3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างเครื่องมือสำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ชุดการสอนและแบบประเมินของผู้เชี่ยวชาญ โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนในการดำเนินการสร้างแต่ละส่วน ดังต่อไปนี้คือ

3.3.1 ชุดการสอน

ชุดการสอน วิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม มีจำนวน 8 หัวเรื่อง ที่ผู้วิจัยจัดสร้างขึ้นเป็นชุดการสอนสำหรับผู้สอนเพื่อใช้ในกระบวนการเรียนการสอน โดยมีส่วนประกอบและขั้นตอนในการสร้างดังต่อไปนี้

3.3.1.1 คู่มือครู ประกอบด้วย

(ก) แผนการสอน เป็นรายละเอียดของเนื้อหาที่จะสอน และวิธีการสอนตามลำดับขั้น

(ข) ใบเนื้อหา หลังจากผ่านกระบวนการวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชาทั้งหมด จนได้วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม จากนั้นจึงนำวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมาเป็นหลักในการสร้างใบเนื้อหา โดยควรให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์และตรงตามระดับความรู้ของวัตถุประสงค์ (ตัวอย่างใบเนื้อหา แสดงไว้ในภาคผนวก ค หน้า 87)

(ค) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์สำหรับวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบท้ายบทเรียนและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (ตัวอย่างใบเนื้อหา แสดงไว้ในภาคผนวก ง หน้า 107)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.4 การดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยใช้แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มตัวอย่างเดียว (One-Shot Case Study) การทดลองในลักษณะนี้จะเลือกกลุ่มตัวอย่างมาทดลองเพียงกลุ่มเดียวแล้วทำการทดลอง เมื่อทำการทดลองแล้วก็ทำการทดสอบเพื่อดูผลของการทดลองได้เลย การทดลองแบบนี้สามารถทำได้ง่าย รวดเร็ว และประหยัด ผู้วิจัยได้นำชุดการสอน วิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม ไปดำเนินการทดลองเก็บข้อมูล โดยได้มีรายละเอียดในการดำเนินการ ดังนี้

3.4.1 ปฐมนิเทศนักศึกษาเพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์และวิธีการที่จะเรียนด้วยชุดการสอน

3.4.2 สอนกลุ่มตัวอย่างด้วยชุดการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยผู้วิจัยได้เป็นผู้สอนขั้นตอนและวิธีการดำเนินตามคู่มือครู โดยทำการสอนสัปดาห์ละ 1 วัน และทำการสอนวันละ 4 ชั่วโมง ใช้เวลาในการสอนทั้งสิ้น 64 ชั่วโมง เมื่อทำการสอนจบในแต่ละหัวข้อเรื่อง ให้นักศึกษาทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.4.3 หลังผู้เรียนผ่านการเรียนการสอนครบทุกหัวข้อเรื่อง จึงได้ดำเนินการทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนอีกครั้งหนึ่งโดยใช้แบบทดสอบรวมวัดผลสัมฤทธิ์ที่ได้จัดเตรียมไว้

3.4.4 นำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนทุกหัวข้อเรื่องไปวิเคราะห์หาเพื่อประสิทธิภาพชุดการสอน

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

3.5.1 การวิเคราะห์แบบประเมินผลของผู้เชี่ยวชาญ ใช้ค่าสถิติฐานนิยม (Mode)

3.5.2 การหาคุณภาพของแบบทดสอบ

3.5.2.1 สูตรการหาค่าความยากง่ายของข้อสอบ (ล้วนและอังคณา สายยศ, 2538: 209–210)

$$\mathbf{P} = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P คือ ดัชนีค่าความยากง่าย

R คือ จำนวนนักศึกษาที่ทำข้อสอบถูก

N คือ จำนวนนักศึกษาที่ทำข้อสอบทั้งหมด

ขอบเขตของค่า P และความหมาย

0.81-1.0 เป็นข้อสอบที่ง่ายมาก (ใช้ไม่ได้)

0.61-0.8 เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)

0.41-0.6 เป็นข้อสอบที่ยากง่ายพอเหมาะ (ดี)

0.21-0.4 เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก (ใช้ได้)

0.00-0.2 เป็นข้อสอบที่ยากมาก (ใช้ไม่ได้)

(สุราษฎร์, 2530: 81-84)

3.5.2.2 สูตรการหาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (ล้วนและอังคณา สายยศ, 2538: 210–211)

$$\mathbf{D} = \frac{R_U - R_L}{N/2}$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เมื่อ D คือ ค่าอำนาจจำแนก

R_U คือ จำนวนนักศึกษาที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง

R_L คือ จำนวนนักศึกษาที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน

N คือ จำนวนนักศึกษาในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

ขอบเขตของค่า D และความหมาย (สุรางฎร์, 2530: 81-84)

0.40 ขึ้นไป อำนาจการจำแนกสูง คุณภาพของข้อสอบดีมาก

0.30-0.39 อำนาจการจำแนกปานกลาง คุณภาพของข้อสอบดีพอสมควร

0.20-0.29 อำนาจการจำแนกค่อนข้างต่ำ คุณภาพของข้อสอบพอใช้ได้

0.00-0.19 อำนาจการจำแนกต่ำ คุณภาพของข้อสอบใช้ไม่ได้

โดยทั่วไปแบบทดสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป ถือว่าเป็นข้อสอบที่สามารถจำแนกคนเก่งและคนอ่อนได้ (ล้วน, 2528: 180)

3.5.2.3 สูตรการหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร คูเดอร์-ริชาร์ดสัน (K-R 20 Kuder-Richardson) (ล้วนและอังคณา สายยศ, 2538: 198)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left\{1 - \frac{\Sigma pq}{s_t^2}\right\}$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เมื่อ r_{tt} คือ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n คือ จำนวนข้อของแบบทดสอบ

p คือ สัดส่วนของผู้ทำได้ในข้อหนึ่ง ๆ นั่นคือสัดส่วนของคนทำถูกกับคนทั้งหมด

q คือ สัดส่วนของผู้ทำผิดในข้อหนึ่ง ๆ หรือ 1-p

s_t^2 คือ คะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือวัดฉบับนั้น

โดยที่ $s_t^2 = \frac{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}{N^2}$

เมื่อ s_t^2 คือ คะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือวัดฉบับนั้น

N คือ จำนวนคนที่ทำข้อสอบ

X คือ ค่าของคะแนนแต่ละคน

ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง +1.00

แบบทดสอบที่มีความเชื่อมั่น +1.00 แสดงว่ามีค่าความเชื่อมั่นสูงสุด คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบนี้เชื่อถือได้

แบบทดสอบที่มีความเชื่อมั่นเป็น 0.00 หรือใกล้เคียงกับ 0.00 แสดงว่าแบบทดสอบนี้ไม่มีค่าความเชื่อมั่น คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบนี้เชื่อถือไม่ได้

แบบทดสอบที่มีความเชื่อมั่นเป็น -1.00 แสดงว่าแบบทดสอบนี้มีค่าความเชื่อมั่นต่ำ ไม่ควรนำมาใช้ (สุราษฎร์, 2530: 111)

3.5.2.4 สูตรหาความสอดคล้อง (ล้วนและอังคณา สายยศ, 2539: 197)

$$IOC = \frac{\Sigma R}{N}$$

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้อง

ΣR คือ ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ค่า IOC จะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 จึงถือว่ามีความสอดคล้อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.5.2.5 สูตรการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของชุดการสอน (เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต, 2528: 294–295)

$$E_1 = \frac{(\Sigma X / N)}{A} \times 100$$

และ

$$E_2 = \frac{(\Sigma F / N)}{B} \times 100$$

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในชุดการสอนคิดเป็นร้อยละ จากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน

E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (พฤติกรรมที่เปลี่ยนในตัวผู้เรียนหลังจากการเรียนชุดการสอนนั้น) คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์

ΣX คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน

ΣF คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบรวมวัดผลสัมฤทธิ์

N คือ จำนวนผู้เรียน

A คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบท้ายบทเรียน

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบรวมวัดผลสัมฤทธิ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดการสอน วิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม โดยมีผลการวิจัย ดังต่อไปนี้

4.1 ชุดการสอน วิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม

4.2 ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบ

4.3 ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ

4.4 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดการสอน

4.1 ชุดการสอน วิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม

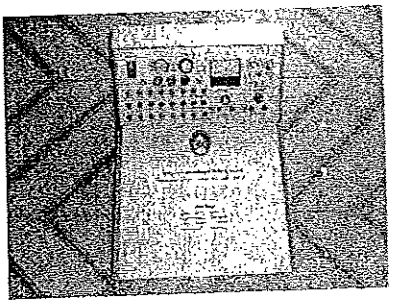
ชุดการสอนประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

4.1.1 ใบเนื้อหา มีทั้งหมด 8 เรื่อง ประกอบด้วย อุปกรณ์โซลิดสเตท อุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิและแสง วงจรหน่วงเวลาและการใช้งาน วงจรเร็กติไฟเออร์หลายเฟสชนิดโซลิดสเตท วงจรควบคุมแรงดัน การประยุกต์ใช้งานอุตสาหกรรมของไทริสเตอร์แมกเนติก วงจรแอมปลิไฟล์เออร์ วงจรรวมและวงจรดิจิตอล

4.1.2 แบบทดสอบ มีอยู่ 2 ชนิด คือแบบทดสอบท้ายบทเรียน และแบบทดสอบรวม

4.1.3 ชุดแผ่นใสประกอบการสอน วิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม จำนวน 8 เรื่อง สอดคล้องกับใบเนื้อหาแต่ละเรื่อง

4.1.4 ชุดทดลอง และใบงานได้รวมการทดลองทั้งหมด 10 เรื่อง ไว้บนแผ่นปริ้นซ์ขนาด 12X12 นิ้ว ดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 ชุดการสอน วิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4.2 ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบ

การวิเคราะห์แบบทดสอบ โดยการหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจการจำแนก ของแบบทดสอบท้ายบทเรียนและแบบทดสอบรวม ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4-1 และตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-1 แสดงค่าความยากง่ายและค่าอำนาจการจำแนกของแบบทดสอบท้ายบทเรียน

ข้อที่	ใบเนื้อหาที่							
	1		2		3		4	
	P	D	P	D	P	D	P	D
1	0.80	0.40	0.80	0.40	0.60	0.40	0.67	0.20
2	0.80	0.40	0.73	0.60	0.80	0.20	0.80	0.20
3	0.73	0.40	0.80	0.20	0.73	0.20	0.53	0.20
4	0.60	0.40	0.67	0.40	0.47	0.20	0.73	0.40
5	0.73	0.40	0.73	0.20	0.60	0.40	0.73	0.40
6	0.67	0.60	0.80	0.20	0.80	0.40	0.73	0.40
7	0.67	0.60	0.47	0.20	0.73	0.40	0.73	0.20
8	0.60	0.40	0.60	0.20	0.73	0.40	0.60	0.40
9	0.53	0.60	0.67	0.40	0.80	0.20	0.73	0.60
10	0.80	0.20	0.80	0.20	0.60	0.60	0.67	0.20

แบบทดสอบท้ายบทเรียน ของใบเนื้อหาที่ 1-4 มีค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ (P) อยู่ระหว่าง 0.47-0.80 และมีค่าอำนาจการจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ซึ่งเป็นค่าความยากง่ายและค่าอำนาจการจำแนกของข้อสอบที่ยอมรับได้และสามารถนำเอาข้อสอบนั้นไปใช้ในการทดสอบได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

ข้อที่	ใบเนื้อหาที่							
	5		6		7		8	
	P	D	P	D	P	D	P	D
1	0.80	0.40	0.80	0.40	0.60	0.40	0.67	0.20
2	0.80	0.40	0.73	0.60	0.80	0.20	0.80	0.20
3	0.73	0.40	0.80	0.20	0.73	0.20	0.53	0.20
4	0.60	0.40	0.67	0.40	0.47	0.20	0.73	0.40
5	0.73	0.40	0.73	0.20	0.60	0.40	0.73	0.40
6	0.67	0.60	0.80	0.20	0.80	0.40	0.73	0.40
7	0.67	0.60	0.47	0.20	0.73	0.40	0.73	0.20
8	0.60	0.40	0.60	0.20	0.73	0.40	0.60	0.40
9	0.53	0.60	0.67	0.40	0.80	0.20	0.73	0.60
10	0.80	0.20	0.80	0.20	0.60	0.60	0.67	0.20

แบบทดสอบท้ายบทเรียน ของใบเนื้อหาที่ 5-8 มีค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ (P) อยู่ระหว่าง 0.47-0.80 และมีค่าอำนาจการจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ซึ่งเป็นค่าความยากง่ายและค่าอำนาจการจำแนกของข้อสอบที่ยอมรับได้และสามารถนำเอาข้อสอบนั้นไปใช้ในการทดสอบได้

ตารางที่ 4-2 แสดงค่าความยากง่ายและค่าอำนาจการจำแนกของแบบทดสอบรวม

ข้อที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P	0.73	0.80	0.73	0.67	0.67	0.73	0.73	0.67	0.47	0.60
D	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	0.40	0.40	0.40	0.20

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

ข้อที่	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
P	0.73	0.53	0.67	0.73	0.67	0.67	0.67	0.60	0.73	0.67
D	0.40	0.40	0.60	0.20	0.40	0.60	0.60	0.20	0.60	0.20

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

ข้อที่	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
P	0.73	0.60	0.73	0.80	0.67	0.67	0.80	0.73	0.80	0.60
D	06.0	0.40	0.40	0.40	0.40	0.60	0.40	0.40	0.20	0.20

แบบทดสอบรวม มีค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ (P) อยู่ระหว่าง 0.47-0.80 และมีค่าอำนาจการจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ซึ่งเป็นค่าความยากง่ายและค่าอำนาจการจำแนกของข้อสอบที่ยอมรับได้และสามารถนำเอาข้อสอบนั้นไปใช้ในการทดสอบได้ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (r_{tt}) เท่ากับ 0.7697

