

วงจรไฟฟ้า

กระแสตรงและกระแสสลับ

DC and AC Electrical Circuits



พิชญศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยี

ชื่อหนังสือ :

วงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ
(DC and AC Electrical Circuits)

เรียบเรียงโดย : ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญเรือง วังศิลาบัตร

เลขมาตรฐานสากลประจำหนังสือ ISBN: 9 789747 531589

พิมพ์ครั้งที่ 1

มกราคม พ.ศ. 2555

จำนวนที่พิมพ์ 200 เล่ม

จำนวนหน้า 350 หน้า

ราคาเล่มละ 280 บาท

เจ้าของลิขสิทธิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญเรือง วังศิลาบัตร

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติการพิมพ์ พ.ศ. 2537

ห้ามทำการลอกเลียนหรือทำซ้ำไม่ว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้
นอกจากได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์เท่านั้น

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

บุญเรือง วังศิลาบัตร

วงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ – กรุงเทพฯ : ธนภัทร(2006) พิมพ์, 2555

จำนวน 350 หน้า

1. วงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ 1. ชื่อเรื่อง

ISBN: 9 789747 531589

พิมพ์ที่: บริษัทธนภัทร(2006) พิมพ์ จำกัด เลขที่ 37/1 หมู่ 14 ตำบลบางแม่นาง อำเภอบางใหญ่
จังหวัดนนทบุรี 11140 โทร 0-2833-1452-3 โทรสาร 0-2833-1081

คำนำ

ในปัจจุบันพลังงานไฟฟ้ามีบทบาทอย่างมากต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่สามารถแปลงผันไปเป็นพลังงานในรูปแบบอื่น ๆ ได้โดยง่าย เช่น แปลงผันไปเป็นพลังงานแสงสว่าง , แปลงผันไปเป็นพลังงานความร้อน , แปลงผันไปเป็นพลังงานกลให้เครื่องจักรกลสามารถทำงานได้โดยใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งการแปลงผันพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานในรูปแบบอื่น ๆ นั้น ทำให้มนุษย์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์ได้อย่างมากมาย ดังเช่นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เห็นอยู่ภายในที่พักอาศัยโดยทั่วไป อย่างไรก็ตามแล้วแต่ถึงแม้ว่าพลังงานไฟฟ้าจะมีประโยชน์อย่างมาก แต่ก็อาจจะทำอันตรายต่อทรัพย์สินและอาจถึงแก่ชีวิตของมนุษย์ได้เช่นเดียวกัน ถ้าใช้งานพลังงานไฟฟ้าอย่างไม่ถูกวิธี

พลังงานไฟฟ้ามีด้วยกันอยู่สองแบบคือไฟฟ้าสถิตที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้งานกับมนุษย์ได้น้อย และไฟฟ้ากระแส ซึ่งสามารถไหลผ่านตัวนำไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าให้สามารถทำงานได้ โดยที่ไฟฟ้ากระแสวิ่งแบ่งออกเป็นสองลักษณะอีกด้วย คือไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งไฟฟ้ากระแสทั้งสองลักษณะจะมีคุณสมบัติและมีวิธีการคำนวณในวงจรเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นผู้ที่จะนำไฟฟ้ากระแสทั้งสองลักษณะไปใช้งานจะต้องทำการศึกษาถึงคุณสมบัติและผลตอบสนองต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นภายในวงจรไฟฟ้านั้น ๆ ให้เข้าใจเป็นอย่างดี และจะต้องศึกษาถึงวิธีการคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในวงจรของไฟฟ้ากระแสทั้งสองลักษณะนั้น ทั้งนี้ก็เพื่อความปลอดภัยต่อทรัพย์สินและชีวิตของมนุษย์นั่นเอง

หนังสือเล่มนี้ถูกจัดทำขึ้นจากเอกสารประกอบการสอน ที่ผู้เขียนใช้ทำการสอนในวิชาวงจรไฟฟ้าและอุปกรณ์ในระดับปริญญาตรีมาไม่ต่ำกว่า 4 ปี โดยรวบรวมมาจากตำราต่างประเทศและภายในประเทศ พร้อมทั้งเพิ่มเติมเนื้อหา และปรับปรุงแก้ไขให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น โดยแบ่งออกเป็น 12 บท โดยตั้งแต่บทที่ 1 จนถึงบทที่ 7 จะกล่าวถึงวงจรไฟฟ้ากระแสตรง และการคำนวณปริมาณไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในวงจรด้วยวิธีต่าง ๆ จากบทที่ 8 จนถึงบทที่ 12 จะกล่าวถึงวงจรไฟฟ้ากระแสสลับและการคำนวณปริมาณไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในวงจรทั้งไฟฟ้ากระแสสลับระบบเฟสเดียวและไฟฟ้ากระแสสลับระบบสามเฟส

สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าต่าง ๆ ที่ใช้ภายในหนังสือเล่มนี้จะเป็นแบบมาตรฐานที่ใช้กันโดยทั่วไป จะแตกต่างกันที่การเขียนทิศทางของแรงดันไฟฟ้าทั้งที่แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าและที่ตก

เครื่องมือหรือโหลดต่าง ๆ ภายในวงจร ซึ่งในหนังสือเล่มนี้จะใช้ระบบการเขียนทิศทางของแรงดันไฟฟ้าแบบที่กำหนดโดยผู้ใช้ (Consumer Counting System , CCS) ซึ่งได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ซึ่งผู้เขียนได้รับการถ่ายทอดมาตั้งแต่ในสมัยที่ผู้เขียนกำลังศึกษาอยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ ในระดับปริญญาตรี และผู้เขียนคิดว่าเป็นระบบการเขียนทิศทางแรงดันไฟฟ้าที่ทำให้ผู้ที่กำลังศึกษาเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าสามารถเข้าใจและลดความผิดพลาดจากการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าปริมาณต่าง ๆ ทางไฟฟ้าได้เป็นอย่างมาก ผู้เขียนจึงนำมาถ่ายทอดต่อให้กับท่านผู้อ่านหนังสือเล่มนี้อีกต่อหนึ่งด้วย

หนังสือเล่มนี้เหมาะสมสำหรับ นักเรียน นักศึกษา และบุคคลทั่วไป ที่มีความสนใจเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าและการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าปริมาณต่าง ๆ ทางไฟฟ้า ทั้งในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งผู้เขียนหวังใจไว้ว่า หนังสือเล่มนี้คงจะมีประโยชน์สำหรับท่านผู้ที่ได้อ่านไม่มากนักน้อย

สุดท้ายนี้ ถึงแม้หนังสือเล่มนี้จะถูกเรียบเรียงขึ้นจากเอกสารประกอบการสอนในวิชาวงจรไฟฟ้าและอุปกรณ์ของผู้เขียนที่นำมาใช้ในการสอนจริงมาเป็นเวลานานมากกว่า 4 ปี แต่ก็อาจมีความผิดพลาดและความบกพร่องเกิดขึ้นได้ ซึ่งผู้เขียนต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย พร้อมทั้งยินดีน้อมรับคำติและคำชม เพื่อที่จะนำไปใช้ในการปรับปรุงแก้ไขในการพิมพ์ครั้งต่อไป

ผศ.บุญเรือง วังศิลาบัตร

มกราคม 2555

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 ปริมาณไฟฟ้าและกฎของโอห์ม	
1.1 บทนำ	1
1.2 ปริมาณและหน่วยวัดทางไฟฟ้า	1
1.3 วงจรไฟฟ้า	4
1.4 ตัวต้านทานไฟฟ้า	5
1.4.1 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม	5
1.4.2 การต่อตัวต้านทานแบบขนาน	7
1.4.2 การต่อตัวต้านทานแบบผสม	10
1.5 การแปลงค่าความต้านทานที่ต่อแบบเดลต้า (Δ) และ สตาร์ (Y)	15
1.6 กฎของโอห์ม	20
1.7 คุณสมบัติของวงจรอนุกรม	22
1.8 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า	24
1.9 คุณสมบัติของวงจรขนาน	26
1.10 วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า	27
1.11 วงจรวิศต โคนบริดจ์	29
แบบฝึกหัดท้ายบท	31
บทที่ 2 กฎของเคอร์ชอฟฟ์	
2.1 บทนำ	33
2.2 กฎของเคอร์ชอฟฟ์	33
2.3 หลักการและวิธีการนำกฎของเคอร์ชอฟฟ์มาใช้ในการแก้ปัญหาในวงจรไฟฟ้า	41
2.4 เมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนท์	49
แบบฝึกหัดท้ายบท	54
บทที่ 3 เมชเคอร์เรนท์หรือลูปเคอร์เรนท์	
3.1 บทนำ	57
3.2 หลักการและวิธีการแก้ปัญหาทางไฟฟ้าโดยใช้เมชเคอร์เรนท์หรือลูปเคอร์เรนท์	57

3.3 การกำหนดจำนวนวงรอบของกระแสและเขียนลงในเมตริกซ์อย่างรวดเร็ว	61
3.4 เทคนิคในการกำหนดวงรอบกระแส	65
แบบฝึกหัดท้ายบท	69
บทที่ 4 โนดโวลต์เตจ	
4.1 บทนำ	73
4.2 ขั้นตอนการเขียนสมการของโนดโวลต์เตจ	74
4.3 การใช้โนดโวลต์เตจในการแก้ปัญหาทางไฟฟ้า	74
แบบฝึกหัดท้ายบท	84
บทที่ 5 ทฤษฎีการวางซ้อน	
5.1 บทนำ	87
5.2 หลักการและวิธีการใช้ทฤษฎีการวางซ้อนแก้ปัญหาทางไฟฟ้า	87
แบบฝึกหัดท้ายบท	94
บทที่ 6 ทฤษฎีของเทวินินและนอร์ตัน	
6.1 บทนำ	97
6.2 ทฤษฎีของเทวินิน	97
6.3 ทฤษฎีของนอร์ตัน	105
แบบฝึกหัดท้ายบท	114
บทที่ 7 วิธีการของมิลแมน	
7.1 บทนำ	117
7.2 การนำวิธีการของมิลแมนมาใช้ในการแก้ปัญหาทางไฟฟ้า	121
แบบฝึกหัดท้ายบท	135
บทที่ 8 ไฟฟ้ากระแสสลับ	
8.1 บทนำ	137
8.2 ลักษณะของไฟฟ้ากระแสสลับ	137
8.3 การเหนี่ยวนำไฟฟ้า	141
8.4 การกำเนิดแรงดันไฟฟ้าสลับรูปคลื่นไซน์	144
8.5 ความเร็วเชิงมุม	150
8.6 สมการชั่วขณะกับตำแหน่งเริ่มต้นของรูปคลื่น	153

8.7 ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแรงดันและกระแสไฟฟ้าสลับ	156
8.7.1 คาบเวลา	156
8.7.2 ความถี่	157
8.7.3 ค่าเฉลี่ยของรูปคลื่น	158
8.7.4 ค่าประสิทธิผลของรูปคลื่น	162
8.7.5 เฟสระหว่างรูปคลื่น	171
8.8 ภาระหรือโหลดในวงจรไฟสลับ	172
8.9 ความต้านทานไฟฟ้าและความนำกระแสไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าสลับ	176
8.9.1 ความต้านทานกระแสไฟฟ้า	176
8.9.2 ความนำกระแสไฟฟ้า	176
8.9.3 ความต้านทานแฝง	176
8.9.4 ความนำไฟฟ้าแฝง	177
8.9.5 ค่าความต้านทานรวมในวงจรไฟสลับ	177
8.9.6 ค่าความนำกระแสรวมในวงจรไฟฟ้าสลับ	178
8.10 จำนวนเชิงซ้อน	178
8.10.1 คอนจูเกตจำนวนเชิงซ้อน	180
8.10.2 การบวกและการลบจำนวนเชิงซ้อน	181
8.10.3 การคูณและการหารจำนวนเชิงซ้อน	182
8.11 ไฟฟ้าสลับรูปคลื่นไซน์กับจำนวนเชิงซ้อน	184
8.12 เฟสเซอร์ไดอะแกรมและอิมพีแดนซ์ไดอะแกรม	185
8.13 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของภาระแบบต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้าสลับ	187
8.13.1 ตัวต้านทานบริสุทธิ์	187
8.13.2 ตัวเหนี่ยวนำบริสุทธิ์	188
8.13.3 ตัวเก็บประจุไฟฟ้าบริสุทธิ์	189
แบบฝึกหัดท้ายบท	191

บทที่ 9 การต่อภาระในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

9.1 บทนำ	195
9.2 การต่อภาระแบบอนุกรมในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	195

9.2.1 วงจรการต่อ R-L อนุกรม	195
9.2.2 วงจรการต่อ R-C อนุกรม	202
9.2.3 วงจรการต่อ R-L-C อนุกรม	207
9.3 การต่อภาระแบบขนานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	214
9.3.1 วงจรการต่อ R-L ขนาน	214
9.3.2 วงจรการต่อ R-C ขนาน	218
9.3.3 วงจรการต่อ R-L-C ขนาน	222
9.4 การต่อภาระแบบผสม ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	227
9.4.1 การต่อวงจรผสมแบบต่อขนานก่อนอนุกรมในวงจรไฟฟ้าสลับ	233
9.4.2 การต่อวงจรผสมแบบต่ออนุกรมก่อนขนานในวงจรไฟฟ้าสลับ	236
แบบฝึกหัดท้ายบท	240

บทที่ 10 วงจรรีโซแนนซ์

10.1 บทนำ	245
10.2 วงจรรีโซแนนซ์แบบอนุกรม	245
10.3 วงจรรีโซแนนซ์แบบขนาน	258
แบบฝึกหัดท้ายบท	276

บทที่ 11 กำลังไฟฟ้าในระบบไฟสลับ

11.1 บทนำ	279
11.2 กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าสลับกับภาระแบบต่าง ๆ	280
11.3 ลักษณะของกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าสลับ	286
11.3.1 กำลังไฟฟ้าปรากฏ	287
11.3.2 กำลังไฟฟ้าจริง	287
11.3.3 กำลังไฟฟ้าแฝงหรือกำลังไฟฟารีแอกทีฟ	287
11.4 กำลังไฟฟ้าเชิงซ้อน	289
11.5 การแก้พาวเวอร์แฟคเตอร์	294
แบบฝึกหัดท้ายบท	302

บทที่ 12 ระบบไฟฟ้าสามเฟส

12.1 บทนำ	305
-----------	-----

12.2 การกำเนิดแรงดัน ไฟสถั้ระบบสามเฟส	305
12.3 ลำดับเฟส	308
12.4 การต่อวงจรในระบบไฟฟ้าสามเฟส	311
12.4.1 การต่อขดลวดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสามเฟสแบบสตาร์หรือวาย	313
(ก) เมื่อต่อเข้ากับภาระแบบสมดุล	319
(ข) เมื่อต่อเข้ากับภาระแบบไม่สมดุล	324
12.4.2 การต่อขดลวดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสามเฟสแบบเดลต้า	327
(ก) เมื่อต่อเข้ากับภาระแบบสมดุล	330
(ข) เมื่อต่อเข้ากับภาระแบบไม่สมดุล	333
แบบฝึกหัดท้ายบท	336

บรรณานุกรม