แบบทดสอบก่อนเรียน

หน่วยที่ 1 สมการเชิงเส้น

จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. จากสมการ $2a-3=5$, a มีค่าเท่าใด

ก. 4 ข. 2

ค. 3 ง. 1

2. จากสมการ $\frac{3b}{2}+\frac{1}{2}=3$, b มีค่าเท่าใด

ก. 5/2 ข. 2/5

ค. 3/5 ง. 5/3

3. จากสมการ $\frac{3x}{2}+\frac{x}{3}-1=4$, x มีค่าเท่าใด

ก. 5/13 ข. 6/5

ค. 5/11 ง. 5/9

4. จากสมการ $R_{sh}=\frac{I_m R_m}{I_{sh}}$ จงหาค่า I_m = ……

ก. $\frac{I_{sh}}{R_m \cdot R_{sh}}$ ข. $\frac{I_{sh}R_m}{R_{sh}}$

ค. $\frac{I_{sh}R_{sh}}{R_m}$ ง. $\frac{I_{sh}(1+R_m)}{R_{sh}}$

5. จากสมการ $R_{sh}=\frac{I_m}{I-I_m}(R_m)$ เมื่อต้องการให้แอมมิเตอร์ตัวนี้วัดกระแสเต็มสเกลได้ 100 mA จงหาค่าความต้านทานชั้นท์ กำหนดให้ $I_m = 50\ \mu A$, $I = 100\,mA$, $R_m = 2\ k\Omega$

ก. 1.500Ω ข. 1.0005Ω

ค. 10.005Ω ง. 1.505Ω

6. จงหาค่าความถี่ออสซิลเลเตอร์ (f_O) ของวงจร Wien bridge Oscillator กำหนดให้ $R_1 = R_2 = 18\ k\Omega$, $C_1 = C_2 = 0.001\ \mu F$ และ $f_O = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1R_2C_1C_2}}$

ก. 8.846 kHz ข. 88.46 Hz

ค. 884.6 kHz ง. 884.6 Hz

7. จากวงจร Phase shift Oscillator ในรูปที่ 1.2 (ข) จงหาค่า R ที่ทำให้วงจรกำเนิดค่า f_O เป็น 500 Hz กำหนดให้ $C = 0.1\ \mu F$

ก. 150Ω ข. 1,300Ω

ค. 130Ω ง. 1,500Ω

8. วงจร Low-pass Filter มีค่า $f_C = \frac{1}{2\pi RC}$ ถ้า $R = 100\ \Omega$, $C = 10\ \mu F$ จงหา f_C

ก. 15.9 kHz ข. 1590 Hz

ค. 159 Hz ง. 159 kHz

9. วงจร High-pass Filter มีค่า $f_C = 7{,}500\,Hz$ ถ้า $C = 10\ \mu F$ จงหาค่า R

ก. $42.46\,\Omega$ ข. $21.23\,\Omega$

ค. $212.3\,\Omega$ ง. $2{,}123\,\Omega$

10. วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส จงออกแบบให้วงจรมีอัตราการขยายเป็น 101 เท่า เมื่อกำหนดให้ $R_1 = 1\,k\Omega$ กำหนดให้ $A_V = 1 + \frac{R_2}{R_1}$ จงหาค่า R_2

ก. $120\,k\Omega$ ข. $130\,k\Omega$

ค. $101\,k\Omega$ ง. $100\,k\Omega$

หน่วยที่ 1 สมการเชิงเส้น

สาระสำคัญ

สมการเชิงเส้นเป็นเครื่องมือและสิ่งจำเป็นที่ใช้ในการศึกษาวิชาชีพช่างอุตสาหกรรม การแก้สมการ หรือการหาคำตอบที่ต้องการ จะใช้คุณสมบัติหลายๆข้อร่วมกัน เช่น สมบัติสมมาตร สมบัติถ่ายทอด สมบัติการบวก สมบัติการคูณ

การประยุกต์หรือนำไปใช้ในสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ เช่น การออกแบบคำนวณวงจรแอมป์มิเตอร์ วงจรกำเนิดความถี่ วงจรกรองสัญญาณ วงจรขยายสัญญาณ เป็นต้น

เนื้อหาสาระ

1.1 สมการเชิงเส้น

1.2 การประยุกต์สมการเชิงเส้นในสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

จุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้มีความรู้และเข้าใจในเรื่อง :

1.1 สมการเชิงเส้น

1.2 การประยุกต์สมการเชิงเส้นในสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม หลังจากเรียนจบหน่วยเรียนนี้แล้ว ผู้เรียนควรมีความสามารถดังนี้

1.1 แก้สมการเชิงเส้น ได้

1.2 นำวิธีการแก้สมการเชิงเส้นไปใช้ในสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ได้

หน่วยที่ 1 สมการเชิงเส้น

สมการเป็นวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญและใช้กันมากแทบทุกสาขาอาชีพ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ส่วนมากจะต้องใช้ความรู้เรื่องสมการช่วยในการแก้ปัญหาเสมอ ดังนั้นการศึกษาในเรื่องสมการจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความรู้ความเข้าใจ และนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องและชำนาญ ผู้ที่ทำได้เช่นนี้จะเป็นผู้ที่ประสบผลสำเร็จในการศึกษาวิชาชีพช่างอุตสาหกรรม

1.1 สมการเชิงเส้น

นิยาม สมการเป็นประโยคที่แสดงการเท่ากันของจำนวนใดๆโดยมีสัญลักษณ์ = บอกการเท่ากัน ของปริมาณที่แสดงอยู่ทางซ้าย และทางขวา ตัวอย่างของสมการเลขคณิต

$$(3+6)\times 2 \;=\; 9\times 2 = 18$$

สมการข้างบนนี้ เรียกว่า สมการเลขคณิต เพราะว่า มีเฉพาะตัวเลข แต่สำหรับในการศึกษาวิชาชีพช่างอุตสาหกรรม หรือในสาขาอื่นๆ สมการส่วนมากจะมีตัวอักษร ผสมอยู่กับตัวเลข ซึ่งตัวอักษรที่ว่านี้ เป็นได้ทั้ง ตัวแปร และ ค่าคงที่ เรียกสมการที่มีทั้งตัวเลขและตัวอักษรผสมกัน นี้ว่าสมการพีชคณิต

ตัวอย่างสมการพีชคณิต เช่น

$$\sin\theta \;=\; \sqrt{1-\frac{81\mathrm{N}}{\mathrm{f}^2}}$$

1.1.1 การแก้สมการเชิงเส้น

การแก้สมการ คือ การหาคำตอบของสมการ วิธีหาคำตอบทำได้โดยใช้คุณสมบัติของการเท่ากันในการหาคำตอบ ได้แก่ สมบัติสมมาตร สมบัติถ่ายทอด สมบัติการบวก และสมบัติการคูณ

1.1.1.1 สมบัติสมมาตร

วิธีการเขียนแสดงการเท่ากันของจำนวนสองจำนวน ทำได้สองแบบ เช่น

1. $x = 5$ หรือ $5 = x$
2. $x+y = z$ หรือ $z = x+y$
3. $2x = 6$ หรือ $6 = 2x$
4. $x+3 = 2x-1$ หรือ $2x-1 = x+3$

การเขียนแสดงการเท่ากันข้างต้นเป็นไปตามสมบัติสมมาตร ซึ่งกล่าวว่า

ถ้า a = b แล้ว b = a เมื่อ a และ b แทนจำนวนใดๆ

1.1.1.2 สมบัติถ่ายทอด

การใช้สมบัติของการเท่ากัน เพื่อให้ได้ข้อสรุป เช่น

1. ถ้า $a = b$ และ $b = 7$ แล้วจะสรุปได้ว่า $a = 7$
2. ถ้า $x+y = a$ และ $a = 5$ แล้วจะสรุปได้ว่า $x+y = 5$
3. ถ้า $B = xy$ และ $xy = A$ แล้วจะสรุปได้ว่า $B = A$
4. ถ้า $x = y$ และ $y = z$ แล้วจะสรุปได้ว่า $x = z$