4.3 ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ

ผลการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน มีดังนี้

ตารางที่ 4-3 แสดงค่าเฉลี่ยผลการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	แปลความ
1. ใบเนื้อหา และแบบทดสอบ		
1.1 เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์	5.00	มากที่สุด
1.2 รูปแบบการนำเสนอ ก่อให้เกิดแรงจูงใจ	4.60	มากที่สุด
1.3 ส่วนประกอบของใบเนื้อหา	4.80	มากที่สุด
1.4 ความถูกต้องของทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5.00	มากที่สุด
1.5 การเรียงลำดับของเนื้อหา	5.00	มากที่สุด
1.6 ข้อสอบครอบคลุมวัตถุประสงค์	4.60	มากที่สุด
1.7 คำถามมีเป้าหมายชัดเจน	4.60	มากที่สุด
1.8 การเรียงลำดับของคำตอบ	4.40	มาก
1.9 ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้	4.60	มากที่สุด
1.10 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.40	มาก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	แปลความ
2. สื่อประกอบการสอน		
2.1 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ง่าย	4.80	มากที่สุด
2.2 เหมาะสมกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์	4.80	มากที่สุด
2.3 การจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์	5.00	มากที่สุด
2.4 คุณภาพของวัสดุอุปกรณ์	4.80	มากที่สุด
2.5 ระดับของเทคโนโลยีที่ใช้	4.80	มากที่สุด
2.6 คุณค่าทางวิชาการ	4.80	มากที่สุด
2.7 ความสะดวกในการใช้งาน	4.80	มากที่สุด
2.8 ความปลอดภัยในขณะใช้งาน	5.00	มากที่สุด
2.9 ความสะดวกในการเก็บและบำรุงรักษา	4.40	มาก
2.10 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.40	มาก

ผลการประเมินแต่ละข้อมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 5.00 ต่ำสุดเท่ากับ 4.40 ใบเนื้อหาและแบบทดสอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 และสื่อประกอบการสอนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.76 แสดงว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้น มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4.3 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดการสอน

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ข้อมูลที่ได้จากการวิจัย คือคะแนนที่ได้จากการทดสอบท้ายบทเรียน แต่ละหัวข้อเรื่อง จำนวน 8 เรื่อง และคะแนนจากการทำแบบทดสอบรวม ของนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง จำนวน 15 คน รายละเอียดจากการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 แสดงผลของคะแนนจากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนและแบบทดสอบรวม

คนที่	คะแนนจากแบบทดสอบท้ายบทเรียน									คะแนนจากแบบทดสอบรวม (30)
	1 (10)	2 (10)	3 (10)	4 (10)	5 (10)	6 (10)	7 (10)	8 (10)	รวมคะแนน (80)	
1	8	9	10	8	8	8	8	7	66	24
2	7	8	8	8	9	8	8	7	63	26
3	8	9	9	7	8	8	7	8	64	21
4	10	7	9	9	8	9	7	8	67	27
5	8	9	8	9	8	8	8	7	65	24
6	9	10	7	8	9	8	8	8	67	25
7	10	9	8	8	10	8	8	7	68	27
8	10	8	7	8	9	8	7	8	65	25
9	9	7	8	8	9	8	8	7	64	23
10	10	9	8	7	9	10	8	8	69	23
11	8	8	10	8	8	8	7	8	65	27
12	8	10	8	8	8	8	7	7	64	23
13	9	8	9	8	8	8	8	7	65	27
14	7	9	8	9	9	9	8	8	67	21
15	9	8	9	8	9	8	7	7	65	22
รวม	130	128	126	121	129	124	114	112	984	365

ข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง นำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการสอนตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ ดังนี้

1. หาค่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คิดเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนทั้งหมด โดยใช้สูตร

$$E_1 = \frac{(\Sigma X / N)}{A} \times 100$$

แทนค่าในสูตรจะได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

$$E_1 = \frac{(984/15)}{80} \times 100$$

$$E_1 = 82\ \%$$

2. หาค่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คิดเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบรวม โดยใช้สูตร

$$E_2 = \frac{(\Sigma F/N)}{B} \times 100$$

แทนค่าในสูตรจะได้

$$E_2 = \frac{(365/15)}{30} \times 100$$

$$E_2 = 81.11\ \%$$

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในชุดการสอนคิดเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนท้ายบทเรียนทั้งหมด

E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (พฤติกรรมที่เปลี่ยนในตัวผู้เรียนหลังจากการเรียนชุดการสอนนั้น) คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบรวมวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ΣX คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของแต่ละใบเนื้อหา

ΣF คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบรวมวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

A คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบท้ายบทเรียนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งหมด

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบรวมวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

N คือ จำนวนผู้เรียน

ผลที่ได้จากการคำนวณหาประสิทธิภาพของชุดการสอน วิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต- โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ปรากฏว่ามีประสิทธิภาพ 82/81.11

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยใช้แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มตัวอย่างเดียวแล้วทำการทดสอบครั้งเดียว (One-Short Case Study) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดการสอน วิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม โดยได้ทำการอ้างอิงหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต โปรแกรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม และได้นำชุดการสอนไปทดลองใช้กับผู้เรียนระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม โดยตั้งสมมติฐานการวิจัยว่าชุดการสอน วิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

ในการสร้างชุดการสอน ผู้วิจัยได้จัดแบ่งเนื้อหาออกเป็น 8 หัวข้อเรื่อง โดยได้จัดทำชุดทดลองที่เป็นฮาร์ดแวร์ ใบเนื้อหาและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เป็นซอฟแวร์ หลังจากนั้นนำชุดการสอนไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ตรวจสอบและทำการประเมินความเหมาะสมของชุดการสอน ได้แก่ส่วนของใบเนื้อหาและแบบทดสอบ และส่วนของสื่อประกอบการสอน) เพื่อขอคำแนะนำไปปรับปรุงแก้ไขชุดการสอนให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น (ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญแสดงไว้ในภาคผนวก จ หน้า 120) เมื่อผ่านการตรวจประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดลองใช้กับกลุ่มย่อย ซึ่งเป็นผู้เรียนระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 ของโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จำนวน 15 คน และนำคะแนนที่ได้มาหาค่าต่างๆ ทางสถิติ เพื่อคัดเลือกและปรับปรุงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากนั้นนำชุดการสอนไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน ซึ่งเป็นผู้เรียนระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ในการเรียนการสอนแต่ละครั้งผู้เรียนจะต้องทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนทุกครั้ง เมื่อเรียนจบทั้ง 8 เรื่องก็ทำแบบทดสอบรวมอีกครั้งหนึ่ง แล้วจึงนำผลคะแนนที่ได้ทั้งสองครั้งมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ สรุปผลได้ดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

5.1.1 ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน มีค่าเฉลี่ยของใบเนื้อหาและแบบทดสอบเท่ากับ 4.70 และค่าเฉลี่ยของสื่อประกอบการสอนเท่ากับ 4.76

5.1.2 ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบ ข้อสอบทุกข้อมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 ค่าอำนาจการจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป และค่าความเชื่อมั่นมีค่าเท่ากับ 0.7697

5.1.3 ประสิทธิภาพของกระบวนการ ที่ได้จากการหาค่าคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนจากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนแต่ละหัวข้อเรื่อง มีค่าเท่ากับร้อยละ 82 ซึ่งไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 80 เป็นไปตามสมมุติฐานของการวิจัย

5.1.4 ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ที่ได้จากการหาค่าคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนจากการทำแบบทดสอบรวมหลังจากทำการเรียนครบทั้ง 8 หัวข้อเรื่องแล้ว มีค่าเท่ากับร้อยละ 81.11 ซึ่งไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 80 เป็นไปตามสมมุติฐานของการวิจัย

สรุปได้ว่า ชุดการสอน ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นนี้ สามารถนำไปใช้กับกระบวนการเรียนการสอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุสาหกรรม หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ของโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ได้เป็นอย่างดี โดยมีประสิทธิภาพของชุดการสอนตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่า ชุดการสอน วิชาอิเล็กทรอนิกส์อุสาหกรรม ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุสาหกรรม ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 เป็นไปตามสมมุติฐานของการวิจัยที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เพราะชุดการสอนนี้สร้างขึ้นอย่างเป็นระบบ ทุกขั้นตอนได้ผ่านการตรวจสอบและได้รับคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้เชี่ยวชาญก่อนที่จะนำชุดการสอนไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ได้นำไปทดลองใช้กับผู้เรียนกลุ่มทดลองก่อนเพื่อหาข้อบกพร่องนำมาเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ได้ชุดการสอนที่มีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปใช้สอนได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ จากนั้นนำชุดการสอนไปใช้สอนจริงกับกลุ่มตัวอย่าง

จากผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ได้จากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน จำนวน 8 หัวข้อเรื่อง พบว่าแบบทดสอบของใบเนื้อหาที่ 7 และ 8 ผู้เรียนทำแบบทดสอบได้คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 76 และ 74.66 ซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (80%) สาเหตุอาจจะเนื่องมา จากใบเนื้อหาที่ 7 และ 8 มีเนื้อหาเป็นการวิเคราะห์วงจร และการคำนวณ เมื่อนำเอามาคิดรวมกันทั้ง 8 หัวข้อเรื่องแล้ว ปรากฏว่ามีประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 82 ซึ่งไม่ต่ำกว่าเกณฑ์

ที่กำหนด สำหรับการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบรวมเมื่อเรียนจบครบทุกหัวข้อเรื่อง ปรากฏว่ามีประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 81.11 ซึ่งไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

ค่าประสิทธิภาพของชุดการสอนที่ได้จากการนำไปใช้ในครั้งนี้ เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด คือไม่ต่ำกว่า 80/80 ทั้งนี้เพราะว่าการเรียนการสอนโดยใช้ชุดการสอน ผู้เรียนจะมีความสนใจในการเรียนเป็นพิเศษ การจัดทำชุดการสอนนี้มีการวางแผนอย่างเป็นระบบ มีการวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชาซึ่งมีประโยชน์เกี่ยวกับการสอนและการวัดผล วิเคราะห์เนื้อหารายวิชา และวิเคราะห์วัตถุประสงค์ เพื่อที่จะได้ปริมาณของเนื้อหาที่เหมาะสมกับเวลา ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้ผลการวิเคราะห์หลักสูตรเป็นแนวทางในการวางแผนการสอน และสอนได้ถูกต้องตรงตามความต้องการของหลักสูตร ส่วนสื่อที่ใช้มีสีสันน่าสนใจเป็นแรงกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจต่อการเรียน และมีความเด่นชัดของตัวอักษร รวมทั้งใบเนื้อหาที่บรรจุเนื้อหาที่จัดเรียงลำดับเนื้อหาที่ง่ายไปสู่เนื้อหาที่ยากขึ้นอย่างเป็นระบบ การวัดความก้าวหน้าและวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนจะกระทำเมื่อเรียนจบเรื่องนั้นแล้วก็ทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน เพื่อเป็นแรงเสริมอย่างหนึ่งเพราะผู้เรียนสามารถทราบผลความก้าวหน้าของตนเองจากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนได้

การวิจัยในครั้งนี้พบว่า ประสิทธิภาพตัวหลัง มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 81.11 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าประสิทธิภาพตัวแรกคือ 82 อาจเป็นเพราะแบบทดสอบรวมวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีเนื้อหาค่อนข้างมาก และช่วงเวลาก่อนการทดสอบก็นาน เป็นไปได้ที่ผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างเกิดการลืมเลือนไปได้บ้างหรืออาจเป็นเนื้อหาที่ยาก ทำให้ผลของประสิทธิภาพของชุดการสอนเป็น 82/81.11 ในส่วนของการวัดผลท้ายบทเรียน จะแจ้งให้ผู้เรียนได้ทราบก่อนทุกครั้งที่จะมีการเรียนในเรื่องใหม่ต่อไป เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความตั้งใจในการเรียน และคิดจะทำแบบทดสอบให้ดีกว่าที่ผ่านมา

ดังนั้น แสดงว่าชุดการสอน ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ประกอบการสอนได้ ผู้เรียนที่ผ่านกระบวนการเรียนการสอนด้วยชุดการสอนดังกล่าวมีความรู้เพิ่มขึ้นจริง และชุดการสอนยังได้รับการยอมรับจากผู้เชี่ยวชาญทั้งในด้านใบเนื้อหา สื่อประกอบการเรียน แบบทดสอบท้ายบทเรียน และแบบทดสอบรวมวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งสอดคล้องกับเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง รวมถึงวิทยานิพนธ์ เรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้า มีประสิทธิภาพ 83.85/82.05 (สมเจตน์, 2540) วิทยานิพนธ์ เรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาการวิเคราะห์วงจรข่าย มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.022/80.325 (เตือนใจ, 2542) และวิทยานิพนธ์ เรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาระบบโทรศัพท์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีประสิทธิภาพ 81.87/80.15 (ธีระพงษ์, 2545)

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัยครั้งนี้

5.3.1.1 ประสิทธิภาพของชุดการสอนนี้จะสูงหรือต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ไม่ได้ขึ้นอยู่กับชุดการสอนเพียงอย่างเดียว แต่หากขึ้นอยู่กับครูผู้สอนและผู้เรียนด้วย โดยครูผู้สอนจะต้องศึกษาชุดการสอนให้เข้าใจ ทั้งด้านเนื้อหา วิธีการสอนและการใช้สื่อการสอนเป็นอย่างดี ผู้เรียนจะต้องมีความตั้งใจในการเรียน ครูผู้สอนจะต้องคอยควบคุมใส่ใจในเรื่องนี้ด้วย

5.3.1.2 ในการสอนแต่ละครั้ง ครูผู้สอนจะต้องจัดเตรียมการให้พร้อมทั้งด้านเนื้อหา วิธีการสอน สื่อการเรียนการสอนทั้งหมด ทั้งนี้เพื่อให้เวลาที่ใช้ในการสอนเป็นไปตามแผนการสอนที่กำหนดไว้

5.3.1.3 การออกแบบเพื่อสร้างสื่อประกอบการสอน ต้องกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนการสอนให้ตรงหลักสูตร แล้วจึงพิจารณากำหนดเนื้อหาวิชาที่ผู้เรียนจะได้รับจากการใช้สื่อประกอบการสอน

5.3.1.4 การออกแบบลายวงจร หากใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้าช่วยจะทำให้ง่ายต่อการตรวจสอบความถูกต้อง

5.3.1.5 การจัดหาอุปกรณ์เพื่อสร้างชุดทดลอง ควรมีสำรองเพื่อการซ่อมแซม เพราะอุปกรณ์บางอย่างต้องเสียเวลาในการจัดหา

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

5.3.2.1 เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจ ความรู้เพิ่มเติมมากยิ่งขึ้น ควรมีการสร้างสื่อประกอบการสอน เพิ่มเติม เช่น ชุดหรือแผงสาธิต

5.3.2.2 ควรมีการสร้างชุดการสอน หรือสื่อ ชุดทดลอง ในรายวิชาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บรรณานุกรม

กานดา พูนลาภทวี. **การวัดผลและประเมินผลการศึกษา.** ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2528.

