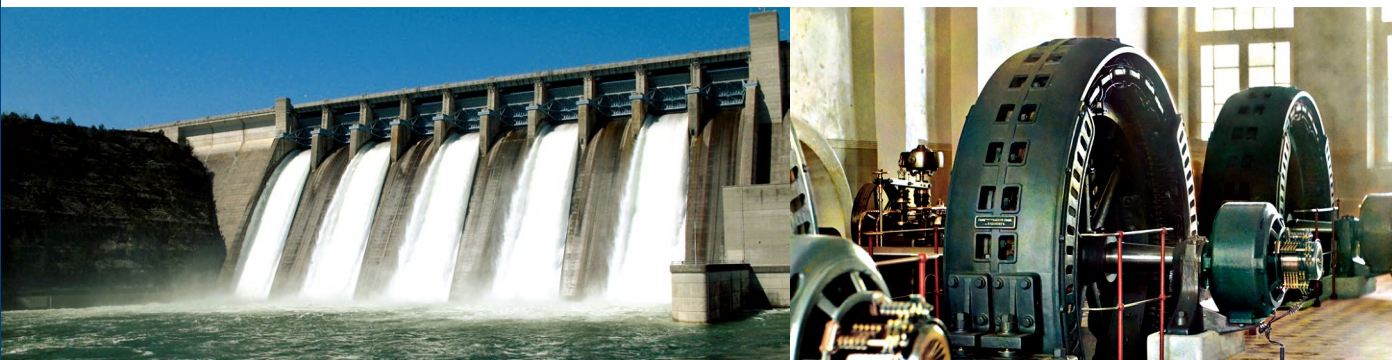


เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (ALTERNATOR)



สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

โดย ไชยชาญ หินเกิด

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

(ALTERNATOR)

โดย...ไชยชาญ หินเกิด



สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

180.-

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (ALTERNATOR)



โดย...ไชยชาญ หินเกิด

ราคา 180 บาท

พิมพ์ครั้งที่ 1 ธันวาคม 2557

พิมพ์ครั้งที่ 2 มิถุนายน 2565

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

ไชยชาญ หินเกิด.

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (ALTERNATOR).-- กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2557.

156 หน้า.

1. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า--กระแสสลับ. I. ชื่อเรื่อง.

621.3133

ISBN 978-974-443-604-7

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ (ฉบับเพิ่มเติม) พ.ศ. 2558 โดย สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

ห้ามลอกเลียนไม่ว่าส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ ไม่ว่าในรูปแบบใด ๆ

นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

จัดพิมพ์โดย สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

5-7 ซอยสุขุมวิท 29 ถนนสุขุมวิท แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

โทร. 0-2258-0320 (6 เลขหมายอัตโนมัติ), 0-2259-9160 (10 เลขหมายอัตโนมัติ)

ติดต่อสำนักพิมพ์ book4u@tpa.or.th

ติดต่อสั่งซื้อหนังสือ www.tpabook.com

จัดจำหน่ายโดย บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน)

อาคารทีซีไอเอฟ ทาวเวอร์ ชั้น 19 เลขที่ 1858/87-90

ถนนบางนา-ตราด แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260

โทร. 0-2739-8000, 0-2739-8222 โทรสาร 0-2739-8356-9

www.se-ed.com

“ถ้าหนังสือมีข้อผิดพลาดเนื่องจากการพิมพ์ให้นำมาแลกเปลี่ยนได้ที่สมาคมฯ” โทร. 0-2258-0320 ต่อ 1560, 1570

■ บรรณาธิการบริหาร สุกัญญา จารุกการ หัวหน้ากองบรรณาธิการ แทนพร เลิศวุฒิภัทร บรรณาธิการ รินดา กันทรธร ออกแบบปกและรูปเล่ม ภาณุพันธ์ โนวยุทธ, ประเทือง คชเสนีย์ **ธุรการสำนักพิมพ์** อังคณา อรรถพงศ์ธร ■ **พิมพ์ที่** : หจก. ที.เอส.บี. โปรดักส์

