Ministry of Higher Education and Scientific Research
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Technical lnstitute-kirkuk
المعهد التقني /كركوك
Electricity technology department
قسم التقنيات الكهربئية
First Year
المرحلة الاولى

"الدوائر والقياسات الكهربائية"(1)

مدرس المادة

2022 م
1444هـ

Standard Units (SI) وحدات القياس المعيارية:

ان أساس مقياس لكل نوعية من الكميات الفيزياويةهي الوحدة.

Symbols and Abbreviations

Quantity	Quantity Symbol	unit	unit Symbol
Current	I	Amper	A
Differnce of potential	V	Volt	V
Resistance	R	Ohm	Ω
Resistivity	ρ	Ohmmeter	Ω.m
Energy	Joul	Joul	J
Force	F	Newton	N
Power	P	Watt	W
Capacitance	C	Farad	F
Induction	L	Henry	H
Frequency	F	Hertz	Hz

International system of units

	Symbol	Unit	Unit of symbol
Length	L	Meter	m
Mass	M	Kilogram	Kg
Time	T	Second	S
Electrical current	I	Amper	A
Temperature	T	Kelvin	K
Luminous intensity	Em	Candela	Cd

Electro motive force (EMF): Force that causes current to flow.

Potential difference: The difference in potential between two points in an electrical system.

Volt (V): The unit of measurement applied to measure, the difference in potential between two points. Its unit is volt (V).

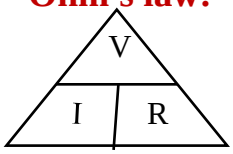
Amper (A): The unit of measure ment applied to measure the flow of electrons through a conductor. Its unit is Amper (A)

Resistance(R): The appility of material to appose the flow of electrons. Its unit is ohm (Ω).

The resistance of any material depends on:-

1- The kind of conductor.
2- The length of conductor.
3- The cross-sectional area of the conductor.
4- The temperature of the material.

Ohm's law:

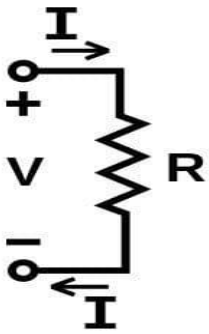


$$R = \frac{V}{I}$$

Where

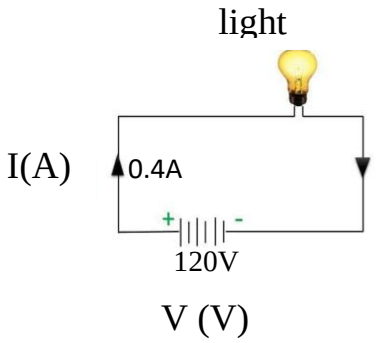
(I) is the current Amper A

(V) is the voltage Volt V



(R) is the resistance Ohm Ω

Examples 1:-



$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{120}{0.4}$$

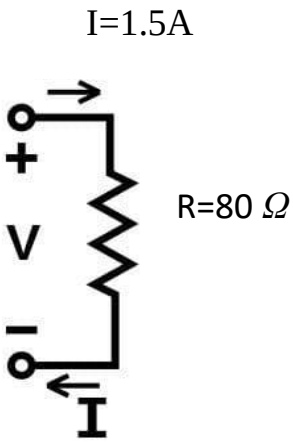
$$= 300\Omega$$

Examples 2:-

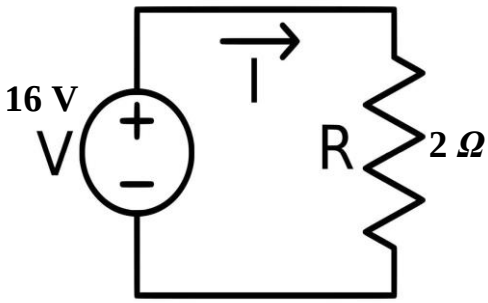
$$V = I.R$$

$$V = 1.5 \times 80$$

$$V = 120\ V$$



Examples3:-



$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{16}{2}$$

I =8A

Power: is the amount of energy transferred or converted per unit time. the unit of power is the watt.

القدرة: هي الطاقة المصروفة خلال وحدة الزمن.

القدرة = الطاقة/الزمن = جول/ثا = واط

$$P = V \times I$$

$$P = (I \times R) \times I$$

$$P = I^2 \times R$$

$$P = V \times I$$

$$P = V \times \frac{V}{R}$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

What is the electrical power of a device depending of ?

It is Depending on:

(1) The amount of current flows in an electric device.

(2) The potential difference between two ends. According to the following

Examples1:-

An electric teapot with a power of (1200W) if the current flowing in the teapot (5A)calculateThe potential difference between two ends of teapot?

Sol:-

$$P = V \times I$$

$$V = \frac{P}{I}$$

$$V = \frac{1200}{5}$$

$$V = 240 \text{ V}$$

Examples2:-

Calculate the current flows in an electrical device of (1000 W) and operate at a Voltage of (220V)

Sol:-

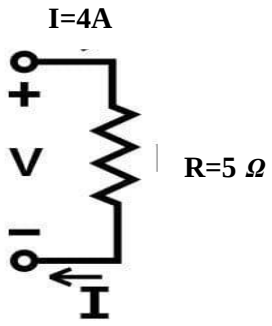
$$P = V \times I$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{1000}{220}$$

