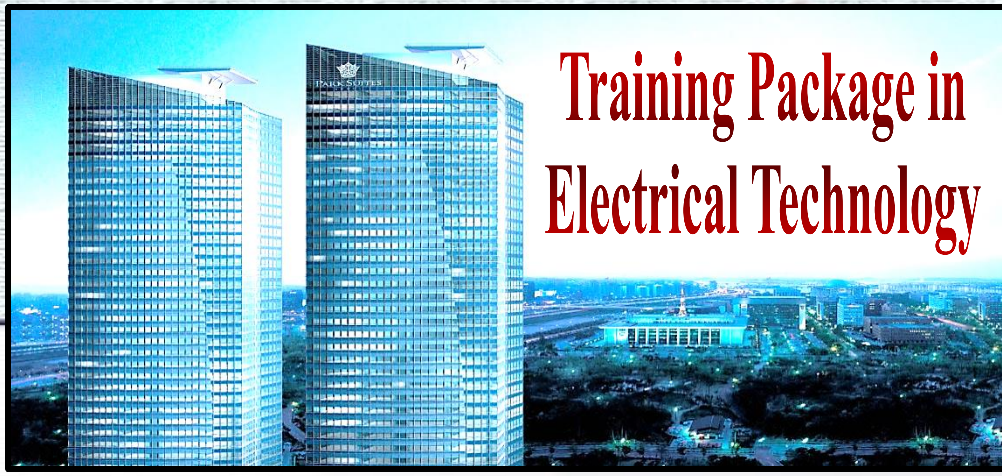


Ministry of Higher Education and Scientific Research / Iraq

Northern Technical University

College of Oil and Gas Engineering Technology

Second level

Electric Technology

B

Prepared by subject lecturer

Lecturer: Faisal Ghazi

Subject	Target students	Hours in a week				Units
Electric Technology	First year students	Theory	Practical	T	Total	
		2	2	1	5	

The Aims

General aims:

This course will provide the student with the fundamentals of connection of electrical circuits and prove electrical theories in practice.

الجامعة التقنية الشمالية
كلية هندسة تقنيات الوقود والطاقة

أسم المادة: تكنلوجيا الكهرباء

المرحلة والقسم: الثانية- قسم هندسة تقنيات الوقود والطاقة

مدرس المادة: م. فيصل غازي بشاو (ماجستير هندسة الكترونيك والسيطرة)

عدد الساعات الاسبوعية: 2 ن + 2 ع + 1 ت

الهدف من المادة: تعريف الطالب على أسس تكنلوجيا الكهرباء وانواع الربط واثبات النظريات الكهربائية عمليا

مفردات المنهج لمادة تكنلوجيا الكهرباء-الجزء النظري/ الصف الثاني/ قسم هندسة تقنيات الوقود والطاقة

المفردات	الاسبوع
المقاومة- التوصيلية- تاثير درجة الحرارة على قيمة المقاومة	2-1
قانون اوم - ربط المقاومات توالي وتوازي ومختلط	4-3
مجزئ الفولتية والتيار واستخداماته في حل دوائر الكهربائية مع امثلة محلولة	6-5
قانوني كيرشوف للفولطية والتيار	8-7
التحويل من الربط النجمي الى المثلثي وبالعكس وتحويل مصدر الفولطية الى مصدر تيار وبالعكس	10-9
نظرية ثفنن - نظرية انتقال اقصى قدرة	12-11
نظرية نورتن	13
النظرية العقدية	14
نظرية ماكسويل-نظرية التراكب	15
الدوائر المغناطيسة	16
الفولطية والتيار المتناوب	17
التردد وطول الموجةوالقيمة اللحظية للفولطية والتيار	18
دوائر التوالي المتكونة من ملف ومقاومة ومتسعة	19
الممانعة وزاوية فرق الطور-رسم مخطط الطور	20
دوائر التوازي المتكونة من مقاومة وملف ومتسعة	21
السماحية-عامل القدرة-رسم مخطط الطور	22
دوائر الرنين وخواصها	23
نظام ثلاثي الاطوار- الربط النجمي والمثلي	24
المحولة	26
تعديل الفولطية باستخدام موحد نصف موجة	28-27
تعديل الفولطية باستخدام موحد موجة كاملة	30-29

Resistance:-It may be defined as the property of a substance due to which it opposes (or restricts) the flow of electricity(i.e., electrons) through it.

The Unit of Resistance: The practical unit of resistance is ohm. The symbol for ohm is Ω.