เกี่ยวกับ สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) หรือ ส.ส.ท. ก่อตั้งอย่างเป็นทางการในวันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2516 จากความตั้งใจมุ่งมั่น ความร่วมมือร่วมใจ และความเสียสละ ท่วมเทกำลังกายและกำลังใจของกลุ่มบุคคลที่เคยไปศึกษาและดูงานโดยทุน ABK & AOTS ณ ประเทศญี่ปุ่น โดยมี ฯพณฯ สมหมาย สุนทระกุล เป็นประธานคณะกรรมการก่อตั้ง และสำเร็จด้วยความช่วยเหลืออย่างดีจาก อาจารย์ โกอิชิ โฮซุมิ อดีตประธานกรรมการ สมาคมความร่วมมือทางเศรษฐกิจ ไทย-ญี่ปุ่น (JTECS) ทั้งนี้ได้รับความช่วยเหลือทางด้านเงินทุนจากกระทรวงการคลังระหว่างประเทศและอุตสาหกรรม (METI) ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งไม่มีพันธผูกพันใด ๆ เพื่อใช้จ่ายในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ

สำหรับ สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. จัดตั้งขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2516 พร้อม ๆ กับการก่อตั้งสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) โดยใช้ชื่อว่า โครงการตำรา เพื่อมุ่งส่งเสริมให้มีตำราภาษาไทยเกี่ยวกับเทคโนโลยีต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระดับอาชีวศึกษา ซึ่งในขณะนั้นยังมียุ่จำกัดให้แพร่หลายขึ้น เพื่อยกระดับมาตรฐานการศึกษาในสายวิชาชีพซึ่งเป็นการสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมไทย

ในระยะ 4-5 ปี หลังจากการก่อตั้งสมาคมฯ โครงการตำราได้เปลี่ยนชื่อเป็น โครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม และได้ขยายกิจกรรมเป็น ส่วนตำราสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม ในปี พ.ศ. 2539 พร้อม ๆ กับการขยายขอบข่ายหนังสือที่จัดพิมพ์ให้ครอบคลุมหนังสือด้านการบริหารจัดการธุรกิจ อุตสาหกรรม และจิตวิทยา-การพัฒนาตนเอง รวมถึงคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ทั้งที่เป็นงานเขียนและงานแปล ภายใต้ชื่อ สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อถ่ายทอดและเผยแพร่ความรู้ในสาขาต่าง ๆ ให้แก่บุคลากรทั้งภาครัฐและเอกชน ตลอดจนนักเรียน นักศึกษาเยาวชน ซึ่งจะเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรม เศรษฐกิจ และสังคมไทยให้เติบโตได้อย่างยั่งยืนต่อไป

สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. ไคร่ขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างยิ่งต่อผู้เขียนและผู้แปลทุกท่านที่มีส่วนสำคัญในความสำเร็จของสำนักพิมพ์ตั้งแต่เริ่มต้นจวบจนปัจจุบัน และหวังว่าหนังสือของสำนักพิมพ์ ส.ส.ท. จะมีส่วนช่วยในการพัฒนาบุคลากร อันจะนำไปสู่การสร้างสรรค์สังคมและเศรษฐกิจของประเทศให้ก้าวหน้าและยั่งยืน และหากท่านผู้อ่านมีข้อชี้แนะประการใด ขอได้โปรดแจ้งให้ทางสำนักพิมพ์ทราบด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง



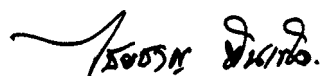
สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

คำนำ

หนังสือเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับนี้เป็นหนังสือที่ใช้ในการเรียนการสอนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ซึ่งครอบคลุมตามหลักสูตร เนื้อหาประกอบด้วย แม่เหล็กไฟฟ้าและการเหนี่ยวนำ โครงสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ การพันขดลวดอาร์เมเจอร์ หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ การควบคุมแรงดันไฟฟ้าและการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ การบำรุงรักษาและการถอดประกอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งเหมาะสำหรับนักศึกษาระดับ ปวช. เป็นอย่างยิ่ง

ผู้เรียบเรียงมีความตระหนักถึงความสำคัญของการเรียนการสอนในสาขาช่างไฟฟ้าที่จะเป็นพื้นฐานในการประกอบอาชีพต่อไป จึงได้เรียบเรียงหนังสือเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับนี้ขึ้นมา หนังสือเล่มนี้นอกจากจะเหมาะกับนักศึกษาในระดับ ปวช. แล้ว ยังเหมาะกับบุคคลทั่วไปที่ต้องการศึกษาเรื่องของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับอีกด้วย

