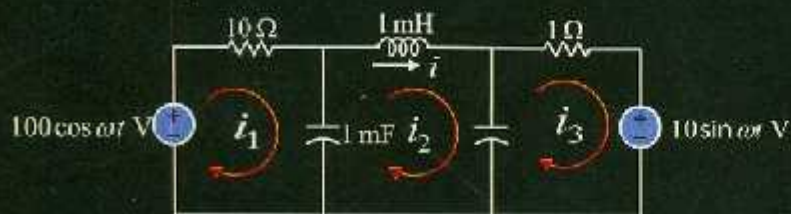
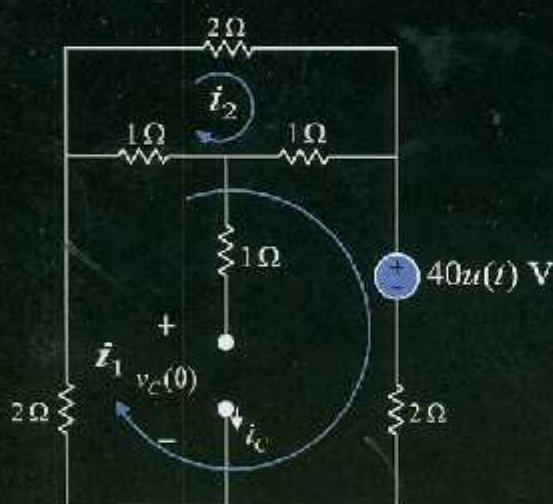
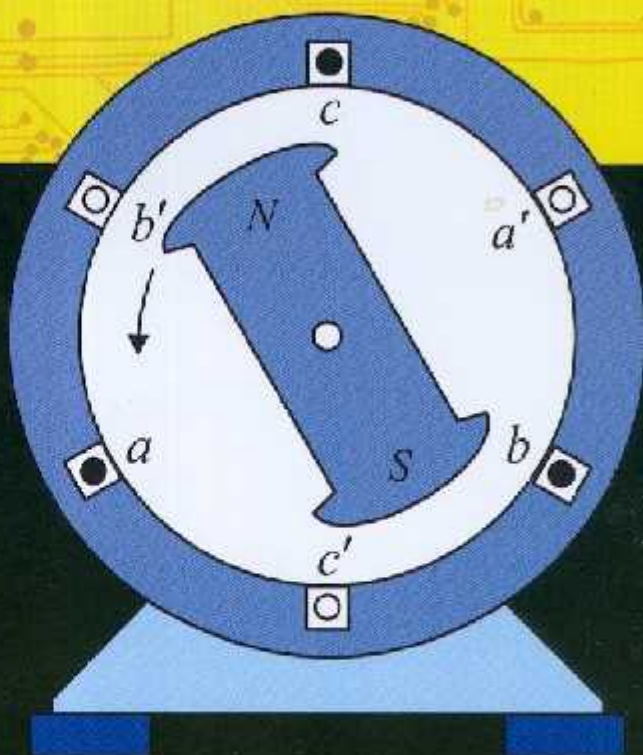




สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า

## ภาค 2 : วงจรกระแสสลับ



ชุมพล อंतरเสน  
ชัยชนา ตั้งวงศ์ศานต์  
อาภรณ์ อีรมงคลรัมย์  
หัสศุณ บริพนธ์มงคล  
สุขุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร

ลัญฉกร วุฒิสัทติกุลกิจ  
มานะ ศรียุทธศักดิ์  
สุรพงศ์ สุวรรณกวิน  
ชาญชัย ปลื้มปิติวิริยะเวช  
เทียนชัย ประดิศถายน

# สารบัญ

หน้า

คำนำ

บทที่ 6	ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ.....	1
6.1	บทนำ .....	2
6.2	ตัวเก็บประจุ.....	3
6.2.1	สัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวเก็บประจุ.....	4
6.2.2	พลังงานที่สะสมในตัวเก็บประจุ.....	6
6.3	การต่อตัวเก็บประจุอย่างอนุกรมและขนาน .....	7
6.3.1	การต่อตัวเก็บประจุอย่างอนุกรม .....	7
6.3.2	การต่อตัวเก็บประจุอย่างขนาน.....	9
6.4	ตัวเหนี่ยวนำ.....	11
6.4.1	สัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวเหนี่ยวนำ.....	12
6.4.2	พลังงานที่สะสมในตัวเหนี่ยวนำ.....	14
6.5	การต่อตัวเหนี่ยวนำอย่างอนุกรมและขนาน .....	15
6.5.1	การต่อตัวเหนี่ยวนำอย่างอนุกรม.....	16
6.5.2	การต่อตัวเหนี่ยวนำอย่างขนาน.....	17
6.6	วงจรไฟฟ้าในสถานะกึ่งตัวนำเมื่อใช้ไฟฟ้ากระแสตรง.....	20
	แบบฝึกหัดท้ายบท.....	22
บทที่ 7	วงจร RC และ RL กรณีไม่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าอิสระ.....	35
7.1	บทนำ.....	36
7.2	การวิเคราะห์วงจร RC กรณีไม่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าอิสระ.....	37
7.2.1	การวิเคราะห์วงจร RC อย่างง่าย.....	37
7.2.2	เทคนิคการวิเคราะห์วงจร RC กรณีทั่วไป.....	44