การใช้สมบัติของการเท่ากันข้างต้นเป็นไปตามสมบัติถ่ายทอด ซึ่งกล่าวว่า

ถ้า $a = b$ และ $b = c$ แล้ว $a = c$ เมื่อ a , b และ c แทนจำนวนใดๆ

1.1.1.3 สมบัติการบวก

ถ้ามีจำนวนสองจำนวนที่เท่ากัน เมื่อนำจำนวนอีกจำนวนหนึ่งมาบวกเข้ากับแต่ละจำนวนที่เท่ากันแล้ว ผลลัพธ์จะเท่ากัน เช่น

1. ถ้า $3\times4 = 12$ แล้ว $(3\times4)+5 = 12+5$
2. ถ้า $b = 2$ แล้ว $b+5 = 2+5$
3. ถ้า $y+5 = 9$ แล้ว $(y+5)+(-5) = 9+(-5)$
4. ถ้า $x = y$ แล้ว $x+z = y+z$ เมื่อ z แทนจำนวนใดๆ

การใช้สมบัติของการเท่ากันข้างต้นเป็นไปตามสมบัติการบวก ซึ่งกล่าวว่า

ถ้า $a = b$ แล้ว $a+c = b+c$ เมื่อ a , b และ c แทนจำนวนใดๆ
หรือ ถ้า $a = b$ แล้ว $a-c = b-c$ เมื่อ a , b และ c แทนจำนวนใดๆ

1.1.1.4 สมบัติการคูณ

ถ้ามีจำนวนสองจำนวนที่เท่ากัน เมื่อนำจำนวนอีกจำนวนหนึ่งมาคูณกับแต่ละจำนวนที่เท่ากันแล้ว ผลลัพธ์ จะเท่ากัน เช่น

1. ถ้า $a = b$ แล้ว $2a = 2b$
2. ถ้า $m = n$ แล้ว $xm = xn$
3. ถ้า $x = y$ แล้ว $-\frac{1}{3}x = -\frac{1}{3}y$
4. ถ้า $\frac{a}{b} = c$ และ $b \neq 0$ แล้ว $a = bc$

การใช้สมบัติของการเท่ากันข้างต้นเป็นไปตามสมบัติการคูณ ซึ่งกล่าวว่า

ถ้า $a = b$ แล้ว $ca = cb$ เมื่อ a, b และ c แทนจำนวนใดๆ

จำนวนที่นำมาคูณกับจำนวนสองจำนวนที่เท่ากันนั้น อาจเป็นจำนวนเต็มหรือเศษส่วนก็ได้ เช่น

ถ้า $a = b$ แล้ว $\frac{1}{2}a = \frac{1}{2}b$ หรือ $\frac{a}{2} = \frac{b}{2}$
และ ถ้า $a = b, c \neq 0$ แล้ว $\frac{1}{c}\times a = \frac{1}{c}\times b$ หรือ $\frac{a}{c} = \frac{b}{c}$
นั่นคือ ถ้า $a = b$ แล้ว $\frac{a}{c} = \frac{b}{c}$ เมื่อ a, b และ c แทนจำนวนใดๆ ที่ $c \neq 0$

ตัวอย่างที่ 1.1 จงแก้สมการ $a-12 = 25$

วิธีทำ นำ 10 มาบวกเข้าทั้งสองข้างของสมการ

จะได้ $a-12+12 = 25+12$

หรือ $a = 37$ .....**ตอบ**

ตรวจสอบ แทนค่า a ด้วย 37 ลงในสมการ $a-12 = 25$

จะได้ $37-12 = 25$

$25 = 25$ เป็นสมการที่เป็นจริง

ตัวอย่างที่ 1.2 จงแก้สมการ $2y+3 = 3y-1$

วิธีทำ นำ $3y$ มาลบออกทั้งสองข้าง

จะได้ $2y+3-3y = 3y-1-3y$

$-y+3 = -1$

นำ 3 มาลบออกทั้งสองข้าง

จะได้ $-y+3-3 = -1-3$

$-y = -4$

$\therefore \quad y = 4$ .....**ตอบ**

ตรวจสอบ แทนค่า $y = 4$ ลงในสมการ $2y+3 = 3y-1$

จะได้ $2(4)+3 = 3(4)-1$

$8+3 = 12-1$

$11 = 11$ เป็นสมการที่เป็นจริง

ตัวอย่างที่ 1.3 จงแก้สมการ $\frac{x}{2} = -12$

วิธีทำ นำ 2 คูณทั้งสองข้างของสมการ

จะได้ $\frac{x}{2} \times 2 = (-12) \times 2$

$\therefore \quad x = -24$ .....**ตอบ**

ตรวจสอบ แทน x ด้วย -24 ลงในสมการ $\frac{x}{2} = -12$

จะได้ $\frac{-24}{2} = -12$

$-12 = -12$ เป็นสมการที่เป็นจริง

ตัวอย่างที่ 1.4 จงแก้สมการ $-5h = 28$

วิธีทำ นำ -5 มาหารออกทั้งสองข้างของสมการ

จะได้ $\frac{-5h}{-5} = \frac{28}{-5}$

หรือ $h = \frac{28}{-5}$ .....**ตอบ**

ตรวจสอบ แทนค่า h ด้วย $\frac{28}{-5}$ ลงในสมการ $-5h = 28$

จะได้ $-5\left(\frac{28}{-5}\right) = 28$

$28 = 28$ เป็นสมการที่เป็นจริง

ตัวอย่างที่ 1.5 จงแก้สมการ $1.5y = -7.5$

วิธีทำ นำ 1.5 มาหารออกทั้งสองข้างของสมการ

จะได้ $\frac{1.5y}{1.5} = \frac{-7.5}{1.5}$

$\therefore \quad y = -5$ .....**ตอบ**

ตรวจสอบ แทนค่า $y = -5$ ลงในสมการ $1.5y = -7.5$

จะได้ $1.5(-5) = -7.5$

$-7.5 = -7.5$ เป็นสมการที่เป็นจริง

ตัวอย่างที่ 1.6 จงแก้สมการ $3y+\frac{2}{3}=-2$

วิธีทำ นำ $\frac{2}{3}$ มาลบออกทั้งสองข้าง

จะได้ $3y+\frac{2}{3}-\frac{2}{3}=-2-\frac{2}{3}$

$3y=\frac{-8}{3}$

นำ $\frac{1}{3}$ คูณทั้งสองข้างจะได้

$3y\left(\frac{1}{3}\right)=\frac{-8}{3}\times\left(\frac{1}{3}\right)$

$\therefore \quad y=\frac{-8}{9}$ .....**ตอบ**

ตรวจสอบ แทนค่า $y=\frac{-8}{9}$ ลงในสมการ $3y+\frac{2}{3}=-2$

จะได้ $3\left(\frac{-8}{9}\right)+\frac{2}{3}=-2$

$\frac{-8}{3}+\frac{2}{3}=-2$

$\frac{-8+2}{3}=-2$

$\frac{-6}{3}=-2$

$-2=-2$ เป็นสมการที่เป็นจริง

ตัวอย่างที่ 1.7 จงแก้สมการ $x+\frac{1}{2}=\frac{7}{2}$

วิธีทำ นำ $\frac{1}{2}$ มาลบออกทั้งสองข้างของสมการ

จะได้ $x+\frac{1}{2}-\frac{1}{2}=\frac{7}{2}-\frac{1}{2}$

$\therefore \quad x=\frac{7-1}{2}=\frac{6}{2}=3$ .....**ตอบ**

ตรวจสอบ แทนค่า x ด้วย 3 ลงในสมการ $x+\frac{1}{2}=\frac{7}{2}$

จะได้ $3+\frac{1}{2}=\frac{7}{2}$

$\frac{6+1}{2}=\frac{7}{2}$

$\frac{7}{2}=\frac{7}{2}$ เป็นสมการที่เป็นจริง

ตัวอย่างที่ 1.8 จงแก้สมการ $\frac{2}{3}y-\frac{1}{6}y=\frac{7}{6}$

วิธีทำ นำ 6 คูณเข้ากับสมการข้างบน ; $6\times\left(\frac{2}{3}-\frac{1}{6}\right)y=\frac{7}{6}\times 6$; 6 เป็น ครน.

$$(4-1)y=7$$

$$3y=7$$

นำ 3 หารทั้งสองข้าง $\therefore \quad y=\frac{7}{3}$ .....**ตอบ**

ตรวจสอบ แทนค่า $y=\frac{7}{3}$ ลงในสมการ $\frac{2}{3}y-\frac{1}{6}y=\frac{7}{6}$

จะได้ $\frac{2}{3}\left(\frac{7}{3}\right)-\frac{1}{6}\left(\frac{7}{3}\right)=\frac{7}{6}$

$$\frac{14}{9}-\frac{7}{18}=\frac{7}{6}$$

$$\frac{28-7}{18}=\frac{7}{6}$$

$\frac{21}{18}=\frac{7}{6}$ หรือ $\frac{7}{6}=\frac{7}{6}$ เป็นสมการที่เป็นจริง

ตัวอย่างที่ 1.9 จงหาค่าของ r จากสมการ $I=\frac{E}{R+r}$

วิธีทำ นำ $(R+r)$ คูณทั้งสองข้าง $I(R+r)=\frac{E}{R+r}(R+r)$

$$I(R+r)=E$$

นำ I หารทั้งสองข้าง $\frac{I(R+r)}{I}=\frac{E}{I}$

$$R+r=\frac{E}{I}$$

นำ R ลบออกทั้งสองข้าง $R+r-R=\frac{E}{I}-R$

$\therefore \quad r=\frac{E}{I}-R$ .....**ตอบ**

ตัวอย่างที่ 1.10 จงหาค่า R_2 จากสมการ $\frac{1}{R_T}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$

วิธีทำ นำ $R_T R_1 R_2$ ซึ่งเป็น ค.ร.น. ของสมการคูณตลอดสมการ จะได้

$$\frac{R_T R_1 R_2}{R_T}=\frac{R_T R_1 R_2}{R_1}+\frac{R_T R_1 R_2}{R_2}$$

$$R_1 R_2=R_T R_2+R_T R_1$$

$$R_1 R_2-R_2 R_T=R_1 R_T$$

$$R_2(R_1-R_T)=R_1 R_T$$

$\therefore \quad R_2=\frac{R_1 R_T}{(R_1-R_T)}$ .....**ตอบ**

เลขยกกำลัง

ก่อนที่จะเรียนหัวข้อเรื่อง การประยุกต์ในสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ นั้นจะต้องทบทวนพื้นฐานที่จำเป็นเสียก่อน คือ เรื่องเลขยกกำลัง

จำนวนที่มีปริมาณมากๆ หรือน้อยๆ สามารถที่จะเขียนแทนด้วยเลขยกกำลังได้ เพื่อความสะดวกและลดความผิดพลาดจากการอ่านหรือเขียน ตัวอย่างเช่น กระแสไฟฟ้าเท่ากับ 0.000001 A สามารถเขียนแทนด้วยเลขยกกำลังได้ คือ กระแสไฟฟ้าเท่ากับ 1×10^{-6} A การคูณหารเลขยกกำลังก็ทำได้ง่ายและสะดวก โดยใช้คุณสมบัติของเลขยกกำลัง คือ การคูณทำได้โดย นำกำลังมาบวกกัน การหารโดยนำกำลังมาลบกัน

ตัวอย่างที่ 1.11 จงทำให้เป็นผลสำเร็จ $\dfrac{(0.001)(0.0002)}{(0.0005)(2000)}$

วิธีทำ

$$\frac{(0.001)(0.0002)}{(0.0005)(2000)} = \frac{(1\times10^{-3})(2\times10^{-4})}{(5\times10^{-4})(2\times10^{3})}$$

$$= \frac{(1\times2)\times10^{(-3+(-4))}}{(5\times2)\times10^{(-4+3)}}$$

$$= \frac{(2)\times10^{(-7)}}{(10)\times10^{(-1)}}$$

$$= 0.2\times10^{(-7-(-1))}$$

$$= 0.2\times10^{(-6)}$$

.....**ตอบ**

ตัวอย่างที่ 1.12 กำหนดให้ประจุไฟฟ้าปริมาณ 1C (1 คูลอมบ์) ประกอบด้วยอิเล็กตรอนจำนวน 6.242×10^{18} ตัว ถ้าอิเล็กตรอนจำนวน 1,000 ล้านตัว จะมีประจุไฟฟ้าเท่าใด

วิธีทำ อิเล็กตรอนจำนวน 6.242×10^{18} ตัวมีประจุไฟฟ้า 1C

ดังนั้น อิเล็กตรอนจำนวน 1,000 ล้านตัวจะมีประจุไฟฟ้าเป็น

$$Q = \frac{-1}{6.242\times10^{18}}\times1{,}000\times10^{6}$$

$$Q = \frac{-1}{6.242\times10^{18}}\times1\times10^{3}\times10^{6}$$

$$= 1.602\times10^{-10}\ \text{C}$$

$$\therefore\ Q = 0.1602\ n\text{C}$$

.....**ตอบ**

1.2 การประยุกต์ในสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

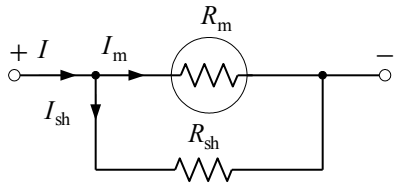
ในการคำนวณหรือการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ จำเป็นต้องใช้ความรู้และวิธีการของสมการเชิงเส้น ดังเช่น การออกแบบวงจรกรองสัญญาณ วงจรกำเนิดสัญญาณ วงจรขยายออปแอมป์ วงจรเครื่องมือวัด เป็นต้น ก่อนที่จะเข้าเรื่อง การประยุกต์ในสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ นั้นจะต้องทบทวนพื้นฐานที่จำเป็นเสียก่อน คือ เรื่องเลขยกกำลัง

จำนวนที่มีปริมาณมากๆ หรือน้อยๆ สามารถที่จะเขียนแทนด้วยเลขยกกำลังได้ เพื่อความสะดวกและลดความผิดพลาดจากการอ่านหรือเขียน ตัวอย่างเช่น กระแสไฟฟ้าเท่ากับ 0.000001 A สามารถเขียนแทนด้วยเลขยกกำลังได้ คือ กระแสไฟฟ้าเท่ากับ 1×10^{-6} A การคูณหารเลขยกกำลังก็ทำได้ง่ายและสะดวก โดยใช้คุณสมบัติของเลขยกกำลัง คือ การคูณทำได้โดย นำกำลังมาบวกกัน การหารโดยนำกำลังมาลบกัน

ตัวอย่างที่ 1.

1.2.1 วงจรแอมมิเตอร์

แอมมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจร โดยอาศัยหลักการทำงานของเครื่องวัดชนิดคอยล์หมุน และมีตัวต้านทานต่อขนานกับส่วนที่เป็นมูฟวิ่งคอยล์ ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 วงจรแอมมิเตอร์

เมื่อ R_m คือ ความต้านทานของคอยล์หมุน

R_{sh} คือ ความต้านทานชั้นท์

I_m คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมูฟวิ่งคอยล์ซึ่งทำให้เข็มเบี่ยงเบนเต็มสเกล

I_{sh} คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานชั้นท์

I คือ กระแสไฟฟ้าทั้งหมดที่ไหลเข้าสู่แอมมิเตอร์

จากรูปที่ 1.1 นำหลักทฤษฎีวงจรไฟฟ้ามาใช้วิเคราะห์ จะพบว่าแรงดันตกคร่อม R_m และ R_{sh} จะเท่ากันเพราะเป็นวงจรขนาน ดังนั้น $VR_m = VR_{sh}$ และ $I_mR_m = I_{sh}R_{sh}$

ดังนั้นค่าความต้านทานชั้นท์จะเป็น $R_{sh} = \frac{V_{sh}}{I_{sh}}$

หรือ $R_{sh} = \frac{I_mR_m}{I_{sh}}$

หรือ $R_{sh} = \frac{I_m}{I - I_m}(R_m)$

ตัวอย่างที่ 1.13 จากวงจรในรูปที่ 1.1 ถ้ามูฟวิ่งคอยล์มีกระแสไฟฟ้าเต็มสเกลเป็น $50\,\mu$A และค่าความต้านทานภายในเป็น $2\,\text{k}\Omega$ จงหาค่าความต้านทานชั้นท์ เมื่อต้องการให้แอมมิเตอร์ตัวนี้วัดกระแสเต็มสเกลได้ 1 mA

วิธีทำ จากสมการ $R_{\text{sh}} = \dfrac{I_{\text{m}}}{I - I_{\text{m}}}\left(R_{\text{m}}\right)$

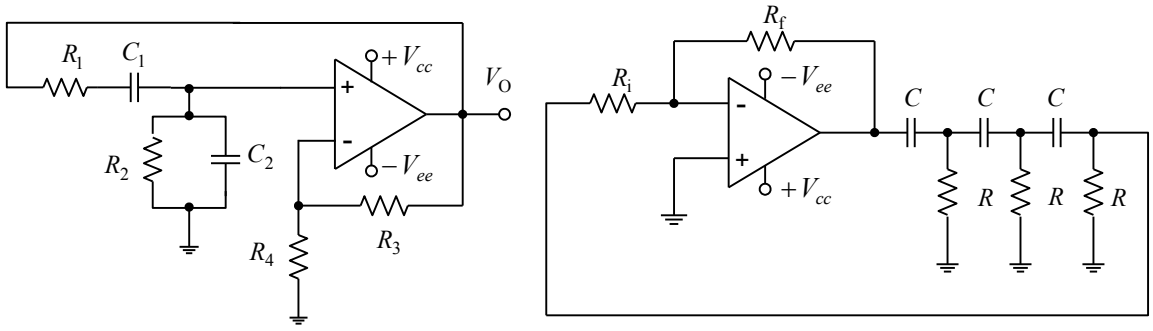
เมื่อ $I_{\text{m}} = 50\ \mu\text{A}$, $I = 1\text{mA}$, $R_{\text{m}} = 2\ \text{k}\Omega$

แทนค่าลงในสมการ $R_{\text{sh}} = \dfrac{50\times10^{-6}\ \text{A}}{\left(1\times10^{-3}\ \text{A}\right)-\left(50\times10^{-6}\ \text{A}\right)}\left(2\times10^{3}\ \Omega\right)$

$= \dfrac{50\ \mu\text{A}}{950\ \mu\text{A}}\left(2\ \text{k}\Omega\right)$

$\therefore\ R_{\text{sh}} = 105.26\ \Omega$ .....**ตอบ**

1.2.2 วงจรกำเนิดความถี่ (Oscillator Circuit) วงจรกำเนิดความถี่มีหลายชนิดด้วยกัน เช่น วงจร Wien bridge Oscillator วงจร Phase shift Oscillator วงจร Colplit Oscillator เป็นต้น ตัวอย่างวงจรกำเนิดความถี่ แสดงในรูปที่ 1.2



(ก) Wien bridge Oscillator (ข) Phase shift Oscillator

รูปที่ 1.2 วงจร Oscillator

รูปที่ 1.2 (ก) แสดงวงจร Wien bridge Oscillator ซึ่งค่าความถี่ที่วงจรกำเนิดออกมาคำนวณหรือออกแบบได้ จาก สมการ $\text{f}_{\text{O}} = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{R_1R_2C_1C_2}}$ ส่วนในรูปที่ 1.2 (ข) เป็นวงจร Phase shift Oscillator และค่าความถี่ที่วงจรกำเนิดออกมาคำนวณหรือออกแบบได้ จาก สมการ $\text{f}_{\text{O}} = \dfrac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$

เมื่อ f_{O} คือค่าความถี่ที่วงจรกำเนิดออกมา มีหน่วยเป็น เฮริต (Hz)

R คือค่าความต้านทาน มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ω)

C คือค่าความจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็น ฟารัด (F)

ตัวอย่างที่ 1.15 จากวงจรในรูปที่ 1.2 (ข) จงหาค่าความถี่ออสซิลเลเตอร์ (f_O) ของวงจร Wien bridge Oscillator ถ้า $R_1 = R_2 = 27\ k\Omega$, $R_3 = 300\ k\Omega$, $R_4 = 100\ k\Omega$, $C_1 = C_2 = 0.001\ \mu F$

วิธีทำ จากสมการ $f_O = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{R_1R_2C_1C_2}}$

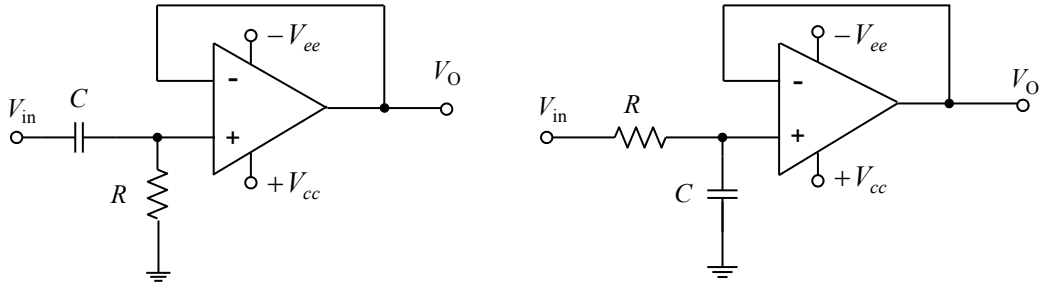
เมื่อ $R_1 = R_2 = 27\ k\Omega$, $C_1 = C_2 = 0.001\ \mu F$

ดังนั้น $f_O = \dfrac{1}{2\pi R_1C_1}$

$$f_O = \frac{1}{6.28(27\times10^{3})(0.001\times10^{-6})}$$

$\therefore\ f_O = 5897\ Hz$ .....**ตอบ**

1.2.3 วงจรกรองสัญญาณ (Filter Circuit) วงจรกรองสัญญาณมีหลายชนิดตามลักษณะการใช้งาน เช่น High Pass Filter, Low Pass Filter, Band Pass Filter เป็นต้น ตัวอย่างวงจรกรองสัญญาณแสดงในรูปที่ 1.3



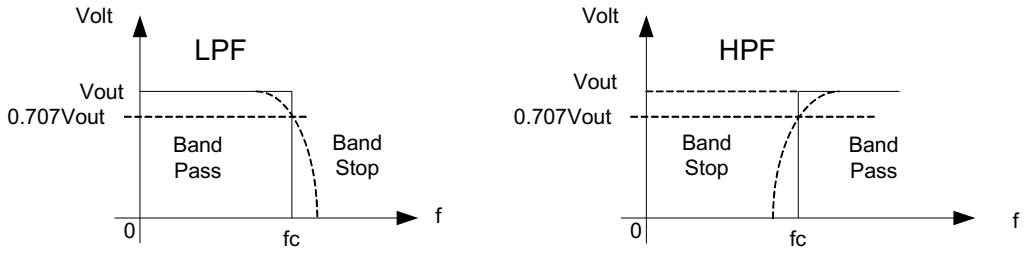
(ก) High Pass Filter (ข) Low Pass Filter

รูปที่ 1.3 วงจรกรองสัญญาณ

รูปที่ 1.3 แสดงวงจรกรองสัญญาณ รูปที่ 1.3 (ก) เป็นวงจร High Pass Filter และรูปที่ 1.3 (ข) เป็นวงจร Low Pass Filter ค่าความถี่คัทออฟของทั้งสองวงจรนี้มีค่าเท่ากัน คือ $f_C = \dfrac{1}{2\pi RC}$

เมื่อ f_C คือค่าความถี่คัทออฟของวงจรกรองสัญญาณ

ความแตกต่างกันของทั้ง 2 วงจรนี้ คือลักษณะการต่อวงจร และกราฟแสดงลักษณะสมบัติ ดังแสดงในรูปที่ 1.4



(ก) ผลตอบสนองของ Low Pass Filter (ข) ผลตอบสนองของ High Pass Filter

รูปที่ 1.4 แสดงคุณลักษณะผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรกรองสัญญาณ

ตัวอย่างที่ 1.16 จากวงจรในรูปที่ 1.3 (ก) จงหาค่าความถี่คัทออฟ(f_C) ของวงจร ถ้า $R = 10\ \text{k}\Omega$ และ $C = 0.1\ \mu\text{F}$

วิธีทำ จากสมการ $$f_C = \frac{1}{2\pi RC}$$

แทนค่า R และ C : $$f_C = \frac{1}{(6.28)(10\times10^{3}\times0.1\times10^{-6})}$$

$$f_C = \frac{1}{(6.28)(1\times10^{-3})}$$

$$\therefore \quad f_C = \frac{1\times10^{3}}{(6.28)} = 159\ \text{Hz}$$ .....**ตอบ**

ตัวอย่างที่ 1.17 จากวงจรในรูปที่ 1.3 (ข) จงออกแบบวงจร High Pass Filter ถ้าต้องการความถี่คัทออฟ (f_C) เป็น 10,000Hz กำหนดให้ $C = 0.1\ \mu\text{F}$

วิธีทำ จากสมการ $$f_C = \frac{1}{2\pi RC}$$

แทนค่าต่างๆ ลงในสูตร $$10{,}000 = \frac{1}{(6.28)R(0.1\times10^{-6})}$$

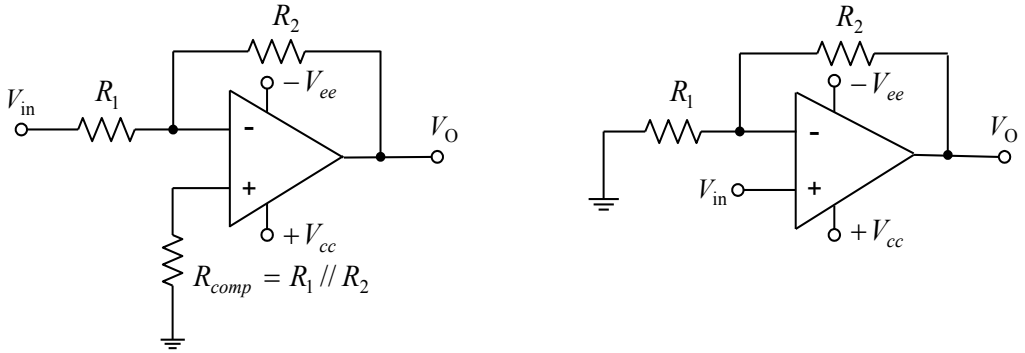
$$10{,}000R = \frac{1}{(6.28)(0.1\times10^{-6})}$$

$$R = \frac{1}{(6.28)(0.1\times10^{-6})(10{,}000)}$$

$$\therefore \quad R = \frac{1\times10^{3}}{(6.28)} = 159\ \Omega$$ .....**ตอบ**

1.2.4 วงจรขยายออปแอมป์

วงจรขยาย(Amplifier) ที่ใช้ออปแอมป์สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวาง เพราะว่าไอซีออปแอมป์ถูกออกแบบมาอย่างดี ใช้งานได้หลากหลาย เป็นที่นิยมในวงการอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปและในงานอุตสาหกรรม ในหน่วยนี้จะกล่าวถึงวงจรขยายพื้นฐาน แสดงในรูปที่ 1.4



(ก) วงจรขยายแบบกลับเฟส (ข) วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

รูปที่ 1.5 วงจรขยายพื้นฐานของออปแอมป์

อัตราการขยายแรงดัน (A_V)ของวงจรขยายทั่วไปก็คือ อัตราส่วนแรงดันภาคเอาต์พุต ต่อแรงดันภาคอินพุต สรุปเป็นสมการ ได้ดังนี้ $A_V = \frac{V_o}{V_{in}}$

สำหรับวงจรขยายแบบกลับเฟส อัตราการขยายแรงดัน เป็นดังนี้

$$A_V = -\frac{V_o}{V_{in}} \quad ; \quad \text{เครื่องหมายลบ หมายถึงกลับเฟส}$$

หรือ $A_V = -\frac{R_2}{R_1}$

ส่วนวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสอัตราการขยายแรงดัน เป็น ดังนี้ $A_V = \frac{V_o}{V_{in}}$

หรือ $A_V = 1 + \frac{R_2}{R_1}$

ตัวอย่างที่ 1.18 จากวงจรในรูปที่ 1.5 (ก) จงหาค่าแรงดันเอาต์พุต (V_O) และอัตราการขยายแรงดัน (A_V) ถ้า $R_1 = 10\,\text{k}\Omega, R_2 = 100\,\text{k}\Omega$ และ แรงดันอินพุต $V_{in} = 50\,\text{mV}$

วิธีทำ จากสมการ $A_V = -\frac{V_o}{V_{in}} = -\frac{R_2}{R_1}$

ย้ายข้างสมการหา V_o ; $V_o = -\frac{R_2}{R_1} \times V_{in}$

$$= -\frac{100\,\text{k}\Omega}{10\,\text{k}\Omega} \times 50\,\text{mV} = -500\,\text{mV}$$

และ $A_V = -\frac{R_2}{R_1}$

แทนค่า R_1 และ R_2 ; $A_V = -\frac{R_2}{R_1} = -\frac{100\,\mathrm{k}\Omega}{10\,\mathrm{k}\Omega} - 10$

$\therefore \quad V_o = -500\,\mathrm{mV}$ และอัตราการขยาย $A_V = -10$ .....**ตอบ**

สรุปสาระสำคัญ

การแก้สมการเชิงเส้น จะใช้คุณสมบัติของการเท่ากันในการหาคำตอบ เช่น สมบัติสมมาตร สมบัติถ่ายทอด สมบัติการบวก และสมบัติการคูณ การนำเอาการแก้สมการเชิงเส้นไปใช้ในสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ เช่น การหาค่าพารามิเตอร์และการออกแบบในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เช่น วงจรกรองสัญญาณ วงจรกำเนิดความถี่ วงจรขยายต่างๆ เป็นต้น

แบบฝึกหัด

หน่วยที่ 1 สมการเชิงเส้น

จงแก้สมการต่อไปนี้ พร้อมทั้งแสดงวิธีตรวจสอบคำตอบด้วย

1. $5y+4 = 29$ **ตอบ** $y = 5$
2. $0.2x+0.5 = 0.9$ **ตอบ** $x = 2$
3. $0.5(y+0.6) = 0.15$ **ตอบ** $y = -0.3$
4. $10 = \frac{2}{3}x-8$ **ตอบ** $x = 27$
5. $20.5 = 1+0.25y$ **ตอบ** $y = 78$
6. $\frac{4x}{3}-\frac{3x}{5} = \frac{1}{3}$ **ตอบ** $x = 5/11$
7. $\frac{2x}{3}+\frac{1}{5} = \frac{x}{3}+\frac{3}{5}$ **ตอบ** $x = 6/5$
8. $2a-3 = \frac{a}{3}+\frac{1}{2}$ **ตอบ** $a = 21/10$
9. $\frac{m}{3}-\frac{2}{5} = \frac{m}{5}+\frac{1}{10}$ **ตอบ** $m = 15/4$
10. $3\frac{2}{5}x-4 = 2-\frac{1}{2}x$ **ตอบ** $x = 20/13$

11. จากสมการ $R_{sh} = \frac{I_m}{I-I_m}(R_m)$ จงหา I **ตอบ** $I = I_m\left(1+\frac{R_m}{R_{sh}}\right)$

12. จากรูปที่ 1.1 ถ้ามูฟวิ่งคอยล์มีกระแสไฟฟ้าเต็มสเกลเป็น $50\,\mu A$ และค่าความต้านทานภายในเป็น $2\,k\Omega$ จงหาค่าความต้านทานชั้นท์ เมื่อต้องการให้แอมมิเตอร์ตัวนี้วัดกระแสเต็มสเกลได้ 10 mA
ตอบ 10.05Ω

13. จากวงจรในรูปที่ 1.1 ถ้าต้องการนำแอมมิเตอร์ตัวนี้ไปวัดกระแสไฟฟ้าได้สูงสุดเป็น 20 mA จงหาค่าความต้านทานชั้นท์ **ตอบ** 5Ω

14. จากวงจร Wien bridge Oscillator ในรูปที่ 1.2 (ก) จงออกแบบวงจรให้มีค่า f_O เป็น 5,000 Hz
กำหนดให้ค่าตัวเก็บประจุ $C_1 = C_2 = 0.001\,\mu F$ **ตอบ** $R_1 = R_2 = 32\ k\Omega$

15. จากวงจร Phase shift Oscillator ในรูปที่ 1.2 (ข) จงออกแบบวงจรให้มีค่า f_O เป็น 200 Hz กำหนดให้ $C = 0.1\,\mu F$, $R_1 = 10R$, $R_2 = 29R_1$
ตอบ $R = 3.25\,k\Omega$, $R_1 = 32.5\ k\Omega$, $R_2 = 942.5\,k\Omega$

16. วงจร Wien bridge Oscillator ในรูปที่ 1.2 (ก) ถ้า $R_1 = R_2 = 15\ k\Omega$, $C_1 = C_2 = 0.01\,\mu F$ จงหาค่า f_O **ตอบ** 1,061 Hz

17. จากวงจร Low Pass Filter ในรูปที่ 1.3 (ข) จงออกแบบวงจรให้มีค่า f_C เป็น 500 Hz กำหนดให้ใช้ค่าตัวเก็บประจุ $C = 0.1\,\mu\text{F}$ **ตอบ** $R = 3{,}184\,\Omega$

18. จากวงจร High Pass Filter ในรูปที่ 1.3 (ก) จงออกแบบวงจรให้มีค่า f_C เป็น 1,200 Hz กำหนดให้ใช้ค่าตัวเก็บประจุ $C = 0.01\,\mu\text{F}$ **ตอบ** $R = 13{,}270\,\Omega$

19. จากวงจรขยายแบบกลับเฟสในรูปที่ 1.5 (ก) จงหาค่าแรงดันเอาต์พุต (V_o) และอัตราการขยายแรงดัน (A_V) ถ้า $R_1 = 1\text{k}\Omega, R_2 = 100\text{k}\Omega$ และ แรงดันอินพุต $V_{in} = 10\,\text{mV}$

ตอบ $V_o = 1000\,\text{mV}$ และ $A_V = -100$

20. จากวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสในรูปที่ 1.5 (ข) จงออกแบบให้วงจรมีอัตราการขยายเป็น 48 เท่า เมื่อกำหนดให้ $R_1 = 1\text{k}\Omega$ และหาค่าแรงดันเอาต์พุต เมื่อแรงดันอินพุต $V_{in} = 35\,\text{mV}$

ตอบ $R_2 = 47\text{k}\Omega$, $V_o = 1.68\,\text{V}$

แบบทดสอบหลังเรียน

หน่วยที่ 1 สมการเชิงเส้น

จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. จากสมการ $2a-3=5$, a มีค่าเท่าใด

ก. 2 ข. 4

ค. 3 ง. 1

2. จากสมการ $\frac{3b}{2}+\frac{1}{2}=3$, b มีค่าเท่าใด

ก. 5/3 ข. 2/5

ค. 3/5 ง. 5/2

3. จากสมการ $\frac{3x}{2}+\frac{x}{3}-1=4$, x มีค่าเท่าใด

ก. 5/11 ข. 6/5

ค. 5/13 ง. 5/9

4. จากสมการ $R_{sh}=\frac{I_m R_m}{I_{sh}}$ จงหาค่า I_m = ……

ก. $\frac{I_{sh}}{R_m \cdot R_{sh}}$ ข. $\frac{I_{sh}R_{sh}}{R_m}$

ค. $\frac{I_{sh}R_m}{R_{sh}}$ ง. $\frac{I_{sh}(1+R_m)}{R_{sh}}$

5. จากสมการ $R_{sh}=\frac{I_m}{I-I_m}(R_m)$ เมื่อต้องการให้แอมมิเตอร์ตัวนี้วัดกระแสเต็มสเกลได้ 100 mA จงหาค่าความต้านทานชั้นท์ กำหนดให้ $I_m = 50\ \mu A$, $I = 100\,mA$, $R_m = 2\ k\Omega$

ก. 1.500Ω ข. 10.005Ω

ค. 1.0005Ω ง. 1.505Ω

6. จงหาค่าความถี่ออสซิลเลเตอร์ (f_O) ของวงจร Wien bridge Oscillator กำหนดให้ $R_1 = R_2 = 18\ k\Omega$, $C_1 = C_2 = 0.001\ \mu F$ และ $f_O = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1R_2C_1C_2}}$

ก. 884.6 kHz ข. 8.846 Hz

ค. 88.46 kHz ง. 884.6 Hz

7. จากวงจร Phase shift Oscillator ในรูปที่ 1.2 (ข) จงหาค่า R ที่ทำให้วงจรกำเนิดค่า f_O เป็น 500 Hz กำหนดให้ $C = 0.1\ \mu F$

ก. 150Ω ข. 130Ω

ค. 1,300Ω ง. 1,500Ω

8. วงจร Low-pass Filter มีค่า $f_C = \frac{1}{2\pi RC}$ ถ้า $R = 100\ \Omega$, $C = 10\ \mu F$ จงหา f_C

ก. 15.9 kHz ข. 1590 Hz

ค. 159 kHz ง. 159 Hz

9. วงจร High-pass Filter มีค่า $f_C = 7{,}500\,Hz$ ถ้า $C = 10\ \mu F$ จงหาค่า R

ก. 21.23Ω ข. 42.46Ω

ค. 212.3Ω ง. $2{,}123\Omega$

10. วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส จงออกแบบให้วงจรมีอัตราการขยายเป็น 101 เท่า เมื่อกำหนดให้ $R_1 = 1k\Omega$ กำหนดให้ $A_V = 1 + \frac{R_2}{R_1}$ จงหาค่า R_2

ก. $120k\Omega$ ข. $100k\Omega$

ค. $101k\Omega$ ง. $130k\Omega$

เอกสารอ้างอิง

กิติพล ชิตสกุล. (2540). **ทฤษฎีและตัวอย่างโจทย์คณิตศาสตร์พื้นฐาน สำหรับไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์.** กรุงเทพฯ : แมคกรอ-ฮิล อินเตอร์เนชั่นแนล เอ็นเตอร์ไพร์ส, อิงค์.

นภัทร วัจนเทพินทร์. (2550). **การประมวลผลสัญญาณด้วย ออปแอมป์และลิเนียร์ไอซี.** กรุงเทพฯ : บริษัท สกายบุกส์ จำกัด.

มงคล ทองสงคราม. (2534). **ทฤษฎีเครื่องวัดไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ : บริษัท รามาการพิมพ์ จำกัด.

มนตรี ศิริปรัชญานันท์ , ธนูศักดิ์ อรุณไพร. (2558). **ออปแอมป์และลิเนียร์ไอซี.** กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน).

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550). **คณิตศาสตร์ เล่ม 2** กลุ่มสาระการเรียนรู้พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สุภาภรณ์ แก้วศักดา. (2548). **อิเล็กทรอนิกส์ 1.** พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

Kenneth Hardy. **Linear Algebra For Engineers and Scientists.** Pearson Prentice-Hall. Upper Saddle River. New Jersey, 2005.

Robert Boylestad Louis Nashelsky . **Electronic Devices and Circuit Theory.** 7th. Ed. Englewood Cliffs, New Jersey. Prentice-Hall, Inc. 1996.

ภาคผนวก

- เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
- เฉลยแบบฝึกหัดท้ายหน่วย

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน

1. ก 2. ง 3. ค 4. ค 5. ข 6. ก 7. ข 8. ค 9. ข 10. ง

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

1. ข 2. ก 3. ก 4. ข 5. ค 6. ข 7. ค 8. ง 9. ก 10. ข

เฉลยแบบฝึกหัด

หน่วยที่ 1 สมการเชิงเส้น

จงแก้สมการต่อไปนี้ พร้อมทั้งวิธีตรวจสอบคำตอบด้วย

1. $5y+4 = 29$ .....(1)

$5y+4-4 = 29-4$

$5y = 25$

$\therefore \quad y = \frac{25}{5} = 5$ .....**ตอบ**

แทนค่า $y = 5$ ลงในสมการ (1) ;

$5(5)+4 = 29$ เป็นสมการที่เป็นจริง

2. $0.2x+0.5 = 0.9$ .....(2)

$0.2x+0.5-0.5 = 0.9-0.5$

$0.2x = 0.4$

$\therefore \quad x = 2$ .....**ตอบ**

แทนค่า $x = 2$ ลงในสมการ (2) ;

$0.2(2)+0.5 = 0.9$ เป็นสมการที่เป็นจริง

3. $m-12 = -15$ .....(3)

$m-12+12 = -15+12$

$\therefore \quad m = -3$ .....**ตอบ**

แทนค่า $m = -3$ ลงในสมการ (3) ;

$-3-12 = -15$ เป็นสมการที่เป็นจริง

4. $10 = \frac{2}{3}x-8$ .....(4)

$10+8 = \frac{2}{3}x-8+8$

$18 = \frac{2}{3}x$

$18\times\frac{3}{2} = \frac{2}{3}x\left(\frac{3}{2}\right)$

$\therefore \quad x = 27$ .....**ตอบ**

แทนค่า $x = 27$ ลงในสมการ (4) ;

$$10 = \frac{2}{3}(27) - 8 \qquad \text{เป็นสมการที่เป็นจริง}$$

5. $$20.5 = 1 + 0.25y \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(5)$$

$$20.5 - 1 = 1 + 0.25y - 1$$

$$19.5 = 0.25y$$

$$\therefore \quad y = 78 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\underline{\textbf{ตอบ}}$$

แทนค่า $y = 78$ ลงในสมการ (5) ;

$$20.5 = 1 + 0.25(78) \qquad \text{เป็นสมการที่เป็นจริง}$$

6. $$\frac{4x}{3} - \frac{3x}{5} = \frac{1}{3} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(6)$$

$$\left(\frac{4x}{3} - \frac{3x}{5}\right) \times 15 = \frac{1}{3} \times 15$$

$$20x - 9x = 5$$

$$\therefore \quad x = 5/11 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\underline{\textbf{ตอบ}}$$

แทนค่า $x = 5/11$ ลงในสมการ (6) ;

$$\frac{4(5/11)}{3} - \frac{3(5/11)}{5} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{20}{33} - \frac{3}{11} = \frac{11}{33} = \frac{1}{3} \qquad \text{เป็นสมการที่เป็นจริง}$$

7. $$\frac{2x}{3} + \frac{1}{5} = \frac{x}{3} + \frac{3}{5} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(7)$$

$$\frac{2x}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{5} - \frac{x}{3} = \frac{x}{3} + \frac{3}{5} - \frac{1}{5} - \frac{x}{3}$$

$$\frac{2x}{3} - \frac{x}{3} = \frac{3}{5} - \frac{1}{5}$$

$$\frac{2x - x}{3} = \frac{3 - 1}{5}$$

$$\frac{x}{3} = \frac{2}{5}$$

$$\therefore \quad x = \frac{6}{5} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\underline{\textbf{ตอบ}}$$

แทนค่า $x = 6/5$ ลงในสมการ (7) ;

$$\frac{2(6/5)}{3} + \frac{1}{5} = \frac{(6/5)}{3} + \frac{3}{5}$$

$$\frac{4}{5} + \frac{1}{5} = \frac{2}{5} + \frac{3}{5} \qquad \text{เป็นสมการที่เป็นจริง}$$

8. $$2a-3 = \frac{a}{3}+\frac{1}{2} \qquad \text{.....(8)}$$

$$2a-3+3-\frac{a}{3} = \frac{a}{3}+\frac{1}{2}+3-\frac{a}{3}$$

$$2a-\frac{a}{3} = \frac{1}{2}+3$$

$$\frac{6a-a}{3} = \frac{1+6}{2}$$

$$\frac{5a}{3} = \frac{7}{2}$$

$$\therefore \quad a = \frac{7}{2}\times\frac{3}{5} = \frac{21}{10}$$

.....**ตอบ**

แทนค่า $a = 21/10$ ลงในสมการ (8) ;

$$2\left(\frac{21}{10}\right)-3 = \frac{\left(\frac{21}{10}\right)}{3}+\frac{1}{2}$$

$$\frac{42}{10}-3 = \frac{21}{30}+\frac{1}{2}$$

$$\frac{42-30}{10} = \frac{21+15}{30}$$

$$\frac{12}{10} = \frac{36}{30}$$ เป็นสมการที่เป็นจริง

9. $$\frac{m}{3}-\frac{2}{5} = \frac{m}{5}+\frac{1}{10} \qquad \text{.....(9)}$$

$$\frac{m}{3}-\frac{2}{5}+\frac{2}{5}-\frac{m}{5} = \frac{m}{5}+\frac{1}{10}+\frac{2}{5}-\frac{m}{5}$$

$$\frac{m}{3}-\frac{m}{5} = \frac{1}{10}+\frac{2}{5}$$

$$\frac{5m-3m}{15} = \frac{1+4}{10}$$

$$\frac{2m}{15} = \frac{5}{10}$$

$$\therefore \quad m = \frac{5}{10}\times\frac{15}{2} = \frac{15}{4}$$ .....**ตอบ**

แทนค่า $m = 15/4$ ลงในสมการ (9) ;

$$\frac{(15/4)}{3}-\frac{2}{5} = \frac{(15/4)}{5}+\frac{1}{10}$$

$$\frac{15}{12}-\frac{2}{5} = \frac{15}{20}+\frac{1}{10}$$

$$\frac{75-24}{60} = \frac{15+2}{20}$$

$$\frac{51}{60} = \frac{17}{20}$$ เป็นสมการที่เป็นจริง

10. $$3\frac{2}{5}x-4 = 2-\frac{1}{2}x \qquad \text{.....(10)}$$

$$\frac{17x}{5}-4 = 2-\frac{1}{2}x$$

$$\frac{17x}{5}-4+4+\frac{x}{2} = 2-\frac{1}{2}x+4+\frac{x}{2}$$

$$\frac{17x}{5}+\frac{x}{2} = 2+4$$

นำ 10 คูณ : $34x+5x = 60$

$$39x = 60$$

$$\therefore \quad x = \frac{60}{39}$$ .....**ตอบ**

แทนค่า $x = 60/39$ ลงในสมการ (10) ;

$$\frac{17}{5}\left(\frac{60}{39}\right)-4 = 2-\frac{1}{2}\left(\frac{60}{39}\right)$$

$$\frac{1020}{195}-4 = 2-\frac{60}{78}$$

$$\frac{1020-780}{195} = \frac{156-60}{78}$$

$$\frac{240}{195} = \frac{96}{78}$$ เป็นสมการที่เป็นจริง

11. จากสมการ $R_{sh} = \frac{I_m}{I-I_m}(R_m)$ จงหา I

วิธีทำ จากสมการ $$R_{sh} = \frac{I_m}{I-I_m}(R_m)$$

$$(I-I_m)R_{sh} = I_m R_m$$

$$(I-I_m) = I_m\frac{R_m}{R_{sh}}$$

$$\therefore \quad I = I_m\frac{R_m}{R_{sh}}+I_m$$

หรือ $$I = I_m\left(1+\frac{R_m}{R_{sh}}\right)$$ .....**ตอบ**

12. จากรูปที่ 1.1 ถ้ามูฟวิ่งคอยล์มีกระแสไฟฟ้าเต็มสเกลเป็น $50\,\mu$A และค่าความต้านทานภายในเป็น $2\,\text{k}\Omega$ จงหาค่าความต้านทานชั้นท์ เมื่อต้องการให้แอมมิเตอร์ตัวนี้วัดกระแสเต็มสเกลได้ 10 mA

วิธีทำ จากสมการ $R_{\text{sh}} = \dfrac{I_{\text{m}}}{I - I_{\text{m}}}\left(R_{\text{m}}\right)$

เมื่อ $I_{\text{m}} = 50\ \mu\text{A}$, $I = 10\,\text{mA}$, $R_{\text{m}} = 2\ \text{k}\Omega$

แทนค่าลงในสมการ $R_{\text{sh}} = \dfrac{50\times10^{-6}\ \text{A}}{\left(10\times10^{-3}\ \text{A}\right)-\left(50\times10^{-6}\ \text{A}\right)}\left(2\times10^{3}\ \Omega\right)$

$$= \frac{50\ \mu\text{A}}{9{,}950\ \mu\text{A}}\left(2\ \text{k}\Omega\right)$$

$$\therefore\quad R_{\text{sh}} = 10.05\ \Omega$$ .....**ตอบ**

13. จากวงจรในรูปที่ 1.1 ถ้าต้องการนำแอมมิเตอร์ตัวนี้ไปวัดกระแสไฟฟ้าได้สูงสุดเป็น 20 mA จงหาค่าความต้านทานชั้นท์

วิธีทำ จากสมการ $R_{\text{sh}} = \dfrac{I_{\text{m}}}{I - I_{\text{m}}}\left(R_{\text{m}}\right)$

เมื่อ $I_{\text{m}} = 50\ \mu\text{A}$, $I = 20\,\text{mA}$, $R_{\text{m}} = 2\ \text{k}\Omega$

แทนค่าลงในสมการ $R_{\text{sh}} = \dfrac{50\times10^{-6}\ \text{A}}{\left(20\times10^{-3}\ \text{A}\right)-\left(50\times10^{-6}\ \text{A}\right)}\left(2\times10^{3}\ \Omega\right)$

$$= \frac{50\ \mu\text{A}}{19.95\ \text{mA}}\left(2\ \text{k}\Omega\right)$$

$$\therefore\quad R_{\text{sh}} = 5.01\ \Omega$$ .....**ตอบ**

14. จากวงจร Wien bridge Oscillator ในรูปที่ 1.2 (ก) จงออกแบบวงจรให้มีค่า f_O เป็น 5,000 Hz กำหนดให้ค่าตัวเก็บประจุ $C_1 = C_2 = 0.001\ \mu\text{F}$

วิธีทำ จาก สมการ $f_O = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{R_1R_2C_1C_2}}$

เมื่อ $C_1 = C_2 = 0.001\ \mu\text{F}$ โดยให้ $R_1 = R_2$

ดังนั้น $5{,}000 = \dfrac{1}{2\pi R_1C_1}$

$$R_1 = \frac{1}{6.28(5\times10^{3})(0.001\times10^{-6})}$$

$$R_1 = 31{,}847\ \Omega$$

ดังนั้นใช้ $R_1 = R_2 = 32\ \text{k}\Omega$ .....**ตอบ**

15. จากวงจร Phase shift Oscillator ในรูปที่ 1.2 (ข) จงออกแบบวงจรให้มีค่า f_O เป็น 200 Hz กำหนดให้ $C = 0.1\,\mu F$, $R_1 = 10R$, $R_2 = 29R_1$

วิธีทำ จาก สมการ $$f_O = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}} = \frac{0.065}{RC}$$

แทนค่า f_O : $$200 = \frac{0.065}{RC}$$

แทนค่า $C = 0.1\,\mu F$: $$200 = \frac{0.065}{R(0.1\times10^{-6}\,F)}$$

$$\therefore\ R = \frac{0.065}{200\,Hz(0.1\times10^{-6}\,F)}$$

$$R = 3.25\,k\Omega$$

$$R_1 = 10R = 32.5\,k\Omega$$

$$R_2 = 29R_1 = 942.5\,k\Omega$$

ผลการออกแบบ ได้ $R = 3.25\,k\Omega$ $R_1 = 32.5\,k\Omega$ และ $R_2 = 942.5\,k\Omega$ .....**ตอบ**

16. วงจร Wien bridge Oscillator ในรูปที่ 1.2 (ก) ถ้า $R_1 = R_2 = 15\ k\Omega$, $C_1 = C_2 = 0.01\,\mu F$ จงหาค่า f_O

วิธีทำ จาก สมการ $$f_O = \frac{1}{2\pi R_1C_1}$$

แทนค่า R และ C : $$f_O = \frac{1}{6.28\times(15\times10^3\,\Omega)\times(0.01\times10^{-6}\,F)}$$

$$f_O = \frac{1\times10^3}{6.28\times15\Omega\times(0.01F)}$$

$$\therefore\ f_O = 1{,}061\ Hz$$ .....**ตอบ**

17. จากวงจร Low Pass Filter ในรูปที่ 1.3 (ข) จงออกแบบวงจรให้มีค่า f_C เป็น 500 Hz กำหนดให้ใช้ค่าตัวเก็บประจุ $C = 0.1\,\mu F$

วิธีทำ จาก สมการ $$f_C = \frac{1}{2\pi RC}$$

แทนค่า f_C และ C : $$500 = \frac{1}{(6.28)(R\times0.1\times10^{-6})}$$

$$R = \frac{1}{(6.28)(500)(0.1\times10^{-6})}$$

ดังนั้นใช้ค่า $$R = \frac{1\times10^6}{(3140)} = 3{,}184\,\Omega$$ .....**ตอบ**

18. จากวงจร High Pass Filter ในรูปที่ 1.3 (ก) จงออกแบบวงจรให้มีค่า f_C เป็น 1,200 Hz กำหนดให้ใช้ค่าตัวเก็บประจุ $C = 0.01\ \mu F$

วิธีทำ จาก สมการ $$f_C = \frac{1}{2\pi RC}$$

แทนค่า f_C และ C : $$1{,}200\,\text{Hz} = \frac{1}{(6.28)\left(R \times 0.1\times 10^{-6}\,\text{F}\right)}$$

$$(1{,}200\,\text{Hz})\,R = \frac{1}{(6.28)\left(0.1\times 10^{-6}\,\text{F}\right)}$$

$$R = \frac{1}{(6.28)(1{,}200\,\text{Hz})\left(0.1\times 10^{-6}\,\text{F}\right)}$$

$$\therefore\ R = \frac{1\times 10^{6}}{75.36}\ \Omega = 13{,}270\ \Omega$$ .....**ตอบ**

19. จากวงจรขยายแบบกลับเฟสในรูปที่ 1.5 (ก) จงหาค่าแรงดันเอาต์พุต (V_o) และอัตราการขยายแรงดัน (A_V) ถ้า $R_1 = 1\,\text{k}\Omega, R_2 = 100\,\text{k}\Omega$ และ แรงดันอินพุต $V_{in} = 10\,\text{mV}$

วิธีทำ จากสมการ $A_V = -\frac{V_o}{V_{in}} = -\frac{R_2}{R_1}$

เมื่อ $R_1 = 1\,\text{k}\Omega, R_2 = 100\,\text{k}\Omega$ และ แรงดันอินพุต $V_{in} = 10\,\text{mV}$

$$\therefore\ A_V = -\frac{100\,\text{k}\Omega}{1\,\text{k}\Omega} = -100$$

และ $$V_o = -\frac{R_2}{R_1}\times V_{in}$$

$$= -\frac{100\,\text{k}\Omega}{1\,\text{k}\Omega}\times 10\,\text{mV}$$

$$= -1{,}000\,\text{mV}$$

$\therefore$ $V_o = -1{,}000\,\text{mV}$ และอัตราการขยาย $A_V = -100$ .....**ตอบ**

20. จากวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสในรูปที่ 1.5 (ข) จงออกแบบให้วงจรมีอัตราการขยายเป็น 48 เท่า (หาค่า R_2) เมื่อกำหนดให้ $R_1 = 1\,\text{k}\Omega$ และหาค่าแรงดันเอาต์พุต เมื่อแรงดันอินพุต $V_{\text{in}} = 35\,\text{mV}$

วิธีทำ จากสมการ $A_V = \frac{V_o}{V_{\text{in}}} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$

เมื่อ $R_1 = 1\,\text{k}\Omega$ และ แรงดันอินพุต $V_{\text{in}} = 35\,\text{mV}$

แทนค่า $A_V = 48$ ลงในสมการ $A_V = 1 + \frac{R_2}{R_1}$

จะได้ $$48 = 1 + \frac{R_2}{1\,\text{k}\Omega}$$

$$47 = \frac{R_2}{1\,\text{k}\Omega}$$

$$\therefore \quad R_2 = (47)1\,\mathrm{k}\Omega = 47\,\mathrm{k}\Omega$$

และ $$V_o = \left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\times V_{\text{in}}$$

$$= \left(1+\frac{47\,\mathrm{k}\Omega}{1\,\mathrm{k}\Omega}\right)\times 35\,\mathrm{mV}$$

$$= 1{,}680\,\mathrm{mV}$$

$\therefore \quad V_o = 1{,}680\,\mathrm{mV}$ และตัวต้านทาน $R_2 = 47\,\mathrm{k}\Omega$ .....**ตอบ**