



การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า 1

Electric Circuit Analysis I

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยรินทร์ อัครวิโรดม
 ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือวัดและอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สารบัญ

เกี่ยวกับผู้เขียน.....	VI
คำนำ.....	VII
กิตติกรรมประกาศ.....	IX

ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

บทที่ 1 คำจำกัดความและอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง.....	1
1.1 บทนำ.....	1
1.2 วิธีคำนวณการไฟฟ้า.....	2
1.2.1 เริ่มต้นจากความรู้.....	2
1.2.2 ผ่านกระบวนการการเรียนรู้.....	3
1.2.3 กลายเป็นองค์ความรู้.....	7
1.2.4 จนนำมาสร้างเป็นนวัตกรรมได้.....	12
1.3 หน่วยวัดทางไฟฟ้า.....	20
1.4 ปริมาณทางไฟฟ้า.....	20
1.4.1 ประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า.....	20
1.4.2 แรงดันไฟฟ้า.....	25
1.4.3 กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า.....	26
1.5 อุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้า.....	29
1.5.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้า.....	29
1.5.2 ตัวต้านทานไฟฟ้า.....	31
1.6 สรุป.....	33
แบบฝึกหัดท้ายบท.....	34

บทที่ 2 กฎพื้นฐานทางไฟฟ้า..... 37

2.1 บทนำ.....	37
2.2 กฎของโอห์ม.....	37
2.3 กฎของเคอร์ชอฟฟ์.....	40
2.3.1 กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์.....	40

2.3.2	กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์	41
2.4	การรวมอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน	43
2.4.1	การรวมตัวต้านทานไฟฟ้า	43
2.4.2	การรวมแหล่งจ่ายไฟฟ้าอิสระ	45
2.5	ความสัมพันธ์ของตัวต้านทานไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับแบบวายและเดลตา	48
2.6	วงจรความต้านทานไฟฟ้าอย่างง่าย	51
2.6.1	วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า	51
2.6.2	วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า	52
2.7	สรุป	54
	แบบฝึกหัดท้ายบท	55
บทที่ 3 วิธีการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าแบบเชิงเส้น		59
3.1	บทนำ	59
3.2	คุณสมบัติความเป็นเชิงเส้น	60
3.3	การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าแบบโนด	61
3.3.1	การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าแบบโนดธรรมดา	61
3.3.2	การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าแบบโนดพิเศษ	68
3.4	การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าแบบเมช	75
3.4.1	การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าแบบเมชธรรมดา	77
3.4.2	การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าแบบเมชพิเศษ	83
3.5	แนวทางทางเลือกให้วิธีการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าแบบโนดและแบบเมช	90
3.6	สรุป	90
	แบบฝึกหัดท้ายบท	91
บทที่ 4 เทคนิคการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าแบบอื่น ๆ		97
4.1	บทนำ	97
4.2	วิธีการจัดอันดับ	97
4.3	วิธีการแปลงแหล่งจ่ายไฟฟ้า	102
4.3.1	แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า	104
4.3.2	แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า	105
4.4	วงจรไฟฟ้าสมมูลของเทวินิน	107

4.4.1 การหาความถี่ของแรงดันไฟฟ้าเทวินิน	109
4.4.2 การหาค่าความต้านทานไฟฟ้าเทวินิน	109
4.5 วงจรไฟฟ้าสมมูลของนอร์ตัน	116
4.5.1 การหาค่าแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าของนอร์ตัน	116
4.5.2 การหาค่าความต้านทานไฟฟ้านอร์ตัน	117
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างวงจรไฟฟ้าสมมูลของเทวินินและวงจรไฟฟ้าสมมูลของนอร์ตัน	123
4.7 การส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด	123
4.8 สรุป	128
แบบฝึกหัดท้ายบท	129
บทที่ 5 ออปแอมป์	133
5.1 บทนำ	133
5.2 ออปแอมป์	134
5.2.1 ออปแอมป์แบบอุดมคติ	135
5.2.2 การวิเคราะห์ห้วงจรออปแอมป์	136
5.3 วงจรขยายที่ใช้ออปแอมป์	136
5.3.1 วงจรขยายสัญญาณแบบกลับขั้ว	137
5.3.2 วงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับขั้ว	138
5.3.3 วงจรขยายสัญญาณผลบวก	142
5.3.4 วงจรขยายสัญญาณผลต่าง	144
5.3.5 วงจรขยายสัญญาณสำหรับเครื่องมีอวัต	147
5.4 วงจรออปแอมป์ที่ต่อเรียงกัน	149
5.5 สรุป	151
แบบฝึกหัดท้ายบท	152
ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ห้วงจรไฟฟ้ากระแสตรงในสภาวะชั่วขณะ	
บทที่ 6 ตัวเก็บสะสมพลังงานไฟฟ้า	157
6.1 บทนำ	157
6.2 ตัวเก็บประจุไฟฟ้า	158
6.2.1 ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า	159
6.2.2 พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุไฟฟ้า	164

6.2.3 การรวมตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน	166
6.3 ตัวเหนี่ยวนำไฟฟ้า	168
6.3.1 ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า	169
6.3.2 พลังงานสะสมในตัวเหนี่ยวนำไฟฟ้า	173
6.3.3 การรวมตัวเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน	174
6.4 วงจรลอปแอมป์ร่วมกับตัวเก็บสะสมพลังงานไฟฟ้า	177
6.5 สรุป	182
แบบฝึกหัดท้ายบท	183

บทที่ 7 วงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่ง 187

7.1 บทนำ	187
7.2 วงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่งกรณีไม่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้า	188
7.2.1 วงจรไฟฟ้าแบบ AC	188
7.2.2 วงจรไฟฟ้าแบบ RC	200
7.3 ฟังก์ชันสวิตชิง	213
7.3.1 ฟังก์ชันขึ้นบันไดหนึ่งหน่วย	213
7.3.2 ฟังก์ชันแรงคสหนึ่งหน่วย	215
7.4 วงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่งกรณีมีแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบขึ้นบันได	216
7.4.1 วงจรไฟฟ้าแบบ RC	216
7.4.2 วงจรไฟฟ้าแบบ RL	222
7.5 สรุป	234
แบบฝึกหัดท้ายบท	236

บทที่ 8 วงจรไฟฟ้าอันดับสอง 241

8.1 บทนำ	241
8.2 วงจรไฟฟ้าอันดับสองกรณีไม่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้า	243
8.2.1 วงจรไฟฟ้าแบบ RLC อนุกรม	243
8.2.2 วงจรไฟฟ้าแบบ RLC ขนาน	263
8.3 วงจรไฟฟ้าอันดับสองกรณีมีแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบขึ้นบันได	279
8.3.1 วงจรไฟฟ้าแบบ RLC อนุกรม	279
8.3.2 วงจรไฟฟ้าแบบ RLC ขนาน	287

8.4 สรุป	295
แบบฝึกหัดท้ายบท	296

ส่วนที่ 3 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับในสภาวะคงตัว

บทที่ 9 คำจำกัดความและอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 301

9.1 บทนำ	301
9.2 คุณสมบัติของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบไซนูซอยดอล	302
9.3 วิธีการเฟสเซอร์	306
9.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของ R , L และ C	309
9.3.2 อิมพีแดนซ์และแอดมิตแตนซ์	313
9.4 กฎของเคอร์ชอฟฟ์ในโดเมนเฟสเซอร์	315
9.4.1 กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ในโดเมนเฟสเซอร์	315
9.4.2 กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ในโดเมนเฟสเซอร์	316
9.5 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับในสภาวะคงตัวในโดเมนเฟสเซอร์	317
9.6 แผนภาพเฟสเซอร์	326
9.7 สรุป	331
แบบฝึกหัดท้ายบท	333

บทที่ 10 กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 337

10.1 บทนำ	337
10.2 กำลังไฟฟ้าชั่วขณะและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย	337
10.3 การส่งผ่านกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุด	346
10.4 ค่าประสิทธิภาพหรือค่าอาร์เอ็มเอส	352
10.4.1 กระแสไฟฟ้า	352
10.4.2 แรงดันไฟฟ้า	353
10.5 กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏและค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	356
10.6 กำลังไฟฟ้าเชิงซ้อน	360
10.7 การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	364
10.8 สรุป	369
แบบฝึกหัดท้ายบท	370

บทที่ 11 วงจรไฟฟ้า 3 เฟส	373
11.1 บทนำ.....	373
11.2 ระบบไฟฟ้า 1 เฟส 3 สาย.....	374
11.3 ระบบไฟฟ้า 3 เฟสสมดุล.....	382
11.3.1 แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 3 เฟสสมดุล.....	382
11.3.2 การะทางไฟฟ้า 3 เฟสสมดุล.....	385
11.3.3 การเชื่อมต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากับการะทางไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า 3 เฟสสมดุล.....	386
11.3.4 กำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า 3 เฟสสมดุล.....	407
11.4 ระบบไฟฟ้า 3 เฟสไม่สมดุล.....	418
11.5 สรุป.....	422
แบบฝึกหัดท้ายบท.....	426
บรรณานุกรม	429
ดัชนี (ภาษาไทย)	431
ดัชนี (ภาษาอังกฤษ)	441
Picture credits	449