Prefix	*Its meaning*	*Abbreviation*	*Equal to*
Mega-	One million	M Ω	10^6 Ω
Kilo-	One thousand	k Ω	10^3 Ω
Centi-	One hundredth	–	–
Milli-	One thousandth	m Ω	10^{-3} Ω
Micro-	One millionth	μ Ω	10^{-6} Ω

Laws of Resistance:

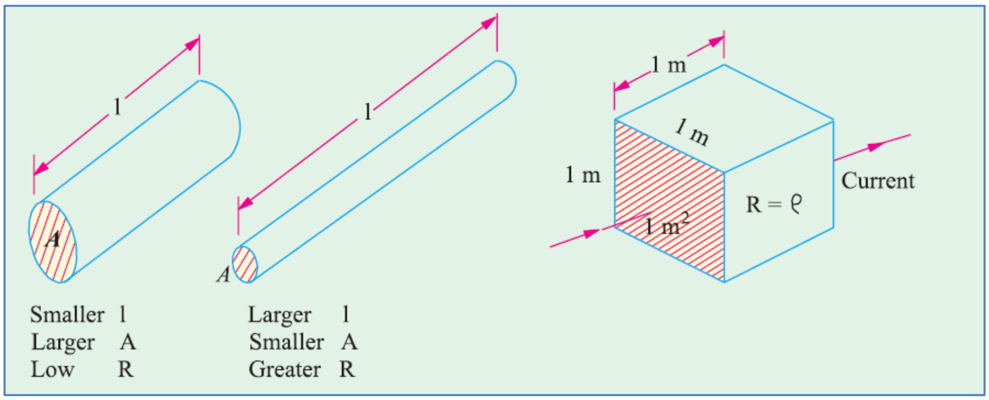
The resistance R offered by a conductor depends on the following factors:

(i) It varies directly as its length, l.

(ii) It varies inversely as the cross-section A of the conductor.

(iii) It depends on the nature of the material.

(iv) It also depends on the temperature of the conductor.



$$R \propto \frac{l}{A} \quad \text{or} \quad R = \rho\frac{l}{A}$$

Specific Resistance or Resistivity: the resistance between the opposite faces of a meter cube of that material. The unit of resistivity is ohm-meter (Ω-m)

$$\rho = \frac{AR}{l}$$

Material	*Resistivity in ohm-metre at 20°C ($\times 10^{-8}$)*	*Temperature coefficient at 20°C ($\times 10^{-4}$)*
Aluminium, commercial	2.8	40.3
Brass	6 – 8	20
Carbon	3000 – 7000	−5
Constantan or Eureka	49	+0.1 to −0.4
Copper (annealed)	1.72	39.3
German Silver	20.2	2.7
(84% Cu; 12% Ni; 4% Zn)		
Gold	2.44	36.5
Iron	9.8	65
Manganin	44 – 48	0.15
(84% Cu ; 12% Mn ; 4% Ni)		
Mercury	95.8	8.9
Nichrome	108.5	1.5
(60% Cu ; 25% Fe ; 15% Cr)		
Nickel	7.8	54
Platinum	9 – 15.5	36.7
Silver	1.64	38
Tungsten	5.5	47
Amber	5×10^{14}	
Bakelite	10^{10}	
Glass	$10^{10} - 10^{12}$	
Mica	10^{15}	
Rubber	10^{16}	
Shellac	10^{14}	
Sulphur	10^{15}	

Example: Most homes use solid copper wire having a diameter of 1.63 mm to provide electrical distribution to outlets and light sockets. Determine the resistance of 75 meters of a solid copper wire having the above diameter.

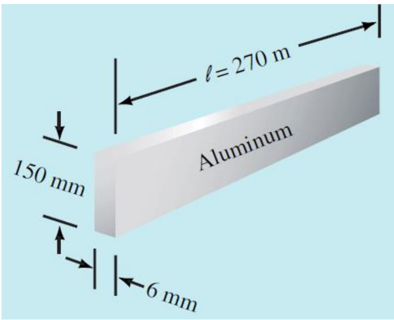
Solution:

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi(1.63 \times 10^{-3}\ \text{m})^2}{4} = 2.09 \times 10^{-6}\ \text{m}^2$$

Now, using the Table above, the resistance of the length of wire is;

$$R = \frac{\rho \ell}{A} = \frac{(1.723 \times 10^{-8}\ \Omega\text{-m})(75\ \text{m})}{2.09 \times 10^{-6}\ \text{m}^2} = 0.619\ \Omega$$

Example: Bus bars are bare solid conductors (usually rectangular) used to carry large currents within buildings such as power generating stations, telephone exchanges, and large factories. Given a piece of aluminum bus bar



as shown in Figure, determine the resistance between the ends of this bar at a temperature of 20°C.

Solution The cross-sectional area is

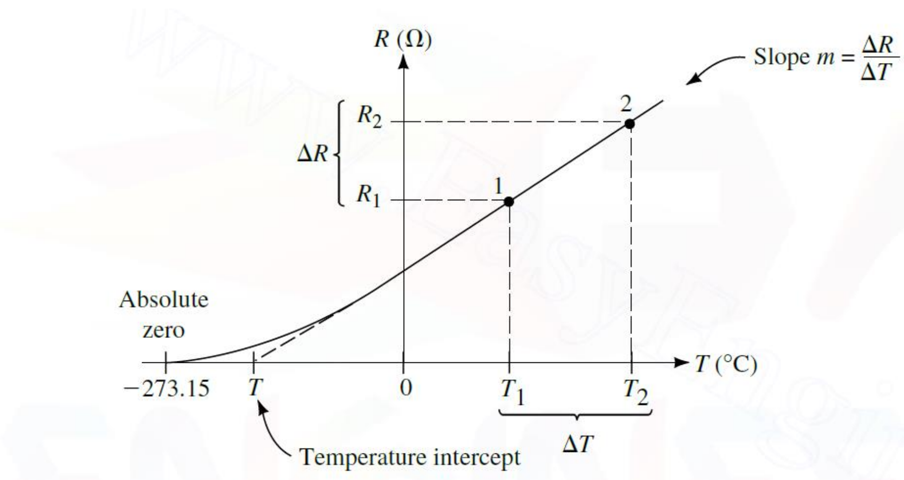
$$A = (150\text{ mm})(6\text{ mm}) = (0.15\text{ m})(0.006\text{ m}) = 0.0009\text{ m}^2 = 9.00 \times 10^{-4}\text{ m}^2$$

The resistance between the ends of the bus bar is determined as

$$R = \frac{\rho \ell}{A} = \frac{(2.825 \times 10^{-8}\ \Omega\text{-m})(270\text{ m})}{9.00 \times 10^{-4}\text{ m}^2} = 8.48 \times 10^{-3}\ \Omega = 8.48\text{ m}\Omega$$

Temperature Effects:

The resistance of a conductor will not be constant at all temperatures. As temperature increases, more electrons will escape their orbits, causing additional collisions within the conductor. For most conducting materials, the increase in the number of collisions translates into a relatively linear increase in resistance



Temperature Intercepts and Coefficients for Common Materials

	T (°C)	α $(°C)^{-1}$ at 20°C	α $(°C)^{-1}$ at 0°C
Silver	−243	0.003 8	0.004 12
Copper	−234.5	0.003 93	0.004 27
Aluminum	−236	0.003 91	0.004 24
Tungsten	−202	0.004 50	0.004 95
Iron	−162	0.005 5	0.006 18
Lead	−224	0.004 26	0.004 66
Nichrome	−2270	0.000 44	0.000 44
Brass	−480	0.002 00	0.002 08
Platinum	−310	0.003 03	0.003 23
Carbon		−0.000 5	
Germanium		−0.048	
Silicon		−0.075	

We observe an almost linear increase in resistance as the temperature increases. Further, we see that as the temperature is decreased to **absolute zero** (T=-273.15°C), the resistance approaches zero. In Figure, the point at which the linear portion of the line is extrapolated to cross the abscissa (temperature axis) is referred to as the temperature intercept or the inferred absolute temperature T of the material. By examining the straight-line portion of the graph, we see that we have two similar triangles, one with the apex at point 1 and the other with the apex at point 2. The following relationship applies for these similar triangles.

$$\boldsymbol{R_2 = \frac{T_2 - T}{T_1 - T} R_1}$$

Example: An aluminum wire has a resistance of 20 Ω at room temperature (20°C). Calculate the resistance of the same wire at temperatures of -40°C, 100°C, and 200°C.

Solution:

At **T** = −40°C:
The resistance at −40°C is determined using Equation 3–6.

$$R_{-40°C} = \frac{-40°C - (-236°C)}{20°C - (-236°C)} 20\ \Omega = \frac{196°C}{256°C} 20\ \Omega = 15.3\ \Omega$$

At **T** = 100°C:

$$R_{100°C} = \frac{100°C - (-236°C)}{20°C - (-236°C)} 20\ \Omega = \frac{336°C}{256°C} 20\ \Omega = 26.3\ \Omega$$

At **T** = 200°C:

$$R_{200°C} = \frac{200°C - (-236°C)}{20°C - (-236°C)} 20\ \Omega = \frac{436°C}{256°C} 20\ \Omega = 34.1\ \Omega$$

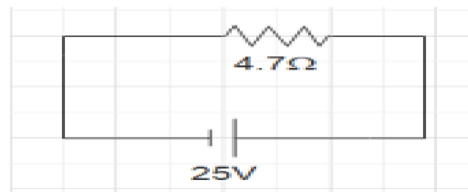
Ohm's Law: The ratio of potential difference (V) between any two points on a conductor to the current (I) flowing between them, is constant, provided the temperature of the conductor does not change.

$$\frac{V}{I} = \text{constant} \quad \text{or} \quad \frac{V}{I} = R$$

Example: Calculate the current through a 10Ω resistor when the voltage increased from 5V to 20V.

