

(Electronics Devices and Circuits)

(Electronics Devices and Circuits)



120.-



อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร (Electronics Devices and Circuits)

กลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์

ISBN 978-616-495-309-3

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2568 จำนวนที่พิมพ์ 3,000 เล่ม

เรียบเรียงโดย
สายัณต์ ชื่นอารมย์

QR code e-book 4 สี

ฟรี

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย...



บริษัท วังอักษร จำกัด

69/3 ถนนอรุณอมรินทร์ แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600

โทร. 0-2472-3293-4 Mobile 08-8585-1521

Facebook : สำนักพิมพ์ วังอักษร

e-Mail : wangaksorn9@gmail.com

<http://www.wangaksorn.com>

Line ID : wangaksorn



บริษัท วังอักษร จำกัด ขอสงวนลิขสิทธิ์

ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 และพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์เพิ่มเติม พ.ศ. 2565
ห้ามมิให้ทำการคัดลอก ดัดแปลง แก้ไขเนื้อหา หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชนไม่ว่ารูปแบบใด
ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่อ้างอิงในหนังสือฉบับนี้ เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมาย
ของเจ้าของแต่ละราย บริษัทฯ มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด

**ตารางกำหนดการจัดการเรียนรู้
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร
(Electronics Devices and Circuits)**

ครั้งที่	รายการ		จำนวนชั่วโมง		
	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ท	ป	รวม
1 - 2	บทเรียนที่ 1 สารกึ่งตัวนำและไดโอด	ใบงานที่ 1.1 คุณสมบัติไดโอด ใบงานที่ 1.2 วงจรหลอด LED ใบงานที่ 1.3 คุณสมบัติของซีเนอร์ไดโอด ใบงานที่ 1.4 วงจรภาคจ่ายไฟฟ้า	2	8	10
3 - 4	บทเรียนที่ 2 ทรานซิสเตอร์	ใบงานที่ 2.1 วงจรคอมมอนเบส ใบงานที่ 2.2 วงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์ ใบงานที่ 2.3 วงจรคอมมอนอิมิตเตอร์ ใบงานที่ 2.4 วงจรของทรานซิสเตอร์	2	8	10
5 - 6	บทเรียนที่ 3 เฟด	ใบงานที่ 3.1 เจเนอเรชันเอ็นแชนเนล ใบงานที่ 3.2 วงจรขยายสัญญาณเสียง ใบงานที่ 3.3 วงจรหรีหลอดไฟฟ้า (1)	1	9	10
7 - 8	บทเรียนที่ 4 ไทรสเตอร์	ใบงานที่ 4.1 วงจรไฟฟ้ากระแสตรงของเอสซีอาร์ ใบงานที่ 4.2 วงจรหรีหลอดไฟฟ้า (2)	2	8	10
9 - 11	บทเรียนที่ 5 วงจรขยายสัญญาณเสียง และการคัปปลิง	ใบงานที่ 5.1 วงจรขยายเสียงคลาส A ใบงานที่ 5.2 วงจรขยายเสียงคลาส AB ใบงานที่ 5.3 การคัปปลิงสัญญาณเสียง	3	12	15
12 - 13	บทเรียนที่ 6 วงจรขยายแบบคาสเคด วงจรดาร์ลิ่งตัน และวงจรคอมพลิเม้นตารี	ใบงานที่ 6.1 วงจรขยายแบบคาสเคด และวงจรดาร์ลิ่งตัน ใบงานที่ 6.2 วงจรขยายเสียง คอมพลิเม้นตารี	2	8	10
14 - 16	บทเรียนที่ 7 การประยุกต์ใช้ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	ใบงานที่ 7.1 วงจรขยายสัญญาณไมโครโฟน ใบงานที่ 7.2 วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย ใบงานที่ 7.3 วงจรออสซิลเลเตอร์ ใบงานที่ 7.4 วงจรไฟฟ้าฉุกเฉิน	3	12	15
17	บทเรียนที่ 8 คู่มือและการแปลความหมาย	ใบกิจกรรมที่ 8.1 การใช้งานคู่มืออุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์	2	3	5
18	ประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา		1	4	5
	รวม		18	72	90



บริษัท วังอักษร จำกัด ได้จัดทำหนังสือวิชา **อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร (Electronics Devices and Circuits)** เพื่อใช้บูรณาการและประกอบการเรียนการสอน ตามหลักสูตรอาชีวศึกษา

(สอศ.) หลักสูตรส่งเสริมการเรียนรู้ (สกร.) หลักสูตรอุดมศึกษา ผู้สนใจในการพัฒนาการเรียนรู้และทักษะ

หนังสือเล่มนี้ประกอบด้วยเนื้อหาสาระ ใบกิจกรรม ใบงาน แบบฝึกหัดคู่ขนาน มีจุดประสงค์ในการยกระดับผู้เรียนให้เรียนทฤษฎีและปฏิบัติ เพื่อเสริมสร้างทักษะ ประสบการณ์ และการประยุกต์ใช้ได้จริง โดยเน้นกระบวนการเรียนรู้ที่มีคุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ และกิจนิสัยในการทำงาน เพื่อสร้างสมรรถนะตามความต้องการของสถานประกอบการ เนื้อหาในหนังสือเล่มนี้แบ่งออกเป็น 8 บทเรียน ประกอบด้วย **บทเรียนที่ 1 สารกึ่งตัวนำและไดโอด บทเรียนที่ 2 ทรานซิสเตอร์ บทเรียนที่ 3 เฟต บทเรียนที่ 4 ไทริสเตอร์ บทเรียนที่ 5 วงจรขยายสัญญาณเสียงและการขับพลัง บทเรียนที่ 6 วงจรขยายแบบคาสเคด วงจรดาร์ลิ่งตัน และวงจรคอมพลิเมนตารี บทเรียนที่ 7 การประยุกต์ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และบทเรียนที่ 8 คู่มือและการแปลความหมาย**

หนังสือเล่มนี้มีเนื้อหาที่ทันสมัย ตามแผนการพัฒนาศึกษาด้านวิชาชีพ ซึ่งสอดคล้องกับ ยุทธศาสตร์ชาติและแผนการศึกษาแห่งชาติ เพื่อให้ผู้เรียนมีผลลัพธ์การเรียนรู้และสมรรถนะตามมาตรฐาน ฝีมือแรงงานแห่งชาติ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน สาขาอาชีพช่างไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ สาขาช่างอิเล็กทรอนิกส์ (โทรทัศน์) ระดับ 1

สายนต์ ชื่นอารมย์

สารบัญ

บทเรียนที่ 1	สารกึ่งตัวนำและไดโอด	1
1.1	โครงสร้างอะตอม	2
1.2	สารกึ่งตัวนำ	4
1.3	ไดโอด	7
ใบงานที่ 1.1	คุณสมบัติไดโอด	26
ใบงานที่ 1.2	วงจรหลอด LED	29
ใบงานที่ 1.3	คุณสมบัติของซีเนอร์ไดโอด	31
ใบงานที่ 1.4	วงจรภาคจ่ายไฟฟ้า	34
	แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 1	37
บทเรียนที่ 2	ทรานซิสเตอร์	40
2.1	ความรู้พื้นฐานของทรานซิสเตอร์	41
2.2	การไบอัสและการทำงานของทรานซิสเตอร์	42
2.3	วงจรไบอัสทรานซิสเตอร์	48
2.4	วงจรใช้งานของทรานซิสเตอร์	52
ใบงานที่ 2.1	วงจรคอมมอนเบส	57
ใบงานที่ 2.2	วงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์	59
ใบงานที่ 2.3	วงจรคอมมอนอีมิเตอร์	61
ใบงานที่ 2.4	วงจรของทรานซิสเตอร์	63
	แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 2	66
บทเรียนที่ 3	เฟต	69
3.1	ความรู้พื้นฐานของเจเฟต	70
3.2	การไบอัสเจเฟต	71
3.3	คุณลักษณะของเจเฟต	73
3.4	วงจรคอมมอนของเจเฟต	74
3.5	วงจรไบอัสของเจเฟต	77
3.6	มอสเฟต	79
3.7	วงจรใช้งานของเฟต	84

ใบงานที่ 3.1 เจฟตชนิดเอ็นแซนเนล	87
ใบงานที่ 3.2 วงจรขยายสัญญาณเสียง	89
ใบงานที่ 3.3 วงจรหรีลลลดไฟฟฟฟ (1)	92
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 3	94
บทเรียนที่ 4 ไทริสเตอร์	97
4.1 เอสซีอาร์	98
4.2 ไตรแอค	105
4.3 ไดแอค	111
4.4 การประกยูกตไ้ไทริสเตอร์	114
ใบงานที่ 4.1 วงจรไฟฟฟฟกระแสตรงของเอสซีอาร์	119
ใบงานที่ 4.2 วงจรหรีลลลดไฟฟฟฟ (2)	121
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 4	123
บทเรียนที่ 5 วงจรขยายสัญญาณเสียงและการค้ปปลิง	126
5.1 คลาสของวงจรขยายสัญญาณเสียง	127
5.2 การค้ปปลิง	131
ใบงานที่ 5.1 วงจรขยายเสียงคลาส A	134
ใบงานที่ 5.2 วงจรขยายเสียงคลาส AB	136
ใบงานที่ 5.3 การค้ปปลิงสัญญาณเสียง	139
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 5	142
บทเรียนที่ 6 วงจรขยายแบบคาสเคด วงจรดาร์ลิ่งตันและวงจรคอมพลีเมนตารี	145
6.1 วงจรขยายแบบคาสเคด	146
6.2 วงจรดาร์ลิ่งตัน	147
6.3 วงจรคอมพลีเมนตารี	150
ใบงานที่ 6.1 วงจรขยายแบบคาสเคดและวงจรดาร์ลิ่งตัน	155
ใบงานที่ 6.2 วงจรขยายเสียงคอมพลีเมนตารี	159
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 6	162

บทเรียนที่ 7 การประยุกต์ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	166
7.1 วงจรขยายสัญญาณเสียง	167
7.2 วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	168
7.3 วงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรอื่น ๆ	170
ใบงานที่ 7.1 วงจรขยายสัญญาณไมโครโฟน	174
ใบงานที่ 7.2 วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	177
ใบงานที่ 7.3 วงจรออสซิลเลเตอร์	180
ใบงานที่ 7.4 วงจรไฟฟ้าฉุกเฉิน	183
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 7	185
 บทเรียนที่ 8 คู่มือและการแปลความหมาย	 189
8.1 การอ่านคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	190
8.2 การแปลความหมาย	192
ใบกิจกรรมที่ 8.1 การใช้งานคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	200
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 8	202
 บรรณานุกรม	 204



หัวเรื่องหลัก

- 1.1 โครงสร้างอะตอม
- 1.2 สารกึ่งตัวนำ
- 1.3 ไดโอด

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับบทเรียน

ศึกษาโครงสร้างอะตอม ทดสอบ ตรวจสอบ และใช้งานซ่อมวงจรของสารกึ่งตัวนำและไดโอด

แนวคิดหลัก

โครงสร้างอะตอมพบว่าภายในอะตอมประกอบด้วยอนุภาค 3 ส่วน คือ โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน โดยโปรตอนแทนด้วยประจุไฟฟ้าบวก นิวตรอนแทนสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า (มีประจุไฟฟ้าบวกและลบเท่ากัน) และอิเล็กตรอนแทนด้วยประจุไฟฟ้าลบ ซึ่งโปรตอนและนิวตรอนอยู่ในนิวเคลียส (นิวเคลียสเป็นศูนย์กลางของอะตอม) ส่วนอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่รอบๆ นิวเคลียสในลักษณะกลุ่มหมอกเมื่ออ้างอิงแบบจำลองอะตอมของกลุ่มหมอก

สารกึ่งตัวนำเป็นสารที่มีค่าความต้านทานระหว่างตัวนำไฟฟ้ากับฉนวน ถูกนำมาผลิตเป็นชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้ได้ชิ้นงานเกิดขึ้น โดยอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำมีหลากหลาย ได้แก่ ไดโอด ซีเนอร์ไดโอด เป็นต้น

สมรรถนะการเรียนรู้

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างอะตอม สารกึ่งตัวนำ ไดโอดและซีเนอร์ไดโอด
2. วัดและทดสอบวงจรเรียงกระแสไฟฟ้า วงจรแสดงผลโดยใช้ไดโอดเปล่งแสง และวงจรภาคจ่ายไฟฟ้าที่มีซีเนอร์ไดโอดต่อรวม

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายโครงสร้างอะตอม ทฤษฎีอิเล็กตรอน สารกึ่งตัวนำ และไดโอด
2. จำแนกสารกึ่งตัวนำและประเภทของไดโอดได้ถูกต้อง
3. อธิบายโครงสร้าง สัญลักษณ์ และการไบอัสของไดโอดได้ถูกต้อง
4. ทดสอบและเขียนกราฟคุณลักษณะทางไฟฟ้าของไดโอดได้
5. ทดสอบวงจรของสารกึ่งตัวนำและไดโอด

เนื้อหาสาระ

ในการเรียนรู้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร จำเป็นต้องเข้าใจโครงสร้างอะตอม สารกึ่งตัวนำ ไดโอดและซีเนอร์ไดโอด

ธาตุ คือ สารซึ่งประกอบด้วยอะตอมชนิดเดียวกัน เช่น ธาตุซิลิกอน ธาตุเจอร์เมเนียม เป็นต้น โมเลกุล คือ ส่วนที่เล็กที่สุดของสาร (สาร คือ วัตถุสิ่งของที่อยู่รอบตัวเรา) ภายในโมเลกุลประกอบด้วยอนุภาคที่เล็กลงเรียกว่า อะตอม แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอกกล่าวว่า อิเล็กตรอนเคลื่อนที่คล้ายกลุ่มหมอกที่ห่อหุ้มนิวเคลียส ภายในอะตอมประกอบด้วยอนุภาค 3 ส่วน ได้แก่ โปรตอน (ประจุไฟฟ้าบวก) อิเล็กตรอน (ประจุไฟฟ้าลบ) และนิวตรอน (มีประจุไฟฟ้าบวกและลบเท่ากัน เรียกว่า เป็นกลางทางไฟฟ้า) โดยโปรตอนและนิวตรอนอยู่ในนิวเคลียส ส่วนอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่รอบๆ นิวเคลียสในลักษณะกลุ่มหมอก

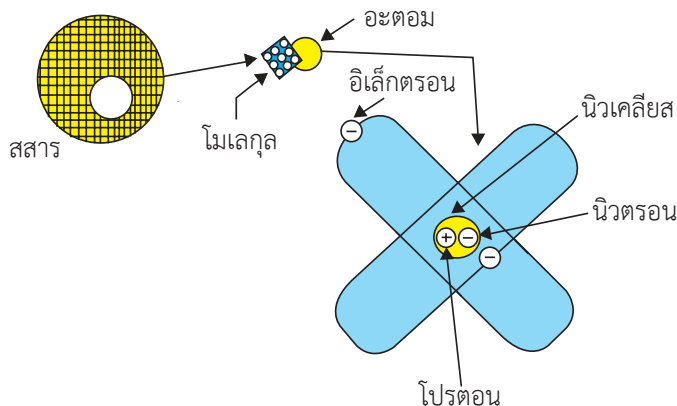
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำถูกผลิตขึ้นมาใช้งานเพื่อนำมาต่อเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ได้แก่ ไดโอด ซีเนอร์ไดโอด เป็นต้น อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเรียกว่า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เมื่อนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาต่อร่วมกันทางไฟฟ้าจะทำให้เกิดชิ้นงานขึ้น อาทิ วงจรไฟกะพริบ วงจรขยายเสียง วงจรภาคจ่ายไฟฟ้า เป็นต้น



1.1 โครงสร้างอะตอม

สาร (Matter) คือ วัตถุต่างๆ ที่อยู่รอบตัวเรา เช่น อากาศ ดิน น้ำ หิน สัตว์ พืช เป็นต้น คุณสมบัติของสารจะต้องมีน้ำหนักและต้องการที่อยู่ มี 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

โมเลกุล (Molecule) คือ ส่วนที่เล็กที่สุดของสาร สามารถดำรงอยู่ได้ตามลำพังและยังคงความเป็นสารดังกล่าวไว้ได้ โดยโมเลกุลประกอบด้วยอะตอมของธาตุที่เกิดพันธะเคมีกัน แล้วทำให้เกิดสารประกอบ (Compounds) คือ โครงสร้างอะตอม (Atomic Structure) แสดงดังรูปที่ 1.1



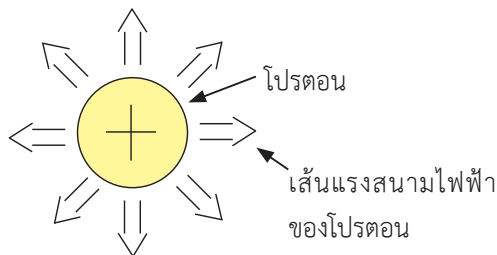
รูปที่ 1.1 โครงสร้างอะตอม

ธาตุ (Elements) คือ สารซึ่งประกอบด้วยอะตอมชนิดเดียวกัน ปัจจุบันค้นพบ 109 ธาตุ เช่น ธาตุซิลิกอน (Silicon, Si) ธาตุเจอร์เมเนียม (Germanium, Ge) เป็นต้น

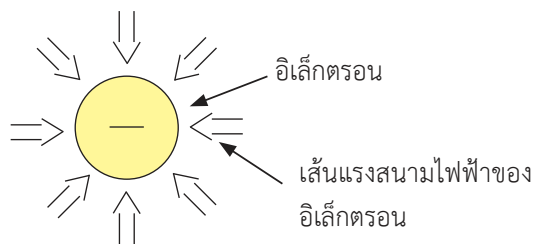
ภายในโมเลกุลประกอบด้วยอนุภาคที่เล็กลง เรียกว่า **อะตอม (Atom)** แสดงดังรูปที่ 1.1 ซึ่งอะตอมเป็นอนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุที่แยกออกได้ อธิบายรายละเอียดดังนี้

1. โปรตอน (Proton) เป็นประจุไฟฟ้าบวกที่มีขนาดเล็กที่สุดอยู่ในแกนกลางของอะตอม เกาะกลุ่มรวมกันอยู่กับนิวตรอน (Neutron) และอยู่ภายในนิวเคลียส (Nucleus) โดยที่เส้นแรงของโปรตอนจะพุ่งออกจากโปรตอน

2. อิเล็กตรอน (Electron) เป็นประจุไฟฟ้าลบที่มีน้ำหนักเบากว่าโปรตอน 1,840 เท่า แต่มีขนาดโตกว่าโปรตอน 3 เท่า ซึ่งอิเล็กตรอนนี้จะเคลื่อนที่รอบนิวเคลียส และจะมีทิศทางของเส้นแรงสนามไฟฟ้าพุ่งเข้าหาตัวอิเล็กตรอน



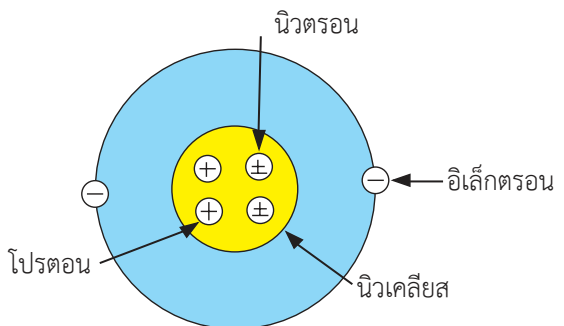
รูปที่ 1.2 โปรตอน



รูปที่ 1.3 อิเล็กตรอน

3. นิวตรอน (Neutron) มีสถานะเป็นกลางทางไฟฟ้า จึงไม่มีผลทางไฟฟ้าแต่อย่างใด และเป็นอนุภาคหนึ่งที่รวมกันอยู่กับโปรตอนภายในนิวเคลียส

4. นิวเคลียส (Nucleus) เป็นอนุภาคที่อยู่ตรงศูนย์กลางของอะตอม ประกอบด้วย นิวตรอนและโปรตอน ซึ่งรวมเกาะกลุ่มกันอยู่ ซึ่งรูปที่ 1.4 แสดงองค์ประกอบของนิวเคลียสและการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

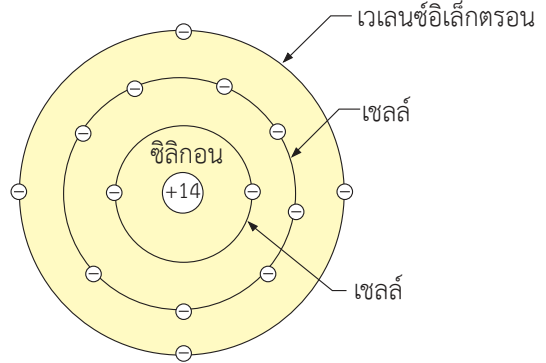


รูปที่ 1.4 องค์ประกอบของนิวเคลียสและการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

1.1.1 ทฤษฎีอิเล็กตรอน

ทฤษฎีอิเล็กตรอน (Electron Theory) ซึ่งมีประจุไฟฟ้าลบมีน้ำหนักเบากว่าโปรตอนแต่มีขนาดใหญ่กว่าโปรตอนถึง 3 เท่า จะโคจรรอบบริเวณรอบๆ นิวเคลียส ซึ่งมีจำนวนเท่ากับโปรตอนที่บรรจุอยู่ในนิวเคลียสในอะตอมของสารจึงดำรงสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า แต่อะตอมของสารจะสามารถแสดงจำนวนของประจุไฟฟ้าบวกหรือลบออกมาได้ ถ้าหากว่าเกิดการขาดความสมดุลระหว่างจำนวนอิเล็กตรอนและโปรตอนที่บรรจุภายในอะตอม ซึ่งการขาดความสมดุลทางไฟฟ้าของอะตอมนี้เกิดขึ้นจากการขาดจำนวนอิเล็กตรอนหรือการรับอิเล็กตรอนเข้ามาภายในอะตอม ดังนั้น จึงสามารถหลุดเป็นอิสระจากวงโคจร

ของอะตอมได้ วงอิเล็กตรอนวงนอกสุดมีความสำคัญมาก เพราะจะเป็นตัวบ่งบอกว่าสารนั้น มีความสามารถในการนำไฟฟ้าได้ดีเพียงใด วงอิเล็กตรอนวงนอกสุดเรียกว่า **เวเลนซ์อิเล็กตรอน (Valence Electron)** ส่วนอิเล็กตรอนที่อยู่ภายใน เรียกว่า **เชลล์ Shells หรือชั้นวงโคจร** แสดงในรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 เวเลนซ์อิเล็กตรอนกับเชลล์ของธาตุซิลิกอน

วงอิเล็กตรอนวงนอกสุด จะมีอิเล็กตรอนได้ไม่เกิน 8 ตัว ซึ่งโดยธรรมชาติของอะตอมแล้วจะพยายามจัดกลุ่มรวมกันเป็นโมเลกุล เพื่อให้อยู่ในสภาวะเสถียรภาพ ดังนั้น หากสารใดมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนไม่ครบ 8 ตัว

ก็จะพยายามหาทางทำให้ครบ วิธีการที่ทำให้อะตอมมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนครบ 8 ตัว มี 3 วิธี คือ ให้อิเล็กตรอนไปกับอะตอมอื่น หรือรับอิเล็กตรอนจากอะตอมอื่น และใช้อิเล็กตรอนร่วมกับอะตอมอื่น วิธีการนี้เรียกว่า **พันธะโควาเลนต์ (Covalence Bond)**



1.2 สารกึ่งตัวนำ

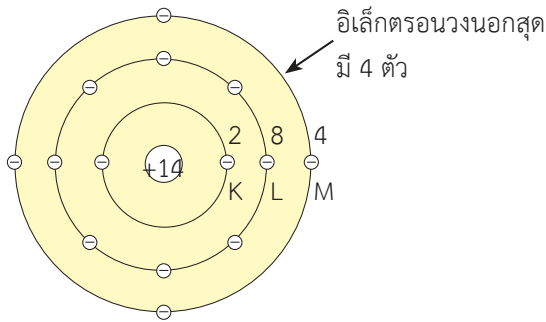
สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) คือ สารที่มีค่าความต้านทานอยู่ระหว่างค่าความต้านทานของฉนวนกับค่าความต้านทานของตัวนำ แล้วนำมาผลิตเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ ไดโอด (Diode) ซีเนอร์ไดโอด (Zener Diode) ทรานซิสเตอร์ (Transistor) เฟต (Field Effect Transistor, FET) เอสซีอาร์ (Silicon Control Rectifier, SCR) ไตรแอค (Triac) ไดแอค (Diac) เป็นต้น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าวถูกใช้ในงานไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ โทรคมนาคมและเมคคาทรอนิกส์

ธาตุที่นำมาทำเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์นี้ ได้แก่ ธาตุซิลิกอนกับธาตุเจอร์เมเนียม เหตุผลที่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ คือ มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ใช้กระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าเพียงเล็กน้อยก็สามารถควบคุมระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ใหญ่ๆ ได้ทำให้การแพร่กระจายความร้อนลดลง

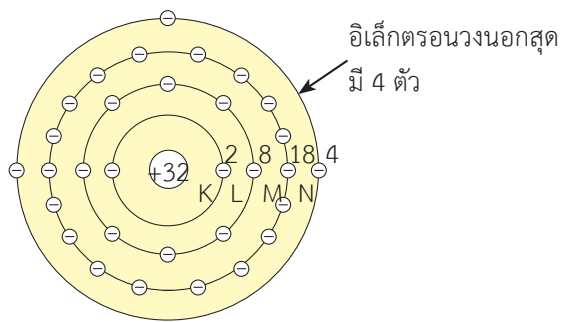
เมื่ออยู่ในสภาวะปกติ สารกึ่งตัวนำจะไม่สามารถนำกระแสไฟฟ้าได้ แต่เมื่อได้รับพลังงานภายนอกมากระตุ้นอย่างเหมาะสม สารกึ่งตัวนำก็จะนำกระแสไฟฟ้า ซึ่งสารกึ่งตัวนำที่ไม่บริสุทธิ์จะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ สารกึ่งตัวนำชนิดพี (P-type Semiconductors) และ สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-type Semiconductors) เป็นสารเกิดขึ้นจากการเติมสารเจือปนลงไปในสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์

สารกึ่งตัวนำแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ (Intrinsic Semiconductors) กับสารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์ (Extrinsic Semiconductors)

สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ ได้แก่ ธาตุซิลิกอน (Silicon, Si) กับธาตุเจอร์เมเนียม (Germanium, Ge) ซึ่งอะตอมของธาตุซิลิกอนและอะตอมของธาตุเจอร์เมเนียม แสดงในรูปที่ 1.6



(ก) อะตอมของธาตุซิลิกอนมีโปรตอน 14 ตัว และอิเล็กตรอน 14 ตัว



(ข) อะตอมของธาตุเจอร์เมเนียมมีโปรตอน 32 ตัว และอิเล็กตรอน 32 ตัว

รูปที่ 1.6 อะตอมของธาตุซิลิกอนและเจอร์เมเนียม

อะตอมของธาตุซิลิกอนจำนวน 1 อะตอม มีโปรตอนและอิเล็กตรอนเท่ากัน คือ 14 ตัว ส่วนอะตอมของธาตุเจอร์เมเนียมจำนวน 1 อะตอม มีโปรตอนและอิเล็กตรอนเท่ากัน คือ 32 ตัว

จำนวนอิเล็กตรอนมากที่สุดในแต่ละวงโคจร = $2N^2$ เมื่อ N คือ ลำดับที่ของวงโคจรที่อยู่ห่างจาก นิวเคลียส

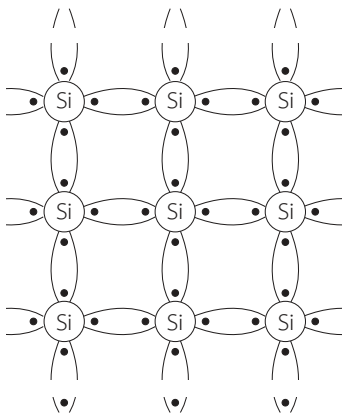
วงที่ 1 (วง K) มีจำนวนอิเล็กตรอนสูงสุด คือ $(2)(1)^2 = 2$ ตัว

วงที่ 2 (วง L) มีจำนวนอิเล็กตรอนสูงสุด คือ $(2)(2)^2 = 8$ ตัว

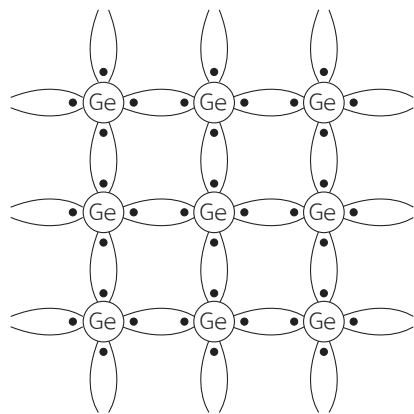
วงที่ 3 (วง M) มีจำนวนอิเล็กตรอนสูงสุด คือ $(2)(3)^2 = 18$ ตัว

วงที่ 4 (วง N) มีจำนวนอิเล็กตรอนสูงสุด คือ $(2)(4)^2 = 32$ ตัว

อย่างไรก็ตาม ธาตุซิลิกอนกับธาตุเจอร์เมเนียม จะมีอิเล็กตรอนวงนอกสุดเท่ากับ 4 ตัว การจับตัวอะตอมของธาตุทั้งสองมีลักษณะเป็นพันธะโควาเลนต์ โดยอะตอม 1 ตัว จะใช้อิเล็กตรอนวงนอกสุดทั้ง 4 ตัว ร่วมกับอิเล็กตรอนจากอะตอมใกล้เคียงอีก 4 อะตอม เพื่อทำให้ได้อิเล็กตรอนวงนอกครบ 8 ตัว แสดงในรูปที่ 1.7



(ก) การจับตัวอะตอมของธาตุซิลิกอน



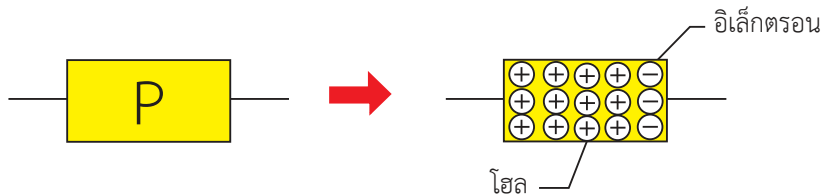
(ข) การจับตัวอะตอมของธาตุเจอร์เมเนียม

รูปที่ 1.7 การจับตัวอะตอมของธาตุซิลิกอนและเจอร์เมเนียม

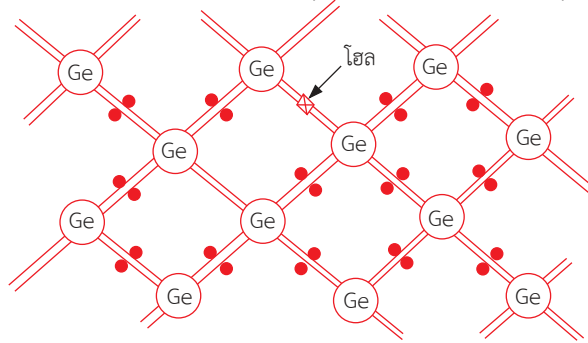
1.2.1 สารกึ่งตัวนำชนิดพี (P-type Semiconductors)

สารกึ่งตัวนำชนิดพี มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าเป็นบวก (Positive, P) เป็นสารกึ่งตัวนำที่ไม่บริสุทธิ์ เนื่องจากเติมสารเจือปนที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอน (อิเล็กตรอนที่อยู่วงนอกสุด) จำนวน 3 ตัว ลงในธาตุซิลิกอนบริสุทธิ์ หรือธาตุเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์ สารเจือปนจะจับตัวกันด้วยกระบวนการโคเวเลนต์ ซึ่งธาตุซิลิกอนบริสุทธิ์และธาตุเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์มีเวเลนซ์อิเล็กตรอน 4 ตัว ส่วนสารเจือปนมีเวเลนซ์อิเล็กตรอน 3 ตัว เมื่อรวมกันแล้วจะมีเวเลนซ์อิเล็กตรอน 7 ตัว ทำให้ขาดไป 1 ตัว จึงเกิดเป็นโฮล (Hole) ขึ้น (โฮลเป็นช่องว่างเหมือนมีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวก) ทำให้รับอิเล็กตรอนได้เพิ่มอีก 1 ตัว ดังนั้น สารกึ่งตัวนำที่ได้รับสารเจือปน หรือการโด๊ป (Dope) สารที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอน 3 ตัว (สารที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอน 3 ตัว ได้แก่ โบรอน อะลูมิเนียม แกลเลียม เป็นต้น) จึงกลายเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี

ลักษณะเด่นของสารกึ่งตัวนำชนิดพี คือ จะเพิ่มโฮลเป็นประจุไฟฟ้าบวกให้มีค่ามากขึ้น ขณะเดียวกันจะไปลดประจุไฟฟ้าลบ (อิเล็กตรอน) ให้มีค่าน้อยลง จึงเรียกโฮลว่า **พาหะส่วนใหญ่ (Majority Carrier)** และเรียกอิเล็กตรอนว่า **พาหะส่วนน้อย (Minority Carrier)** แสดงดังรูปที่ 1.8 และรูปที่ 1.9



รูปที่ 1.8 สารกึ่งตัวนำชนิดพีมีประจุไฟฟ้าบวกมากกว่าประจุไฟฟ้าลบ



รูปที่ 1.9 สารกึ่งตัวนำชนิดพี (P-type) ที่เพิ่มโฮล (แบบเจอร์เมเนียม)

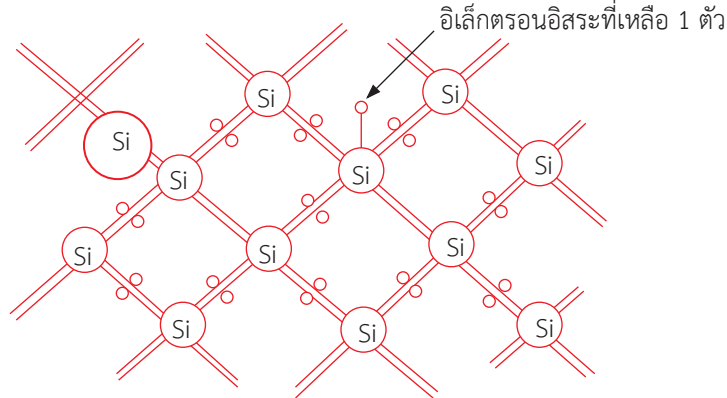
1.2.2 สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-type Semiconductors)

สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าเป็นลบ (Negative, N) เป็นสารกึ่งตัวนำที่ไม่บริสุทธิ์ เนื่องจากเติมสารเจือปนที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอน 5 ตัว (สารที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอน 5 ตัว ได้แก่ สารหนู ฟอสฟอรัส เป็นต้น) ลงในธาตุซิลิกอนบริสุทธิ์และธาตุเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์ สารดังกล่าวจะจับตัวกันด้วยกระบวนการโคเวเลนต์ ซึ่งธาตุซิลิกอนบริสุทธิ์และธาตุเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์มีเวเลนซ์อิเล็กตรอน 4 ตัว เมื่อรวมกันแล้วจะมีเวเลนซ์อิเล็กตรอน 9 ตัว ทำให้อิเล็กตรอนหรืออิเล็กตรอนอิสระเหลืออยู่ 1 ตัว จึงทำให้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นพร้อมจะนำกระแสไฟฟ้าได้ถ้ามีการกระตุ้นจากภายนอก

ลักษณะเด่นของสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นจะมีจำนวนอิเล็กตรอนมากขึ้น (ประจุไฟฟ้าลบมีค่ามากขึ้น) ขณะเดียวกันโฮลซึ่งมีประจุไฟฟ้าบวกจะมีค่าลดลง จึงเรียกโฮลนี้ว่า **พาหะส่วนน้อย (Vacancy)** และเรียกอิเล็กตรอนว่า **พาหะส่วนใหญ่ (Substitution Defect)** แสดงดังรูปที่ 1.10 และรูปที่ 1.11



รูปที่ 1.10 สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นมีประจุไฟฟ้าลบมากกว่าประจุไฟฟ้าบวก

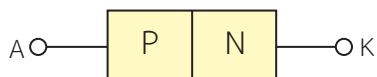


รูปที่ 1.11 สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-type) ที่เหลืออิเล็กตรอนอิสระ 1 ตัว (แบบซิลิกอน)

1.3 ไดโอด

ไดโอด (Diodes) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่นำสารกึ่งตัวนำชนิดพีมาต่อชนกันกับสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ถูกใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ อาทิ วงจรเรียงกระแสไฟฟ้า (Rectifier Circuits) ทำหน้าที่เปลี่ยนจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง วงจรแยกสัญญาณเสียงในเครื่องรับวิทยุเอเอ็ม เรียกว่า **วงจรดีเทกเตอร์ (Detector Circuits)** เป็นต้น

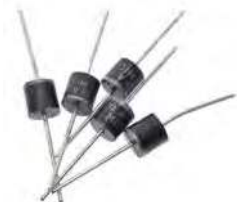
1.3.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์ไดโอด (Structure and Symbols)



(ก) โครงสร้าง



(ข) สัญลักษณ์



(ค) รูปลักษณะจริง

รูปที่ 1.12 ไดโอด

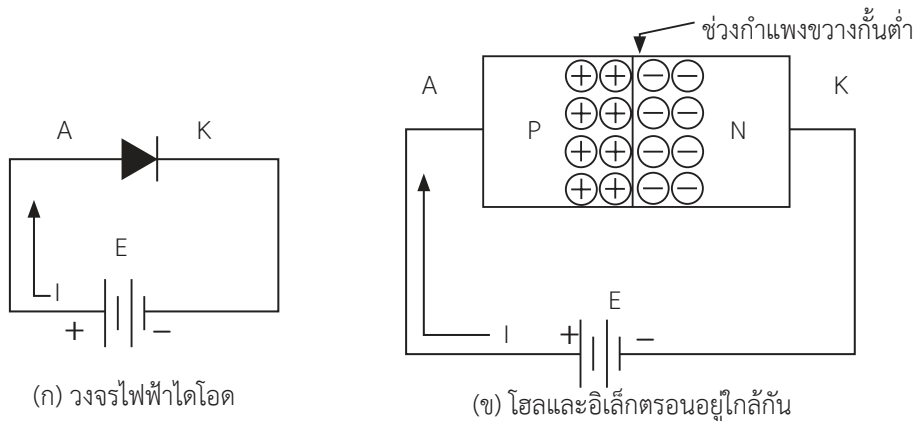
โครงสร้างและสัญลักษณ์ไดโอดแบบรอยต่อพีเอ็น (PN Junction Diode) แสดงในรูปที่ 1.12 อธิบายรายละเอียดดังนี้

1. เป็นไดโอดที่สร้างขึ้นโดยเชื่อมต่อแบบโกรน (Grown Junction) โดยนำสารกึ่งตัวนำที่บริสุทธิ์คือ ซิลิกอนหรือเจอร์เมเนียมใส่ลงในเข้าหลอม จากนั้นเติมสารเจือปนลงไป โดยเติมสารที่มีอิเล็กตรอนวงนอก 3 ตัว จากนั้นดึงสารกึ่งตัวนำที่กำลังหลอมเหลวนั้นขึ้นมาได้เป็นแท่งสารกึ่งตัวนำชนิดพี หลังจากนั้นเติมสารเจือปนที่มีอิเล็กตรอนวงนอก 5 ตัว ลงไปเพื่อให้สารกึ่งตัวนำที่กำลังหลอมละลายกลายเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น จากการกระทำดังกล่าว ทำให้ได้สารกึ่งตัวนำชนิดพีและสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นที่เชื่อมต่อแบบโกรน

2. ขาใช้งานไดโอด มี 2 ขา คือ แอโนด (Anode, A) กับแคโทด (Cathode, K) โดยขาแอโนดต่อมาจากสารกึ่งตัวนำชนิดพี ส่วนขาแคโทดต่อมาจากสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น

1.3.2 การไบอัสไดโอด (Diode Biasing)

การไบอัสไดโอด คือ การกำหนดจุดทำงานไดโอดให้ทำงานเหมาะสมและใช้งานได้ต่อเนื่อง มี 2 วิธีคือ ไบอัสตรง (Forward Bias) และไบอัสกลับ (Reverse Bias) อธิบายรายละเอียดดังนี้

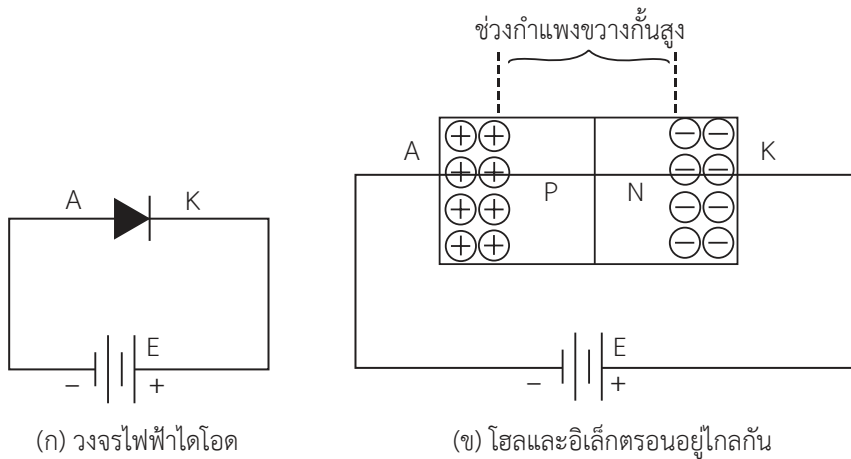


รูปที่ 1.13 การไบอัสตรงไดโอด

1. พิจารณารูปที่ 1.13 แสดงการไบอัสตรงของไดโอด

1.1 การไบอัสตรงไดโอดกระทำได้โดยนำขาแอโนดต่อเข้ากับขั้วบวกของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า E ขณะที่ขาแคโทดต่อเข้ากับขั้วลบของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า E ลักษณะเช่นนี้ทำให้โพล (+) ในสารกึ่งตัวนำชนิดพีอยู่ใกล้กับบริเวณรอยต่อกับอิเล็กตรอน (-) ในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ช่วงกำแพงขวางกั้น (Depletion Region) มีค่าลดต่ำลง ค่าความต้านทานไดโอดจะลดลงด้วย

1.2 เมื่อค่าความต้านทานของไดโอดลดลง จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอดได้โดยกระแสไฟฟ้า (กระแสไฟฟ้านิยม) จะไหลจากขั้วบวกของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า E ผ่านขาแอโนดออกไปที่ขาแคโทดไปครบวงจรที่ขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้างกล่าว ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าคัต - อิน (Cut-in Voltage) บริเวณรอยต่อมีค่าประมาณ 0.6 V ถึง 0.7 V เมื่อเป็นไดโอดชนิดซิลิกอน และจะมีแรงดันไฟฟ้าประมาณ 0.2 V ถึง 0.3 V เมื่อเป็นไดโอดชนิดเจอร์เมเนียม นั่นหมายความว่า เมื่อไดโอดได้รับไบอัสตรง จะทำให้ไดโอดทำงานเพื่อนำกระแสไฟฟ้าได้



รูปที่ 1.14 การไบอัสกลับไดโอด

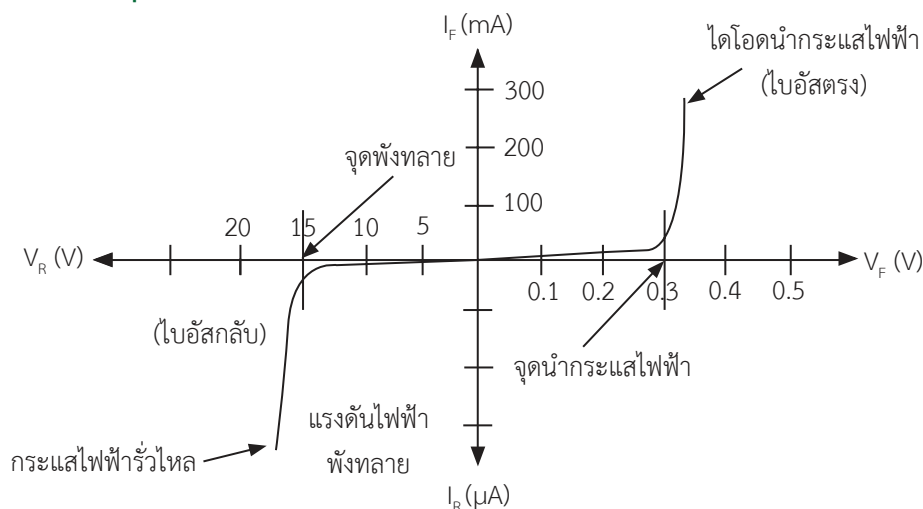
2. พิจารณารูปที่ 1.14 แสดงการไบอัสกลับของไดโอด

2.1 การไบอัสกลับไดโอด กระทำได้โดยนำขั้วแอโนดต่อเข้ากับขั้วลบของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า E ขณะที่ขั้วแคโทดต่อเข้ากับขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้างี้กล่าว ลักษณะเช่นนี้ทำให้โวลในสารพีกับอิเล็กตรอนในสารเอ็นอยู่ใกล้กันมาก ช่วงกำแพงขวางกั้นมีค่าสูงขึ้น ค่าความต้านทานไดโอดจะสูงขึ้นด้วย

2.2 เมื่อค่าความต้านทานของไดโอดสูงขึ้น จึงไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอด ส่งผลให้ไดโอดหยุดนำกระแสไฟฟ้า

อย่างไรก็ตาม ถ้าเปรียบไดโอดเหมือนกับสวิตช์ พบว่าเมื่อไดโอดได้รับไบอัสตรงจะเหมือนกับสวิตช์ต่อวงจร (Close Circuit) และไดโอดได้รับไบอัสกลับก็จะเหมือนกับสวิตช์ที่ทำหน้าที่ตัดวงจรไฟฟ้า (Open Circuit)

1.3.3 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอด (Diode Electrical Characteristics)



รูปที่ 1.15 กราฟแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอดแบบเจอร์เมเนียม

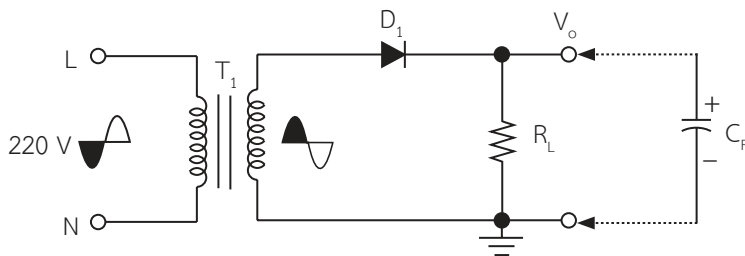
คุณลักษณะทางไฟฟ้าของไดโอดแบบเจอร์เมเนียมแสดงในรูปที่ 1.15 อธิบายรายละเอียดดังนี้

1. กำหนดกราฟแนวนอนแสดงแรงดันไฟฟ้าไบอัสตรง (Forward Voltage; V_F) และแรงดันไฟฟ้าไบอัสกลับ (Reverse Voltage, V_R) มีหน่วยเป็นโวลต์ กราฟแนวตั้งแสดงกระแสไฟฟ้าไบอัสตรง (Forward Current, I_F) มีหน่วยเป็นมิลลิแอมแปร์ และกระแสไฟฟ้าไบอัสกลับ (Reverse Current, I_R) มีหน่วยเป็นไมโครแอมแปร์
2. เมื่อไดโอดได้รับไบอัสตรงซึ่งแรงดันไฟฟ้าไบอัสที่จ่ายให้กับไดโอดจะต้องมีค่ามากกว่าแรงดันไฟฟ้าคัท - อิน ของไดโอดแบบเจอร์เมเนียม คือ จะต้องมากกว่า 0.3 V จะทำให้ไดโอดนำกระแสไฟฟ้าเกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอดในปริมาณที่สูง และถ้าหากแรงดันไฟฟ้าไบอัสของไดโอดแบบเจอร์เมเนียมมีค่าต่ำกว่า 0.3 V จะทำให้ไดโอดดังกล่าวไม่สามารถที่จะนำกระแสไฟฟ้าได้
3. เมื่อไดโอดได้รับไบอัสกลับ ทำให้ค่าความต้านทานไดโอดสูงมาก กระแสไฟฟ้าจึงไม่สามารถไหลผ่านไดโอดได้ แต่จะมีเพียงกระแสไฟฟ้าวไหลเท่านั้น และถ้าหากให้แรงดันไฟฟ้าไบอัสกลับแก่ไดโอดมีค่าสูงขึ้นอีก จะทำให้ไดโอดพังและเสียหายได้ เรียกว่า **แรงดันไฟฟ้าพังทลาย (Breakdown Voltage)**

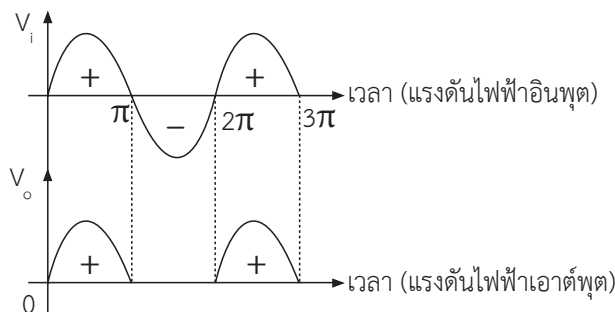
1.3.4 การประยุกต์ใช้งานไดโอด

การประยุกต์ใช้งานไดโอด (Diode Application) ไดโอดทั่วไปสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย หน่วยนี้จะนำไดโอดไปใช้งานในวงจรเรียงกระแสไฟฟ้า เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง แล้วนำแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้ไปจ่ายเลี้ยงให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ทำงานถูกต้องและเหมาะสม วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าที่ใช้ไดโอดมี 2 ชนิด คือ วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่น

1. วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น



(ก) วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น



(ข) รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าอินพุตและเอาต์พุต

รูปที่ 1.16 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่นใช้ไดโอด 1 ตัว

วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น แสดงดังรูปที่ 1.16 อธิบายรายละเอียดดังนี้

1.1 หม้อแปลงไฟฟ้า T_1 เป็นชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้มีค่าต่ำลง (Step Down Transformer) ออกทางขดทุติยภูมิส่วนขดปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า T_1 รับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 V ไดโอด D_1 ทำหน้าที่เรียงกระแสไฟฟ้าจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยมีตัวต้านทาน R_L ทำหน้าที่เป็นโหลดให้กับวงจร

1.2 เมื่อแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเฟสบวกออกจากขดทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า T_1 จะทำให้ขดทุติยภูมิด้านบนของ T_1 ได้รับศักย์ไฟฟ้าบวก ขดทุติยภูมิด้านล่างของ T_1 ได้รับศักย์ไฟฟ้าลบ ทำให้ไดโอด D_1 ได้รับไบอัสตรง เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอด D_1 และตัวต้านทาน R_L ซึ่งกระแสไฟฟ้าจะไหลจากขดทุติยภูมิด้านบนของ T_1 ไหลผ่านขาแอนดออกไปที่ขาแคโทดของ D_1 ส่งผ่าน R_L ครบวงจรกับศักย์ไฟฟ้าลบที่ขดทุติยภูมิด้านล่างของหม้อแปลงไฟฟ้า T_1 ดังกล่าว จึงได้รูปคลื่นสัญญาณออกเป็นเฟสบวกปรากฏทางด้านเอาต์พุต (แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_L)

1.3 เมื่อแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเฟสลบออกจากขดทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า T_1 จะทำให้ขดทุติยภูมิด้านบนของ T_1 ได้รับศักย์ไฟฟ้าลบ ขดทุติยภูมิด้านล่างของ T_1 ได้รับศักย์ไฟฟ้าบวก จะทำให้ไดโอด D_1 ได้รับไบอัสกลับจึงไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านโหลด R_L ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม R_L มีค่าเป็นศูนย์

$$\text{ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง } (V_{DC}) = \frac{V_m}{\pi} = 0.318 V_m \quad \text{.....(1.1)}$$

เมื่อ V_m คือ แรงดันไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ $\sqrt{2} V_{AC}$

และ V_{AC} คือ แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ปรากฏบนขดทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า T_1

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง } (V_{DC}) &= (0.318)(\sqrt{2}) V_{AC} \\ V_{DC} &= 0.45 V_{AC} \quad \text{.....(1.2)} \end{aligned}$$

1.4 อย่างไรก็ตาม รูปคลื่นเอาต์พุตที่ได้ยังไม่เรียบ ไม่สามารถที่จะนำไปใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ จึงต้องใช้ตัวเก็บประจุไฟฟ้าแบบอิเล็กโทรไลติก (Electrolytic Capacitor) มาทำให้รูปคลื่นของวงจรเกิดความเรียบ เรียกว่า **วงจรฟิเตอร์ (Filter Circuit)** วิธีการคือ นำตัวเก็บประจุไฟฟ้าฟิเตอร์ (Filter Capacitor, C_F) ต่อขนานกับโหลด กล่าวคือ นำขั้วบวกของตัวเก็บประจุไฟฟ้า C_F ต่อเข้ากับขาแคโทดของไดโอด D_1 ส่วนขั้วลบของ C_F ต่อกับกราวด์ ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุตมีค่าประมาณหรือใกล้เคียงกับแรงดันไฟฟ้าสูงสุด V_m (Maximum Voltage, V_m) หรือแรงดันไฟฟ้าพิก (Peak Voltage, V_p)

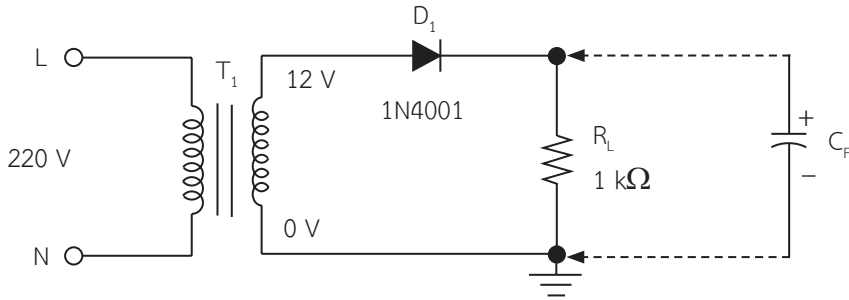
$$\text{แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง } V_{DC} = V_m = \sqrt{2} V_{AC} \quad \text{.....(1.3)}$$

เมื่อ V_{DC} คือ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุต เมื่อมีการกรองแรงดันไฟฟ้าให้เรียบ

และ V_{AC} คือ แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ปรากฏบนขดทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า T_1

ตัวอย่างที่ 1.1 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าครึ่งคลื่นในรูปที่ 1.17 ประกอบด้วยไดโอดเบอร์ 1N4001 กับตัวต้านทานโหลดมีค่า $1\text{ k}\Omega$ ต่อเข้ากับหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 12 V จงคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

1. แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุตเมื่อไม่ได้ฟิลเตอร์ มีค่าเท่าไร
2. แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุตเมื่อมีการฟิลเตอร์ มีค่าเท่าไรโดยใช้ C_F ค่า $470\text{ }\mu\text{F}$



รูปที่ 1.17 ภาพประกอบตัวอย่างที่ 1.1

วิธีทำ 1. กรณีที่ไม่มีการฟิลเตอร์

$$\begin{aligned} \text{แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุต } (V_{DC}) &= 0.45 V_{AC} = (0.45)(12) \\ V_{DC} &= 5.4\text{ V} \end{aligned}$$

2. กรณีที่มีการฟิลเตอร์โดยนำตัวเก็บประจุไฟฟ้า C_F ค่า $470\text{ }\mu\text{F}$ ต่อขนานกับโหลด

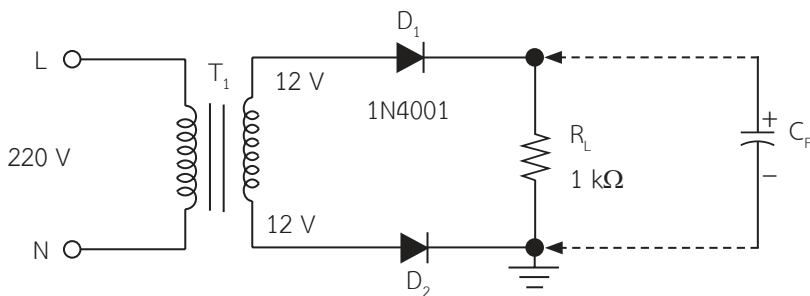
$$\begin{aligned} \text{แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุต } (V_{DC}) &= \sqrt{2} V_{AC} = (1.414)(12) \\ V_{DC} &= 16.97\text{ V} \end{aligned}$$

ดังนั้น แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุตเท่ากับ 16.97 V

ตอบ

2. วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่น

2.1 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าเต็มคลื่นแบบใช้กับหม้อแปลงมีแท็ปกลาง แสดงดังรูปที่ 1.18 อธิบายรายละเอียดดังนี้

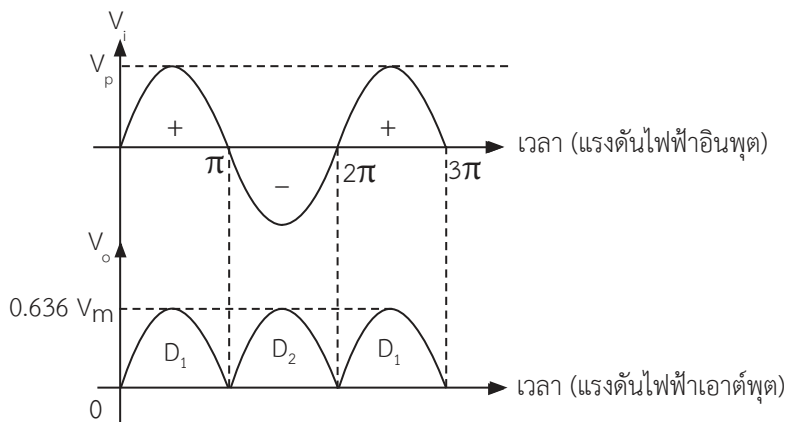


รูปที่ 1.18 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าเต็มคลื่นใช้แท็ปหม้อแปลงไฟฟ้า

1) ใช้ไดโอด 2 ตัว ประกอบด้วย D_1 และ D_2 ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยไดโอดจะผลัดกันทำงานครั้งละ 1 ตัว กล่าวคือ ไดโอด D_1 จะนำกระแสไฟฟ้าในช่วงของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเฟสบวก ขณะที่ไดโอด D_2 จะนำกระแสไฟฟ้าในช่วงของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเฟสลบ

2) หม้อแปลงไฟฟ้า T_1 เป็นชนิดแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้มีค่าต่ำลงออกจากขดทุติยภูมิ ส่วนขดปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า T_1 ทำหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 V แรงดันไฟฟ้าทางขดทุติยภูมิเข้ามาที่ไดโอดพร้อมกัน แต่ไดโอดทำหน้าที่เรียงกระแสไฟฟ้าจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้เพียงครึ่งละตัวเท่านั้น ซึ่งมีตัวต้านทาน R_L เป็นโหลดให้กับวงจร

3) เมื่อแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเฟสบวกออกจากขดทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า T_1 จะทำให้ขั้วบนสุดของขดทุติยภูมิของ T_1 ได้รับศักย์ไฟฟ้าบวก เมื่อเทียบกับแท่ปกลางของขดทุติยภูมิจะได้รับศักย์ไฟฟ้าลบ ขณะที่ขั้วล่างสุดของขดทุติยภูมิของ T_1 ได้รับศักย์ไฟฟ้าลบเมื่อเทียบกับแท่ปกลางของขดทุติยภูมิจะได้รับศักย์ไฟฟ้าบวก (คล้ายกับถ่านไฟฉาย 2 ก้อนต่ออนุกรมกัน) ลักษณะเช่นนี้ทำให้ไดโอด D_1 ได้รับไบอัสตรง ส่งผลให้ไดโอด D_2 ได้รับไบอัสกลับ ณ เวลานี้ จึงทำให้ไดโอด D_1 นำกระแสไฟฟ้าได้ ขณะที่ไดโอด D_2 จะต้องหยุดนำกระแสไฟฟ้า ทิศทางกระแสไฟฟ้าจะไหลจากขั้วบนสุดของขดทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า T_1 ไหลผ่านขาแอโนดออกไปที่ขาแคโทดของ D_1 ส่งผ่าน R_L ครบวงจรกับศักย์ไฟฟ้าลบทางแท่ปกลางของขดทุติยภูมิของ T_1 ได้รูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตแบบครึ่งคลื่นจำนวน 1 ลูกในช่วง 0° ถึง 180° (รูปที่ 1.19)



รูปที่ 1.19 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าอินพุตและเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่น
ใช้แท่ปหม้อแปลงไฟฟ้า

4) เมื่อแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเฟสลบออกจากขดทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า T_1 จะทำให้ขั้วบนสุดของขดทุติยภูมิของ T_1 ได้รับศักย์ไฟฟ้าลบ เมื่อเทียบกับแท่ปกลางของขดทุติยภูมิจะได้รับศักย์ไฟฟ้าบวก ขณะที่ขั้วล่างสุดของขดทุติยภูมิของ T_1 ได้รับศักย์ไฟฟ้าบวก เมื่อเทียบกับแท่ปกลางของขดทุติยภูมิจะได้รับศักย์ไฟฟ้าลบ ลักษณะเช่นนี้ทำให้ไดโอด D_2 ได้รับไบอัสตรง ส่งผลให้ไดโอด D_1 ได้รับไบอัสกลับ ณ เวลานี้ จึงทำให้ไดโอด D_2 นำกระแสไฟฟ้าได้ ขณะที่ไดโอด D_1 จะต้องหยุดนำกระแสไฟฟ้า ทิศทางกระแสไฟฟ้าจะไหลจากขั้วล่างสุดของขดทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า T_1 ไหลผ่านขาแอโนดออกไปที่ขาแคโทดของ D_2 ส่งผ่าน R_L ครบวงจรกับศักย์ไฟฟ้าลบทางแท่ปกลางของขดทุติยภูมิของ T_1 ได้รูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตแบบครึ่งคลื่นจำนวน 1 ลูกในช่วง 180° ถึง 360°

จะได้
$$V_{DC} = 0.9 V_{AC} = \frac{2 V_m}{\pi} = 0.636 V_m \quad \dots\dots\dots(1.4)$$

5) อย่างไรก็ตาม รูปคลื่นเอาต์พุตที่ได้นั้นยังไม่เรียบ จึงต้องทำรูปคลื่นเอาต์พุตให้เกิดความเรียบ สามารถที่จะนำไปใช้งานได้วิธีการคือต้องใช้วงจรฟิลเตอร์แบบเดียวกันกับวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น ซึ่งขั้วบวกของตัวเก็บประจุไฟฟ้า C_F ต่อเข้ากับขาแคโทดของไดโอด D_1 และ D_2 ขณะที่ขั้วลบของตัวเก็บประจุไฟฟ้า C_F ต่อเข้ากับกราวด์ หรือแท่งกลางของหม้อแปลงไฟฟ้า T_1 ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุตมีค่าประมาณหรือใกล้เคียงกับแรงดันไฟฟ้าสูงสุด V_m

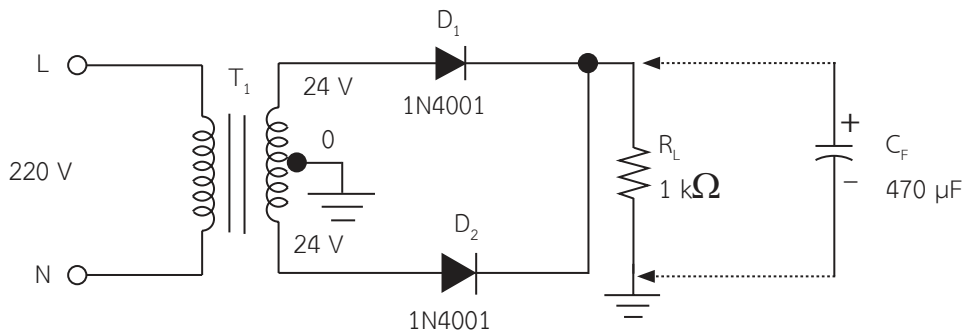
แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง $V_{DC} = V_m = \sqrt{2} V_{AC}$

เมื่อ V_{DC} คือ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุตเมื่อมีการกรองแรงดันไฟฟ้าให้เรียบ

และ V_{AC} คือ แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ปรากฏบนขดทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า T_1

ตัวอย่างที่ 1.2 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าเต็มคลื่นแบบใช้กับหม้อแปลงมีแท่งกลางในรูปที่ 1.20 ประกอบด้วย ไดโอด D_1 และ D_2 เบอร์ 1N4001 กับตัวต้านทานโหลดมีค่า $1 \text{ k}\Omega$ ต่อเข้ากับหม้อแปลงไฟฟ้า มีแท่งกลางขนาด 24 V จงคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

1. แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุตเมื่อไม่ได้ฟิลเตอร์มีค่าเท่าไร
2. แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุตเมื่อมีการฟิลเตอร์มีค่าเท่าไรโดยใช้ C_F ค่า $470 \text{ }\mu\text{F}$



รูปที่ 1.20 ภาพประกอบตัวอย่างที่ 1.2

วิธีทำ 1. กรณีไม่มีฟิลเตอร์

แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุต (V_{DC}) $= 0.9 V_{AC} = (0.9)(24)$

$V_{DC} = 21.60 \text{ V}$

2. กรณีที่มีการฟิลเตอร์โดยนำตัวเก็บประจุไฟฟ้า C_F ค่า $470 \text{ }\mu\text{F}$ ต่อขนานกับโหลด

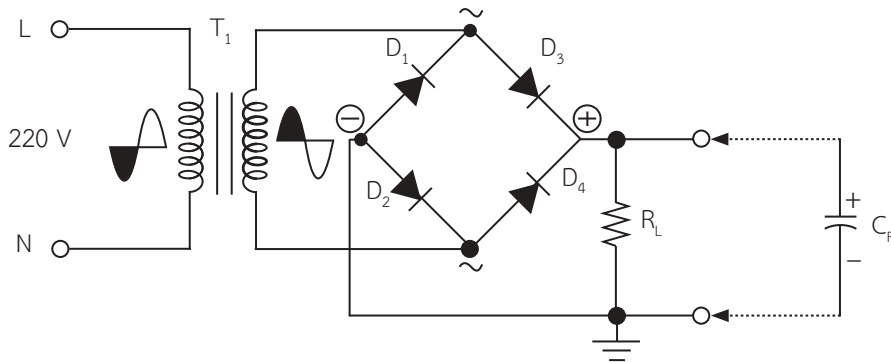
แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุต (V_{DC}) $= \sqrt{2} V_{AC} = (1.414)(24)$

$V_{DC} = 33.94 \text{ V}$

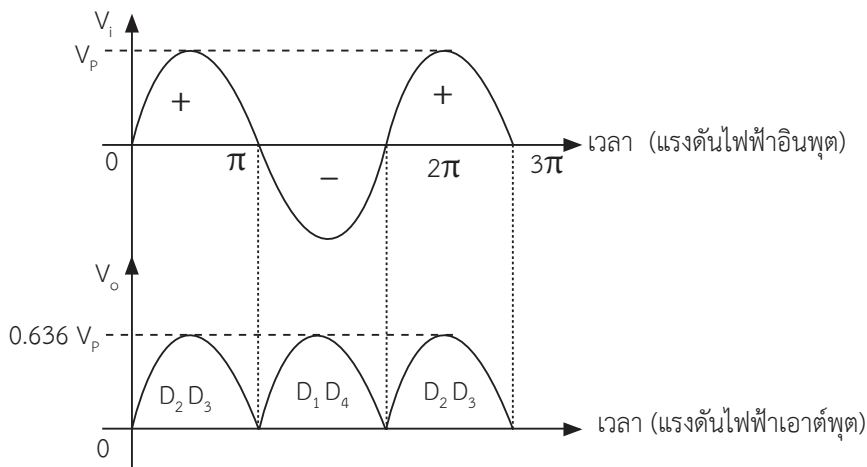
ดังนั้น แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุตเท่ากับ 33.94 V

ตอบ

2.2 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่นชนิดบริดจ์



(ก) วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าเต็มคลื่นแบบบริดจ์



(ข) รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าอินพุตและเอาต์พุต



(ค) รูปลักษณะจริง

รูปที่ 1.21 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าเต็มคลื่นแบบบริดจ์

วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าเต็มคลื่นแบบบริดจ์นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เพราะมีประสิทธิภาพสูง แสดงดังรูปที่ 1.21 มีรายละเอียดดังนี้

1) ใช้ไดโอดบริดจ์ 4 ตัว ประกอบด้วย D_1 , D_2 , D_3 และ D_4 ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยไดโอดจะผลัดกันทำงานครั้งละ 2 ตัว กล่าวคือ ไดโอด D_2 กับ D_3 จะนำกระแสไฟฟ้าในช่วงของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเฟสบวก ขณะที่ไดโอด D_1 กับ D_4 จะนำกระแสไฟฟ้าในช่วงของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเฟสลบ