

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่องการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และศึกษาประสิทธิภาพของชุดทดลอง ภายใต้เนื้อหาวิชามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้ชุดทดลองการต่อขดลวดภายในมอเตอร์ 3 เฟส เป็นสื่อการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาความสามารถให้แก่ผู้เรียน โดยมีรายละเอียดการนำเสนอ และลำดับหัวข้อดังต่อไปนี้

- 2.1 การสอนปฏิบัติการทดลอง
- 2.2 องค์ประกอบการสอนปฏิบัติการทดลอง
- 2.3 ใบงานการทดลอง
- 2.4 การสร้างใบงานการทดลอง
- 2.5 การออกแบบการสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทชุดทดลอง
- 2.6 เนื้อหาที่ใช้ในการสร้างชุดทดลอง
- 2.7 การสร้างเครื่องมือในการวัดและประเมินผล
- 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การสอนปฏิบัติการทดลอง

การสอนภาคปฏิบัติในช่วงอุตสาหกรรมนั้นมีความสำคัญมากเพราะเป็นการพัฒนาความสามารถของผู้เรียน จากการจัดประสบการณ์ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้รับความรู้ในเนื้อหาวิชาและการฝึกทักษะที่เกี่ยวข้องกับการทำงานเพื่อเป็นการเตรียมพร้อมของผู้เรียน ไปสู่งานในช่วงอุตสาหกรรมงานปฏิบัติการ กิจกรรมที่ผสมผสานกันระหว่างความรู้ข้อมูลในศาสตร์ ความสามารถทางสมอง (Intellectual Skill and Cognitive Strategies) ความสามารถทางกาย (Manipulative Skills) และเกิดแรงบันดาลใจ (Affective) ในการสร้างงานให้เป็นผลสำเร็จกิจกรรมการเรียนการสอนที่ สนับสนุนความสามารถเหล่านี้ได้แก่การสอนทดลองซึ่งจากการศึกษาพบว่าได้มีการพัฒนารูปแบบการสอนทดลองเพื่อนำมาใช้ในการสอนช่วงอุตสาหกรรมทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาความรู้ ทักษะ ความสามารถ และประสบการณ์เป็นอย่างมากโดยมีการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการสอนทดลองไว้ดังนี้

ภพ เลาหไพบลีย์ [1] การทดลอง (Experiment) และการปฏิบัติการในห้องทดลอง (Laboratory work) เป็นส่วนสำคัญที่เน้นพัฒนาวิธีการทดลองและรูปแบบของการปฏิบัติการ เพื่อที่จะให้นักเรียนได้มีความเข้าใจเนื้อหาวิชาที่เป็นข้อเท็จจริง กฎ หลักการหรือทฤษฎีได้ถูกต้อง เป็นการทดลองเพื่อทดสอบหรือยืนยันสิ่งที่ทราบคำตอบแล้ว และเป็นการปฏิบัติการเพื่อเสาะแสวงหาความรู้ใหม่เป็นการเน้นการหาแนวทางให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเองหรือคิดค้นหาคำตอบได้ด้วย

ตนเอง โดยใช้การทดลองเป็นศูนย์กลางในการเรียนการสอน นักเรียนจะเป็นผู้ลงมือกระทำการทดลองด้วยตนเอง เป็นผู้วางแผนการทดลอง การเตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ ดำเนินการทดลอง การสังเกต บันทึกผลการทดลอง วิเคราะห์ผลการทดลอง แปลผลและการสรุปผล เป็นการช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบคำตอบด้วยตนเอง

ทิสนา เขมมณี [2] วิธีสอนโดยใช้การทดลองคือกระบวนการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยการให้ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาและสมมติฐานในการทดลองและลงมือทดลองปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดโดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็น เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล สรุปอภิปรายผลการทดลองและสรุปการเรียนรู้ที่ได้รับจากการทดลอง

บุญชม ศรีสะอาด [3] ได้ให้ความหมายของการสอนปฏิบัติการทดลอง คือ การสอนที่ให้ผู้กระทำการกิจกรรมการเรียนภายใต้การแนะนำช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด โดยการทำการทดลองปฏิบัติโดยผ่านการสังเกตการทดลองสภาพที่ควบคุมไว้ ทำผู้เรียนมีความฉลาดในการใช้เครื่องมือในการทำงานรู้จักสังเกตหาข้อมูลจากสถานการณ์จริงและสามารถสรุปผลจากการศึกษาค้นพบได้ถูกต้อง

ชูศักดิ์ เปลียนภู [4] ได้ให้ความหมายของการสอนปฏิบัติการทดลอง (Laboratory Instruction) ว่าเป็นการให้การศึกษาค้นคว้าโดยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสัมผัส และได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือ และวัสดุด้วยการลงมือปฏิบัติ เป็นงานที่ฝึกการประสานงานระหว่างข้อมูลทางวิชาการในศาสตร์ ความสามารถทางสมองหรือความคิดกับประสาทสัมผัสต่าง ๆ (Co-ordination between mental and perceptions) เป็นการให้ประสบการณ์หลายมิติที่พัฒนาความสามารถของมนุษย์หลายประการ

พิสิฐ เมธาภักตร์และธีรพล เมธิกุล [5] ได้ให้ความหมายของการสอนปฏิบัติการทดลองไว้ว่าการทดลองเป็นการให้การศึกษาค้นคว้าโดยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสัมผัส และได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือ และวัสดุด้วยการลงมือปฏิบัติ ประสบการณ์ที่ได้รับ เริ่มจากการวางแผน การออกแบบ การต่อวงจร การใช้เครื่องมือสำหรับการทดลอง การสังเกต การบันทึกข้อมูลทางเทคนิค การสรุปวิเคราะห์ผล ตลอดจนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับบุคคลในลักษณะต่าง ๆ ตั้งแต่การปรึกษาหารือระหว่างผู้ร่วมงานจนถึงการติดต่อเพื่อหาข้อมูลจากผู้อื่น การจัดการเรียนการสอนในการปฏิบัติการทดลองให้บรรลุเป้าหมายได้ จึงต้องมีการกำหนดสิ่งต่างๆ ให้สอดคล้อง เช่น บทบาทผู้สอน ลำดับขั้นตอนของการสอน และกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง

จากความหมายดังกล่าว สรุปได้ว่า การสอนปฏิบัติการทดลอง เป็นวิธีการสอนที่จัดรูปแบบ ประสบการณ์ให้ผู้เรียนได้รับ โอกาสฝึกทักษะให้เกิดความสามารถทั้งทางสมองและทางร่างกายจากการนำความรู้ในการเรียนภาคทฤษฎีไปสู่ภาคปฏิบัติเพื่อเป็นการพิสูจน์ข้อเท็จจริงสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องและชัดเจนหรืออาจทำให้เกิดความรู้ใหม่จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในการทดลองที่แตกต่างไปจากทฤษฎีที่กล่าวไว้พร้อมทั้งเป็นการสร้างกิจนิสัยและทัศนคติที่ดีต่อวิชาชีพช่างอุตสาหกรรม

2.2 องค์ประกอบการสอนปฏิบัติการทดลอง

พิสิฐ เมธาภัทรและธีรพล เมธิกุล ได้จัดองค์ประกอบการสอนปฏิบัติการทดลอง ดังนี้

1. บทบาทของผู้สอนในการเรียนการสอนปฏิบัติการทดลอง การเรียนการสอนปฏิบัติการทดลองนี้ ถึงแม้จะกำหนดให้ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองก็ตาม แต่ผู้สอนก็ยังมีบทบาทต่อการสอนด้วย โดยผู้สอนจะทำหน้าที่เป็นผู้คอยดูแลช่วยเหลือผู้เรียนเมื่อผู้เรียนต้องการความช่วยเหลือ ผู้สอนจะมีบทบาทเพียงเป็นผู้ที่คอยให้คำแนะนำคอยช่วยเหลือ และคอยสนับสนุนให้ผู้เรียนสนใจปฏิบัติการทดลอง โดยผู้สอนอยู่ในห้องที่ผู้เรียนทำการทดลองตลอดเวลาและควรยืนอยู่ในตำแหน่งที่ผู้เรียน ทุกคนสามารถมองเห็นได้ทั่วถึง ผู้สอนไม่ควรมีบทบาทมากเกินไป ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทำการค้นคว้า และปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง ผู้สอนจำเป็นต้องเตรียมการสอนอย่างดี นอกจากการเตรียมตัวในการสอนแล้วผู้สอนต้องเตรียมผู้เรียน โดยสร้างแรงจูงใจเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนใจอยากที่จะเรียน อยากที่จะทำการทดลอง ผู้สอนอาจจะสาธิตเทคนิค หรืออธิบายหลักการ วิธีการในการทำงานให้ผู้เรียนได้เข้าใจเสียก่อน แนะนำให้ผู้เรียนรู้จักใช้ข้อมูลที่รวบรวมได้จากการปฏิบัติการทดลองมาสรุปผล และประเมินผลการปฏิบัติงาน บทบาทของผู้สอนในกระบวนการเรียนการสอนที่มีการทดลอง แบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. การอภิปรายก่อนการทดลอง (Pre-Lab Discussion) ผู้สอนต้องพยายามเตรียมคำถามต่าง ๆ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากรู้ อยากเห็น คิด สงสัย หรือแนะนำแนวทาง เพื่อให้ผู้เรียนจะได้สืบเสาะหาคำตอบต่อไป ตลอดจนให้คำแนะนำต่าง ๆ ในการทดลอง อาทิ ควรทำอะไรก่อนหรือไม่ ควรทำอะไรตลอดจนเตือนเรื่องความปลอดภัย เป็นต้น

2. การให้ผู้เรียนปฏิบัติการทดลอง (Experiment Period) ผู้สอนจะต้องดูแลให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด คอยกระตุ้น สนับสนุนและเป็นที่ปรึกษาอยู่ด้วย มิใช่ปล่อยให้ผู้เรียนปฏิบัติการทดลองกันตามลำพังฝ่ายเดียว

3. การอภิปรายภายหลังการทดลอง (Post-Lab Discussion) ผู้สอนจะต้องเตรียมคำถามต่าง ๆ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถใช้ข้อมูล หรือผลการทดลองที่รวบรวมได้ สรุปเป็นกฎเกณฑ์ ทฤษฎี หรือหลักการต่าง ๆ รวมทั้งอภิปรายถึงข้อผิดพลาด (Error) ของการทดลองที่อาจเป็นไปได้ด้วย ผู้สอน จะมีบทบาทเพียงผู้ที่คอยให้คำแนะนำคอยช่วยเหลือ และคอยสนับสนุนให้ผู้เรียนสนใจทำ

ปฏิบัติการทดลอง ผู้สอนไม่ควรมีบทบาทมากเกินไป ควรปล่อยให้ผู้เรียนทำการค้นคว้าทดลองด้วยตนเอง

2. ลำดับขั้นตอนของการสอนปฏิบัติการทดลอง การสอนปฏิบัติการทดลอง เป็นการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงและส่งเสริมการค้นพบด้วยตนเอง อาจเป็นการพิสูจน์สิ่งที่คนอื่นค้นพบไว้แล้ว ขณะเดียวกันก็เป็นการค้นคว้าสิ่งใหม่ ๆ ไปด้วย เป็นการฝึกการใช้เครื่องมือ การสังเกต การเก็บรวบรวมข้อมูล การแปลความหมายและการเสนอข้อมูล ขั้นตอนของการสอนปฏิบัติการทดลองสามารถแบ่งออกได้ 3 ขั้น คือ

1. ขั้นปฐมนิเทศและการสร้างแรงจูงใจ ผู้สอนจะเป็นผู้เสนอแนะสิ่งที่จะทำการทดลองโดยอธิบายให้ผู้เรียนเข้าใจในวิธีการทดลอง และแจกคำแนะนำในการทดลอง (Guide Sheets) การที่ให้ผู้เรียนได้เกิดความเข้าใจอย่างแจ่มแจ้งในสิ่งที่จะทำการทดลอง จะช่วยให้ผู้เรียนไม่เสียเวลาและจะทำการทดลองด้วยความเชื่อมั่นในตนเอง

2. ขั้นปฏิบัติการ ผู้เรียนทุกคนอาจจะทำการทดลองในปัญหาเดียวกัน หรือแตกต่างกันก็ได้ การทดลองจะกินเวลานานเท่าใด ขึ้นอยู่กับลักษณะของการทดลอง และความแตกต่างระหว่างบุคคล ในขั้นนี้ผู้เรียนจะทำงานภายใต้การสนับสนุนของผู้สอน ความแตกต่างระหว่างบุคคลเป็นสิ่งที่ควรจะต้องนำมาพิจารณาในการมอบหมายงาน หรือเวลาในการทำงาน

3. ขั้นสรุปผล หลังจากทดลองเสร็จแล้ว จะเป็นขั้นสรุปผลการทดลอง ซึ่งอาจจะดำเนินการทดลองโดย อธิบายถึงธรรมชาติและความสำคัญของปัญหาที่แต่ละกลุ่ม หรือแต่ละคนได้ทำการทดลอง, รายงานข้อมูลหรือข้อค้นพบที่รวบรวมได้, แสดงตัวอย่างที่ได้จากผลงาน, แสดงนิทรรศการผลงานพร้อมอธิบายประกอบ

3. ประเภทของการจัดกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง สำหรับการให้ผู้เรียนทำปฏิบัติการทดลองนั้น มีวิธีการปฏิบัติที่แตกต่างกัน จำแนกออกได้เป็น 5 รูปแบบ คือ

1. แบบดั้งเดิม (Conventional Type) เป็นการทดลองที่ให้ข้อมูล ให้ผู้เรียนปฏิบัติทดลองอย่างสมบูรณ์ ซึ่งมีรูปแบบตั้งแต่การบอกวัตถุประสงค์ ขั้นตอนของการทดลอง การติดตั้งอุปกรณ์กรรมวิธีการใช้เครื่องมือ ขั้นตอนของการวัดและการสังเกตผลการวัดค่าต่าง ๆ วิธีการบันทึกข้อมูล ตลอดจนการสรุปผลการทดลองประเภทนี้ มีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียน ได้รู้จักวิธีการใช้เครื่องมืออุปกรณ์หลักการ หรือทฤษฎีบทต่าง ๆ ตลอดจนการสร้างความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทดลอง

2. แบบค้นคว้าด้วยตนเองอย่างมีแนวทาง (Structural Discovery) เป็นการทดลองที่มุ่งให้ผู้เรียนได้ศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลอง เพื่อหากฎเกณฑ์เกี่ยวกับหลักการหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น หรือศึกษาการทำงานของเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ ตามขั้นตอนที่เหมาะสมการจัดการทดลองอาศัยหลักการของ Discovery Learning โดยผู้เรียนอาศัยความสามารถของตนเองอย่างเต็มที่ ในการค้นคว้าจนถึง Guide Discovery ซึ่งผู้เรียนจะต้องศึกษาค้นคว้าภายใต้การควบคุมของผู้สอนอย่างใกล้ชิด ข้อมูลที่ใช้สำหรับการทดลองประเภทนี้ แบ่งออกเป็น ส่วน ๆ คือข้อมูลสำหรับ

การเริ่มต้นข้อมูลที่ทำให้ผู้เรียนค้นหาคำตอบเองในระหว่างการทดลอง ข้อมูลที่แนะนำให้ผู้เรียนปฏิบัติในขั้นสูงขึ้นไปอีก

3. แบบสืบสวนสอบสวน (Investigational Type) เป็นการทดลองที่มุ่งพัฒนาความสามารถของการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ ในการทดลอง เพื่อหาข้อมูลพิสูจน์ข้อสงสัย หรือพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยปกติการทดลองประเภทนี้จะไม่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการดำเนินงานอย่างสมบูรณ์ จะละทิ้งข้อมูลบางอย่างเพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนจะค้นหาข้อมูลได้ เอกสารการทดลอง (Laboratory Sheet) ก็จะให้ข้อมูลบางอย่าง ซึ่งอาจจะเป็นส่วนประกอบของปัญหาในการดำเนินการต่อไป ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการสืบสวนข้อเท็จจริงต่อไป

4. แบบแก้ปัญหา (Problem Solving) เป็นการทดลองที่มีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนเกิดความสามารถในการพัฒนาระบบการแก้ปัญหาให้กับตัวเอง ตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆคือ กระบวนการของการวิเคราะห์ปัญหา กรรมวิธีในการตั้งสมมติฐานสำหรับปัญหาที่พบ การค้นหาวิธีการแก้ปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ กระบวนการหาข้อมูลสำหรับการแก้ปัญหา การสรุปปัญหาวิธีการแก้ปัญหา และผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา ข้อมูลของการทดลองประเภทนี้ จะมีการกำหนดชื่อเรื่องของปัญหาให้ โดยมีรายละเอียดของปัญหาที่พอเหมาะคือไม่มากเกินไป จนเป็นการปิดโอกาสที่ผู้เรียนจะคิดหาทางแก้ปัญหาด้วยตนเอง และไม่น้อยเกินไปจนผู้เรียนขาดแนวทางที่จะปฏิบัติได้ ต่อจากปัญหาและองค์ประกอบของปัญหา ก็ควรจะเป็นข้อมูลที่ช่วยในการวางแผนแก้ปัญหา โดยพยายามให้ผู้เรียนสร้างระบบการแก้ปัญหาหลายๆวิธี และคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสม

5. แบบโครงการ (Project Type) เป็นการทดลองที่มีลักษณะเปิดกว้าง ในรูปแบบของสถานการณ์จำลองที่ต้องการให้ผู้เรียนศึกษาตามองค์ประกอบของความกว้างของเนื้อหา และขอบเขตของเวลาที่จำกัดภายใต้การควบคุมดูแลของผู้สอน แต่องค์ประกอบภายในยังเป็นงานที่มีขั้นตอนย่อยที่อยู่ในรูปแบบของการทดลองแบบต่าง ๆ หลายรูปแบบ ตั้งแต่ Discovery จนถึง Problem Solving การทดลองชนิดนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะให้ประสบการณ์หลายด้านกับผู้เรียน ตั้งแต่การเสาะแสวงหาข้อมูลในลักษณะของการศึกษาและสำรวจสถานะของงานที่จะทำการออกแบบวงจร และการทดลองเบื้องต้นในรูปแบบต่าง ๆ แล้วนำผลของการทดลองนั้นมาประยุกต์รวมกันเป็นผลงานรวมที่มีความหมายในตัวเอง การทำการทดลองลักษณะนี้มีวิธีการดำเนินการหลายรูปแบบ ตั้งแต่การสร้าง แก๊ซโดยอาศัยเครื่องมือที่มีจากโรงฝึกงาน และห้องปฏิบัติการจนถึงงานแก้ปัญหาในระดับสูง อย่างไรก็ตามการทดลองแบบนี้ก็เป็นงานพื้นฐานนำไปสู่งานโครงการที่ใหญ่ขึ้น

2.3 ใบงานการทดลอง

ชูศักดิ์ เปลียนภู [6] กล่าวว่าใบงานการทดลอง (Laboratory Sheet) หมายถึงเอกสารที่ใช้เป็นคำสั่งให้ปฏิบัติงาน หรือเป็นคำแนะนำให้ผู้เรียนให้สามารถดำเนินการทดลองให้เป็นไปตามจุดมุ่งหมาย

ที่กำหนดไว้ ใบงานที่ใช้กันอยู่ในสถาบันการศึกษา จะมีทั้งใบงานการทดลองที่ผู้สอนสร้างขึ้นมาใช้เอง และประเภทใบงานการทดลองที่ผลิตโดยบริษัทผู้สร้างอุปกรณ์สำหรับการทดลองโดยเฉพาะ หรือจากผู้ผลิตตำราเอกสารสอนเป็นอาชีพ

2.3.1 รูปแบบใบงานการทดลอง

รูปแบบใบงานการทดลองแบบให้ข้อมูลในการทดลอง (Conventional Format) ใบงานการทดลองประเภทนี้ จะให้ข้อมูลละเอียดในการดำเนินงาน แต่ละขั้นตอนโดยตลอด ผู้ปฏิบัติการทดลองทำตามขั้นตอนที่กำหนดให้โดยไม่จำเป็นต้องใช้เวลาในการคิดหาวิธีการทดลองด้วยตนเอง ใบงานการทดลองประกอบด้วย วัตถุประสงค์และขอบเขตการทดลอง ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการดำเนินการโดยละเอียด มีขั้นตอนการทดลองที่เหมาะสม คำถามให้ผู้ปฏิบัติใช้ความคิดตรรกะรองรับการทดลอง

2.3.2 ข้อมูลหลักของใบงานการทดลองแบบให้ข้อมูลในการทดลอง

รูปแบบของใบงานการทดลองที่จะสร้างครั้งนี้ เป็นแบบให้ข้อมูลการทดลองซึ่งใช้กับการสอนปฏิบัติการทดลองแบบให้ข้อมูลในการทดลอง (Conventional Type) ที่ใช้กันเป็นส่วนใหญ่ในวงการอาชีวศึกษา ดังนั้นรูปแบบของใบงานควรประกอบด้วยข้อมูลหลัก 5 ประการดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไป (Introductory Information) หมายถึงข้อมูลที่แจ้งให้ผู้เรียนได้รู้เรื่องทั่ว ๆ ไปในการปฏิบัติการทดลองเป็นข้อมูลชี้แนะและสร้างแรงจูงใจในการปฏิบัติการทดลอง ได้แก่ วัตถุประสงค์ของการทดลอง, ความจำเป็นและขอบเขตของงานการทดลอง, การวางแผนงาน

2. ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทดลอง (Background Information) คือข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนได้อาศัยเป็นหลักในการวางแผนดำเนินงาน และเป็นข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสำรวจและปรับปรุงตนเองในสิ่งที่ขาด เพื่อพัฒนาความรู้ให้พร้อมก่อนลงมือปฏิบัติการทดลอง ความรู้ดังกล่าวนี้ได้แก่ , ความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง, ความรู้ที่ควรมีก่อนเรียน, ความรู้ในเนื้อหาวิชา

3. ข้อมูลสำหรับดำเนินการ (Procedural Information) คือข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถดำเนินงาน ตามขั้นตอนของการดำเนินงานที่เป็นจริง ตามที่ได้จากการวิเคราะห์ความสามารถในการปฏิบัติงานย่อยตั้งแต่การวางแผนงานจริงจากการวิเคราะห์เนื้อหา การกำหนดวงจรและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง จนกระทั่งถึงวิธีการเก็บข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติงาน

4. ข้อมูลสำหรับการสรุปผลลัพธ์ (Conclusion Information) คือข้อมูลหรือคำแนะนำให้ผู้ปฏิบัติแสดงผลลัพธ์ที่ได้อย่างมีระบบและสามารถสรุปผลของการทดลองได้ตามรูปแบบที่เหมาะสม ข้อมูลภายในงานจะช่วยให้ผู้ปฏิบัติสามารถทำรายงาน และสรุปผลการทดลองได้ ลักษณะข้อมูลดังกล่าว อาจจะเป็นคำถามให้คิด หรือหัวข้อที่ให้ผู้เรียนหาข้อมูลมาสนับสนุน

5. ข้อมูลสำหรับการประเมินผล (Assessment Information) คือข้อมูลที่เป็นคำถามใช้ในการตรวจสอบความรู้ ความสามารถและความเข้าใจ ในเรื่องที่คุณเรียนได้ปฏิบัติงาน ลักษณะของคำถามอาจแบ่งออกได้ 2 ประเภทคือ คำถามในเนื้อหาที่ทำการทดลองคำถามประเภทนำไปใช้งาน

2.3.3 องค์ประกอบของใบงานการทดลอง

ใบงานการทดลองที่ใช้สำหรับการสอนปฏิบัติการทดลองแบบให้ข้อมูลในการทดลอง (Conventional Type) จะมีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

1. ชื่อเรื่อง แสดงถึงขอบเขตของการปฏิบัติการทดลองนั้น
2. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม แสดงถึงสิ่งที่คาดหวังให้เกิดแก่ผู้เรียนหลังจากการปฏิบัติการทดลองนั้นสิ้นสุดลง
3. เนื้อหาแสดงถึงภาพรวมของเรื่องที่ต้องการศึกษา คืออะไร ทำงานได้อย่างไร และมีองค์ประกอบที่สำคัญอะไรบ้าง
4. ความรู้ที่ควรมีก่อนเรียน แสดงถึงผู้ที่จะปฏิบัติงานที่กำหนดได้นั้น จะต้องมีความรู้ความสามารถอย่างใดมาก่อน จึงจะปฏิบัติงานนั้นได้ทั้งนี้เพื่อป้องกันอันตราย หรือความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับสิ่งของหรือผู้ปฏิบัติงานได้
5. ชนิดและจำนวนวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ
6. วงจรการทดลอง แสดงถึงลักษณะงานของการทดลองนั้น
7. ข้อควรระวัง แสดงถึงสิ่งที่ต้องระมัดระวังเพื่อป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์เครื่องมือและอันตรายต่อผู้ปฏิบัติการทดลอง
8. ลำดับขั้นตอนปฏิบัติการทดลอง แสดงถึงข้อมูลที่แต่ละขั้นตอนของการดำเนินงานที่เป็นจริงตามที่ได้จากการวิเคราะห์ความสามารถจากการปฏิบัติงาน
9. ตารางบันทึกข้อมูลการทดลอง แสดงถึงข้อมูลที่แต่ละขั้นตอนของการทดลองที่ต้องบันทึกลงในแบบฟอร์ม เพื่อนำผลไปสรุปต่อไป
10. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง แสดงถึงข้อสรุปที่ได้จากการทดลองนั้นและการวิจารณ์ผลการทดลองที่ได้ว่าสัมพันธ์กับทฤษฎีหรือไม่ได้ค้นพบอะไรจากการทดลองนั้น
11. คำถามเป็นคำถามในเรื่องเกี่ยวกับงานที่ได้ปฏิบัติการทดลอง โดยเฉพาะเรื่องของเหตุผลในการปฏิบัติการทดลองแต่ละขั้นตอน เป็นการทดสอบความรู้และความเข้าใจในการปฏิบัติการทดลอง

2.4 การสร้างใบงานการทดลอง

ข้อมูลหลักที่ใช้ในการทดลองมีอยู่ 5 ข้อมูลด้วยกัน การจัดสรรข้อมูลเหล่านี้ให้เหมาะสมกับองค์ประกอบต่าง ๆ ของใบงานการทดลองที่ใช้กับการสอนปฏิบัติการทดลองแบบ Conventional Type นั้นควรจัดแสดงให้เห็นด้วยตารางเพื่อสะดวกต่อการหาข้อมูลต่างๆมาสร้างใบงานการทดลอง

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลและที่มาขององค์ประกอบของใบงานการทดลอง

องค์ประกอบ	ข้อมูล					แหล่งที่มา		
	1	2	3	4	5	C	T	O
1. ชื่อเรื่อง	X					X		
2. วัตถุประสงค์	X							X
3. เนื้อหา		X				X		
4. ความรู้ที่ควรมีก่อนเรียน		X					X	X
5. ชนิดและจำนวนวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ		X					X	
6. วงจรการทดลอง			X				X	
7. ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติการทดลอง			X				X	
8. ตารางบันทึกข้อมูล			X				X	
9. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง				X			X	
10. คำถาม					X	X	X	

หมายเหตุ

1 = ข้อมูลทั่วไป

(Introductory Information)

2 = ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทดลอง

(Background Information)

3 = ข้อมูลสำหรับดำเนินการ

(Procedural Information)

4 = ข้อมูลสำหรับการสรุปผลลัพท์

(Conclusion Information)

5 = ข้อมูลสำหรับการประเมินผล

(Assessment Information)

C = ใบวิเคราะห์เนื้อหา

(Content Analysis Sheet)

T = ใบวิเคราะห์ความสามารถในการปฏิบัติงานย่อย

(Task Analysis Sheet)

O = ใบวิเคราะห์วัตถุประสงค์

(Objective Analysis Sheet)

ขั้นตอนการสร้างใบงานการทดลอง

งานการทดลองนั้น เริ่มต้นจากการสร้างใบงาน การสร้างอุปกรณ์การทดลอง การประเมินผล จนกระทั่งถึงขั้นการสร้างคู่มือใบงานการทดลอง ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. การวิเคราะห์เนื้อหาที่จะสร้างใบงาน การศึกษารายละเอียดของเนื้อหาในการทดลอง เกี่ยวกับเรื่องใดก็ตามผู้สร้างใบงานทดลองควรทราบรายละเอียดเกี่ยวกับเนื้อหาเป็นอย่างดี และเขียนออกมา เป็นภาษาเขียน จะทำให้ผู้สร้างเห็นความสัมพันธ์ของความคิดรวบยอด (Concept) และหลักการ (Principle) ภายในเนื้อหาเหล่านั้นได้เป็นอย่างดี และมองเห็นขั้นตอนของการทดลองที่ควรจะเป็นได้อย่างชัดเจน จนสามารถกำหนดจุดสำคัญของการสอน (Teaching Point) ที่เหมาะสมได้

2. การตั้งชื่อใบงาน การตั้งชื่อเรื่องของใบงานการทดลองจะกระทำหลังจากวิเคราะห์เนื้อหาแล้ว ซึ่งจะได้ประเด็นสำคัญของเนื้อหาที่เหมาะสมต่อการทดลอง ควรตั้งชื่อเรื่องที่มองเห็นภาพจน์ของงานการทดลองและมีลักษณะท้าทายหรือชวนให้ศึกษา

3. การวิเคราะห์ความสามารถในการปฏิบัติงานย่อย การดำเนินงานขั้นนี้ทำเพื่อหาข้อมูลสำหรับเขียนใบงานตามรูปแบบของใบงานแบบให้ข้อมูลในการทดลอง (Conventional Format) ทำให้ได้มาซึ่งองค์ประกอบของใบงานดังที่แสดงไว้ในตารางแสดงข้อมูลและที่มาขององค์ประกอบของใบงานการทดลอง

4. การกำหนดวัตถุประสงค์ของการทดลอง การกำหนดวัตถุประสงค์ของการทดลอง กระทำหลังจากวิเคราะห์ความสามารถในการปฏิบัติงานแล้ว ซึ่งจะได้ความรู้และทักษะที่ใช้ในการทำงานว่ามีอะไรบ้างจึงจะทำให้ผู้เรียนบรรลุผลตามเป้าหมายในการทำงานนั้น ความรู้และทักษะจะนำไปใช้ในการเขียนใบงานได้ 2 กรณีคือ ความรู้และทักษะที่ใช้ในการทำงาน นำไปกำหนดเป็นความรู้และความสามารถก่อนเรียน, ความรู้และทักษะที่จะได้รับจากการทำงานนำไปกำหนดเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ที่หวังจะให้ผู้เรียนได้รับ

5. เขียนใบงานการทดลอง ข้อมูลที่ใช้ในการเขียนใบงานการทดลอง จะได้จากใบวิเคราะห์เนื้อหา ใบวิเคราะห์ความสามารถในการปฏิบัติงาน และใบวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน เอกสารต่าง ๆ เหล่านี้จะให้ข้อมูลเพื่อเขียนองค์ประกอบของใบงานแบบให้ข้อมูลในการทดลอง ซึ่งมีแนวทางการเขียนดังนี้ ชื่อเรื่องแสดงถึงขอบเขตของการปฏิบัติการทดลองนั้น, วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม แสดงถึงสิ่งที่คาดหวังให้เกิดแก่ผู้เรียนหลังจากการปฏิบัติการทดลอง นั้นสิ้นสุดลง, เนื้อหาแสดงถึงภาพรวมของเรื่องที่ต้องการศึกษา คืออะไร ทำงานได้อย่างไร และมีองค์ประกอบที่สำคัญอะไรบ้าง, ความรู้ที่ควรมีก่อนเรียน แสดงถึงผู้ที่ปฏิบัติงานที่กำหนดได้นั้น จะต้องมีความรู้ความสามารถอย่างใดมาก่อน จึงจะปฏิบัติงานนั้นได้ทั้งนี้เพื่อป้องกันอันตราย หรือความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับสิ่งของหรือผู้ปฏิบัติงานได้, ชนิดและจำนวนวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ, วงจรการทดลอง แสดงถึงลักษณะงานของการทดลองนั้น, ข้อควรระวัง แสดงถึงสิ่งที่ต้องระมัดระวังเพื่อป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์เครื่องมือและอันตรายต่อผู้ปฏิบัติการทดลอง, ลำดับขั้นตอน

ปฏิบัติการทดลอง แสดงถึงข้อมูลที่ได้แต่ละขั้นตอนของการดำเนินงานที่เป็นจริงตามที่ได้จากการวิเคราะห์ความสามารถจากการปฏิบัติงาน, ตารางบันทึกข้อมูลการทดลอง แสดงถึงข้อมูลที่ได้แต่ละขั้นตอนของการทดลองที่ต้องบันทึกลงในแบบฟอร์ม เพื่อนำผลไปสรุปต่อไป,สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง แสดงถึงข้อสรุปที่ได้จากการทดลองนั้นและการวิจารณ์ผลการทดลองที่ได้ว่าสัมพันธ์กับทฤษฎีหรือไม่ได้ค้นพบอะไรจากการทดลองนั้น, คำถามเป็นคำถามในเรื่องเกี่ยวกับงานที่ได้ปฏิบัติการทดลอง โดยเฉพาะเรื่องของเหตุผลในการปฏิบัติการทดลองแต่ละขั้นตอน เป็นการทดสอบความรู้และความเข้าใจในการปฏิบัติการทดลอง

6. การสร้างอุปกรณ์ทดลอง
7. การทดลองเบื้องต้น
8. การสร้างคู่มือใบงานการทดลอง

2.5 การออกแบบการสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทชุดทดลอง

วัลลภ จันทร์ตระกูล [7] ได้อธิบายขั้นตอนการสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทชุดทดลองดังนี้

2.5.1 กำหนดวัตถุประสงค์ในการนำชุดทดลองไปใช้ในการสอน

การนำชุดทดลองไปใช้ในการสอน ควรกำหนดให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียน ซึ่งการออกแบบสร้างจะสำเร็จผลตามเป้าหมาย และใช้ได้จริงจะต้องศึกษาข้อมูลต่างๆประกอบ ได้แก่ สภาพการในการเรียนการสอน, ศึกษาข้อมูลด้านวิชาการ และกลุ่มผู้เรียน จากนั้นก็นำไปใช้เขียนวัตถุประสงค์เป็นข้อๆและกำหนดขอบเขตคุณลักษณะของชุดทดลองที่จะออกแบบสร้างสุดท้ายจะต้องตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนอีกครั้ง

2.5.2 กำหนดหน้าที่ (Function) ของชุดทดลอง

จากคำบรรยายคุณลักษณะของชุดทดลองที่กำหนดขึ้นในข้อที่ 2.5.1 นำมาวิเคราะห์เพื่อค้นหาคำพื้นฐาน (Basic Term) ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงรายการหน้าที่ต่างๆของชุดทดลอง ศึกษาพิจารณาปัจจัยที่จะทำให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามรายการหน้าที่

2.5.3 การศึกษาปัจจัยที่จะทำให้ชุดทดลองทำงานได้ตามรายการหน้าที่

ในขั้นนี้เป็นการคิดค้นสิ่งที่ทำให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามรายการหน้าที่ ที่กำหนดโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของวัสดุ สิ่งที่ต้องกำหนดอาจเขียนเป็นคำสั้นๆ หรือ ภาพสเกตต่างๆ เพื่อให้ได้ชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์มากที่สุด ชิ้นส่วนที่คิดค้นขึ้นมาควรพิจารณาถึงการประกอบ ความยากง่ายในการผลิตและค่าใช้จ่าย

2.5.4 การวิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนของอุปกรณ์

จากการเลือกในข้อที่ 2.5.3 นำมาเลือกหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยพิจารณาเกณฑ์กำหนดเรื่อง ประสิทธิภาพในการทำงาน ขนาดรูปร่าง ความคงทน การบำรุงรักษา และราคา

2.5.5 การสร้างต้นแบบและตรวจสอบ

เมื่อเลือกชิ้นส่วนได้แล้วจะต้องนำมาร่างเป็นภาพประกอบต้นแบบคร่าวๆหรือเป็นภาพงานชิ้นง่าย ๆ ก่อน จากนั้นจึงทำการสร้างต้นแบบ ในตอนนี้จะต้องมีการทดลองซึ่งต้องทดลองกลไกหน้าที่อุปกรณ์ บางอย่าง การทำชุดทดลองต้นแบบจะต้องทำการตรวจสอบทางเทคนิค ค้นหาข้อมูลบางอย่าง เพื่อให้แน่ใจว่าอุปกรณ์นั้นมีคุณลักษณะตรงตามความต้องการ

2.5.6 การเขียนแบบ

เพื่อประโยชน์ในการผลิตครั้งต่อไปงานเขียนแบบนับว่ามีความสำคัญมาก แบบงานจะเป็นข้อมูล สำหรับดำเนินการผลิต ดังนั้นแบบงานของชุดทดลองจะต้องมีแบบทั้งแบบภาพประกอบและ การแยกชิ้น

2.5.7 การเตรียมเอกสารประกอบ

อุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างโดยทั่วไปควรต้องจัดเอกสารประกอบหรือคู่มือการใช้งาน เพื่อให้ผู้ใช้จะได้ใช้ อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์

2.6 เนื้อหาที่ใช้ในการสร้างชุดทดลอง

การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการต่อขดลวดภายในมอเตอร์ 3 เฟส ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์คำอธิบาย รายวิชา 2104-2108 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพพุทธศักราช 2546 สาขาวิชา ช่างไฟฟ้ากำลัง ศึกษาเนื้อหาทั้งทฤษฎีและปฏิบัติ ที่มีหลักการเกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้ามีบทบาทสำคัญต่อชีวิตประจำวันทั้งภายในบ้านที่ทำงานสถานที่สาธารณะต่าง ๆ และ มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานต่าง ๆ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ทำงาน ร่วมกับเครื่องจักรกลในงานอุตสาหกรรม มอเตอร์มีหลายแบบหลายชนิดที่ใช้ให้เหมาะสมกับงาน ดังนั้นเราจึงควรทราบถึงความหมายของมอเตอร์ไฟฟ้ารวมทั้งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าและการควบคุม มอเตอร์

2.6.1 ความหมายของมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้า หมายถึง เครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล มอเตอร์ไฟฟ้าจัดว่าเป็นเครื่องต้นกำลังอย่างหนึ่งซึ่งมีความสำคัญมากและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุดทั้งในอาคาร บ้านเรือน สถานประกอบการ และในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป ทั้งนี้เพราะว่าพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่มีความสะดวกในการแปรรูปเป็นพลังงานรูปอื่น นอกจากนั้นยังมีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานที่ได้จากแหล่งอื่นๆ [8]

มอเตอร์ไฟฟ้า หมายถึง เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล จึงถูกนำไปใช้เป็นตัวต้นกำลังในอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดต่างๆ มากมายในอาคารบ้านเรือน และในโรงงานอุตสาหกรรม มอเตอร์ไฟฟ้าเมื่อแบ่งตามประเภทของพลังงานที่จ่ายให้กับมอเตอร์มี 2 ชนิด [9]

มอเตอร์ หมายถึง เครื่องกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ในรูปของการหมุนเคลื่อนที่[10]

มอเตอร์ หมายถึง เครื่องกลเพื่อเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลนี้ พลังงานไฟฟ้าไม่ได้นำเข้าสู่โรเตอร์ของมอเตอร์โดยตรง แต่ได้จากการเหนี่ยวนำหรือเรียกว่า อินดักชัน [11]

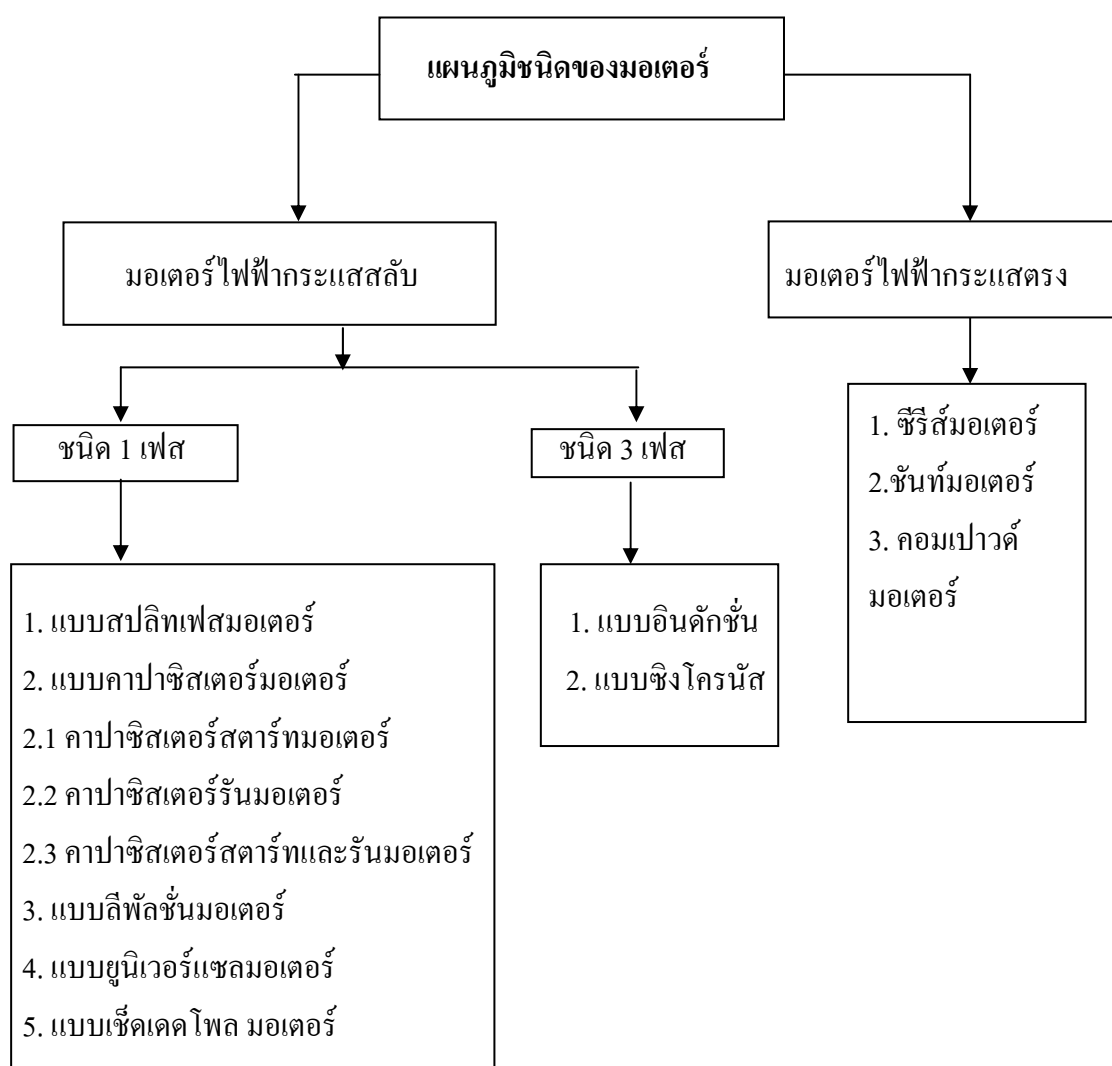
มอเตอร์ หมายถึง เครื่องยนต์อันอาจนำไปใช้กับรถหรือเรือ เพื่อให้รถหรือเรือเคลื่อนที่ได้โดยพลังของมันตามความต้องการของผู้ใช้ [12]

มอเตอร์ หมายถึง มอเตอร์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าคือขอลวดที่พันในสเตเตอร์ และส่วนที่ทำให้เกิดพลังงานกลคือตัวหมุนหรือโรเตอร์ [13]

มอเตอร์ไฟฟ้า หมายถึง เครื่องมือสำหรับเปลี่ยนจากพลังไฟฟ้าเป็นพลังงานกลเป็นตัวหมุนให้กำลังแก่อุปกรณ์ที่ต้องการแรงขับเคลื่อน[14]

สรุป มอเตอร์ไฟฟ้า หมายถึง อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลและทำงานโดยการหมุนมีส่วนประกอบอยู่ 2 ส่วนคือส่วนอยู่กับที่ และ ส่วนที่เคลื่อนที่

2.6.2 ชนิดของมอเตอร์



รูปที่ 2.1 แผนภูมิชนิดของมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งตามการใช้งานของกระแสไฟฟ้าได้ 2 ชนิด คือ

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating current motor)
2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current motor)

2.7 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating current motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับหรือเรียกว่าเอ.ซี.มอเตอร์ (A.C. motor) มอเตอร์ชนิดนี้จะใช้กับแรงดันไฟฟ้า 220 โวลท์ 50 เฮิรท์ มีสายไฟเข้าไปตัวมอเตอร์จำนวน 2 เส้น มีแรงม้าไม่สูงมากนัก

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟสหรือเรียกว่า ซิงเกิลเฟสมอเตอร์ และ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟสหรือเรียกว่าทรีเฟสมอเตอร์

2.7.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส หรือเรียกว่าซิงเกิลเฟสมอเตอร์มี 5 แบบ คือ

2.7.1.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบสปลิตเฟสมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าสลับชนิดเฟสเดียวแบบสปลิตเฟสมอเตอร์ (Split-phase motor) มีขนาดแรงม้าขนาดตั้งแต่ 1/6 แรงม้า, 1/4 แรงม้า, 1/3 แรงม้า, 1/2 แรงม้าและมีขนาดไม่เกิน 1 แรงม้า บางทีนิยมเรียกว่าอินดักชันมอเตอร์ (Induction motor) นิยมใช้งานมากในปั๊มลมขนาดเล็ก ปั๊มน้ำขนาดเล็ก, เครื่องขุดมะพร้าว, เครื่องซักผ้า, สว่านแท่นไฟฟ้า, ตู้เย็น เป็นต้น



รูปที่ 2.2 สปลิตเฟสมอเตอร์ (Split-phase motor)

ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบสปลิตเฟสมอเตอร์

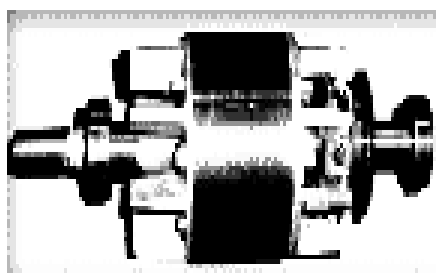
ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบสปลิตเฟสมอเตอร์มี โรเตอร์ สเตเตอร์ สวิตช์ แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางและ ฉากรอบ โรเตอร์ ทำด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ อัดซ้อนกันเป็นแกนและมีเพลาร้อยทะลุเหล็กบาง ๆ เพื่อยึดให้แน่นรอบโรเตอร์จะมีร่องไปตามทางยาวในร่องมีทองแดงหรืออลูมิเนียม ฝังอยู่โดยรอบปลายของทองแดงหรืออลูมิเนียมจะเชื่อมติดอยู่กับวงแหวนทองแดงหรืออลูมิเนียมมีลักษณะคล้ายกรงกระรอก เรียกว่าโรเตอร์กรงกระรอก (Squirrel cagerotor) สเตเตอร์ประกอบด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ อัดแน่นมีร่องไว้สำหรับใส่ขดลวดเรียกว่าช่องสลอต (Slot) อัดอยู่ภายในกรอบโครง (Frame) ซึ่งเฟรมจะทำมาจากเหล็กหล่อ (Cast iron) หรือเหล็กเหนียว (Steel) ที่สเตเตอร์ของสปลิตเฟสมอเตอร์จะมีขดลวดพันอยู่ 2 ชุดคือ

1) ขดรัน (Running winding) พันด้วยลวดเส้นใหญ่ จำนวนรอบมากขดรันจะมีไฟฟ้าไหลผ่านอยู่ตลอดเวลาไม่ว่าจะเป็นการเริ่มสตาร์ทหรือขณะทำงานคือหมุนอยู่

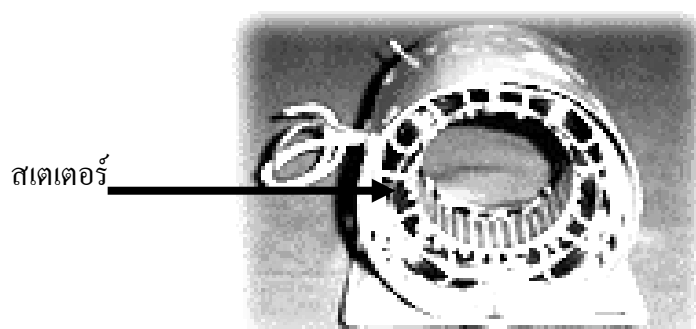
2) ขดสตาร์ท (Starting winding) ขดลวดชุดที่สองใช้สำหรับเริ่มหมุนพันด้วยลวดเส้นเล็ก และจำนวนรอบน้อยกว่าขดรีนขดลวดสตาร์ทต่ออนุกรมอยู่กับสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางและต่อขนานกับขดรีน

สวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (centrifugal switch) ทำหน้าที่ตัดวงจรสตาร์ทหรือเรียกว่าสวิตช์ตัดวงจรสตาร์ท สวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

- ส่วนที่อยู่กับที่จะประกอบติดอยู่กับฝาปิดหัวท้ายของมอเตอร์ซึ่งเป็นส่วนของหน้าสัมผัสหรือหน้าทองขาวอยู่ 2 อัน
- ส่วนที่หมุนส่วนที่ติดอยู่กับเพลลาของโรเตอร์การทำงานของสวิตช์หนีศูนย์กลางเมื่อความเร็วรอบของมอเตอร์ได้ 75 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วยรอบสูงสุดของมอเตอร์ทำให้ส่วนที่ติดอยู่กับแกนเพลลาของ โรเตอร์ผลักดันส่วนที่ติดตั้งอยู่กับฝาของมอเตอร์ทำให้หน้าสัมผัสแยกออกจากกันตัดวงจรขดสตาร์ทอย่างอัตโนมัติ ฝาครอบ ของมอเตอร์มีสองข้างส่วนใหญ่ทำมาจากเหล็กหล่อหรือเหล็กเหนียวโดยทั้งสองข้างจะถูกยึดด้วยสลักเกลียวให้แน่นและยังมีแปรงแบบตลับลูกปืนสำหรับรองเพลลาในการหมุนของโรเตอร์



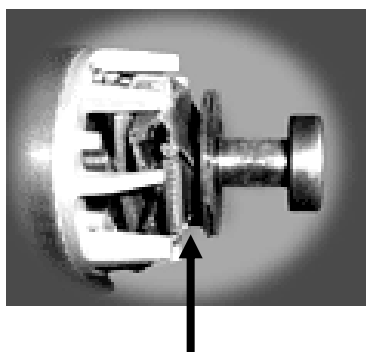
รูปที่ 2.3 โรเตอร์แบบกรงกระรอก



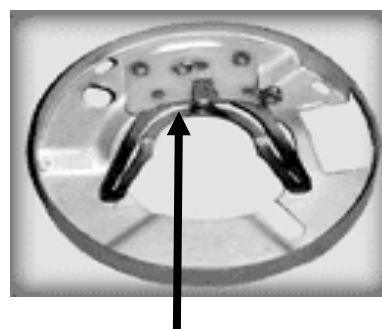
รูปที่ 2.4 สเตเตอร์



รูปที่ 2.5 ร่องสลอต



สวิทซ์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางส่วนที่เคลื่อนที่



สวิทซ์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางส่วนที่อยู่กับที่

รูปที่ 2.6 สวิทซ์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง



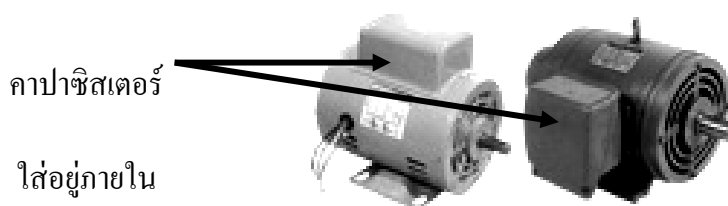
รูปที่ 2.7 ฟาครอบมอเตอร์

หลักการทำงานของสปลิทเฟสมอเตอร์

สปลิทเฟสมอเตอร์ทำงานโดยหลักการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้า ขดลวดรัน และขดลวดสตาร์ท วางทำมุมกัน 90 องศาไฟฟ้าเพื่อทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก เมื่อเกิดสนามแม่เหล็กจะเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวดโรเตอร์ กระแสไฟฟ้าในโรเตอร์จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นและไปผลักกับสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์จนทำให้โรเตอร์หมุนและเมื่อ โรเตอร์หมุนด้วยความเร็ว 75 เปอร์เซ็นต์ของพิกัด สวิทซ์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจะตัดขดลวดสตาร์ทออกจากวงจร

2.7.1.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบคาปาซิเตอร์มอเตอร์

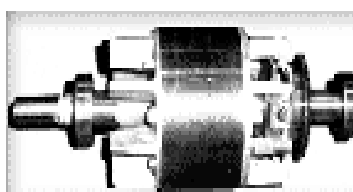
คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (capacitor motor) เป็นมอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟสที่มีลักษณะคล้ายสปลิทเฟส มอเตอร์คาปาซิเตอร์ปรับปรุงจากมอเตอร์สปลิทเฟส โดยการเพิ่มคาปาซิเตอร์เข้าไปในตัวหนึ่งในวงจรของมอเตอร์ทำให้มอเตอร์มีแรงบิด (ทอร์ก) ขณะออกตัวมากขึ้นคือมีแรงบิดขณะสตาร์ทสูงใช้กระแสขณะสตาร์ทน้อยกว่าแบบสปลิทเฟสมอเตอร์ มอเตอร์ชนิดนี้มีขนาดตั้งแต่ 1/20 แรงม้าถึง 10 แรงม้าใช้กับปั้มน้ำ เครื่องอัดลม ตู้แช่ ตู้เย็น เป็นต้น



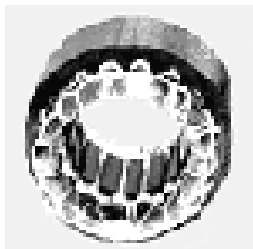
รูปที่ 2.8 คาปาซิเตอร์มอเตอร์

ส่วนประกอบคาปาซิเตอร์มอเตอร์

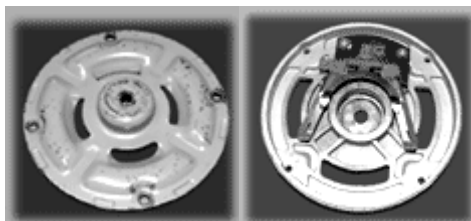
ส่วนประกอบคาปาซิเตอร์มอเตอร์ส่วนใหญ่เหมือนแบบสปลิทเฟสเกือบทุกอย่างได้แก่ โรเตอร์, สเตเตอร์, ฝาครอบ และ คาปาซิเตอร์หรือคอนเดนเซอร์ โรเตอร์แบบกรงกระรอก แสดงดังภาพที่ 2.3 สเตเตอร์ประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด คือ ชุดสตาร์ทและชุดรัน แสดงดังรูปที่ 2.4 ฝาครอบมอเตอร์ (ปิดหัวท้าย) ประกอบด้วย ปลอกทองเหลืองหรือตลับลูกปืน สำหรับรองรับเพลลา แสดงดังภาพที่ 2.7 และคาปาซิเตอร์หรือคอนเดนเซอร์



รูปที่ 2.9 โรเตอร์แบบกรงกระรอก



รูปที่ 2.10 ชุดสตาร์ทและชุดรันพันอยู่ด้วยกัน



รูปที่ 2.11 ฝาครอบมอเตอร์



รูปที่ 2.12 คาปาซิเตอร์หรือคอนเดนเซอร์

ชนิดของคาปาซิเตอร์มอเตอร์แบ่งออกเป็น 3 แบบได้แก่ คาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์ (capacitor start motor) คาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ (capacitor run motor) คาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์ (capacitor start and run motor)

หลักการการทำงานของคาปาซิเตอร์มอเตอร์

หลักการการทำงานของคาปาซิเตอร์มอเตอร์ ทำงานโดยหลักการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้า ขดลวดรันและขดลวดสตาร์ทวางทำมุมกัน 90 องศาไฟฟ้าเพื่อทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก เมื่อเกิดสนามแม่เหล็กจะเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวด โรเตอร์ กระแสไฟฟ้าในโรเตอร์จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นและไปผลักกับสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์จนทำให้โรเตอร์หมุน เมื่อโรเตอร์หมุนด้วยความเร็ว 75 เปอร์เซ็นต์ของซิกัด คาปาซิเตอร์จะตัดขดลวดสตาร์ท

2.7.1.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบลิฟต์ชั้นมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับอีกแบบที่มีคุณสมบัติคล้ายกับสองแบบแรกแต่มีส่วนประกอบบางส่วนเหมือนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง คือมีอาร์เมเจอร์และแปรงถ่าน



รูปที่ 2.13 ลิฟต์ชั้นมอเตอร์

ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบลิฟต์ชั้นมอเตอร์

ส่วนประกอบของได้แก่สเตเตอร์ของลิฟต์ชั้นมอเตอร์จะมีขดลวดพันอยู่เพียงชุดเดียวคือขดรีน โรเตอร์ที่เป็นตัวหมุนของลิฟต์ชั้นมอเตอร์ลักษณะเหมือนกับอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์กระแสตรง คือมีขดลวดพันอยู่ในร่องและปลายของขดลวดจะไปต่อตรงที่ขั้วคอมมิวเตเตอร์ แปรงถ่านและช่องแปรงถ่าน แปรงถ่านทำจากแท่งคาร์บอนมีสองอันต่อด้วยสายตัวนำถึงกันวางอยู่บนช่องแปรงถ่านและมีสปริงกดเหมือนกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ฝาปิดหัวท้ายและอุปกรณ์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง เหมือนกับสปลิทเฟสมอเตอร์



รูปที่ 2.14 สเตเตอร์ของลิฟต์ชั้นมอเตอร์



รูปที่ 2.15 โรเตอร์ของลิฟต์ชั้นมอเตอร์



รูปที่ 2.16 แปรงถ่านและช่องแปรงถ่าน

หลักการการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบลิฟต์ขึ้นมอเตอร์

หลักการการทำงานของลิฟต์ขึ้นมอเตอร์ คือ ทำงานโดยหลักการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้าขดลวดรันและขดลวดสตาร์ทจะแยกกันเพื่อทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก เมื่อเกิดสนามแม่เหล็กจะเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวดโรเตอร์ กระแสไฟฟ้าในโรเตอร์จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นและไปผลักกับสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์จนทำให้โรเตอร์หมุน และเมื่อโรเตอร์หมุนด้วยความเร็ว 75 เปอร์เซ็นต์ของพิกัด ทำให้มอเตอร์หมุนรันแบบอินดักชันเพราะโรเตอร์จะมีคุณสมบัติเหมือนโรเตอร์แบบกรงกระรอก อุปกรณ์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจะตัดการสตาร์ทโดยยกแปรงถ่านออกจากคอมมิวเตเตอร์