Example: Determine the amount of current for the circuit shown in Figure below.

(V=25v),(R=4.7).

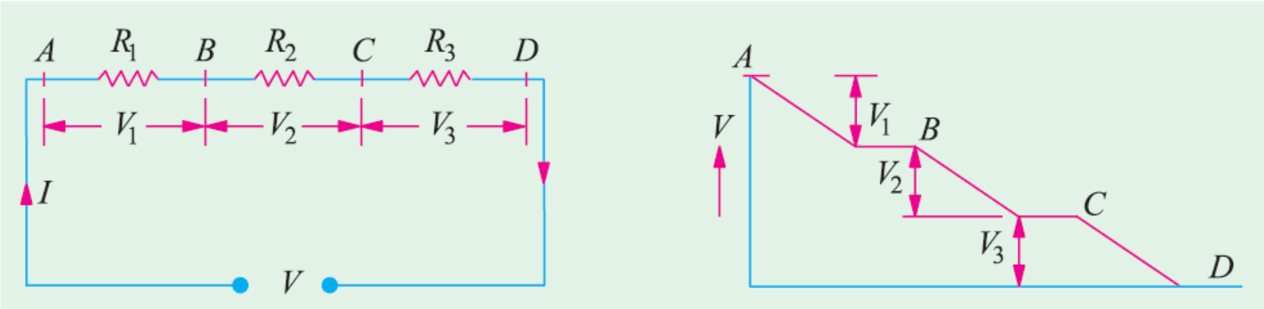


.

Class Work: How much resistance is needed to draw 5mA of current from the battery if V_s 150v? Consider the circuit consists of a DC power supply and one resistance.

Resistance in Series

When some conductors having resistances R_1, R_2 and R_3 etc. are joined end-on-end as in Figure below, they are said to be connected in series.



$\therefore \quad V = V_1 + V_2 + V_3 = IR_1 + IR_2 + IR_3$ —Ohm's Law

But $\quad V = IR$

where R is the equivalent resistance of the series combination.

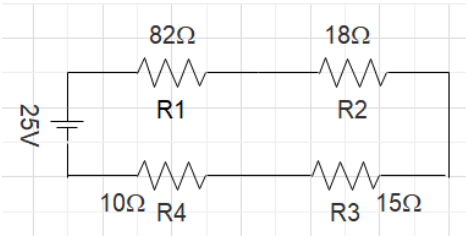
$\therefore \quad IR = IR_1 + IR_2 + IR_3 \quad$ or $\quad R = R_1 + R_2 + R_3$

Also $$\frac{1}{G} = \frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2} + \frac{1}{G_3}$$

As seen from above, the main characteristics of a series circuit are :

1. same current flows through all parts of the circuit.
2. different resistors have their individual voltage drops.
3. voltage drops are additive.
4. applied voltage equals the sum of different voltage drops.

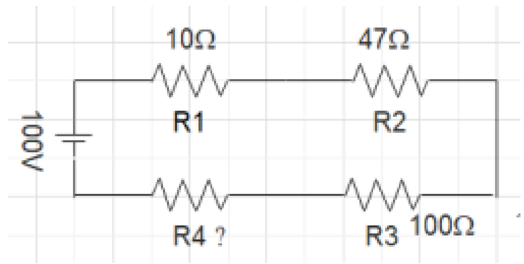
Example: Find the current passing through (R_3) in the circuit of the figure and voltage drop each resistor.



Ans:200 mA

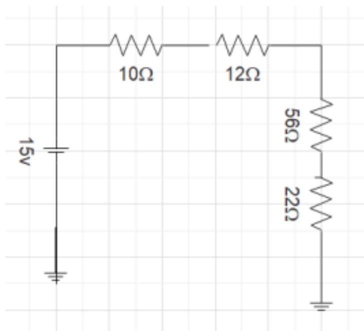
By: Faisal Ghazi

H.W.:-Find the value of R4 &power at R4 if current cct is 200mA



Ans:343Ω

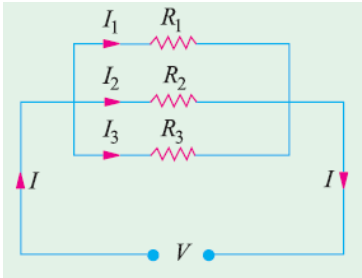
H.W:-Determine the total amount of power and power in all the resistors.



Ans:2.25, P_1=225mw, P_2 = 270mw,P_3 =1.26mw, P_4= 495mw.

Resistance in Parallel:

When three resistances are connected, as shown in Figure, it is said to resistances in parallel. The current in each resistor is different and the total current is the sum of the three separated currents.



$$I = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

Now, $I = \frac{V}{R}$ where V is the applied voltage.

R = equivalent resistance of the parallel combination.

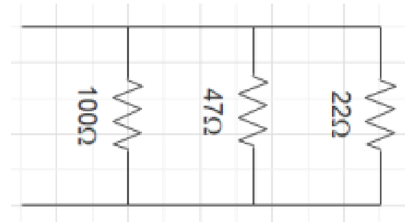
$$\therefore \quad \frac{V}{R} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} \quad \text{or} \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Also $G = G_1 + G_2 + G_3$

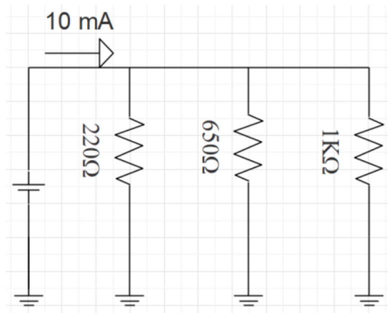
The main characteristics of a parallel circuit are :

1. same voltage acts across all parts of the circuit
2. different resistors have their individual current.
3. branch currents are additive.

Example:- Calculate the total resistance of the cct in Figure. (answer R_T=13)

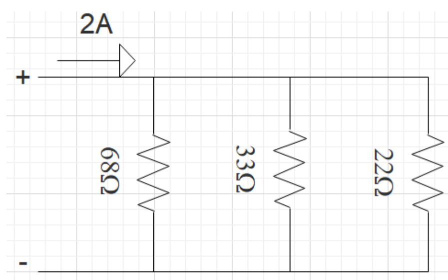


Example:- Find the voltage source and the current through each resistor.

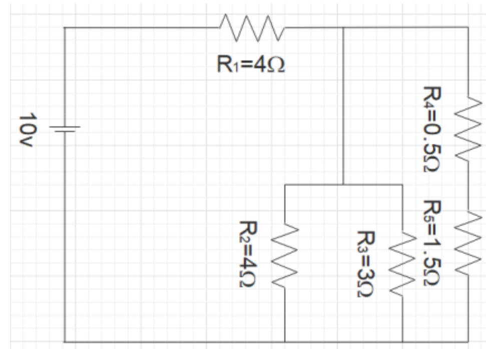


Ans Vs=1.36

H.W: Determine the total amount of power in the cct shown & the power of each resistor.



Example:- Determine the voltage drop across each resistor and the current through of each resistor using Ohm's law.



Solution: Ra = 2Ω, R_B = 2Ω, Rc = 1Ω

$R_T = 5\Omega \rightarrow I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{10v}{5\Omega} = 2A$

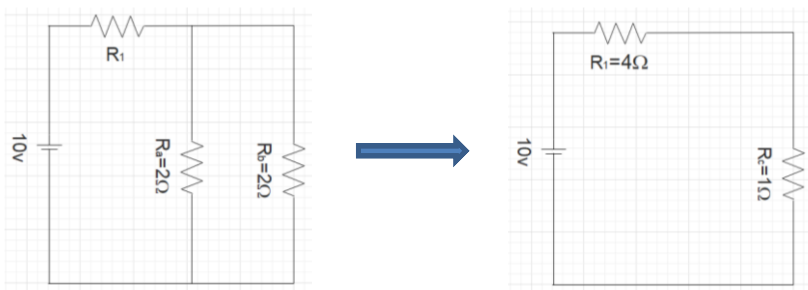
$I_1 = 2A \qquad V_1 = I_1 R_1 \rightarrow V_1 = 2*4 = 8v$

$R_A = 2v \qquad R_B = 2v$

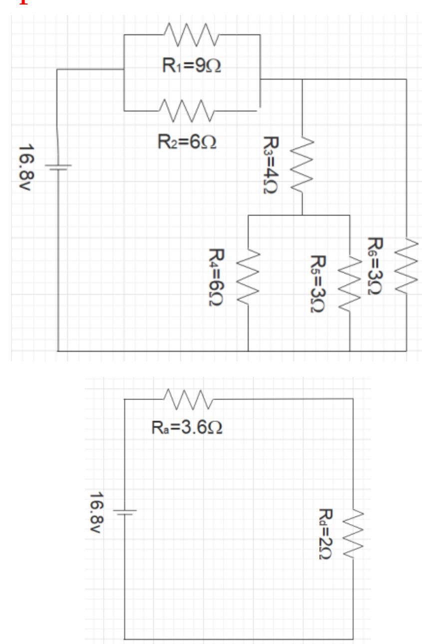
$V_2 = 2v \qquad V_3 = 2v$

$I_2 = \frac{2v}{4\Omega} = 0.5A \qquad I_3 = \frac{2v}{4\Omega} = 0.5A \rightarrow R_A = 1A,\ R_B = 1A, \quad I_4 = I_5 = 1A$

$V_4 = I_4 R_4 = 0.5v, \quad V_5 = I_5 R_5 = 1.5V$



Example:-Determine the current through of each resistor, voltage drop across each resistor and the power of each resistor.by using Ohm's law.



Solution: $R_a = 3.6,\ R_b = 2\Omega,\ R_c = 6\Omega,\ R_d = 2\Omega,\ R_T = 5.6\Omega$

$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{16.8v}{5.6\Omega} = 3A = I_A$

$V_A = I_A R_A \rightarrow V_A = 3*3.6 = 10.8v$

$V_1 = 10.8v, V_2 = 10.8v$

$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{10.8v}{9\Omega} = 1.2A$

$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{10.8v}{6\Omega} = 1.8A$

$V_D = V_T - V_A \rightarrow V_D = 16.8 - 10.8$, $V_D = 6v = V_6$

$I_6 = \frac{V_6}{R_6} = \frac{6v}{3\Omega} = 2A$, $I_3 = I_T - I_6 = 3 - 2 = 1A$

$V_3 = I_3 * R_3 = 1*4 = 4V$

$V_4 \& V_5 = 2v$

$I_4 = \frac{V_4}{R_4} = \frac{2v}{6\Omega} = 0.333A$, $I_5 = \frac{V_5}{R_5} = \frac{2v}{3\Omega} = 0.666A$

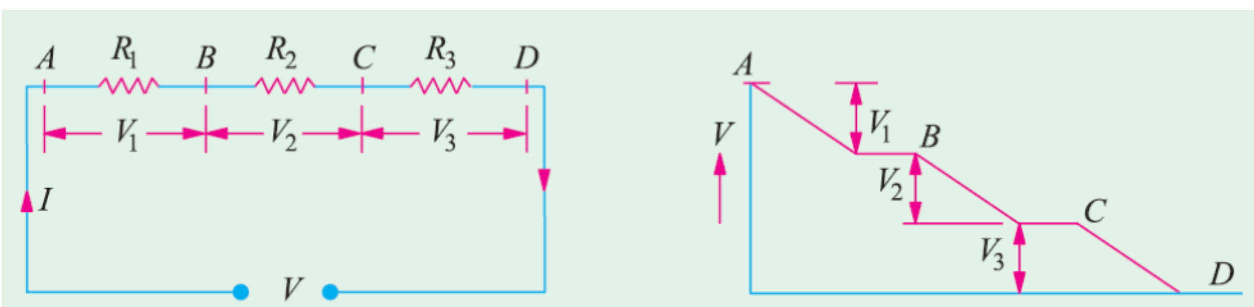
$P_1 = I_1 V_1 = 1.2*10.8 = 12.96W$, $P_2 = I_2 V_2 = 1.8*10.8 = 19.44W$

$P_3 = I_3 V_3 = 1*4 = 4W$, $P_4 = I_4 V_4 = 0.333*2 = 0.666W$

$P_5 = I_5 V_5 = 0.666*2 = 1.332W$, $P_6 = I_6 V_6 = 2*6 = 12W$

$P_T = I_T V_T = 3*16.8 = 50.4W$

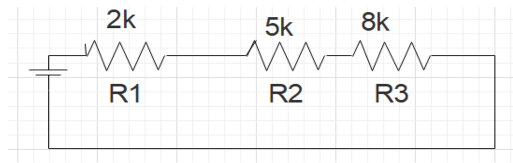
Voltage Divider Rule: تقسم الفولطية اذا كانت المقاومات مربوطة على التوالي



$V_x = IR_x \rightarrow V_x = \frac{V_T}{R_T} \cdot R_x$, $\boldsymbol{V_x = \frac{R_x}{R_T} \cdot V_T}$

Where x=1,2,3,4,….