## 2 ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า ภาค 2

7.3 การวิเคราะห์ห้วงจร $RL$ กรณีไม่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าอิสระ.....	53
7.3.1 การวิเคราะห์ห้วงจร $RL$ อย่างง่าย .....	53
7.3.2 เทคนิคการวิเคราะห์ห้วงจร $RL$ กรณีทั่วไป.....	59
7.4 การวิเคราะห์ห้วงจร $RC$ และ $RL$ กรณีที่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าไม่อิสระรวมอยู่ด้วย .....	64
แบบฝึกหัดท้ายบท.....	72
<b>บทที่ 8 วงจร <math>RC</math> และ <math>RL</math> กรณีมีแหล่งจ่ายไฟฟ้าอิสระ .....</b>	<b>95</b>
8.1 บทนำ.....	96
8.2 ฟังก์ชันขั้นหนึ่งหน่วย.....	98
8.3 ผลตอบสนองของวงจร $RC$ ต่อสัญญาณขั้น .....	102
8.3.1 การวิเคราะห์ห้วงจร $RC$ อย่างง่าย .....	102
8.3.2 การวิเคราะห์ห้วงจร $RC$ กรณีทั่วไป.....	111
8.4 ผลตอบสนองของวงจร $RL$ ต่อสัญญาณขั้น .....	122
8.4.1 การวิเคราะห์ห้วงจร $RL$ อย่างง่าย.....	122
8.4.2 การวิเคราะห์ห้วงจร $RL$ กรณีทั่วไป.....	131
แบบฝึกหัดท้ายบท.....	142
<b>บทที่ 9 วงจร <math>RLC</math>.....</b>	<b>171</b>
9.1 บทนำ.....	172
9.2 วงจร $RLC$ ขนานกรณีไม่มีแหล่งจ่าย .....	173
9.2.1 การวิเคราะห์ห้วงจร $RLC$ ขนานกรณีไม่มีแหล่งจ่าย.....	173
9.2.2 กรณีหน่วงเกิน .....	176
9.2.3 กรณีหน่วงวิกฤต.....	181
9.2.4 กรณีหน่วงขาด.....	186
9.3 วงจร $RLC$ อนุกรมกรณีไม่มีแหล่งจ่าย.....	192
9.3.1 การวิเคราะห์ห้วงจร $RLC$ อนุกรมกรณีไม่มีแหล่งจ่าย.....	192
9.3.2 กรณีหน่วงเกิน .....	196
9.3.3 กรณีหน่วงวิกฤต.....	198

9.3.4	กรณีหนึ่งขนาด.....	200
9.4	การวิเคราะห์วงจร $RLC$ กรณีทั่วไป.....	212
9.5	ผลเฉลยของสมการเชิงอนุพันธ์อันดับสองมาตรฐาน.....	215
	แบบฝึกหัดท้ายบท.....	233
<b>บทที่ 10</b>	<b>วงจรไฟฟ้ากระแสสลับในสถานะอยู่ตัว</b> .....	<b>255</b>
10.1	บทนำ.....	256
10.2	สัญญาณไซน์ซอซี.....	258
10.3	วงจร $RL$ เมื่อขับนำด้วยแหล่งจ่าย $V_m \cos \omega t$ .....	268
10.4	วงจรไฟฟ้ากระแสสลับทั่วไปเมื่อขับนำด้วยแหล่งจ่าย $V_m \cos \omega t$ .....	271
10.5	เทคนิคการใช้สัญญาณเชิงซ้อนแทนสัญญาณโคไซน์ในการวิเคราะห์หา ผลตอบสนองในสถานะอยู่ตัวของวงจรกระแสสลับ อธิบายด้วยมิติเชิงวงจร ..	272
10.6	เทคนิคการใช้สัญญาณเชิงซ้อนแทนสัญญาณโคไซน์ในการวิเคราะห์หา ผลตอบสนองในสถานะอยู่ตัวของวงจรกระแสสลับ อธิบายด้วยมิติเชิง คณิตศาสตร์.....	275
10.7	วงจร $RL$ เมื่อขับนำด้วยแหล่งจ่ายเชิงซ้อน $V_m e^{j\omega t}$ .....	278
10.8	วงจรไฟฟ้ากระแสสลับทั่วไปเมื่อขับนำด้วยแหล่งจ่ายเชิงซ้อน $V_m e^{j\omega t}$ .....	280
10.9	เฟสเซอร์และวงจรเฟสเซอร์.....	284
	แบบฝึกหัดท้ายบท.....	298
<b>บทที่ 11</b>	<b>การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับด้วยเฟสเซอร์</b> .....	<b>329</b>
11.1	บทนำเกี่ยวกับเฟสเซอร์.....	330
11.2	การแปลงเฟสเซอร์.....	331
11.3	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเฟสเซอร์กับกระแสเฟสเซอร์ที่องค์ประกอบวงจร เดี่ยว $R$ , $L$ และ $C$ .....	336
11.4	อิมพีแดนซ์และแอดมิตแทนซ์.....	343
11.5	กฎของเคิร์ชฮอฟฟ์กับเฟสเซอร์.....	346
11.6	การยุบรวมอิมพีแดนซ์.....	348

#### 4 ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า ภาค 2

11.7 การวิเคราะห์แรงดันโหนด .....	353
11.8 การวิเคราะห์กระแสเมช .....	360
11.9 ทฤษฎีบทการทับซ้อน .....	365
11.10 วงจรสมมูลเทวินินและนอร์ตัน .....	370
11.11 แผนภาพเฟสเซอร์ .....	378
แบบฝึกหัดท้ายบท .....	387
<b>บทที่ 12 ค่าลิ่งไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ .....</b>	<b>405</b>
12.1 บทนำ .....	406
12.2 ค่ากำลังขณะหนึ่ง .....	407
12.3 ค่ากำลังเฉลี่ย .....	410
12.3.1 ค่ากำลังเฉลี่ยของตัวต้านทาน .....	412
12.3.2 ค่ากำลังเฉลี่ยของตัวเก็บประจุ .....	413
12.3.3 ค่ากำลังเฉลี่ยของตัวเหนี่ยวนำ .....	415
12.3.4 กำลังที่ไหลเข้าสู่องค์ประกอบสมมูล 2 ขั้วใด ๆ .....	417
12.4 การถ่ายโอนกำลังสูงสุด .....	430
12.5 ค่าประสิทธิภาพและค่าอาร์เอ็มเอส .....	437
12.6 ค่ากำลังปรากฏและค่าตัวประกอบกำลัง .....	439
12.7 ค่ากำลังเชิงซ้อน .....	442
12.7.1 ค่ากำลังเชิงซ้อนในรูปของแรงดันและกระแส .....	443
12.7.2 ค่ากำลังเชิงซ้อนในรูปคิมพีเนคชั่นของโหลด .....	445
12.7.3 สามเหลี่ยมกำลัง .....	447
12.8 หลักการอนุรักษ์กำลัง .....	451
12.9 การแก้ตัวประกอบกำลัง .....	456
แบบฝึกหัดท้ายบท .....	464
<b>บทที่ 13 วงจรไฟฟ้า 3 เฟส .....</b>	<b>483</b>
13.1 บทนำ .....	484



13.2 ระบบส่งกำลังไฟฟ้า 1 เฟส 2 เฟส และ 3 เฟส .....	484
13.3 แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบ 3 เฟส.....	498
13.4 แหล่งจ่าย 3 เฟสได้คู่และลำดับเฟส .....	500
13.5 ระบบไฟฟ้า 3 เฟส แหล่งจ่ายแรงดันแบบ Y และ โหลดได้คู่.....	503
13.5.1 แรงดันเฟส (phase voltages) ที่แหล่งจ่าย .....	504
13.5.2 แรงดันสาย (line voltages).....	505
13.5.3 แรงดันเฟสที่ โหลด.....	506
13.5.4 ค่ากระแสเฟสที่ โหลด.....	508
13.5.5 ค่ากระแสสาย .....	509
13.5.6 ค่ากระแสเฟสที่แหล่งจ่าย .....	511
13.6 กำลังไฟฟ้า 3 เฟส โหลดได้คู่ .....	525
13.7 หลักการอนุรักษ์กำลังในวงจรไฟฟ้า 3 เฟส .....	528
แบบฝึกหัดท้ายบท.....	544
<b>บรรณานุกรม.....</b>	<b>559</b>