ผู้เรียบเรียงใคร่ขอขอบพระคุณ เจ้าของเอกสารและตำราที่ผู้เรียบเรียงได้นำมาใช้อ้างอิง ทั้งที่ได้กล่าวนามและไม่ได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้ ข้อดีทั้งหมดของหนังสือเล่มนี้ ผู้เรียบเรียงขออุทิศส่วนกุศลให้บิดา-มารดา และครู-อาจารย์ที่ล่วงลับไปแล้ว และหากหนังสือเล่มนี้มีข้อบกพร่องประการใด ผู้เรียบเรียงขอน้อมรับด้วยความเคารพ และพร้อมที่จะนำไปปรับปรุงแก้ไขในครั้งต่อไปให้ดียิ่งขึ้น



นายไชยชาญ หินเกิด

ผู้เรียบเรียง

บทที่ 1 แม่เหล็กไฟฟ้าและการเหนี่ยวนำ.....	1
1.1 แม่เหล็กไฟฟ้า.....	1
1.2 การเหนี่ยวนำ.....	4
1.3 กฎของฟาราเดย์เกี่ยวกับการเหนี่ยวนำ.....	7
1.4 กฎมือขวาของเฟลมมิง.....	9
1.5 กฎของเลนซ์.....	9
1.6 กฎของแมกซ์เวลล์.....	10
1.7 การเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้า.....	11
แบบฝึกหัดบทที่ 1.....	18
 บทที่ 2 โครงสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ.....	 20
2.1 ลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ.....	20
2.2 โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ.....	23
2.3 โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในรถยนต์.....	33
2.4 ตัวกระตุ้น.....	37
2.5 ตัวคั่นกำลังขับ.....	41
แบบฝึกหัดบทที่ 2.....	46
 บทที่ 3 การพันขดลวดอาร์เมเจอร์.....	 48
3.1 การพันขดลวดอาร์เมเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส.....	48
3.2 การพันขดลวดอาร์เมเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส.....	53
3.3 การพันขดลวดอาร์เมเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบเต็มระยะ หรือแบบเต็มพิทช์.....	59
3.4 การพันขดลวดอาร์เมเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบไม่เต็มระยะ หรือแบบพิทช์เศษส่วน.....	61
3.5 ตัวประกอบการพันขดลวดอาร์เมเจอร์.....	62
3.6 การพันขดลวดอาร์เมเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในรถยนต์.....	67
3.7 การต่อขดลวดในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส.....	69
แบบฝึกหัดบทที่ 3.....	70

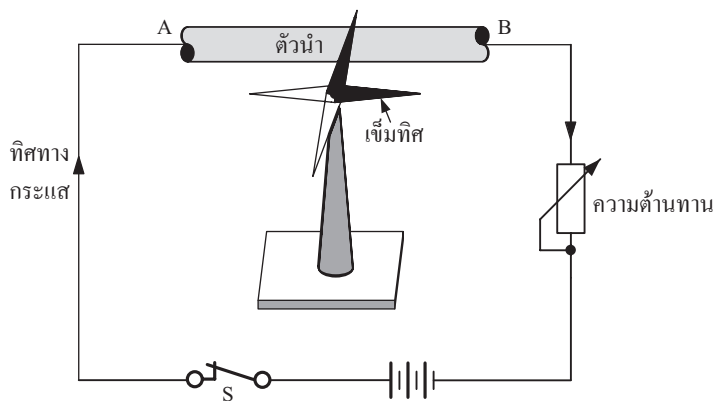
บทที่ 4 หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ	73
4.1 การเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	73
4.2 อนุกรมทางไฟฟ้าและอนุกรมทางกล	77
4.3 ความเร็วรอบ ความถี่ และจำนวนขั้วแม่เหล็ก	80
4.4 สมการแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	83
4.5 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับขณะไม่มีโหลด	91
4.6 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับขณะมีโหลด	92
แบบฝึกหัดบทที่ 4	97
บทที่ 5 การควบคุมแรงดันไฟฟ้าและการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ	99
5.1 การควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วสาย	99
5.2 เพอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า หรือโวลเตจเรกูเลชัน	104
5.3 ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ	107
5.4 การขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ	109
แบบฝึกหัดบทที่ 5	117
บทที่ 6 การบำรุงรักษาและการถอดประกอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ	119
6.1 วิธีบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ	119
6.2 วิธีการบำรุงรักษาเบรกล้าน	122
6.3 วิธีตรวจการเสื่อมสภาพของฉนวนไฟฟ้า	125
6.4 วิธีตรวจสอบวงจรเปิดและวงจรลัดของขดลวดสนามแม่เหล็ก	127
6.5 วิธีการตรวจสอบวงจรเปิดและวงจรลัดของขดลวดอาร์เมเจอร์	128
6.6 การหล่อลื่น	129
6.7 วิธีการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในรถยนต์	131
6.8 การถอดประกอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส	136
6.9 การถอดประกอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในรถยนต์	139
แบบฝึกหัดบทที่ 6	144
บรรณานุกรม	146
ประวัติผู้เขียน	147

แม่เหล็กไฟฟ้า และการเหนี่ยวนำ

1.1 แม่เหล็กไฟฟ้า

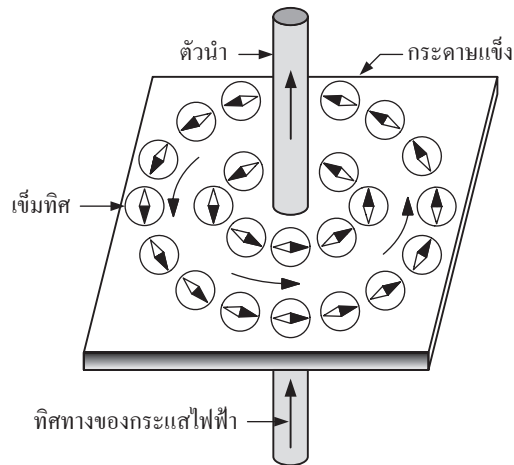
ในปี ค.ศ. 1819 ฮันส์ คริสเตียน เออร์สเตด (Hans christian oersted) นักฟิสิกส์ชาวเดนมาร์ก ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการไหลของกระแสไฟฟ้าและพบว่าเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในตัวนำจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นเสมอ

การทดลองของเออร์สเตดทำโดยการนำเอาลวดตัวนำไฟฟ้า AB ต่อเข้ากับเซลล์ไฟฟ้า โดยให้ลวดตัวนำวางขนานกับเข็มทิศที่อยู่ใต้ตัวนำนั้น ดังแสดงในรูปที่ 1.1 เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำจะทำให้เข็มทิศเกิดการเบี่ยงเบนไปจากแนวขนานเดิม โดยเข็มทิศจะตั้งฉากกับลวดตัวนำ AB แต่เมื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลกลับทาง เข็มทิศจะเกิดการเบี่ยงเบนกลับไปอีกทางหนึ่ง ซึ่งทำมุมกับตำแหน่งเดิม 180 องศา และยังพบอีกว่า ถ้าให้ลวดตัวนำทำมุม 90 องศากับเข็มทิศแล้ว เข็มทิศจะไม่เบี่ยงเบนไปในทิศทางใด ๆ เลย



รูปที่ 1.1 การทดลองของเออร์สเตด

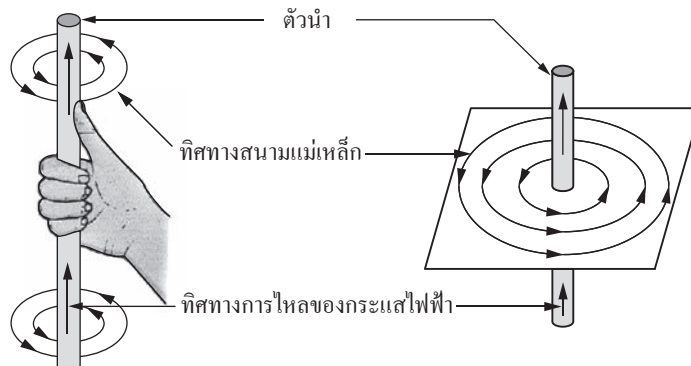
เออร์สเตดยังได้ค้นพบอีกว่า สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเนื่องจากการไหลของกระแสไฟฟ้านั้นประกอบไปด้วยเส้นแรงแม่เหล็กจำนวนหนึ่งจัดเรียงเป็นวงรอบ ๆ ตัวนำที่กระแสไฟฟ้านั้นไหลผ่าน โดยตัวนำจะเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลมเหล่านั้น สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบ ๆ ตัวนำนี้ ถ้ายังอยู่ห่างตัวนำมาก อำนาจแม่เหล็กก็จะยิ่งน้อย การเกิดสนามแม่เหล็กนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1.2



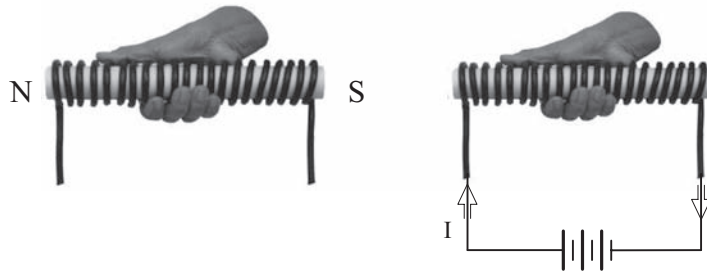
รูปที่ 1.2 การเกิดสนามแม่เหล็กรอบตัวนำ

จากรูปที่ 1.2 เป็นการให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำไฟฟ้าที่อยู่ในแนวตั้งทะลุผ่านกระดาษแข็ง แล้วนำเข็มทิศวางไว้บนกระดาษแข็งตามตำแหน่งต่าง ๆ จะสังเกตเห็นว่า ทิศทางของเข็มทิศจะหันเหเรียงตามกันไปเป็นวงกลมรอบตัวนำ โดยให้สัปดาห์แทนด้วยนิ้วหัวแม่มือและสี่นิ้วแทนด้วยนิ้วชี้ หรืออาจใช้ผงเหล็กโรยรอบ ๆ จะสังเกตเห็นว่าผงเหล็กจะจัดเรียงตัวกันเป็นวงกลม

ความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กรอบ ๆ ตัวนำ กับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในตัวนำสามารถหาได้โดยการใช้กฎมือขวาของเส้นแรงแม่เหล็ก (Right hand rule for magnetic field) คือ ให้ใช้มือขวากำรอบตัวนำไฟฟ้า โดยให้นิ้วหัวแม่มือชี้ตามความยาวของตัวนำ ซึ่งแทนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า และให้นิ้วทั้งสี่ที่เหลือกำรอบตัวนำ ดังแสดงในรูปที่ 1.3 โดยนิ้วทั้งสี่จะแทนทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดรอบ ๆ ตัวนำนั้น

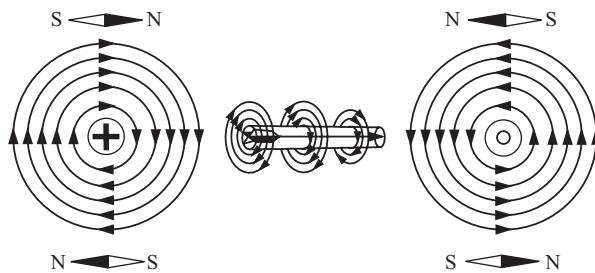


รูปที่ 1.3 กฎมือขวาของสนามแม่เหล็ก

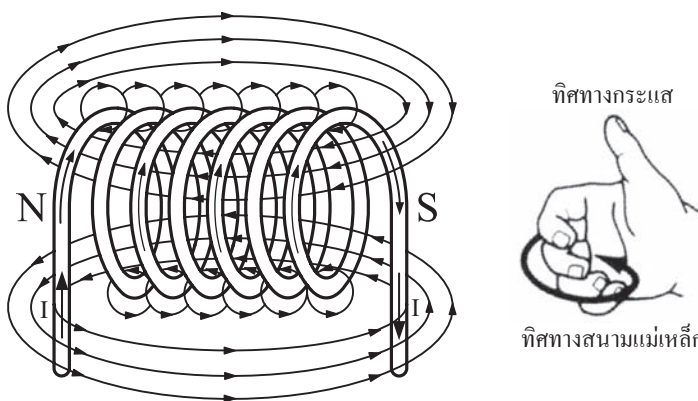


รูปที่ 1.3 กฎมือขวาของสนามแม่เหล็ก (ต่อ)

การแสดงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าไปตามความยาวของตัวนำไฟฟ้าจะใช้ลูกศร โดยกำหนดให้ด้านที่กระแสไฟฟ้าไหลเข้าไปเป็นก้นลูกศร ซึ่งจะแทนด้วยเครื่องหมายกากบาท (+) ส่วนด้านที่กระแสไฟฟ้าไหลออกซึ่งเห็นเป็นหัวลูกศรจะแทนด้วยเครื่องหมายจุด (•) เส้นแรงแม่เหล็กหรือสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขดลวดแสดงได้ดังรูปที่ 1.4 ส่วนรูปที่ 1.5 แสดงสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขดลวด



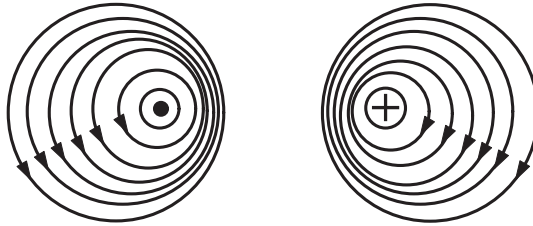
รูปที่ 1.4 ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า และทิศทางของสนามแม่เหล็กรอบตัวนำ



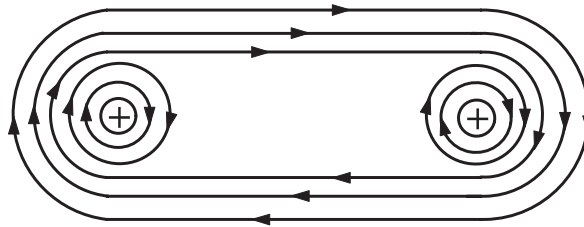
รูปที่ 1.5 สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขดลวด

เมื่อนำตัวนำสองตัวมาวางขนานกัน และมีกระแสไฟฟ้าในตัวนำทั้งสองไหลในทิศทางตรงข้ามกัน ดังแสดงในรูปที่ 1.6 (ก) สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบ ๆ ตัวนำทั้งสองสามารถหาได้จากกฎมือขวา โดยกระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจะแสดงด้วยจุด คือตัวนำด้านซ้ายมือ และตัวนำด้านขวามือที่กระแสไฟฟ้าไหลเข้าแสดงด้วย

เครื่องหมายกากบาท ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบตัวนำทางด้านซ้ายมือจะมีทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ส่วนตัวนำทางด้านขวามือที่กระแสไฟฟ้าไหลเข้า สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะมีทิศทางตามเข็มนาฬิกา จะเห็นได้ว่า สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบตัวนำทั้งสองนั้นมีทิศทางไปในทางเดียวกัน ทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กเหมือนกัน จึงเกิดแรงผลักระหว่างตัวนำทั้งสองที่วางขนานกัน



(ก) ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในทิศทางตรงข้ามกันในตัวนำที่วางขนานกัน



(ข) ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในทิศทางเดียวกันในตัวนำที่วางขนานกัน

รูปที่ 1.6 การเกิดสนามแม่เหล็กที่ตัวนำสองตัววางขนานกัน

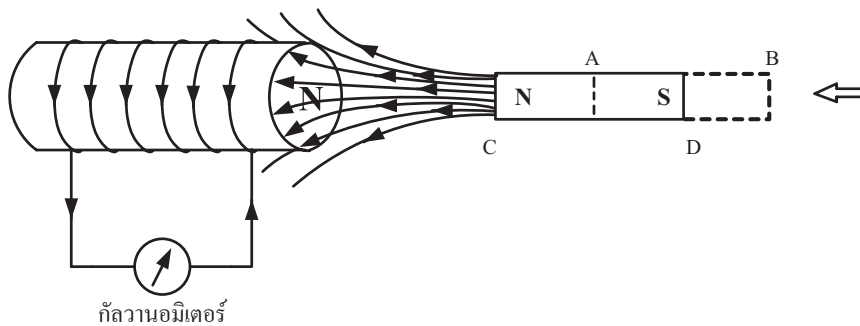
ถ้าตัวนำทั้งสองที่วางขนานกันนั้นมีกระแสไฟฟ้าไหลไปในทิศทางเดียวกัน โดยสมมติให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าดังแสดงในรูปที่ 1.6 (ข) ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบ ๆ ตัวนำทางด้านซ้ายมือจะมีทิศทางตามเข็มนาฬิกา และสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบ ๆ ตัวนำทางด้านขวามือก็จะมีทิศทางตามเข็มนาฬิกา ด้วยเช่นกัน ทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่ต่างกัน เป็นเหตุให้เกิดแรงดูดกันขึ้น ตัวนำทั้งสองจึงถูกดึงเข้ามาใกล้กัน

1.2 การเหนี่ยวนำ

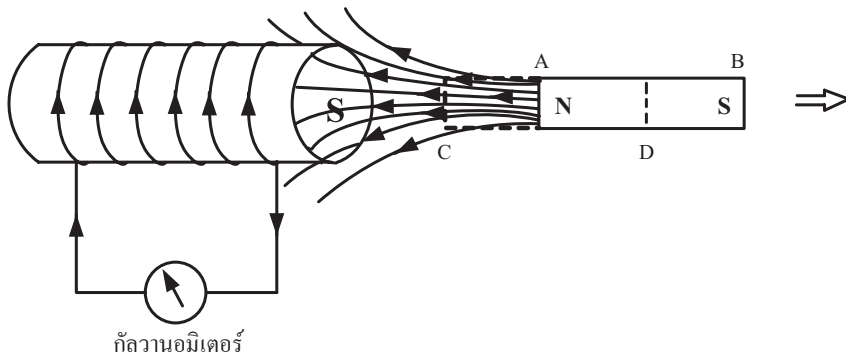
นับตั้งแต่ที่เออร์สเตดได้พบว่า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในตัวนำจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ตัวนำนั้น ต่อมาได้มีนักวิทยาศาสตร์หลายคนเริ่มทำการค้นคว้าเพื่อให้ได้หลักการและปรากฏการณ์ที่ตรงข้ามกันกับเออร์สเตด จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1821 นักวิทยาศาสตร์ คือ ไมเคิล ฟาราเดย์ (Michael faraday) ซึ่งเป็นนักฟิสิกส์และเคมีชาวอังกฤษ ได้ทำการทดลองและค้นพบปรากฏการณ์ของแม่เหล็กไฟฟ้า และตั้งกฎเกณฑ์เกี่ยวกับไฟฟ้าและแม่เหล็ก ตลอดจนไฟฟ้าสถิตไว้หลายอย่าง โดยการเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดตัวนำสามารถทดลองได้ดังนี้

1.2.1 การเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดกับตัวนำ

เมื่อนำขดลวดตัวนำพันไว้บนแกนทรงกระบอก โดยให้ปลายทั้งสองของขดลวดต่อเข้ากับมิลลิโวลต์มิเตอร์ หรือกัลวานอมิเตอร์ชนิดที่ตำแหน่งศูนย์อยู่กึ่งกลาง และนำไปวางไว้ที่ด้านหน้าของแท่งแม่เหล็กถาวรในตำแหน่ง AB ตามเส้นประ ดังแสดงในรูปที่ 1.7 (ก) จะเห็นว่ามีสนามแม่เหล็กบางส่วนส่งไปยังขดลวด ขณะนี้เข็มของกัลวานอมิเตอร์จะยังไม่เกิดการเบี่ยงเบนแต่อย่างใด แต่ถ้าเราผลักแท่งแม่เหล็กถาวรนั้นเข้าไปหาขดลวด คือ เคลื่อนที่จากตำแหน่ง AB ไปตำแหน่ง CD ในขณะที่เราผลักแท่งแม่เหล็กเข้าไปหาขดลวดนั้น จะทำให้เข็มของกัลวานอมิเตอร์เกิดการเบี่ยงเบนไปในทิศทางหนึ่ง หลังจากนั้นเข็มของกัลวานอมิเตอร์จะกลับไปยังตำแหน่งศูนย์ดังเดิม ในขณะที่แท่งแม่เหล็กวางอยู่เฉย ๆ ที่ตำแหน่ง CD



(ก) เมื่อแท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่เข้าหาขดลวดตัวนำ



(ข) เมื่อแท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่ออกจากขดลวดตัวนำ

รูปที่ 1.7 การเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นเมื่อสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ผ่านขดลวดตัวนำ

การทดลองในครั้งต่อไป ถ้าดึงแม่เหล็กกลับจากตำแหน่ง CD มาอยู่ที่ตำแหน่ง AB ที่เดิม ดังแสดงในรูปที่ 1.7 (ข) จะสังเกตเห็นว่า เข็มของกัลวานอมิเตอร์จะเกิดการเบี่ยงเบนอีกครั้งหนึ่ง แต่มีทิศทางตรงกันข้ามกับครั้งแรก และเมื่อหยุดการเคลื่อนที่ของแท่งแม่เหล็กไว้ที่ตำแหน่ง AB เข็มของกัลวานอมิเตอร์ก็จะกลับไปที่ตำแหน่งศูนย์เช่นเดิม

จากการทดลองทั้งสองครั้งจะเห็นได้ว่าการเบี่ยงเบนของเข็มกัลวานอมิเตอร์แสดงถึงการเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวดตัวนำ และการเหนี่ยวนำนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กเท่านั้น ถึงแม้ว่าแท่งแม่เหล็กถาวรนั้นจะมีความเข้มของสนามแม่เหล็กเท่าไรก็ตาม ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก ก็จะไม่ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าขึ้นในขดลวดนั้น แต่ถ้าเพิ่มจำนวนรอบของขดลวดให้มากขึ้น เข็มของกัลวานอมิเตอร์จะเกิดการเบี่ยงเบนมากขึ้น แสดงว่าเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำมากขึ้น และถ้าเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ของแท่งแม่เหล็ก หรือเพิ่มขนาดแท่งแม่เหล็กให้ใหญ่ขึ้น ก็จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำมากขึ้นด้วยเช่นกัน

การเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าในกรณีนี้จึงสามารถสรุปได้ดังนี้

1. แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนรอบขดลวด
2. แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับจำนวนสนามแม่เหล็ก หรือความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก
3. แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับความเร็วในการเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กที่ตัดกับตัวนำ

1.2.2 การเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เมื่อตัวนำเคลื่อนที่ตัดกับสนามแม่เหล็ก

การทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวดตัวนำสามารถทำได้อีกวิธีหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 1.8 โดยการใช้ลวดตัวนำเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็ก คือ นำตัวนำ AB ต่อเข้ากับกัลวานอมิเตอร์ และวางไว้ในสนามแม่เหล็ก จากนั้นเคลื่อนที่ลวดตัวนำขึ้นทางด้านบน ในขณะที่กำลังเคลื่อนที่ตัวนำอยู่นั้น จะสังเกตเห็นว่าเข็มของกัลวานอมิเตอร์จะเกิดการเบี่ยงเบนไปในทิศทางหนึ่ง แสดงว่ามีการเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าขึ้นในลวดตัวนำ และมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านกัลวานอมิเตอร์ แต่ถ้าเราหยุดการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ เข็มของกัลวานอมิเตอร์จะกลับไปชี้ที่ตำแหน่งศูนย์ตามเดิม แสดงว่าการเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้านั้นสิ้นสุดลง จากนั้นลองเคลื่อนที่ลวดตัวนำผ่านสนามแม่เหล็กทางด้านล่างบ้าง จะสังเกตเห็นว่าเข็มของกัลวานอมิเตอร์จะเกิดการเบี่ยงเบนอีกครั้งหนึ่ง แต่มีทิศทางตรงกันข้ามกับครั้งแรก แสดงว่าเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นใหม่อีก แต่มีทิศทางตรงกันข้าม และถ้าเคลื่อนที่ลวดตัวนำให้เร็วขึ้นกว่าเดิมก็จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเพิ่มมากขึ้น หรือถ้าลองเปลี่ยนแท่งแม่เหล็กให้มีความเข้มของสนามแม่เหล็กมากขึ้น แล้วเคลื่อนที่ตัวนำด้วยความเร็วเท่าเดิม ก็จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเพิ่มมากขึ้นด้วย และถ้าสามารถเพิ่มความยาวของตัวนำในส่วนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็กให้ยาวขึ้น ก็จะมีผลทำให้แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำนี้นี้มีค่าสูงขึ้นด้วยเช่นกัน แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะไม่เกิดขึ้นเมื่อการเคลื่อนที่ของตัวนำเป็นแบบขนานไปกับสนามแม่เหล็ก