

วงจรไฟฟ้า กระแสตรง



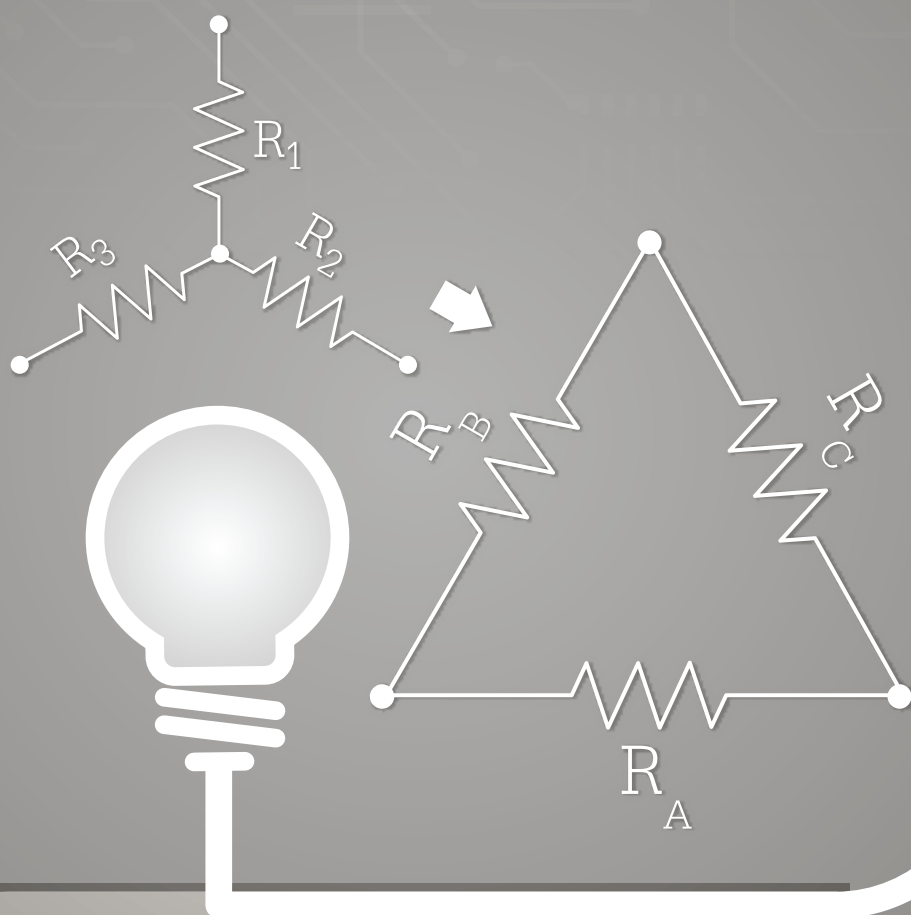
เหมาะสำหรับใช้ประกอบการเรียนระดับ ปวช.
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง



สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

บรรจง จันทมาศ และ ไชยชาญ หินเกิด

วงจรไฟฟ้า กระแสตรง



โดย บรรจง จันทมาศ และ ไชยชาญ หินเกิด



สำนักพิมพ์ ส.ส.ก.
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

190 บาท

วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

โดย... บรรจง จันทมาศ
และ ไชยชาญ หินเกิด

ราคา 190 บาท

พิมพ์ครั้งที่ 1 กันยายน 2559
พิมพ์ครั้งที่ 2 กรกฎาคม 2565



ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

บรรจง จันทมาศ.

วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. -- พิมพ์ครั้งที่ 2. -- กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2565.
200 หน้า.

1. วงจรไฟฟ้า--กระแสตรง. I. ไชยชาญ หินเกิด, ผู้แต่งร่วม II. ชื่อเรื่อง.

621.31912

ISBN 978-974-443-820-1

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ (ฉบับเพิ่มเติม) พ.ศ. 2558 โดย สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
ห้ามลอกเลียนไม่ว่าส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ไม่ว่าในรูปแบบใด ๆ
นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

จัดพิมพ์โดย สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

5-7 ซอยสุขุมวิท 29 ถนนสุขุมวิท แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

โทร. 0-2258-0320 (6 เลขหมายอัตโนมัติ), 0-2259-9160 (10 เลขหมายอัตโนมัติ)

ติดต่อสำนักพิมพ์ book4u@tpa.or.th

ติดต่อสั่งซื้อหนังสือ www.tpabook.com

จัดจำหน่ายโดย บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน)

เลขที่ 1858/87-90 ถนนบางนา-ตราด

แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260

โทร. 0-2739-8000, 0-2739-8222 โทรสาร 0-2739-8356-9

www.se-ed.com



ส.ส.ท. รักษ์โลก

ร่วมใช้หมึกพิมพ์จากถ้วยเหลือง

“ถ้าหนังสือมีข้อผิดพลาดเนื่องจากการพิมพ์ ให้นำมาแลกเปลี่ยนได้ที่สมาคมฯ” โทร. 0-2258-0320 ต่อ 1560, 1570

■ ผู้จัดการฝ่ายสำนักพิมพ์ สุกัญญา จาตุการ บรรณาธิการบริหาร วลภา สิริชตานนท์ กองบรรณาธิการ รินดา คันธวร, พรรณพิมล กิจไพฑูรย์,
แสงเงิน นาคพัฒน์ ผู้จัดการแผนกศิลปกรรม ศิริสุข อิศรางกูร ณ อยุธยา ศิลปกรรม อนิล พยุงเกียรติคุณ ออกแบบปก ชารินี คุดตะสิงค์

■ พิมพ์ที่ : บริษัท พิมพ์ดีการพิมพ์ จำกัด

เกี่ยวกับ สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) หรือ ส.ส.ท. ก่อตั้งอย่างเป็นทางการในวันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2516 จากความตั้งใจมุ่งมั่น ความร่วมมือร่วมใจ และความเสียสละ ท่วมเทกำลังกายและกำลังใจของกลุ่มบุคคลที่เคยไปศึกษาและดูงานโดยทุน ABK & AOTS ณ ประเทศญี่ปุ่น โดยมี ฯพณฯ สมหมาย ฮุนตระกูล เป็นประธานคณะกรรมการก่อตั้ง และสำเร็จด้วยความช่วยเหลืออย่างดีจาก อาจารย์ โกอิชิ โฮซุมิ อดีตประธานกรรมการ สมาคมความร่วมมือทางเศรษฐกิจ ไทย-ญี่ปุ่น (JTECS) ทั้งนี้โดยได้รับความช่วยเหลือทางด้านเงินทุนจากกระทรวงการคลังระหว่างประเทศและอุตสาหกรรม (METI) ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งไม่มีพันธะผูกพันใด ๆ เพื่อใช้จ่ายในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ

สำหรับ สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. จัดตั้งขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2516 พร้อม ๆ กับการก่อตั้งสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) โดยใช้ชื่อว่า โครงการตำรา เพื่อมุ่งส่งเสริมให้มีตำราภาษาไทยเกี่ยวกับเทคโนโลยีต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระดับอาชีวศึกษา ซึ่งในขณะนั้นยังมีอยู่จำกัด ให้แพร่หลายขึ้น เพื่อยกระดับมาตรฐานการศึกษาในสายวิชาชีพซึ่งกำลังสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมไทย

ในระยะ 4-5 ปี หลังจากการก่อตั้งสมาคมฯ โครงการตำราได้เปลี่ยนชื่อเป็น โครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม และได้ขยายกิจกรรมเป็น ส่วนตำราสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม ในปี พ.ศ. 2539 พร้อม ๆ กับการขยายขอบข่ายหนังสือที่จัดพิมพ์ให้ครอบคลุมหนังสือด้านการบริหารจัดการธุรกิจ อุตสาหกรรม และจิตวิทยา-การพัฒนาตนเอง รวมถึงคณิตศาสตร์วิทยาศาสตร์ ทั้งที่เป็นงานเขียนและงานแปล ภายใต้ชื่อ สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อถ่ายทอดและเผยแพร่ความรู้ในสาขาต่าง ๆ ให้แก่บุคลากรทั้งภาครัฐและเอกชน ตลอดจนนักเรียน นักศึกษาเยาวชน ซึ่งจะเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรม เศรษฐกิจ และสังคมไทยให้เติบโตได้อย่างยั่งยืนต่อไป

สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. ใคร่ขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างยิ่งต่อผู้เขียนและผู้แปลทุกท่านที่มีส่วนสำคัญในความสำเร็จของสำนักพิมพ์ตั้งแต่เริ่มต้นจวบจนปัจจุบัน และหวังว่าหนังสือของสำนักพิมพ์ ส.ส.ท. จะมีส่วนช่วยในการพัฒนาบุคลากร อันจะนำไปสู่การสร้างสรรค์สังคมและเศรษฐกิจของประเทศให้ก้าวหน้าและยั่งยืน และหากท่านผู้อ่านมีข้อชี้แนะประการใด ขอได้โปรดแจ้งให้ทางสำนักพิมพ์ทราบด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง

คำนำ

หนังสือตำราวิชาชีพ เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนาทางด้านวิชาการในการเรียนรู้เรื่องของไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรงมีความสำคัญมาก เพราะเป็นความรู้เบื้องต้นที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันทุกวิชา เป็นวิชาความรู้ขั้นพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับผู้ศึกษาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

หนังสือตำราเล่มนี้ เป็นตำราประกอบการเรียน วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งเป็นหลักสูตร ปวช. สาขาวิชาช่างไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีเนื้อหาประกอบด้วย 4 บท คือ ความรู้เรื่องไฟฟ้าทั่วไป, ความต้านทานไฟฟ้า ตัวนำไฟฟ้า และฉนวนไฟฟ้า, กฎและวงจรไฟฟ้ากระแสตรง, ทฤษฎีไฟฟ้ากระแสตรง แต่ละบทมีเนื้อหาสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่อง มีหลักการคำนวณ การวิเคราะห์ แก้ปัญหาวงจรต่าง ๆ โดยหลักและทฤษฎีในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งเป็นเนื้อหารายละเอียดในหลักสูตร แต่ละบทมีแบบฝึกหัดและเฉลยคำตอบ เพื่อวัดความรู้ความเข้าใจ และประเมินผลการเรียน อนึ่ง ตำราเล่มนี้เขียนขึ้นและเรียบเรียงจากประสบการณ์การสอนวิชานี้เป็นเวลาหลายปีของผู้เขียนเอง และได้รวบรวมความคิดและโจทย์จากตำราต่าง ๆ ซึ่งบางตอนได้มีการปรับปรุงให้สมบูรณ์ขึ้น เหมาะสำหรับผู้สนใจในวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สามารถศึกษาด้วยตนเองอีกด้วย

จึงหวังว่าหนังสือเล่มนี้คงเป็นประโยชน์ต่อครู-อาจารย์ผู้สอน และนักเรียนนักศึกษา ใช้เป็นตำราประกอบการเรียนในวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรงได้เป็นอย่างดี

บรรจง จันทมาศ

ไชยชาญ หินเกิด

บทที่ 1	ความรู้เรื่องไฟฟ้าทั่วไป	1
1.1	ทฤษฎีอิเล็กตรอน (Electron theory)	1
1.2	วงอิเล็กตรอน (Electron shell)	2
1.3	เวเลนซ์อิเล็กตรอน (Valence electron)	3
1.4	อิเล็กตรอนอิสระ (Free electron)	4
1.5	แรงดัน ความต่างศักย์ไฟฟ้า	4
1.6	วิธีการเบื้องต้นในการทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า (Primary methods of producing a voltage)	5
1.7	หน่วยของแรงดันไฟฟ้า (Unit of voltage)	5
1.8	กระแสไฟฟ้า (Electric current)	6
	แบบฝึกหัดบทที่ 1	7
บทที่ 2	ความต้านทานไฟฟ้า ตัวนำไฟฟ้า และฉนวนไฟฟ้า	8
2.1	ความต้านทานไฟฟ้า (Resistance)	8
2.2	ตัวนำไฟฟ้า (Conductor)	9
2.3	ฉนวนไฟฟ้า (Insulator)	9
2.4	หน่วยของความต้านทาน	9
2.5	ความต้านทานของสารตัวนำ	10
2.6	ความต้านทานจำเพาะ (Specific resistance of resistivity)	10
2.7	ผลของอุณหภูมิต่อค่าความต้านทาน	14
2.8	ค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ (Absolute temperature)	15
2.9	ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ	15
2.10	ความนำ (Conductance)	17
	แบบฝึกหัดบทที่ 2	18

บทที่ 3 กฎและวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	19
3.1 กฎของโอห์ม	19
3.2 กำลังไฟฟ้า (Electrical power)	23
3.3 พลังงานไฟฟ้า (Electrical energy)	23
3.4 ประสิทธิภาพและการสูญเสียกำลังงาน (Efficiency and power losses)	26
แบบฝึกหัดบทที่ 3 (1)	28
3.5 การต่อความต้านทาน	30
3.6 วิธีการแปลงค่าความต้านทานเทียบเท่า	38
แบบฝึกหัดบทที่ 3 (2)	45
3.7 วงจรไฟฟ้า (Electric circuit)	49
3.8 โหลดไฟฟ้า	49
3.9 วงจรอนุกรม (Series circuit)	50
3.10 วงจรขนาน (Parallel circuit)	54
3.11 วงจรแบบผสม (Compound circuit)	59
แบบฝึกหัดบทที่ 3 (3)	65
3.12 เซลล์ไฟฟ้า (Electric cell)	72
3.13 การต่อเซลล์ไฟฟ้า	73
3.14 การต่อเซลล์ไฟฟ้าที่ไม่เหมือนกัน	88
3.15 การต่อเซลล์ไฟฟ้าให้ได้กระแสมากที่สุด	90
3.16 การต่อเซลล์ผิด	94
แบบฝึกหัดบทที่ 3 (4)	98
3.17 วงจรแบ่งแรงดันและแบ่งกระแส (Voltage dividers and current dividers)	104
แบบฝึกหัดบทที่ 3 (5)	111
 บทที่ 4 ทฤษฎีไฟฟ้ากระแสตรง	 115
4.1 กฎของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchoff's law)	115
4.2 ดีเทอร์มิแนนต์ (Determinant)	126
แบบฝึกหัดบทที่ 4 (1)	131

4.3 ทฤษฎีกระแสเมชของแมกซ์เวลล์ (Maxwell's mesh current theorem).....	134
แบบฝึกหัดบทที่ 4 (2).....	141
4.4 ทฤษฎีแรงดันโนด (Node voltage theorem).....	143
4.5 วงจรบริดจ์ (Bridge circuit).....	147
แบบฝึกหัดบทที่ 4 (3).....	150
4.6 ทฤษฎีการวางซ้อน (Superposition theorem).....	153
4.7 ทฤษฎีเทวินิน (Thevenin's theorem).....	158
4.8 ทฤษฎีของนอร์ตัน (Norton's theorem).....	163
4.9 ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum power transfer theorem).....	168
แบบฝึกหัดบทที่ 4 (4).....	173
 เฉลยคำตอบแบบฝึกหัด.....	 180
 บรรณานุกรม.....	 188

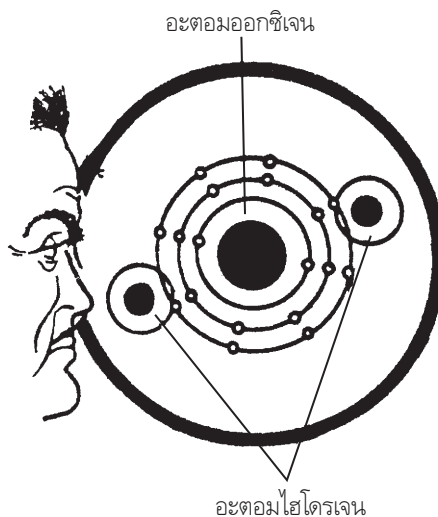
ความรู้ เรื่องไฟฟ้าทั่วไ

1.1 ทฤษฎีอิเล็กตรอน (Electron theory)

สสารต่าง ๆ มีอยู่ 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว ก๊าซ ซึ่งสสารทั้ง 3 สถานะนี้อาจจะอยู่ในรูปของ ธาตุ สารประกอบ และของผสม อย่างใดอย่างหนึ่ง ของแข็ง ของเหลว และก๊าซนี้ต่างก็ประกอบขึ้นจากส่วนเล็ก ๆ ซึ่งเรียกว่า **โมเลกุล** (Molecule) และ 1 โมเลกุลนั้น เมื่อแบ่งลงไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งเป็นอนุภาคที่เล็กที่สุดเท่าที่จะทำได้ เรียกว่า **อะตอม** (Atom)

สารที่มีโมเลกุลประกอบด้วยอะตอมชนิดเดียวกัน เรียกว่า **ธาตุ** (Element)

สารที่มีโมเลกุลประกอบด้วยอะตอมต่างชนิดกัน เรียกว่า **สารประกอบ** (Compound) เช่น โมเลกุลของน้ำ ดังรูปที่ 1.1 จะประกอบด้วย ไฮโดรเจน 2 อะตอม และออกซิเจน 1 อะตอม

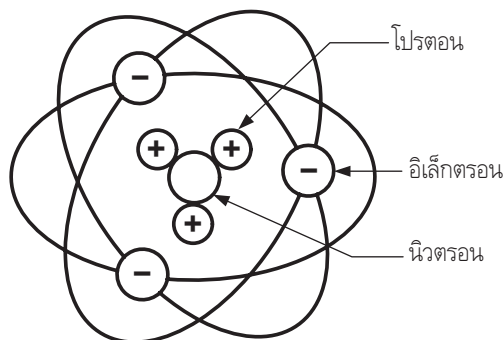


รูปที่ 1.1 โมเลกุลของน้ำ

ในอะตอมหนึ่ง ๆ แต่ละชนิด ประกอบด้วยอนุภาคมูลฐานสำคัญ 3 ส่วน คือ โปรตอน (Proton) นิวตรอน (Neutron) และอิเล็กตรอน (Electron)

โปรตอน	มีอำนาจไฟฟ้า	บวก
นิวตรอน	มีอำนาจไฟฟ้า	กลาง
อิเล็กตรอน	มีอำนาจไฟฟ้า	ลบ

โปรตอนและนิวตรอนอยู่ภายในนิวเคลียส (Nucleus) ดังรูปที่ 1.2 อิเล็กตรอนที่มีอำนาจเป็นลบ จะวิ่งอยู่รอบ ๆ นิวเคลียสด้วยความเร็วสูง อิเล็กตรอนเบากว่าโปรตอนประมาณ 1850 เท่า เพราะอิเล็กตรอน เบามากนี้เอง จึงถูกแรงไฟฟ้าทำให้เคลื่อนที่ไปได้ โดยสภาพปกติทั่ว ๆ ไปแล้ว อะตอมของธาตุมีสมบัติ ทางไฟฟ้าที่เป็นกลาง ในอะตอมหนึ่ง ๆ จะมีจำนวนโปรตอนเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอนเสมอ เช่น อะตอมของ ไฮโดรเจน ที่นิวเคลียสจะมีโปรตอน 1 ตัว และอิเล็กตรอนรอบ ๆ 1 ตัว อะตอมของฮีเลียม ที่นิวเคลียสจะมี โปรตอน 2 ตัว นิวตรอน 2 ตัว และอิเล็กตรอนโคจรรอบ ๆ 2 ตัว

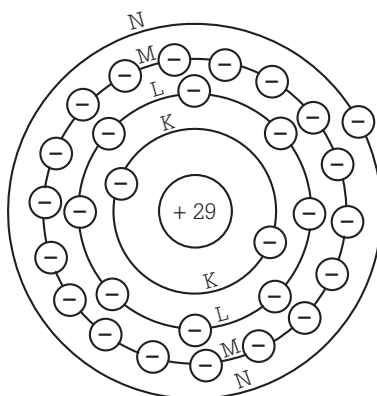


รูปที่ 1.2 โครงสร้างทั่วไปของอะตอม

1.2 วงอิเล็กตรอน (Electron shell)

ในอะตอมของสารที่มีอิเล็กตรอนโคจรเป็นวงรอบ ๆ นิวเคลียสนั้น ๆ แต่ละวงจะมีอิเล็กตรอน แตกต่างกันไป อิเล็กตรอนแต่ละตัวจะมีพลังงานที่ขึ้นอยู่กับค่า N โดยกำหนดให้ระดับพลังงานต่ำสุดคือ $n = 1$ ระดับสูงขึ้นไปคือ $n = 2, 3, 4, \dots$ ขึ้นไปตามลำดับ ระดับพลังงานนี้จะถูกแบ่งเป็นวง (Shell) ซึ่งแทน ด้วยอักษร K, L, M, N, O, P, Q จำนวนอิเล็กตรอนที่มีได้มากที่สุดในระดับพลังงานระดับใดระดับหนึ่ง มีค่าเท่ากับ $2n^2$ เช่น ในชั้น K จะมีอิเล็กตรอนได้อย่างมากที่สุดเท่ากับ $2(1)^2 = 2$ ตัว เป็นต้น นอกจากนี้อิเล็กตรอนในวงนอกสุดจะมีได้ไม่เกิน 8 ตัว เช่น อะตอมของทองแดง ดังรูปที่ 1.3 มีอิเล็กตรอน 29 ตัว แบ่งตามวงได้ดังนี้

วง K	มีอิเล็กตรอนได้ $2(1)^2 = 2$ ตัว ($n = 1$)
วง L	มีอิเล็กตรอนได้ $2(2)^2 = 8$ ตัว ($n = 2$)
วง M	มีอิเล็กตรอนได้ $2(3)^2 = 18$ ตัว ($n = 3$)
วง N	มีอิเล็กตรอนได้ 1 ตัว



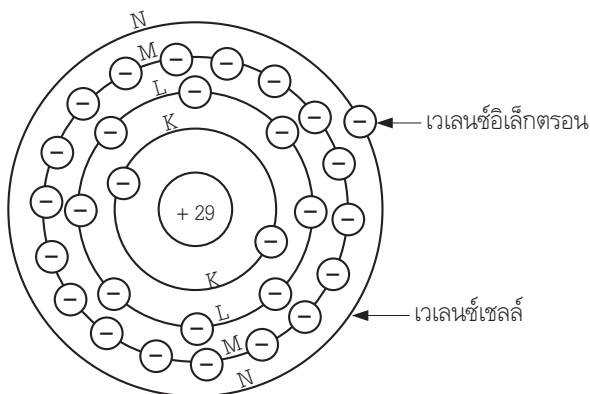
รูปที่ 1.3 โครงสร้างอะตอมของทองแดง

1.3 เวเลนซ์อิเล็กตรอน (Valence electron)

วงของอิเล็กตรอนที่มีบทบาทในการรวมตัวกับอะตอมของธาตุอื่น คือวงที่อยู่ชั้นนอกสุด และจำนวนอิเล็กตรอนในวงชั้นนอกสุดนี้จะมีอิเล็กตรอนได้ไม่เกิน 8 ตัว

วงที่อยู่ชั้นนอกสุดเรียกว่า เวเลนซ์เชลล์ (Valence shell)

อิเล็กตรอนที่อยู่ในวงชั้นนอกสุดเรียกว่า เวเลนซ์อิเล็กตรอน ดังรูปที่ 1.4

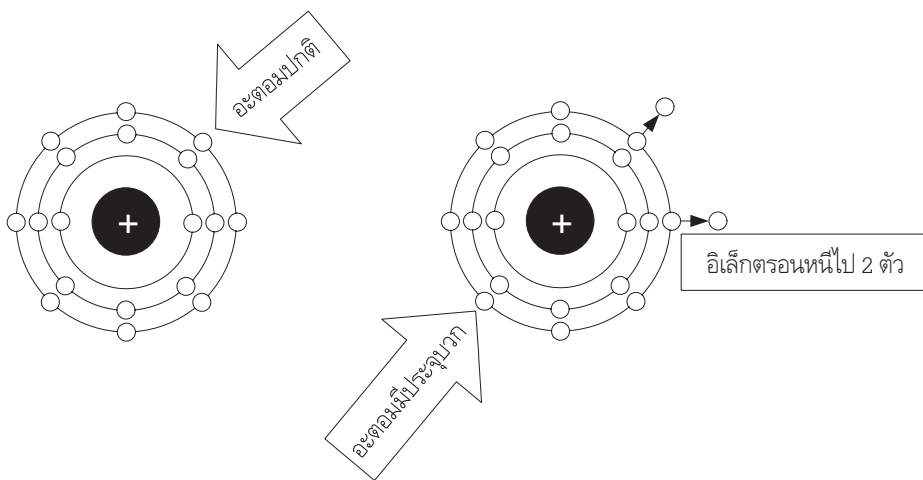


รูปที่ 1.4 เวเลนซ์อิเล็กตรอน

1.4 อิเล็กตรอนอิสระ (Free electron)

เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับตัวนำไฟฟ้าหรือเมื่อให้พลังงานแก่อิเล็กตรอน เช่น ความร้อน แสง รังสี หรือพลังงานรูปอื่น ๆ จะทำให้อิเล็กตรอนที่อยู่วงนอกสุดของอะตอม หรือที่เรียกว่าเวเลนซ์อิเล็กตรอน ถูกผลักให้หลุดออกจากวงโคจร กลายเป็นอิเล็กตรอนอิสระ ซึ่งอิเล็กตรอนอิสระนี้เองทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในตัวนำ

รูปที่ 1.5 แสดงการเกิดอิเล็กตรอนอิสระ และอะตอมจะมีประจุเป็นบวก



รูปที่ 1.5 การเกิดอิเล็กตรอนอิสระ และอะตอมจะมีประจุเป็นบวก

1.5 แรงดัน ความต่างศักย์ไฟฟ้า

แรงดันที่ทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปในตัวนำ แล้วทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นนั้นอาจจะเรียกว่า

1. แรงเคลื่อนไฟฟ้า (Electromotive force)
2. แรงดันไฟฟ้า (Voltage)
3. ความต่างศักย์ไฟฟ้า (Difference in potential)

เมื่อมีความต่างศักย์ไฟฟ้าเกิดขึ้นระหว่างตัวประจุไฟฟ้าทั้งสองที่มีตัวนำให้ถึงกันจะทำให้อิเล็กตรอนไหลไปตามตัวนำ โดยจะไหลออกจากตัวประจุไฟฟ้าลบไปสู่ตัวประจุไฟฟ้าบวก การไหลของอิเล็กตรอนจะมีต่อเนื่องกัน แรงที่ผลักดันให้อิเล็กตรอนไหลได้มากหรือน้อย คือ แรงดันไฟฟ้า ซึ่งเกิดจากความต่างศักย์ของประจุไฟฟ้า แต่เนื่องจากศักย์ของประจุไฟฟ้าแต่ละตัววัดเป็น โวลต์ ด้วย และแรงดันไฟฟ้าก็ต้อง

วัดเป็นโวลต์ตาม ความต่างศักย์ระหว่างประจุไฟฟ้าสองตัว ซึ่งจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นนี้ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า โวลเตจ (Voltage)

1.6 วิธีการเบื้องต้นในการทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า (Primary methods of producing a voltage)

การที่จะทำให้แรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นได้นั้น สามารถทำได้ 6 วิธีด้วยกันคือ

1. **การขัดสี (Friction)** แรงดันไฟฟ้าจะเกิดขึ้นได้โดยการนำวัตถุสองชนิดมาถูกัน
2. **แรงกดดัน (Pressure)** แรงดันไฟฟ้าจะเกิดขึ้นได้โดยการบีบตัวของผลึก (Crystal) ของสารชนิดหนึ่ง
3. **ความร้อน (Heat)** แรงดันไฟฟ้าจะเกิดขึ้นได้โดยการให้ความร้อนที่จุดต่อของโลหะที่ต่างชนิดกัน
4. **แสงสว่าง (Light)** แรงดันไฟฟ้าจะเกิดขึ้นได้เมื่อแสงสว่างกระทบกันกับสารที่มีความไวต่อแสง
5. **กิริยาเคมี (Chemical Action)** แรงดันไฟฟ้าจะเกิดขึ้นโดยปฏิกิริยาเคมี (Chemical reaction) เช่น แบตเตอรี่
6. **อำนาจแม่เหล็ก (Magnetism)** แรงดันไฟฟ้าจะเกิดขึ้นในตัวนำไฟฟ้าได้เมื่อตัวนำเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็ก หรือสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ผ่านตัวนำ ซึ่งลักษณะเช่นนี้ ตัวนำจะตัดเส้นแรงของสนามแม่เหล็ก

1.7 หน่วยของแรงดันไฟฟ้า (Unit of voltage)

แรงดันไฟฟ้าเขียนแทนด้วย E มีหน่วยเป็น โวลต์ ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิด 1 โวลต์ ระหว่างสองจุด เกิดขึ้นจากงานที่ใช้ไป 1 จูล (Joule) เพื่อให้ปริมาณไฟฟ้าเคลื่อนที่ไประหว่างจุดทั้งสองได้ 1 คูลอมป์ หรือแรงดัน 1 โวลต์ หมายถึงแรงดันไฟฟ้าที่ทำให้กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ไหลผ่านความต้านทาน 1 โอห์ม

การแปลงหน่วยของโวลต์ เปลี่ยนเป็นหน่วยที่เล็กกว่าและใหญ่กว่าโวลต์ได้ดังนี้

$$1 \text{ มิลลิโวลต์ (Millivolt), mV} = 10^{-3} = \frac{1}{1,000} \text{ โวลต์}$$

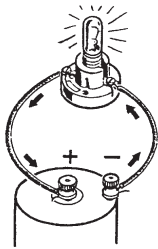
$$1 \text{ กิโลโวลต์ (Kilovolt), kV} = 10^3 = 1,000 \text{ โวลต์}$$

$$1 \text{ เมกะโวลต์ (Megavolt), MV} = 10^6 = 1,000,000 \text{ โวลต์}$$

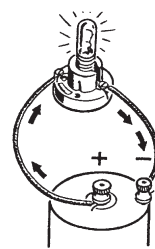
1.8 กระแสไฟฟ้า (Electric current)

กระแสไฟฟ้า เขียนแทนด้วย I มีหน่วยเป็น แอมแปร์ กระแส 1 แอมแปร์ หมายถึง ปริมาณ อิเล็กตรอนจำนวน 6.28×10^{18} ตัว หรือ 1 คูลอมบ์ ไหลผ่านจุดใดจุดหนึ่งในเวลา 1 วินาทีได้

ถ้าเอาตัวนำต่อระหว่างขั้วบวกและขั้วลบ จะปรากฏว่า อิเล็กตรอนที่อยู่ทางขั้วลบจะวิ่งผ่าน ตัวนำเข้าหาโปรตอนทางขั้วบวกทันที การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนนี้เรียกว่า กระแสอิเล็กตรอน (Electron current) ในทางตรงข้าม จะเกิดกระแสของประจุบวกไหลสวนทางกับกระแสอิเล็กตรอน ซึ่งกระแสนี้ เรียกว่า กระแสสมมุติหรือกระแสนิยม (Conventional current) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า กระแสไฟฟ้า (Electric current) ทิศทางการไหลของกระแสอิเล็กตรอนและทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า แสดง ดังรูปที่ 1.6



(ก) แสดงทิศทางการไหลของกระแสอิเล็กตรอน



(ข) แสดงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า

รูปที่ 1.6 แสดงทิศทางการไหลของกระแสอิเล็กตรอนและกระแสไฟฟ้า

ปริมาณของไฟฟ้า 1 คูลอมบ์ (Coulomb) มีจำนวนอิเล็กตรอน 6.28×10^{18} ตัว สัญลักษณ์ของ คูลอมบ์ คือ Q

กระแสไฟฟ้าวัดได้จากการไหลของอิเล็กตรอน 6.28×10^{18} ตัว หรือ 1 คูลอมบ์ สามารถเคลื่อนที่ ผ่านจุดนั้นในเวลา 1 วินาที ปริมาณของอิเล็กตรอนที่ไหลผ่านนี้มีค่า 1 แอมแปร์ (Ampere)

$$I = \frac{Q}{T}$$

เมื่อ I คือ กระแสไฟฟ้า หน่วย : แอมแปร์ (A)

Q คือ ปริมาณไฟฟ้า หน่วย : คูลอมบ์ (C)

T คือ เวลา หน่วย : วินาที (s)

หน่วยของกระแสไฟฟ้าสามารถเปลี่ยนเป็นหน่วยใหญ่กว่าและเล็กกว่าแอมแปร์ได้ดังนี้

$$\text{ไมโครแอมป์ (Microamp), } \mu A = \frac{1}{1,000,000} \text{ แอมแปร์}$$

$$\text{มิลลิแอมป์ (Milliamp), } mA = \frac{1}{1,000} \text{ แอมแปร์}$$

$$\text{กิโลแอมป์ (Kiloamp), } kA = 1,000 \text{ แอมแปร์}$$

แบบฝึกหัดบทที่ 1

1. อนุภาคที่เล็กที่สุด เรียกว่า.....
2. สารที่มีโมเลกุลประกอบด้วยอะตอมต่างชนิดกัน เรียกว่า
3. ในอะตอมหนึ่ง ๆ จะประกอบด้วยอนุภาคมูลฐานสำคัญ 3 ส่วนคือ
(ก) (ข) (ค)
4. วงโคจรของอิเล็กตรอนวงนอกสุดจะมีจำนวนอิเล็กตรอนได้ไม่เกิน.....ตัว
5. อิเล็กตรอนที่อยู่ในวงนอกสุดเรียกว่า.....
6. อิเล็กตรอนที่อยู่ในวงนอกสุดของอะตอมที่หลุดออกจากวงโคจร เรียกว่า.....
7. วิธีการเบื้องต้นที่ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้ามีอะไรบ้าง
(ก) (ข)
(ค) (ง)
(จ) (ฉ)
8. จงแปลงค่าต่อไปนี้ (ก) 50 mA =A
(ข) 250 A =kA
(ค) 380 kA =A
9. จงแปลงค่าต่อไปนี้ (ก) 150 kV =V
(ข) 150 mV =V
(ค) 115,000 V =kV
10. ทิศทางการไหลของกระแสสมมุติ จะไหลจากขั้ว.....ไปขั้ว.....ในวงจรภายนอก

ความต้านทานไฟฟ้า

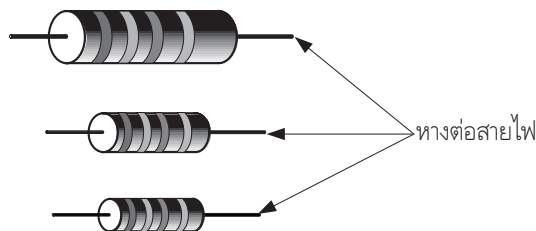
ตัวนำไฟฟ้า และฉนวนไฟฟ้า

2.1 ความต้านทานไฟฟ้า (Resistance)

ความต้านทานไฟฟ้า คือคุณสมบัติของวัตถุ ที่ต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้า วัตถุทุกชนิดจะต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า วัตถุบางชนิดต้านได้มาก บางชนิดต้านได้น้อย ดังนั้น คุณสมบัติของความต้านทานไฟฟ้า คือทำให้กระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง ถ้าในวงจรไฟฟ้า ค่าความต้านทานมีมาก กระแสไฟฟ้าไหลได้น้อย แต่ถ้าในวงจรไฟฟ้า ค่าความต้านทานมีน้อย กระแสไฟฟ้าไหลได้มาก

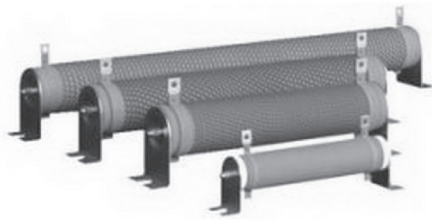
ตัวต้านทานไฟฟ้า เป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ประดิษฐ์ขึ้นมาเพื่อใช้ต่อร่วมกับวงจรไฟฟ้า เพื่อบังคับให้กระแสไฟฟ้าในวงจรเปลี่ยนแปลงไปตามต้องการ ทำจากวัตถุที่ปล่อยอิเล็กตรอนหลุดออกจากวงโคจรได้น้อย

ตัวต้านทานไฟฟ้าบางชนิดทำจากโลหะ เช่น ตัวต้านทานไฟฟ้าที่ชื่อว่า คาร์บอนรีซิสเตอร์ (Carbon resistor) ที่ใช้ประกอบในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ โดยมีลักษณะทรงกระบอกตัน มีหางทั้งสองข้าง ค่าความต้านทานมีแถบสีแสดง ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 คาร์บอนรีซิสเตอร์

ตัวต้านทานไฟฟ้าอีกชนิดหนึ่งทำจากโลหะ เช่น ตัวต้านทานที่เรียกว่า ไวรวัลลวรีซิสเตอร์ ดังรูปที่ 2.2 มีลักษณะเป็นเส้นลวด (ลวดนิโครม หรือ ลวดแมงกานีส) พันรอบแท่งกระเบื้องหรือพอร์ซเลน และมีขั้วสำหรับต่อสายไฟ ตัวต้านทานชนิดนี้โตกว่าชนิดคาร์บอน



รูปที่ 2.2 ไวราร์วอร์ซิสเตอร์

2.2 ตัวนำไฟฟ้า (Conductor)

ตัวนำไฟฟ้า คือวัสดุที่มีความต้านทานต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าน้อยมาก คุณสมบัติของวัสดุชนิดนี้จะนำกระแสไฟฟ้าได้ดี สารที่เป็นโลหะจะเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี เช่น เงิน ทองแดง อะลูมิเนียม ฯลฯ

2.3 ฉนวนไฟฟ้า (Insulator)

ฉนวนไฟฟ้า คือวัสดุที่มีความต้านทานต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าสูงมากหลายเมกะ-โอห์มกันไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำได้ วัสดุชนิดนี้จะเป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดี เช่น แก้ว ไม้ กระดาษ พลาสติก

2.4 หน่วยของความต้านทาน

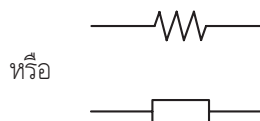
ความต้านทานมีหน่วยเป็นโอห์ม (Ohm) ใช้สัญลักษณ์ Ω เขียนเป็น

1 กิโลโอห์ม (kiloohm), $k\Omega$ = 1,000 โอห์ม (Ω)

1 เมกะโอห์ม (Megaohm), $M\Omega$ = 1,000 กิโลโอห์ม ($k\Omega$)

= 1,000,000 โอห์ม (Ω)

สัญลักษณ์ของความต้านทานแสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 สัญลักษณ์ของความต้านทาน

2.5 ความต้านทานของสารตัวนำ

ขนาดและชนิดของสสารที่ใช้ทำเป็นสายไฟฟ้าในวงจรนั้น จะต้องทำให้มีความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้าต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ง่าย ๆ ในวงจรไฟฟ้านั้นความต้านทานของสายไฟฟ้าที่ใช้เป็นตัวนำ จะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามกฎของความต้านทาน (Law of resistance) ซึ่งกล่าวไว้ดังนี้คือ

1. ความต้านทานของตัวนำจะเปลี่ยนแปลงไปตามความยาวของตัวนำโดยตรง เช่น ถ้าสายตัวนำทองแดงยาว 1 เมตร มีความต้านทาน 0.04 โอห์ม ถ้าสายยาวเพิ่มขึ้น 2 เมตร ความต้านทานก็จะเพิ่มขึ้นอีกเป็น 0.08 โอห์ม
2. ความต้านทานจะเปลี่ยนค่าเป็นสัดส่วนกลับกับพื้นที่หน้าตัดของตัวนำ หมายความว่า ถ้าพื้นที่หน้าตัดมีค่ามากขึ้น ความต้านทานก็จะมีค่าน้อยลง และถ้าพื้นที่หน้าตัดมีค่าน้อยลง ความต้านทานก็จะมีค่ามากขึ้น
3. ความต้านทานของตัวนำต่าง ๆ จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเฉพาะตัวตามธรรมชาติ
4. อุณหภูมิทำให้ความต้านทานเปลี่ยนแปลงตามความสัมพันธ์

$$R_t = R_0 (\alpha + t)$$

R_t = ความต้านทานเมื่ออุณหภูมิเป็น t องศา

R_0 = ความต้านทานของตัวนำเมื่ออุณหภูมิเป็น 0°C

t = อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

α = (Alpha) สัมประสิทธิ์ อุณหภูมิ - ความต้านทาน

โลหะ อุณหภูมิสูง จะมีความต้านทานเพิ่มขึ้น

อโลหะ อุณหภูมิสูง จะมีความต้านทานลดลง

2.6 ความต้านทานจำเพาะ (Specific resistance of resistivity)

ความต้านทานจำเพาะของลวดตัวนำใด ๆ หมายถึง ความต้านทานจำเพาะของวัสดุตัวนำและลวดตัวนำชนิดนั้นที่จะบอกความต้านทานของสายที่มีขนาดตามกำหนด

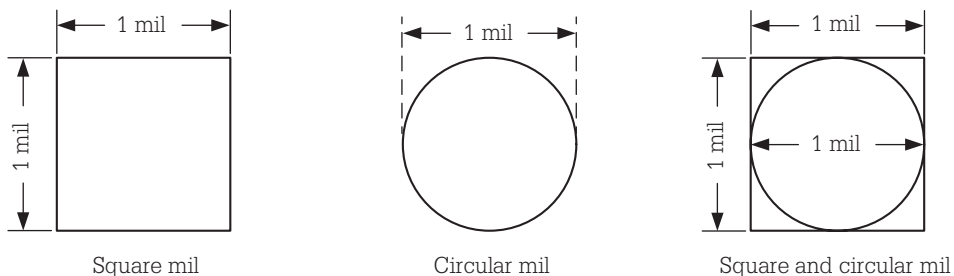
ในระบบอังกฤษ วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของสาย โตเป็นมิล (1 มิล = $\frac{1}{1,000}$ นิ้ว) และวัดพื้นที่หน้าตัด เป็นเซอร์กิวลาร์มิล และยาว 1 ฟุต ณ อุณหภูมิที่กำหนด จะมีความต้านทานจำเพาะจำนวนหนึ่ง เช่น

สายทองแดงขนาด 1 เซอร์คิวลาร์มิล-ฟุต ที่อุณหภูมิ 20°C จะมีความต้านทาน 10.4 โอห์ม

ในระบบเมตริก วัดเส้นผ่านศูนย์กลางหน่วยเป็น เซนติเมตร และวัดพื้นที่หน้าตัดเป็น ตารางเซนติเมตร และยาว 1 เซนติเมตร ณ อุณหภูมิที่กำหนด จะมีความต้านทานจำเพาะจำนวนหนึ่ง

เช่น สายทองแดงขนาด 1 ตร.ซม. ยาว 1 เมตร ที่อุณหภูมิ 20°C จะมีความต้านทาน 1.72×10^{-6} โอห์ม

หรือ ความต้านทานจำเพาะของตัวนำใด ๆ หมายถึง ความต้านทานของวัตถุชนิดนั้นมีความยาว 1 เมตร พื้นที่หน้าตัด 1 มม.² ที่อุณหภูมิ 20°C รูปที่ 2.4 เปรียบเทียบสแควร์และเซอร์คิวลาร์มิลและแสดงความต้านทานจำเพาะที่อุณหภูมิ 20°C และสัมประสิทธิ์อุณหภูมิแสดงดังตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.4 เปรียบเทียบสแควร์และเซอร์คิวลาร์มิล

ตารางที่ 2.1 แสดงความต้านทานจำเพาะที่อุณหภูมิ 20°C และสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ

ชนิดของวัตถุ	โอห์ม-ฟุต หรือ เซอร์คิวลาร์มิล-ฟุต	โอห์ม-ซม. หรือ โอห์ม/ลูกบาศก์ ซม.	โอห์ม-เมตร หรือ โอห์ม/ลูกบาศก์เมตร	ค่าสัมประสิทธิ์ อุณหภูมิ
ทองแดง	10.4	1.72×10^{-6}	1.72×10^{-8}	0.00393
เงิน	8.85	1.47×10^{-6}	1.47×10^{-8}	0.0038
อะลูมิเนียม	16.9	2.63×10^{-6}	2.63×10^{-8}	0.0039
เหล็ก	60-84	$10-14 \times 10^{-6}$	$10-14 \times 10^{-8}$	0.0055
ทองเหลือง	42	$6-8 \times 10^{-6}$	$6-8 \times 10^{-8}$	-
ทังสเตน	33	5.5×10^{-6}	5.5×10^{-8}	0.0045
แพลทินัม	66.2	11×10^{-6}	11×10^{-8}	-
นิโครม	600	100×10^{-6}	100×10^{-8}	-