จรินทร์ จุลวานิช. **"การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง."** วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2541.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. **เทคโนโลยีทางการศึกษาหลักการและแนวปฏิบัติ.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช, 2526.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์, นิคม ทาแดง และสมเชาว์ เนตรประเสริฐ. **เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2540.

ชัยณรงค์ เย็นศิริ. **"การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า 2 เรื่อง สมการสเตตและฟังก์ชันของวงจร."** วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2545.

เตือนใจ อาชีวะพนิช. **"การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาการวิเคราะห์วงจรข่ายหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต."** วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2542.

นภัทร วัจนเทพินทร์. **อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์.** พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: สกายบุ๊กส์, 2541.

บุญเกื้อ ควรหาเวช. **นวัตกรรมการศึกษา.** พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

พิสิฐ เมธาภัทร, ธีระพล เมธีกุล. **เทคนิควิธีการเรียนการสอนเทคนิค.** กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2529.

พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. **ทฤษฎีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 2.**

ไพบูลย์ นาคมหาชลาสินธุ์, กนกพร คุณชัยเจริญกุล. **หลักและการประยุกต์ใช้งานอิเล็กทรอนิกส์.** กรุงเทพมหานคร : แมคกรอ-ฮิล อินเตอร์เนชั่นแนล เอนเตอร์ไพส์, อิงค์, 2541.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บรรณานุกรม (ต่อ)

ล้วน สายยศ, อังคณา สายยศ. **เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สุวีริยาสาส์น, 2538.

สมปอง มากแจ้ง. **เทคโนโลยีการศึกษา.** กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2543.

สมเจตน์ ม่วงเกษม. **"การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง."** วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2540.

สุรพล รักวิจัย. **อิเล็กทรอนิกส์สำหรับอุตสาหกรรม.** กรุงเทพมหานคร : แมคกรอ-ฮิล อินเตอร์เนชั่นแนล เอนเตอร์ไพส์, อิงค์, 2541.

สุราษฎร์ พรหมจันทร์. **การวัดผลการศึกษา.** ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2530.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์หลักสูตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ก-1 หลักสูตรรายวิชา วิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม รหัสวิชา 5583406

หลักสูตรรายวิชา			
รหัสวิชา	**ชื่อวิชา**	**ระดับ**	**น (ท-ป)**
5583406	อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม Industrial Electronics	ปริญญาตรี 2 ปี (หลังอนุปริญญา)	3(2-2)

คำอธิบายรายวิชา

อุปกรณ์โซลิตสเตทที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม อุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ ตรวจจับแสง วงจรหน่วงเวลาและการใช้งาน วงจรเรคติไฟเออร์หลายเฟสชนิดโซลิตสเตท วงจรควบคุมแรงดัน การประยุกต์ใช้งานอุตสาหกรรมของไทริสเตอร์ แมกเนติค แอมปลิไฟเออร์ วงจรรวม วงจรดิจิตอล การควบคุมแบบลำดับ การควบคุมเชิงตัวเลข

จุดประสงค์รายวิชา

นักศึกษาที่ผ่านการเรียนการสอนและกิจกรรมในรูปแบบต่าง ๆ ในรายวิชานี้แล้ว จะมีความรู้ความสามารถ ดังนี้

1. มีความรู้และเข้าใจเกี่ยวกับการนำอุปกรณ์โซลิตสเตทที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม
2. มีความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์ตรวจจับต่างๆ เช่น อุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ ตรวจจับแสง เป็นต้น
3. มีความรู้เกี่ยวกับวงจรหน่วงเวลาแบบต่างๆและการนำไปใช้งาน
4. มีความรู้เกี่ยวกับวงจรเรคติไฟเออร์หลายเฟสชนิดโซลิดสเตท
5. มีความรู้เกี่ยวกับวงจรควบคุมแรงดัน การประยุกต์ใช้งาน
6. มีความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์ประเภทไทริสเตอร์
7. มีความรู้เกี่ยวกับวงจรแอมปลิไฟเออร์
8. มีความรู้เกี่ยวกับวงจรดิจิตอล วงจรรวม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ก-2 วิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา วิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม

หัวข้อเรื่อง (Topic)	หัวข้อย่อย (Sub Topic)	สามารถ (ความรู้/ความเข้าใจ) (Ability)
1. อุปกรณ์โซลิดสเตท	1.1 สารกึ่งตัวนำและไดโอด	1.1.1 ความหมายของสารกึ่งตัวนำ 1.1.2 ชนิดของสารกึ่งตัวนำ 1.1.3 คุณสมบัติของไดโอด 1.1.4 การนำไดโอดไปใช้งาน
	1.2 วงจรเรียงกระแส	1.2.1 ความหมายของวงจรเรียงกระแส 1.2.2 ประเภทของวงจรเรียงกระแส 1.2.3 หลักการของวงจรเรียงกระแส 1.2.4 การประยุกต์ใช้วงจรเรียงกระแส
2. อุปกรณ์ตรวจจับ	2.1 อุปกรณ์ตรวจจับแสง	2.1.1 ชนิดของอุปกรณ์ตรวจจับแสง 2.1.2 คุณสมบัติของอุปกรณ์ตรวจจับแสง 2.1.3 หลักการทำงานอุปกรณ์ตรวจจับแสง 2.1.4 การนำอุปกรณ์ตรวจจับแสงไปใช้งาน
	2.2 อุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ	2.2.1 ชนิดของอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ 2.2.2 คุณสมบัติของอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ 2.2.3 หลักการทำงานอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ 2.2.4 การนำอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิไปใช้งาน
3. วงจรหน่วงเวลา	3.1 RC Timer	3.1.1 ความหมายของวงจรหน่วงเวลา 3.1.2 คุณสมบัติของวงจร RC Timer 3.1.3 หลักการทำงาน RC Timer 3.1.4 การประยุกต์ใช้ RC Timer

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ก-2 (ต่อ)

หัวข้อเรื่อง (Topic)	หัวข้อย่อย (Sub Topic)	สามารถ (ความรู้/ความเข้าใจ) (Ability)
3. วงจรหน่วงเวลา	3.2 ไอซีหน่วงเวลา 555	3.2.1 คุณสมบัติของไอซีหน่วงเวลา 555 3.2.2 หลักการทำงาน ไอซีหน่วงเวลา 555 3.2.3 การประยุกต์ใช้ ไอซีหน่วงเวลา 555
4. วงจรเรคติไฟเออร์หลายเฟสชนิดโซลิดสเตท	4.1 วงจรเรคติไฟเออร์ 3 เฟส	4.1.1 ความหมายของวงจรวงจรเรคติไฟ-เออร์หลายเฟส 4.1.2 คุณสมบัติของวงจรเรคติไฟเออร์ 3 เฟส 4.1.3 หลักการทำงานวงจรเรคติไฟเออร์ 3 เฟส 4.1.4 การนำวงจรเรคติไฟเออร์ 3 เฟสไปใช้งาน
	4.2 วงจรเรคติไฟเออร์ 6 เฟส	4.2.1 ความหมายของวงจรวงจรเรคติไฟ-เออร์หลายเฟส 4.2.2 คุณสมบัติของวงจรเรคติไฟเออร์ 6 เฟส 4.2.3 หลักการทำงานวงจรเรคติไฟเออร์ 6 เฟส 4.2.4 การนำวงจรเรคติไฟเออร์ 6 เฟสไปใช้งาน
5. วงจรควบคุมแรงดัน	5.1 วงจรควบคุมแรงดันไฟตรง	5.1.1 คุณสมบัติของวงจรควบคุมแรงดันไฟตรง 5.1.2 หลักการทำงานวงจรวงจรควบคุมแรงดันไฟตรง 5.1.3 การนำวงจรควบคุมฯไปใช้งาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ก-2 (ต่อ)

หัวข้อเรื่อง (Topic)	หัวข้อย่อย (Sub Topic)	สามารถ (ความรู้/ความเข้าใจ) (Ability)
5. วงจรควบคุมแรงดัน	5.2 วงจรควบคุมแรงดันไฟสลับ	5.2.1 คุณสมบัติของวงจรควบคุมแรงดันไฟสลับ 5.2.2 หลักการทำงานวงจรวงจรควบคุมแรงดันไฟสลับ 5.2.3 การนำวงจรควบคุมแรงดันไฟสลับไปใช้งาน
6. อุปกรณ์ไทริสเตอร์	6.1 SCR	6.1.1 สัญลักษณ์และโครงสร้างของ SCR 6.1.2 คุณสมบัติและการเลือกใช้ SCR 6.1.3 หลักการทำงานของ SCR 6.1.4 การคำนวณวงจร SCR 6.1.5 การนำ SCR ไปประยุกต์ใช้งาน
	6.2 TRIAC	6.2.1 สัญลักษณ์และโครงสร้างของ TRIAC 6.2.2 หลักการทำงานของ TRIAC 6.2.3 การนำ TRIAC ไปประยุกต์ใช้งาน
	6.3 UJT	6.3.1 สัญลักษณ์และโครงสร้างของ UJT 6.3.2 หลักการทำงานของ UJT 6.3.3 การคำนวณวงจร ของ UJT 6.3.4 การประยุกต์ใช้งานของ UJT 6.3.5 ตรวจสอบ UJT ด้วยโอห์มมิเตอร์
	6.4 PUT	6.4.1 สัญลักษณ์และโครงสร้างของ PUT 6.4.2 หลักการทำงานของ PUT 6.4.3 การคำนวณวงจร ของ PUT 6.4.4 การประยุกต์ใช้งานของ PUT

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ก-2 (ต่อ)

หัวข้อเรื่อง (Topic)	หัวข้อย่อย (Sub Topic)	สามารถ (ความรู้/ความเข้าใจ) (Ability)
7. วงจรแอมปลิไฟ-เออร์	7.1 วงจรแอมปลิไฟเออร์ด้วยทรานซิสเตอร์	7.1.1 คุณสมบัติของวงจรแอมปลิไฟเออร์ ด้วยทรานซิสเตอร์ 7.1.2 หลักการทำงานวงจรแอมปลิไฟเออร์ด้วยทรานซิสเตอร์ 7.1.3 การนำวงจรแอมปลิไฟเออร์ด้วยทรานซิสเตอร์ไปใช้งาน
	7.2 วงจรแอมปลิไฟเออร์ ด้วยออปแอมป์	7.2.1 คุณสมบัติของวงจรแอมปลิไฟเออร์ด้วยออปแอมป์ 7.2.2 หลักการทำงานวงจรแอมปลิไฟเออร์ ด้วยออปแอมป์ 7.2.3 การนำวงจรแอมปลิไฟเออร์ด้วยออปแอมป์ไปใช้งาน
8. วงจรดิจิตอล วงจรรวม	8.1 วงจรดิจิตอล	8.1.1 ความหมายของวงจรดิจิตอล 8.1.2 ชนิดของวงจรดิจิตอล 8.1.3 คุณสมบัติของวงจรดิจิตอล 8.1.4 หลักการทำงานวงจรดิจิตอล 8.1.5 การนำวงจรดิจิตอลไปประยุกต์ใช้งาน
	8.2 วงจรรวม	8.2.1 ความหมายของวงจรรวม 8.2.2 ชนิดของวงจรรวม 8.2.3 คุณสมบัติของวงจรรวม 8.2.4 หลักการทำงานวงจรรวม 8.2.5 การนำวงจรรวมไปประยุกต์ใช้งาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ก-3 ประเมินหัวข้อเรื่อง ในวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม

ลำดับที่	หัวข้อเรื่อง	F	I	D	หมายเหตุ
1.	อุปกรณ์โซลิดสเตท	X	X	1	
2.	อุปกรณ์ตรวจจับ	I	X	2	
3.	วงจรหน่วงเวลา	I	I	2	
4.	วงจรเรคติไฟเออร์หลายเฟสชนิดโซลิดสเตท	I	X	2	
5.	วงจรควบคุมแรงดัน	I	I	2	
6.	อุปกรณ์ไทริสเตอร์	I	X	3	
7.	วงจรแอมปลิไฟเออร์	I	I	3	
8.	วงจรดิจิตอล วงจรรวม	I	X	2	

F หมายถึง ความถี่ในการใช้งาน

X : ใช้งานเป็นประจำ

I : ใช้แต่ไม่เป็นประจำ

O : นาน ๆ ใช้ที

I หมายถึง ความสำคัญ

X : มีความสำคัญต่อวิชาจนขาดไม่ได้

I : เป็นส่วนช่วยให้งานอื่นบรรลุผล

O : ไม่สำคัญต่อวิชา

D หมายถึง ความยากง่าย

3 : เป็นงาน ที่ปฏิบัติยาก ต้องใช้ความรู้และทักษะมาก

2 : มีความยากในระดับปานกลางอาจใช้ความรู้น้อยแต่ทักษะมาก

1 : มีความง่ายในการปฏิบัติ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ก-4 การประเมินหัวข้อย่อย (Sub Topic)

หัวข้อย่อย	ความรู้	T.K.			ทักษะ	T.S.		
		R	A	T		I	C	A
1.1 สารกึ่งตัวนำและไดโอด	1.1.1 ความหมายของสารกึ่งตัวนำ		✓		1.1 การนำไดโอดไปใช้งาน			✓
	1.1.2 ชนิดของสารกึ่งตัวนำ	✓						
	1.1.3 คุณสมบัติของไดโอด	✓						
1.2 วงจรเรียงกระแส	1.2.1 ความหมายของวงจรเรียงกระแส		✓		1.2 การประยุกต์ใช้วงจรเรียงกระแส			✓
	1.2.2 ประเภทของวงจรเรียงกระแส		✓					
	1.2.3 หลักการของวงจรเรียงกระแส	✓						
2.1 อุปกรณ์ตรวจจับแสง	2.1.1 ชนิดของอุปกรณ์ตรวจจับแสง	✓			2.1 การนำอุปกรณ์ตรวจจับแสงไปใช้งาน		✓	
	2.1.2 คุณสมบัติของอุปกรณ์ตรวจจับแสง			✓				
	2.1.3 หลักการทำงานอุปกรณ์ตรวจจับแสง			✓				
2.2 อุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ	2.2.1 ชนิดของอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ	✓			2.2 การนำอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิไปใช้งาน			✓
	2.2.2 คุณสมบัติของอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ			✓				

T.K. : Type of Knowledge, R : Recalled, A : Applied, T : Transfer

T.S. : Type of Skill, I : Imitation, C : Control, A : Automation

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ก-4 (ต่อ)

หัวข้อย่อย	ความรู้	T.K.			ทักษะ	T.S.		
		R	A	T		I	C	A
2.2 อุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ	2.2.3 หลักการทำงานอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ		✓					
3.1 RC Timer	3.1.1 ความหมายของวงจรหน่วง-เวลา			✓	3.1 การประยุกต์ใช้ RC Timer		✓	
	3.1.2 คุณสมบัติของวงจร RC Timer		✓					
	3.1.3 หลักการทำงาน RC Timer		✓					
3.2 ไอซีหน่วงเวลา 555	3.2.1 คุณสมบัติของไอซีหน่วง-เวลา 555		✓		3.2 การประยุกต์ใช้ไอซีหน่วง-เวลา 555		✓	
	3.2.2 หลักการทำงานไอซีหน่วง-เวลา 555		✓					
4.1 วงจรเรคติไฟเออร์ 3 เฟส	4.1.1 ความหมายของวงจรวงจรเรคติไฟเออร์หลายเฟส			✓	4.1 การนำวงจรเรคติไฟเออร์ 3 เฟสไปใช้งาน	✓		
	4.1.2 คุณสมบัติของวงจรเรคติไฟ-เออร์ 3 เฟส			✓				
	4.1.3 หลักการทำงานวงจรเรคติไฟเออร์ 3 เฟส			✓				

T.K. : Type of Knowledge, R : Recalled, A : Applied, T : Transfer

T.S. : Type of Skill, I : Imitation, C : Control, A : Automation

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ก-4 (ต่อ)

หัวข้อย่อย	ความรู้	T.K. R	T.K. A	T.K. T	ทักษะ	T.S. I	T.S. C	T.S. A
4.2 วงจรเรคติไฟเออร์ 6 เฟส	4.2.1 ความหมายของวงจรวงจรเรคติไฟเออร์หลายเฟส			✓	4.2 การนำวงจรเรคติไฟเออร์ 6 เฟสไปใช้งาน	✓		
	4.2.2 คุณสมบัติของวงจรเรคติไฟเออร์ 6 เฟส		✓					
	4.2.3 หลักการทำงานวงจรเรคติไฟเออร์ 6 เฟส		✓					
5.1 วงจรควบคุมแรงดันไฟตรง	5.1.1 คุณสมบัติของวงจรควบคุมแรงดันไฟตรง		✓		5.1 การนำวงจรควบคุมแรงดันไฟตรงไปใช้งาน		✓	
	5.1.2 หลักการทำงานวงจรวงจรควบคุมแรงดันไฟตรง		✓					
5.2 วงจรควบคุมแรงดันไฟสลับ	5.2.1 คุณสมบัติของวงจรควบคุมแรงดันไฟสลับ			✓	5.2 การนำวงจรควบคุมแรงดันไฟสลับไปใช้งาน		✓	
	5.2.2 หลักการทำงานวงจรวงจรควบคุมแรงดันไฟสลับ			✓				
6.1 SCR	6.1.1 สัญลักษณ์และโครงสร้างของ SCR			✓	6.1 การนำ SCR ไปประยุกต์ใช้งาน		✓	
	6.1.2 คุณสมบัติและการเลือกใช้ SCR		✓					
	6.1.3 หลักการทำงานของ SCR		✓					
	6.1.4 การคำนวณวงจร SCR			✓				

T.K. : Type of Knowledge, R : Recalled, A : Applied, T : Transfer

T.S. : Type of Skill, I : Imitation, C : Control, A : Automation

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ก-4 (ต่อ)

หัวข้อย่อย	ความรู้	T.K.			ทักษะ	T.S.		
		R	A	T		I	C	A
6.2 TRIAC	6.2.1 สัญลักษณ์และโครงสร้างของ TRIAC		✓		6.2 การนำTRIAC ไปประยุกต์ใช้งาน		✓	
	6.2.2 หลักการทำงานของ TRIAC		✓					
6.3 UJT	6.3.1 สัญลักษณ์และโครงสร้างของ UJT		✓		6.3 การประยุกต์ใช้งานของ UJT		✓	
	6.3.2 หลักการทำงานของ UJT	✓						
	6.3.3 การคำนวณวงจร ของ UJT		✓					
6.4 PUT	6.4.1 สัญลักษณ์และโครงสร้างของ PUT		✓		6.4 การประยุกต์ใช้งานของ PUT		✓	
	6.4.2 หลักการทำงานของ PUT	✓						
	6.4.3 การคำนวณวงจร ของ PUT		✓					
7.1 วงจรแอมปลิไฟ-เออร์ ด้วยทรานซิสเตอร์	7.1.1 คุณสมบัติของวงจรแอมปลิ-ไฟเออร์ ด้วยทรานซิสเตอร์		✓		7.1 การนำวงจรแอมปลิไฟเออร์ด้วยทรานซิสเตอร์ไปใช้งาน		✓	
	7.1.2 หลักการทำงานวงจรแอมปลิไฟเออร์ด้วยทรานซิสเตอร์	✓						
7.2 วงจรแอมปลิไฟ-เออร์ ด้วยออปแอมป์	7.2.1 คุณสมบัติของวงจรแอมปลิ-ไฟเออร์ ด้วยออปแอมป์		✓		7.2 การนำวงจรแอมปลิไฟเออร์ด้วยออปแอมป์ไปใช้งาน		✓	
	7.2.2 หลักการทำงานวงจรแอมปลิไฟเออร์ ด้วยออปแอมป์	✓						

T.K. : Type of Knowledge, R : Recalled, A : Applied, T : Transfer

T.S. : Type of Skill, I : Imitation, C : Control, A : Automation

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ก-4 (ต่อ)

หัวข้อย่อย	ความรู้	T.K.			ทักษะ	T.S.		
		R	A	T		I	C	A
8.1 วงจรดิจิตอล	8.1.1 ความหมายของวงจรดิจิตอล			✓	8.1 การนำวงจรดิจิตอลไปประยุกต์ใช้งาน		✓	
	8.1.2 ชนิดของวงจรดิจิตอล		✓					
	8.1.3 คุณสมบัติของวงจรดิจิตอล		✓					
	8.1.4 หลักการทำงานวงจรดิจิตอล		✓					
8.2 วงจรรวม	8.2.1 ความหมายของวงจรรวม			✓	8.2 การนำวงจรรวมไปประยุกต์ใช้งาน		✓	
	8.2.2 ชนิดของวงจรรวม		✓					
	8.2.3 คุณสมบัติของวงจรรวม		✓					
	8.2.4 หลักการทำงานวงจรรวม		✓					

T.K. : Type of Knowledge, R : Recalled, A : Applied, T : Transfer

T.S. : Type of Skill, I : Imitation, C : Control, A : Automation

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ก-5 ตัวอย่างการเขียนวัตถุประสงค์จากงานย่อย ของ SCR

หัวข้อย่อย	ความรู้	T.K.			ทักษะ	T.S.		
		R	A	T		I	C	R
6.1 SCR	1. สัญลักษณ์และโครงสร้างของ SCR 2. คุณสมบัติและการเลือกใช้ SCR 3. หลักการทำงานของ SCR 4. การคำนวณวงจร SCR	✓	✓ ✓	✓	1. การนำ SCR ไปประยุกต์ใช้งาน		✓	

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกสัญลักษณ์และโครงสร้างของ SCR ได้
2. อธิบายคุณสมบัติแรงดันและกระแสของ SCR ได้
3. บอกวิธีการเลือกใช้ SCR ได้
4. อธิบายวิธีการไบอัสให้ SCR นำกระแสได้
5. อธิบายวิธีการทำให้ SCR หยุดนำกระแสได้
6. คำนวณวงจร SCR ได้
7. ทดสอบการวัด SCR ด้วยมัลติมิเตอร์ได้
8. ใช้ SCR ควบคุมแรงดันไฟตรงได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ก-6 ตัวอย่างการเขียนวัตถุประสงค์จากงานย่อย ของ Triac

หัวข้อย่อย	ความรู้	T.K.			ทักษะ	T.S.		
		R	A	T		I	C	R
6.2 TRIAC	1. สัญลักษณ์และโครงสร้างของ TRIAC 2. หลักการทำงานของ TRIAC	✓	✓		1. การนำTRIAC ไปประยุกต์ใช้งาน		✓	

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกสัญลักษณ์และโครงสร้างของ TRIAC ได้
2. บอกวิธีการเลือกใช้ TRIAC ได้
3. อธิบายวิธีการทำให้ TRIAC นำกระแสได้
4. อธิบายวิธีการทำให้ TRIAC หยุดนำกระแสได้
5. บอกการนำ TRIAC ไปใช้งานได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ก-7 ตัวอย่างการเขียนวัตถุประสงค์จากงานย่อย ของ UJT

หัวข้อย่อย	ความรู้	T.K.			ทักษะ	T.S.		
		R	A	T		I	C	R
6.3 UJT	1. สัญลักษณ์และโครงสร้างของ UJT 2. หลักการทำงานของ UJT 3. การคำนวณวงจรของ UJT		✓		1. การประยุกต์ใช้งานของ UJT		✓	
		✓						
			✓					

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกสัญลักษณ์และโครงสร้างของ UJT ได้
2. อธิบายคุณสมบัติของ UJT ได้
3. อธิบายวิธีการไบอัสให้ UJT นำกระแสได้
4. คำนวณ วงจรกำเนิดความถี่โดยใช้ UJT ได้
5. บอกการนำ UJT ไปใช้งานได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ก-8 ตัวอย่างการเขียนวัตถุประสงค์จากงานย่อย ของ PUT

หัวข้อย่อย	ความรู้	T.K.			ทักษะ	T.S.		
		R	A	T		I	C	R
6.4 PUT	1. สัญลักษณ์และโครงสร้างของ PUT 2. หลักการทำงานของ PUT 3. การคำนวณวงจร ของ PUT	✓	✓ ✓		1. การประยุกต์ใช้งานของ PUT		✓	

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกสัญลักษณ์และโครงสร้างของ PUT ได้
2. อธิบายคุณสมบัติของ PUT ได้
3. อธิบายวิธีการไบอัสให้ PUT นำกระแสได้
4. คำนวณ วงจรกำเนิดความถี่โดยใช้ PUT ได้
5. บอกการนำ PUT ไปใช้งานได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ก-9 ตัวอย่างการวิเคราะห์พฤติกรรม ของหัวข้อ (Topic)

พฤติกรรม / เนื้อหา	ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	ทักษะ	รวม
น้ำหนักแต่ละพฤติกรรม	10	10	10	10	10	50
1. SCR	8	9	8	6	9	40
2. TRIAC	9	9	8	7	8	41
3. UJT	9	9	8	7	8	41
4. PUT	7	8	7	8	7	37
รวม	33	35	31	28	32	139
ลำดับความสำคัญ	2	1	4	5	3	

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ก-10 ตัวอย่างการวิเคราะห์จำนวนข้อสอบ ของแต่ละหัวข้อย่อย

พฤติกรรม / เนื้อหา	ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	ทักษะ	จำนวนข้อสอบ
1. SCR	2	3	2	1	2	10
2. TRIAC	2	3	2	1	2	10
3. UJT	2	3	1	1	3	10
4. PUT	2	3	1	1	3	10
รวม	8	12	6	4	10	
ลำดับความสำคัญ	3	1	4	5	2	

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การคิดข้อสอบที่จะต้องออกแต่ละเนื้อหาใช้สูตรในการคิด ดังนี้ (ขวัญเรือน, 2541: 24)

$$\text{จำนวนข้อสอบ} = \frac{\text{น้ำหนักรวมแต่ละเนื้อหา X จำนวนข้อสอบทั้งหมด}}{\text{น้ำหนักรวมทั้งหมด}}$$

จากวิธีการที่กล่าวมา ได้กำหนดตัวแปรแต่ละอย่างให้สัมพันธ์กัน ดังนี้

- กำหนดข้อสอบแต่ละเนื้อหา จำนวน 10 ข้อ
- น้ำหนักรวมแต่ละเนื้อหา ⇒ น้ำหนักแต่ละพฤติกรรม
- น้ำหนักรวมทั้งหมด ⇒ น้ำรวมของพฤติกรรม

เช่น หัวข้อย่อย เรื่อง SCR

$$\text{จำนวนข้อสอบของความรู้ความจำ} = \frac{8x10}{40}$$

$$= 2 \text{ ข้อ}$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ข

รายการอุปกรณ์

ตำแหน่งการวางอุปกรณ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ข-1 รายการอุปกรณ์

รายการอุปกรณ์	จำนวน(ตัว)	รายการอุปกรณ์	จำนวน(ตัว)
1. TRIAC Q4010L4	1	26. SCR	1
2. TRIAC BTA06 600C	1	27. TR npn, pnp	2
3. SCR 2P4M	1	28. MJF 3055	1
4. UJT 2N2646	2	29. FET	2
5. PUT 2N6027	1	30. ZD 7.2 V	1
6. POT 100k	3	31. ZD 5.1 V	1
7. POT 500	1	32. D 2N4004	6
8. D 1N4148	1	33. D 1N4004	8
9. C 0.1uF 100v	2	34. D 1N4002	20
10. R 680	1	35. 1N 5761	1
11. R 470	2	36. 1N 6151	1
12. R 100	4	37. 2N 4170	1
13. R 68k	3	38. IC 741	1
14. R 10k	11	39. C 0.01uF	5
15. R 1k	14	40. R 68	1
16. R 4.7k	3	41. R 100k	7
17. แผ่นพลาสติกใส 3 ซ.ม.	5	42. R 3.3k	1
18. กล่อง 10x12 นิ้ว	5	43. R 330	1
19. เหล็ก 1เส้น	1	44. R 2.2k	5
20. อลูมิเนียม 2 เมตร	1	45. R 220k	1
21. สีสเปรย์	1	46. R 22, 5w	3
22. ฝาจุกพลาสติก	8	47. VR 50k	2
23. สติกเกอร์ 2 เมตร	1	48. VR 10k	2
24. หลอดไฟ	1	49. หลอดไฟ 24Vac	2
25. อื่นๆ บล็อกสกรีน	5	50. แคดเซลล์	1

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

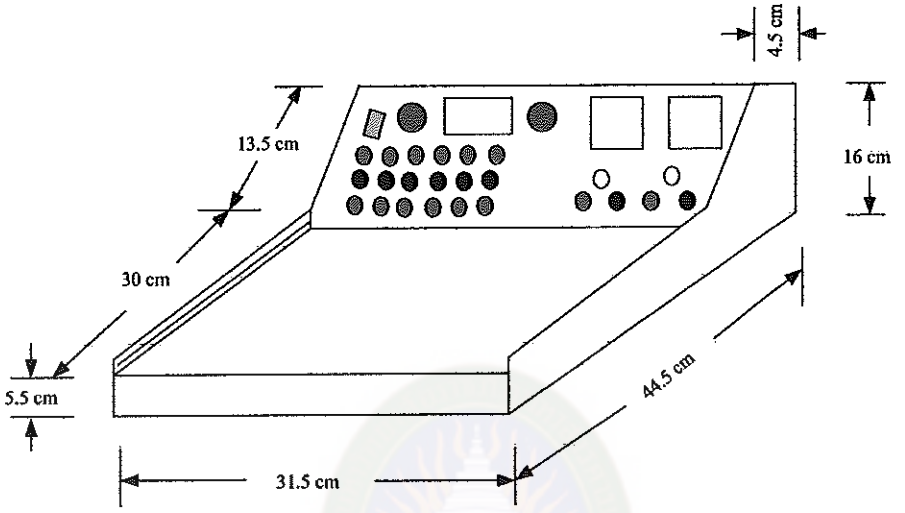
ตารางที่ ข–1 รายการอุปกรณ์ (ต่อ)

รายการอุปกรณ์	จำนวน(ตัว)	รายการอุปกรณ์	จำนวน(ตัว)
51. R 10	5	76. BD 139	1
52. R 50	1	77. BD 140	1
53. R 27	7	78. D 1N4148	2
54. R 560	1	79. SW. power	1
55. R 2.7k	1	80. SW. AC ปรับค่าได้	1
56. R 1.8k	1	81. SW. DC ปรับค่าได้	1
57. R 5k	2	82. SW. ฟังชันเจน	1
58. R 20k	1		
59. R 1M	1		
60. D140	1		
61. 2N 3055	1		
62. TR 9012	1		
63. IC UA723	1		
64. IC 74C926	1		
65. IC 7017	3		
66. IC 4011	1		
67. IC 7905	2		
68. IC 7805	1		
69. IC 74C14	1		
70. 1N 4001	4		
71. C 2200uF 35V	1		
72. C 0.12 uF 50V	4		
73. C 100 uF 35V	1		
74. C 0.1 uF 50V	1		
75. XR-2206	1		

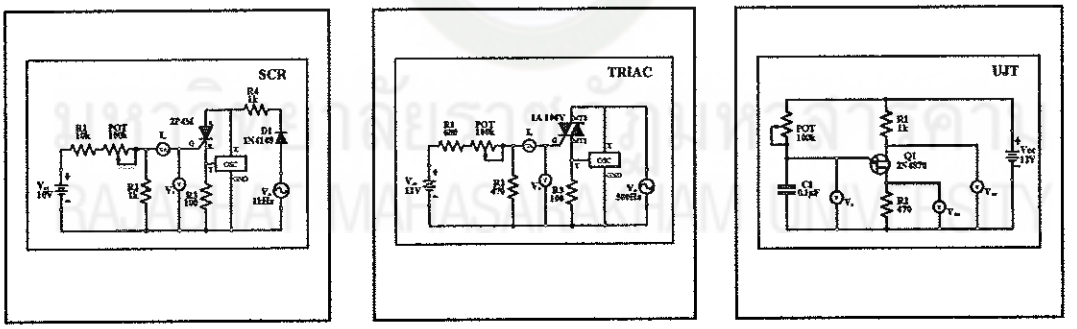
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

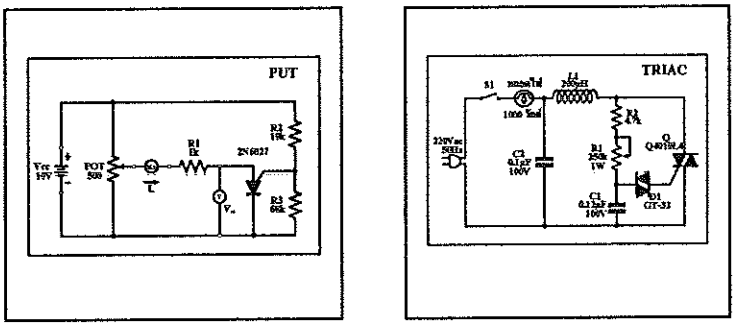
ตำแหน่งการวางอุปกรณ์

ตัวอย่าง ชุดเมนบอร์ด

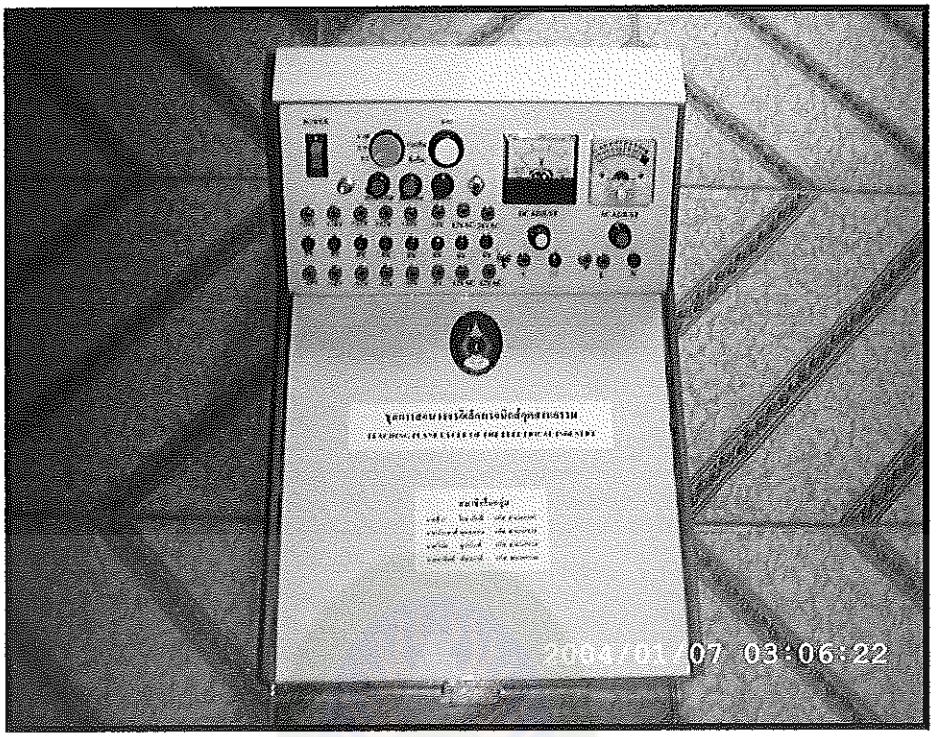


ตัวอย่าง บอร์ดทดลอง

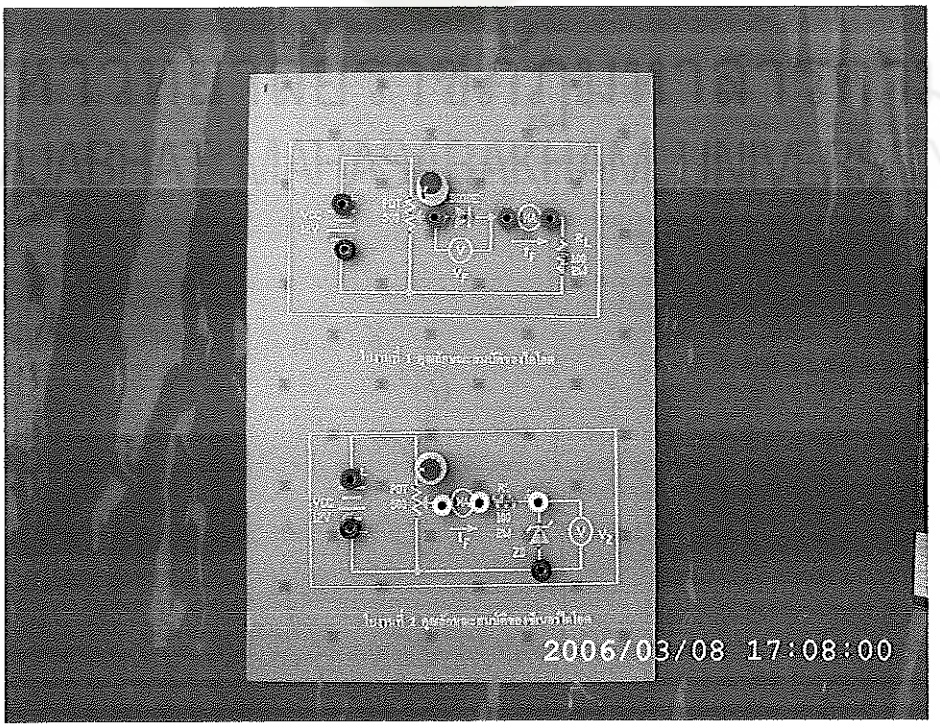




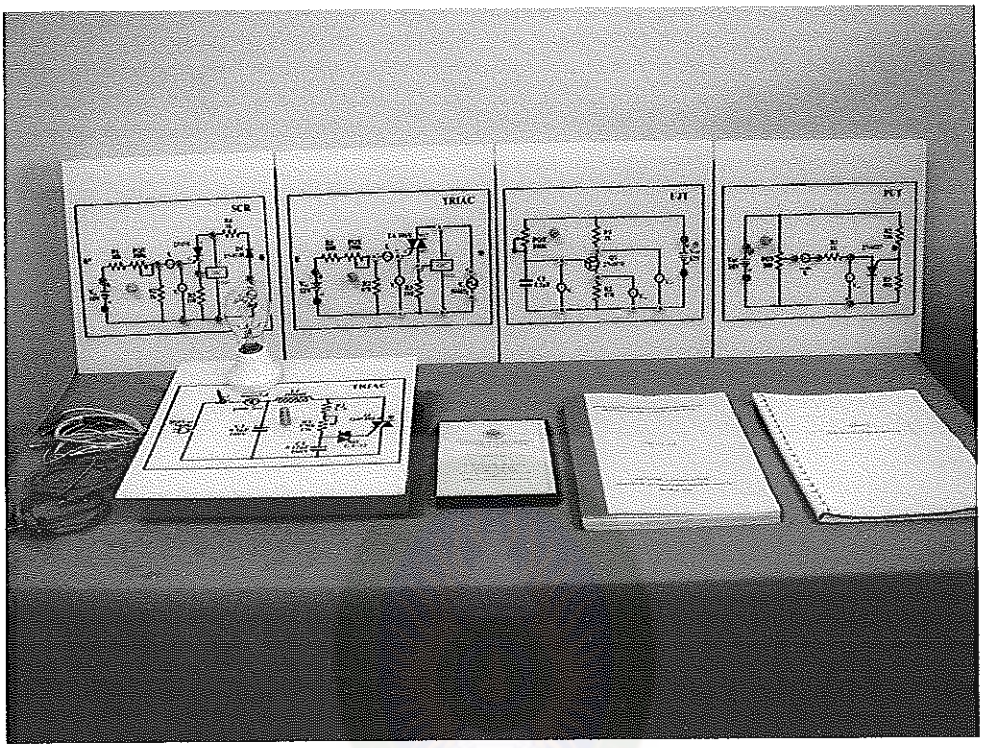
ภาพที่ ข-1 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์



ภาพที่ ข-2 ลักษณะของชุดเมนบอร์ด



ภาพที่ ข-3 ลักษณะบอร์ดทดลอง



ภาพที่ ข-4 ตัวอย่างชุดการสอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างใบเนื้อหาที่ 6

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

	ใบเนื้อหาที่	หน้า 1
	วิชา อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม	หน่วยที่ 6
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ไทริสเตอร์	สอนครั้งที่ 10
	เรื่อง เอสซีอาร์ ไตรแอก ยูเจที พียูที	จำนวน 6 คาบ

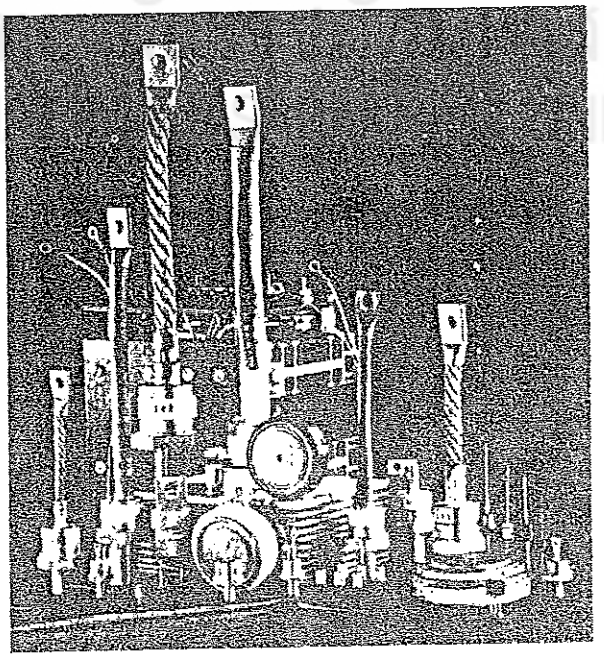
หน่วยที่ 6

อุปกรณ์ไทริสเตอร์

6.1 บทนำ

ไทริสเตอร์เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่มีคุณสมบัติคล้ายหลอดไทราตรอน โครงสร้างของไทริสเตอร์ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำอย่างน้อย 4 ชั้น คือ p n p n ไทริสเตอร์มีบทบาทสำคัญต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังเป็นอย่างมาก การใช้งานของไทริสเตอร์เป็นไปอย่างกว้างขวาง และนับวันจะเพิ่มบทบาทต่อการใช้งานมากขึ้น ปัจจุบันเรามักใช้ไทริสเตอร์ในวงจรควบคุมกำลังงาน วงจรจ่ายไฟ วงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์ อินเวอร์เตอร์ และคอนเวอร์เตอร์ เป็นต้น

ไทริสเตอร์เป็นกลุ่มของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง เอสซีอาร์และไตรแอก เป็นอุปกรณ์ที่ค่อนข้างจะเป็นที่รู้จักกันเป็นอย่างดีในกลุ่มไทริสเตอร์ สำหรับในบทนี้เราจะเน้นถึงตัวอุปกรณ์ทั้งสองอย่างนี้เป็นสำคัญ



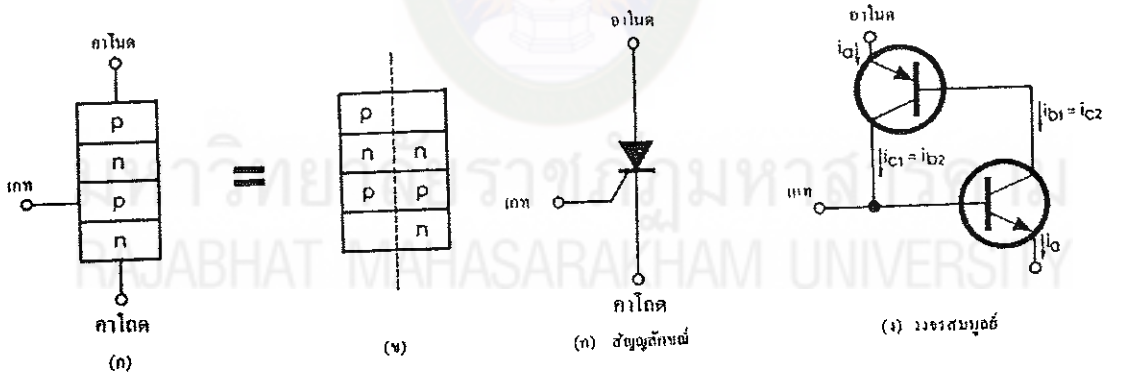
รูปที่ 6.1 ตัวอย่างอุปกรณ์ไทริสเตอร์แบบต่าง ๆ

	ใบเนื้อหาที่	หน้า 2
	วิชา อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม	หน่วยที่ 6
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ไทริสเตอร์	สอนครั้งที่ 10
	เรื่อง เอสซีอาร์ ไตรแอก ยูเจที พียูที	จำนวน 6 คาบ

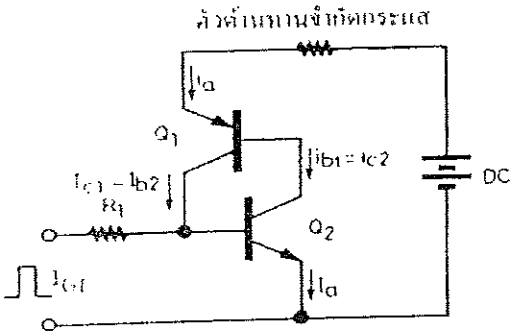
6.2 เอสซีอาร์ (SCR)

ก่อนอื่นเรามาพิจารณาโครงสร้างการทำงานของเอสซีอาร์ก่อน เอสซีอาร์เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ให้คุณสมบัติคล้ายไดโอด แต่เป็นไดโอดที่มีการควบคุมได้ การควบคุมในที่นี้หมายถึงการทำให้ไดโอดนำกระแสหรือหยุดนำกระแสได้นั่นเอง ลักษณะโครงสร้างและวงจรสมมูลย์แทนได้ดังวงจรในรูปที่ 6.2

เมื่อแบ่งโครงสร้างของเอสซีอาร์ออกเป็นสองซีก โดยการแทรกทรานซิสเตอร์ในรูปของ npn และ pnp สองตัว วงจรที่แทนเอสซีอาร์ก็จะได้ดังรูปที่ 6.2 (ง) คราวนี้เรามาพิจารณาการทำงานโดยปกติ เมื่อเรายังไม่ป้อนกระแสเข้าทางเกทไม่ว่าแรงดันที่อาโนดหรือคาโทดจะเป็นบวกหรือลบก็ตาม เอสซีอาร์จะยังไม่นำกระแส ครั้งเมื่อให้แรงดันกับเอสซีอาร์โดยขั้วอาโนดมีศักย์เป็นบวกเมื่อเทียบกับคาโทดแล้วทำการป้อนกระแสทริกให้กับเอสซีอาร์แต่เพียงน้อยนิด



รูปที่ 6.2 โครงสร้างและวงจรสมมูลย์ของเอสซีอาร์



รูปที่ 6.3 วงจรแสดงการทำงานของเอสซีอาร์

	ใบเนื้อหาที่	หน้า 3
	วิชา อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม	หน่วยที่ 6
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ไทริสเตอร์	สอนครั้งที่ 10
	เรื่อง เอสซีอาร์ ไตรแอก ยูเจที พียูที	จำนวน 6 คาบ

เมื่อมีกระแสไหลเข้าที่เบสของทรานซิสเตอร์ Q_2 ก็จะมีกระแสคอลเล็กเตอร์ไหลด้วย ปริมาณของกระแสคอลเล็กเตอร์ (I_{c2}) มีค่าโดยประมาณเท่ากับ $I_{b2} \times \beta$ กระแสส่วนนี้จะมีค่าเท่ากับกระแสเบสของทรานซิสเตอร์ Q_1 (i_{b1}) กระแสเบสของ Q_1 ก็จะทำให้เกิดกระแสคอลเล็กเตอร์ของ Q_1 ซึ่งพลอยเป็นกระแสเบสของ Q_2 และวนเช่นนี้เรื่อยไป ดังนั้น เมื่อกระแสทริกแต่เพียงน้อยนิดก็จะทำให้เอสซีอาร์นำกระแสได้ทันที

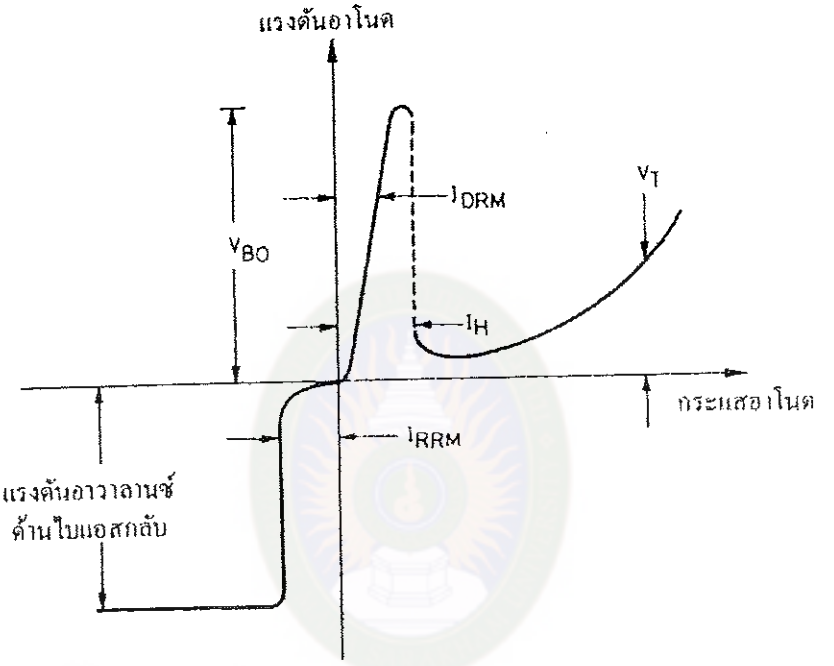
ในการสร้างเอสซีอาร์ผู้ผลิตจะต้องลดอัตราขยายของทรานซิสเตอร์ Q_1 ลง และเพิ่มค่าความต้านทานที่ต่ออนุกรมที่เบสของทรานซิสเตอร์ Q_2 เพื่อลดความไวลง ทั้งนี้เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนที่ทำให้เกิดการทริกได้

6.3 ลักษณะสมบัติแรงดันและกระแสของไทริสเตอร์

เมื่อป้อนแรงดันไฟตรงค่าน้อย ๆ คร่อมขั้วอาโนดกับขั้วคาโถดของเอสซีอาร์ โดยให้แรงดันที่อาโนดเป็นบวก เทียบกับคาโถดและปล่อยให้ขาเกทว่างไว้ เอสซีอาร์จะไม่นำกระแส ถ้าเพิ่มแรงดันขึ้นสูงเรื่อย ๆ จนถึงค่า ๆ หนึ่งเรียกว่า แรงดันพังทลายด้านฟอร์เวิร์ด (forward breakover voltage : V_{BO}) ของเอสซีอาร์ จะทำให้เอสซีอาร์นำกระแสได้และอาจจะเสียหายถ้าไม่มีการจำกัดกระแส โดยปกติเอสซีอาร์สามารถนำกระแสได้ด้วยค่าแรงดันที่อาโนดต่ำกว่าค่าแรงดันพังทลายด้านฟอร์เวิร์ด (V_{BO}) โดยการป้อนกระแสจำนวนพอเหมาะเข้าไปทางขาเกทเพื่อทริกให้เอสซีอาร์นำกระแส เอสซีอาร์จะนำกระแสค้างอยู่ได้แม้ว่าจะไม่มีกระแสป้อนเข้าที่เกทอีกก็ตาม การนำกระแสด้วยการทริกนี้มีเงื่อนไขต้องให้ส่วนของกระแสระหว่างอาโนดคาโถดขณะนั้นมีค่ามากกว่าค่า ๆ หนึ่งที่เรียกว่า กระแสค้าง (latching current : I_L) เมื่อเอสซีอาร์นำกระแสแล้วและจะกลับคืนสู่สภาวะหยุดนำกระแสอีกครั้งหนึ่งเมื่อกระแสอาโนดมีค่าน้อยกว่า กระแสยึด (Holding current : I_H) โดยทั่วไปกระแสค้างจะมีค่าสูงกว่ากระแสยึดอยู่ประมาณ 2 เท่า

ถ้าป้อนแรงดันคร่อมอาโนดเป็นลบเทียบกับคาโถด เอสซีอาร์จะไม่นำกระแส เมื่อแรงดันนี้สูงถึงค่า ๆ หนึ่งเรียกว่า แรงดันอาวาลานซ์ด้านรีเวิร์ส (reverse avalanch voltage) จะมีกระแสไหลผ่านเอสซีอาร์ได้มาก เพราะขั้วต่อภายในเสียทะลุไปแล้ว ในการป้อนแรงดันแบบนี้กระแสเกทไม่มีผลทำให้เอสซีอาร์นำกระแสได้เลย

	ใบเนื้อหาที่	หน้า 4
	วิชา อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม	หน่วยที่ 6
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ไทริสเตอร์	สอนครั้งที่ 10
	เรื่อง เอสซีอาร์ ไตรแอก ยูเจที พียูที	จำนวน 6 คาบ



รูปที่ 6.4 แสดงลักษณะสมบัติแรงดันและกระแสของเอสซีอาร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากรูปที่ 6.4 อักษรย่อต่าง ๆ ในรูปมีชื่อเรียกดังนี้

V_{BO} คือ แรงดันพังทลายด้านฟอร์เวิร์ด

I_{DRM} คือ ค่ากระแสรั่วไหลในขณะที่เอสซีอาร์ได้รับการไบแอสตรงแต่ยังไม่นำกระแส

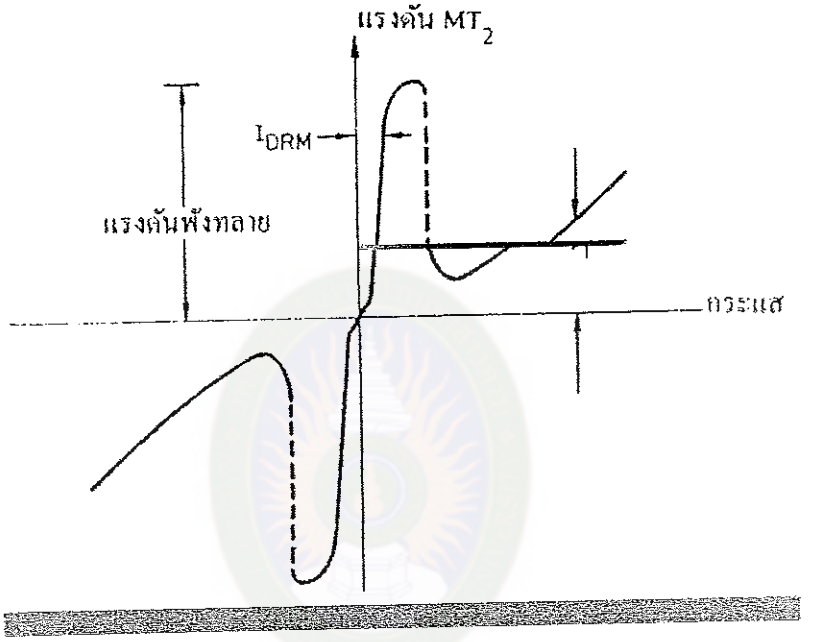
I_H คือ กระแสยึด

I_{RRM} คือ กระแสรั่วไหลในขณะที่เอสซีอาร์ได้รับการไบแอสกลับ

V_T คือ แรงดันอาโนดที่ขณะใด ๆ เมื่อเอสซีอาร์นำกระแสแล้ว

เอสซีอาร์จะนำกระแสได้ต่อเมื่อแรงดันอาโนดเป็นบวกเทียบกับคาโทด และกระแสเกทเป็นบวกเท่านั้น สำหรับกรณีไตรแอก ไตรแอกสามารถนำกระแสได้ถึง 4 ควอแดรนท์ ลักษณะสมบัติทางด้านแรงดันและกระแสของไตรแอกจึงเหมือนกับเอสซีอาร์สองตัวกลับข้างกันดังรูปที่ 6.5

	ใบเนื้อหาที่	หน้า 5
	วิชา อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม	หน่วยที่ 6
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ไทริสเตอร์	สอนครั้งที่ 10
	เรื่อง เอสซีอาร์ ไตรแอก ยูเจที พียูที	จำนวน 6 คาบ



รูปที่ 6.5 กราฟลักษณะสมบัติของไตรแอก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

6.4 การเลือกใช้ไทริสเตอร์และการอ่านเสปค

การเลือกใช้ไทริสเตอร์นั้นต้องพิจารณาถึงจุดมุ่งหมายหลักของการใช้งานก่อน เอสซีอาร์เป็นอุปกรณ์ที่ให้กระแสไหลด้านเดียว ส่วนไตรแอกยอมให้กระแสไหลได้สองด้าน ดังนั้นการควบคุมไฟตรงมักใช้เอสซีอาร์และไฟสลับมักใช้ไตรแอก แต่อย่างไรก็ตามถ้าต้องการควบคุมปริมาณกระแสสูง ๆ ก็มักใช้เอสซีอาร์ทั้งนี้เพราะไตรแอกที่ทนกระแสสูงมาก ๆ หาได้ยากและราคาแพงกว่าการใช้เอสซีอาร์สองตัว

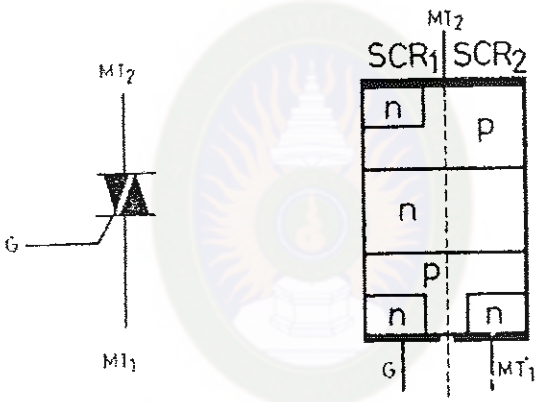
การพิจารณารายละเอียดของไทริสเตอร์มีหลักการกว้าง ๆ ดังนี้

1. ขีดจำกัดแรงดัน ในกรณีนี้เราต้องพิจารณาค่าแรงดันพังทลายด้านฟอร์เวิร์ด (forward breakover voltage : V_{BO}) และเรายังต้องพิจารณาค่าแรงดันพังขณะริเวิรส์ไบแอสด้วย ค่าแรงดันเหล่านี้ต้องมีค่ามากกว่าค่าแรงดันที่ป้อนให้คร่อมตัวมัน เช่น จะป้อนไฟสลับ 220 โวลท์ ไทริสเตอร์ต้องทนแรงดันได้มากกว่า 308 โวลท์ เพราะไฟสลับ 220 โวลท์เป็นรูปคลื่นซายน์ที่มีค่าแรงดันสูงสุดตรงยอดคลื่นเป็น $220\sqrt{2} = 308$ โวลท์

	ใบเนื้อหาที่	หน้า 6
	วิชา อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม	หน่วยที่ 6
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ไทริสเตอร์	สอนครั้งที่ 10
	เรื่อง เอสซีอาร์ ไตรแอก ยูเจที พียูที	จำนวน 6 คาบ

6.5 ไตรแอก (TRIAC)

ไตรแอกเป็นไทริสเตอร์ที่นำกระแสได้สองทิศทาง กล่าวคือ ไตรแอกก็คือเอสซีอาร์สองตัวที่ต่อหันหัวตรงข้ามกัน แต่การต่อเช่นนั้นใช้หลักการของชิ้นสารกึ่งตัวนำที่เป็น n p n p n ซึ่งมีทั้งสิ้น 5 ชั้น โดยมีลักษณะโครงสร้างที่เขียนเป็นไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 6.21

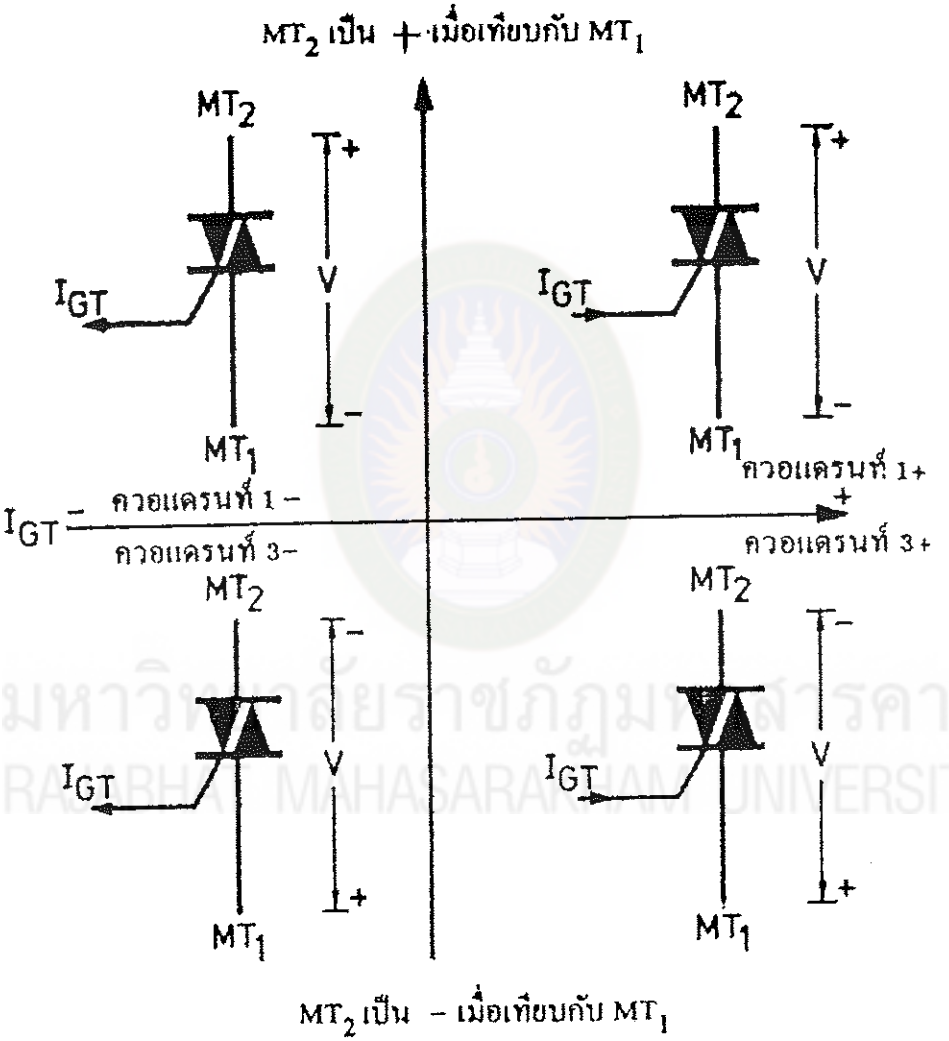


มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 6.21 โครงสร้างของไตรแอก

ส่วนการทริกให้ไตรแอกทำงานสามารถทำได้ทั้งกระแสบวก (กระแสไหลเข้าเกท) และกระแสเกทเป็นลบ (กระแสไหลออกจากเกท) ลักษณะของการทริกจึงแบ่งแยกออกเป็นควอแดรนท์ได้ 4 แบบ คือ

	ใบเนื้อหาที่	หน้า 7
	วิชา อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม	หน่วยที่ 6
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ไทริสเตอร์	สอนครั้งที่ 10
	เรื่อง เอสซีอาร์ ไตรแอก ยูเจที พียูที	จำนวน 6 คาบ



รูปที่ 6.22 ลักษณะของการทริกให้ไตรแอกทำงาน

1) ควอแดรนท์ 1+ เป็นลักษณะที่แรงดัน MT_2 เป็นบวกเทียบกับ MT_1 กระแสทริกเกทเป็นค่าบวก (กระแสไหลเข้าเกท) เมื่อไตรแอกนำกระแสจะไหลจาก MT_2 ไป MT_1 เป็นลักษณะที่ทริกได้ง่ายที่สุด คือใช้กระแสทริกไตรแอกน้อยที่สุด

	ใบเนื้อหาที่	หน้า 8
	วิชา อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม	หน่วยที่ 6
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ไทริสเตอร์	สอนครั้งที่ 10
	เรื่อง เอสซีอาร์ ไตรแอก ยูเจที พียูที	จำนวน 6 คาบ

2) ควอแดรนท์ 1- เป็นลักษณะที่แรงดัน MT_2 เป็น + เทียบกับ MT_1 กระแสทริกเกทเป็นค่าลบ (กระแสไหลออกจากเกท) เมื่อไตรแอกนำกระแสจะไหลจาก MT_2 ไปยัง MT_1 เป็นลักษณะที่ทริกได้ยากต้องใช้กระแสในการทริกไตรแอกสูง

3) ควอแดรนท์ 3+ เป็นลักษณะที่แรงดัน MT_2 เป็น – เทียบกับ MT_1 กระแสทริกเป็นค่าบวก เมื่อนำกระแสจะไหลจาก MT_1 ไป MT_2 เป็นลักษณะที่ทริกได้ยากที่สุด ต้องใช้กระแสในการทริกสูงมาก

4) ควอแดรนท์ 3- เป็นลักษณะที่แรงดัน MT2 เป็น – เทียบกับ MT1 กระแสทริกเป็นค่าลบ เมื่อนำกระแสจะไหลจาก MT1 ไป MT2 เป็นลักษณะการทริกที่ง่ายรองมาจากควอแดรนท์ที่ 1+ ใช้กระแสในการทริกน้อย ๆ พอ ๆ กับควอแดรนท์ 1+

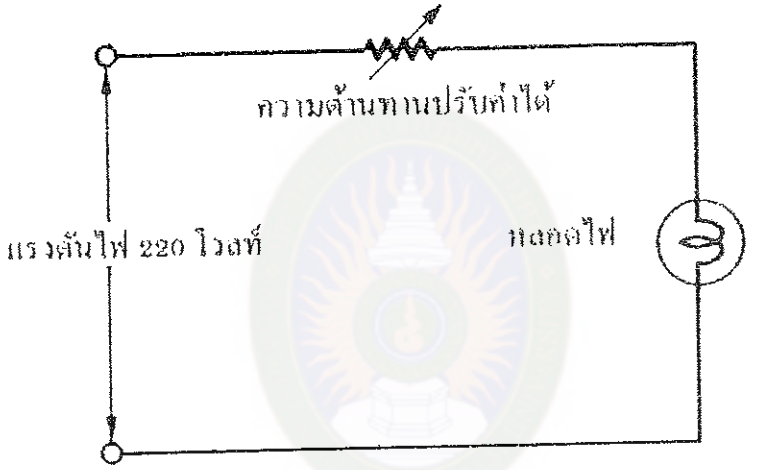
ในการใช้งานควรเลือกใช้ควอแดรนท์ 1+ กับ 3 – ซึ่งเป็นควอแดรนท์ที่ทริกได้ง่ายที่สุด โดยปกติบริษัทผู้ผลิตไทริสเตอร์จะเขียนลักษณะควอแดรนท์ 1+, 1–, 3–, 3+ เป็นควอแดรนท์ I, II, III และ IV ตามลำดับ

การใช้ไตรแอกควบคุมเฟสของแรงดันไฟสลับเพื่อใช้ในวงจรควบคุมกำลังงาน

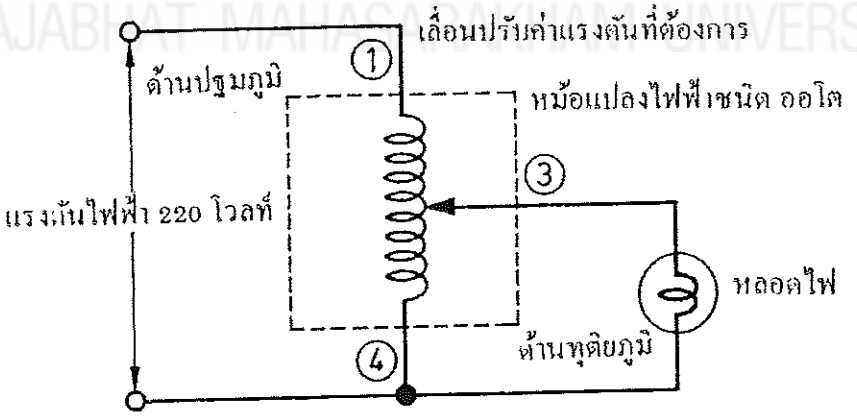
แนวความคิดเริ่มต้น วงจรควบคุมกำลังงานหรือวงจรหรี่ไฟ มีกำเนิดมาจากความไม่พอของมนุษย์นี่เอง กล่าวคือเมื่อโทมัส เอลวา เอดิสัน ประดิษฐ์หลอดไฟฟ้าขึ้นมาแล้วคนก็เลียนแบบกันไปทำออกมาเป็นแบบต่าง ๆ ขนาดกำลังความสว่างต่าง ๆ กัน 100 วัตต์บ้าง 300 วัตต์บ้าง หรือขนาด 1,000 วัตต์บ้าง เมื่อติดตั้งขนาดไฟแล้วก็ได้ความสว่างคงที่ ถ้าหากอยากให้ความสว่างน้อยลงเพราะแสงจ้าตา หรือเพราะอยากให้เกิด "บรรยากาศ" ก็ตาม เลยเกิดความอยากได้เมื่อเครื่องมืออะไรก็ได้มาลดแสงสว่างนี้ลง ตามกฎของโอห์ม แรงดันไฟฟ้า = กระแสไฟฟ้า x ความต้านทาน ฉะนั้นถ้าเอาความต้านทานต่ออนุกรมกับหลอดไฟ กระแสในวงจรจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม ความต้านทานไปส่วนหนึ่ง ส่วนที่เหลือก็จะไปจ่ายให้หลอดไฟ หลอดไฟก็จะสว่างน้อยลง ยิ่งถ้าความต้านทานตัวนี้ปรับค่าได้ด้วยแล้ว หลอดไฟก็จะสว่างมากน้อยเปลี่ยนค่าความต้านทาน ดูผิวเผินวงจรเบื้องต้นแบบนี้ก็ทำท่าจะดีอยู่หรอก แต่พอมามองให้ลึกลงไปอีกสักนิด จะเห็นว่าวงจรแบบนี้มีประสิทธิภาพน้อยมาก สมมติว่าเราต้องการให้ความสว่างของหลอดไฟขนาด 1,000 วัตต์ ลดลงมาเหลือเพียง 250 วัตต์ เราจะต้องใช้ความ

	ใบเนื้อหาที่	หน้า 9
	วิชา อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม	หน่วยที่ 6
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ไทริสเตอร์	สอนครั้งที่ 10
	เรื่อง เอสซีอาร์ ไตรแอก ยูเจที พียูที	จำนวน 6 คาบ

ต้านทานที่มีค่าความต้านทานเท่ากับหลอดไฟ 3 หลอดมาต่ออนุกรมเข้าไป และความร้อนที่สูญเสียในความต้านทานตัวนี้ก็จะมีค่า 250 x 3 = 750 วัตต์ด้วย (กรุณาเทียบระดับความร้อนสูญเสียเทียบเท่ากับหัวแร้งขนาด 40 วัตต์ แล้วจะรู้สึกว่า 750 วัตต์นี้มากพอดูทีเดียว)



รูปที่ 6.23 วงจรหรี่ไฟแบบเบื้องต้น ที่ใช้ตัวต้านทานแบบเปลี่ยนค่าได้ต่ออนุกรมกับหลอดไฟ



รูปที่ 6.24 วงจรหรี่ไฟแบบใช้หม้อแปลงไฟฟ้าเรียกว่าวาริแอค

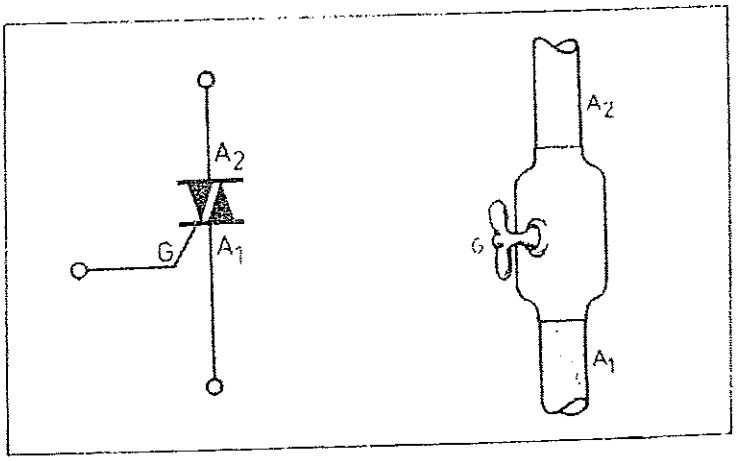
จะเห็นว่าวิธีการใช้ตัวต้านทานเป็นวิธีที่ใช้ไม่ได้ จึงหันมาใช้วงจรจำพวกหม้อแปลง หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ในจุดประสงค์นี้เป็น แบบวาริแอค (Variac) ซึ่งก็คือออโต้ทรานสฟอร์เมอร์

	ใบเนื้อหาที่	หน้า 10
	วิชา อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม	หน่วยที่ 6
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ไทริสเตอร์	สอนครั้งที่ 10
	เรื่อง เอสซีอาร์ ไตรแอก ยูเจที พียูที	จำนวน 6 คาบ

(autotransformer) ที่สามารถเลื่อนแท็บได้ สายทั้งหมดจะมีด้วยกัน 3 เส้น สายเส้นที่ 1 จะเป็นเส้นไฟเข้า, เส้นที่ 2 จะเป็นเส้นร่วม เส้นที่ 3 จะเป็นเส้นไฟออก เส้นที่ 3 นี้เองที่จะเลือกเปลี่ยนค่าไปมาบนขดลวดของหม้อแปลง ทำให้แรงดันที่สาย 3 ขึ้นลงตามไปด้วยแม้ว่าวงจรแบบนี้จะดีกว่าแบบใช้ตัวต้านทานโดยมีกำลังงานสูญเสียน้อยกว่า (มีกำลังสูญเสียในแกนเหล็ก) กินเนื้อที่น้อยกว่า แต่ก็มีข้อเสียตรงที่ว่าผิวสัมผัสระหว่างสาย 3 กับขดลวดที่เกิดจากสาย 1 และ 2 อาจสึกกร่อนเนื่องจากการเลื่อนไปมา และจากการอาร์ค ขนาดของวาริแอคก็ยังเทอะทะเคลื่อนย้ายไม่สะดวกอยู่นั่นเอง ต่อมาก็ถึงการใช้สารกึ่งตัวนำ ซึ่งผลออกมามีข้อเหนือกว่าหลายประการ แม้ว่าลักษณะรูปคลื่นที่ได้จะไม่รูปคลื่นซายน์แท้ ๆ ก็ตาม

ทฤษฎีการทำงาน วงจรหรี่ไฟแบบใช้ไตรแอกนี้ เป็นแบบที่ง่ายที่สุดของวงจรที่ใช้สารกึ่งตัวนำก่อนที่จะไปถึงวงจรก็ต้องมาศึกษาการทำงานของไตรแอกและไดแอกเสียก่อน

หน้าที่ของไตรแอกเปรียบเทียบแล้วก็เหมือนกับลิ้นปิดเปิดให้กับกระแสไฟฟ้าไปมา สำหรับลิ้นหรือวาล์วปิดเปิดน้ำจะให้น้ำไหลจากด้าน A_2 ไปยัง A_1 เมื่อมีคนมาเปิดลิ้นปิดเปิด G และจะไม่ให้น้ำไหลเมื่อปิดลิ้น G ส่วนไตรแอกนั้นจะทำหน้าที่ให้กระแสไหลจาก A_2 ไปยัง A_1 เมื่อมีแรงดันระหว่างเกท G และ A_1 มากพอ และเราจะหยุดการทำงานของไตรแอกได้ก็ด้วยการลดกระแสที่ผ่านตัวไตรแอกให้น้อยลงกว่ากระแสโฮลดิ้ง (กระแสยึด holding current)



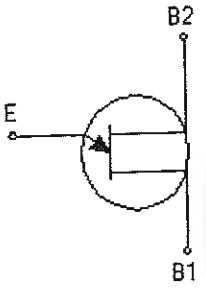
รูปที่ 6.25 เปรียบเทียบการทำงานของไตรแอกกับวาล์วปิดเปิดน้ำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

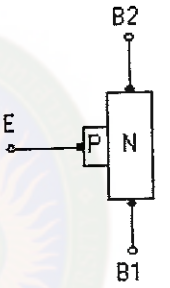
	ใบเนื้อหาที่	หน้า 11
	วิชา อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม	หน่วยที่ 6
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ไทริสเตอร์	สอนครั้งที่ 10
	เรื่อง เอสซีอาร์ ไตรแอก ยูเจที พียูที	จำนวน 6 คาบ

6.6 ยู เจ ที (UJT : The Unijunction Transistor)

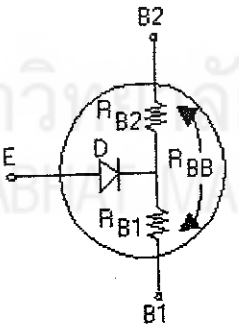
UJT หรือ ทรานซิสเตอร์ชนิดหนึ่งรอยต่อ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่กระตุ้น (Triger) ให้กับ SCR หรือ TRIAC และยังใช้งานในวงจรผลิตความถี่ (OSC) วงจรกำเนิดสัญญาณ ฟันเลื่อย วงจรควบคุมเฟส วงจรหน่วงเวลา เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6.30



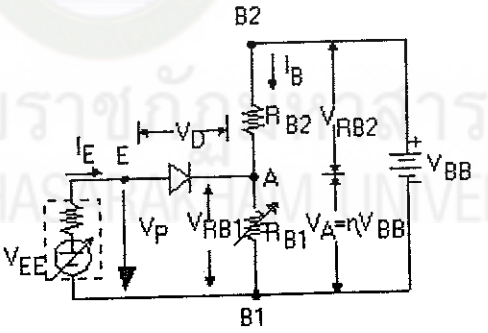
ก. สัญลักษณ์ UJT



ข. โครงสร้างของ UJT



ค. วงจรสมมูลย์



ง. การไบแอส

รูปที่ 6.30 สัญลักษณ์ โครงสร้าง วงจรสมมูลย์ และการไบแอส ยู เจ ที

1) การให้ BIAS B_2 ให้มีศักดิ์ (+) เมื่อเทียบกับขา B_1

2) มีกระแส I_E ไหลหรือมี ($V_P = V_D + V_A$) UJT จะทำงาน

3) ค่า R_{BB} สภาพ OFF สูง ประมาณ 5K ถึง 10 KOhm ทำให้สูญเสียกำลังงานน้อย

4) มีกระแสทริกต่ำมากเพียง 2-10 uA

	ใบเนื้อหาที่	หน้า 13
	วิชา อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม	หน่วยที่ 6
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ไทริสเตอร์	สอนครั้งที่ 10
	เรื่อง เอสซีอาร์ ไตรแอก ยูเจที พียูที	จำนวน 6 คาบ

$I_E = 0$

$V_P = V_D + V_A$ (6.6.6)

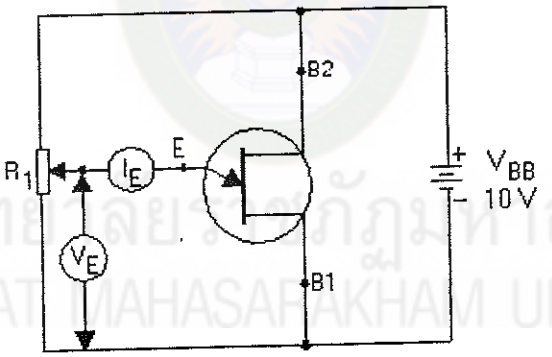
$V_P = V_D + n V_{BB}$ (6.6.7)

V_P เป็นแรงดันสูงสุดที่ทำให้ I_E ไหล UJT ทำงาน

POWER DISSIPATION (การสูญเสียกำลังงาน)

$$V_P = (V_{BB})^2 / R_{BB} \quad (6.6.8)$$

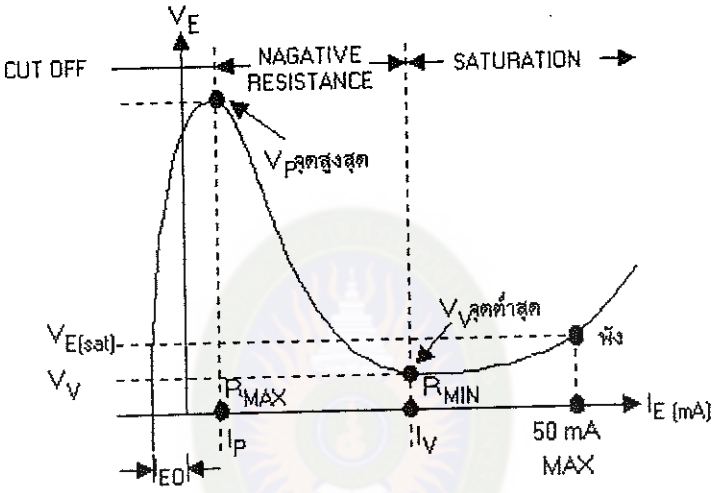
คุณสมบัติ ของ UJT



รูปที่ 6.32 วงจรทดสอบ ยู เจ ที

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

	ใบเนื้อหาที่	หน้า 14
	วิชา อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม	หน่วยที่ 6
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ไทริสเตอร์	สอนครั้งที่ 10
	เรื่อง เอสซีอาร์ ไตรแอก ยูเจที พียูที	จำนวน 6 คาบ



รูปที่ 6.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ V_E และ I_E

กำหนดให้

R_{BB} = ความต้านทานภายในของ UJT ระหว่างขา B_2 - B_1 ($R_{BB} = R_{B1} + R_{B2}$) ประมาณ 4K - 10Kohm

V_{BB} = แรงดันตกคร่อมขา B_2 และ B_1

n = อัตราส่วนอินทรินซิก สแตนออฟ อยู่ระหว่าง (0.5 - 0.75)

$V_E - V_P$ = เป็นแรงดันป้อนให้ขา E จนทำให้ DIODE ทำงาน ($V_P = V_D + V_A$)

V_D = เป็นแรงดันตกคร่อม DIODE ประมาณ 0.35 - 0.7 V ใน UJT

I_E = กระแสที่ขา E ของ UJT มีไม่เกิน 50 mA PEAK ประมาณ 2A

I_{E0} = ค่ากระแสไบอัสกลับที่ขา E จาก B_2 ไป E โดย B_1 เปิดวงจร

V_V = เป็นแรงดันต่ำสุด (VOLLAY POINT) ระหว่างขา E กับ B_1

I_V = คือค่ากระแสที่ไหลในขณะที่แรงดันขา E มีค่า V_V (4 - 6 mA) min ---->

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY