



MathStandard

เอกสารประกอบการเรียน

เทคโนโลยีและวิทยาการคำนวณ

เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

เตรียมสอบเข้า ม.4

โครงการห้องเรียนวิทยาศาสตร์ วมว. รอบ 2

www.mathstandard.com

คำชี้แจง

ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

จัดทำโดย MathStandard

ฉบับ 2.0

ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เป็นพื้นฐานของการทำงานของอุปกรณ์และระบบควบคุม การวิเคราะห์ต้องเชื่อมรูปแบบการต่อวงจร ปริมาณไฟฟ้า การถ่ายโอนพลังงาน และข้อจำกัดของอุปกรณ์ จึงจะอธิบายการทำงานและเลือกทางเลือกที่เหมาะสมจากข้อมูลได้

เนื้อหาครอบคลุมปริมาณไฟฟ้า การอ่านและวัดวงจร กฎของโอห์ม วงจรอนุกรมและขนาน การแบ่งแรงดัน วงจรบริดจ์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ กำลังและพลังงาน ค่าคลาดเคลื่อน แบตเตอรี่ และระบบพลังงานแสงอาทิตย์ เริ่มจากหลักการพื้นฐานแล้วเชื่อมสู่สถานการณ์หลายเงื่อนไขที่ต้องใช้เหตุผลและตรวจสอบขอบเขตของคำตอบ

ผู้เรียนควรมีพื้นฐานอัตราส่วน ร้อยละ สมการ อสมการ กราฟเส้นตรง และการแปลงหน่วย สูตรประยุกต์บางส่วนใช้ตามแบบจำลองที่กำหนด ไม่ถือว่าอุปกรณ์จริงทุกชนิดมีพฤติกรรมตรงตามแบบจำลองตลอดช่วงการทำงาน ตัวแปรและค่าที่ใช้ต้องอ้างอิงตำแหน่งในวงจรและด้านของการถ่ายโอนพลังงานให้ตรงกัน

ค่ากำลัง พลังงาน ประสิทธิภาพ และข้อมูลอุปกรณ์ในตัวอย่างกับแบบฝึกหัดเป็นข้อมูลสมมติ ใช้สำหรับการวิเคราะห์ตามเงื่อนไขที่กำหนด สายและเครื่องวัดเป็นอุดมคติเฉพาะกรณีทุกระบบ การวิเคราะห์แบตเตอรี่และเครื่องแปลงไม่ใช่แทนข้อมูลผู้ผลิตหรือการรับรองความปลอดภัยของระบบจริง ไม่กำหนดให้ทดลองกับไฟฟ้าอาคารหรือดัดแปลงแบตเตอรี่

แบบฝึกหัดแต่ละข้อมีคะแนนเต็ม 4 คะแนน ให้แสดงผลหรือการคำนวณตามคำถาม ใช้หน่วยให้สอดคล้อง และระบุสมมติฐานเพิ่มเติมเมื่อจำเป็น วิธีอื่นที่ให้เหตุผลถูกต้องและรักษาเงื่อนไขครบถ้วน คะแนนตามองค์ประกอบเดียวกัน องค์ประกอบที่มีหลายขั้นให้คะแนนบางส่วนได้ตามความถูกต้อง โดยคะแนนรวมไม่เกินที่ระบุ ค่าประมาณต้องมีความละเอียดเพียงพอต่อการตัดสินใจหรือข้อจำกัด

สารบัญ

เนื้อหาและแบบฝึกหัด

ตอนที่ 1 ปริมาณไฟฟ้าและการอ่านวงจร	4
แบบฝึกหัดตอนที่ 1	9
ตอนที่ 2 ความสัมพันธ์ในวงจร	11
แบบฝึกหัดตอนที่ 2	17
ตอนที่ 3 อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	19
แบบฝึกหัดตอนที่ 3	24
ตอนที่ 4 กำลัง พลังงาน และพิกัดอุปกรณ์	26
แบบฝึกหัดตอนที่ 4	31
ตอนที่ 5 แหล่งพลังงานและการประยุกต์	33
แบบฝึกหัดตอนที่ 5	38
สรุปสาระสำคัญ	41
แบบฝึกหัดบูรณาการ	42
เฉลยเฉพาะคำตอบ	45
เฉลยวิธีคิดและเกณฑ์ตรวจ	47
เอกสารอ้างอิง	58

ตอนที่ 1

ปริมาณไฟฟ้าและการอ่านวงจร

การวิเคราะห์วงจรเริ่มจากการระบุแหล่งจ่าย อุปกรณ์ และสายตัวนำเชื่อมต่อกันอย่างไร จากนั้นจึงกำหนดปริมาณที่ต้องการหา กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความต้านทาน กำลัง และพลังงานมีความหมายต่างกัน การเลือกใช้สูตรจึงต้องพิจารณาทั้งตำแหน่งในวงจรและช่วงเวลาการศึกษา

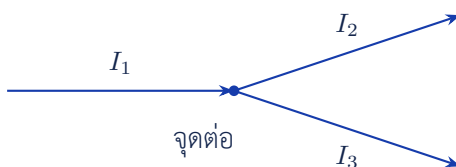
1.1 ประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้าคืออัตราการเคลื่อนผ่านของประจุสุทธิที่หน้าตัดตัวนำ ในวงจรกระแสตรงทิศทางกระแสตามข้อตกลงภายนอกแหล่งจ่ายเป็นทิศจากขั้วบวกไปขั้วลบ ส่วนอิเล็กตรอนในโลหะเคลื่อนที่โดยเฉลี่ยในทิศตรงข้าม การเขียนลูกศรกระแสเป็นการกำหนดทิศทางอ้างอิง หากผลคำนวณติดลบ กระแสจริงไหลสวนทิศที่กำหนด

ปริมาณประจุที่ผ่านหน้าตัด

เมื่อกระแสคงตัว $I = Q/t$ หรือ $Q = It$ โดย I เป็นกระแสหน่วยแอมแปร์ (A), Q เป็นประจุหน่วยคูลอมบ์ (C) และ t เป็นเวลาหน่วยวินาที (s) ดังนั้น $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ และ $1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$

กระแสไม่ได้ถูกใช้หมดเมื่อผ่านอุปกรณ์ ในสภาวะคงตัวที่ไม่มีการสะสมประจุที่จุดต่อ ผลรวมกระแสที่ไหลเข้าจุดต่อเท่ากับผลรวมที่ไหลออก อุปกรณ์ถ่ายโอนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานรูปอื่น ส่วนประจุยังเคลื่อนต่อไปตามวงจร หากกระแสเปลี่ยนเป็นช่วง ๆ ให้หาประจุของแต่ละช่วงแล้วบวกกัน



ภาพที่ 1 ทิศอ้างอิงของกระแสที่จุดต่อ จุดทึบหมายถึงสายเชื่อมถึงกัน

ตัวอย่างที่ 1 กระแสสองช่วง

อุปกรณ์มีกระแส 80 mA นาน 15 s แล้วเพิ่มเป็น 120 mA นาน 10 s จงหาประจุรวมและกระแสเฉลี่ยตลอดช่วง

วิธีคิด แปลงกระแสเป็น 0.080 และ 0.120 A ประจุรวมคือ $Q = 0.080(15) + 0.120(10) = 2.40 \text{ C}$
 เวลา รวม 25 s จึงได้ $I_{\text{avg}} = 2.40/25 = 0.096 \text{ A}$

ตอบ 2.40 C และ 96 mA

1.2 แรงดันไฟฟ้าและจุดอ้างอิง

แรงดันไฟฟ้าหรือความต่างศักย์ระหว่างสองจุดบอกการเปลี่ยนพลังงานต่อหนึ่งหน่วยประจุ จึงต้องระบุสองจุดเสมอ ค่าศักย์ที่จุดหนึ่งจะมีความหมายเมื่อเทียบกับจุดอ้างอิง เช่น กำหนดขั้วลบของแหล่งจ่ายเป็น 0 V การกำหนดนี้ไม่ได้หมายความว่าจุดดังกล่าวไม่มีประจุหรือไม่มีพลังงานทุกชนิด

ความต่างศักย์

$V_{AB} = V_A - V_B$ และเมื่อประจุขนาด Q ถ่ายโอนพลังงาน E ผ่านความต่างศักย์ขนาด V จะได้ $E = QV$ โดย V มีหน่วยโวลต์ (V), E มีหน่วยจูล (J) และ Q มีหน่วยคูลอมบ์ (C)

ในสายตัวนำอุดมคติที่มีความต้านทานเป็นศูนย์ จุดที่เชื่อมถึงกันโดยไม่มีอุปกรณ์คั่นมีศักย์เท่ากัน แต่สายจริงอาจมีแรงดันตกคร่อมเมื่อมีกระแส ดังนั้นคำว่าแรงดันแหล่งจ่ายและแรงดันที่อุปกรณ์ได้รับอาจไม่ใช่ค่าเดียวกัน การใช้แบบจำลองสายอุดมคติต้องระบุหรือเป็นเงื่อนไขที่ตกลงไว้ในโจทย์

ตัวอย่างที่ 2 ศักย์ที่ปลายอุปกรณ์

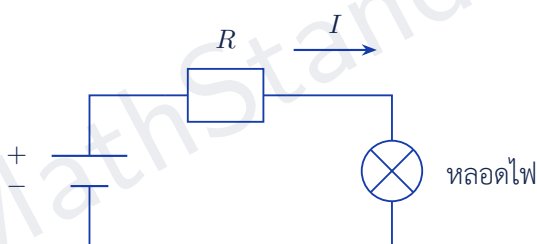
จุด A และ B มีศักย์ 9 และ 3 V เทียบกับจุดเดียวกัน อุปกรณ์รับประจุ 0.5 C ซึ่งถ่ายโอนพลังงานจาก A ไป B จงหาแรงดันตกคร่อมและพลังงานที่รับ

วิธีคิด แรงดันคร่อมอุปกรณ์เป็นผลต่าง $V_{AB} = 9 - 3 = 6$ V ไม่ใช่ 9 V พลังงานที่ถ่ายโอนจึงเท่ากับ $E = QV = 0.5(6) = 3$ J

ตอบ 6 V และ 3 J

1.3 วงจรเปิด วงจรปิด และการลัดวงจร

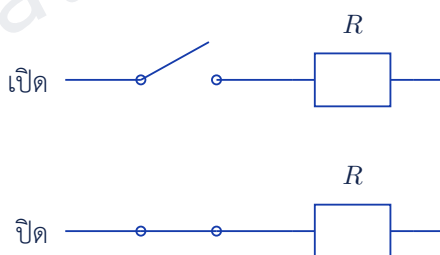
วงจรปิดมีเส้นทางตัวนำต่อเนื่องให้กระแสไหลจากแหล่งจ่ายผ่านอุปกรณ์และกลับสู่แหล่งจ่าย วงจรเปิดมีส่วนขาดของเส้นทาง กระแสในเส้นทางนั้นเป็นศูนย์ในแบบจำลองกระแสตรงคงตัว แต่แรงดันระหว่างปลายที่เปิดอาจไม่เป็นศูนย์ เช่น สวิตช์ที่เปิดในวงจรหลอดไฟยังอาจมีแรงดันคร่อมสวิตช์



ภาพที่ 2 วงจรปิดอย่างง่าย: เส้นคู่ยาวและสั้นแทนแหล่งจ่าย สีเหลี่ยมแทนตัวต้านทาน และวงกลมกากบาทแทนหลอดไฟ

เส้นยาวของสัญลักษณ์เซลล์เป็นขั้วบวก เส้นสั้นเป็นขั้วลบ สายตัวนำวาดเป็นเส้นเชื่อมอุปกรณ์ ส่วนสวิตช์แสดงหน้าสัมผัสที่เปิดหรือปิด ตำแหน่งสัญลักษณ์บนกระดานไม่ใช่ตำแหน่งจริงของอุปกรณ์ จึงต้องอ่านการต่อจากเส้นทาง ไม่อ่านจากระยะห่างในรูป

การลัดวงจรคือการเกิดเส้นทางความต้านทานต่ำมากข้ามอุปกรณ์หรือข้ามแหล่งจ่าย เมื่อสายอุดมคติขนานกับตัวต้านทาน แรงดันคร่อมตัวต้านทานเป็นศูนย์จึงไม่มีกระแสผ่านตัวต้านทานนั้น อย่างไรก็ตาม การลัดวงจรข้ามแหล่งจ่ายจริงอาจทำให้กระแสสูงจนสายร้อนหรืออุปกรณ์เสียหาย ไม่ใช่แบบจำลองแหล่งจ่ายอุดมคติกับความต้านทานศูนย์เพื่อคำนวณกระแสใช้งานจริง



ภาพที่ 3 ส่วนหนึ่งของวงจร: สวิตช์เปิดทำให้เส้นทางขาด ส่วนสวิตช์ปิดเชื่อมเส้นทางผ่านตัวต้านทาน

การอ่านภาพควรไล่เส้นจากจุดต่อหนึ่งไปยังอีกจุดต่อหนึ่ง รูปร่างของเส้นที่วาดไม่เป็นตัวกำหนดอนุกรมหรือขนาน จุดตัดที่มีจุดทึบหมายถึงต่อถึงกัน ในภาพที่ไม่ได้ระบุจุดต่อชัดเจนต้องตรวจสอบสัญลักษณ์หรือข้อความประกอบ ไม่อนุมานจากเส้นตัดกันเพียงอย่างเดียว

ตัวอย่างที่ 3 อุปกรณ์ที่ถูกสายข้าม

ตัวต้านทาน $R_1 = 100 \, \Omega$ ต่ออนุกรมกับ $R_2 = 200 \, \Omega$ ที่แหล่งจ่าย $6 \, \text{V}$ มีสายอุดมคติต่อข้ามปลายทั้งสองของ R_2 จงหากระแสจากแหล่งจ่ายและแรงดันคร่อม R_2

วิธีคิด สายทำให้ปลายทั้งสองของ R_2 เป็นจุดศักย์เดียวกัน จึงได้ $V_2 = 0$ และ $I_2 = 0$ วงจรที่รับแรงดันแหล่งจ่ายจึงเหลือ R_1 กระแสรวม $I = 6/100 = 0.060 \, \text{A}$

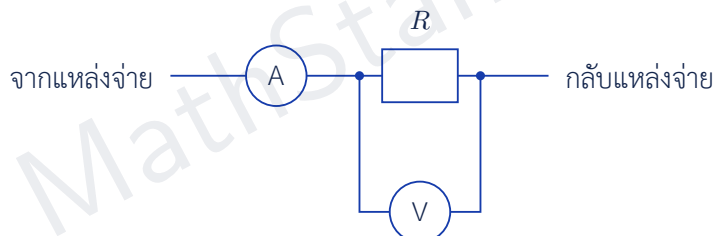
ตอบ $60 \, \text{mA}$ และ $0 \, \text{V}$

1.4 การวัดกระแสและแรงดัน

แอมมิเตอร์วัดกระแสผ่านเส้นทางที่สนใจจึงต่ออนุกรมในเส้นทางนั้น ส่วนโวลต์มิเตอร์วัดผลต่างศักย์จึงต่อคร่อมสองจุด การต่อโวลต์มิเตอร์คร่อมคนละอุปกรณ์ย่อมได้ค่าต่างกัน ส่วนแอมมิเตอร์ในสายหลักวัดกระแสรวม และในแขนงวัดเฉพาะกระแสแขนง

แบบจำลองเครื่องวัดอุดมคติ

แอมมิเตอร์มีความต้านทานศูนย์ จึงไม่เพิ่มแรงดันตกคร่อมในเส้นทาง โวลต์มิเตอร์มีความต้านทานสูงเป็นอนันต์ จึงไม่ดึงกระแสและไม่เปลี่ยนวงจรเดิม หากโจทย์ให้ความต้านทานเครื่องวัด ต้องนำค่านี้มารวมในการคำนวณ



ภาพที่ 4 แอมมิเตอร์อยู่ในเส้นทางกระแส ส่วนโวลต์มิเตอร์ต่อขนานกับอุปกรณ์ที่วัด

การต่อแอมมิเตอร์คร่อมแหล่งจ่ายโดยตรงเป็นการสร้างเส้นทางความต้านทานต่ำ ส่วนการต่อโวลต์มิเตอร์อนุกรมอาจทำให้กระแสน้อยมาก การตีความค่าที่อ่านได้ต้องตรวจการต่อเครื่องวัดและย่านวัดก่อนสรุปว่าอุปกรณ์เสีย

ตัวอย่างที่ 4 กระแสหลักและกระแสแขนง

วงจรมีสองแขนง แอมมิเตอร์ในสายหลักอ่าน 0.35 A และในแขนงแรกอ่าน 0.12 A โวลต์มิเตอร์คร่อมแขนงที่สองอ่าน 6 V จงหากระแสและความต้านทานแขนงที่สอง สมมติเครื่องวัดอุดมคติและแขนงเป็นตัวต้านทาน

วิธีคิด ที่จุดแยกกระแส $I_2 = 0.35 - 0.12 = 0.23\text{ A}$ จากนั้นใช้แรงดันของแขนงเดียวกันได้
 $R_2 = 6/0.23 = 600/23\ \Omega$

ตอบ 0.23 A และประมาณ $26.09\ \Omega$

1.5 กระแสตรง กระแสสลับ และเครื่องแปลงไฟ

กระแสตรง (DC) มีทิศทางคงเดิม แม้ขนาดอาจเปลี่ยนตามเวลา ส่วนกระแสสลับ (AC) เปลี่ยนทิศตามเวลา แบตเตอรี่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ส่วนไฟฟ้าที่ใช้ตามอาคารเป็นกระแสสลับ เครื่องแปลง AC เป็น DC และเครื่องแปลง DC เป็น AC มีหน้าที่ต่างกัน จึงใช้แทนกันโดยดูเฉพาะกำลังไม่ได้ เครื่องแปลง DC เป็น AC เรียกว่าอินเวอร์เตอร์ การเลือกต้องตรวจชนิดและช่วงแรงดันด้านเข้า ชนิดและแรงดันด้านออก กำลังจ่าย ต่อเนื่อง และประสิทธิภาพ เครื่องลดหรือเพิ่มแรงดัน DC ยังให้ด้านออกเป็น DC จึงไม่ได้ทำหน้าที่เป็นอินเวอร์เตอร์



ภาพที่ 5 ชนิดไฟฟ้าด้านเข้าและด้านออกต้องตรงกับแหล่งจ่ายและอุปกรณ์

เอกสารนี้ใช้กำลัง AC ที่โจทย์กำหนดโดยตรงในโจทย์พลังงาน ไม่ถือว่าแรงดัน AC คุณกระแสจะเท่ากับกำลังจริงของอุปกรณ์ทุกชนิด การใช้ $P = VI$ กับ AC ต้องมีเงื่อนไขของรูปคลื่นและตัวประกอบกำลังที่เหมาะสม การวิเคราะห์เชิงลึกของ AC อยู่นอกขอบเขตนี้

ตัวอย่างที่ 5 เลือกทิศการแปลง

แบตเตอรี่ DC จ่ายไฟให้พัดลม AC กำลัง 12 W ผ่านเครื่องแปลงประสิทธิภาพ 75% จงระบุชนิดเครื่องแปลงและกำลังที่แบตเตอรี่ต้องจ่ายเมื่อพัดลมทำงานคงตัว

วิธีคิด ต้องแปลง DC เป็น AC จึงใช้อินเวอร์เตอร์ กำลังออก 12 W เป็น 75% ของกำลังเข้า ดังนั้น $P_{in} = 12/0.75 = 16 \text{ W}$ โดยยังต้องเลือกพิกัดแรงดันและกำลังให้ตรงก่อนใช้งาน

ตอบ อินเวอร์เตอร์ DC เป็น AC และกำลังเข้า 16 W

แบบฝึกหัดตอนที่ 1

การวิเคราะห์และการให้เหตุผล

ให้แสดงเหตุผลหรือการคำนวณตามคำถาม โดยใช้ข้อมูลและสมมติฐานที่กำหนดในแต่ละข้อ

ข้อ 1 วงจรใช้กระแส 50 mA นาน 40 s แล้วใช้ 100 mA นาน 20 s จงหาประจุรวมและกระแสเฉลี่ยตลอด 60 s

ตอบ

ข้อ 2 จุด A, B, C มีศักย์ 12, 7, 2 V เทียบกับจุดอ้างอิงเดียวกัน จงหา V_{AB}, V_{BC}, V_{AC} และอธิบายความสัมพันธ์ของทั้งสามค่า

ตอบ

ข้อ 3 กระแส 0.48 A ไหลเข้าจุดต่อ แบ่งเป็นสามแขนง โดยแขนงแรก 0.12 A แขนงที่สองมีกระแสเป็นสองเท่าของแขนงที่สาม จงหากระแสแขนงที่สองและสาม โดยไม่มีประจุสะสมที่จุดต่อ

ตอบ

ข้อ 4 แหล่งจ่าย DC 9 V ต่ออนุกรมกับสวิตช์และตัวต้านทาน $300\ \Omega$ โดยสายอุดมคติ เมื่อเปิดสวิตช์ จงหากระแส แรงดันคร่อมตัวต้านทาน และแรงดันคร่อมสวิตช์ พร้อมเหตุผล

ตอบ

ข้อ 5 วงจรตัวต้านทานกับแหล่งจ่ายมีแอมมิเตอร์วัดกระแสต่อคร่อมแหล่งจ่าย และโวลต์มิเตอร์วัดแรงดันต่ออนุกรมกับตัวต้านทาน จงอธิบายความผิดของเครื่องวัดแต่ละตัวและระบุวิธีที่ถูกต้อง โดยไม่คำนวณกระแสของแหล่งจ่ายที่ถูกวัดวงจร

ตอบ

ข้อ 6 แหล่งจ่าย 12 V ต่ออุปกรณ์ผ่านสายไปและกลับซึ่งมีแรงดันตกคร่อมรวม 1.5 V เมื่อประจุ 2 C เคลื่อนผ่าน จงหาพลังงานที่แหล่งจ่ายให้ พลังงานที่สายรับ และพลังงานที่อุปกรณ์รับ สมมติไม่มีส่วนอื่นรับพลังงาน

ตอบ

ข้อ 7 แบตเตอรี่ DC จะจ่ายให้เครื่องใช้ AC 15 W มีเครื่องแปลง ก: AC เป็น DC 40 W และ ข: DC เป็น AC กำลังออกสูงสุด 20 W ประสิทธิภาพ 75% โดย ข มีแรงดันเข้าออกตรงระบบ จงเลือกเครื่องแปลงและหากระแสด้านแบตเตอรี่เมื่อแรงดันแบตเตอรี่คงตัว 12 V

ตอบ

เฉลยวิธีคิดและเกณฑ์ตรวจ

การวิเคราะห์และการให้เหตุผล

ข้อ 1

วิธีคิด แปลงเป็น 0.050 และ 0.100 A ได้ $Q_1 = 0.050(40) = 2\text{ C}$ และ $Q_2 = 0.100(20) = 2\text{ C}$ รวม 4 C
 จึงมี $I_{\text{avg}} = 4/60 = 1/15\text{ A}$

ตอบ 4 C และประมาณ 66.67 mA

กลับไปโจทย์ข้อ 1

เกณฑ์ตรวจ (4 คะแนน): แปลงหน่วย 1 คะแนน ประจุแต่ละช่วง 1 คะแนน รวมประจุ 1 คะแนน กระแสเฉลี่ยพร้อมหน่วย 1 คะแนน

ข้อ 2

วิธีคิด $V_{AB} = 12 - 7 = 5\text{ V}$, $V_{BC} = 7 - 2 = 5\text{ V}$ และ $V_{AC} = 12 - 2 = 10\text{ V}$ ผลต่างตามเส้นทางบวก
 กันได้ $V_{AB} + V_{BC} = V_{AC}$ เพราะศักย์ V_B หักล้างกัน

ตอบ 5, 5, 10 V ตามลำดับ และ $V_{AB} + V_{BC} = V_{AC}$

กลับไปโจทย์ข้อ 2

เกณฑ์ตรวจ (4 คะแนน): ผลต่างแต่ละคู่รวม 3 คะแนน อธิบายความสัมพันธ์ 1 คะแนน

ข้อ 3

วิธีคิด ให้กระแสแขนงที่สามเป็น x จะได้แขนงที่สอง $2x$ สมดุลประจุให้ $0.48 = 0.12 + 2x + x$ จึงได้
 $x = 0.12\text{ A}$ และ $2x = 0.24\text{ A}$

ตอบ แขนงที่สอง 0.24 A แขนงที่สาม 0.12 A

กลับไปโจทย์ข้อ 3

เกณฑ์ตรวจ (4 คะแนน): กำหนดตัวแปร 1 คะแนน สมการกระแส 1 คะแนน แก่สมการ 1 คะแนน ระบุสองแขนงและหน่วย 1 คะแนน

ข้อ 4

วิธีคิด สวิตช์เปิดทำให้ไม่มีทางกระแสครบวงจร จึงได้ $I = 0$ ตัวต้านทานมี $V_R = IR = 0$ แรงดัน
 แหล่งจ่ายจึงปรากฏคร่อมช่องเปิดของสวิตช์ทั้งหมดเป็น 9 V

ตอบ $I = 0$, $V_R = 0\text{ V}$ และ $V_{\text{switch}} = 9\text{ V}$

กลับไปโจทย์ข้อ 4

เกณฑ์ตรวจ (4 คะแนน): เหตุผลวงจรเปิด 1 คะแนน กระแส 1 คะแนน แรงดันตัวต้านทาน 1 คะแนน แรงดันสวิตช์ 1 คะแนน