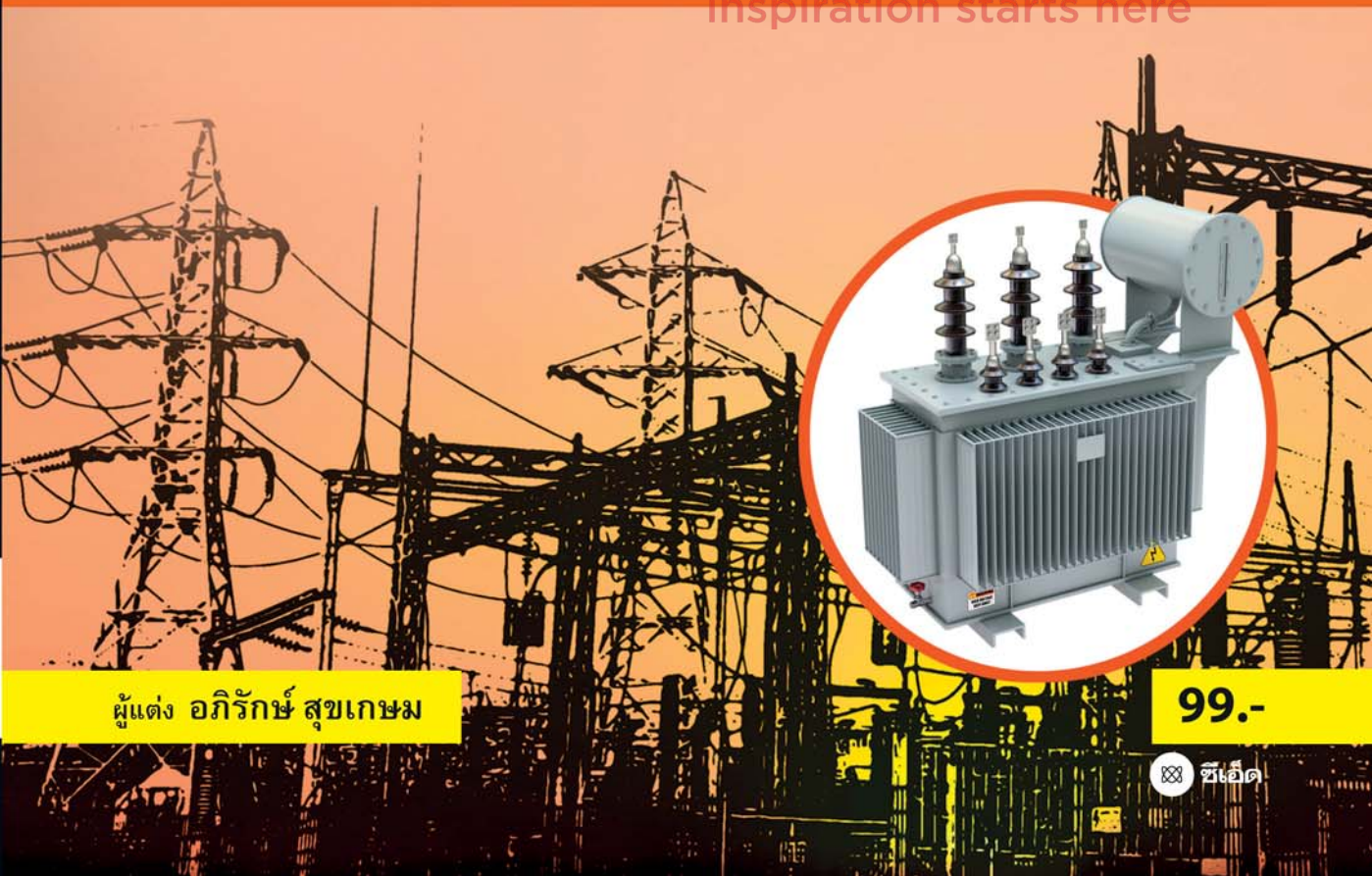
ได้ผ่านการตรวจประเมินคุณภาพหนังสือเรียนอาชีวศึกษา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ
พุทธศักราช 2562 ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 ครั้งที่ 1 ประกาศลำดับที่ 399

รหัสวิชา 20104-2105

หนังสือเล่มนี้เรียบเรียงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชาและคำอธิบายรายวิชา
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
กระทรวงศึกษาธิการ

หม้อแปลงไฟฟ้า
(Transformers)

OEED
inspiration starts here



ผู้แต่ง อภิรักษ์ สุขเกษม

99.-

ซีเอ็ด

หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformers)

โดย อภิรักษ์ สุขเกษม

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย โดย อภิรักษ์ สุขเกษม © พ.ศ. 2563
ห้ามคัดลอก ลอกเลียน ดัดแปลง ทำซ้ำ จัดพิมพ์ หรือกระทำอื่นใด โดยวิธีการใดๆ ในรูปแบบใดๆ
ไม่ว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ เพื่อเผยแพร่ในสื่อทุกประเภท หรือเพื่อวัตถุประสงค์ใดๆ
นอกจากจะได้รับอนุญาต

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

อภิรักษ์ สุขเกษม.

หม้อแปลงไฟฟ้า. -- กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2563.

260 หน้า.

1. หม้อแปลงไฟฟ้า.

I. ชื่อเรื่อง.

621.314

Barcode (e-book) : 9786160841233

ผลิตและจัดจำหน่ายโดย

บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
SE-EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED

เลขที่ 1858/87-90 ถนนเทพรัตน แขวงบางนาใต้ เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260
โทรศัพท์ 0-2826-8000

[หากมีคำแนะนำหรือติชม สามารถติดต่อได้ที่ comment@se-ed.com]

SE-ED
inspiration starts here

20104-2105 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformers) 1 - 3 - 2

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจโครงสร้าง หลักการทำงาน ชนิดและขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า
2. มีทักษะการพันหม้อแปลง การนำไปใช้งานและการบำรุงรักษา
3. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการปฏิบัติงาน มีความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย เป็นระเบียบ สะอาด ตรงต่อเวลา มีความซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า
2. ปฏิบัติงานถอด พันขดลวดต่อวงจร ประกอบชิ้นส่วนและทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า
3. ซ่อมบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า

SE-ED
inspiration starts here

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้าง ชนิด ขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้าและหม้อแปลงความถี่สูง หลักการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ สมการแรงเคลื่อนไฟฟ้า อัตราส่วนการเปลี่ยนแปลง หม้อแปลงประกอบเครื่องวัดไฟฟ้า การออกแบบหม้อแปลงขนาดเล็ก งานถอดประกอบชิ้นส่วนและแปลงไฟฟ้า งานออกแบบและสร้างบ็อบบินแปลงไฟฟ้า งานต่อหม้อแปลงไฟฟ้าแบบสตาร์ เดลต้า งานทดสอบหาค่าการสูญเสียและแปลงไฟฟ้า งานกำหนดขั้วหม้อแปลงไฟฟ้า งานขนานหม้อแปลงไฟฟ้า งานบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า

โครงการจัดการเรียนรู้

รายวิชา หม้อแปลงไฟฟ้า **รหัสวิชา** 20104-2105 1 - 3 - 2

สัปดาห์	บทเรียน	ปฏิบัติ	จำนวนคาบ
1	หลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า	-	4
2	โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า	-	4
3-4	หลักการทำงานและอัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า	ใบงานที่ 1 การหาอัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า	8
5	สภาวะการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า	-	8
6-7	โวลเตจเรกูเลชันและประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า	ใบงานที่ 2 การหาค่าการสูญเสียในแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้า ใบงานที่ 3 การหาค่าการสูญเสียในขดลวดทองแดงของหม้อแปลงไฟฟ้า ใบงานที่ 4 การหาค่าโวลเตจเรกกูเรชันของหม้อแปลงไฟฟ้า	8
8-10	การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าใช้งาน	ใบงานที่ 5 การตรวจสอบขั้วหม้อแปลงไฟฟ้า ใบงานที่ 6 การขนานหม้อแปลงไฟฟ้า ใบงานที่ 7 การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟสแบบสตาร์-สตาร์ ใบงานที่ 8 การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟสแบบเดลต้า-เดลต้า ใบงานที่ 9 การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟสแบบสตาร์-เดลต้า ใบงานที่ 10 การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟสแบบเดลต้า-สตาร์ ใบงานที่ 11 การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟสแบบโอเพนเดลต้า	12
11	หม้อแปลงประกอบเครื่องวัดไฟฟ้าและหม้อแปลงออโต้	-	4
12-16	การพันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก	ใบงานที่ 12 การพันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก	20
17	การบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า	-	4
18	วัดผลและประเมินผลปลายภาคเรียน		4
รวม			**72**

SE-ED
inspiration starts here

คำนำ

หนังสือวิชา **หม้อแปลงไฟฟ้า รหัสวิชา 20104-2105** เล่มนี้ จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน เนื้อหาตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

เนื้อหาหนังสือเล่มนี้มีทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ แบ่งออกเป็น 9 บทเรียน เริ่มจาก หลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า หลักการทำงานและอัตราส่วน ของหม้อแปลงไฟฟ้า สภาวะการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า โวลเตจเรกูเลชันและประสิทธิภาพ หม้อแปลงไฟฟ้า การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าใช้งาน หม้อแปลงไฟฟ้าประกอบเครื่องวัดและ หม้อแปลงออโต้ การพันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก และการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า นอกจากนี้ในทุกบทเรียนยังมีแบบทดสอบก่อนเรียน หลังเรียน และแบบฝึกหัดประจำบท เพื่อใช้สำหรับวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนด้วย

SE-ED
inspiration starts here

ผู้เขียนได้มีความพยายามเป็นอย่างยิ่งที่จะเรียบเรียงหนังสือเล่มนี้ขึ้นมา เพื่อเป็นประโยชน์ต่อนักเรียนและครูผู้สอน หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะมีประโยชน์ต่อนักเรียน ครูผู้สอน ตลอดจนผู้ที่สนใจเป็นอย่างมาก ความดีของหนังสือเล่มนี้ ขอมอบแด่คุณครูอาจารย์ ผู้ซึ่งมีพระคุณที่ได้ประศาสน์วิชาความรู้ และบิดามารดาที่ให้โอกาสศึกษาเล่าเรียน หากหนังสือเล่มนี้มีข้อบกพร่องประการใด ผู้เขียนขอน้อมรับคำติชมเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขในการจัดทำครั้งต่อไป

อภิรักษ์ สุขเกษม

SE-ED
inspiration starts here

สารบัญ

บทที่ 1 : หลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า 1

แบบทดสอบก่อนเรียนบทที่ 1 2

1.1 แม่เหล็กและแม่เหล็กไฟฟ้า 4

1.2 การเกิดสนามแม่เหล็กรอบตัวนำ 8

1.3 การเหนี่ยวนำ 10

1.4 การเหนี่ยวนำไฟฟ้า 12

1.5 ทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 13

1.6 การคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 14

สรุปสาระสำคัญ 17

แบบทดสอบหลังเรียนบทที่ 1 18

แบบฝึกหัดประจำบทที่ 1 20

บทที่ 2 : โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า 23

แบบทดสอบก่อนเรียนบทที่ 2 24

2.1 ส่วนประกอบของหม้อแปลงไฟฟ้า 26

2.2 หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส 30

2.3 หม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส 36

2.4 หม้อแปลงความถี่สูง 39

สรุปสาระสำคัญ 43

แบบทดสอบหลังเรียนบทที่ 2 44

แบบฝึกหัดประจำบทที่ 2 46

SE-ED
inspiration starts here

บทที่ 3 : หลักการทำงานและอัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า.....49
แบบทดสอบก่อนเรียนบทที่ 3.....50
3.1 หลักการพื้นฐานของหม้อแปลงไฟฟ้า.....52
3.2 สมการแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ.....55
3.3 อัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า.....57
สรุปสาระสำคัญ.....63
แบบทดสอบหลังเรียนบทที่ 3.....64
แบบฝึกหัดประจำบทที่ 3.....66

บทที่ 4 : สภาวะการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า.....69
แบบทดสอบก่อนเรียนบทที่ 4.....70
4.1 หม้อแปลงไฟฟ้าทำงานในสภาวะต่างๆ.....72
4.2 หม้อแปลงไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด.....73
4.3 หม้อแปลงไฟฟ้าในขณะมีโหลด.....77
4.4 ชนิดของโหลดที่นำมาต่อกับหม้อแปลงไฟฟ้า.....79
สรุปสาระสำคัญ.....83
แบบทดสอบหลังเรียนบทที่ 4.....84
แบบฝึกหัดประจำบทที่ 4.....86

บทที่ 5 : โวลเตจเรกูเลชันและประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า.....89
แบบทดสอบก่อนเรียนบทที่ 5.....90
5.1 ความต้านทานสมมูล.....92
5.2 รีแอกแตนซ์สมมูล.....94
5.3 อิมพีแดนซ์สมมูล.....95
5.4 การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า.....99
5.5 โวลเตจเรกูเลชัน..... 105
5.6 ประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า..... 111
5.7 ประสิทธิภาพตลอดวัน..... 114
สรุปสาระสำคัญ..... 116

SE-ED
inspiration starts here

แบบทดสอบหลังเรียนบทที่ 5 117
แบบฝึกหัดประจำบทที่ 5 119

บทที่ 6 : การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าใช้งาน 123
แบบทดสอบก่อนเรียนบทที่ 6 124
6.1 การตรวจสอบขั้วหม้อแปลงไฟฟ้า 126
6.2 การขนานหม้อแปลงไฟฟ้า 128
6.3 ข้อควรรู้ในการขนานหม้อแปลงไฟฟ้า 130
6.4 ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 130
6.5 การต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส 131
สรุปสาระสำคัญ 139
แบบทดสอบหลังเรียนบทที่ 6 140
แบบฝึกหัดประจำบทที่ 6 142

บทที่ 7 : หม้อแปลงประกอบเครื่องวัดไฟฟ้าและหม้อแปลงออโต้.....145
แบบทดสอบก่อนเรียนบทที่ 7 146
7.1 หลักการทำงานของหม้อแปลงประกอบเครื่องวัดไฟฟ้า 148
7.2 หลักการทำงานของหม้อแปลงออโต้ 151
7.3 ข้อดีของหม้อแปลงออโต้ 157
สรุปสาระสำคัญ 158
แบบทดสอบหลังเรียนบทที่ 7 159
แบบฝึกหัดประจำบทที่ 7 161

บทที่ 8 : การพันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก 163
แบบทดสอบก่อนเรียนบทที่ 8 164
8.1 หลักการพันหม้อแปลงไฟฟ้าเบื้องต้น 166
8.2 ขั้นตอนการพันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก 166
สรุปสาระสำคัญ 176
แบบทดสอบหลังเรียนบทที่ 8 177
แบบฝึกหัดประจำบทที่ 8 179

SE-ED
inspiration starts here

บทที่ 9 : การบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า 181
แบบทดสอบก่อนเรียนบทที่ 9 182
9.1 การระบายความร้อนของหม้อแปลงไฟฟ้า 184
9.2 การควบคุมและบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า 188
9.3 วิธีการตรวจสอบหม้อแปลงไฟฟ้าเบื้องต้น 189
9.4 ผลดีของการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า 190
9.5 ข้อแนะนำสำหรับการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า 191
9.6 คุณสมบัติน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า 192
9.7 ข้อมูลพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้า 193
สรุปสาระสำคัญ 196
แบบทดสอบหลังเรียนบทที่ 9 197
แบบฝึกหัดประจำบทที่ 9 199

ใบงานและแบบประเมินผลใบงาน 201
ใบงานที่ 1 : การหาอัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า 202
ใบงานที่ 2 : การหาค่าสูญเสียในแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้า 205
ใบงานที่ 3 : การหาค่าสูญเสียในขดลวดทองแดงของหม้อแปลงไฟฟ้า 208
ใบงานที่ 4 : การหาค่าโวลเตจเรกูเลชันของหม้อแปลงไฟฟ้า 211
ใบงานที่ 5 : การตรวจสอบขั้วหม้อแปลงไฟฟ้า 214
ใบงานที่ 6 : การขนานหม้อแปลงไฟฟ้า 217
ใบงานที่ 7 : การต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสแบบสตาร์-สตาร์ 220
ใบงานที่ 8 : การต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสแบบเดลต้า-เดลต้า 224
ใบงานที่ 9 : การต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสแบบสตาร์-เดลต้า 228
ใบงานที่ 10 : การต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสแบบเดลต้า-สตาร์ 232
ใบงานที่ 11 : การต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสแบบโอเพนเดลต้า 236
ใบงานที่ 12 : การพันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก 239

บรรณานุกรม.....247

SE-ED
inspiration starts here

« บ ท ที่ »

1

หลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

หัวข้อเรื่อง

1.1 แม่เหล็กและแม่เหล็กไฟฟ้า
1.2 การเกิดสนามแม่เหล็กรอบตัวนำ
1.3 การเหนี่ยวนำ
1.4 การเหนี่ยวนำไฟฟ้า
1.5 ทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
1.6 การคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

จุดประสงค์ทั่วไป

1. รู้เกี่ยวกับหลักการของแม่เหล็กและแม่เหล็กไฟฟ้า
2. เข้าใจหลักการเกิดสนามแม่เหล็กรอบตัวนำ
3. รู้เกี่ยวกับหลักการเหนี่ยวนำ
4. เข้าใจหลักการเหนี่ยวนำไฟฟ้า
5. เข้าใจทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
6. เข้าใจการคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
7. มีกิจนิสัยที่ดีในการทำงาน มีความซื่อสัตย์ และความรับผิดชอบ

SE-ED
inspiration starts here

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการของแม่เหล็กและแม่เหล็กไฟฟ้าได้
2. อธิบายหลักการเกิดสนามแม่เหล็กรอบตัวนำได้
3. อธิบายหลักการเหนี่ยวนำได้
4. อธิบายหลักการเหนี่ยวนำไฟฟ้าได้
5. อธิบายทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้
6. คำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้
7. มีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์

แบบทดสอบก่อนเรียน

บทที่ 1

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบข้อที่ถูกที่สุด

1. แม่เหล็กชั่วคราวมีลักษณะตรงกับข้อใด
ก. มีลักษณะและรูปร่างที่แน่นอน
ข. มีลักษณะและรูปร่างที่ไม่แน่นอน
ค. แสดงอำนาจแม่เหล็กนาน
ง. แสดงอำนาจแม่เหล็กในช่วงระยะเวลาที่ต้องการ

2. นักวิทยาศาสตร์คนใดกำหนดกฎการขันสกรูเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและเส้นแรงแม่เหล็ก
ก. เจมส์ เคลิร์ก แมกซ์เวลล์
ข. ฮันส์ คริสเตียน เออร์สเตด
ค. ไมเคิล ฟาราเดย์
ง. เฟลมมิ่ง

SE-ED
inspiration starts here

3. การเหนี่ยวนำมีความหมายตรงตามข้อใด
ก. Resistance
ข. Reactance
ค. Inductance
ง. Capacitance

4. กฎของเลนซ์มีความสัมพันธ์และสอดคล้องในเรื่องใด
ก. ทิศทางของสนามแม่เหล็ก
ข. ทิศทางของกระแสไฟฟ้า
ค. ทิศทางของแรงดันไฟฟ้า
ง. ทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำ

5. ข้อใดเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ลดและเพิ่มพลังงานไฟฟ้าโดยอาศัยสนามแม่เหล็ก
ก. ออดไฟฟ้า
ข. มอเตอร์ไฟฟ้า
ค. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
ง. หม้อแปลงไฟฟ้า

6. นักวิทยาศาสตร์คนใดค้นพบความจริงเกี่ยวกับการเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นในขดลวดตัวนำ
ก. ไมเคิล ฟาราเดย์
ข. ฮันส์ คริสเตียน เออร์สเตด
ค. เฟลมมิ่ง
ง. เจมส์ เคลิร์ก แมกซ์เวลล์

7. หม้อแปลงไฟฟ้าอาศัยหลักการใดในการสร้างแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

ก. ตัวนำเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็ก
ข. สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดตัวนำ
ค. การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าคงที่
ง. การเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก

8. หม้อแปลงไฟฟ้าใช้กับไฟฟ้าประเภทใด

ก. ไฟฟ้าสถิต
ข. ไฟฟ้ากระแสตรง
ค. ไฟฟ้ากระแสสลับ
ง. ไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ

9. กฎมือขวาของเฟลมมิ่งกำหนดให้นิ้วกลางแทนทิศทางตรงกับข้อใด

ก. ทิศทางของสนามแม่เหล็ก
ข. ทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
ค. ทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำ
ง. ทิศทางแรงดึงดูดตัวนำกับสนามแม่เหล็ก

10. กำหนดให้ $B = 2.2$ เวเบอร์/ตารางเมตร $l = 50$ เซนติเมตร, $v = 10$ เมตร/วินาที, $e = 2.85$ โวลต์ จงหาค่ามุมที่ตัวนำเคลื่อนที่ตัดกับสนามแม่เหล็ก

ก. 10 องศา
ข. 15 องศา
ค. 20 องศา
ง. 30 องศา

SE-ED
inspiration starts here

การเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำในหม้อแปลงไฟฟ้านั้น เกิดจากการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้า โดยอาศัยปฏิกิริยาของสนามแม่เหล็กที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาภายในวงจรปิดของแกนเหล็กที่เรียงซ้อนกัน เพื่อใช้เป็นเส้นทางการเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็ก และพบว่า อำนาจแม่เหล็กสามารถทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในตัวนำได้ เรียกว่า **“กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ”** และเรียกแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในขดลวดตัวนำนี้ว่า **“แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ”**

1.1 แม่เหล็กและแม่เหล็กไฟฟ้า

ความสำคัญของแม่เหล็กและแม่เหล็กไฟฟ้าในอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ให้กำลังงานและเปลี่ยนรูปพลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในรูปต่าง ๆ ได้นั้น เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แม่เหล็กและแม่เหล็กไฟฟ้า ยกตัวอย่างเช่น มอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และหม้อแปลงไฟฟ้า ทั้งนี้ได้นำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า และเป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินพิกัดภายในระบบไฟฟ้า

1.1.1 ชนิดของแม่เหล็ก

SE-ED
Inspiration starts here

1. **แม่เหล็กธรรมชาติ** หมายถึงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติส่วนใหญ่ ประกอบด้วย ออกไซด์ของเหล็ก (Fe 304) ลักษณะของแม่เหล็กธรรมชาติจะมีรูปร่างที่ไม่แน่นอน

2. **แม่เหล็กประดิษฐ์** หมายถึงแม่เหล็กที่มนุษย์ได้สร้างขึ้น และนำมาประดิษฐ์เป็นอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้ามากมาย เช่น กระดิ่งไฟฟ้า ลำโพง และชุดหูฟัง เป็นต้น

(ก) แม่เหล็กธรรมชาติ (ข) แม่เหล็กประดิษฐ์

รูปที่ 1.1 แม่เหล็กธรรมชาติและแม่เหล็กประดิษฐ์

ที่มา : http://www.horhook.com/wbi/ec/magnet.htm, 2561.

จากที่กล่าวมา แม่เหล็กประดิษฐ์ที่มนุษย์สร้างขึ้นสามารถนำมาสร้างให้เป็นแม่เหล็กได้ 2 ประเภทคือ

1. แม่เหล็กถาวร หมายถึงแม่เหล็กที่แสดงอำนาจเป็นแม่เหล็กนาน รูปร่างลักษณะแล้วแต่การใช้งาน เช่น เป็นรูปเกือกม้าหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า

2. แม่เหล็กชั่วคราว หมายถึงแม่เหล็กที่แสดงอำนาจการเป็นแม่เหล็กในช่วงระยะเวลาที่ต้องการให้เป็นแม่เหล็กเท่านั้น อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในชีวิตประจำวันที่ต้องอาศัยแม่เหล็ก เช่น มอเตอร์ปั๊มน้ำ หม้อแปลงไฟฟ้า ออดไฟฟ้า และไมโครโฟน เป็นต้น

1.1.2 ลักษณะของแม่เหล็ก

1. ถ้าแขวนแท่งแม่เหล็กให้เคลื่อนที่อิสระ เมื่อหยุดนิ่งแล้วจะชี้ตามทิศเหนือ ทิศใต้

2. สามารถดูดสารแม่เหล็กได้

3. ขั้วเหมือนกันเข้าใกล้กันจะเกิดแรงผลักกัน และขั้วต่างกันเมื่อเข้าใกล้กันจะเกิดแรงดูดเข้าหากัน

4. อำนาจแรงดึงดูดจะมีมากที่สุดที่บริเวณขั้วทั้งสองของแม่เหล็ก

5. เส้นแรงแม่เหล็กมีทิศทางออกจากขั้วเหนือไปยังขั้วใต้

SE-ED
Inspiration starts here

1.1.3 แม่เหล็กไฟฟ้า

แม่เหล็กไฟฟ้า หมายถึงอำนาจแม่เหล็กที่เกิดจากการที่กระแสไฟฟ้านั้นไหลผ่านวัตถุตัวนำ หมายความว่าถ้าปล่อยให้กระแสไฟฟ้าไหลในวัตถุตัวนำจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบ ๆ ตัวนำนั้น ถ้าลวดตัวนำต่ออยู่กับแบตเตอรี่ที่มีแรงดันไฟฟ้าสูง ๆ จะเกิดเส้นแรงแม่เหล็กมากขึ้น และทำให้ตัวนำนั้นแสดงอำนาจแม่เหล็กสูงไปด้วย **สรุปได้ว่า** การแสดงอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้าจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณแรงดันหรือกระแสที่ไหลในเส้นลวดตัวนำ ดังนั้นความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

1. จำนวนรอบของการพันเส้นลวดตัวนำ การพันจำนวนรอบของเส้นลวดตัวนำมากจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กในปริมาณมาก ในทางกลับกัน ถ้าพันจำนวนรอบน้อย การเกิดสนามแม่เหล็กก็จะน้อยตามไปด้วย

2. ปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ กระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากจะทำให้สนามแม่เหล็กเกิดขึ้นมาก และถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านน้อยสนามแม่เหล็กจะเกิดน้อย

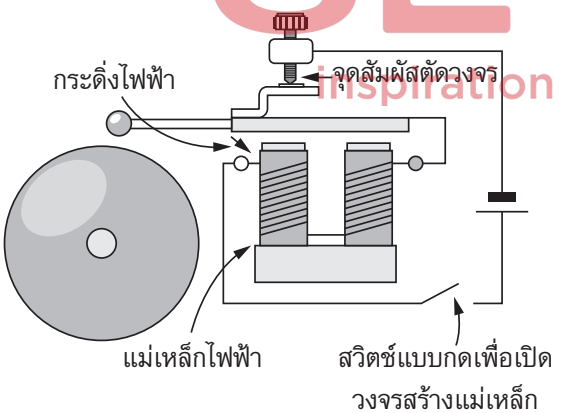
3. ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำแกนของแท่งแม่เหล็กไฟฟ้า วัสดุต่างชนิดกันจะทำให้ความเข้มของสนามแม่เหล็กต่างกัน เช่น แกนอากาศจะให้ความเข้มของสนามแม่เหล็กน้อยกว่าแกนที่ทำจากสารเฟอร์โรแมกเนติก (Ferromagnetic) หรือสารที่สามารถเกิดอำนาจแม่เหล็ก เช่น เหล็กเฟอร์ไรต์ สารเหล่านี้จะช่วยเสริมอำนาจแม่เหล็กในขดลวด ทำให้มีความเข้มของสนามแม่เหล็กมากขึ้น

4. ขนาดของแกนแท่งแม่เหล็กไฟฟ้า แกนที่มีขนาดใหญ่จะให้สนามแม่เหล็กมาก ส่วนแกนที่มีขนาดเล็กจะให้สนามแม่เหล็กน้อย

1.1.4 ประโยชน์ของแม่เหล็กไฟฟ้า

แม่เหล็กไฟฟ้ามีประโยชน์มากมาย สามารถนำมาสร้างเป็นอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล และพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเสียง ตัวอย่างเช่น ออดไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดเสียงจากไฟฟ้ากระแสตรง แผ่นโลหะจะถูกดูดโดยแม่เหล็กไฟฟ้า ถ้าให้จุดสัมผัสแยกออก มีผลให้กระแสที่เข้ามายังแม่เหล็กไฟฟ้าหยุดไหล ดังนั้นแผ่นโลหะจึงดีดกลับ เกิดขึ้นเช่นนี้เรื่อย ๆ มีผลให้แผ่นโลหะสั่น เกิดเสียงออดขึ้นในกระดิ่งไฟฟ้าซึ่งมีค้อนติดกับแผ่นโลหะใกล้กับกระดิ่ง เมื่อแผ่นโลหะสั่นค้อนก็จะเคาะกระดิ่ง

SE-ED
inspiration starts here



รูปที่ 1.2 อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้แม่เหล็กไฟฟ้า

ที่มา : http://www.horhook.com/wbi/ec/magnet.htm, 2561.

ปั้นจั่นไฟฟ้า (Electromagnetic Crane) คืออุปกรณ์ที่ประยุกต์หลักการของแม่เหล็กไฟฟ้ามาใช้เป็นเครื่องมือสำหรับยกของจำพวกโลหะ ใช้สำหรับดูดเศษเหล็กจากเศษโลหะอื่น ๆ เมื่อต้องการใช้ก็เปิดสวิตช์ ทำให้เหล็กที่เป็นแกนของขดลวดเป็นแม่เหล็กดูดเศษเหล็กได้ และเมื่อใช้เสร็จก็ปิดสวิตช์ แกนเหล็กก็จะไม่เป็นแม่เหล็ก ปล่อยเศษเหล็กให้หลุดลงมา ปั้นจั่นไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 1.3

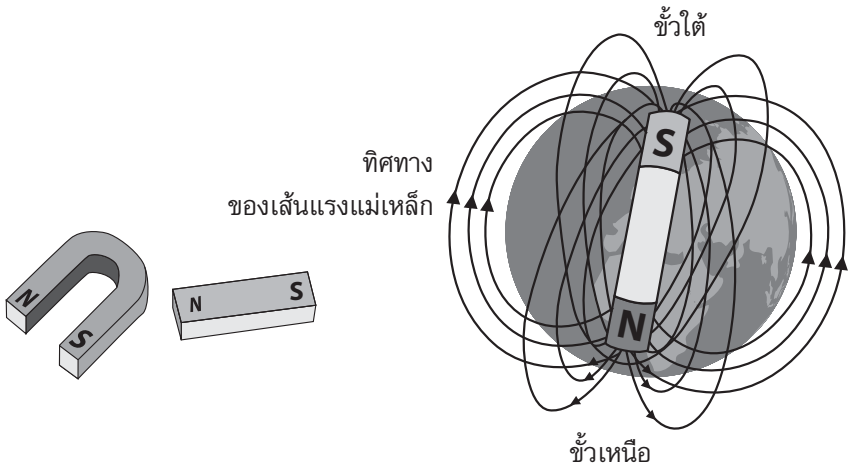
รูปที่ 1.3 แม่เหล็กที่นำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม

ที่มา : http://www.thailandpages.com/Machineotronix/images/big/4.jpg, 2561.

1.1.5 ขั้วแม่เหล็ก

ขั้วแม่เหล็กมี 2 ขั้วคือ ขั้วเหนือ (North) และขั้วใต้ (South) โดยที่ขั้วเหนือจะชี้ไปทางทิศเหนือ ขั้วใต้จะชี้ไปทางทิศใต้ และการแสดงขั้วแม่เหล็กจะสังเกตได้อย่างง่ายคือ เมื่อนำแท่งแม่เหล็กทั้งสองแท่งมาวางใกล้กัน ถ้าแท่งแม่เหล็กทั้งสองเกิดแรงดึงดูดและเคลื่อนที่เข้าหากัน ก็แสดงว่าขั้วแม่เหล็กต่างกัน ในทางตรงกัน ข้ามหากแท่งแม่เหล็กทั้งสองเกิดแรงผลักกัน ก็แสดงว่ามีขั้วแม่เหล็กเหมือนกัน **จึงสรุปได้ว่า** แรงดึงดูดของขั้วแม่เหล็กเกิดจากขั้วแม่เหล็กที่ต่างกัน และแรงผลักกันของขั้วแม่เหล็กเกิดจากขั้วแม่เหล็กที่เหมือนกัน

SE-ED
Inspiration starts here

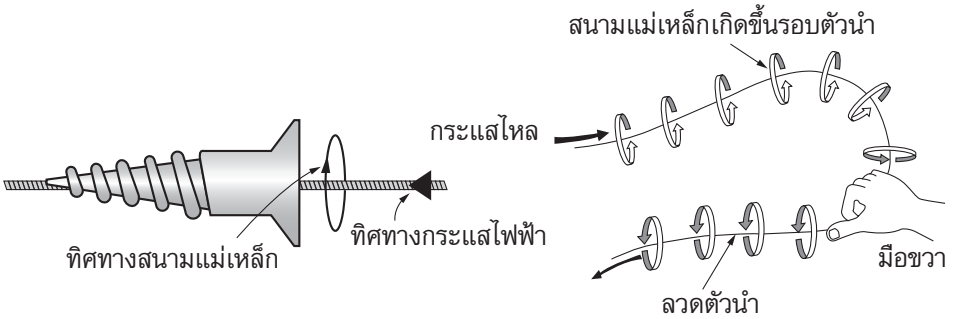


รูปที่ 1.4 ขั้วแม่เหล็กและทิศทางเส้นแรงแม่เหล็ก

ที่มา : http://cherokee.exteen.com/category/Stamps/page/2, 2561.

1.2 การเกิดสนามแม่เหล็กรอบตัวนำ

เมื่อตัวนำมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ทำให้เกิดวงแหวนสนามแม่เหล็กรอบ ๆ ตัวนำ ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้ สามารถหาได้จากกฎการขันสกรูของ **แมกซ์เวลล์**

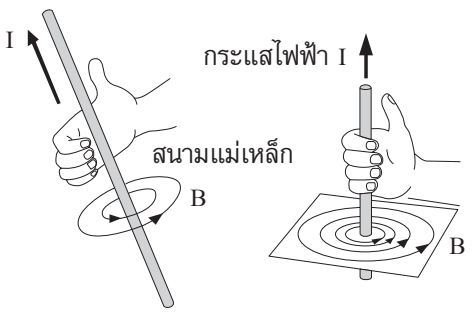


รูปที่ 1.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและทิศทางของสนามแม่เหล็กตามกฎของแมกซ์เวลล์

ที่มา : http://www.vcharkarn.com/uploads/77/77396.gif, 2561.

SE-ED
Inspiration starts here

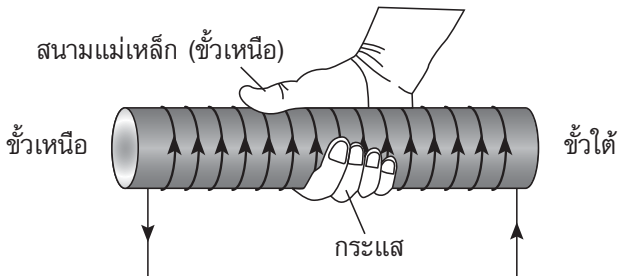
กล่าวคือ ทิศทางสนามแม่เหล็กรอบ ๆ เส้นลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านนั้น จะอยู่ในทิศสกรูหมุน เมื่อขันสกรูเข้าไปตามทิศทางกระแสไฟฟ้า จากความสัมพันธ์ดังที่กล่าวมา เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้นจะใช้ **กฎมือขวา (Right Hand Rule)** เข้ามาช่วยหาทิศทางของสนามแม่เหล็ก โดยพิจารณาดังในรูปที่ 1.6 ให้นิ้วหัวแม่มือตั้งฉากกับนิ้วทั้งสี่ *สังเกต* มือข้างขวาที่กำลวดตัวนำ กำหนดให้นิ้วหัวแม่มือแทนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำ และนิ้วทั้งสี่แทนทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเป็นวงแหวนรอบ ๆ ตัวนำ



รูปที่ 1.6 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและทิศทางสนามแม่เหล็กตามกฎมือขวาของตัวนำ

ที่มา : http://www.thaigoodview.com/library/science/magnetic.Gif, 2561.

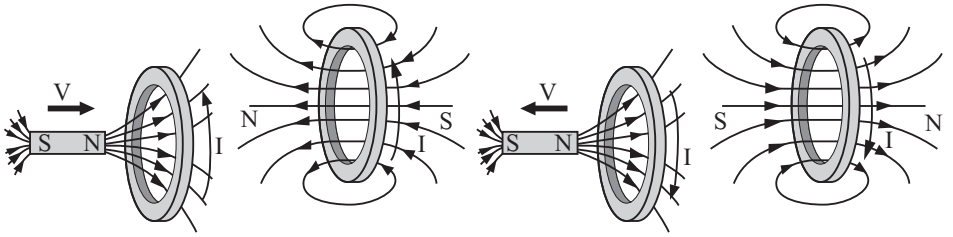
หากใช้มือขวากำรอบขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน เราสามารถหาทิศทางของกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขดลวดตัวนำได้โดยใช้กฎมือขวาของขดลวด (Right Hand Rule of Coil) ถ้าให้นิ้วทั้งสี่ประกอบด้วย นิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วก้อย ซึ่งกำขดลวดแทนทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวด และนิ้วหัวแม่มือที่ตั้งฉากกับนิ้วทั้งสี่แทนทิศทางของขั้วแม่เหล็ก ดังในรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.7 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและทิศทางสนามแม่เหล็กตามกฎมือขวาของขดลวด
ที่มา : http://www.fiziknota.blogspot.html, 2561.

SE-ED
Inspiration starts here

ในหม้อแปลงไฟฟ้าที่ประกอบด้วยขดลวด 2 ชุดคือ ขดลวดปฐมภูมิ (Primary Winding) และขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Winding) ที่พันอยู่รอบแกนเหล็ก อาศัยหลักการเหนี่ยวนำโดยใช้แกนเหล็กเป็นทางเดินของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นด้วยการป้อนแรงดันไฟฟ้าเข้ามาที่ขดลวดปฐมภูมิ จากนั้นสนามแม่เหล็กจะเคลื่อนที่ไปตัดกับขดลวดทุติยภูมิ จึงเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Electro Motive Force; emf) เมื่อต่อวงจรของขดลวดให้ครบวงจร จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดตัวนำ เรียกว่า **กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induce Current)** ทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดตัวนำจะเป็นไปตามกฎของเลนซ์ (Lenz's Law) ซึ่งกล่าวไว้ว่า กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะสร้างสนามแม่เหล็กในทิศทางต่อต้านการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กที่ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ หรือกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะไหลในทิศทางที่สร้างอำนาจแม่เหล็ก เพื่อต้านการเคลื่อนที่ของขดลวด ซึ่งสามารถอธิบายได้จากกฎของเลนซ์



รูปที่ 1.8 ความสัมพันธ์การเหนี่ยวนำตามกฎของเลนซ์

ที่มา : http://www.physics.kku.ac.th/files/GenPhysII/Electromagnetic_I.pdf , 2561

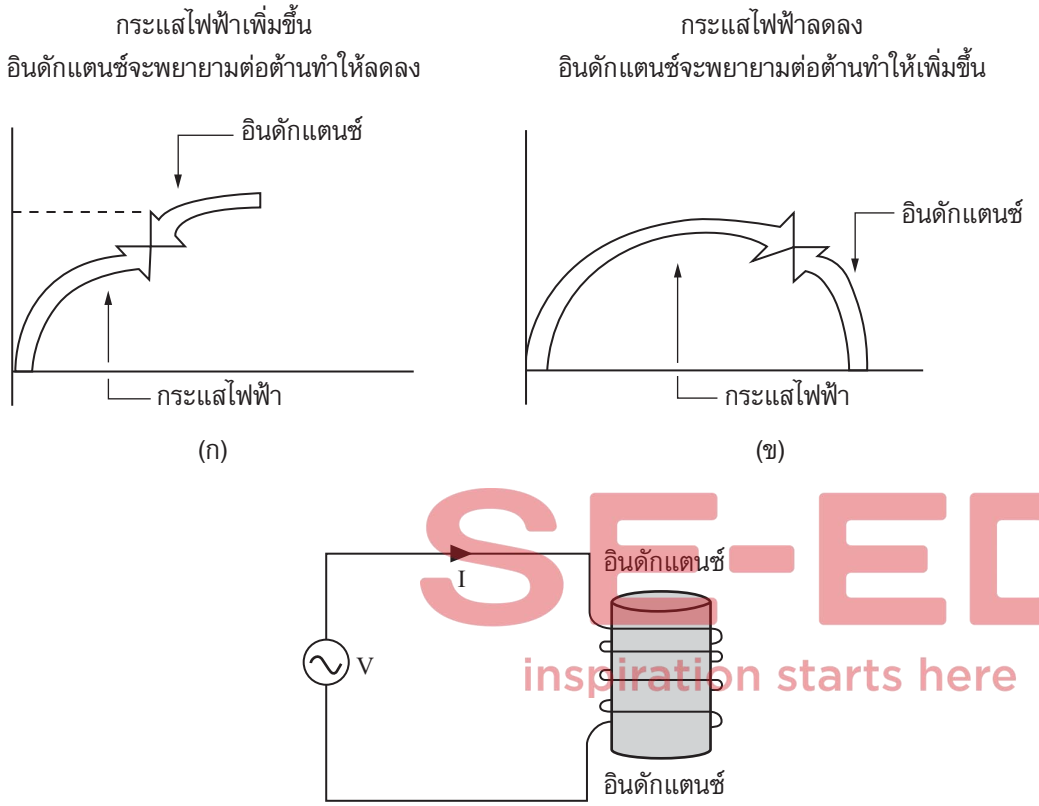
จากรูปที่ 1.8 ตามกฎของเลนซ์กระแสเหนี่ยวนำจะมีทิศทางการไหลเพื่อทำให้เส้นแรงแม่เหล็กที่ถูกสร้างโดยกระแสเหนี่ยวนำนี้ ต้านการเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็กจากภายนอก หากพิจารณาแท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่เข้าหาห่วงตัวนำ เมื่อแท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่ไปทางขวาเข้าหาห่วงตัวนำ ดังในรูป (ก) เส้นแรงแม่เหล็กซึ่งพุ่งผ่านห่วงตัวนำมีค่าเพิ่มขึ้นเทียบกับเวลา ในการหักล้างการเพิ่มขึ้นของเส้นแรงแม่เหล็กทางด้านขวา กระแสเหนี่ยวนำจะต้องสร้างเส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งไปทางด้านซ้าย ดังในรูป (ข) ดังนั้นกระแสเหนี่ยวนำจะมีทิศทางดังแสดงในรูป นั่นคือเส้นสนามแม่เหล็ก เนื่องจากกระแสเหนี่ยวนำต่อต้านการเคลื่อนที่ของแท่งแม่เหล็ก คล้ายกับว่าขั้วแม่เหล็กผลักกัน สรุปได้ว่า พื้นผิวทางด้านซ้ายของห่วงตัวนำกระแสเป็นขั้วเหนือ และผิวด้านขวาเป็นขั้วใต้ ถ้าแท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่ไปทางซ้ายออกห่างห่วงตัวนำ ดังในรูป (ค) เส้นแรงแม่เหล็กที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ปิดมีทิศไปทางขวามือลดลงเมื่อเทียบกับเวลา ขณะนั้น กระแสเหนี่ยวนำในห่วงตัวนำมีทิศดังในรูป (ง) เนื่องจากทิศของกระแสแบบนี้ทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กในทิศทางเดียวกับเส้นแรงแม่เหล็กจากภายนอก ในกรณีนี้ผิวด้านซ้ายของห่วงตัวนำเป็นขั้วใต้ และผิวด้านขวามือของห่วงตัวนำนั้นจะเป็นขั้วเหนือ

SE-ED
inspirationstarts here

1.3 การเหนี่ยวนำ

การเหนี่ยวนำ คือคุณสมบัติอย่างหนึ่งในวงจรไฟฟ้าที่พยายามต่อต้านการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจร เมื่อกระแสไฟฟ้ามีปริมาณการไหลเพิ่มขึ้น ทำให้เกิด **แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำในตัวเอง (Self Inductance Voltage)** จากการเปลี่ยนแปลงนี้จึงทำให้กระแสไฟฟ้าเพิ่มปริมาณขึ้นอย่างช้า ๆ และเมื่อกระแสไฟฟ้ามีปริมาณลดลง ก็จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำภายในตัวขึ้นมาอีก จะช่วยชะลอหรือขยายเวลาในการไหลของกระแสไฟฟ้าออกไป

ทำให้กระแสไฟฟ้ามีปริมาณลดลงอย่างช้า ๆ **จึงสรุปได้ว่า** ปริมาณของกระแสไฟฟ้าไม่สามารถเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้อย่างรวดเร็ว เมื่อเทียบกับวงจรไฟฟ้าที่ไม่มีการเหนี่ยวนำ ในรูปที่ 1.9 อินดักแตนซ์ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ



SE-ED
inspiration starts here

รูปที่ 1.9 อินดักแตนซ์ในวงจรไฟฟ้ากระแสกระแสสลับ

ที่มา : http://hyperphysics.phy_astr.gsu.edu/nbase/electric/imgele/ind.gif, 2561.

1.3.1 การเหนี่ยวนำภายในตัวเอง

เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านขดลวดจะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้น หากทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดมีการเปลี่ยนแปลง เส้นแรงแม่เหล็กหรือสนามแม่เหล็กก็จะเปลี่ยนแปลงและตัดกับขดลวดด้วย ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวดซึ่งมีทิศทางตรงกันข้ามกับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับขดลวดที่เป็นไปตามกฎของเลนซ์

1.3.2 การเหนี่ยวนำร่วม

เมื่อนำขดลวดตัวนำสองขดมาพันไว้ในแกนเหล็กเดียวกัน โดยที่ขดลวดปฐมภูมิจะต่อเข้ากับแบตเตอรี่ผ่านสวิตช์ (Switch) ขดลวดทุติยภูมิต่อเข้ากับหลอดไฟ เมื่อโยกสวิตช์ปิดวงจรของขดลวดปฐมภูมิ จะมีกระแสไฟฟ้าไหลและสร้างเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นมารอบ ๆ ตัวนำ โดยที่เส้นแรงแม่เหล็กนี้จะขยายวงกว้างออกไปตัดกับขดลวดทุติยภูมิ ทำให้หลอดไฟสว่าง จึงเรียกปรากฏการนี้ว่า **การเหนี่ยวนำร่วม (Mutual Inductance)** และได้นำมาสร้างเป็นหม้อแปลงไฟฟ้า ในรูปที่ 1.10 (ก) เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับขดลวดปฐมภูมิ เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีการเปลี่ยนแปลงทำให้หลอดไฟสว่าง ในช่วงของการโยกสวิตช์ปิด-เปิดวงจรเท่านั้น และในรูปที่ 1.10 (ข) เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ จะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเกิดการเปลี่ยนแปลงตามรูปคลื่นไซน์ และหลอดไฟที่ต่ออยู่กับขดลวดทุติยภูมิจะติดอยู่ตลอดเวลา

(ก) ไฟฟ้ากระแสตรง (ข) ไฟฟ้ากระแสสลับ

รูปที่ 1.10 วงจรของเส้นลวดตัวนำที่เกิดการเหนี่ยวนำร่วมกัน

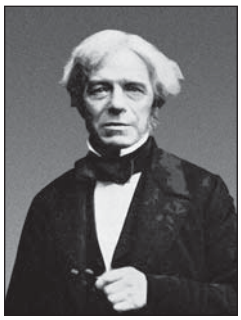
ที่มา : http://www.edu.nu.ac.th/wbi/355203/tran.htm, 2561.

1.4 การเหนี่ยวนำไฟฟ้า

ในปี ค.ศ. 1820 ฮันส์ คริสเตียน เออร์สเตด ได้ค้นพบสนามแม่เหล็กที่เกิดจากการไหลของกระแสไฟฟ้าในตัวนำ จากหลักการดังกล่าวทำให้ ไมเคิล ฟาราเดย์ เกิดแนวความคิดจึงได้ทำการทดลองและค้นพบความจริงเกี่ยวกับการเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นในขดลวดตัวนำ พร้อมกับสังเกตการเปลี่ยนแปลงของกัลวานอมิเตอร์ที่ใช้วัดแรงดันไฟฟ้าเกิดการบ่าย เบน ไมเคิล ฟาราเดย์ จึงได้สรุปว่า อำนาจแม่เหล็กสามารถทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในตัวนำได้ โดยเรียกว่า **กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ** และเรียกแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในขดลวดตัวนำนี้ว่า **แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ**

SEED
inspiration starts here

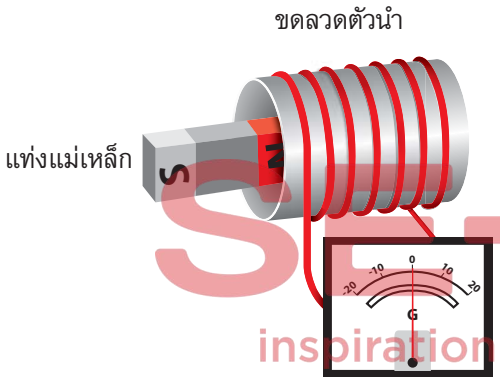
ฮันส์ คริสเตียน เออร์สเตด



ไมเคิล ฟาราเดย์

รูปที่ 1.11 นักวิทยาศาสตร์ที่สำคัญของโลก

ที่มา : http://www.horhook.com/wbi/ec/magnet.htm, 2561.



SE-ED
inspiration starts here

รูปที่ 1.12 แสดงการเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำตามกฎของฟาราเดย์

ที่มา : http://www.mwit.ac.th/~ Physicslab/content/faraday.jpg, 2561.

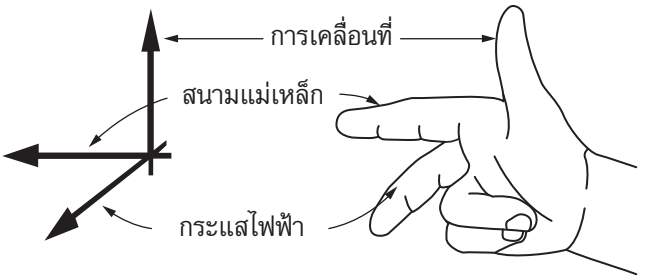
การเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า เกิดจากวิธีการดังนี้

1. ตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็กที่อยู่กับที่
2. สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดผ่านตัวนำที่อยู่กับที่
3. การเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ไปตัดกับตัวนำที่อยู่กับที่

1.5 ทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

การหาทิศทางแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ สามารถหาได้จากกฎมือขวาของเฟลมมิ่ง (Fleming's Right Hand Rule) กล่าวได้ว่า เมื่อกางนิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลางให้ตั้งฉากซึ่งกันและกัน กำหนดให้นิ้วหัวแม่มือแทนทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำ ให้นิ้วชี้แทนทิศทาง

สนามแม่เหล็กที่ออกจากขั้วเหนือไปยังขั้วใต้ และนิ้วกลางแทนทิศทางแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในตัวนำนั้น



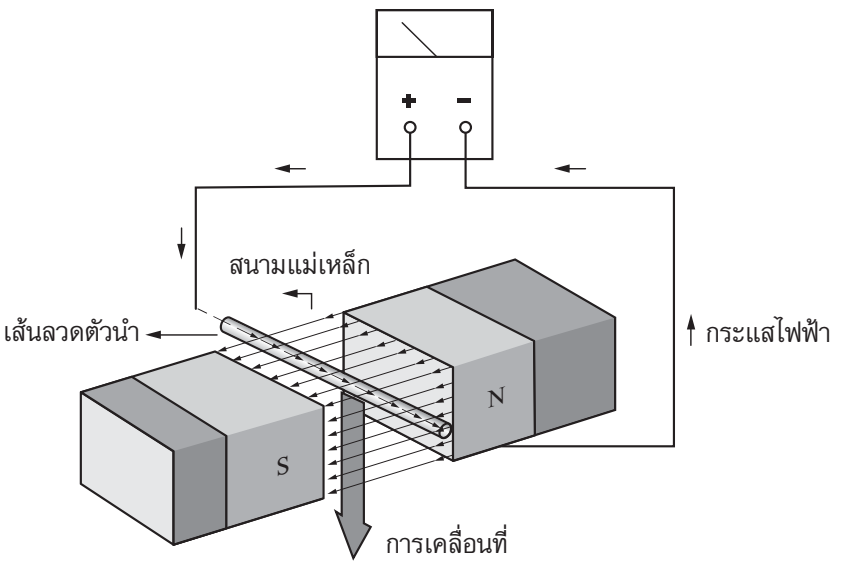
รูปที่ 1.13 การหาทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำด้วยกฎมือขวาของเฟลมมิ่ง

ที่มา : http://www.electron.rmutphysics.com/physics, 2561.

1.6 การคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นจากการให้ตัวนำเคลื่อนที่ตัดกับสนามแม่เหล็ก หรือการให้สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดตัวนำ และการทำให้สนามแม่เหล็กมีการเปลี่ยนแปลงจากเส้นลวดตัวนำ A ไปตัดกับเส้นลวดตัวนำ B ที่วางอยู่ใกล้กัน ฉะนั้นแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดจากการให้ตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก มีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องดังในรูปที่ 1.14

SE-ED
inspiration starts here



รูปที่ 1.14 การให้ตัวนำเคลื่อนที่ตัดกับสนามแม่เหล็ก

ที่มา : http://sciencecity.oupchaina.com.hk/student/grossary/fleming_right_rule.jpg, 2561.

จากรูปที่ 1.14 เมื่อมีตัวนำ A ยาว l เมตร วางอยู่ในสนามแม่เหล็กที่มีความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก B เวเบอร์/ตารางเมตร ถ้าตัวนำเคลื่อนที่ตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กในลักษณะตั้งฉาก ดังในรูปที่ 1.14 สมมติว่าตัวนำเคลื่อนที่ได้ระยะทาง Δx ในเวลา Δt

พื้นที่ตัวนำเคลื่อนที่ไปมีค่า $= l\Delta x$ เมตร

จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่ตัดกับตัวนำมีค่า $= l\Delta \times B$ เวเบอร์

จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่ตัดกับตัวนำในเวลา $\Delta t = \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$

$$\Delta t = \frac{\lambda\Delta \times B}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{B\lambda\Delta x}{\Delta t} \text{ เวเบอร์/วินาที}$$

จากกฎของฟาราเดย์ $e = \frac{Bl\Delta x}{\Delta t}$

$$e = Bl\frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$e = Blv \text{ โวลต์}$$

SE-ED
inspiration starts here

เมื่อ B คือความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก (เวเบอร์/ตารางเมตร)

l คือความยาวของตัวนำ (เมตร)

v คือความเร็วของตัวนำที่เคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็ก (เมตร/วินาที)

ถ้าลวดตัวนำเคลื่อนที่ไม่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของเส้นแรงแม่เหล็ก ในรูปที่ 1.14 ค่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะมีปริมาณลดลงตามมุม θ ดังนี้

$$e = Blv\text{Sin}\theta \text{..... โวลต์}$$

ตัวอย่างที่ 1.1 ลวดตัวนำมีความยาว 150 เซนติเมตร เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 15 เมตร/วินาที ตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็กที่มีความหนาแน่น 2.5 เวเบอร์/ตารางเมตร แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นมีค่าเท่าใด เมื่อลวดตัวนำเคลื่อนที่ทำมุม 15 องศากับสนามแม่เหล็ก

วิธีทำ

เมื่อ $B = 2.5$ เวเบอร์/ตารางเมตร

$= 1.5$ เมตร

$= 15$ เมตร/วินาที

$e = BlvSin\theta$

$= 2.5 \times 1.5 \times 15 \times Sin\ 15^\circ$

$= 2.5 \times 1.5 \times 15 \times 0.26$

$= 14.625$ โวลต์

แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นมีค่า 14.625 โวลต์ **ตอบ**

SE-ED
inspiration starts here

ตัวอย่างที่ 1.2 ลวดตัวนำมีความยาว 250 เซนติเมตร เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 25 เมตร/วินาที ตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็กที่มีความหนาแน่น 3.25 เวเบอร์/ตารางเมตร แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นมีค่าเท่าใด เมื่อลวดตัวนำเคลื่อนที่ทำมุม 45 องศากับสนามแม่เหล็ก

วิธีทำ

เมื่อ $B = 3.25$ เวเบอร์/ตารางเมตร

$= 2.5$ เมตร

$= 25$ เมตร/วินาที

$e = BlvSin\theta$

$= 3.25 \times 2.5 \times 25 \times Sin\ 45^\circ$

$= 3.25 \times 2.5 \times 25 \times 0.707$

$= 143.6$ โวลต์

แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นมีค่า 143.6 โวลต์ **ตอบ**

สรุปสาระสำคัญ

เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวดตัวนำ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กเป็นวงกลมรอบๆ ตัวนำ เรียกสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้ว่า “สนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำ” ความเข้มของสนามแม่เหล็กจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน ถ้ามีปริมาณมากก็ทำให้ตัวนำนั้นแสดงอำนาจแม่เหล็กมากตามไปด้วย แม่เหล็กไฟฟ้าเกิดจากการคิดค้นและประดิษฐ์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ให้กำลังงานและเปลี่ยนรูปพลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในรูปต่างๆ อุปกรณ์ที่ถูกสร้างเพื่อใช้เป็นแม่เหล็กไฟฟ้าได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และหม้อแปลงไฟฟ้า ทั้งนี้ได้ประยุกต์และนำไปใช้ในการควบคุม

SE-ED
inspiration starts here

หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformers)

หนังสือวิชา หม้อแปลงไฟฟ้า รหัสวิชา 20104-2105 เล่มนี้ จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน มีเนื้อหาตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชาและคำอธิบายรายวิชา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เนื้อหามีทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ แบ่งออกเป็น 9 บท ประกอบด้วย หลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า หลักการทำงานและอัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า สภาวะการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า โวลเตจเรกูเลชันและประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าใช้งาน หม้อแปลงไฟฟ้าประกอบเครื่องวัดและหม้อแปลงออโต การพันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็กและการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า นอกจากนี้ในทุกบทเรียนยังมีแบบทดสอบก่อนเรียน หลังเรียนและแบบฝึกหัดประจำบทเพื่อใช้สำหรับวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน

ประวัติผู้เขียน **อภิรักษ์ สุขเกษม**

การศึกษา

- ประกาศนียบัตรครูเทคนิคชั้นสูง (ไฟฟ้ากำลัง) วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช
- ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (การบริหารการศึกษา) มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ประวัติการทำงาน

- ปัจจุบัน ครูชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยสารพัดช่างนครศรีธรรมราช
- ทำหน้าที่รองผู้อำนวยการฝ่ายพัฒนากิจการนักเรียน นักศึกษา
- หัวหน้าแผนกวิชา หัวหน้างานทะเบียน หัวหน้างานอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี
- หัวหน้างานครูที่ปรึกษา หัวหน้างานวิจัย นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์

ผลงานทางวิชาการ

- หนังสือเรียนวิชา *มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ*
- หนังสือ *คู่มือการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าภายในอาคาร*

เกียรติประวัติ

- หนึ่งแสนครูดี ประจำปี 2556 จากคุรุสภา
- ครูดีไม่มีอบายมุข ประจำปี 2558 จากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ

SE-ED
inspiration starts here

หนังสือ	๑ สี	จำนวน	249	หน้า
	๒ สี	จำนวน		หน้า
	๔ สี	จำนวน		หน้า
กระดาษ	ปอนด์			
ความหนา	กระดาษปก		230	แกรม
	กระดาษเนื้อใน		70	แกรม

www.se-ed.com sbc.fans

พร้อมจำหน่ายในรูปแบบ

- ☑ e-book (PDF)
- ☐ audiobooks
- ☐ e-book (EPUB)
- ☐ audio CD / MP3
- ☑ ปกอ่อน
- ☐ LARGE PRINT (ตัวอักษรขนาดใหญ่)

ISBN 978-616-08-4123-3

9 786160 841233

99 บาท

คู่มือเรียน-สอบ/อาชีวศึกษา-สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง