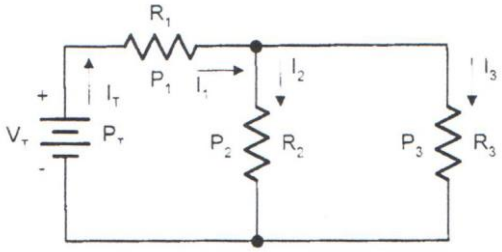
$$P_T = P_1 + P_2 + P_3$$



$$P_T = (I_1^2 R_1) + (I_2^2 R_2) + (I_3^2 R_3)$$
$$P_T = P_1 + P_2 + P_3$$

รูปที่ 4.3 วงจรขนาน

ที่มา : “กำลังไฟฟ้าในวงจรกระแสตรง” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 22.



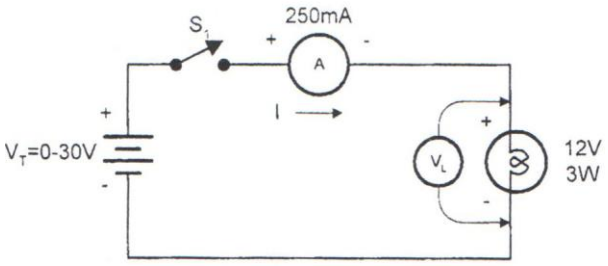
$$P_T = (I_1^2 R_1) + (I_2^2 R_2) + (I_3^2 R_3)$$
$$P_T = P_1 + P_2 + P_3$$

รูปที่ 4.4 วงจรแบบผสม

ที่มา : “กำลังไฟฟ้าในวงจรกระแสตรง” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 22.

การทดลองที่ 4.1

ลำดับขั้นการทดลอง



รูปที่ 4.5

ที่มา : “กำลังไฟฟ้าในวงจรกระแสตรง” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 22.

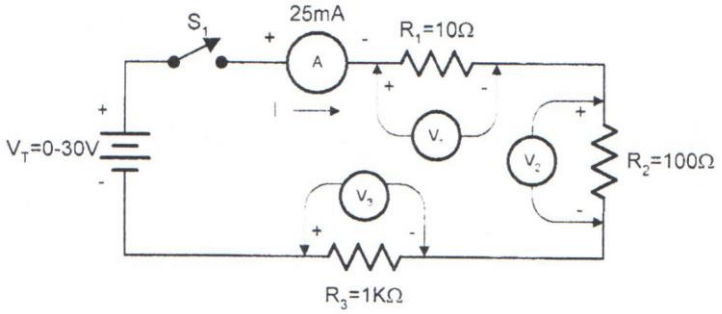
1. ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 4.5
2. วัดแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมหลอดไฟฟ้า (V_L) และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟฟ้า บันทึกผลลงในตารางที่ 4.1
3. คำนวณหาค่าที่วัดได้จากวงจรการทดลอง แล้วบันทึกลงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1

แรงดัน	VT (V)	0 V	2 V	4 V	6 V	8 V	10 V	12 V
ค่าจากการวัด	I (mA)							
	V_l (V)							
	P_L (mW)							
ค่าจากการคำนวณ	I (mA)							
	V_l (V)							
	P_L (mW)							

4. คำนวณค่าความต้านทานของหลอดไฟฟ้าขนาด 12 V 3 W ได้ R = ... Ω

การทดลองที่ 4.2
ลำดับขั้นการทดลอง



รูปที่ 4.6
ที่มา : “กำลังไฟฟ้าในวงจรกระแสตรง” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 23

1. ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 4.6ป้อนแรงดัน V_T ขนาด 12 โวลต์
2. วัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่ ที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_1, R_2 และ R_3 บันทึกผลลงในตารางที่ 4.2
3. คำนวณหาค่าที่วัดได้จากวงจรการทดลอง แล้วบันทึกลงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2

ตัวต้านทาน		R_1	R_2	R_3	R_T
ค่าจากการวัด	V (V)				
	I (mA)				
	P (mW)				
ค่าจากการคำนวณ	V_T (V)				
	I (mA)				
	P (mW)				

4. เปรียบเทียบกำลังไฟฟ้ารวม (P_T) คำนวณเปรียบเทียบในตารางที่ 4.2 มีความแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร โดยบอกในรูปของร้อยละของค่าผิดพลาด (%Error)

%Error = ... %

สรุปผลการทดลองที่ 4.1

.....
.....
.....
.....
.....
.....

สรุปผลการทดลองที่ 4.2

.....
.....
.....
.....
.....
.....

ภาคผนวก จ. การทดลองที่ 5 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า (Voltage & Current Divider Circuits)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นิสิตสามารถต่อวงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดให้ และวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรได้อย่างถูกต้อง

2. เพื่อให้นิสิตสามารถใช้เครื่องมือวัดกระแสและแรงดันได้อย่างถูกต้องตามขั้นตอน เพื่อความปลอดภัยต่อตัวผู้วัด อุปกรณ์การทดลองและเครื่องมือวัด

เนื้อหา

1. วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบไม่มีโหลด (No-Load Voltage Divider Circuits)
2. วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบมีโหลด(On-Load Voltage Divider Circuits)
3. วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า (Current Divider Circuits)

รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

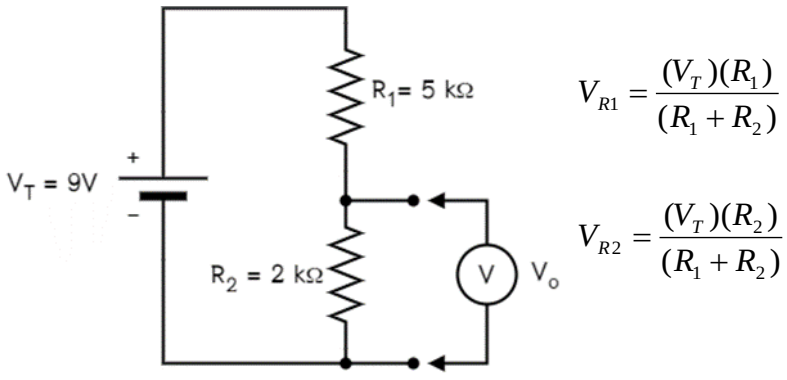
1.	มัลติมิเตอร์	2	เครื่อง
2.	ชุดทดลองหลัก BASE UNIT (BU-1)	1	เครื่อง
3.	แผงโมดูลการทดลอง AL-1100A	1	แผ่น
4.	สายต่อวงจรไฟฟ้า	1	ชุด

การทดลองที่ 5.1 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า (Voltage Divider Circuits)

ลำดับขั้นการทดลอง <u>ขณะไม่มีโหลด</u>

1. ต่อวงจรดังรูปที่ 5.1
2. วัดแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาท์พุต (V_0) , V_0 = ...โวลท์
3. คำนวณหาค่า V_0 จากวงจรการทดลอง, V_0 = ...โวลท์
4. คำนวณหาร้อยละค่าผิดพลาด (% Error) ของแรงดันเอาท์พุตที่วัดได้

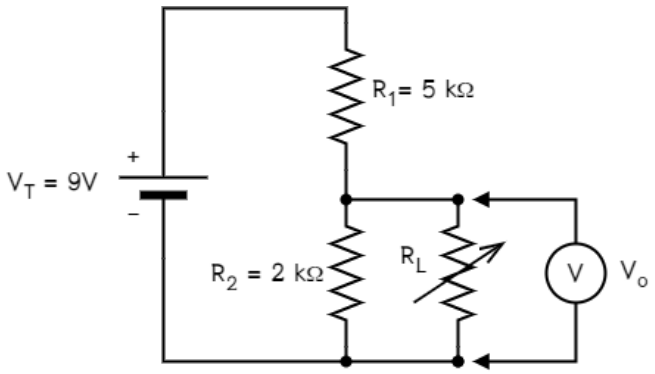
% Error =.....



รูปที่ 5.1 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด
ที่มา : ผู้เขียนวาดจากการประยุกต์ทฤษฎีวงจรแบบแรงดันไฟฟ้า

ลำดับขั้นการทดลอง <u>ขณะมีโหลด</u>

5. ต่อวงจรดังรูปที่ 5.2
6. ปรับค่า R_L ตามตาราง และวัดค่า V_o แล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 5.1
7. คำนวณหา V_o ค่าจากวงจรการทดลอง
8. คำนวณหาค่า % Error ของแรงดันเอาท์พุตที่วัดได้ลงในตารางให้สมบูรณ์



$$V_o = \frac{(V_T)(R_{2L})}{R_1 + (R_{2L})}$$

รูปที่ 5.2 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าขณะมีโหลด
ที่มา : ผู้เขียนวาดจากการประยุกต์ทฤษฎีวงจรแบบแรงดันไฟฟ้า

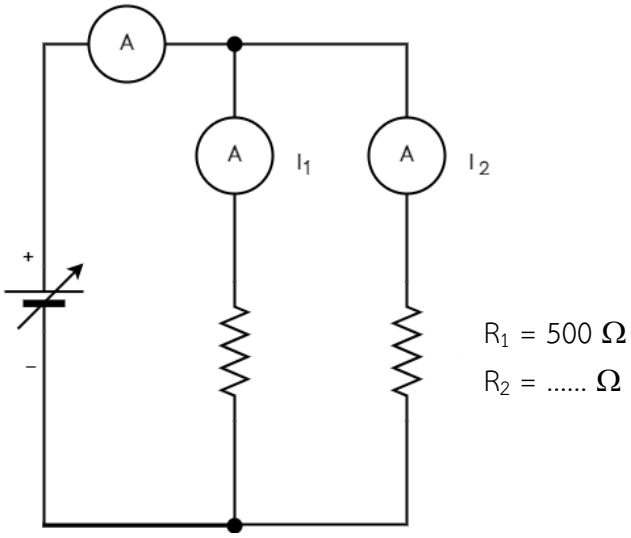
ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าขณะมีโหลด

R_L		1kΩ	2kΩ
V_o	ค่าที่คำนวณได้		
	ค่าที่วัดได้		
	% Error		

การทดลองที่ 5.2 วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า (Current Divider Circuits)

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรดังรูปที่ 5.3 ป้องแรงดันไฟฟ้า 5 V



รูปที 5.3 วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า
ที่มา : ผู้เขียนวาดจากการประยุกต์ทฤษฎีวงจรแบบแรงดันไฟฟ้า

1. จากรูปที่ 5.3 ต้องการ V_{R2} ที่กระแส 6 mA คำนวณหาค่าความต้านทาน R2 = ... Ω

$$R_2 = \frac{V}{I_2}$$

2. วัดกระแสไหนผ่าน I_2 = ... mA

3. วัดค่าความต้านทาน R2 = ... Ω
   (ข้อควรระวัง ก่อนทำการวัดค่าความต้านทานปลดตัวต้านทานออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า)

4. คำนวณหาค่า % Error ของค่าความต้านทาน R_2

   %Error ของ R_2 = ...

สรุปผลการทดลองที่ 5.1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลองที่ 5.2

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ฉ. การทดลองที่ 6 กฎของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Law)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นิสิตสามารถต่อวงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดให้ และวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรได้อย่างถูกต้อง

2. เพื่อให้นิสิตสามารถใช้เครื่องมือวัดกระแสและแรงดันได้อย่างถูกต้องตามขั้นตอน เพื่อความปลอดภัยต่อตัวผู้วัด อุปกรณ์การทดลองและเครื่องมือวัด

เนื้อหา

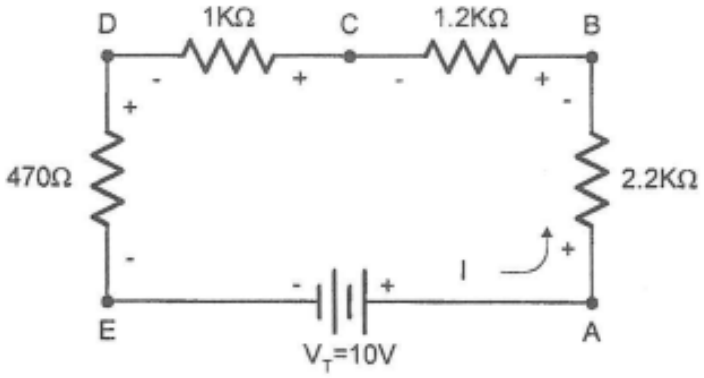
1. กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Voltage Law: KVL)
2. กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Current Law: KCL)

รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.	มัลติมิเตอร์	2	เครื่อง
2.	ชุดทดลองหลัก BASE UNIT (BU-1)	1	เครื่อง
3.	แผงโมดูลการทดลอง AL-1100A	1	แผ่น
4.	สายต่อวงจรไฟฟ้า	1	ชุด

การทดลองที่ 6.1 กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Voltage Law: KVL)
ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1

ที่มา : "แรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์" โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 35.

2. เริ่มทดลองโดยกำหนดทิศทางของกระแสในวงจรจากจุด A ไปยัง E ตามลำดับ วัดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานทุกตัว

V_{AB} =.....V V_{BC} =.....V

V_{CD} =.....V V_{DE} =.....V

3. นำค่าแรงดันที่วัดได้มาเขียนเป็นสมการแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอรฟฟ์ คือ

   $V_{AB} + V_{BC} + V_{CD} + V_{DE} - V_T = 0$

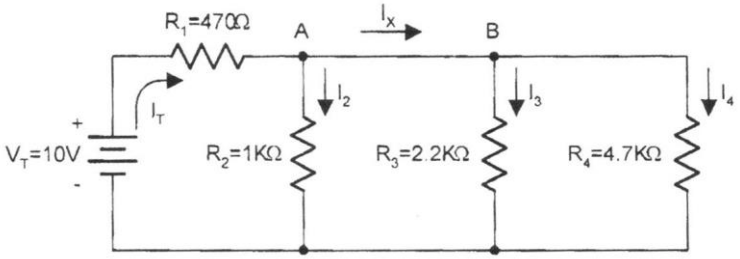
   แทนค่า

   ..... + ... + ... + ... - ..... = ...

การทดลองที่ 6.2 กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Current Law: KCL)

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 6.2 คำนวณกระแส และวัดกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน บันทึกผลลงในตารางที่ 6.1



รูปที่ 6.2

ที่มา : "กฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์" โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 41.

ตารางที่ 6.1 ผลการทดลอง

mA	I_T	I_2	I_3	I_4
ค่าคำนวณ				
ค่าจากการวัด				

2. เขียนสมการกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ที่จุด A ในวงจรรูปที่ 6.2

.....

.....

3. เขียนสมการกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ที่จุด B ในวงจรรูปที่ 6.2

.....

.....

4. เปรียบเทียบผลการคำนวณค่ากระแสรวม (I_T) ในตารางที่ 6.1 ว่าแตกต่างจากค่าจากการวัดหรือไม่อย่างไร ให้แสดงในรูปของร้อยละของค่าผิดพลาด (%Error)

%Error = ... %

สรุปผลการทดลองที่ 6.1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลองที่ 6.2

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ช. การทดลองที่ 7 ทฤษฎีการวางซ้อน และแรงดันโนด (Superposition & Node Voltage Theorem)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นิสิตสามารถต่อวงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดให้ และวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรได้อย่างถูกต้อง
2. เพื่อให้นิสิตสามารถใช้เครื่องมือวัดกระแสและแรงดันได้อย่างถูกต้องตามขั้นตอน เพื่อความปลอดภัยต่อตัวผู้วัด อุปกรณ์การทดลองและเครื่องมือวัด

เนื้อหา

1. ทฤษฎีการวางซ้อน
2. ทฤษฎีแรงดันโนด

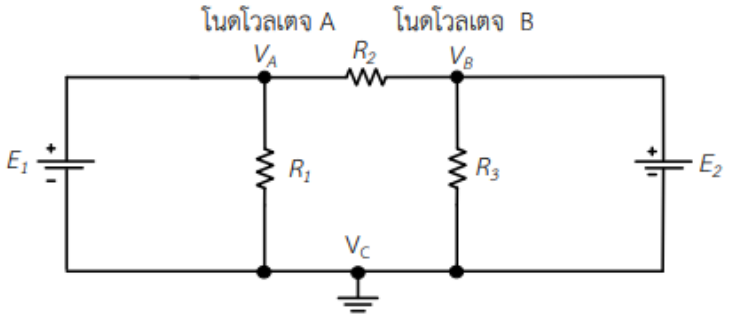
ทฤษฎีการวางซ้อน

ในวงจรไฟฟ้าที่มีแหล่งจ่ายไฟมากกว่าหนึ่งแหล่ง เราอาจพิจารณาหาค่าของกระแสไฟที่ไหลในวงจรหรือความต่างศักดิ์ที่เกิดขึ้นระหว่างจุดต่างๆภายในวงจร โดยการพิจารณาผลที่เกิดขึ้นจากแหล่งไฟฟ้าทีละแหล่ง แล้วนำผลที่ได้นั้นมารวมกันทางเวคเตอร์ วิธีการเช่นนี้เรียกว่า ทฤษฎีการวางซ้อน

<u>วิธีการการใช้ทฤษฎีการวางซ้อน</u>

1. ถ้าพิจารณาแหล่งจ่ายไฟแหล่งหนึ่ง แล้วแหล่งจ่ายไฟที่เหลือที่ยังไม่พิจารณานั้นเป็นแหล่งจ่ายแรงดันให้ทำการลัดวงจร (Short Circuit) แหล่งจ่ายไฟดังกล่าว
2. ถ้าพิจารณาแหล่งจ่ายไฟแหล่งหนึ่ง แล้วแหล่งจ่ายไฟที่เหลือที่ยังไม่พิจารณานั้นเป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ทำการเปิดวงจร (Open Circuit) พิจารณาแหล่งจ่ายไฟอื่นๆในวงจรให้ครบ โดยใช้หลักการเหมือนข้อ 1 และข้อ 2
3. นำผลที่ได้จากการหาค่าต่างจากข้อ 1 ถึง ข้อ 3 มารวมกันทางเวคเตอร์ ผลลัพธ์ที่ได้คือผลลัพธ์ที่ต้องการ

ทฤษฎีแรงดันโนด



รูปที่ 7.1

ที่มา : http://watchara.edsup.org/wp-content/uploads/2017/05/หน่วยที่-14.2.-แก้ไข-1-แบบทดสอบก่อนเรียน-เนื้อหา-สารสระ-แบบฝึกหัด-หลังเรียน1.pdf

จากรูปที่ 7.1 จะพบว่า

1. จำนวนปรินท์ซิเปิ้ลโนด = 3 คือ V_A , V_B และ V_C
2. โนดอ้างอิง คือ V_C ซึ่งเราเห็นได้ว่าถูกต่อลงกราวด์
3. โนดโวลเตจที่โนดต่างๆ จะพิจารณาความต่างศักย์ไฟฟ้า ณ โนดนั้น ๆ โดยเทียบกับโนดอ้างอิง

ลำดับขั้นการใช้วิธีแรงดันโนดหาค่าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้า

1. กำหนดโนดต่าง ๆ ลงในวงจรที่กำหนดให้
2. พิจารณาโนดโวลเตจที่โนดต่าง ๆ เทียบกับโนดอ้างอิงเพื่อสร้างสมการกระแสไฟฟ้า มีหลักดังนี้

- ถ้าพิจารณาที่โนดใด ๆ ให้ถือว่าโนดนั้นมีศักย์ไฟฟ้าสูงที่สุด จากกฎของโอห์มพบว่าการต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะไหลจากจุดที่มีศักย์สูงกว่าไปยังจุดที่มีศักย์ต่ำกว่า ดังนั้นถ้าพิจารณาโนดใด ๆ ให้ถือว่ากระแสไฟฟ้าพยายามไหลออกจากโนดนั้นผ่านสาขาต่างๆ ไปยังโนดที่มาสัมพันธ์ด้วยโดยเทียบกับโนดอ้างอิง

- จำนวนสมการของกระแสไฟฟ้าที่ต้องสร้างขึ้นเพื่อหาค่าตัวแปรนั้นมีจำนวนน้อยกว่าปรินท์ซิเปิ้ลโนดเท่ากับ 1 นั่นคือ จำนวนของโนดโวลเตจ = n – 1, เมื่อ n = จำนวนปรินท์ซิเปิ้ลโนด

3. หาค่าของตัวแปรจากสมการที่สร้างขึ้น โดยใช้เมตริกและดีเทอร์มีแนนท์เข้าช่วย

สรุปลำดับขั้นการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยแรงดันโนด

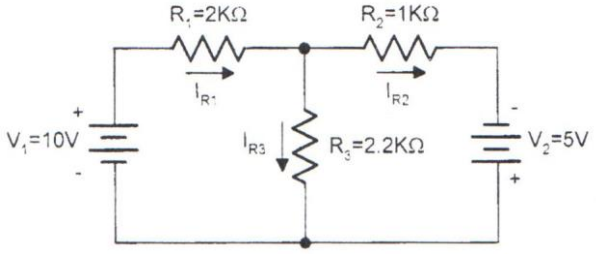
1. กำหนดโนดหลักและเลือกโนดหลัก 1 โนดเพื่อใช้เป็นโนดเปรียบเทียบ
2. ตั้งสมการกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ในแต่ละโนด
3. แก้สมการหาค่าแรงเคลื่อนโนด
4. คำนวณหาค่าในวงจร

การทดลอง

รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.	มัลติมิเตอร์	2	เครื่อง
2.	ชุดทดลองหลัก BASE UNIT (BU-1)	1	เครื่อง
3.	แผงโมดูลการทดลอง AL-1100A	1	แผ่น
4.	สายต่อวงจรไฟฟ้า	1	ชุด

การทดลองที่ 7.1 ทฤษฎีการวางซ้อน
ลำดับขั้นการทดลอง



รูปที่ 7.2

ที่มา : “ทฤษฎีซูปเปอร์โพซิชัน” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 46.

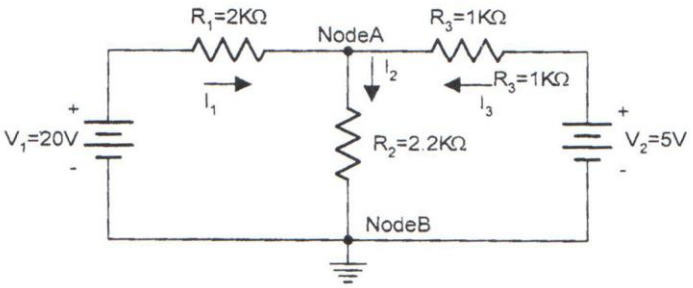
1. จากวงจรไฟฟ้ารูปที่ 7.2 ให้ใช้กฎเคอร์ชอฟฟ์ คำนวณหาค่ากระแสที่ไหลผ่าน R_1, R_2 และ R_3 บันทึกผลลงในตารางที่ 7.1
2. จากวงจรไฟฟ้ารูปที่ 7.2 ใช้ทฤษฎีการวางซ้อน คำนวณหาค่ากระแสที่ไหลผ่าน R_1, R_2 และ R_3 บันทึกผลลงในตารางที่ 7.1
3. ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 7.2 วัดกระแสที่ไหลผ่าน R_1, R_2 และ R_3 บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 ผลการทดลอง

mA	I_{R1}	I_{R2}	I_{R3}
กฎของเคอร์ชอฟฟ์			
ทฤษฎีการวางซ้อน			
ค่าจากการวัด			

การทดลองที่ 7.2 ทฤษฎีแรงดันโนด
ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 7.3



รูปที่ 7.3
ที่มา : “ทฤษฎีแรงดันโนด” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 51.

2. ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 7.3 วัดค่าแรงดันที่จุดโนด A V_A=.....V
3. วัดกระแส I_1, I_2 และ I_3

I_1 = ... mA, I_2 = ... mA, I_3 = ... mA

4. เขียนสมการกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ที่จุดโนด A ได้

I_1 = ... - ..... mA

5. แทนค่าสมการที่เขียนได้ในข้อที่ 4 ด้วย V/R ได้

$$I_1 = \frac{(V_1 - V_A)}{R_1} \text{ , } I_2 = \frac{(\text{.....})}{R_2} \text{ และ } I_3 = \frac{(V_2 - \text{.....})}{R_3}$$

6. นำค่าแรงดันโนดที่วัดได้จาก Node ในข้อที่ 2 แทนในสมการที่เขียนได้จากข้อที่ 5 เพื่อคำนวณหาค่ากระแส I_1, I_2 และ I_3

I_1 = ... mA, I_2 = ... mA, I_3 = ... mA

7. นำสมการกระแสในข้อที่ 4 มาแทนค่าด้วยสมการแรงดันโนด ได้ว่า

$I_1 = I_2 - I_3$

$$\frac{V_1 - V_A}{R_1} = \frac{V_A}{R_2} - \frac{V_2 - V_A}{R_3}$$

แทนค่า

V_1 = 20V

V_2 = 5V

แก้สมการเพื่อหาค่า V_A (แรงดันโนด A) ได้

V_A = ... V

8. เปรียบเทียบ VA ที่คำนวณในข้อที่ 7 แตกต่างจากข้อที่ 2 หรือไม่อย่างไร โดยบอกในรูปของร้อยละของค่าผิดพลาด (%Error)

%Error = ... %

สรุปผลการทดลองที่ 7.1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลองที่ 7.2

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ซ. การทดลองที่ 8 ทฤษฎีเทวินิน และนอร์ตัน (Thevenin's & Norton's Theorem)

วัตถุประสงค์

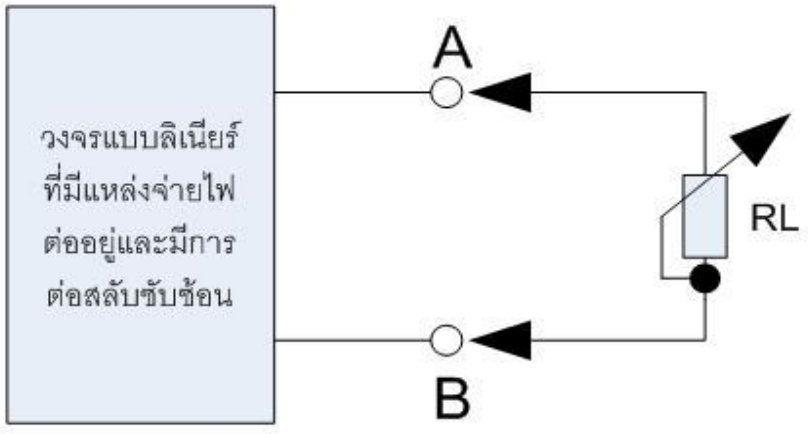
1. เพื่อให้นิสิตสามารถต่อวงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดให้ และวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรได้อย่างถูกต้อง
2. เพื่อให้นิสิตสามารถใช้เครื่องมือวัดกระแสและแรงดันได้อย่างถูกต้องตามขั้นตอน เพื่อความปลอดภัยต่อตัวผู้วัด อุปกรณ์การทดลองและเครื่องมือวัด

เนื้อหา

1. ทฤษฎีเทวินิน (Thevenin's Theorem)
2. ทฤษฎีนอร์ตัน (Norton's Theorem)

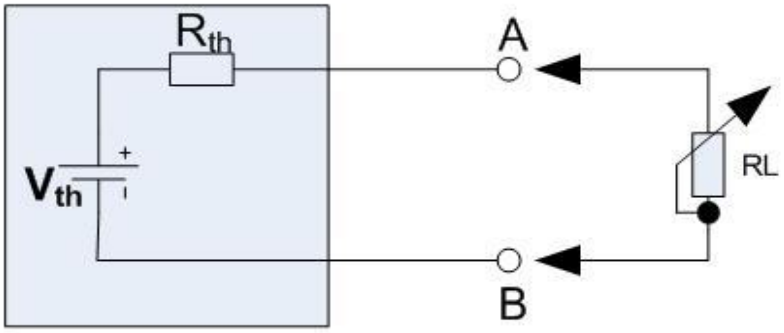
ทฤษฎีเทวินิน (Thevenin's Theorem)

ทฤษฎีของเทวินิน กล่าวไว้ว่า "ในวงจรเชิงเส้นใดๆ ที่มีแหล่งจ่ายไฟต่ออยู่และมีการสลับซับซ้อนและจ่ายไฟฟ้ากับโหลด (R_L) ที่มีค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงค่าได้ เราอาจแทนวงจรดังกล่าวได้ด้วยแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่เทียบเท่าแหล่งหนึ่งต่ออนุกรมกับความต้านทานที่เทียบเท่าตัวหนึ่งและจ่ายไฟให้กับโหลดดังกล่าว"



รูปที่ 8.1
ที่มา : http://www.oocities.org/hs60144/Saranaroo/CirNet/lesson5.htm

จากรูปที่ 8.1 เป็นรูปที่แสดงถึงวงจรที่กำหนดให้ที่มีขั้วเอาท์พุท 2 ปลายคือ A และ B และจ่ายไฟให้กับโหลดที่มีค่าเปลี่ยนแปลงได้ เราอาจเปลี่ยนเป็นวงจรเทียบเท่า (Equivalent Circuit) ของเทวินินได้ดังรูปที่ 8.2



รูปที่ 8.2

ที่มา : http://www.oocities.org/hs60144/Saranaroo/CirNet/lesson5.htm

จากรูปที่ 8.2 เป็นวงจรเทียบเท่าของเทวินิน ที่มี

V_{th} = แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่เทียบเท่าของเทวินิน (Thevenin Equivalent Voltage Source)

R_{th} = ค่าความต้านทานที่เทียบเท่าของเทวินิน (Thevenin Equivalent Resistance)

การหา V_{th} มีลำดับขั้นดังนี้

1. ปลด R_Lออก
2. มองเข้าไปในวงจรที่กำหนดให้ทางขั้วเอาท์พุท A-B ที่ปลด R_L ออกแล้ว และหาค่าV_{AB} ขณะปลด R_L ออกนั้นว่ามีค่าเป็นเท่าไร เราจะได้ว่า V_{AB} ขณะปลด R_Lออกนั้นก็คือ Vth
3. กล่าวคือ $V_{th} = V_{AB}$ ขณะปลด R_L ออก

การหา R_{th} มีลำดับขั้นดังนี้

1. ปลด R_Lออก (ดังรูปที่ 8.3)

รูปที่ 8.3

ที่มา : http://www.oocities.org/hs60144/Saranaroo/CirNet/lesson5.htm

2. มองเข้าไปในวงจรที่กำหนดให้ทางขั้วเอาท์พุท A-B และถ้าพบว่า

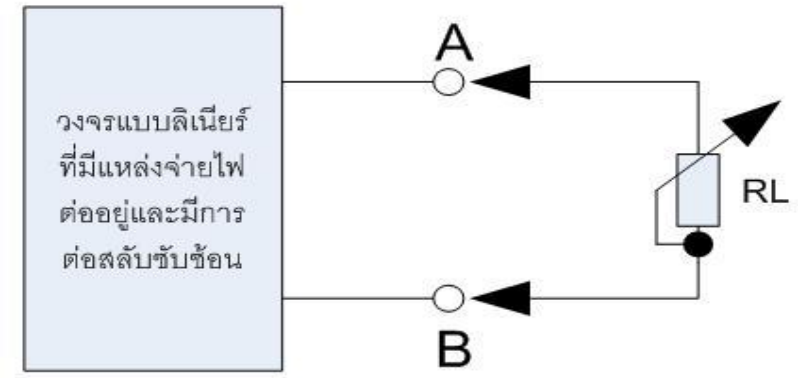
3. วงจรที่กำหนดให้นั้นมีแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้านั้นมีความต้านทานภายใน(R_{in}) ให้เราเขียนแทนแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้านั้นด้วยความต้านทานตัวหนึ่งที่มีความต้านทานเท่ากับค่าความต้านทานภายในของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้านั้นไม่มีค่าความต้านทานภายในให้ทำการลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้านั้นเสีย

4. วงจรที่กำหนดให้มีแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า ให้ทำการเปิดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้านั้น

5. หาค่าความต้านทานระหว่างขั้ว A-B ขณะนั้น และจะได้ว่า R_{AB} ขณะปลดR_L ออกนั้น ก็คือ $R_{th} = R_{AB}$ ขณะปลด R_L ออก

ทฤษฎีนอร์ตัน (Norton's Theorem)

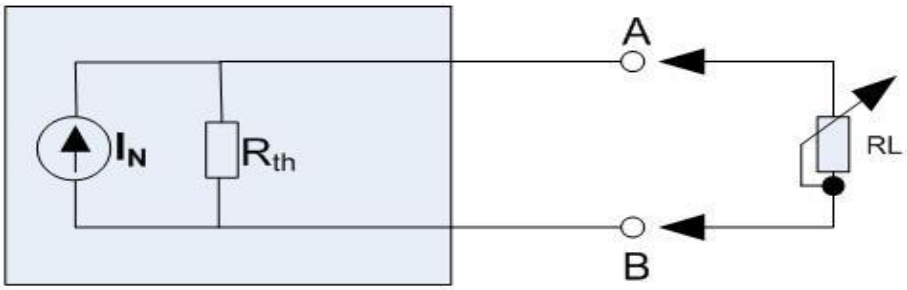
ทฤษฎีนอร์ตันมีลักษณะและวิธีคล้าย ๆ กับทฤษฎีของเทวินิน โดยทฤษฎีของนอร์ตันกล่าวไว้ว่า "ในวงจรแบบลิเนียร์หรือวงจรแบบเชิงเส้นใด ๆ ที่แหล่งจ่ายไฟต่ออยู่และมีการต่อสลับซับซ้อนและจ่ายไฟให้กับโหลด (R_L) ที่มีค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงค่าได้ เราอาจแทนวงจรดังกล่าวที่กำหนดให้นั้นๆ ด้วยแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าที่เทียบเท่าแหล่งหนึ่งต่อคร่อมอยู่กับความต้านทานที่เทียบเท่าตัวหนึ่งและจ่ายไฟให้กับโหลดดังกล่าว"



รูปที่ 8.4

ที่มา : http://www.oocities.org/hs60144/Saranaroo/CirNet/lesson5.htm

จากรูปที่ 8.4 เป็นรูปที่แสดงถึงวงจรที่กำหนดให้ที่มีขั้วเอาท์พุท (Terminal Output) 2 ปลาย คือ A และ B และจ่ายไฟให้กับโหลดที่มีค่าเปลี่ยนแปลงได้เราอาจเปลี่ยนเป็นวงจรเทียบเท่าของนอร์ตัน ได้ดังรูปที่ 8.5



รูปที่ 8.5

ที่มา : http://www.oocities.org/hs60144/Saranaroo/CirNet/lesson5.htm

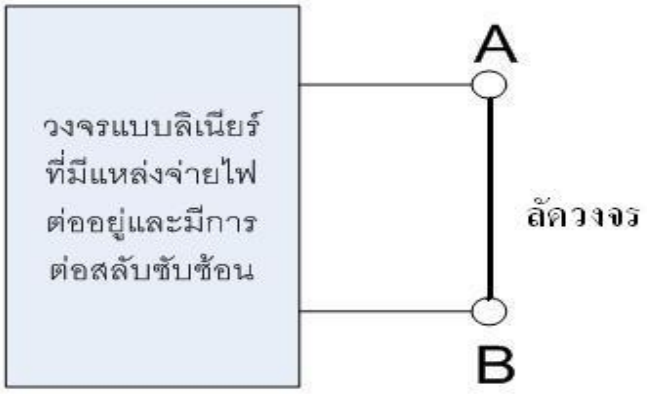
จากรูปที่ 8.5 เป็นวงจรเทียบเท่าของนอร์ตัน ที่มี

I_N = แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าที่เทียบเท่าของนอร์ตัน (Norton Equivalent Current Source)

R_N = ค่าความต้านทานที่เทียบเท่าของนอร์ตัน (Norton Equivalent Resistance)

การหา I_N มีลำดับขั้นดังนี้

1. ปลด R_L ออก (เพื่อให้สะดวกต่อการพิจารณาขั้นตอนต่อไป)
2. ทำการลัดวงจรที่ขั้วเอาท์พุท A-B



รูปที่ 8.6

ที่มา : http://www.oocities.org/hs60144/Saranaroo/CirNet/lesson5.htm

3. พิจารณาหาค่าของกระแสไฟฟ้าที่ไหลจากขั้ว A ไปยัง B ขณะนั้นทำการลัดวงจรที่ A-B นั้นว่ามีค่าเท่าไร ค่าของกระแสไฟฟ้าที่หาได้นี้ก็คือ $I_N = R_N$ ขณะทำการลัดวงจรที่ A-B

การหาค่า R_N มีลำดับขั้นดังนี้

การหาค่าของ R_N มีขั้นตอนการหาคล้ายกับการหาค่า R_{th} นั่นคือ $R_N = R_{th} = R_{AB}$ ขณะปลด R_L ออก

รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

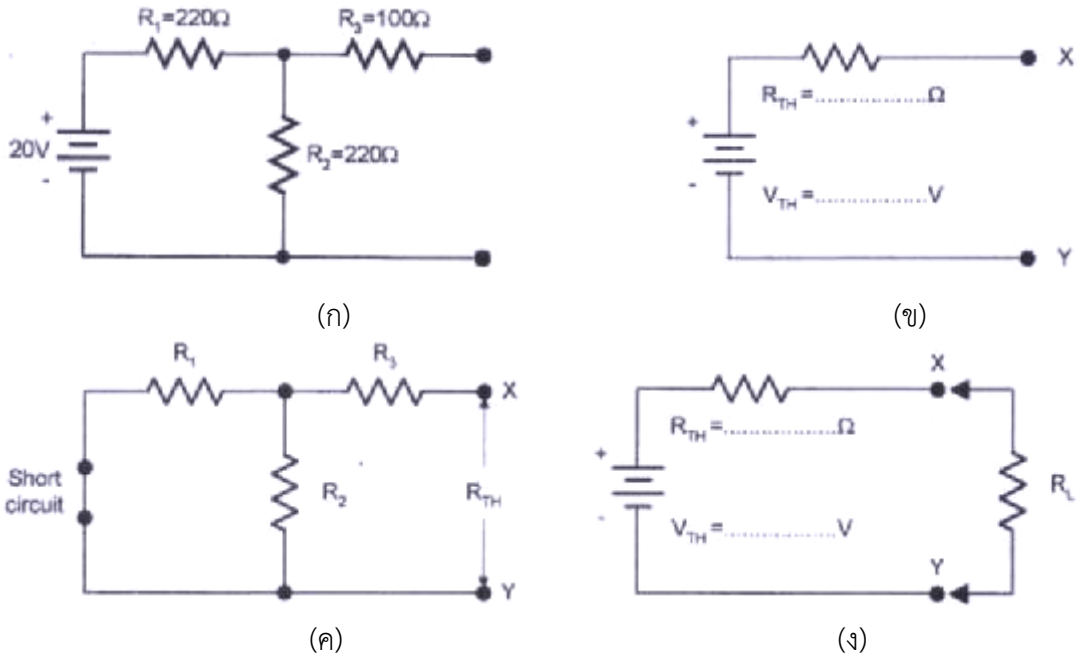
1.	มัลติมิเตอร์	2	เครื่อง
2.	ชุดทดลองหลัก BASE UNIT (BU-1)	1	เครื่อง
3.	แผงโมดูลการทดลอง AL-1100A	1	แผ่น
4.	สายต่อวงจรไฟฟ้า	1	ชุด

การทดลองที่ 8.1 ทฤษฎีเทวินิน

ลำดับขั้นการทดลอง

<u>วงจรไฟฟ้าที่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้า 1 ตัว</u>

1. ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 8.7 (ก)
2. ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดันเทียบเท่าของเทวินิน (V_{th}) ที่จุด XY ได้ว่า $V_{XY} = V_{th} =$ .....V เติมค่าแรงดัน V_{th} ที่วัดได้ในรูปที่ 8.7 (ข)
3. ปลดแหล่งจ่ายไฟฟ้าในรูปที่ 8.7 (ก) ออก และใช้สายต่อวงจรไฟฟ้าต่อที่ตำแหน่งดังกล่าวใช้มัลติมิเตอร์ย่านวัดความต้านทาน วัดค่าความต้านทานเทียบเท่าของเทวินิน (R_{th}) ที่จุด XY ได้ว่า $R_{th} =$ .....Ω เติมค่า R_{th} ในรูปที่ 8.7 (ข)
4. ต่อตัวต้านทาน 470 Ω เป็นโหลดเข้าไปที่จุด XY ของวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 8.7(ก) ใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดันตกคร่อมโหลด ได้ว่า $V_{Load} =$ V
5. จากวงจรในรูปที่ 8.7 (ก) จงคำนวณหาค่าแรงดันเทียบเท่าของเทวินิน (V_{th}) ได้ว่า $V_{th} =$ .....V เติมค่าแรงดัน V_{th} ที่วัดได้ในรูปที่ 8.7 (ง)
6. จากวงจรในรูปที่ 8.7 (ง) จงคำนวณหาค่าความต้านทานของเทวินิน (R_{th}) ได้ว่า $R_{th} =$ .....Ω เติมค่า R_{th} ในรูปที่ 8.7 (ง)
7. ให้นิสิตคำนวณหาค่า V_{Load} เมื่อต่อ $R_L = 470\Omega$ ที่จุด XY ในรูปที่ 8.7 (ก) ได้ว่า $V_{Load} =$ V
8. ให้นิสิตเปรียบเทียบค่าแรงดัน V_{Load} ที่คำนวณได้ในข้อ 8 กับที่วัดได้ในข้อ 4 ว่าแตกต่างกันอย่างไร โดยบอกในรูปของร้อยละของค่าผิดพลาด จะได้ %Error =.....%



รูปที่ 8.7 วงจรการทดลองเรื่องทฤษฎีเทวินิน

(ก) วงจรไฟฟ้าที่มีแหล่งจ่าย 1 ตัว (ข) วงจรเทียบเท่าเทวินินที่วัดได้

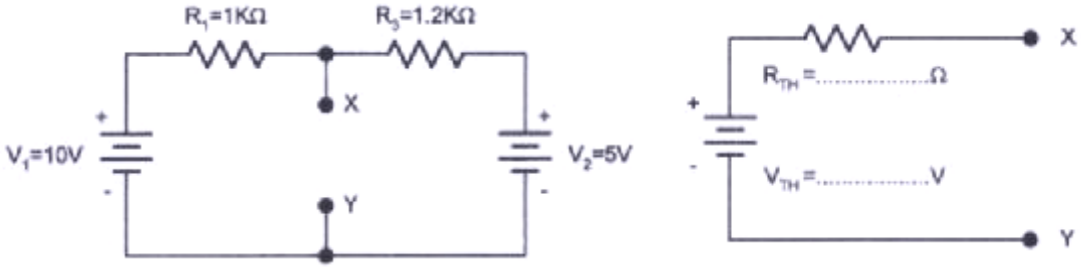
(ค) short แหล่งจ่าย (ง) วงจรเทียบเท่าของเทวินินที่คำนวณได้

ที่มา : “ทฤษฎีเทวินิน” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 55-56.

<u>วงจรไฟฟ้าที่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้า 2 ตัว</u>

1. ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 8.8 (ก)
2. ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดัน V_{th} ที่จุด XY ของรูปที่ 8.8 (ก) ได้ V_{th} = ...V
3. ต่อตัวต้านทาน 470 Ω เป็นโหลดเข้าไปที่จุด XY ของวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 8.8 (ก) ใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดันตกคร่อมโหลด ได้ว่า V_{Load} = ...V
4. ปลดแหล่งจ่ายไฟฟ้า V_1 และ V_2 ในรูปที่ 8.8 (ก) ออก และใช้สายต่อวงจรไฟฟ้าต่อที่ตำแหน่งดังกล่าวแทน ให้นิสิตใช้มัลติมิเตอร์ย่านวัดความต้านทาน วัดค่าความต้านทานเทียบเท่าของเทวินิน (R_{th}) ที่จุด XY ได้ว่า R_{th} = ...Ω
5. จากวงจรในรูปที่ 8.8 (ก) จงคำนวณหาค่าแรงดันเทียบเท่าของเทวินิน (V_{th}) และ ค่าความต้านทานของเทวินิน (R_{th}) ได้ว่า V_{th} = ...V , R_{th} = ... = ...Ω
6. ให้นิสิตเปรียบเทียบค่า V_{th} และ R_{th} ที่คำนวณได้ในข้อ 5 กับที่วัดได้ในข้อ 2 และข้อ 4 ว่าแตกต่างกันอย่างไร โดยบอกในรูปของร้อยละของค่าผิดพลาด จะได้

R_{th} มีค่า %Error =.....% และ V_{th} มีค่า %Error =.....%



(ก) (ข)

รูปที่ 8.8 วงจรการทดลองเรื่องทฤษฎีเทวินิน

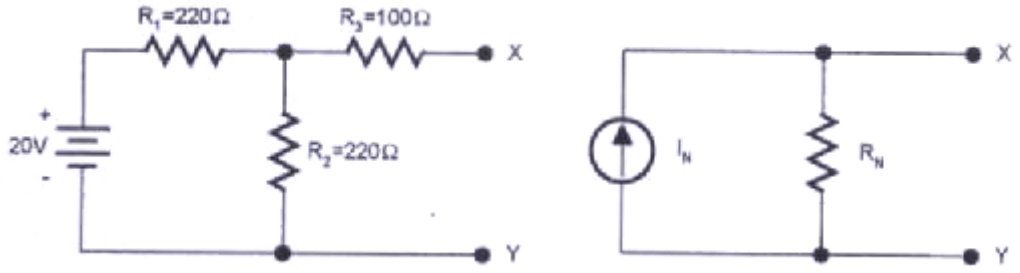
(ก) วงจรไฟฟ้าที่มีแหล่งจ่าย 2 ตัว (ข) วงจรเทียบเท่าเทวินิน

ที่มา : “ทฤษฎีเทวินิน” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 57.

การทดลองที่ 8.2 ทฤษฎีนอร์ตัน

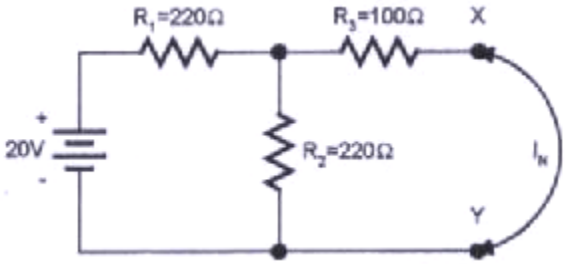
ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 8.9 โดยไม่ต้องต่อ R_L
2. ใช้สายต่อวงจรไฟฟ้าลัดวงจรที่จุด XY วัดกระแสระหว่างจุด XY ดังรูป 8.9 ได้ I_N=.....mA
3. ปลดแหล่งจ่ายไฟฟ้า 20V ออกจากวงจร และต่อสานต่อวงจรที่จุดปลดแหล่งจ่ายดังรูปที่ 8.9 และใช้มัลติมิเตอร์ย่านวัดโอห์ม วัดความต้านทานเทียบเท่าของนอร์ตัน (R_N) ที่จุด XY ของวงจรในรูปที่ 8.9 ได้ R_N=.....Ω
4. บันทึกค่า I_N และ R_N ที่วัดได้จากข้อ 2 และ 3 ลงในวงจรรูปที่ 8.9 (ข) และเขียนทิศทางของแหล่งจ่ายกระแสให้ชัดเจน



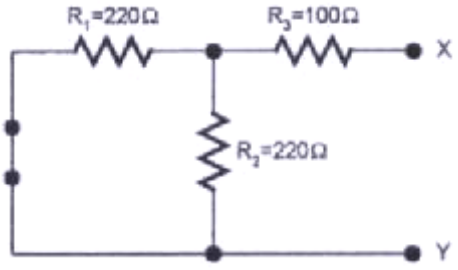
รูปที่ 8.9 วงจรการทดลองเรื่องทฤษฎีนอร์ตัน (ก) วงจรการทดลอง (ข) วงจรเทียบเท่าของนอร์ตัน

ที่มา : “ทฤษฎีนอร์ตัน” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 61.



รูปที่ 8.10

ที่มา : “ทฤษฎีนอร์ตัน” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 62.



รูปที่ 8.11

ที่มา : “ทฤษฎีนอร์ตัน” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 62.

5. จากวงจรรูปที่ 8.9 (ก) ให้ต่อ R_L เท่ากับ กับ 470 Ω ,1kΩ และ 2.2 kΩ วัดกระแสที่ไหลผ่าน R_L บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 8.1
6. ให้คำนวณหาค่ากระแสเทียบเท่านอร์ตัน (I_N) และความต้านทานนอร์ตัน (R_N)

   I_N = ... mA และ R_N = ... Ω
7. คำนวณหาค่า IL โดยใช้วงจรรูปที่ 8.11 เมื่อต่อเข้ากับ 470 Ω ,1kΩ และ 2.2 kΩ โดยใช้สูตร ได้ว่า $I_L = \frac{I_N}{R_N + R_L} \times R_N$ บันทึกผลในตารางที่ 8.1

ตารางที่ 8.1 ผลการทดลอง

mA	470 Ω	1kΩ	2.2 kΩ
I_L ค่าที่วัด			
I_L ค่าที่คำนวณ			

สรุปผลการทดลองที่ 8.1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลองที่ 8.2

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ฌ. การทดลองที่ 9 ทฤษฎีส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุดและวิทสโตนบริดส์ไฟตรง

วัตถุประสงค์

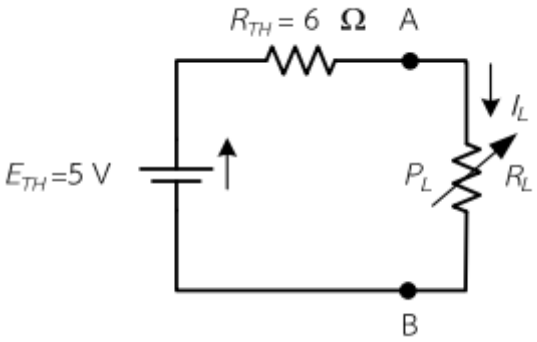
1. เพื่อให้นิสิตสามารถต่อวงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดให้ และวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรได้อย่างถูกต้อง
2. เพื่อให้นิสิตสามารถใช้เครื่องมือวัดกระแสและแรงดันได้อย่างถูกต้องตามขั้นตอน เพื่อความปลอดภัยทั้งต่อตัวผู้วัด อุปกรณ์การทดลองและเครื่องมือวัด

เนื้อหา

1. ทฤษฎีส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด (The Maximum Power Transfer Theorem)
2. ทฤษฎีวิทสโตนบริดส์ไฟตรง

ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด (The Maximum Power Transfer Theorem)

ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด กล่าวไว้ว่า “ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงใดๆ ที่มีแหล่งจ่ายไฟจ่ายพลังงานให้กับโหลด โหลดจะได้รับกำลังๆไฟฟ้าสูงสุดก็ต่อเมื่อค่าความต้านทานของโหลดมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานภายในของแหล่งจ่ายไฟนั้นๆ”



รูปที่ 9.1 วงจรไฟฟ้าสำหรับการวิเคราห์หลักการทฤษฎีการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุด
ที่มา : http://watchara.edsup.org/wp-content/uploads/2018/07/หน่วยที่-16-เนื้อหา.pdf

จากรูปที่ 9.1 สามารถหาความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้ากับตัวต้านทานที่โหลด (RL) ได้สมการดังนี้

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด

$$I_L = \frac{E_{TH}}{R_{TH} + R_L} \quad \text{.....(9.1)}$$

แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานโหลด

$$V_L = \frac{E_{TH} \times R_L}{R_{TH} + R_L} \quad \text{.....(9.2)}$$

กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่โหลด

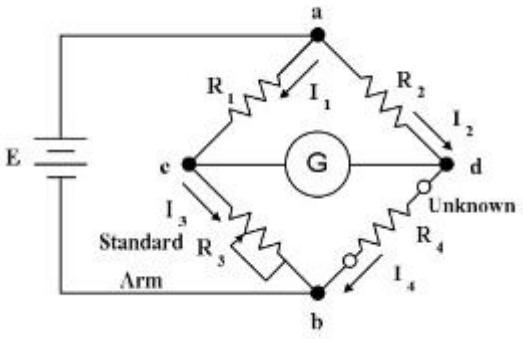
$$P_I = I_2 \times R_L \quad \text{.....(9.3)}$$

ทฤษฎีวิทสโตนบริดส์ไฟตรง(DC Bridge)

บริดจ์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Bridge) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดค่าความต้านทานในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งมีค่าความถูกต้องสูง

บริดจ์แบบสมดุล (Balance Bridge) ขณะที่บริดจ์อยู่ในสภาพสมดุล จะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านกัลวานอมิเตอร์ทำให้เข็มของเครื่องวัดชี้ที่เลข 0

ถ้าต้องการทราบค่าความต้านทาน R4 จะต้องสับสวิทช์ S1 และสวิทช์ S2 แล้วปรับอัตราส่วนของความต้านทาน R2/R1 (Ratio adjust) และความต้านทาน R3 จนกระทั่งกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรกัลวานอมิเตอร์มีค่าเป็นศูนย์ แสดงว่าบริดจ์อยู่ในสภาพสมดุล



รูปที่ 9.2

ที่มา : https://docs.google.com/document/d/1q0h8ikfdbSFJrvgLfrF8LaXzPEuA2IJaB07oUoAu_yA/

จากสภาพสมดุลของวงจรบริดจ์ (รูปที่ 9.2) ทำให้ทราบว่าแรงดันไฟตกคร่อม R_3 และ R_4 มีค่าเท่ากันตามสมการดังนี้

$$I_3R_3=I_4R_4 \qquad \text{.....(9.4)}$$

นอกจากนี้แรงดันไฟที่ตกคร่อม R1 และ R2 ยังมีค่าเท่ากันด้วย

$$I_1R_1=I_2R_2 \qquad \text{.....(9.5)}$$

ขณะที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านกัลวานอมิเตอร์ (G) แสดงว่า $I_1 = I_3$ และ $I_2 = I_4$

แทนค่า I3 ด้วย I1 และ I4 ด้วย I2 ในสมการ 9.4 จะได้

$$I_1R_3=I_2R_4 \qquad \text{.....(9.6)}$$

หารสมการด้วย 9.5 ด้วยสมการ 9.6 จะได้

$$\frac{R_1}{R_3}=\frac{R_2}{R_4}$$

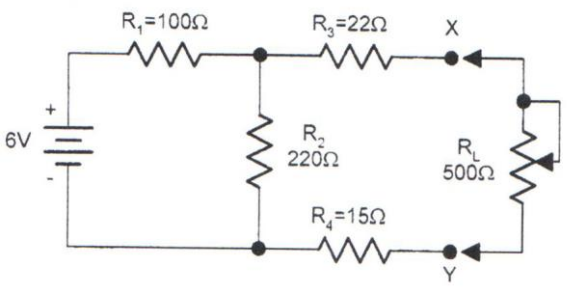
หรือ

$$R_4=\frac{R_2R_3}{R_1} \qquad \text{.....(9.7)}$$

รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.	มัลติมิเตอร์	2	เครื่อง
2.	ชุดทดลองหลัก BASE UNIT (BU-1)	1	เครื่อง
3.	แผงโมดูลการทดลอง AL-1100A	1	แผ่น
4.	สายต่อวงจรไฟฟ้า	1	ชุด

การทดลองที่ 9.1 ทฤษฎีส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด
ลำดับขั้นการทดลอง



รูปที่ 9.3
ที่มา : “ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 66.

1. คำนวณหาค่าความต้านทานเทียบเท่าของเทวินินจากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 9.3 ได้ R_{TH} = ... **Ω**
2. ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 9.3 ปลด Load และ แหล่งจ่าย ต่อสายที่จุดปลดแหล่งจ่าย วัดค่าความต้านทานระหว่างจุด XY ได้ R_{TH} = ... **Ω**
3. ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 9.3 ปรับค่าความต้านทาน R_{Load} ให้ได้ตามตารางที่ 9.1 วัดแรงดันและคำนวณค่ากำลังไฟฟ้า บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 9.1

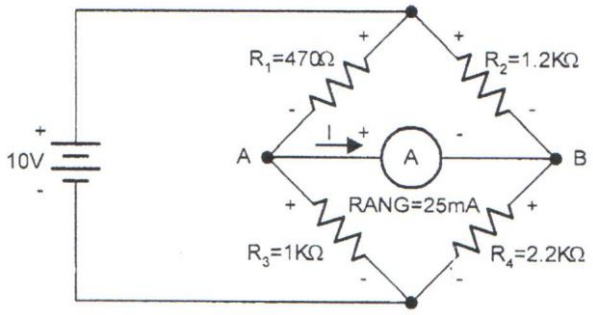
ตารางที่ 9.1 ผลการทดลอง

ค่าความต้านทาน R_L (**Ω**)	แรงดันตกคร่อม V_{RL} (V)	คำนวณค่ากำลังไฟฟ้า (mW)
25		
50		
100		
150		
200		
250		
300		
350		
400		
450		
500		

การทดลองที่ 9.2 ทฤษฎีวิทสโตนบริดส์ไฟตรง

ลำดับขั้นการทดลอง

1. คุณลักษณะของวงจรวิทสโตนบริดส์แบบไม่สมดุลย์



รูปที่ 9.4

ที่มา : “วงจรวิทสโตนบริดส์ไฟตรง” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 71.

a. ต่อวงจรบริดจ์ดังรูปที่ 9.4 วัดกระแสที่ไหลผ่านแอมป์มิเตอร์ I = ... mA

b. วัดแรงดันตกคร่อม R_1, R_2, R_3 และ R_4

V_{R1} = ... V, V_{R2} = ... V

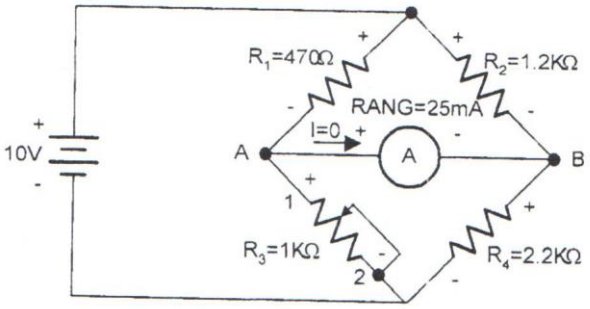
V_{R3} = ... V, V_{R4} = ... V

c. คำนวณค่าอัตราส่วนความต้านทานของวงจรบริดจ์แต่ละสาขา ได้ว่า

สาขาที่ 1 A = R_1/R_3 = ...

สาขาที่ 2 B = R_2/R_4 = ...

2. คุณลักษณะของวงจรวิทสโตนบริดส์แบบสมดุลย์



รูปที่ 9.5

ที่มา : “วงจรวิทสโตนบริดส์ไฟตรง” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 72.

a. ต่อวงจรบริดจ์ดังรูปที่ 9.8 ปรับตัวต้านทานปรับค่าได้ (R_3) จนกระแสที่ไหลผ่านแอมป์มิเตอร์เท่ากับศูนย์

b. วัดแรงดันตกคร่อม R_1, R_2, R_3 และ R_4

V_{R1} = ... V, V_{R2} = ... V

V_{R3} = ... V, V_{R4} = ... V

c. ถอดตัวต้านทานปรับค่าได้ (R_3) วัดค่าความต้านทานระหว่างขาที่ 1 และ 2 ได้

R_3 = ... **Ω**

d. คำนวณค่าอัตราส่วนความต้านทานของวงจรบริดจ์แต่ละสาขา ได้ว่า

สาขาที่ 1 $A = R_1/R_3$ = ...

สาขาที่ 2 $B = R_2/R_4$ = ...

สรุปผลการทดลองที่ 9.1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลองที่ 9.2

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ญ. การทดลองที่ 10 Introduction to AC Circuit

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นิสิตสามารถเรียนรู้การใช้งานออสซิลโลสโคปเบื้องต้นได้
2. เพื่อให้นิสิตสามารถอ่านค่าแรงดัน ความถี่ และคำนวณค่ากระแส จากการวัดด้วยออสซิลโลสโคปเบื้องต้นได้

เนื้อหา

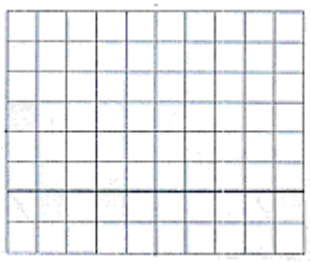
1. การอ่านแรงดันไฟสลับด้วยออสซิลโลสโคปเบื้องต้น
2. การอ่านคาบเวลาด้วยออสซิลโลสโคปเบื้องต้น
3. การอ่านความถี่ด้วยออสซิลโลสโคปเบื้องต้น

ผู้เขียนได้นำเนื้อหาในคู่มือการใช้งานออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ IWASU รุ่น SS-7802A ที่ใช้งานในห้องปฏิบัติการมาทำการสรุปให้เข้าใจง่ายขึ้น ดังนี้

ออสซิลโลสโคปเป็นเครื่องมือสำหรับสร้างรูปคลื่น (Waveform) ของสัญญาณไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าตามเวลาให้ปรากฏบนจอภาพ ทำให้สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณไฟฟ้าเหล่านั้นเทียบกับเวลาได้ นอกจากนี้ออสซิลโลสโคปยังใช้แสดงคลื่นดลและเป็นเครื่องมือสำคัญในการตรวจซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ เครื่องเสียง นอกจากนี้ยังใช้เป็นเครื่องแสดงผลของเครื่องมือวัดบางชนิดอีกด้วย

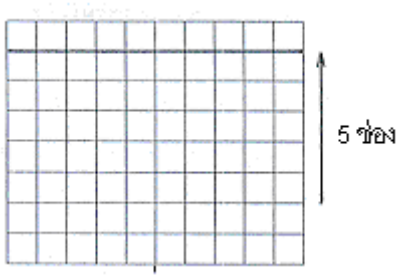
1. การวัดแรงดันไฟตรงเบื้องต้น (DC Voltage measurement): มีขั้นตอนดังนี้

1) โยกสวิตช์การเชื่อมต่อ AC GND DC ไปที่ตำแหน่ง GND จะปรากฏเส้นภาพบนจอ ตั้งสวิตช์เลือก VOLTS/DIV ให้พอเหมาะ จากนั้นปรับปุ่ม ↑↓POSITION ให้เส้นภาพเลื่อนไปยังระดับอ้างอิง (Reference level) OV ดังรูปที่ 10.1



รูปที่ 10.1 ระดับอ้างอิงบนจอแสดงผลของออสซิลโลสโคป
ที่มา : คู่มือการใช้งาน ออสซิลโลสโคป **IWATSU** รุ่น **SS-**7802A

2) โยกสวิตช์การเชื่อมต่อ AC GND DC ไปที่ตำแหน่ง DC ต่อสัญญาณที่จะวัดเข้ากับขั้วต่อ input CH1 นำสัญญาณเข้าโดยผ่านโพรบ ปรับปุ่ม LEVEL จนเส้นภาพอยู่นิ่ง เส้นภาพจะเลื่อนไปจากเดิมโดยแรงดันไฟตรง ดังรูป 10.2 ซึ่งเลื่อนขึ้นไป 5 ช่อง (ในกรณีที่ไม่ปรากฏเส้นภาพแสดงว่าตั้งค่า VOLTS/DIV น้อยไป ให้ปรับค่าสูงขึ้นจนได้เส้นภาพ)



รูปที่ 10.2 การเปลี่ยนตำแหน่งแรงดันอ้างอิง
ที่มา : คู่มือการใช้งาน ออสซิลโลสโคป **IWATSU** รุ่น **SS-**7802A

3) หาแรงดันไฟตรง ได้จาก

แรงดันไฟตรง = จำนวนช่อง (div) จากระดับอ้างอิง x ความไวทางแนวตั้ง (V/div) x การลดทอนของโพรบ

สมมติตั้งค่าความไว = 50 mV/div

การทดสอบของโพรบ = x 1 ดังนั้น

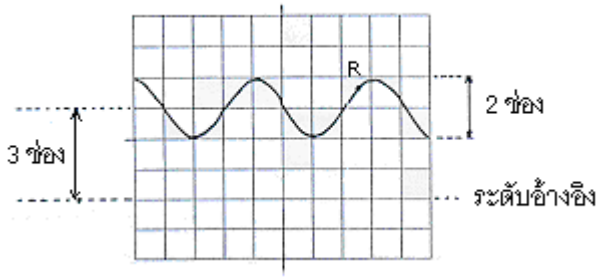
แรงเคลื่อนไฟฟ้า DC = 4.5 div x 50 mV/div x 1 = 225 mV

แต่ถ้าใช้โพรบที่ตั้งการลดทอนไว้ที่ x 10 แรงดันไฟตรงจะเป็น 10 เท่าของ 225 mV

นั่นคือ

แรงดันไฟตรง = 4.5 div x 50 mV/div x 10 = 2.25 V

ในกรณีที่สัญญาณแรงดันไฟตรง มีสัญญาณไฟสลับผสมอยู่ ดังรูป 10.3 ในการวัดให้ดำเนินการตามข้อ 1 และ 2



รูปที่ 10.3 การอ่านค่าแรงดันไฟกระแสตรง เมื่อมีแรงดันไฟกระแสสลับผสมด้วย
ที่มา : คู่มือการใช้งาน ออสซิลโลสโคป **IWATSU** รุ่น **SS-**7802A

เราอาจหาแรงดันไฟตรงได้จากสมการ

แรงดันไฟตรง V = จำนวนช่อง x ความไวทางแนวตั้ง x การลดทอนของโพรบ

จากรูป 9

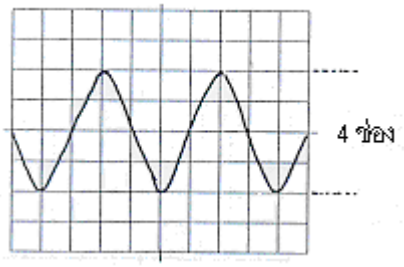
องค์ประกอบ AC V p-p = 2 div x 0.2 V/div x 10 = 4 V

องค์ประกอบ DC V = 3 div x 0.2 V/div x 10 = 6 V

V ขณะหนึ่งที่จุด R V R = 3.6 div x 0.2 V/div x 10 = 7.2 V

2. การวัดแรงดันไฟสลับเบื้องต้น (AC Voltage measurement): มีขั้นตอนดังนี้

1) โยกสวิตช์เลือกการเชื่อมต่อ AC GND DC ไปที่ DC (ในกรณีที่แรงดันไฟตรง DC ผสมอยู่ด้วย แรงดันนี้จะถูกตัดออกไป เหลือแต่แรงดันไฟสลับ AC อย่างเดียว) ปรับสวิตช์เลือกความไวทางแนวตั้ง (VOLTS/DIV และสวิตช์เลือกอัตราการกวาด TIME/DIV ให้พอเหมาะกับแอมพลิจูดและความถี่ของสัญญาณที่จะวัด ต่อสัญญาณที่จะวัดเข้ากับขั้วต่อ input CH1 ปรับปุ่ม LEVEL จนกระทั่งปรากฏรูปคลื่นอยู่นิ่งบนจอภาพ ดังรูป 10.4



รูปที่ 10.4 การอ่านค่าแรงดันไฟกระแสสลับ
ที่มา : คู่มือการใช้งาน ออสซิลโลสโคป **IWATSU** รุ่น **SS-**7802A

2) หาแรงดันไฟจากยอดถึงยอด V p-p จากสมการ
V p-p = จำนวนช่อง x ความไวทางแนวตั้ง x การลดทอนของโพรบ
จากจอภาพในรูป 10 จำนวนช่อง = 4 ช่อง ถ้าความไวทางแกนตั้งอยู่ที่ 0.1 V/div และการลดทอนของโพรบตั้งไว้ที่ x10 ดังนั้น

V p-p = 4 div x 0.1 V/div x 10

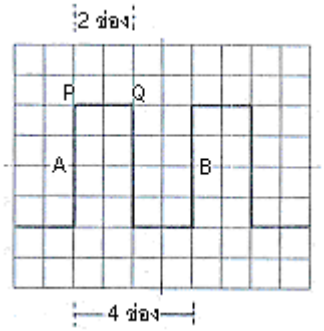
= 4 V

หมายเหตุ ค่าแรงดันไฟสลับ (รูปคลื่นไซน์) ที่อ่านได้จากออสซิลโลสโคปจะไม่เท่ากับค่าที่วัดได้จากเอซีโวลต์มิเตอร์ เพราะค่าที่ได้จากออสซิลโลสโคปเป็นค่า V p-p ส่วนค่าที่วัดได้จากเอซีโวลต์มิเตอร์เป็นค่า Vrms การเปลี่ยนค่าแรงดันไฟสลับจาก V p-p เป็น Vrms อาจทำได้ดังนี้

Vrms $V_{ms} = \frac{V_{p-p}}{2\sqrt{2}} = \frac{V_{p-p}}{2.828}$

3. การวัดเวลาเบื้องต้น (Time measurement): เราสามารถหาคาบหรือช่วงเวลาระหว่างสองจุดใดๆ บนสัญญาณที่กำลังตรวจสอบได้ ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1) ปรับสวิตช์เลือก TIME/DIV ไปอยู่ที่ตำแหน่งที่เหมาะสมและสอดคล้องกับความถี่ของสัญญาณที่กำลังตรวจสอบ โดยให้ช่วงระหว่างสองจุดที่ต้องการคือ P และ Q ดังแสดงในรูป 10.5



รูปที่ 10.5 การวัดคาบเวลา
ที่มา : คู่มือการใช้งาน ออสซิลโลสโคป **IWATSU** รุ่น **SS-**7802A

2) นับจำนวนช่องระหว่างจุด P และ Q

ช่วงเวลาระหว่างสองจุด ใด ๆ หาได้จากสมการ

ช่วงเวลาระหว่างสองจุด = ความไวทางแกนนอน x จำนวนช่องระหว่างสองจุด

จากรูปคลื่นในรูป11 จุด P และ Q ห่างกัน 2 ช่อง ถ้าสวิตช์เลือก TIME/DIV ตั้งไว้ที่ 2 ms/div ดังนั้นช่วงเวลาระหว่างจุด P และ Q

t = 2 ms/div x 2 div

= 4 ms

3) อาศัยหลักการเดียวกันนี้ อาจหาคาบ (period) T ของรูปคลื่นได้

เนื่องจาก คาบ = ช่วงเวลาระหว่างสองจุดที่มีเฟสตรงกัน

จากรูปคลื่นในรูป 11 จุด A และ B มีเฟสตรงกัน

ดังนั้น T = ช่วงเวลาระหว่างจุด A และ B

= 2 ms/div x 4 div

= 8 ms

4. การวัดความถี่เบื้องต้น (Frequency measurement) : เราอาจวัดความถี่ของสัญญาณที่ต้องการตรวจสอบได้ 2 วิธี คือ การหาความถี่จากความสัมพันธ์ และการหาความถี่จากรูปลิสซาจูส (Lissajou's Figures)

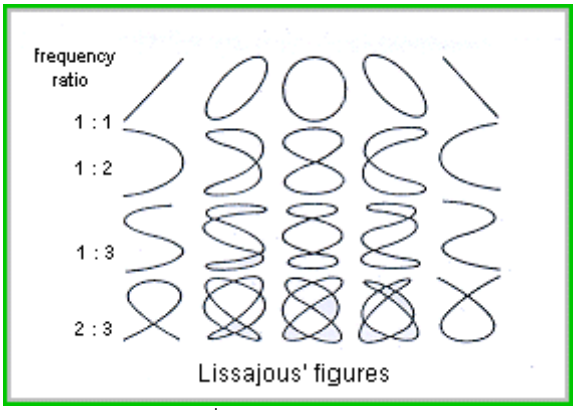
4.1 หาความถี่จากความสัมพันธ์ $f = \frac{1}{T}$ การวัดเวลา เราสามารถวัดคาบ (T) ของสัญญาณได้ ส่วนกลับของคาบ T คือความถี่ f ของสัญญาณ

4.2 หาความถี่จากรูปลิสซาจูส (Lissajou's Figures)

การหาความถี่โดยวิธีนี้ต้องอาศัยเครื่องกำเนิดสัญญาณ (Signal generator) ซึ่งให้สัญญาณที่ทราบความถี่ โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1) บิดสวิตช์เลือก TIME/DIV ในทิศทวนเข็มนาฬิกาจนสุดที่ x-y

2) ต่อสัญญาณที่ต้องการวัด สมมติมีความถี่ f(y) เข้าออสซิลโลสโคปทางขั้วต่อ input CH1 และสัญญาณที่ทราบความถี่ f(x) จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเข้าทางขั้วต่อ input CH2 จะเกิดเส้นภาพที่มีรูปร่างต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่าง f (y) และ f (x) ดังรูป 10.6 รูปเหล่านี้เรียกว่า ลิสซาจูส



รูปที่ 10.6 การหาความถี่จากรูปลิสซาจูส (Lissajou's Figures)

ที่มา : คู่มือการใช้งาน ออสซิลโลสโคป **IWATSU** รุ่น **SS-**7802A

3) เนื่องจากเราทราบค่า f(x) ดังนั้นจึงหา f(y) ได้ เช่น บนจอภาพปรากฏรูปคลื่นตรงกับรูปขวามือสุดของแถวบน และ f(x) ซึ่งอ่านค่าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณได้เท่ากับ 100 Hz ดังนั้น

$$\frac{f_{(y)}}{f_{(X)}} = \frac{3}{2}$$

$$\frac{f_{(y)}}{100Hz} = \frac{3}{2}$$

$$f_{(y)} = 150HZ$$

รายละเอียดอุปกรณ์

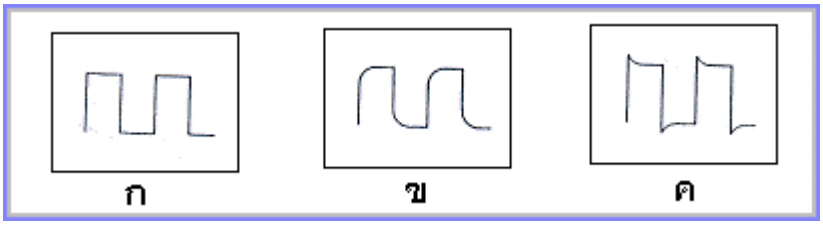
1. สายโพรบ (Probe)

สายโพรบหรือสายวัดเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ร่วมกับออสซิลโลสโคป เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ใช้นำสัญญาณจากภายนอกเข้าสู่ออสซิลโลสโคป โพรบถูกออกแบบให้สามารถนำสัญญาณความถี่สูงและป้องกันสัญญาณรบกวนจากสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้โพรบยังทำหน้าที่เป็นตัวลดทอนสัญญาณ โดยทั่วไปโพรบจะมีสวิตช์เลือกการลดทอนสัญญาณได้ 2 ค่า คือ x 1 และ x 10 ที่ตำแหน่ง x1 ไม่มีการลดทอนสัญญาณ ที่ตำแหน่ง x10 มีการลดทอนสัญญาณลง 10 เท่า การใช้โพรบต้องนำไปต่อกับขั้วต่อ input (หมายเลข 8 และ 9) โพรบมีลักษณะและโครงสร้างดังรูปที่ 10.7

รูปที่ 10.7 โพรบและโครงสร้าง

ที่มา : คู่มือการใช้งาน ออสซิลโลสโคป **IWATSU** รุ่น **SS-**7802A

ก่อนใช้โพรบ ต้องทำการปรับแต่งโพรบโดยนำขอเกี่ยวที่ปลายโพรบไปเกี่ยวที่ขั้วทดสอบ CAL 0.5 V ที่ขั้วนี้จะให้สัญญาณคลื่นรูปสี่เหลี่ยมความถี่ 1 kHz แรงดัน 0.5V ถ้าโพรบอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน จะได้รูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่ไม่ผิดเพี้ยนบนจอภาพ ดังรูปที่ 10.8 (ก) แต่ถ้าโพรบไม่อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน จะได้รูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่ผิดเพี้ยนบนจอภาพ ดังรูปที่ 10.8 (ข) และ 10.8 (ค) ผู้ใช้ต้องทำการปรับแต่งโพรบโดยการปรับความจุ C ของตัวเก็บประจุชนิดปรับค่าได้โดยใช้ไขควงพลาสติก จนกระทั่งได้รูปคลื่นสี่เหลี่ยมเหมือนรูป ก

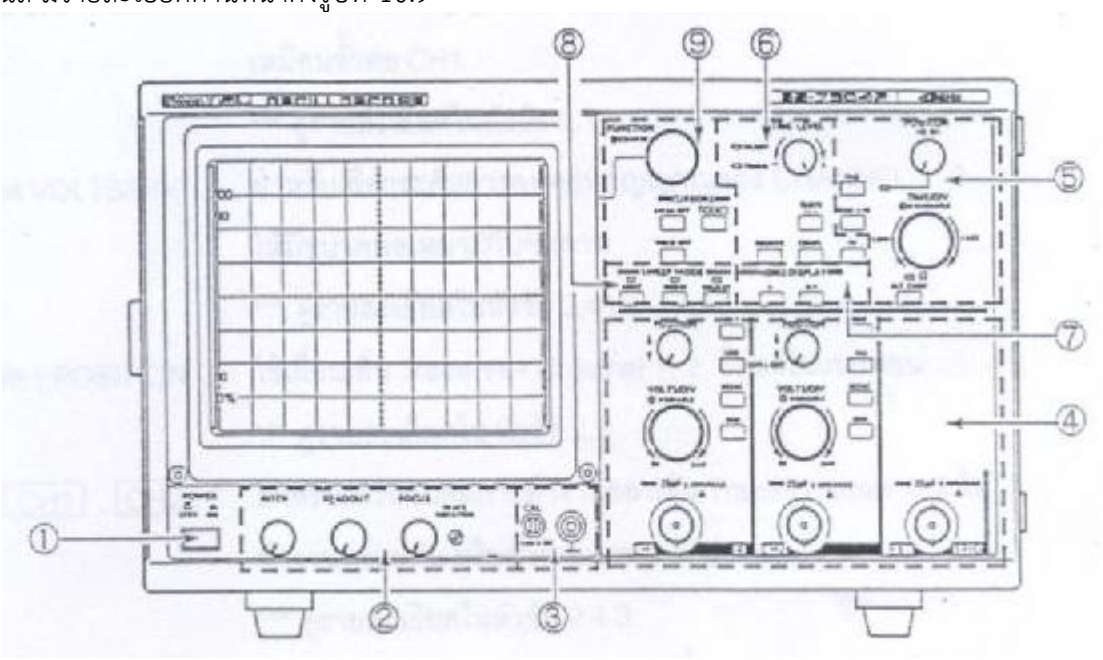


รูปที่ 10.8 การปรับแต่งโพรบให้พร้อมใช้งาน

ที่มา : คู่มือการใช้งาน ออสซิลโลสโคป **IWATSU** รุ่น **SS-**7802A

2. ออสซิลโลสโคป

ออสซิลโลสโคปที่จะกล่าวในที่นี้คือออสซิลโลสโคป IWATSU รุ่น SS-7802A เป็นออสซิลโลสโคปสองแชนแนล มีรายละเอียดด้านหน้าดังรูปที่ 10.9



รูปที่ 10.9 ส่วนประกอบของออสซิลโลสโคปสองแชนแนลของ IWATSU รุ่น SS-7802A (ด้านหน้า)
ที่มา **:** คู่มือการใช้งาน ออสซิลโลสโคป **IWATSU** รุ่น **SS-**7802**A**

2.1 หน้าที่ของสวิตช์ ปุ่มและขั้วต่อต่างๆ ด้านหน้าแสดงดังรูปที่ 4 หมายเลขตำแหน่งต่างๆ มีความหมายดังนี้

(1) ปุ่ม POWER เป็นสวิตซ์เปิด-ปิด จ่ายไฟ AC เข้าเครื่องในตำแหน่ง ON/STBY

(2) ส่วนควบคุมรายละเอียดบนหน้าจอภาพ ประกอบด้วย

- ลูกบิด INTEN สำหรับปรับความสว่างของเส้น Trace
- ลูกบิด READOUT สำหรับปรับความสว่างของตัวอักษร ตัวเลข Cursor(CRT R/O)
- ลูกบิด FOCUS สำหรับควบคุมความชัดของเส้น Trace และ CRT R/O
- TRACE ROTATION ใช้ปรับแนวนอนของเส้น Trace บนหน้าจอให้ขนานกับเส้นตาราง (ใช้ไขควงปากแบนหมุนปรับ)

(3) สัญญาณอ้างอิงและขั้วต่อกราวด์ ประกอบด้วย

(4) ส่วนควบคุมในแนวตั้ง (Vertical Axis) ประกอบด้วย

(5) ส่วนควบคุมในแนวนอน (Horizontal Section) ประกอบด้วย

(6) ส่วนควบคุมการทริก (Triggering Section) ประกอบด้วย

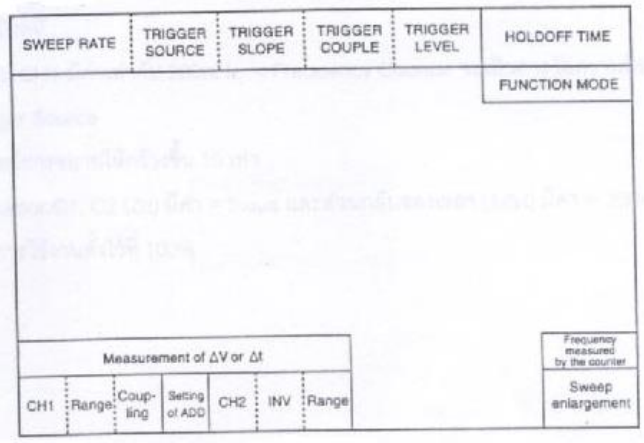
(7) ส่วนควบคุมการแสดงผลแนวนอน (Horizontal Display) ประกอบด้วย

(8) วิธีการกวาดสัญญาณ (Sweep Mode) ประกอบด้วย

(9) ฟังก์ชันการใช้งาน

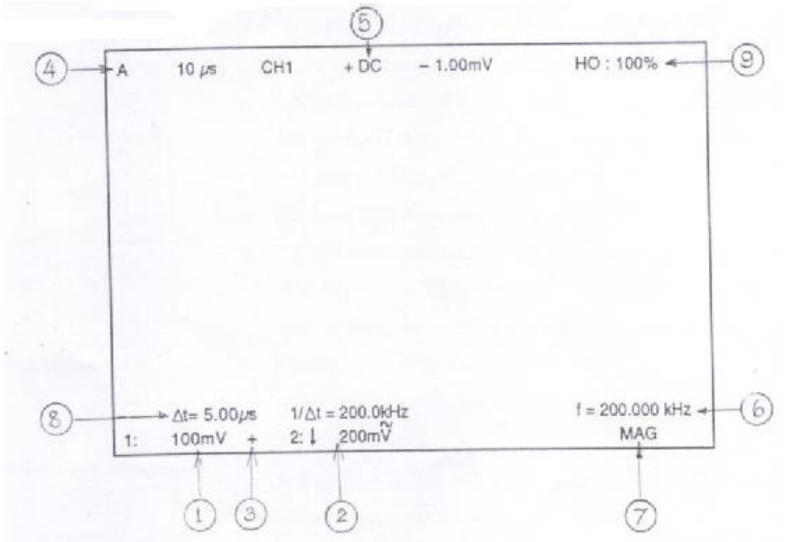
2.2 รายละเอียดบนจอภาพ

รายละเอียดบนจอภาพแสดงดังรูปที่ 10.10



รูปที่ 10.10 รายละเอียดบนจอภาพแสดงผล

ที่มา : คู่มือการใช้งาน ออสซิลโลสโคป **IWATSU** รุ่น **SS-**7802A



รูปที่ 10.11 รายละเอียดบนจอภาพแสดงผล

ที่มา : คู่มือการใช้งาน ออสซิลโลสโคป **IWATSU** รุ่น **SS-**7802A

2.3 ความหมายของข้อความบนหน้าจอภาพ

(1) CH1 ตั้งขนาดการวัดอยู่ที่ 100mV ต่อช่อง โดยวิธี DC Coupling

(2) CH2 ตั้งขนาดการวัดอยู่ที่ 200mV ต่อช่อง โดยวิธี AC Coupling และมีการ Inverse สัญญาณด้วย

(3) สัญญาณ CH1 จะรวมกับ CH2

(4) Time-base ที่ใช้ในการวัดเป็นแบบปกติ (A) ตั้งที่ 10 μs ต่อช่อง

(5) การทริก (Trig) สัญญาณ ทำโดยใช้สัญญาณจาก CH1 โดยวิธี DC Coupling เลือกจับสัญญาณซีกบวกที่ระดับการทริก 1.0 mV

(6) ความถี่ของสัญญาณ CH1 มีค่าเท่ากับ 200KHz < Frequency Counter จะเป็นการวัดความถี่ของสัญญาณจาก Trigger Source

(7) คาบเวลาบนหน้าจอมีการขยายให้กว้างขึ้น 10 เท่าช่วงเวลาระหว่าง Cursor C1, C2 (Δt) มีค่าเท่ากับ $5.0\mu s$ และส่วนกลับของเวลา ($1/\Delta t$) มีค่าเท่ากับ 200KHz

(8) ฟังก์ชัน Hold-off มีการใช้งานตั้งไว้ที่ 100%

รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

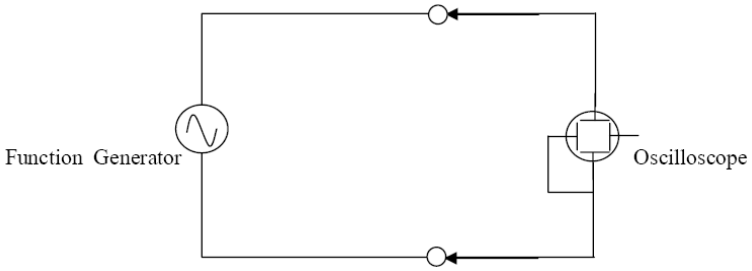
1.	Oscilloscope	1	เครื่อง
2.	Function Generator	1	เครื่อง
3.	สายต่อวงจรไฟฟ้า	1	ชุด
4.	แผงโมดูลการทดลอง AL-1100H	1	แผ่น

ผู้เขียนได้ทำการออกแบบการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง คือ 1) การใช้งานออสซิลโลสโคปกับเครื่องกำเนิดความถี่ และ 2) การใช้ออสซิลโลสโคปวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อให้สอดคล้องกับรายวิชา 262215 ปฏิบัติการวงจรไฟฟ้า การทดลองที่ 10.1 นิสิตต้องทำการปรับเครื่องกำเนิดความถี่ หรือเรียกว่าฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ (Function Generator) ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ ที่สามารถปรับขนาดแรงดันและความถี่ของสัญญาณที่จะป้อนให้วงจรได้ตามกำหนด และ การทดลองที่ 10.2 ปรับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโดยอ่านค่าจากออสซิลโลสโคป

การทดลองที่ 10.1 การใช้งานออสซิลโลสโคปกับเครื่องกำเนิดความถี่

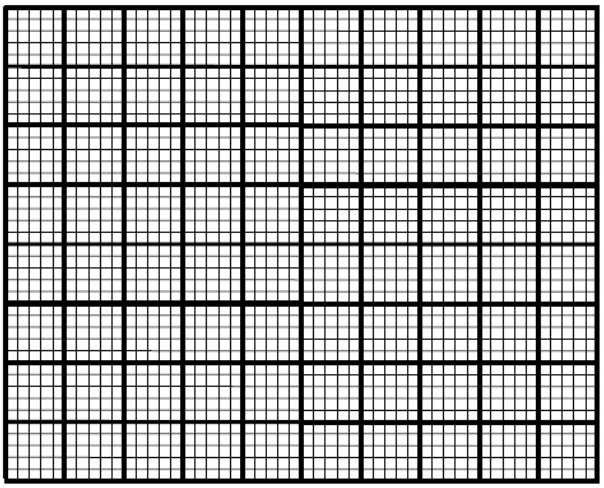
ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อออสซิลโลสโคปเข้ากับเครื่องกำเนิดความถี่ ดังรูปที่ 10.12
2. เลือกรูปคลื่น Sine Wave จาก Function Generator
3. ปรับค่าความถี่ของ Function Generator ให้มีค่าตามกำหนด
4. ปรับค่า Amplitudeของ Function Generator ให้มีค่าตามกำหนด
5. นำกราฟที่ได้จากการ ปรับค่าในข้อที่ 3 และ 4 บันทึกลงในกราฟรูปที่ 10.1 – 10.3



รูปที่ 10.12 วงจรการทดลองการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้วยออสซิลโลสโคป

ที่มา : คู่มือการใช้งาน ออสซิลโลสโคป IWATSU รุ่น SS-7802A



f = 10 kH_z

Amplitude = 5 V_{p-p}

Time/Div = ...

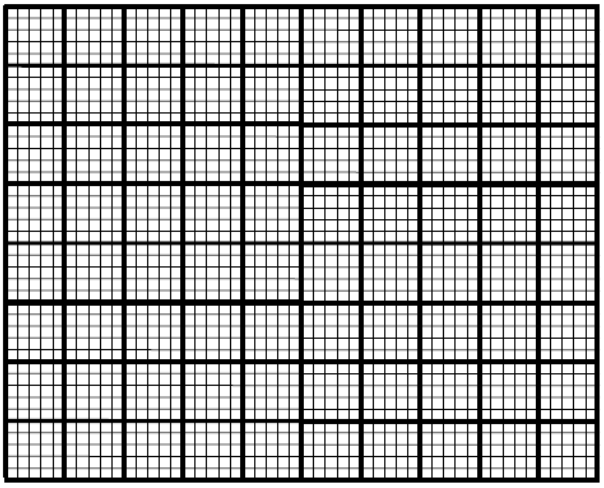
Volt /Div = ...

X = ... cm

Y = ... cm

Time Period; T = ... ms

กราฟรูปที่ 10.1



f = 1 kH_z

Amplitude = 10 V_{p-p}

Time/Div = ...

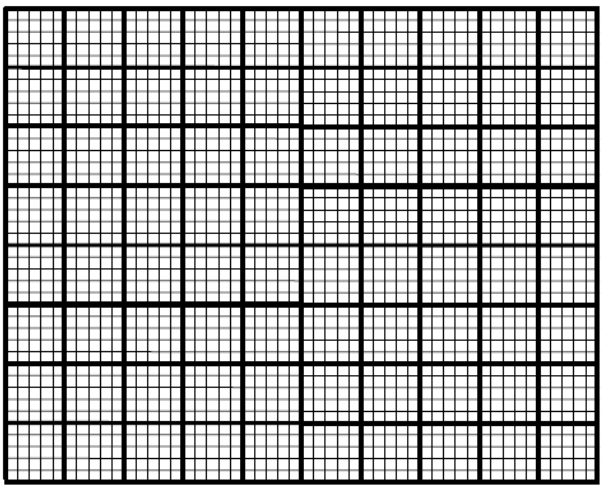
Volt /Div = ...

X = ... cm

Y = ... cm

Time Period; T = ... ms

กราฟรูปที่ 10.2



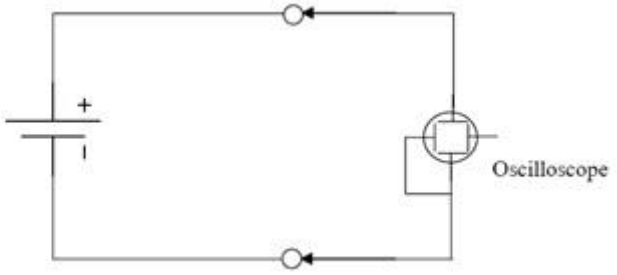
กราฟรูปที่ 10.3

f =	50	H_z
Amplitude =	15	V_{p-p}
Time/Div =	.....	
Volt /Div =	.....	
X =	.....	cm
Y =	.....	cm
Time Period; T =	.....	ms

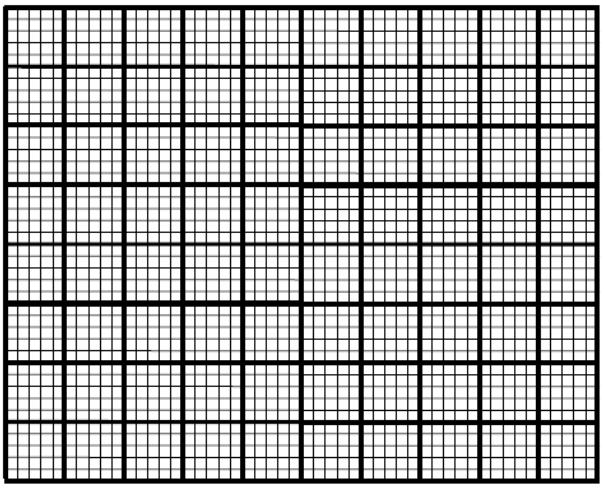
การทดลองที่ 10.2 การใช้ออสซิลโลสโคปวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้า ตามกำหนด
2. ต่อออสซิลโลสโคปเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง
1. บันทึกลงในกราฟรูปที่ 10.4 – 10.6



รูปที่ 10.13 วงจรการทดลองการใช้ออสซิลโลสโคปวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง
ที่มา : คู่มือการใช้งาน ออสซิลโลสโคป IWATSU รุ่น SS-7802A

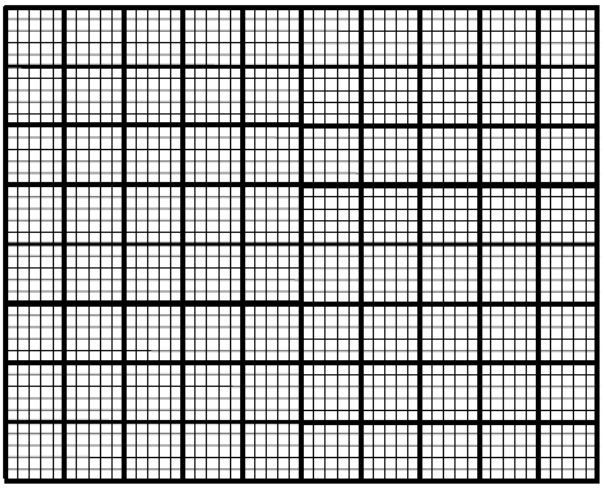


ปรับแรงดัน = 2 V

Volt /Div = ...

Y = ... cm

กราฟรูปที่ 10.4

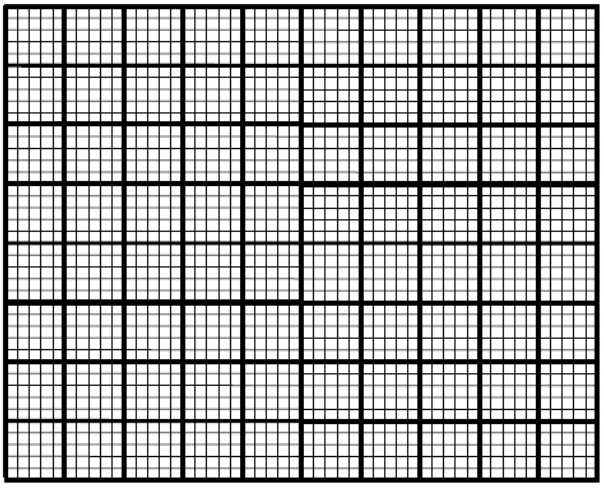


ปรับแรงดัน = 5 V

Volt /Div = ...

Y = ... cm

กราฟรูปที่ 10.5



ปรับแรงดัน = 10 V

Volt /Div = ...

Y = ... cm

กราฟรูปที่ 10.6

สรุปผลการทดลองที่ 10.1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลองที่ 10.2

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ฎ. การทดลองที่ 11 Series in AC Circuit

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นิสิตสามารถต่อวงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดให้ และวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรได้อย่างถูกต้อง

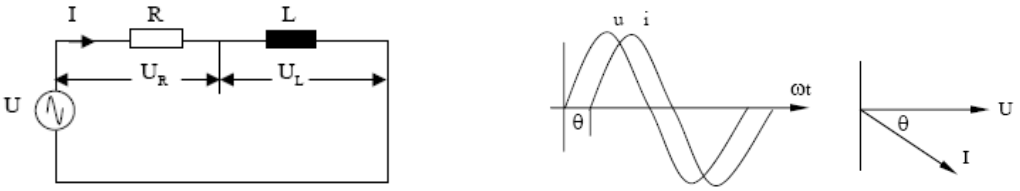
2. เพื่อให้นิสิตสามารถใช้เครื่องมือวัดกระแสและแรงดันได้อย่างถูกต้องตามขั้นตอน เพื่อความปลอดภัยทั้งต่อตัวผู้วัด อุปกรณ์การทดลองและเครื่องมือวัด

เนื้อหา

1. วงจร R-L อนุกรมในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
2. วงจร R-C อนุกรมในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
3. วงจร R-L-C อนุกรมในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

1. วงจร R-L อนุกรมในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

ในวงจร R-L อนุกรม เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทาน (R) กระแสไฟฟ้าจะมีเฟสตรงกัน (Inphase) กับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานนั้น (V_R) พอไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ (L) กระแสไฟฟ้าจะล้าหลัง (Lag) แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำนั้น (V_L) เป็นมุมเท่ากับ 90° เมื่อนำค่า $V_R + V_L$ จะมีค่าเท่ากับ V ดังนั้นในวงจร R-L อนุกรม กระแสไฟฟ้า (I) จะล้าหลังแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจร(U) เท่ากับ θ โดยค่ามุม θ จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความต้านทาน R และ X_L ถ้าค่า R มีค่ามาก มุม θ จะมีค่าน้อย ถ้า X_L มีค่ามากมุม θ จะมีค่ามาก ดังนั้นจึงสามารถเขียนเป็นรูปคลื่น และเฟสเซอร์ไดอะแกรม (Phasor Diagram) ได้ดังรูปที่ 11.1 (ข)

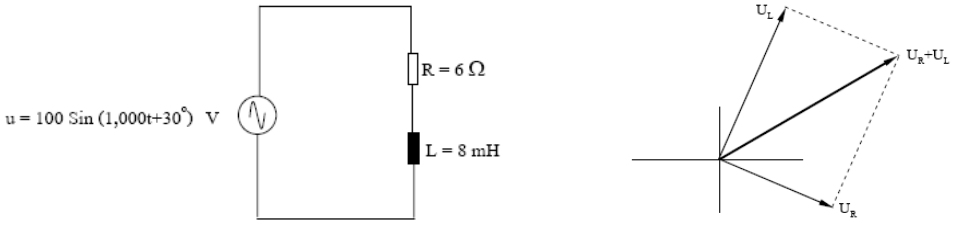


(ก) (ข)

รูปที่ 11.1 (ก) วงจร R–L อนุกรม (ข) รูปคลื่นและเฟสเซอร์ไดอะแกรม
ที่มา : บุญเรือง วังศิลาบัตร . วงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ

ตัวอย่างที่ 11.1 จากวงจรรูปที่ 11.2 (ก) จงหา

1) Inductive Reactance (X_L)
2) Impedance (Z)
3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร (I)
4) Phase Angle (θ)
5) Power factor (p.f.)
6) กำลังไฟฟ้า (P)
7) แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน (V_R)
8) แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ (V_L)
9) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม พิสูจน์ว่า $V_R + V_L = V$



(ก) (ข)

รูปที่ 11.2 (ก) ตัวอย่างวงจร R-L อนุกรม (ข) เฟสเซอร์ไดอะแกรม
ที่มา : บุญเรือง วังศิลาบัตร . วงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ

$$X_L = j\omega L = j(1000)(8\times10^{-3}) = j8 = 8\angle 90^\circ \quad \Omega$$

$$Z = R + X_L = 6 + j8 = 10\angle 53.13^\circ \quad \Omega$$

$$V = V_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}} V_m = \frac{1}{\sqrt{2}} \times 100\angle 30^\circ = 70.7\angle 30^\circ \quad V$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{70.7\angle 30^\circ}{10\angle 53.13^\circ} = 7.07\angle -23.13^\circ \quad A$$

$\theta = 53.13^\circ$ (มุมของ Z)

$$p.f. = \cos\theta = \cos 53.13^\circ = 0.6 \quad \text{Lagging}$$

$$P = |V||I|\cos\theta = 70.7 \times 7.07 \times \cos 53.13^\circ = 299.91 \quad W$$

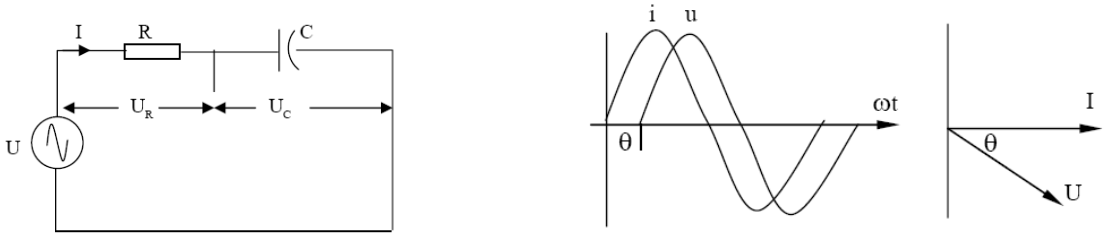
$$V_R = I\times R = 7.07\angle -23.13^\circ \times 6\angle 0^\circ = 42.42\angle -23.13^\circ = 39.01 - j16.66 \quad V$$

$$V_L = I\times X_L = 7.07\angle -23.13^\circ \times 8\angle 90^\circ = 56.56\angle 66.87^\circ = 22.22 + j52.01 \quad V$$

$$V = V_R + V_L = (39.01 - j16.66) + (22.22 + j52.01) = 61.23 + j35.35 = 70.70\angle 30^\circ \quad V$$

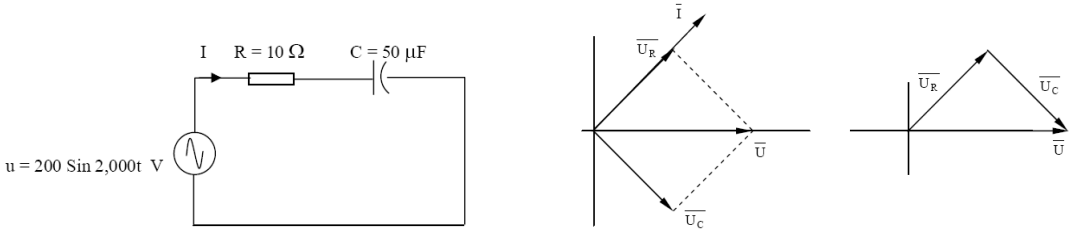
2. วงจร R-C อนุกรมในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

ในวงจร R- C อนุกรม เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทาน R กระแสไฟฟ้าจะมีเฟสตรงกัน (Inphase) กับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน (V_R) พอกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเก็บประจุ C กระแสไฟฟ้าจะนำหน้า (Lead) แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ (V_C) เป็นมุมเท่ากับ 90° เมื่อนำค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานรวมกับแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุจะมีค่าเท่ากับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ($V_R + V_C = V$) ดังนั้น กระแสไฟฟ้า (I) จะมีมุมนำหน้าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจร (V) เท่ากับ θ โดยค่ามุม θ จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความต้านทาน R และ X_C ถ้าค่า R มีค่ามากมุม θ จะมีค่าน้อย ถ้า X_C มีค่ามากมุมจะมีค่ามาก ดังนั้น สามารถเขียนเป็นรูปคลื่นและเฟสเซอร์ไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 11.3 (ข)



(ก) (ข)

รูปที่ 11.3 (ก) วงจร R–C อนุกรม (ข) รูปคลื่นและเฟสเซอร์ไดอะแกรม
ที่มา : บุญเรือง วังศิลาบัตร . วงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ



(ก) (ข)

รูปที่ 11.4 (ก) ตัวอย่างวงจร R–C อนุกรม (ข) รูปคลื่นและเฟสเซอร์ไดอะแกรม
ที่มา : บุญเรือง วังศิลาบัตร . วงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ

ตัวอย่างที่ 11.2 จากวงจรรูปที่ 11.4 (ก) จงหา

1) Capacitive Reactance (X_C)
2) Impedance (Z)
3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร (I)
4) Phase Angle (θ)
5) Power factor (p.f.)
6) กำลังไฟฟ้า (P)
7) แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน (V_R)
8) แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ (V_C)
9) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม พิสูจน์ว่า $V_R + V_C = V$

$$X_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j(2000)(5\times10^{-6})} = -j10 = 10\angle -90^\circ \quad \Omega$$

$$Z = R + X_C = 10 + (-j10) = 10 - j10) = 14.14\angle -45^\circ \quad \Omega$$

$$V = V_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}} V_m = \frac{1}{\sqrt{2}} \times 200\angle 0^\circ = 141.4\angle 0^\circ \quad V$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{141.4\angle 0^\circ}{14.14\angle -45^\circ} = 10\angle 45^\circ \quad A$$

$\theta = 45^\circ$ (มุมของ Z)

$$p.f. = \cos\theta = \cos 45^\circ = 0.707 \quad \text{Leading}$$

$$P = |V||I|\cos\theta = 141.4\times10\times\cos 45^\circ = 999.7 \quad W$$

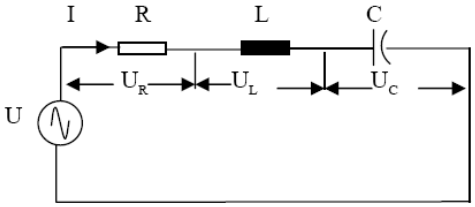
$$V_R = I\times R = 10\angle 45^\circ \times 10\angle 0^\circ = 100\angle 45^\circ = 70.71 + j70.71 \quad V$$

$$V_C = I\times X_C = 10\angle 45^\circ \times 10\angle -90^\circ = 100\angle -45^\circ = 70.71 - j70.71 \quad V$$

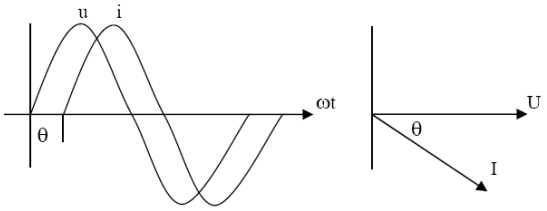
$$V = V_R + V_C = (70.71 + j70.71) + (70.71 - j70.71) = 141.42 + j0 = 141.42\angle 0^\circ \quad V$$

3. วงจร R-L-C อนุกรมในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

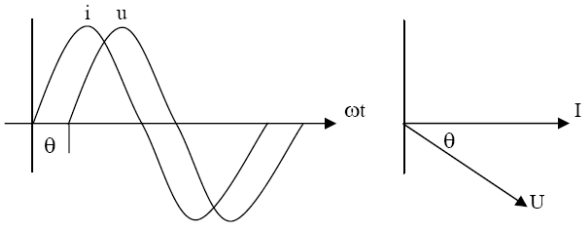
ในวงจร R-L-C อนุกรม เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทาน R กระแสไฟฟ้าจะมีเฟสตรงกัน (Inphase) กับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน (V_R) พอกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ L กระแสไฟฟ้าจะล้าหลัง (Lag) แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ (V_L) เท่ากับ 90° และเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเก็บประจุ C กระแสไฟฟ้าจะนำหน้า (Lead) แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ (V_C) เท่ากับ 90° เมื่อนำค่า $\bar{V}_R + \bar{V}_L + \bar{V}_C$ จะมีค่าเท่ากับ $\bar{V}$ ดังนั้นกระแสไฟฟ้าจะล้าหลังหรือนำหน้าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจร (V) เท่ากับ θ ซึ่งขึ้นอยู่กับค่า X_L และ X_C ถ้าค่า X_L มีค่ากว่า X_C กระแสไฟฟ้าจะล้าหลังแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจร (V) เท่ากับ θ ดังรูปที่ 11.5 (ข) แต่ถ้า X_C มากกว่า X_L กระแสไฟฟ้าจะนำหน้าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจร (V) เท่ากับ θ ดังนั้นสามารถเขียนเป็นรูปคลื่นและเฟสเซอร์ไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 11.5 (ค)



(ก)



(ข)



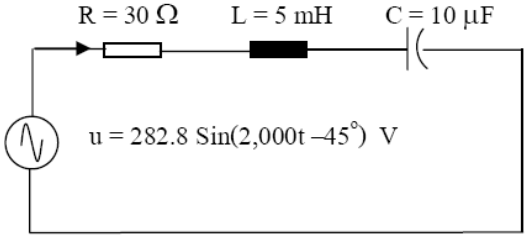
(ค)

รูปที่ 11.5 (ก) ตัวอย่างวงจร R-L-C อนุกรม

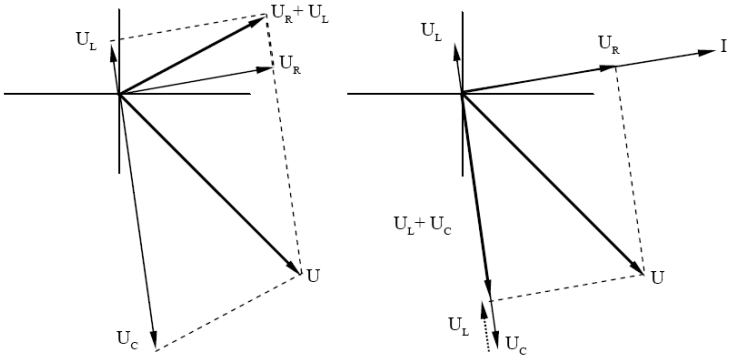
(ข) เฟสเซอร์ไดอะแกรมเมื่อ $X_L > X_C$

(ค) เฟสเซอร์ไดอะแกรมเมื่อ $X_C > X_L$

ที่มา : บุญเรือง วังศิลาบัตร . วงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ



(ก)



(ข)

รูปที่ 11.6 (ก) ตัวอย่างวงจร R–L-C อนุกรม (ข) รูปคลื่นและเฟสเซอร์ไดอะแกรม
ที่มา : บุญเรือง วังศิลาบัตร . วงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ

ตัวอย่างที่ 11.3 จากวงจรรูปที่ 11.6 (ก) จงหา

1) Inductive Reactance (X_L)
2) Capacitive Reactance (X_C)
3) Impedance (Z)
4) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร (I)
5) Phase Angle (θ)
6) Power factor (p.f.)
7) กำลังไฟฟ้า (P)
8) แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน (V_R)
9) แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ (V_L)
10) แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ (V_C)
11) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม พิสูจน์ว่า $V_R + V_L + V_C = V$

$$X_L = j\omega L = j(2000)(5\times10^{-3}) = j10 = 10\angle 90^\circ \quad \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j(2000)(10\times10^{-6})} = -j50 = 50\angle -90^\circ \quad \Omega$$

$$Z = R + X_L + X_C = 30 + j10 - j50 = 30 - j40 = 50\angle -53.13^\circ \quad \Omega$$

$$V = V_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}} V_m = \frac{1}{\sqrt{2}} \times 282.8\angle -45^\circ = 200\angle -45^\circ \quad V$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{200\angle -45^\circ}{50\angle -53.13^\circ} = 4\angle 8.13^\circ \quad A$$

$\theta = 53.13^\circ$ (มุมของ Z)

$$p.f. = \cos\theta = \cos 53.13^\circ = 0.6 \quad \text{Leading}$$

$$P = |V||I|\cos\theta = 200\times4\times\cos 45^\circ = 480 \quad W$$

$$V_R = I\times R = 4\angle 8.13^\circ \times 30\angle 0^\circ = 120\angle 8.13^\circ = 118.79 + j16.97 \quad V$$

$$V_L = I\times X_L = 4\angle 8.13^\circ \times 10\angle 90^\circ = 40\angle 98.13^\circ = -5.66 + j39.6 \quad V$$

$$V_C = I\times X_C = 4\angle 8.13^\circ \times 50\angle -90^\circ = 200\angle -81.87^\circ = 28.28 - j198 \quad V$$

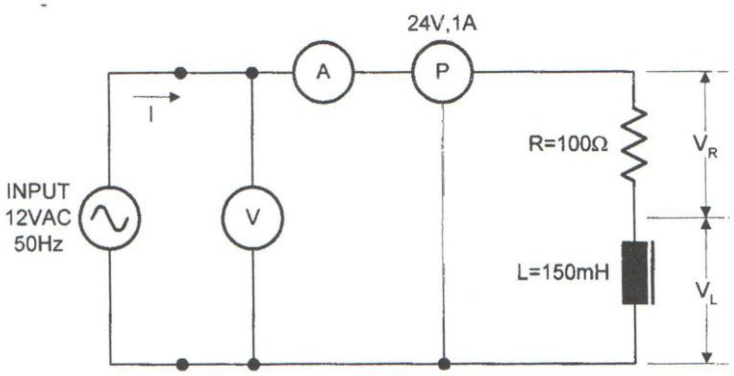
$$V = V_R + V_L + V_C = (118.79 + j16.97) + (-5.66 + j39.6) + (28.28 - j198) = 141.41 + j141.43 = 200\angle -45^\circ \quad V$$

รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.	Oscilloscope	1	เครื่อง
2.	มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
3.	สายต่อวงจรไฟฟ้า	1	ชุด
4.	แผงโมดูลการทดลอง AL-1100H	1	แผ่น

การทดลองที่ 11.1 วงจรอนุกรม R-L ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ (การวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า)
ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 11.7
2. ป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับวงจร
3. ทำการบันทึกค่าลงในตารางที่ 11.1
4. คำนวณค่าของลงในตารางที่ 11.2



รูปที่ 11.7
ที่มา : “วงจร R-L อนุกรมในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 10.

ตารางที่ 11.1

V (V)	I(mA)	V_R (V)	V_L (V)
12			

ตารางที่ 11.2

ค่า	X_L	$Z\angle\theta°$	θ	PF	P (W)	Q (Var)	S (VA)
สูตรคำนวณ	$=2\pi fL$	$=\sqrt{R^2+X_L^2}$	$=\cos^{-1}\frac{R}{Z}$	$=\cos\theta$	$=VI\cos\theta$	$=VI\sin\theta$	$=VI$
12 V							

5. เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันที่ แรงดัน 12 V

6. เขียนสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า (Power Triangle) ที่แรงดัน 12 V

สรุปผลการทดลองที่ 11.1

.....

.....

.....

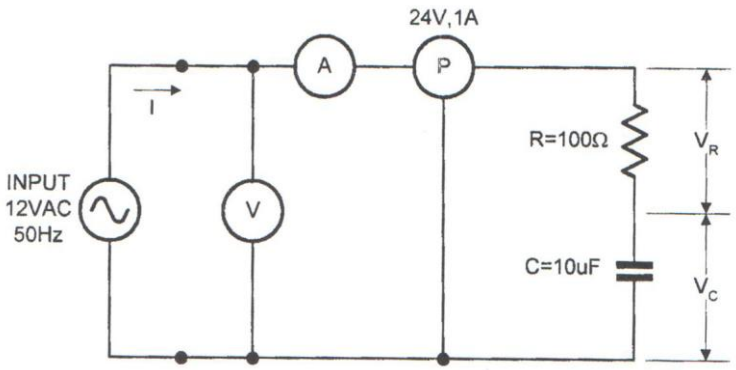
.....

.....

.....

การทดลองที่ 11.2 วงจรอนุกรม R-C ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ (การวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า)
ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 11.8
2. ป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับวงจร
3. ทำการบันทึกค่าลงในตารางที่ 11.3
4. คำนวณค่าของลงในตารางที่ 11.4



รูปที่ 11.8

ที่มา : “วงจร R-C อนุกรมในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 15.

ตารางที่ 11.3

V (V)	I(mA)	V_R (V)	V_C (V)
12			

ตารางที่ 11.4

ค่า	X_C	$Z\angle\theta°$	θ	PF	P (W)	Q (Var)	S (VA)
สูตรคำนวณ	$=\frac{1}{2\pi fC}$	$=\sqrt{R^2+X_C^2}$	$=\cos^{-1}\frac{R}{Z}$	= cos θ	= VI cos θ	=VI sin θ	= VI
12 V							

5. เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันที่ แรงดัน 12 V

6. เขียนสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า (Power Triangle) ที่แรงดัน 12 V

สรุปผลการทดลองที่ 11.2

.....

.....

.....

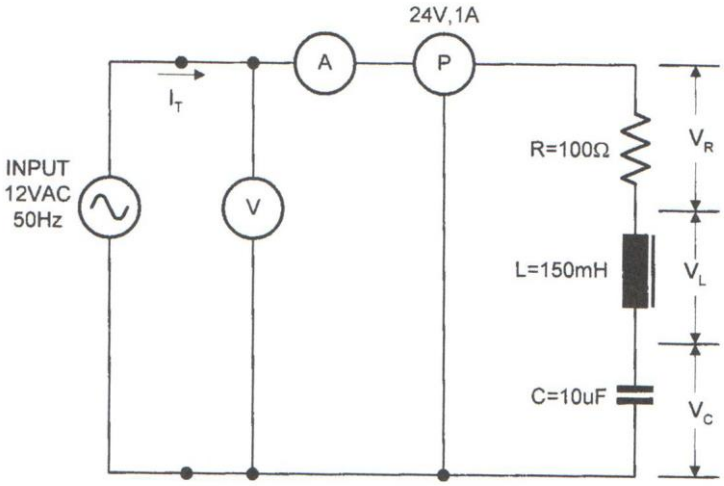
.....

.....

.....

การทดลองที่ 11.3 วงจรอนุกรม R-L-C ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ (การวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า)
ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 11.9
2. ป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับวงจร
3. ทำการบันทึกค่าลงในตารางที่ 11.5
4. คำนวณค่าของลงในตารางที่ 11.6



รูปที่ 11.9
ที่มา : “วงจร R-L-C อนุกรมในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 19.

ตารางที่ 11.5

V (V)	I(mA)	V_R (V)	V_L (V)	V_C (V)
12				

ตารางที่ 11.6

ค่า	X_L	X_C	$Z\angle\theta°$	θ	PF	P (W)	Q (Var)	S (VA)
สูตรคำนวณ	$=2\pi fL$	$=\frac{1}{2\pi fC}$	$=\sqrt{R^2+X_X^2}$	$=\cos^{-1}\frac{R}{Z}$	= cos θ	= VI cos θ	=VI sin θ	= VI
12 V								

5. เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันที่ แรงดัน 12 V

6. เขียนสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า (Power Triangle) ที่แรงดัน 12 V

สรุปผลการทดลองที่ 11.3

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ฏ. การทดลองที่ 12 Parallel AC Circuit

วัตถุประสงค์

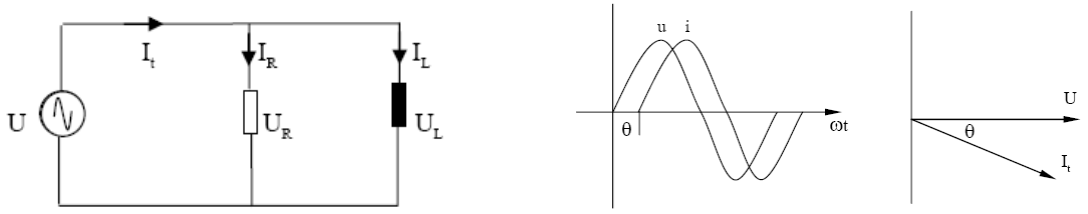
1. เพื่อให้นิสิตสามารถต่อวงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดให้ และวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรได้อย่างถูกต้องเพื่อให้
2. เพื่อให้นิสิตสามารถใช้เครื่องมือวัดกระแสและแรงดันได้อย่างถูกต้องตามขั้นตอน เพื่อความปลอดภัยทั้งต่อตัวผู้วัด อุปกรณ์การทดลองและเครื่องมือวัด

เนื้อหา:

1. วงจร R-L ขนานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
2. วงจร R-C ขนานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
3. วงจร R-L-C ขนานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

1. วงจร R-L ขนานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

ในวงจรไฟฟ้าที่มีอุปกรณ์ไฟฟ้าต่อขนานกัน แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมอุปกรณ์ไฟฟ้าในวงจรมีค่าเท่ากัน ดังนั้นในวงจรขนาน R-L แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน (V_R) จะมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ (V_L) และมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจร (V) หรือสรุปได้ว่า $V=V_R=V_L$ ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน (I_R) มีเฟสตรงกัน (Inphase) กับแรงดันที่แหล่งจ่าย V (เพราะ $V=V_R$) และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ (I_L) จะล้าหลัง (Lag) V เท่ากับ 90° (เพราะ $V=V_L$) เมื่อนำ $I_R+I_L=I_t$ ดังนั้น I_t จะล้าหลัง V เท่ากับ θ โดยขนาดของมุม θ จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของ R และ X_L ถ้า R มีค่ามาก (I_R มีค่าน้อย) มุม θ จะมีค่ามาก ถ้า X_L มีค่ามาก (I_L มีค่าน้อย) มุม θ จะมีค่าน้อย

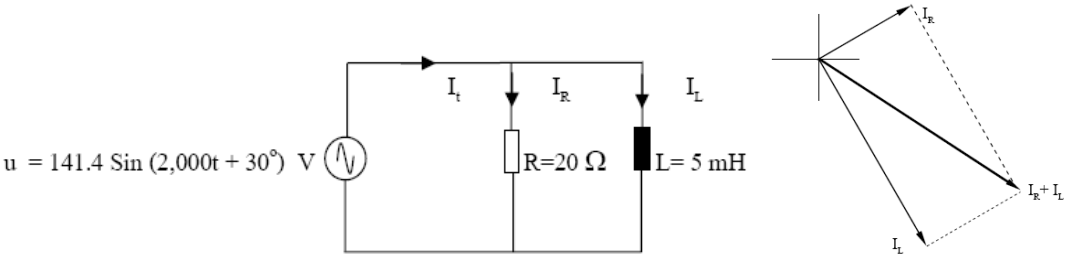


(ก) (ข)

รูปที่ 12.1 (ก) วงจรขนาน R-L (ข) รูปคลื่นและเฟสเซอร์ไดอะแกรม
ที่มา : บุญเรือง วังศิลาบัตร . วงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ

ตัวอย่างที่ 12.1 จากวงจรรูปที่ 12.2 (ก) จงหา

1) Conductance (G)
2) Inductive Susceptance (B_L)
3) Admittance (Y)
4) Impedance (Z)
5) กระแสไฟฟ้ารวม (I_t)
6) Phase Angle (θ)
7) Power factor (p.f.)
8) กำลังไฟฟ้า (P)
9) กระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทาน (I_R)
10) กระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวเหนี่ยวนำ (I_L)
11) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม พิสูจน์ว่า $I_R + I_L = I_t$



(ก) (ข)

รูปที่ 12.2 (ก) ตัวอย่างวงจรขนาน R-L (ข) รูปคลื่นและเฟสเซอร์ไดอะแกรม
ที่มา : บุญเรือง วังศิลาบัตร . วงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{20\angle 0^\circ} = 0.05\angle 0^\circ = 0.05 + j0 \quad S$$

$$X_L = j\omega L = j(2000)(5\times 10^{-3}) = j10 = 10\angle 90^\circ \quad \Omega$$

$$B_L = \frac{1}{X_L} = \frac{1}{10\angle 90^\circ} = 0.1\angle -90^\circ = 0 - j0.1 \quad S$$

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R} + \frac{1}{X_L}$$

$$Y = G + B_L = (0.05 + j0) + (0 - j0.1) = 0.05 - j0.1 = 0.1118\angle -63.43^\circ \quad S$$

$$Z = \frac{1}{Y} = \frac{1}{0.1118\angle -63.43^\circ} = 8.94\angle 63.43^\circ \quad \Omega$$

$$V = V_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}} V_m = \frac{1}{\sqrt{2}} \times 141.4\angle 30^\circ = 100\angle 30^\circ \quad V$$

$$I_t = \frac{V}{Z} = \frac{100\angle 30^\circ}{8.94\angle 63.43^\circ} = 11.185\angle -33.43^\circ \quad A$$

$\theta = 63.43^\circ$ (มุมของ Z)

$$p.f. = \cos\theta = \cos 63.43^\circ = 0.447 \quad \text{Lagging}$$

$$P = |V||I|\cos\theta = 100\times 11.185\times \cos 63.43^\circ = 499.96 \quad W$$

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{100\angle 30^\circ}{20\angle 0^\circ} = 5\angle 30^\circ = 4.33 + j2.5 \quad A$$

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{100\angle 30^\circ}{10\angle 90^\circ} = 10\angle -60^\circ = 5 - j8.66 \qquad A$$

$$I_t = I_R + I_L = (4.33 + j2.5) + (5 - j8.66) = 9.33 - j6.16 = 11.18\angle -33.43^\circ \qquad A$$

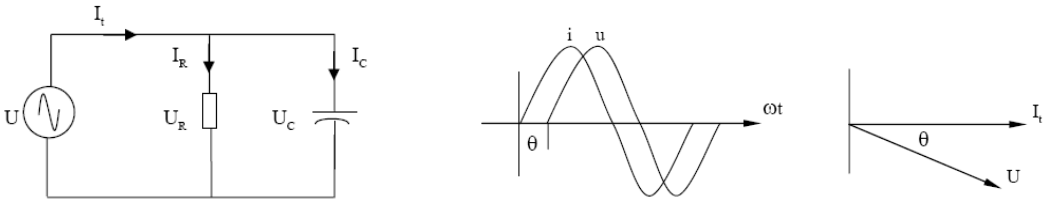
หรือ

$$Z = R//X_L = \frac{R \times X_L}{R + X_L} = \frac{20\angle 0^\circ \times 10\angle 90^\circ}{20 + j10} = \frac{200\angle 90^\circ}{22.36\angle 26.56^\circ} = 8.94\angle 63.44^\circ \qquad \Omega$$

$$I_t = \frac{V}{Z} = \frac{100\angle 30^\circ}{8.94\angle 63.44^\circ} = 11.18\angle -33.44^\circ \qquad A$$

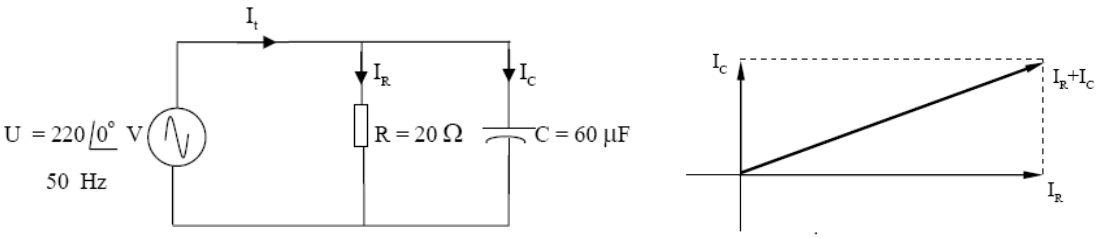
2. วงจร R-C ขนานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

ในวงจรไฟฟ้าที่มีอุปกรณ์ไฟฟ้าต่อขนานกัน แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัวมีค่าเท่ากัน ดังนั้นในวงจรขนาน R-C แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน (V_R) จะมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ (V_C) และมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจร (V) หรือสรุปได้ว่า $V=V_R=V_C$ ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน (I_R) จะมีเฟสตรงกันกับ V (เพราะ $V=V_R$) และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ (I_C) จะนำหน้า V เท่ากับ 90° (เพราะ $V=V_C$) เมื่อนำ $I_R+I_C=I_t$ ดังนั้น I_t จะนำหน้า V เท่ากับ θ โดยขนาดของมุม θ จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ R และ X_C ถ้า R มีค่ามาก(I_R มีค่าน้อย) มุม θ จะมีค่ามาก ถ้า X_C มีค่ามาก (I_C มีค่าน้อย) มุม θ จะมีค่าน้อย



(ก) (ข)

รูปที่ 12.3 (ก) วงจรขนาน R-C (ข) รูปคลื่นและเฟสเซอร์ไดอะแกรม



(ก) (ข)

รูปที่ 12.4 (ก) ตัวอย่างวงจรขนาน R-C (ข) รูปคลื่นและเฟสเซอร์ไดอะแกรม

ที่มา : บุญเรือง วังศิลาบัตร . วงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ

ตัวอย่างที่ 12.2 จากวงจรรูปที่ 12.4 (ก) จงหา

1) Conductance (G)
2) Capacitive Susceptance (B_C)
3) Admittance (Y)
4) Impedance (Z)
5) กระแสไฟฟ้ารวม (I_t)
6) Phase Angle (θ)
7) Power factor (p.f.)
8) กำลังไฟฟ้า (P)
9) กระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทาน (I_R)
10) กระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวเก็บประจุ (I_C)
11) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม พิสูจน์ว่า $I_R + I_C = I_t$

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{20\angle 0^\circ} = 0.05\angle 0^\circ = 0.05 + j0 \quad S$$

$$X_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j2\pi fC} = \frac{1}{j2\pi(50)(60\times 10^{-6})} = -j53.07 = 53.07\angle -90^\circ \quad \Omega$$

$$B_C = \frac{1}{X_C} = \frac{1}{53.07\angle -90^\circ} = 0.0188\angle 90^\circ = 0 + j0.0188 \quad S$$

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R} + \frac{1}{X_C}$$

$$Y = G + B_C = (0.05 + j0) + (0 + j0.0188) = 0.05 + j0.0188 = 0.053\angle 20.6^\circ \quad S$$

$$Z = \frac{1}{Y} = \frac{1}{0.053\angle 20.6^\circ} = 18.867\angle -20.6^\circ \quad \Omega$$

$$V = 220\angle 0^\circ \quad V$$

$$I_t = \frac{V}{Z} = \frac{220\angle 0^\circ}{18.867\angle -20.6^\circ} = 11.66\angle 20.6^\circ \quad A$$

$\theta = 20.6^\circ$ (มุมของ Z)

$$p.f. = \cos\theta = \cos 20.6^\circ = 0.936 \quad \text{Leading}$$

$$P = |V||I|\cos\theta = 220\times 11.66\times \cos 20.6^\circ = 2401.03 \quad W$$

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{220\angle 0^\circ}{20\angle 0^\circ} = 11\angle 0^\circ = 11 + j0 = 11 \quad A$$

$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{220\angle 0^\circ}{53.07\angle -90^\circ} = 4.145\angle 90^\circ = 0 + j4.145 \quad A$$

$$I_t = I_R + I_C = 11 + j4.145 = 11.755\angle 20.6^\circ \quad A$$

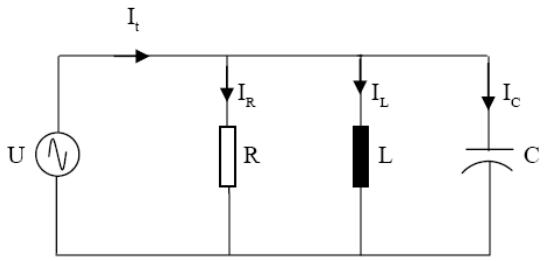
หรือ

$$Z = R//X_C = \frac{R\times X_C}{R+X_C} = \frac{20\angle 0^\circ \times 53.07\angle -90^\circ}{20 - j53.07} = \frac{1061.4\angle -90^\circ}{56.71\angle -69.35^\circ} = 18.71\angle -20.65^\circ \quad \Omega$$

$$I_t = \frac{V}{Z} = \frac{220\angle 30^\circ}{18.71\angle -20.65^\circ} = 11.75\angle 20.65^\circ \quad A$$

3. วงจร R-L-C ขนานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

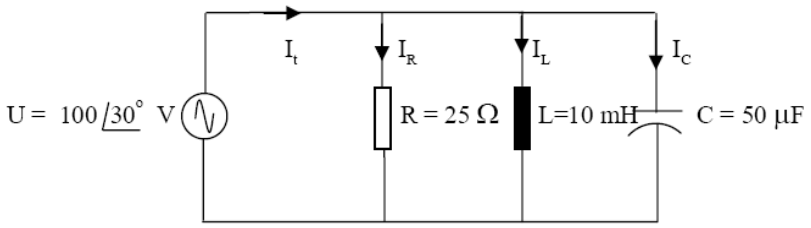
ในวงจรไฟฟ้าที่มีอุปกรณ์ไฟฟ้าต่อขนานกัน แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัวมีค่าเท่ากัน ดังนั้นในวงจรขนาน R-L-C แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน ตัวเหนี่วนำ และตัวเก็บประจุมีค่าเท่ากันและมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจร (V) หรือสรุปได้ว่า $V=V_R=V_L=V_C$ ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน (I_R) มีเฟสตรงกันกับ V (เพราะ $V=V_R$) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ (I_L) จะล้าหลัง V เท่ากับ 90° (เพราะ $V=V_L$) และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ (I_C) จะนำหน้า V เท่ากับ 90° (เพราะ $V=V_C$) เมื่อนำ $I_R+I_L+I_C=I_t$ ดังนั้นกระแสไฟฟ้ารวม (I_t) จะล้าหลังหรือนำหน้าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจร V เท่ากับ θ โดยขนาดของมุม θ ขึ้นอยู่กับ I_L และ I_C ถ้า I_C มีค่ามากกว่า I_L กระแสไฟฟ้ารวม (I_t) จะนำหน้าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจร (V) เท่ากับ θ แต่ถ้า I_L มีค่ามากกว่า I_C กระแสไฟฟ้ารวม (I_t) จะล้าหลังแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจร (V) เท่ากับ θ



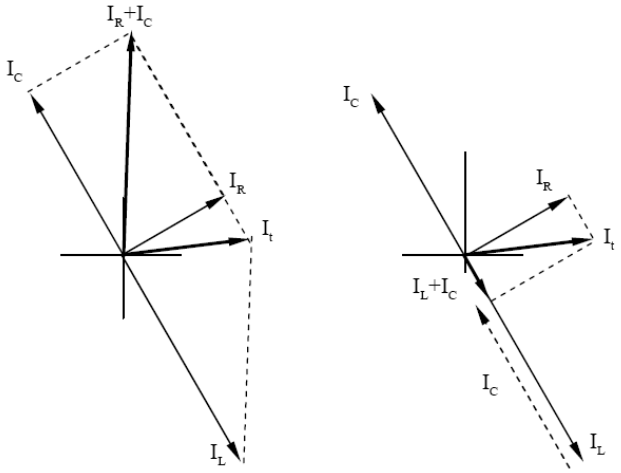
รูปที่ 12.5 วงจรขนาน R-L-C
ที่มา : บุญเรือง วังศิลาบัตร . วงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ

ตัวอย่างที่ 12.3 จากวงจรรูปที่ 12.6 (ก) จงหา

1) Inductive Reactance (X_L)
2) Capacitive Reactance (X_C)
3) Conductance (G)
4) Inductive Susceptance (B_L)
5) Capacitive Susceptance (B_C)
6) Admittance (Y)
7) Impedance (Z)
8) กระแสไฟฟ้ารวม (I_t)
9) Phase Angle (θ)
10) Power factor (p.f.)
11) กำลังไฟฟ้า (P)
12) กระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทาน (I_R)
13) กระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวเหนี่ยวนำ (I_L)
14) กระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวเก็บประจุ (I_C)
15) เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม พิสูจน์ว่า $I_R+I_L+I_C=I$



(ก)



(ข)

รูปที่ 12.6 (ก) ตัวอย่างวงจรขนาน R-L-C (ข) รูปคลื่นและเฟสเซอร์ไดอะแกรม
ที่มา : บุญเรือง วังศิลาบัตร . วงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ

$$X_L = j\omega L = j2\pi fL = j2\pi(200)(10\times10^{-3}) = j12.56 = 12.56\angle 90^\circ \quad \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j2\pi fC} = \frac{1}{j2\pi(200)(50\times10^{-6})} = -j15.92 = 15.92\angle -90^\circ \quad \Omega$$

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{25\angle 0^\circ} = 0.04\angle 0^\circ = 0.04 + j0 \quad S$$

$$B_L = \frac{1}{X_L} = \frac{1}{12.56\angle 90^\circ} = 0.0796\angle -90^\circ = 0 - j0.0796 \quad S$$

$$B_C = \frac{1}{X_C} = \frac{1}{15.92\angle -90^\circ} = 0.0628\angle 90^\circ = 0 + j0.0628 \quad S$$

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R} + \frac{1}{X_L} + \frac{1}{X_C}$$

$$Y = G + B_L + B_C = 0.04 - j0.0796 + j0.0628 = 0.04 - j0.0168 = 0.04338\angle -22.78^\circ \quad S$$

$$Z = \frac{1}{Y} = \frac{1}{0.04338\angle -22.78^\circ} = 23.052\angle 22.78^\circ \quad \Omega$$

$$V = 100\angle 30^\circ \quad V$$

$$I_t = \frac{V}{Z} = \frac{100\angle 30^\circ}{23.052\angle 22.78^\circ} = 4.338\angle 7.22^\circ \quad A$$

$\theta = 22.78^\circ$ (มุมของ Z)

$$p.f. = \cos\theta = \cos 22.78^\circ = 0.9219 \quad \text{Lagging}$$

$$P = |V||I|\cos\theta = 100\times4.338\times\cos 22.78^\circ = 399.92 \quad W$$

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{100\angle 30^\circ}{25\angle 0^\circ} = 4\angle 30^\circ = 3.464 + j2 \quad A$$

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{100\angle 30^\circ}{12.56\angle 90^\circ} = 7.9617\angle -60^\circ = 3.98 - j6.895 \quad A$$

$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{100\angle 30^\circ}{15.92\angle -90^\circ} = 6.2814\angle 120^\circ = -3.1407 + j5.439 \quad A$$

$$I_t = I_R + I_L + I_C = (3.464 + j2) + (3.98 - j6.895) + (-3.1407 + j5.439) = 4.3033 + j0.514^\circ = 4.337\angle 7.2^\circ \quad A$$

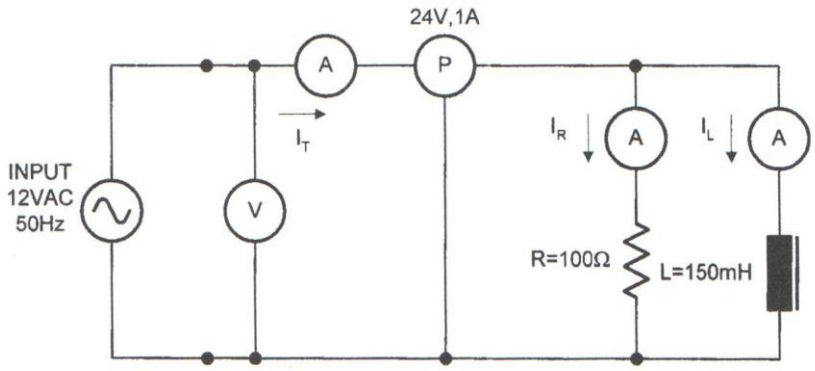
การทดลอง

รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.	Oscilloscope	1	เครื่อง
2.	Function Generator	1	เครื่อง
3.	มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
4.	สายต่อวงจรไฟฟ้า	1	ชุด
5.	แผงโมดูลการทดลอง AL-1100H	1	แผ่น

การทดลองที่ 12.1 วงจรขนาน R-L ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ (การวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า)
ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 12.7
2. ป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับวงจร
3. ทำการบันทึกค่าลงในตารางที่ 12.1
4. คำนวณค่าของลงในตารางที่ 12.2



รูปที่ 12.7
ที่มา : “วงจร R-L -ขนานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 23.

ตารางที่ 12.1

V (V)	I(mA)	I_R (mA)	I_L (mA)
12			

ตารางที่ 12.2

ค่า	X_L	Z	θ	PF	P (W)	Q (Var)	S (VA)
สูตรคำนวณ	$=2\pi fL$	$=\sqrt{R^2+X_L^2}$	$=\cos^{-1}\frac{Z}{R}$	$=\cos\theta$	$=VI\cos\theta$	$=VI\sin\theta$	$=VI$
12 V							

5. เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันที่ แรงดัน 12 V

6. เขียนสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า (Power Triangle) ที่แรงดัน 12 V

สรุปผลการทดลองที่ 12.1

.....

.....

.....

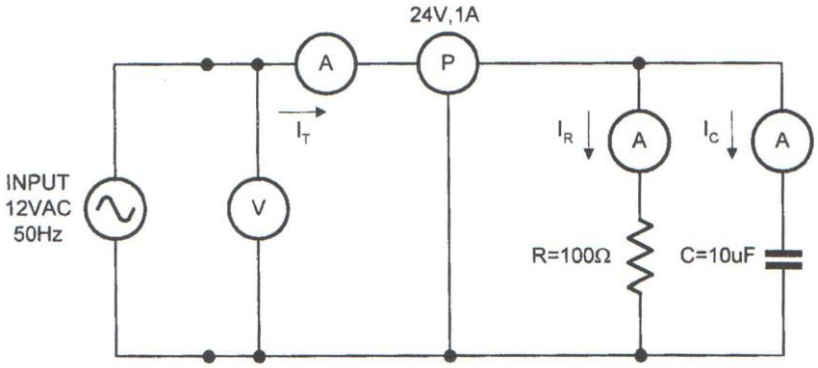
.....

.....

.....

การทดลองที่ 12.2 วงจรขนาน R-C ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ (การวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า)
ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 12.8
2. ป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับวงจร
3. ทำการบันทึกค่าลงในตารางที่ 12.3
4. คำนวณค่าของลงในตารางที่ 12.4



รูปที่ 12.8
ที่มา : “วงจร R-C -ขนานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 27.

ตารางที่ 12.3

V (V)	I(mA)	I_R (mA)	I_C (mA)
12			

ตารางที่ 12.4

ค่า	X_C	Z	θ	PF	P (W)	Q (Var)	S (VA)
สูตรคำนวณ	$=\frac{1}{2\pi fC}$	$=\sqrt{R^2+X_C^2}$	$=\cos^{-1}\frac{R}{Z}$	$=\cos\theta$	$=VI\cos\theta$	$=VI\sin\theta$	$=VI$
12 V							

5. เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันที่ แรงดัน 12 V

6. เขียนสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า (Power Triangle) ที่แรงดัน 12 V

สรุปผลการทดลองที่ 12.2

.....

.....

.....

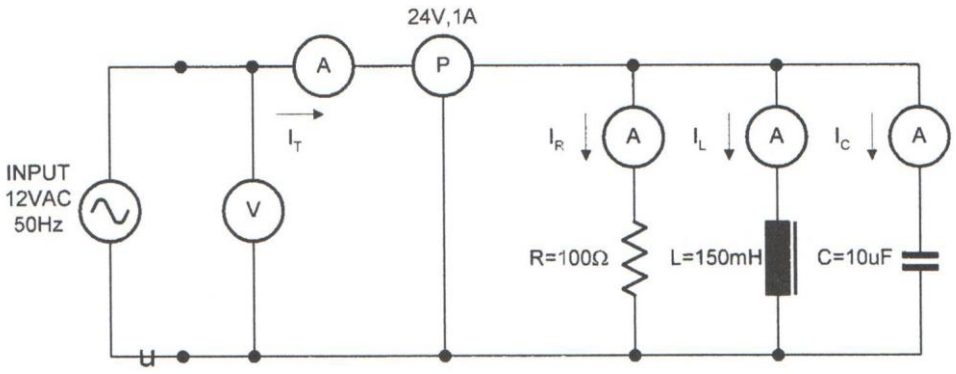
.....

.....

.....

การทดลองที่ 12.3 วงจรขนาน R-L-C ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ (การวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า)
ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 12.9
2. ป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับวงจร
3. ทำการบันทึกค่าลงในตารางที่ 12.5
4. คำนวณค่าของลงในตารางที่ 12.6



รูปที่ 12.9

ที่มา : “วงจร R-L-c -ขนานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 31.

ตารางที่ 12.5

V (V)	I(mA)	I_R (mA)	I_L(mA)	I_C (mA)
12				

ตารางที่ 12.6

ค่า	X_L	X_C	Z	θ	PF	P (W)	Q (Var)	S (VA)
สูตรคำนวณ	$=2\pi fL$	$=\frac{1}{2\pi fC}$	$=\sqrt{R^2+X_X^2}$	$=\cos^{-1}\frac{Z}{R}$	$=\cos\theta$	$=VI\cos\theta$	$=VI\sin\theta$	$=VI$
12 V								

5. เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันที่ แรงดัน 12 V

6. เขียนสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า (Power Triangle) ที่แรงดัน 12 V

สรุปผลการทดลองที่ 12.3

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ฐ. การทดลองที่ 13 Resonance Circuit

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นิสิตสามารถต่อวงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดให้ และวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรได้อย่างถูกต้อง
2. เพื่อให้นิสิตสามารถใช้เครื่องมือวัดกระแสและแรงดันได้อย่างถูกต้องตามขั้นตอน เพื่อความปลอดภัยต่อตัวผู้วัด อุปกรณ์การทดลองและเครื่องมือวัด

เนื้อหา

1. สรุปคุณสมบัติของวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม (Series resonance)
   1.1 แรงดันและกระแสจะอินเฟสกัน
   1.2 ค่าของอิมพีแดนซ์และรีซีสแตนซ์มีค่าเท่ากัน
   1.3 กระแสที่ไหลในวงจรจะมีค่าสูงสุด
   1.4 ค่าของ X_L จะเท่ากับ X_C
   1.5 ค่าแรงดันของ V_L จะเท่ากับ V_C
2. สรุปคุณสมบัติของวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน (Parallel resonance)
   2.1แรงดันและกระแสจะอินเฟสกัน
   2.2 ค่าของแอดมิตแตนซ์ จะมีค่าเท่ากับความนำ
   2.3 กระแสที่ไหลในวงจรจะมีค่าต่ำสุด
   2.4 ค่าของ B_L จะเท่ากับ B_C
   2.5 ค่ากระแสของ I_L จะเท่ากับ I_C

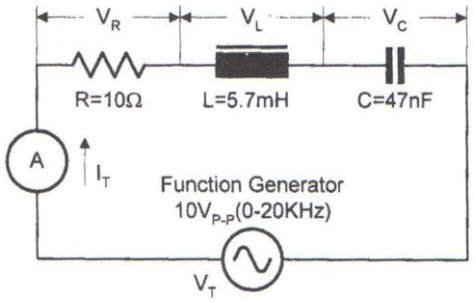
รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.	Oscilloscope	1	เครื่อง
2.	Function Generator	1	เครื่อง
3.	มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
4.	สายต่อวงจรไฟฟ้า	1	ชุด
5.	แผงโมดูลการทดลอง AL-1100H	1	แผ่น

การทดลองที่ 13.1 วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 13.1
2. ให้ตั้งเครื่องกำเนิดความถี่ ที่สัญญาณรูปคลื่นไซน์ที่ 5 kHz แรงดัน $10V_{p-p}$
3. วัดค่า V_R , V_L , V_C และ I_T แล้วบันทึกค่าต่างๆ ลงในตารางที่ 13.1
4. ทำการเปลี่ยนความถี่ ตามตารางที่ 13.1 โดยขณะปรับความถี่ให้แรงดันที่เครื่องกำเนิดความถี่มีค่าคงที่ (แรงดันคงที่) บันทึกผลลงในตาราง
5. ทำการคำนวณค่าของ X_L , X_C และ Z ลงในตารางการทดลองที่ 13.1



รูปที่ 13.1 วงจรการทดลองเรโซแนนซ์แบบอนุกรม

ที่มา : “วงจรเรโซแนนซ์อนุกรม” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 35.

ตารางการทดลองที่ 13.1

ค่าจากการทดลอง					ค่าจากการคำนวณ		
f (kHz)	V_R(mV)	V_L(V)	V_C(V)	I_T(uA)	$X_L(\Omega)$	$X_C(\Omega)$	$Z(\Omega)$
5							
10							
15							
20							
25							
30							

6. จากผลการทดลอง จงคำนวณค่าความถี่ที่ทำให้เกิดเรโซแนนซ์ แล้วนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลอง

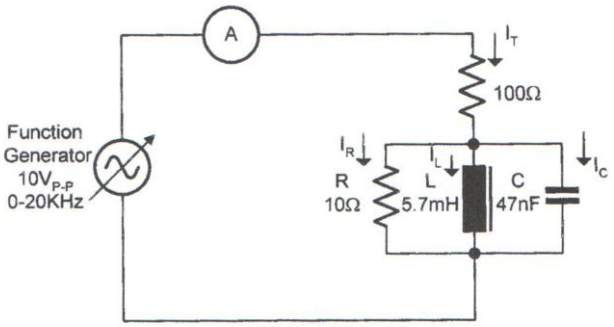
คำถามท้ายการทดลอง

1. จากผลการทดลองค่าของกระแสขณะเกิดเรโซแนนซ์เป็นอย่างไร
2. ค่าของอิมพีแดนซ์ (Z) เป็นอย่างไรเมื่อเกิดสภาวะเรโซแนนซ์
3. ผลของการเกิดสภาวะเรโซแนนซ์แบบอนุกรมมีผลอย่างไร

การทดลองที่ 13.2 วงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 13.2
2. ให้ตั้งเครื่องกำเนิดความถี่ ที่สัญญาณรูปคลื่นไซน์ที่ 10 kHz แรงดัน $10V_{p-p}$
3. วัดค่า I_R , I_L , I_C และ I_T แล้วบันทึกค่าต่างๆ ลงในตารางที่ 13.2
4. ทำการเปลี่ยนความถี่ ตามตารางที่ 13.2 โดยขณะปรับความถี่ให้แรงดันที่เครื่องกำเนิดความถี่มีขนาดคงที่ บันทึกผลลงในตาราง
5. ทำการคำนวณค่าของ B_L, B_C และ Y ลงในตารางการทดลองที่ 13.2



รูปที่ 13.2 วงจรการทดลองเรโซแนนซ์แบบขนาน

ที่มา : “วงจรเรโซแนนซ์ขนาน” โดย ANA-DIGIT R&D LAVORATORY,2546, หน้า 40.

ตารางการทดลองที่ 13.2

ค่าจากการทดลอง					ค่าจากการคำนวณ		
f (kHz)	I_T(mA)	I_R(mA)	I_L(μA)	I_C(mA)	B_L(Ω)	B_C(Ω)	Y(Ω)
10							
20							
25							
30							
35							
40							
50							

6. จากผลการทดลอง จงคำนวณค่าความถี่ที่ทำให้เกิดเรโซแนนซ์ แล้วนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1. จากผลการทดลองค่าของกระแสขณะเกิดเรโซแนนซ์เป็นอย่างไร
2. ค่าของมุมต่างเฟสระหว่างกระแสและแรงดันขณะเกิดสภาวะเรโซแนนซ์เป็นอย่างไร
3. ผลของการเกิดสภาวะเรโซแนนซ์แบบขนานมีผลอย่างไร

สรุปผลการทดลองที่ 13.1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลองที่ 13.2

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ฑ. เอกสารอ้างอิง

คู่มือการใช้งาน ออสซิลโลสโคป IWATSU รุ่น SS-7802A

ชัด อินทะสี . 2553. วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. ซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพมหานคร. 440 หน้า

นภัทร วัจนเทพินทร์, วิจิตร ศีลคุณ และ สุรศักดิ์ วงษ์ชนะชัย. 2533. ทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรง. ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ. กรุงเทพมหานคร. 344 หน้า

บุญเรือง วังศิลาบัตร . 2559. วงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ. ซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพมหานคร. 344 หน้า

วิษณุ บัวเทศ. 2558. การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. ปัญญาชน. กรุงเทพมหานคร. 208 หน้า

สุพจน์ กนกการ. 2543. วงจรไฟฟ้า 1. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). กรุงเทพมหานคร. 364 หน้า

ANA-DIGIT R&D LAVORATORY. 2546. ใบงานการทดลอง AL-1100A BOARD. ไฮคิวโปรดัค. กรุงเทพมหานคร. 99 หน้า

ANA-DIGIT R&D LAVORATORY. 2546. ใบงานการทดลอง AL-1100H BOARD. ไฮคิวโปรดัค. กรุงเทพมหานคร. 50 หน้า