2.7.1.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

มอเตอร์ขนาดเล็กมีขนาดกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 1/200 แรงม้าถึง 1/30 แรงม้า ใช้ได้กับไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส มอเตอร์มีคุณสมบัติเด่นคือให้แรงบิดเริ่มหมุนสูงนำไปปรับความเร็วได้ง่ายทั้งวงจรลดแรงดันและวงจรถบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ นิยมนำไปใช้เป็นตัวขับเคลื่อนเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเช่นเครื่องบดและผสมอาหาร, มิดโคนหวดไฟฟ้า, เครื่องนวดไฟฟ้า, มอเตอร์จักรเย็บผ้า, ส่วนไฟฟ้าเป็นต้น



รูปที่ 2.17 ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

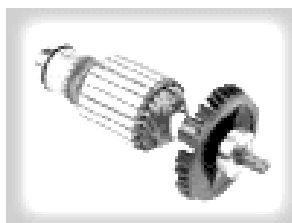
ส่วนประกอบของยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

ฝาปิดหัวท้ายลักษณะเหมือนกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทั่วไปตรงกลางมีร่องสำหรับใส่เพลลาของมอเตอร์และมีลูกปืนรองรับเพลลาทั้งสองด้าน โครงสร้างเป็นเปลือกหุ้มมอเตอร์ทำด้วยเหล็กเหนียว, เหล็กหล่อมีรูปร่างหลายแบบ ส่วนใหญ่จะมีลักษณะทรงกระบอกกลม ขั้วสนามแม่เหล็กจะมี 2 ขั้ว

โดยทำจากแกนเหล็กบาง ๆ อัดซ้อนกัน อาร์เมเจอร์มีโครงสร้างเกี่ยวกับอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงคือมีขดลวดพันอยู่ในร่องและปลายของขดลวดจะไปต่อตรงที่ขั้วคอมมิวเตเตอร์ และแปรงถ่านทำด้วยคาร์บอนติดตั้งในช่องแปรงถ่านซึ่งมีสปริงกดแปรงถ่านให้แน่นกับคอมมิวเตเตอร์เพื่อนำกระแสไฟฟ้าเข้าและออกจากมอเตอร์เหมือนกับบริพัลชั่นมอเตอร์



รูปที่ 2.18 ขั้วสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 2.19 อาร์เมเจอร์



รูปที่ 2.20 แปรงถ่านและช่องแปรงถ่าน

การทำงานของยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

ทำงานโดยหลักการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้า ขดลวดรัน และขดลวดสตาร์ทจะแยกกันเพื่อทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก เมื่อเกิดสนามแม่เหล็กจะเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวดโรเตอร์ กระแสไฟฟ้าในโรเตอร์จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นและไปผลักกับสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์จนทำให้โรเตอร์หมุน

2.7.1.5 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบเซ็คเตดโพล มอเตอร์

มอเตอร์ขนาดเล็กที่สุดมีแรงบิดเริ่มหมุนต่ำมากนำไปใช้งานได้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็ก ๆ เช่น ไดร์เป่าผม, พัดลมขนาดเล็ก



รูปที่ 2.21 เซ็คเตดโพลมอเตอร์

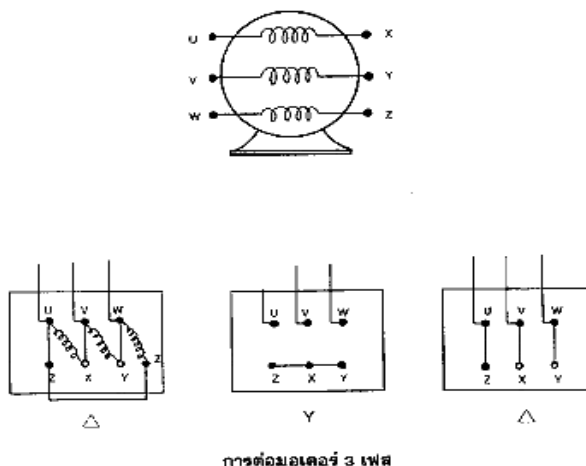
ส่วนประกอบของเซ็คเตดโพลมอเตอร์

ส่วนประกอบของเซ็คเตดโพลมอเตอร์ได้แก่ ขดลวดสนามแม่เหล็กจะพันอยู่รอบ ๆ แกนของตัวสเตเตอร์ โรเตอร์ (ตัวหมุน) มีลักษณะเป็นโรเตอร์แบบกรงกระรอก สเตเตอร์เป็นแผ่นเหล็กบางวางอัดซ้อนกันบริเวณขั้วสนามแม่เหล็กแต่ละด้านแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่เล็กกว่าจะมีวงแหวนทองแดงพันอยู่รอบ ๆ และวงแหวนทองแดง

การทำงานของเซ็คเตดโพลมอเตอร์ มีขดลวดช่วยหมุนคือลวดทองแดงเส้นใหญ่ที่พันอยู่กับขั้วสนามแม่เหล็กเรียกว่า เซ็คเตดหรือขดลวดช่วยหมุนเมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับเข้าขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์จะเกิดเส้นแรงแม่เหล็กเคลื่อนที่ผ่าน โรเตอร์ของมอเตอร์และมีสนามแม่เหล็กส่วนหนึ่งที่ผ่านขดลวดเซ็คเตดทำให้เกิดแรงแม่เหล็กบิดเบี้ยวไป การบิดเบี้ยวไปนี้ทำให้เกิดแรงบิดหมุนขนาดเล็ก ๆ

2.7.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

เป็นมอเตอร์ที่ใช้ในการอุตสาหกรรมเพราะมีโครงสร้างง่ายกว่ามอเตอร์ไฟฟ้าเฟสเดียวแต่จะต้องใช้กับระบบไฟฟ้า 3 เฟส ให้กำลังสูงกว่ามอเตอร์เฟสเดียวใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดย่อมและอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ภายในจะประกอบด้วยลวดตัวนำจำนวน 3 ชุด



รูปที่ 2.22 ขดลวดและการต่อขดลวดตัวนำมอเตอร์ 3 เฟส

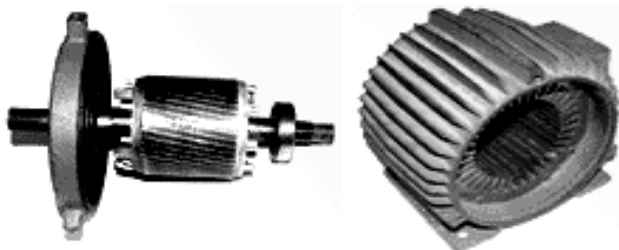
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสแบ่งออกตามโครงสร้างและหลักการทำงานของมอเตอร์ได้ 2 แบบ คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบอินดักชัน (3 phase induction motor) และ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบซิงโครนัส (3 phase synchronous motor)

2.7.2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบอินดักชัน (3 phase induction motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบอินดักชัน มีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบเฟสเดียวโดยบนสเตเตอร์จะพันขดลวดอยู่ 3 ขดสำหรับรับไฟแต่ละเฟส ตัวโรเตอร์ทำเป็นแบบกรงกระรอกหรือแบบขดลวดโรเตอร์ (Wound rotor) ซึ่งพันลวดรอบโรเตอร์และมีลิตปริ่ง มอเตอร์แบบนี้ ไม่ต้องมีขดสตาร์ทเหมือนแบบเฟสเดียว แต่มันจะเคลื่อนที่ไปเองได้ เพราะมีสนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวด 3 ชุดซึ่งมีเฟสต่างกัน 120 องศา คอยผลักให้หมุน มอเตอร์แบบนี้เป็นแบบที่ได้รับความนิยมสูงในการใช้งานทั่ว ๆ ไป เพราะมีแหล่งไฟสลับ 3 เฟส และราคาของมอเตอร์ไม่แพง มีคุณสมบัติที่ดีคือมีความเร็วรอบคงที่เนื่องจากความเร็วรอบอินดักชันมอเตอร์ขึ้นอยู่กับความถี่ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ โครงสร้างไม่ซับซ้อนสะดวกในการบำรุงรักษาเมื่อใช้ร่วมกับเครื่องควบคุมความเร็วแบบอินเวอร์เตอร์สามารถควบคุมความเร็วได้ตั้งแต่ศูนย์จนถึงความเร็วตามพิกัดของมอเตอร์นิยมใช้ เป็นต้นกำลังในโรงงานอุตสาหกรรมเช่น ใช้ขับเคลื่อนลิฟท์ที่ใช้ขับเคลื่อนสายพานลำเลียงใช้ขับเคลื่อนเครื่องจักรไฟฟ้า ได้แก่ เครื่องไส เครื่องกลึง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบอินดักชันมี 2 แบบคือ อินดักชันมอเตอร์ที่มีโรเตอร์แบบกรงกระรอก (Squirrel cage induction motor) อินดักชันมอเตอร์แบบนี้โรเตอร์จะมีโครงสร้างแบบกรงกระรอกเหมือนกับโรเตอร์ ของ สปลิทเฟสมอเตอร์และ อินดักชันมอเตอร์ที่มีโรเตอร์แบบขดลวด

(Wound rotor induction motors) ตัวโรเตอร์จะทำจากเหล็กแผ่นบาง ๆ อัดซ้อนกันคล้ายเป็นตัวท่อนอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีร่องสำหรับวางขดลวด 3 ชุด



รูปที่ 2.23 โรเตอร์อินดักชันมอเตอร์แบบกรงกระรอก



รูปที่ 2.24 อินดักชันมอเตอร์ที่มีโรเตอร์แบบขดลวด

2.7.2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสแบบซิงโครนัส (3 phase synchronous motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสแบบซิงโครนัสเป็นมอเตอร์ที่ใหญ่ที่สุดที่มีขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 150kW (200 hp) จนถึง 15MW (20,000 hp) มีความเร็วตั้งแต่ 150 ถึง 1,800 RPM



รูปที่ 2.25 ซิงโครนัสมอเตอร์

โครงสร้างของซิงโครมอเตอร์ มี 2 ส่วนคือ สเตเตอร์ (stator) และโรเตอร์ (rotor)

ข้อดีของซิงโครมอเตอร์

ความเร็วเฉลี่ยเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความถี่ของแหล่งต้นกำลังและเป็นสัดส่วนกลับ กับจำนวนขั้วแม่เหล็กในขดลวดที่อยู่กับที่ (Stator) ความเร็วคงที่ไม่ว่ามีโหลดหรือไม่มีโหลด แรงบิดเริ่มต้นมอเตอร์ซิงโครมีแบบใช้กับกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ และไฟฟ้ากระแสตรง และมอเตอร์มีขนาดใหญ่ พิกัด 200 – 20,000 แรงม้า ความเร็ว 150-1,800 rpm

2.8 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (direct current motor)

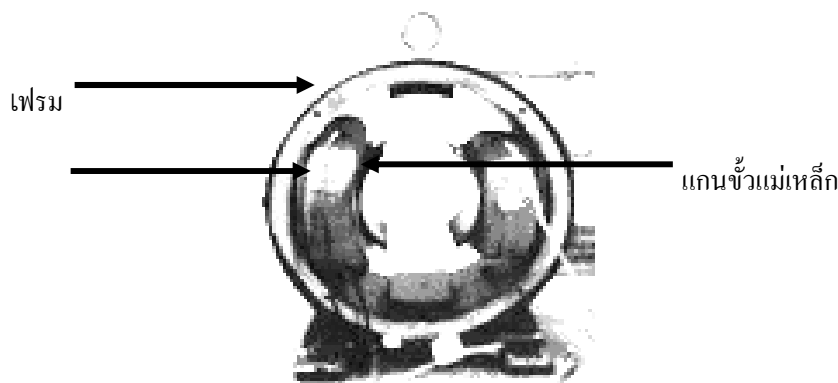
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหรือเรียกว่า ดี.ซี มอเตอร์ (D.C. motor) เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะมีคุณสมบัติเด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันในโรงงาน เช่น โรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใย โพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุงโลหะ หรือให้ เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า

2.8.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีส่วนประกอบ 2 ส่วนคือ

2.8.1.1 ส่วนที่อยู่กับที่หรือที่เรียกว่าสเตเตอร์ (Stator) ประกอบด้วย

- เฟรมหรือโยค (Frame or yoke) เป็นโครงภายนอกทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ให้ครบวงจรและยึดส่วนประกอบอื่นๆ ให้แข็งแรงทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนาม้วนเป็นรูปทรงกระบอก

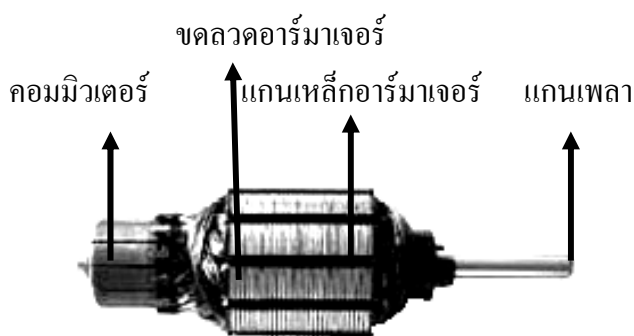


รูปที่ 2.26 เฟรมหรือโยค

- ขั้วแม่เหล็ก (pole) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ
 - แกนขั้วแม่เหล็ก
 - ขดลวดสนามแม่เหล็ก

2.8.1.2 ตัวหมุน (rotor) หรือเรียกว่าโรเตอร์

ตัวหมุนทำให้เกิดกำลังงานมีแกนวางอยู่ในตลับลูกปืนซึ่งประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้ายของมอเตอร์ ตัวโรเตอร์ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ แกนเพลลา (shaft) แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (armature core) คอมมิวเตเตอร์ (commutator) และขดลวดอาร์มาเจอร์ (armature winding)



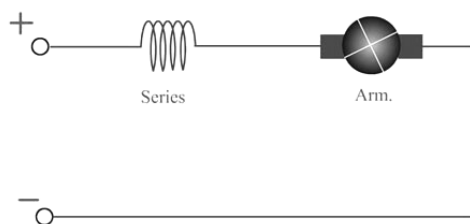
รูปที่ 2.27 ตัวโรเตอร์

2.8.2 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ

- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมเรียกว่าซีรีส์มอเตอร์ (series motor) มอเตอร์ไฟฟ้า
- กระแสตรงแบบอนุขนานเรียกว่าชันทมอเตอร์ (shunt motor)
- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมเรียกว่าคอมเปาวด์มอเตอร์ (compound motor)

2.8.2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

เป็นมอเตอร์กระแสตรงที่ต่อขดลวดอนุกรมกับขดลวดอาร์มาเจอร์ ให้แรงบิดสูง ความเร็วรอบเมื่อไม่มีโหลดจะสูงมากต้องต่อไว้กับโหลด ความเร็วรอบจะลดลงเมื่อมีโหลดเพิ่ม การใช้งานเหมาะสมกับงานแรงบิดสูง ใช้กระแสสูง เช่น ต้นกำลังของรถไฟฟ้า รถยกของ เคนไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้าได้แก่ เครื่องดูดฝุ่น, เครื่องผสมอาหาร, สว่าน, จักรเย็บผ้า, เครื่องเป่าผม

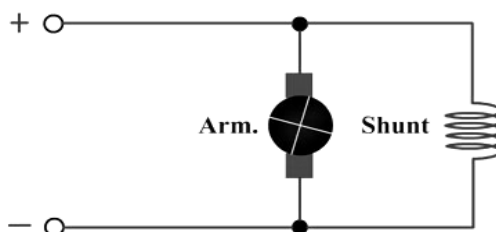


รูปที่ 2.28 วงจรมอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม

2.8.2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

มอเตอร์แบบขนานจะมีชุดขดลวดสนามแม่เหล็กจะต่อขนานกับขดลวดชุดอามเจอร์ แรงบิดเริ่มหมุนต่ำ แต่ความเร็วรอบคงที่

การใช้งานมอเตอร์ขนานส่วนมากเหมาะกับงานควบคุมความเร็ว สามารถเลื่อนช่วงการทำงานได้ เช่น พัดลมเพราะพัดลมความเร็วคงที่และต้องการเปลี่ยนความเร็วได้ง่าย

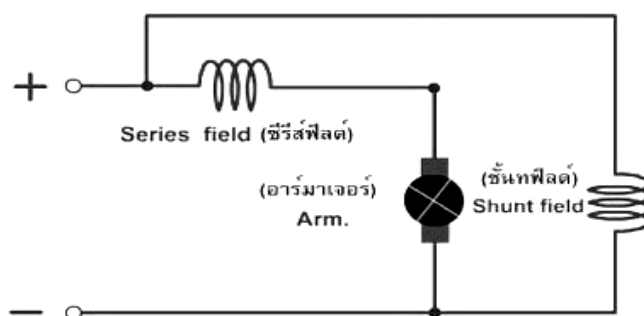


รูปที่ 2.29 วงจรมอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน

2.8.2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม

มอเตอร์กระแสตรงแบบผสมมีคุณลักษณะพิเศษคือมีแรงบิดสูง แต่ความเร็วรอบคงที่ ตั้งแต่ยังไม่มีโหลด จนกระทั่งมีโหลดเต็มที่

มอเตอร์แบบผสมมีวิธีการต่อขดลวด 2 วิธี ได้แก่ ต่อขดลวดแบบขนานกับอามเจอร์เรียกว่า ซอทชัณฑ์ หรือมอเตอร์แบบผสมสั้น (short shunt compound motor) และ ต่อขดลวดขนานกับขดลวดอนุกรมและขดลวดอามเจอร์เรียกว่า ลองชัณฑ์คอมเปาต์มอเตอร์หรือแบบผสมยาว (long shunt compound motor)



รูปที่ 2.30 มอเตอร์กระแสตรงแบบผสม

หลักการการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Motor action)

เมื่อแรงดันกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในวงจรมอเตอร์ส่วนหนึ่งจะลงที่แปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์สร้างสนามแม่เหล็กขึ้นและกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กก็จะสร้างสนามแม่เหล็กขั้วเหนือ-ใต้ขึ้นจะเกิดสนามแม่เหล็กทั้ง 2 สนามตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กจะไม่ตัดกันทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกันและทิศทางเดียวเสริมแรงกันทำให้เกิดแรงบิดในอาร์มาเจอร์ซึ่งแกนเพลลาของอาร์มาเจอร์จะสวมอยู่กับดรัมลูกปืนของมอเตอร์ทำให้อาร์มาเจอร์นี้หมุนได้ ขณะที่ตัวอาร์มาเจอร์ทำหน้าที่หมุนเราจะเรียกว่าโรเตอร์ซึ่งหมายความว่าตัวหมุนที่เส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิริยาทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์หรือ โรเตอร์หมุนไปนั้นเป็นไปตามกฎซ้ายของเฟลมมิง (fleming'left hand rule)

2.9 อุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์

2.9.1 อุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์

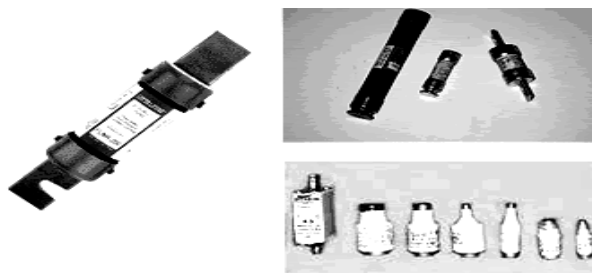
อุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

1. สายไฟที่ใช้สำหรับต่อเข้ากับมอเตอร์นั้นจะต้องมีขนาดทนกระแสไม่ต่ำกว่า 125% หรือ 1.25 เท่าของพิกัดกระแสไหลเต็มที่ของมอเตอร์แต่ทั้งนี้ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 2.5 มม.
2. อุปกรณ์ปลดวงจรเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตัดต่อไฟจากแหล่งภายนอก กับส่วนที่จะส่งไปยังมอเตอร์ ซึ่งโดยมากจะใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์



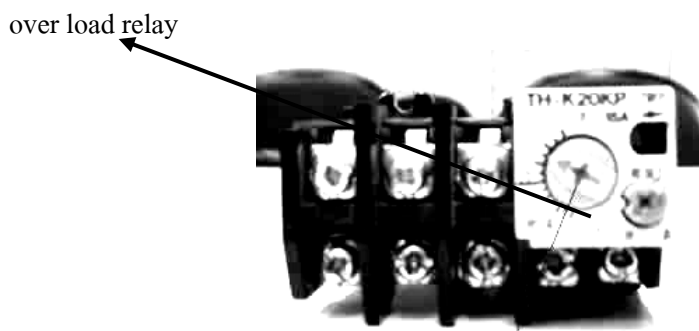
รูปที่ 2.31 เซอร์กิตเบรกเกอร์

3. อุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันการลัดวงจรคือฟิวส์ซึ่งจะมีอัตราทนกระแสกำกับไว้ซึ่งจะแสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าที่สูงสุดที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านฟิวส์ไปยังอุปกรณ์ใด ๆ มีหลายแบบ



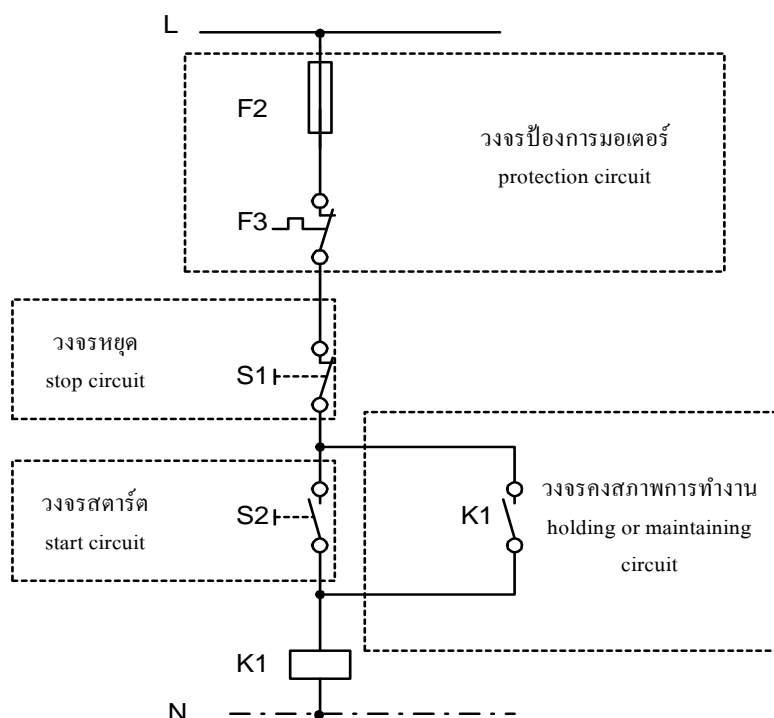
รูปที่ 2.32 ฟิวส์

4. อุปกรณ์ป้องกันการใช้กำลังของมอเตอร์เกิน over load relay กรณีที่ต่อสายไฟจากคอนแทคเตอร์เข้าสู่มอเตอร์โดยตรงหากมอเตอร์มีการทำงานเกินกำลังหรือมอเตอร์ใช้กระแสไฟมากกว่าปกติ อาจทำให้มอเตอร์ไหม้ได้ จึงมีการนำเอาโอเวอร์โหลดรีเลย์มาต่อไว้ก่อนจ่ายไฟเข้ามอเตอร์



รูปที่ 2.33 โอเวอร์โหลดรีเลย์ (over load relay)

วงจรควบคุมการสตาร์ทมอเตอร์



รูปที่ 2.34 วงจรควบคุมการสตาร์ทมอเตอร์

2.9.2 การทำงานของวงจรควบคุมการสตาร์ทมอเตอร์

การทำงานของวงจรควบคุมการสตาร์ทมอเตอร์แบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ

1) วงจรหยุดทำหน้าที่ตัดกระแสไฟฟ้าออกจากคอยล์แม่เหล็กของคอนแทกเตอร์และทำให้มอเตอร์หยุดทำงานตำแหน่งของปุ่ม stop มักจะวางไว้เหนือปุ่ม start

2) วงจรสตาร์ททำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าไปเข้าคอยล์แม่เหล็กทำให้คอนแทกเตอร์ทำงานจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังมอเตอร์

3) วงจรคงสภาพการทำงานทำหน้าที่รักษาสภาพการทำงานของคอนแทกเตอร์เอาไว้หลังจากวงจรสตาร์ทเปิดวงจร

4) วงจรป้องกันมอเตอร์ประกอบด้วยฟิวส์และโอเวอร์โวลด์ทำหน้าที่ป้องกันมอเตอร์จากการเกิดโอเวอร์โวลด์และป้องกันการลัดวงจร การเลือกขนาดมอเตอร์ไฟฟ้าจะต้องพิจารณาใน การเลือกใช้มอเตอร์แต่ละชนิดแต่ละแบบต้องคำนึงถึง พิกัดของโวลต์ พิกัดกำลังของมอเตอร์ จะบอกเป็น แรงม้า (Hp) ความเร็วรอบของมอเตอร์ จะบอกเป็นจำนวนรอบต่อนาที (rpm) และ ความสูญเสียพลังงานของมอเตอร์ มี 2 แบบได้แก่ ความสูญเสียคงที่เกิดขึ้นตลอดแม้จะใช้งานหรือไม่ได้ใช้งาน มอเตอร์ ได้แก่ ความสูญเสียทางกล เช่นแรงเสียดทานในตลับลูกปืน และความสูญเสียทางแม่เหล็ก

เช่นที่แกนเหล็ก ขดลวดเกิดกระแสไหลวน และ ความสูญเสียเมื่อมอเตอร์ต้องรับภาระโหลด ได้แก่ ความสูญเสียทางไฟฟ้า เช่นเกิดความร้อนที่สเตเตอร์ โรเตอร์ และการสูญเสียจากการใช้งาน เป็นผลจากกระแสฮาร์โมนิกส์ แรงดันของมอเตอร์และแรงดันของระบบ

5) พิกัดกำลังของมอเตอร์ว่าจ่ายกำลังกลได้กี่กิโลวัตต์หรือกี่แรงม้า มอเตอร์ต้องมีกำลังพอที่จะโหลดได้ทั้งในขณะที่ทำงานปกติและขณะเริ่มเดินเครื่อง

6) มอเตอร์ควรรับภาระที่ร้อยละ 70-80 ของพิกัด

7) เมื่อทราบค่ากำลังกลที่ต้องการเลือกขนาดมอเตอร์ใหญ่กว่าภาระ 1.2-1.5 เท่า

8) ตรวจสอบว่ามอเตอร์มีแรงบิดเริ่มต้นเพียงพอจะขับเคลื่อนเครื่องจักรหรือไม่หากไม่เพียงพออาจเลือกมอเตอร์ประเภทที่ให้แรงบิดเริ่มเดินเครื่องสูงหรืออาจเลือกมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่

มอเตอร์แบ่งเป็น 2 ชนิดตามกระแสไฟฟ้าที่ใช้คือ

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับมี 2 แบบคือ แบบ 1 เฟส และ แบบ 2 เฟส
2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

วงจรไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

1. สายไฟ
2. อุปกรณ์ปลดวงจร
3. อุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจร
4. อุปกรณ์ป้องกันการใช้กำลังเกิน

การควบคุมการสตาร์ทมอเตอร์แบ่งเป็น 4 ส่วน

1. วงจรหยุดการทำงาน
2. วงจรสตาร์ท
3. วงจรคงสภาพการทำงาน
4. วงจรป้องกันมอเตอร์

2.10 การสร้างเครื่องมือในการวัดและประเมินผล

การตรวจสอบความรู้ของผู้เรียนที่ได้รับจากการเรียนการสอนแบบทดลองเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินผลโดยภาพรวมของการวิจัย ซึ่งมีความต้องการแบบทดสอบหรือเครื่องมือวัดผลที่ดีมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากที่สุด โดยจากการอธิบายของ สุมาลี จันทร์ชลอ [15] ที่ว่า การวัดและประเมินผล (Measurement and Evaluation) เป็นกระบวนการต่อเนื่องจากการเรียนการสอน แต่ต้องมีความสัมพันธ์ และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และกับการเรียนการสอน กล่าวคือ การวัดผลต้องวัด

จากวัตถุประสงค์การเรียน และวัดในสิ่งที่ผู้สอนได้จัดกิจกรรมการเรียนการสอน ผลจากการวัดจะให้ข้อมูลแก่ผู้สอนและบุคคลที่เกี่ยวข้องเพื่อการปรับปรุงแก้ไขกิจกรรมการเรียนการสอนและเพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์เพียงใดในขณะเดียวกันวัตถุประสงค์ และกิจกรรมการเรียนการสอนก็เป็นสิ่งกำหนดรูปแบบของการวัดให้เหมาะสมด้วย

สุมาลี จันทร์ชลอ ยังได้กล่าวถึง การสร้างแบบทดสอบให้มีคุณภาพว่า ผู้สอนต้องเข้าใจทั้งจุดประสงค์ และเนื้อหาที่จะวัดต้องรู้ถึงกระบวนการคิดในการปฏิบัติ รู้ระดับความสามารถของผู้เรียน ความสามารถในการอ่านและการใช้ศัพท์ของผู้สอบ รู้จักลักษณะเด่นและข้อบกพร่องของข้อสอบ แต่ละชนิดเพื่อนำไปใช้ให้เหมาะสม ซึ่งมีข้อควรพิจารณาดังต่อไปนี้

1. ข้อสอบควรใช้ประเมินจุดประสงค์ที่สำคัญของการสอน ที่สามารถสอบวัดได้โดยใช้แบบทดสอบข้อเขียน
2. ข้อสอบควรสะท้อนให้เห็นทั้งวัตถุประสงค์ที่เป็นเนื้อหา และจุดประสงค์ที่เป็นกระบวนการสำคัญที่เน้นในหลักสูตร
3. ข้อสอบควรสะท้อนให้เห็นถึงจุดประสงค์ในการวัด เช่น วัดประเมินความแตกต่างระหว่างบุคคล หรือวัดเพื่อแยกแยะผู้ที่ได้เรียนรู้
4. ข้อสอบควรมีความเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้อ่าน และมีความยาวที่พอเหมาะ จากความสำคัญของการวัด และประเมินผลดังกล่าว

ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาหลักการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดังนี้ ระดับของจุดประสงค์ของการศึกษาตาม Taxonomy ของบลูม (Bloom's Taxonomy) จุดประสงค์ของการสอนแบ่งเป็น 3 โดเมนหลัก ได้แก่

1. ด้านความรู้ความคิด (Cognitive Domain) เป็นจุดประสงค์ที่เกี่ยวกับการระลึก หรือนึกถึงสิ่งที่เรียนไปแล้วได้ และพัฒนาความสามารถทางเชาว์ปัญญาและทักษะต่าง ๆ
2. ด้านความรู้สึก (Affective Domain) เป็นจุดประสงค์เกี่ยวกับความสนใจ ทศนคติ ค่านิยม และพัฒนาการของความซาบซึ้ง
3. ด้านทักษะการปฏิบัติ (Psychomotor Domain) เป็นจุดประสงค์ที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวร่างกาย หรือการปฏิบัติทักษะต่าง ๆ

งานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ชุดทดลองเรื่องการต่อขดลวดภายในมอเตอร์ 3 เฟส เป็นสื่อประกอบการสอนแบบทดลองซึ่งเชื่อว่าจะมีส่วนช่วยในการเสริมความรู้การเรียนรู้ภาคทฤษฎีในชั้นเรียน ทำให้ผู้เรียนมีระดับความสามารถทางด้านความรู้ความคิดดีขึ้น จึงได้ให้ความสำคัญสำหรับวัตถุประสงค์ทางด้านนี้เป็นหลัก โดยศึกษาระดับของพฤติกรรมแต่ละขั้นเพื่อใช้สร้างแบบทดสอบดังนี้

1. ระดับความรู้ความจำเป็นการวัดความสามารถขั้นต่ำสุด การถามเพื่อวัดเกี่ยวกับการให้ระลึกถึง (recall) ทั้งในสิ่งที่เฉพาะเจาะจงและทั่วไประลึกถึงวิธีการและกระบวนการ รูปแบบโครงสร้าง ฯลฯ เป็นการจำประสบการณ์ต่าง ๆ ที่นักเรียนได้เรียนรู้จากการสอนของครู จากการบอกเล่า จากตำราหรือสิ่งแวดล้อม จุดประสงค์ในระดับความรู้ความจำนี้เมื่อพิจารณาในแง่ของกระบวนการทางจิตวิทยา จัดเป็นการจำประเภทต่าง ๆ เช่น ความคุ้นเคยกับคำที่มีความหมายต่าง ๆ ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎี และ โครงสร้าง

2. ระดับความรู้ความเข้าใจ เป็นการวัดความสามารถที่สูงกว่าความรู้ความจำ แต่ผู้ตอบยังคงมีความรู้ความจำ เป็นพื้นฐานมาก่อนจึงมีความเข้าใจ คำถามจะไม่ถามจากตำราหรือสิ่งที่สอนได้ แต่โยงความรู้ที่เรียนมาสัมพันธ์กับคำถามแล้วเปลี่ยนเป็นคำตอบใหม่ ภาษาหรือสำนวนใหม่ รูปแบบใหม่ ความสามารถในระดับนี้แบ่งเป็น 3 ด้านได้แก่ ความสามารถในการแปลความ ตีความและขยายความ การแปลความได้แก่

- การแปลคำที่ไม่ใช่การแปลตามพจนานุกรม แต่ต้องแปลโดยคำนึงถึงบริบทของข้อความตามท้องเรื่อง

- การแปลข้อความจากภาษาหนึ่งเป็นอีกภาษาหนึ่ง จากร้อยแก้วเป็นร้อยกรอง จากภาษาที่ยากเป็นภาษาที่ง่าย เป็นต้น

- การแปลภาพสัญลักษณ์ การ์ตูน สถิติต่าง ๆ โดยที่ไม่มีข้อมูลบอกกันตรง ๆ

- การถามตัวอย่าง โดยนักเรียนมีความรู้และหลักการตัวอย่างจากเรื่องที่เรียนสามารถให้ตัวอย่างที่ใช้หลักการเดิมแต่เป็นตัวอย่างที่ต่างไปจากที่ได้เรียนมา

- การเปรียบเทียบหรือเปรียบเทียบ หรืออุปมาอุปไมย

3. ระดับการนำไปใช้ เป็นการวัดความสามารถในการนำเอาความรู้ ความเข้าใจ มาประยุกต์ใช้หรือแก้ปัญหาในเหตุการณ์หรือสถานการณ์ใหม่ได้อย่างเหมาะสม การเขียนคำถามในระดับนี้อาจเขียนถามความสอดคล้องระหว่างหลักวิชาและการปฏิบัติ ถามข้อยกเว้นของหลักวิชาและปฏิบัติ ถามให้อธิบายหลักวิชาถามให้แก้ปัญหา ถามเหตุผลของการปฏิบัติ

4. ระดับวิเคราะห์ เป็นการวัดความสามารถในการแยกแยะหรือแจกแจงรายละเอียดของเรื่องราว ความคิด การปฏิบัติออกเป็นระดับย่อย ๆ โดยอาศัยหลักการหรือกฎเกณฑ์ต่าง ๆ เพื่อค้นพบข้อเท็จจริง และคุณสมบัติบางประการ คำถามระดับการวิเคราะห์แบ่งเป็น 3 ประเภทคือ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ

4.1 การวิเคราะห์ความสำคัญ เป็นความสามารถในการหาส่วนประกอบที่สำคัญของเรื่องราวเหตุการณ์ ว่าส่วนใดสำคัญหรือไม่สำคัญ

4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นความสามารถในการค้นหาความเกี่ยวข้องระหว่างคุณลักษณะย่อย 2 คุณลักษณะขึ้นไป

4.3 การวิเคราะห์หลักการ เป็นการค้นหาโครงสร้าง หลักการของเรื่อง วัตถุประสงค์ และการกระทำ เพื่อศึกษาว่าสิ่งเหล่านั้นสัมพันธ์กัน โดยใช้หลักการใดเป็นสื่อเชื่อมโยง

5. ระดับสังเคราะห์ เป็นการวัดความสามารถในการรวมและผสมผสานรายละเอียดปลีกย่อยของข้อมูล สร้างเป็นสิ่งที่แตกต่างจากเดิม ความสามารถดังกล่าวเป็นพื้นฐานของการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คำตามระดับนี้แบ่งเป็น 3 ประเภทได้แก่

5.1 การสังเคราะห์ข้อความ เป็นความสามารถในการแสดงออกเพื่อการสื่อสาร โดยนำความรู้ประสบการณ์มาประสมประสานเพื่อสื่อสารกับบุคคลอื่น ในรูปของการพูดการเขียน หรือการแสดง

5.2 การสังเคราะห์แผนงาน เป็นความสามารถในการกำหนดแนวทาง และขั้นตอนของการปฏิบัติงาน สร้างแผนงานเค้าโครงของงานหรือโครงการเพื่อให้งานนั้นดำเนินอย่างมีประสิทธิภาพ บรรลุจุดประสงค์หรือมาตรฐานที่กำหนด

5.3 การสังเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นการวัดความสามารถในการค้นหาความสำคัญและหลักการต่าง ๆ มาผสมผสานให้เกิดสิ่งใหม่ที่มีความสัมพันธ์แบบสมเหตุสมผลแต่แปลกไปจากเดิม เป็นการปรับปรุงแก้ไข หรือสร้างสรรค์งาน

6. ระดับการประเมินค่า เป็นการวัดความสามารถในการสรุปค่าหรือตีราคาเกี่ยวกับ เรื่องราว ความคิด พฤติกรรม ว่าดี-เลว เหมาะ-ไม่เหมาะ เพื่อจุดประสงค์บางประการอ้างอิงมีหลักเกณฑ์โดยมีเกณฑ์เป็น 2 ลักษณะคือ

6.1 การประเมินโดยเกณฑ์ภายใน เป็นการประเมินโดยใช้ข้อเท็จจริงต่าง ๆ ที่ปรากฏในเรื่องเป็นหลักในการพิจารณา อย่างสมเหตุสมผล โดยให้ประเมินภาพรวมหรือประเมินเป็นส่วน ๆ ก็ได้ แนวการประเมินอาจประเมินความถูกต้องหรือความสอดคล้องของเรื่อง ความสมบูรณ์ของข้อมูล ความเหมาะสมของวิธีการปฏิบัติและความสมเหตุสมผลของผลสรุป

6.2 การประเมินโดยเกณฑ์ภายนอก เป็นการตีคุณค่า ราคา ของสิ่งต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์อื่น ๆ ที่อยู่นอกเรื่องที่กำหนดแต่มีความสัมพันธ์กับเรื่องมาเป็นหลักในการวินิจฉัยในการกำหนดเกณฑ์ภายนอกต้องพิจารณาใช้เกณฑ์ที่เหมาะสมกับสิ่งที่จะประเมิน และต้องพิจารณาถึงมาตรฐานของสังคม การประเมินชนิดนี้ได้แก่การประเมินโดยสรุปตามเกณฑ์ภายนอกที่กำหนดให้ การประเมินโดยเปรียบเทียบของ 2 สิ่งในประเภทเดียวกัน การประเมินมาตรฐานและประเมินความเด่นด้อย

2.11 การสร้างแบบทดสอบในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดและประเมินผลของการศึกษาเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุด เพราะนอกจากการวัดผลและการประเมินผลช่วยให้ทั้งครูและนักเรียน รวมทั้งผู้บริหารการศึกษาทราบว่า การเรียนการสอนได้มีผลตามความคาดหวังหรือไม่แล้ว การวัดและประเมินผลเป็นสิ่งที่มิอาจหลีกเลี่ยงได้โดยตรงต่อชีวิตของนักเรียน

ทั้งปัจจุบันและอนาคต ผลจากการประเมินผลจะบอกให้นักเรียนทราบว่าตนเก่งปานกลางหรืออ่อนเมื่อเปรียบเทียบกับนักเรียนอื่น ๆ ในห้อง

แบบทดสอบคือ เครื่องมือวัดผลทางการศึกษาที่สำคัญและใช้มากที่สุดในการศึกษา ซึ่งเป็นชุดคำถามหรือกลุ่มงานใด ๆ ที่สร้างขึ้นแล้วนำไปเร้าเด็กให้แสดงพฤติกรรมออกมา โดยผู้สอนสามารถสังเกตและวัดได้ หลังจากการเรียนการสอนสิ้นสุดลงแล้วจำเป็นต้องมีการวัดและประเมินผลกว่า ผู้เรียนบรรลุ วัตถุประสงค์ของการเรียนที่วางไว้หรือไม่เพียงใด [19]

2.11.1 ข้อสอบแบบตัวเลือก เป็นข้อสอบปรนัยที่นิยมใช้กันมากกว่าข้อสอบปรนัยแบบอื่น
ข้อสอบประเภทนี้มีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 2 ส่วนคือ

1. ตอนนำ หรือ ตัวคำถาม (Stem)
2. ตัวเลือก (Choices หรือ Options) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ
 - ตัวถูก (Correct Choice)
 - ตัวลวง (Decoys หรือ Distracters)

ข้อสอบแบบตัวเลือกที่ดีนั้น ตัวเลือกทุกตัวจะมีน้ำหนักพอ ๆ กัน ถ้าดูเผิน ๆ หรือไม่มีความรู้ในข้อนั้นจริงจะเห็นว่าถูกหมดทุกข้อ และในการสอบแต่ละครั้ง ตัวเลือกแต่ละตัวจะมีโอกาสถูกเลือกพอ ๆ กัน สำหรับข้อสอบแบบเลือกตอบที่มีลักษณะถูกหรือผิดอย่างเด่นชัดทำให้ข้อสอบขาดคุณค่า และขาดคุณลักษณะความเป็นปรนัยอันเป็นคุณสมบัติสำคัญของข้อสอบประเภทนี้

2.11.2 หลักในการเขียนข้อสอบประเภทเลือกตอบ

1. เขียนตัวคำถาม หรือตอนนำให้อยู่ในรูปประโยคคำถามที่สมบูรณ์ การถามด้วยประโยคคำถามที่สมบูรณ์จะช่วยให้คำถามมีความหมายเฉพาะเจาะจงยิ่งขึ้น ผู้สอบอ่านแล้วสามารถเข้าใจทันทีว่าผู้ถามต้องการให้ตอบในแง่ใด จะต้องพุ่งความคิดไปในทิศทางใด การเขียนตอนนำที่ท้ายไว้คล้ายให้เติมความมักทำให้คำถามไม่กระชับ เกิดปัญหาในการที่จะมีคำตอบหลายแง่มุม บางทีผู้ตอบต้องกลับไปอ่านข้อความซ้ำเพราะข้อความไม่ต่อเนื่องเพื่อจะเลือกตัวเลือกที่รับกับคำถามในกรณีที่ว่าเลือกใช้คำที่ไปรับกับคำถามพอดี จะเป็นการเสนอแนะคำตอบด้วย หากจำเป็นจริง ๆ ที่จะต้องเขียนตอนนำแบบต่อความก็ควรเขียนเป็นข้อความที่อ่านได้ความติดต่อกับทุกตัวเลือก

2. เน้นเรื่องที่ถามให้ชัดเจนและตรงจุด คำถามประเภทที่คลุมเครือ ทำให้ผู้สอบเกิดความลังเลในการตอบ ไม่ทราบว่าควรถามในแง่ใดแน่ คำถามที่มีลักษณะต่อความมีโอกาสทำให้คลุมเครือได้ง่าย การเขียนตอนนำให้เป็นคำถามจะช่วยให้ชัดเจนขึ้น

3. ใช้ภาษาให้เหมาะกับระดับผู้สอบ ข้อสอบที่ดีควรให้ยากด้วยเนื้อหาของมันเองไม่ใช่ยากที่ภาษา ส่วนวนที่ใช้หรือการใช้คำพูดพลิกแพลง เพราะเราไม่ได้มุ่งวัดความสามารถด้านภาษา ยกเว้นแต่ข้อสอบมีจุดหมายเช่นนั้น โดยเฉพาะ การใช้คำยากในข้อคำถามหรือตัวเลือกจะทำให้ข้อสอบยากขึ้นโดยไม่จำเป็น อาจทำให้ข้อสอบขาดความเที่ยงตรง และมีความเชื่อมั่นต่ำได้

4. คำถามควรสั้น และชัดเจน การเขียนคำถามแบบยาว ๆ วกวนไปมาอาจทำให้ข้อสอบขาดความเที่ยงตรงตามสภาพไป เพราะจะกลายเป็นการทดสอบการอ่านหนังสือเร็วแล้วจับใจความ แทนที่จะทดสอบความรู้ความเข้าใจ หรือความสามารถทางวิชาการ

5. พยายามหลีกเลี่ยงการใช้คำถามปฏิเสธหรือปฏิเสธซ้อน การใช้คำถามปฏิเสธทำให้ผู้สอบต้องคิดย้อนกลับโดยไม่จำเป็น อาจทำให้เกิดความเข้าใจผิดได้ง่าย แต่ถ้ามีความจำเป็นจะต้องใช้จริง ๆ ก็ควรขีดเส้นใต้คำปฏิเสธ หรือพิมพ์ด้วยอักษรเอน หรือตัวหนัก ให้ต่างจากข้อความทั่วไปเพื่อให้เห็นชัดขึ้น หรือใช้คำที่มีความหมายเชิงปฏิเสธแทน

6. ใช้ตัวเลือกปลายเปิดให้เหมาะสม ตัวเลือกปลายเปิดได้แก่ คำประเภท “ถูกทุกข้อ” “ไม่มีข้อใดถูก” “ยังสรุปได้ไม่แน่นอน” การใช้ตัวเลือกแบบนี้อาจเนื่องมาจากผู้ออกข้อสอบไม่สามารถหาตัวลวงที่เหมาะสมได้ หรือคิดว่าอาจเป็นตัวถูก หรือตัวลวงที่ดี การใช้ตัวเลือกปลายเปิดด้วยเหตุผลที่ผู้ออกข้อสอบไม่สามารถหาตัวลวงหรือตัวถูกได้นั้นมักทำให้ข้อคำถามนั้นด้อยคุณภาพลงด้วยการแนะนำคำตอบด้วยตัวเลือกนั้น ข้อสอบที่เหมาะสมจะใช้ตัวเลือกปลายเปิดควรเป็นคำถามที่เกี่ยวกับเรื่องราว หรือเหตุการณ์ที่ยังหาข้อสรุปไม่ได้ หรือที่ยังเป็นปัญหาโต้แย้งกันอยู่ ตัวเลือกปลายเปิดนอกจากจะใช้ได้ดีกับเรื่องราวที่ไม่มีข้อยุติแล้ว ยังเหมาะที่จะใช้กับวิชาประเภทคำนวณอีกด้วย ตัวเลือก “ถูกทุกข้อ” จะใช้ได้ดีกับข้อที่มีคำตอบที่เป็นไปได้หลายข้อ เช่นการคำนวณหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่าของสมการหลายชั้น ตัวเลือก “ไม่มีข้อใดถูก” สามารถใช้ลวงผู้ที่ไม่แม่นยำในการคำนวณคำตอบข้อนั้น ๆ เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องไม่ได้ก็จะเอนเอียงมาตอบตัวเลือก “ไม่มีข้อใดถูก” ถ้าหากจำเป็นต้องใช้ตัวเลือกปลายเปิดแล้ว ก็ควรใช้หลาย ๆ ข้อจะได้ไม่เป็นการแนะนำคำตอบ และต้องจัดให้ตัวเลือกปลายเปิดนั้นเป็นทั้งตัวถูก และตัวผิดพอ ๆ กันกับตัวเลือกอื่น

7. ใช้คำถามให้คຸ້ມงานสอบ ข้อสอบที่ดีไม่ควรถามด้านความจำมากนัก แต่จะพยายามถามให้คิดลึกซึ้งลงไป และไม่ใช้ข้อความที่พลิกแพลงจนกลายเป็นข้อสอบวัดความสามารถด้านภาษาไป ข้อสอบที่ถามไม่คຸ້ມงานสอบจะไม่ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่การวัดเท่าที่ควร เช่น ข้อคำถามที่ง่ายมากทุกคน หรือเกือบทุกคนตอบถูกหมด หรือข้อที่ยากมาก ไม่มีใครตอบถูกเลยทำให้ไม่ทราบว่าใครเก่งกว่าใคร การถามเนื้อหาที่ไม่จำเป็น ถือว่าเป็นการถามที่ไม่คຸ້ມงานสอบเช่นกัน

8. ข้อสอบมีคำตอบเดียว ในการเขียนคำถาม มีบ่อย ๆ ที่ผู้ออกข้อสอบไม่ได้พิจารณาตัวลวงให้ดี เมื่อผู้สอบทำข้อสอบจึงมักมีปัญหามีข้อถูกมากกว่า 1 ตัวอยู่บ่อย ๆ

9. เขียนตัวถูก-ผิด ให้ถูกหรือผิดตามหลักวิชาการ การเขียนตัวถูก และตัวลวงควรคำนึงถึงความจริง และความเป็นไปได้ตามเนื้อหานั้น ๆ ด้วยการใช้ตัวลวงโดยไม่คำนึงถึงความถูกต้องตามหลักวิชาการอาจเป็นการแนะนำคำตอบให้เด่นชัดขึ้น ข้อควรคำนึงในการเขียนตัวลวงมีดังต่อไปนี้

9.1 หลีกเลี่ยงการใช้คำศัพท์เทคนิคที่ไม่มีในสาขาวิชานั้น

9.2 ตัวลวงผิดตามหลักการ และข้อเท็จจริงของเนื้อหานั้น ตัวลวงที่ดีควรมีผู้เลือกตอบ และผู้ที่เลือกตอบควรเป็นผู้ที่ไม่แม่นยำในเนื้อหานั้นจริงอาจเข้าใจผิด หรือเกิดความผิดพลาดในการคิดโดยไม่เจตนาได้ โดยเฉพาะวิชาคณิตศาสตร์ ตัวลวงควรได้มาจากการคำนวณ โดยวิธีที่ผิด ๆ ที่มักเกิดขึ้นกับนักเรียน ซึ่งครูอาจสังเกตได้ในขณะการเรียนการสอนการใช้ตัวเลือกจากคำตอบของนักเรียนทั้งที่เป็นตัวถูก และตัวผิดจะทำให้ข้อสอบมีคุณภาพสูงกว่าข้อสอบที่ใช้ตัวเลือกที่ครูสร้างขึ้นทั้งค่าความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่นและค่าอำนาจจำแนก นอกจากนี้ข้อสอบที่ใช้ตัวเลือกที่ได้จากคำตอบของนักเรียนยังยากกว่าข้อสอบที่ได้ตัวเลือกจากครูสร้างเองอีกด้วย

9.3 คำตอบควรถูกต้องตามหลักวิชา บางครั้งตัวเลือกนั้นอาจเป็นคำตอบถูกแต่เมื่อพิจารณาโดยเฉพาะสาขาวิชาแล้วอาจไม่เกี่ยวข้องกันเลย

10. เขียนตัวเลือกให้เป็นอิสระจากกัน พยายามอย่าให้ตัวเลือกทั้งที่เป็นตัวถูก และตัวผิดก้าวก่ายกัน หรือมีความหมายสืบเนื่องสัมพันธ์กัน หรือครอบคลุมตัวเลือกอื่น ๆ ซึ่งทำให้เหมือนกับมีตัวเลือกน้อยลง และมีคำตอบที่ถูกหลายข้อ

11. เรียงลำดับตัวเลือกที่เป็นตัวเลข ข้อสอบที่มีคำตอบเป็นตัวเลข เช่น วิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เกี่ยวกับ วัน เดือน ปี หรือจำนวนต่าง ๆ ควรจัดเรียงลำดับกัน อาจเรียงจากมากไปน้อย หรือน้อยไปมาก ก็ได้ เพื่อช่วยให้ผู้สอบหาคำตอบง่ายขึ้น ไม่เกิดการสับสน

12. พยายามใช้รูปภาพช่วย การใช้รูปภาพเป็นตัวสถานการณ์ หรือคำถาม ตัวเลือกจะช่วยคลายความเครียดให้ผู้สอบได้มาก โดยเฉพาะในชั้นเด็กตอนต้น การใช้รูปภาพนอกจากจะคลายความเครียดได้แล้ว ยังช่วยให้เข้าใจคำถามง่ายขึ้น และยังช่วยทำให้ข้อสอบน่าสนใจยิ่งขึ้น ข้อสำคัญรูปภาพที่ใช้ควรเขียนให้ชัดเจน สวยงาม น่าดู และถูกต้อง ไม่ทำให้ผู้สอบมองแล้วเข้าใจผิดได้

13. หลีกเลี่ยงคำถามที่แนะนำคำตอบคำถามที่ใช้แล้วที่มีเงาให้ผู้สอบสามารถตัดตัวลวงออกได้โดยไม่ต้องใช้ความคิด หรือชี้แนะให้ผู้สอบเลือกคำตอบได้ง่ายขึ้น ถือว่าเป็นคำถามที่ชี้แนะคำตอบคำถามที่มีลักษณะแนะนำคำตอบมีดังนี้

13.1 ตัวคำตอบใช้คำที่ซ้ำกับคำถาม หรือใช้คำที่เกี่ยวข้องกัน

13.2 ออกคำถามซ้ำกัน ได้แก่การถามสิ่งเดียวกันแต่ใช้ถ้อยคำต่างกัน ซึ่งผู้สอบอาจค้นพบคำตอบจากข้ออื่น ๆ ในข้อสอบฉบับเดียวกันได้

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นิโคลาส เทสลา (Nikola Tesla) [16] ในปีค.ศ. 1888 หลักการเบื้องต้นของมอเตอร์เหนี่ยวนำ คือ เมื่อเกิดสนามแม่เหล็กหมุน เส้นแรงแม่เหล็กจะเหนี่ยวนำตัวหมุนหรือโรเตอร์ทำให้มีแรงเคลื่อนและกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำไหลในโรเตอร์สร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เกิดขึ้นที่โรเตอร์ ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองแห่ง ทำให้โรเตอร์หมุนไปในทิศทางเดียวกับสนามแม่เหล็กหมุนด้วยความเร็วต่ำกว่าความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนเล็กน้อย

ฮันส์ คริสเตียน เออร์สเตด [17] (Hans Christian Oersted) สรุปผลออกมาได้ว่า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวดตัวนำ จะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ เส้นลวดตัวนำนั้น ลักษณะเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบเส้นลวดตัวนำเกิดขึ้นเป็นลักษณะวงกลมล้อมรอบเส้นลวดตัวนำ

อีวิง (Ewing) [18] กล่าวคือ โมเลกุลของสารทุกชนิดทุกชนิดมีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กภายในตัวมันเองอยู่แล้ว โมเลกุลในแต่ละโมเลกุลนั้นมีขั้ว (N) และขั้วใต้ (S) ทั้งยังสังเกตพบอีกว่า เมื่อนำแม่เหล็กสองอันมาวางไว้ใกล้กันขั้วที่เหมือนกันจะผลักกันและขั้วที่ต่างกันจะดูดกัน

อภิเชษฐ์ อุตสาหกรรม [19] ได้สร้างชุดฝึกมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับควบคุมด้วยพีแอลซีเพื่อศึกษาคุณภาพของชุดทดลองและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ได้เรียนโดยใช้ชุดทดลองเป็นสื่อในการเรียนการสอนเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย(1)ชุดฝึกมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับควบคุมด้วยพีแอลซีพร้อมใบงานประกอบ การทดลอง 9 ใบงาน (2)แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประชากรเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง โรงเรียนอาชีวะ ดอนบอสโก สุราษฎร์ จำนวน 19 คน และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยสุ่มแบบง่ายเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง โรงเรียนอาชีวะ ดอนบอสโกสุราษฎร์ จำนวน 19 คน กลุ่มตัวอย่างได้รับการสอบวัดก่อนและหลังการเรียนด้วยชุดทดลอง เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดสอบค่าที (t-test) และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอนด้วยค่า E_1/E_2 ผลการวิจัยพบว่าชุดฝึกมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับควบคุมด้วยพีแอลซี ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 83.42/80.39 ผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

วัฒนาพร ภักทรพานิ [20] ได้ศึกษาการพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพชุดทดลองอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร เรืองวงจร Rectifier และวงจร Regulator ได้ผลเกี่ยวกับการสร้างชุดทดลองและการพัฒนาศึกษาประสิทธิภาพชุดทดลอง โดยทำการวิเคราะห์เนื้อหาปรากฏว่าใบงานการทดลองมีค่าดัชนีความ

สอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.0 แสดงว่าใบงานที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ประกอบการเรียนทดลองในวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรงได้โดยครอบคลุมในเนื้อหาเพียงพอตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนด

ณัฐพงษ์ ศิโรโรจน์ [21] ได้ศึกษาการหาประสิทธิภาพชุดทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ เรื่องวงจร RLC RESONANCE ได้ผลเกี่ยวกับการหาประสิทธิภาพชุดทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ทำด้วยวิธี E_1/E_2 ผลการวิเคราะห์พบว่าชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 83.21/81.66 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ผู้เรียนมีพฤติกรรมการปฏิบัติการทดลองอยู่ในเกณฑ์ดี และมีความพึงพอใจในการเรียนด้วยใบงานทดลองที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับมาก

ศุริโยทัย สุปัญญาพงศ์ [22] ได้สร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อส่งเสริมทักษะวิชาปฏิบัติ วงจรไฟฟ้ากระแสสลับผลปรากฏว่าชุดทดลองเพื่อส่งเสริมทักษะวิชาปฏิบัติวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.81/82.25 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 แสดงว่าชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะเหมาะสมกับการนำไปใช้ในการเสริมทักษะในวิชาปฏิบัติวงจรไฟฟ้ากระแสสลับได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อำนวยการ คาราแจ้ง [23] ได้สร้างการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างสอนด้วยชุด การสอนกับการสอนแบบปกติ เรื่องมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงวิชาเครื่องกลไฟฟ้า 1 ตามหลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงกรมอาชีวศึกษา พุทธศักราช 2540 ผลปรากฏว่าชุดทดลองการสอน เรื่อง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง วิชาเครื่องกลไฟฟ้า 1 มีประสิทธิภาพ 86.36/80.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ กำหนดไว้ ส่วนค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนมีค่า สูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนน จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนค่าเฉลี่ยของคะแนนจาก การทำแบบฝึกหัดของกลุ่มทดลองสูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการทำแบบฝึกหัดของกลุ่มควบคุม ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ของกลุ่มควบคุม ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ประจักษ์ชัย มาลัย [24] ได้ศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์เรื่องการพัน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พ.ศ 2546 ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างผ่านเกณฑ์การทดสอบได้คะแนนสูงกว่าร้อยละ 80 มีจำนวน 20 คน คิด เป็นร้อยละ 100 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด และมีผลคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 95.44 แสดงให้เห็นว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่องการพันพันมอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสสลับ สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พ.ศ 2546 สามารถเป็น สื่อการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