$$I = 4.54\ A$$

Examples3:-



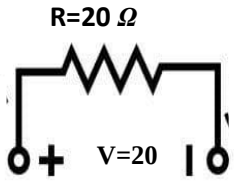
$$P = I^2 \times R$$

$$P = (4)^2 . 5$$

$$P = (16).5$$

$$P = 80\ Watt$$

Examples4:-



$$P = \frac{V^2}{R}$$

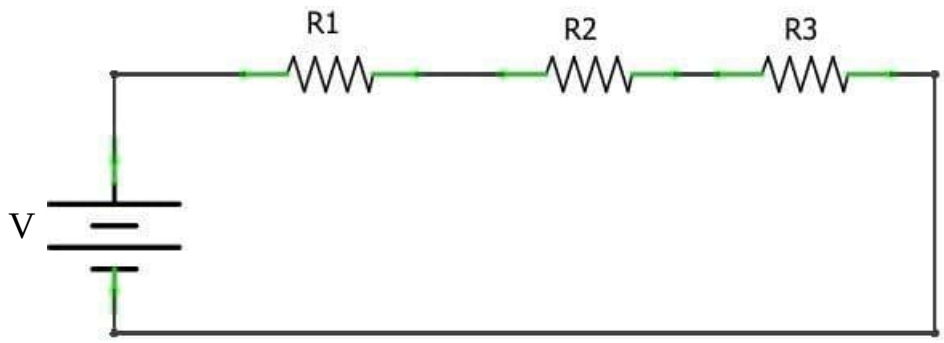
$$P = \frac{(20)^2}{20}$$

$$P = \frac{400}{20}$$

$$P = 20\ Watt$$

Connect the resistors in series

ربط المقاومات على التوالي



The properties of this link

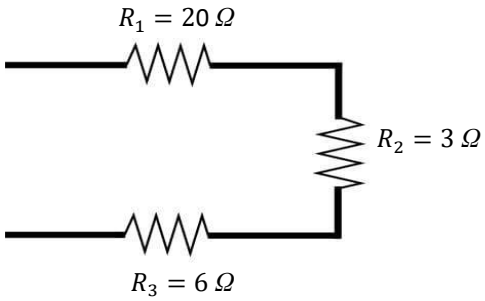
خصائص هذا الربط

$I_T = I_1 = I_2 = I_3 \ldots\ldots\ldots = I_n$

$V_T = V_1 + V_2 + V_3 \ldots\ldots\ldots + V_n$

$R_T = R_1 + R_2 + R_3 \ldots\ldots\ldots + R_n$

Examples1:-



Sol:-

$R_T = R_1 + R_2 + R_3$

$R_T = 20 + 3 + 6$

$R_T = 29\ \boldsymbol{\Omega}$

Examples 2:-

Two resistances (2Ω, 4Ω) connected in series with each other and then connected

To the ends of the potential difference source (12 v) Calculate:

(1) The equivalent resistance.

(2) The total current and the current passing through each resistance.

(3) The potential difference on both ends of each resistance

Sol:-

(1)

$R_T = R_1 + R_2$

$R_T = 2 + 4$

$R_T = 6\ \Omega$

(2)

$R = \frac{V}{I}$

$I = \frac{V}{R}$

$I = \frac{12}{6}$

$I = 2\ A$

$I_T = I_1 = I_2 = I_3 \ldots\ldots\ldots = 2\ A$

(3)

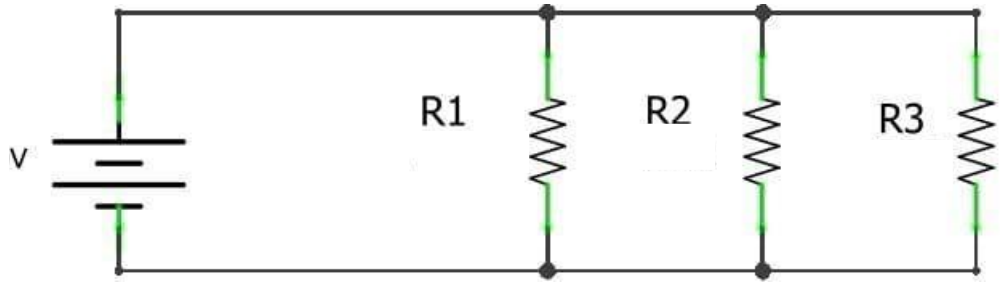
$V = I \times R$

$V_1 = I \times R_1 \qquad V_1 = 2 \times 2 \qquad V_1 = 4V$

$V_2 = I \times R_2 \qquad V_2 = 2 \times 4 \qquad V_2 = 8V$

Connect resistors in parallel

ربط المقاومات على التوازي



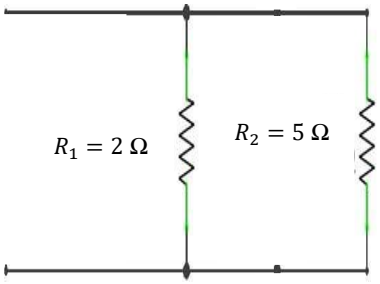
The properties of this link خصائص هذا الربط

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Examples1:-



Find R_T for the cct shown?

Sol:-

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{2} + \frac{1}{5}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{5+2}{10} = \frac{7}{10}$$

$$R_T = \frac{10}{7}$$

$$R_T = 1.4\ \Omega$$

Examples2:-

The resistance (3Ω, 6Ω) are connected in parallel to each other and then connected to the ends of an electric source. The total current in circuit (6A), Calculated:

1) Equivalent resistance.

2) Potential difference on both ends of each resistance. (H.W)

3) Current flowing in each resistance.(H.W)

Sol:-

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

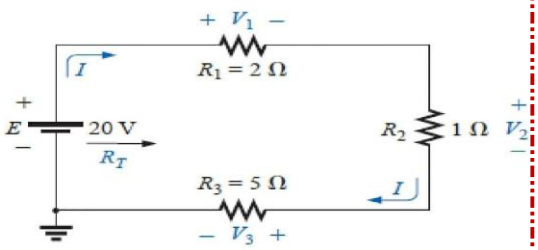
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6}$$

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

$$\frac{1}{R_T} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$$

$$R_T = 2\ \Omega$$

Examples3:-



a. Find the total resistance for the series circuit

b. Calculate the source current I_s

c. Determine the voltages V_1, V_2, and V_3.

d. Calculate the power dissipated by R_1, R_2, and R_3.

sol:

a.) $R_T = R_1 + R_2 + R_3$

$R_T = 2 + 1 + 5$

$R_T = 8$

b.) $I_S = \frac{V}{R_T} = \frac{20}{8} = 2.5A$

C.) $V_1 = IR_1 = (2.5 \times 2) = 5V$

$V_2 = IR_2 = (2.5 \times 1) = 2.5V$

$V_3 = IR_3 = (2.5 \times 5) = 12.5V$

d.) $P_1 = IV_1 = (2.5 \times 5) = 12.5\ W$

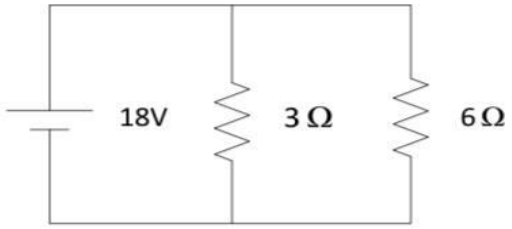
$P_2 = I_2^2 R_2 = (2.5)^2 (1) = 6.25W$

$P_3 = \frac{V_3^2}{R_3} = \frac{(12.5)^2}{5} = 31.25\ W$

Exp.

For the network shown find:

1. It
2. Pt



Solution:

It = Vt/Rt

Rt = 3*6/3 +6 = 2Ω الطريقة الاولى

It = 18/2 =9 A

Pt = Vt * It = 18 * 9 = 162 w

I1 = V/R3Ω = 18/3 = 6 A

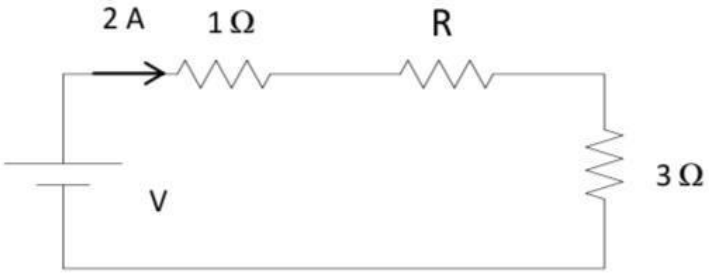
I2 = V/R6Ω = 18/6 =3 A

It = I1 + I2 = 6+3 =9 A

Pt = 18 *9 =162w الطريقة الثانية

Exp.

Pt = 40 w , Find the value of R ?



Solution:

$Pt = It^2 * Rt \longrightarrow 40 = 2^2 * Rt \longrightarrow Rt = 10\,\Omega$

$Rt = R1\,\Omega + R3\Omega + R \longrightarrow 10 = R + 4\,\Omega \longrightarrow R = 10 - 4 = 6\,\Omega$

Conductance and conductivity الموصلية و معامل الموصلية

مقلوب المقاومة يسمى الموصلية ويرمز له بالرمز G وتقاس بوحدة $\frac{1}{\text{اوم}}$ ومقلوب المقاومة النوعية ρ يسمى معامل الموصلية ويرمز له بالرمزσ

$$G = \frac{1}{R} \qquad , \sigma = \frac{1}{\rho}$$

$$G = \sigma \frac{A}{L}$$

ان الموصلات ذات نفس المادة والمقطع العرضي والتي لها نفس درجة الحرارة نجد ان مقاومتها للتيار تتناسب طرديا مع الطول وعكسيا مع مساحة المقطع أي أن:

$$R \propto \frac{L}{A}$$

L: length of the conductor (m)

A: cross-section area of conductor (m^2)

ρ:Specific resistivity of the material (Ω m) المقاومة النوعية وهوثابت التناسب

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Examples1:-

A copper conductor of (100m) length,with adiameter of (1mm),if the resistivity of a copper is (0.0159 $\mu\Omega$. m),find the resistance of the conductor?

Sol:-

$R = \rho \frac{L}{A}$, A=$r^2\pi$ r =$\left(\frac{d}{2}\right)^2$

$\therefore A = \left(\frac{1}{2} \times 10^{-3}\right)^2 \times 3.14$

$A = 0.785 \times 10^{-6} m^2$

R=$0.0159\times 10^{-6} \times \frac{100}{0.785\times10^{-6}}$

R=2.02 **Ω**

H.W

(a) Calculate the resistance per unit length of a 22 nichrome wire of radius 0.321mm. (b) If a potential difference of 10V is maintained cross a1m length of nichrome wire, what is the current in the wire. $\rho_{nichromes}=1.5\times10^{-6}\Omega.m$.

Examples2:-

What is the resistance of 3 Km length of wire with cross section area 6 mm^2 and resistivity 1.8 μΩcm .

Sol:

$$\boldsymbol{R = \frac{\rho l}{A} = \frac{(1.8\times10^{-6}10^{-2})\times(3\times10^{3})}{6\times10^{-6}} = 9\ \Omega}$$

Examples3:-

A 20 metre length of cable has a cross-sectional area of 1mm^2 and a resistance of 5 ohms. Calculate the conductivity of the cable?

Sol:

R = 5 ohms

L = 20m

cross-sectional area of the conductor is 1mm^2 giving an area of: A = 1 x $10^{-6}m^2$.

$$R = \frac{L}{\sigma A}$$

$$\therefore \sigma = \frac{L}{RA} \longrightarrow \frac{20}{5\times1\times10^{-6}} = 4\ \text{M/m}$$

Examples4:-

Calculate the resistance of a piece of aluminum that is 0.1m long and has a cross-sectional area of 10^{-4} m^2 . What is the resistance of a piece of glass ?

$\rho_{Al}=2.82\times10^{-8}\Omega.m$, $\rho_{glass}=10^{10}\Omega.m$

Sol:

The resistance of aluminum

$$R_{Al} = \rho\frac{l}{A} = 2.82\times10^{-8}\left(\frac{0.1}{10^{-4}}\right) = 2.82\times10^{-5}\ \Omega$$

The resistance of glass

$$R_{glass} = \rho\frac{l}{A} = 10^{10}\left(\frac{0.1}{10^{-4}}\right) = 10^{13}\ \Omega$$

Examples5:- A 0.9V potential difference is maintained across a 1.5m length of tungsten wire that has cross-sectional area of 0.6mm^2 . What is the current in the wire? $\rho = 5.6\times10^{-8}\ \Omega.m$

Sol:-

From Ohm's law,

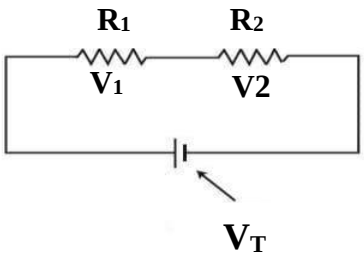
$I = \frac{V}{R}$ Wherer R= $\rho\frac{L}{A}$

$I = \frac{VA}{\rho L}$ $=\frac{0.9\times6\times10^{-7}}{5.6\times10^{-8}\times1.5} = 6.43A$

Voltage divider rule (v.d.r) قانون تقسيم الفولتية

❖ يطبق قانون تقسيم الفولتية اذا كان لدينا لوب واحد(معناه مسار التيار بتجاه واحد)ويحتوي على مجموعة مقاومات .لا يطبق على ربط التوازي لان الفولتيات تكون متساوية

$V_T = V_{R1} + V_{R2}$



حسب قانون اوم $V_1 = I.R_1$

$V_T = IR_1 + IR_2$

$V_S = I(R_1 + R_2)$عامل مشترك Iنستخرج

$\therefore \left[I = \frac{V_T}{(R_1+R_2)}\right] R_1$

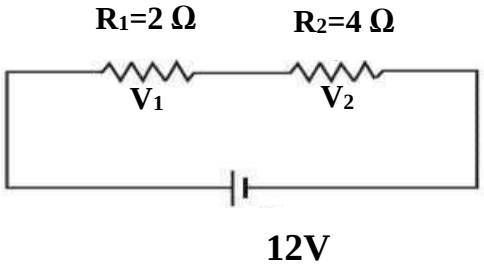
$IR_1 = \frac{V_T R_1}{R_1+R_2}$

(Q3) Derive the voltage divider rule (v. d. r) equation(V1 = VTR1 Req) ? $V_2 = \frac{R_2}{R_1+R_2}.V_T$

Examples1:- Find the voltage V_1 and V_2?

$V_1 = \frac{V_T R_1}{R_1+R_2}$

$V_1 = \frac{12 \times 2}{2+4}$



$$V_1 = \frac{24}{6} = 4V$$

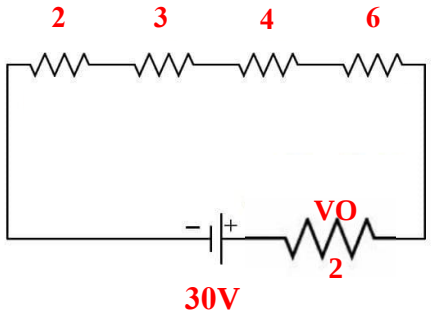
$$V_2 = \frac{V_T R_2}{R_1 + R_2}$$

$$V_2 = \frac{12 \times 4}{2 + 4}$$

$$V_2 = 8V$$

Examples2:-

By using Voltage divider rule (v.d.r) find v_0?



Sol: $V_n = \frac{V_T R_n}{R_{eq}}$

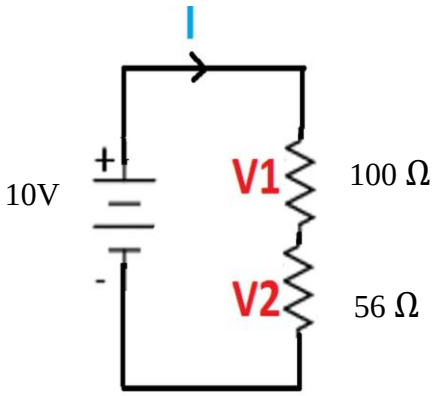
$$R_{eq} = 2 + 3 + 4 + 6 + 2$$

$$R_{eq} = 17\Omega$$

$$\boldsymbol{V_0 = \frac{30 \times 2}{17}}$$

$$\boldsymbol{V_0 = 3.529V}$$

Examples3:- Find the voltage V_1 and V_2 By using Voltage divider rule (v.d.r)?



$$V_n=\frac{V_T R_n}{R_{eq}}$$

$$V_1=\frac{V_T R_1}{R_{eq}}$$

$$V_1=\frac{10\times100}{156}$$

$$V_1 = 6.41V$$

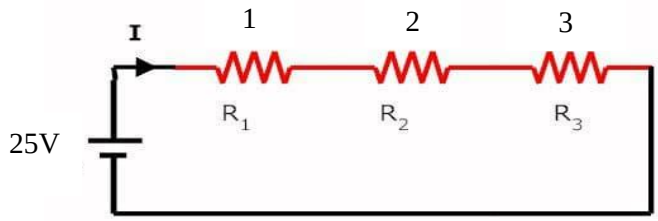
$$V_2=\frac{V_T R_2}{R_{eq}}$$

$$V_2=\frac{10\times56}{156}$$

$$V_2=3.59V$$

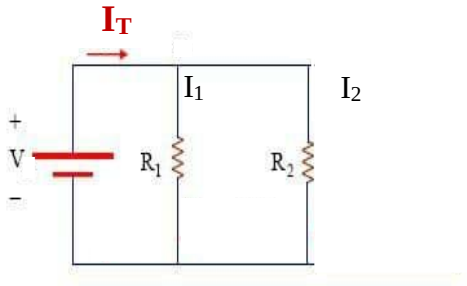
H.W

By using Voltage divider rule (v.d.r) find V_1, V_2, V_3?



The current divider rule (c.d.r) قانون تقسيم التيار

في دائرة التوازي يتجزء التيار الى عدد من المقاومات أو الافرع (**Branches**)وفي هذا الجزء نستنتج قانون تقسيم التيار(**current divider rule**)والذي يوضح الطريقة التي يتوزع فيها التيار الكلي الى تيارات فرعية فاذا كانت قيمة التيار الكلي الخارج من مصدر التغذية معلومة واردنا معرفة التيارات الفرعية في الدائرة المبينة بالشكل نتبع الاتي:-



$$I = \frac{V}{R_1}$$

V=I.R

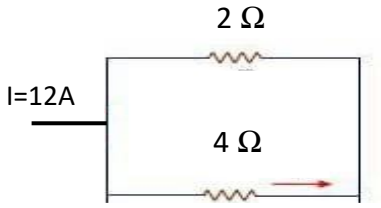
$$\mathbf{V}=I_T \times \frac{R_1 R_2}{R_1+R_2}$$

$$I_1 = \frac{I_T \times \frac{R_1 R_2}{R_1+R_2}}{R_1}$$

$$\therefore I_1 = \frac{R_2}{R_1+R_2} I_T$$

$$I_2 = \frac{R_1}{R_1+R_2} I_T$$

Examples1:- Find the current I_1 ,I_2 for the network



Sol:-

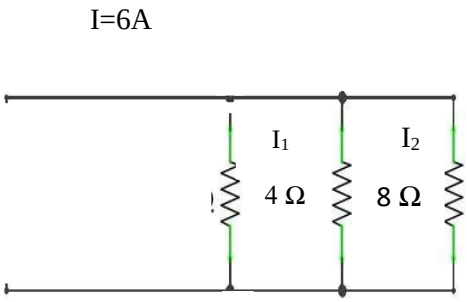
$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I_T$$

$$I_1 = \frac{4}{4+2} 12 \quad = 8A$$

$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I_T$$

$$I_2 = \frac{2}{2+4} 12 \quad = 4A$$

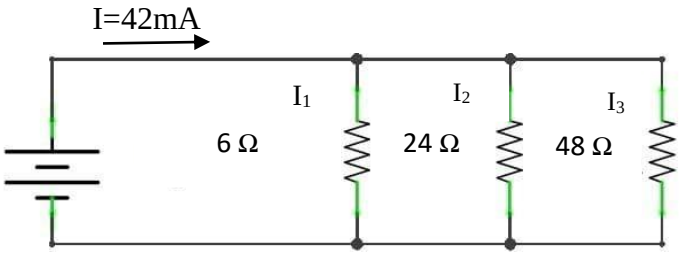
Examples2:- Determine the current I_2 for the network of Fig. using the current divider rule.



$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I_T$$

$$I_2 = \frac{4}{4+8}(6A) = \frac{4}{12}(6A) = \frac{1}{3}(6A) = 2A$$

Examples3:- By using current divider rule (c.d.r) .Find I_1,?

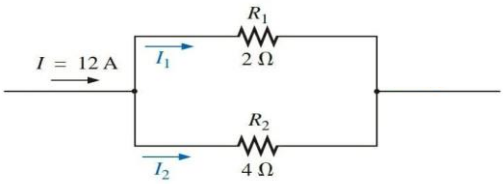


Sol:-

$$24\ \Omega \| \ 48\ \Omega = \frac{(24)(48)}{24+48} = 16\ \Omega$$

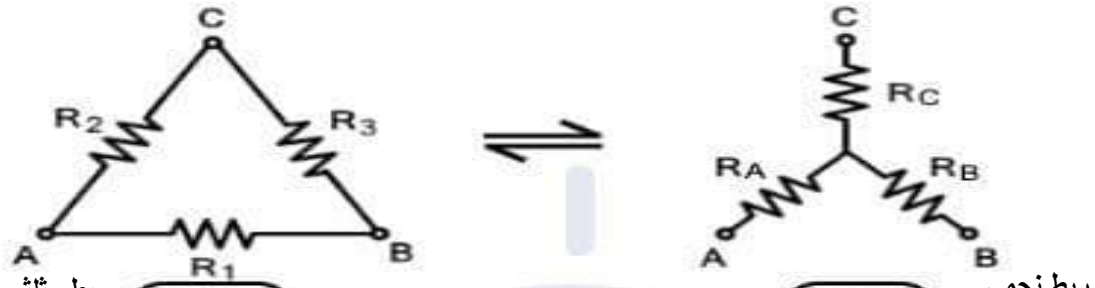
$$I_2 = \frac{16(42mA)}{16+6} = 30.54mA$$

(H.W) Determine the magnitude of the currents I_1, I_2, and for the network of Fig?



Delta-Star transformation:-

To convert from Delta-Star transformation use the equations:-



ربط مثلثي Delta — Star ربط نجمي

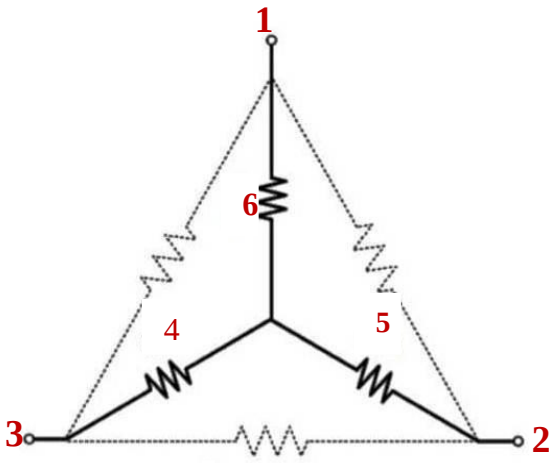
$R_1 = \frac{R_A R_B + R_B R_C + R_A R_C}{R_C}$	$R_A = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$
$R_2 = \frac{R_A R_B + R_B R_C + R_A R_C}{R_B}$	$R_B = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$
$R_3 = \frac{R_A R_B + R_B R_C + R_A R_C}{R_A}$	$R_C = \frac{R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$

Examples1:-

For cct showns determine the resistance between points (1,2)(2,3)(1,3)?

sol:-

نربط الدائرة حول المقاومات الثلاثة (4,5,6)
ونحول من الربط النجمي الى الربط المثلثي
وكما في الشكل رقم 1



$$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3}$$

$$R_{12} = 6 + 3 + \frac{6.3}{4} = 13.5\Omega$$

$$R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1}$$

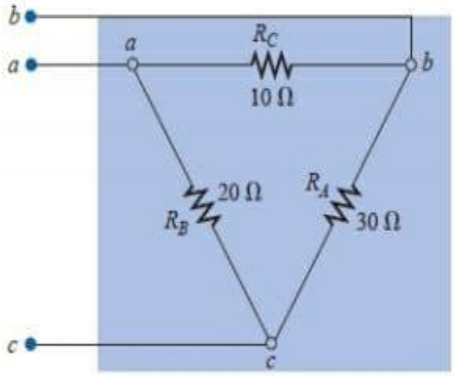
$$R_{23} = 3 + 4 + \frac{3.4}{6}$$

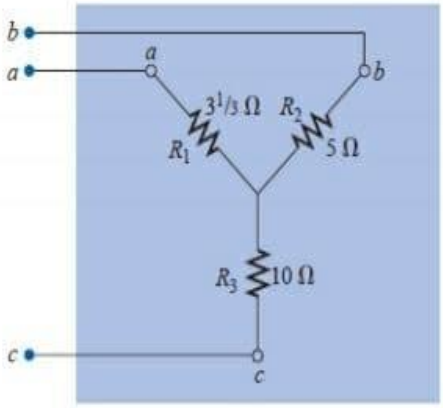
$$R_{23} = 9\ \Omega$$

$$R_{31} = R_3 + R_1 + \frac{R_3 R_1}{R_2}$$

$$R_{31} = 4 + 6 + \frac{4.6}{3} = 18\ \Omega$$

Examples2:-





Solution:

$$R_1 = \frac{R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} = \frac{(20\ \Omega)(10\ \Omega)}{30\ \Omega + 20\ \Omega + 10\ \Omega} = \frac{200\ \Omega}{60} = \mathbf{3\frac{1}{3}\ \Omega}$$

$$R_2 = \frac{R_A R_C}{R_A + R_B + R_C} = \frac{(30\ \Omega)(10\ \Omega)}{60\ \Omega} = \frac{300\ \Omega}{60} = \mathbf{5\ \Omega}$$

$$R_3 = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B + R_C} = \frac{(20\ \Omega)(30\ \Omega)}{60\ \Omega} = \frac{600\ \Omega}{60} = \mathbf{10\ \Omega}$$

تحليل الدوائر الكهربائية

قوانين كيرشوف:- Kirccoffs Law

تستخدم قوانين كيرشوف لحل الشبكات الكهربائية المعقدة التي لايمكن حلها بالطرق السابقة (أي بطريقة تحليل الدوائر الكهربائية توالي- توازي وقانون أوم) وهذه الشبكات المعقدة هي التي تحتوي على مصدرين او اكثر للفولتية او للتيار وكذلك تكون عناصر الشبكة مربوطة بطريقة معينة لاتوالي ولاتوازي,وتطبق هذه القوانين على دوائر التيار المتناوب ودوائر التيار المستمر وهذه القوانين هي صورة اخرى لقوانين حفظ الطاقة وحفظ الشحنة,وقد وضعت من قبل العالم كيرشوف لذلك سميت باسمه

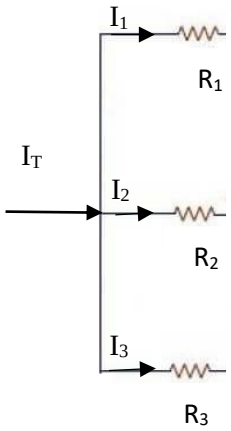
القانون الاول: (قانون كيرشوف للتيارات قانون حفظ الشحنة) Current Law

وينص هذا القانون على ((ان المجموع الجبري للتيارات الداخلة الى اي نقطة (عقدة)في الدائرة الكهربائية يساوي المجموع الجبري للتيارات الخارجة منها))

المجموع الجبري للتيارات الداخلة والخارجة الى نقطة مفترق تساوي (صفر)

مجموع التيارات الداخلة =مجموع التيارات الخارجة

$$\sum^{\text{داخلة}} Iintering = \sum^{\text{خارجة}} Ileaving$$



I_T:التيار الكهربائي الكلي الداخل للعقد

I_1:التيار المار بالمقاومة R_1

I_2: التيار المار بالمقاومة R_2

I_3: التيار المار بالمقاومة R_3

$I_T=I_1+I_2+I_3$

or

$I_T-I_1-I_2-I_3=0$

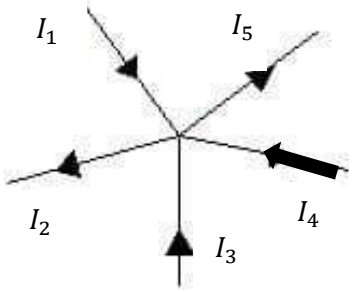
ملاحظة :(1)التيارات الداخلة موجبة (+)

(2)التيارات الخارجة سالبة(-)

$$I_1 - I_2 + I_3 + I_4 - I_5 = 0$$

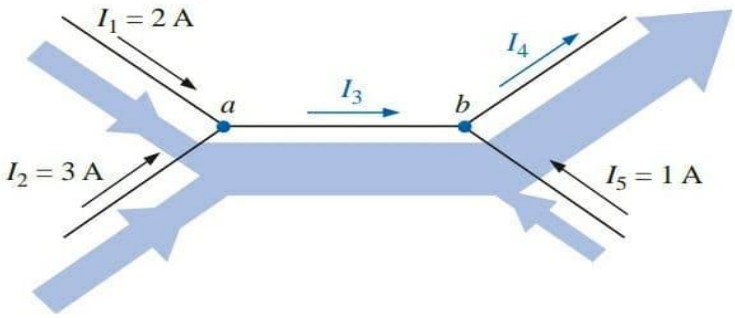
or

$$I_1 + I_3 + I_4 = I_2 + I_5$$



Examples1: Determine the currents I_3 and I_4 of Fig Kirchhoff's current law

Sol:-



At a:

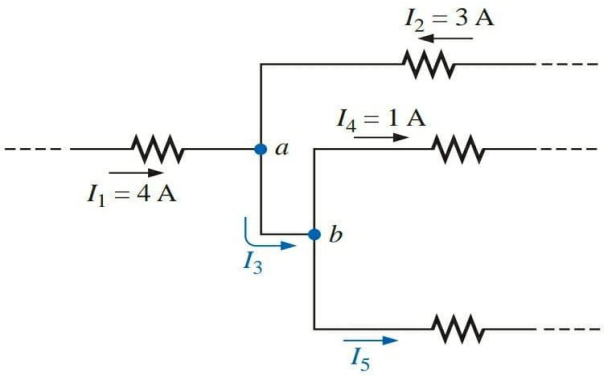
$$\Sigma I_{\text{entering}} = \Sigma I_{\text{leaving}}$$
$$I_1 + I_2 = I_3$$
$$2\text{ A} + 3\text{ A} = I_3$$
$$I_3 = \mathbf{5\text{ A}}$$

At b:

$$\Sigma I_{\text{entering}} = \Sigma I_{\text{leaving}}$$
$$I_3 + I_5 = I_4$$
$$5\text{ A} + 1\text{ A} = I_4$$
$$I_4 = \mathbf{6\text{ A}}$$

Examples2:- Determine the currents I_3 and I_5 of Fig. through applications of Kirchhoff's current law

Sol:



For node *a*,

$$I_1 + I_2 = I_3$$

$$4\,\text{A} + 3\,\text{A} = I_3$$

and

$$I_3 = \mathbf{7\,A}$$

For node *b*,

$$I_3 = I_4 + I_5$$

$$7\,\text{A} = 1\,\text{A} + I_5$$

$$I_5 = 7\,\text{A} - 1\,\text{A} = \mathbf{6\,A}$$

القانون الثاني: (قانون الفولتية) Voltage Law

في دائرة مغلقة المجموع الجبري لفرق الجهد يساوي صفر

$$\sum V = 0$$

+E $-V_1 - V_2 = 0$

$E = V_1 + V_2$

Examples1:- By using K.V.L find $V_1 V_2$?

SOL:-

10 $-V_2 = 0$

$\therefore 10 = V_2$

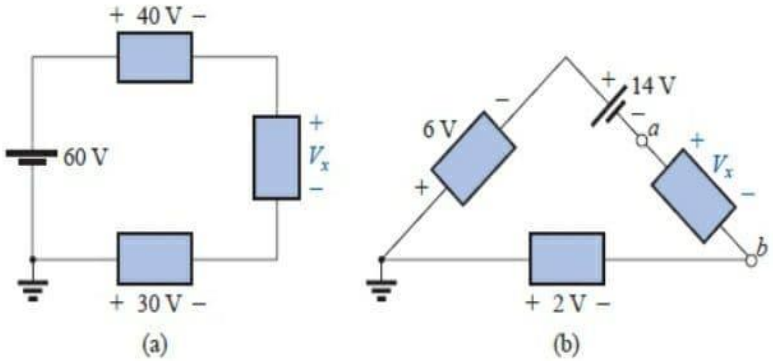
$V_2 = 10V$

$-6 - V_1 + V_2 = 0$

$-V_1 + 4 = 0$

$\therefore V_1 = 4V$

Examples2:- Using Kirchhoff's voltage law, determine the unknown voltages for the network of Fig. below



Solution:

For Fig a

$$60\text{ V} - 40\text{ V} - V_x + 30\text{ V} = 0$$

and

$$V_x = 60\text{ V} + 30\text{ V} - 40\text{ V} = 90\text{ V} - 40\text{ V}$$
$$= \mathbf{50\text{ V}}$$

For Fig b

-6V-14V-V_X+2V=0

V_X=-20V+2V

=-18V

Examples3:- By using K.V.L and K.C.L find I_1, I_2, I_3?

SOL:-

$2 - 2I_1 - 4I_2 = 0 \dots\dots\dots K.V.L$

$6 - I_2 - 4I_3 = 0 \dots\dots\dots K.V.L$

$I_1 + I_2 - I_3 = 0 \dots\dots\dots K.C.L$

نعيد ترتيب المعادلات

$-2I_1 - 4I_3 = -2$

$-I_2 - 4I_3 = -6$

$I_1 + I_2 - I_3 = 0$

$-2I_1 + 0I_2 - 4I_3 = -2$

$0I_1 - I_2 - 4I_3 = -6$

$I_1 + I_2 - I_3 = 0$

$$\begin{bmatrix} -2 & 0 & -4 \\ 0 & -1 & -4 \\ 1 & 1 & -1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2 \\ -6 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$|A| = \begin{bmatrix} -2 & 0 & -4 \\ 0 & -1 & -4 \\ 1 & 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{matrix} -2 & 0 \\ 0 & -1 \\ 1 & 1 \end{matrix} \Rightarrow -2 - 4 - 8 = -14$$

$$|A_1| = \begin{bmatrix} -2 & 0 & -4 \\ -6 & -1 & -4 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{matrix} -2 & 0 \\ -6 & -1 \\ 0 & 1 \end{matrix} = -2 + 24 - 8 = 14$$

$$|A_2| = \begin{bmatrix} -2 & -2 & -4 \\ 0 & -6 & -4 \\ -1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{matrix} -2 & -2 \\ 0 & -6 \\ 1 & 0 \end{matrix} = -12 + 8 - 24 = -28$$

$$|A_3|=\begin{bmatrix}-2 & 0 & -2\\ 0 & -1 & -6\\ -1 & 1 & 0\end{bmatrix}\begin{matrix}-2 & 0\\ 0 & -1\\ 1 & 1\end{matrix} = 2-2-12=-12$$

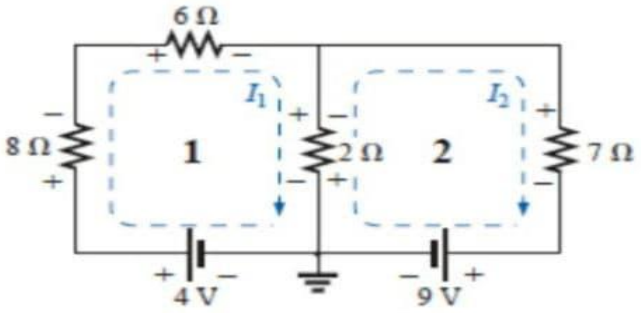
$$I_1=\frac{|A_1|}{|A|}=\frac{14}{-14}=-1A$$

$$I_2=\frac{|A_2|}{|A|}=\frac{-28}{-14}=2A$$

$$I_3=\frac{|A_3|}{|A|}=\frac{-12}{-14}=0.857A$$

ملاحظة:عندما تكون قيمة التيار بالســـالب (-) يعني أتجاه التيار الحقيقي عكس مامفروض بالدائرة أي $I=-1A$ يعني أتجاه عكس ماموجود في الدائرة.

Examples4:- Write the mesh equations for the network of Fig. below, and find the current through the 7-Ω resistor ?



Solution

$$I_1: \quad (8\ \Omega + 6\ \Omega + 2\ \Omega)I_1 - (2\ \Omega)I_2 = 4\ \text{V}$$
$$I_2: \quad (7\ \Omega + 2\ \Omega)I_2 - (2\ \Omega)I_1 = -9\ \text{V}$$

and

$$16I_1 - 2I_2 = 4$$
$$9I_2 - 2I_1 = -9$$

which, for determinants, are

$$16I_1 - 2I_2 = 4$$
$$-2I_1 + 9I_2 = -9$$

and

$$I_2 = I_{7\Omega} = \frac{\begin{vmatrix} 16 & 4 \\ -2 & -9 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 16 & -2 \\ -2 & 9 \end{vmatrix}} = \frac{-144 + 8}{144 - 4} = \frac{-136}{140}$$
$$= -0.971\ \text{A}$$

نظرية ثفنن:- (Thevenin theorem)

تعتبر هذه النظرية من أهم نظريات الدوائر الكهربائية وخاصة عن بحث سلوك عنصر معين في دائرة كهربائية وتنص هذه النظرية على ((اذا وقع الفرع المربوط بين نهايتي الدائرة الفعالة فان هذه الدائرة يمكن تمثيلها بمصدر جهد مكافئ, القوة الدافعة الكهربائية فيه تساوي فرق الجهد بين النهايتين اللتين رفع عنهما ذلك الفرع أي الدائرة مفتوحة وغير محملة ومقاومته الداخلية تساوي المقاومة المكافئة الكلية للدائرة اذا نظر اليها من هاتين النهايتين))

حيث أن:-

E_{th}:هوجهد الدائرة المفتوحة (أي بعد رفع مقاومة الحمل)وهو يكافئ جهد ثفنن.

R_{th}:هي المقاومة المكافئة لثفنن كما في الدائرة الكهربائية التالية

وهي عبارة عن دائرة توالي مؤلفة من مصدر فولتية (فولتية ثفنن-فولتية الدائرة المفتوحة)ومقاومة ثفنن مربوطة على التوالي مع المقاومة للحمل.

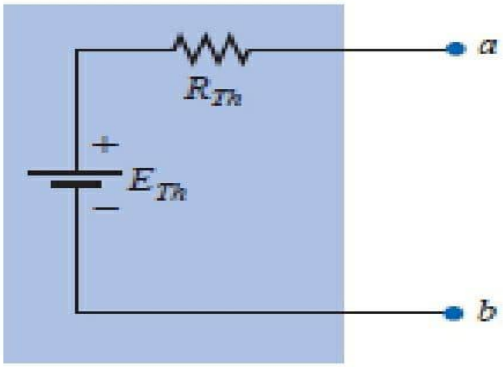
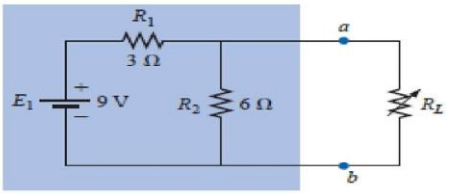


Fig. Thévenin equivalent circuit.

Examples1:- Find the Thévenin equivalent circuit for the network in the shaded area of the network of Fig. below. Then find the current through RL for values of (2 ,10 ,and 100 Ω) ?



Sol:-

$$R_{Th} = R_1 \parallel R_2 = \frac{(3\ \Omega)(6\ \Omega)}{3\ \Omega + 6\ \Omega} = 2\ \Omega$$

$$E_{Th} = \frac{R_2 E_1}{R_2 + R_1} = \frac{(6\ \Omega)(9\ \text{V})}{6\ \Omega + 3\ \Omega} = \frac{54\ \text{V}}{9} = 6\ \text{V}$$

$$I_L = \frac{E_{Th}}{R_{Th} + R_L}$$

$R_L = 2\ \Omega$: $I_L = \dfrac{6\ \text{V}}{2\ \Omega + 2\ \Omega} = 1.5\ \text{A}$

$R_L = 10\ \Omega$: $I_L = \dfrac{6\ \text{V}}{2\ \Omega + 10\ \Omega} = 0.5\ \text{A}$

$R_L = 100\ \Omega$: $I_L = \dfrac{6\ \text{V}}{2\ \Omega + 100\ \Omega} = 0.059\ \text{A}$