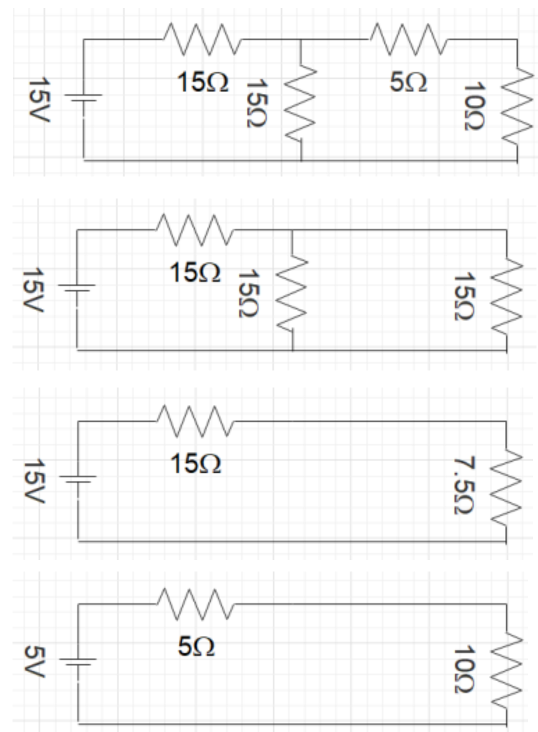
Example:-Using the voltage divider rule, determine the voltage across R_1&R_3 (if V_s = 45v).



Solution: $R_T = 15k\Omega, V_1 = \frac{R_1}{R_T} . V_T = \frac{2}{15} . 45 = 6v$

H.W.-: (Answer v_3 = 24v,v_2=15)

Example:- Determine the voltage across 5Ω in the following circuit.



Solution: ملاحظة: عندما تكون الدائرة الكهربائية مربوطة ربطا مختلطا فيجب تبسيطها وتحويلها الى دائرة توالي

$$V_{7.5\Omega} = \frac{7.5\Omega}{22.5\Omega} * 15 \rightarrow V_{7.5} = 5v$$

$$V_{5\Omega} = \frac{5\Omega}{(5+10)\Omega} * 5 \rightarrow V_5 = 1.667v$$

The Current Divider Rule: يقسم التيار اذا كانت المقاومات مربوطة على التوازي

في حالة وجود مقاومتان نستخدم القانون التالي:

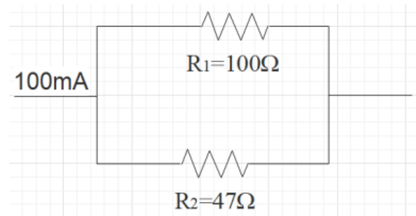
$$\boldsymbol{I_1 = I_t\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right), \ I_2 = I_t\left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right)}$$

هنالك حالات خاصة عندما يكون لدينا أكثر من مقاومتين فنستخدم:

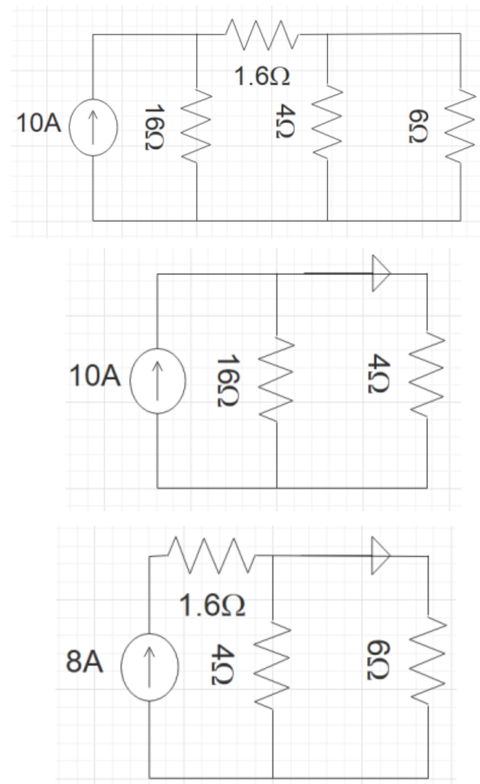
$$\boldsymbol{I_x = \frac{R_T}{R_x} I_T}$$

By: Faisal Ghazi

Example:- Find I_1 and I_2 in Figure below.



Example:- Determine the power at 6Ω using the current divider rule for the circuit below.



Solution:

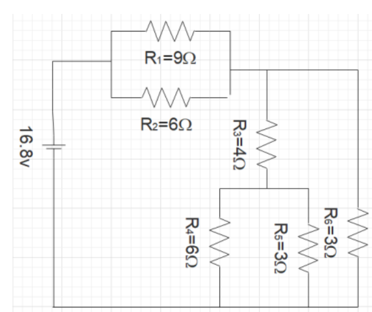
$$\frac{6*4}{6+4} = 2.4 + 1.6 = 4\Omega$$

$$I_{4\Omega} = I_s \frac{16}{4+16} \rightarrow I_{4\Omega} = 10\frac{16}{20} = 8A$$

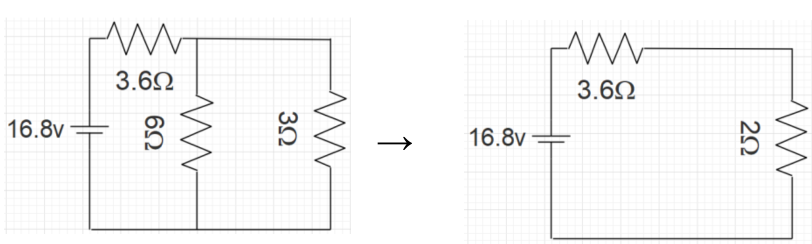
$$I_{6\Omega} = 8\frac{4}{4+6} = \frac{32}{10} = 3.2A$$

$$P = I^2R \rightarrow P = (3.2)^2 * 6 = 61.44W$$

Example:- Find V_3 and I_5 for the circuit shown below.

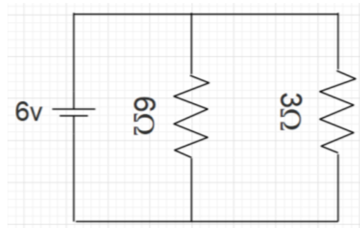


Solution:

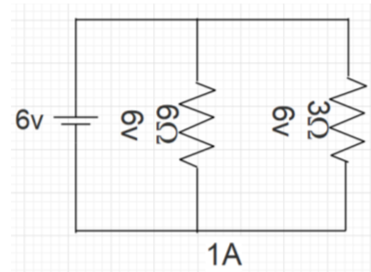


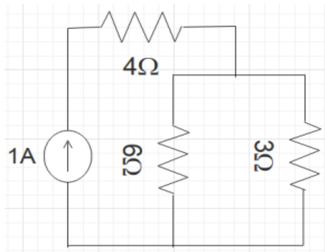
By: Faisal Ghazi

$V_{2\Omega} = \frac{2}{5.6} * 16.8 = 6v$

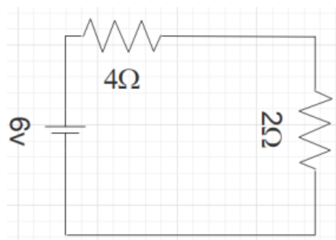


$\rightarrow$





$\rightarrow I_{3\Omega} = \frac{6}{9} * 1 = 0.667A$



$\rightarrow V_{4\Omega} = \frac{4}{6} * 6 = 4v$

Kirchhoff's Laws: Kirchhoff's laws, two in number, are particularly useful ***(a)*** in determining the equivalent resistance of a complicated network of conductors and ***(b)*** for calculating the currents flowing in the various conductors. The two-laws are:

1. Kirchhoff's Point Law or Current Law (KCL)

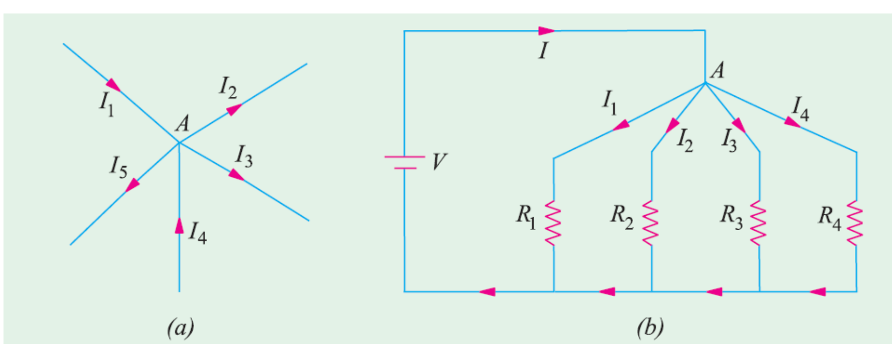
It states as follows:

in any electrical network, the algebraic sum of the currents meeting at a point (or junction) is zero.

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

$$I_1 + I_4 - I_2 - I_3 - I_5 = 0 \quad \text{or} \quad I_1 + I_4 = I_2 + I_3 + I_5$$

incoming currents = outgoing currents



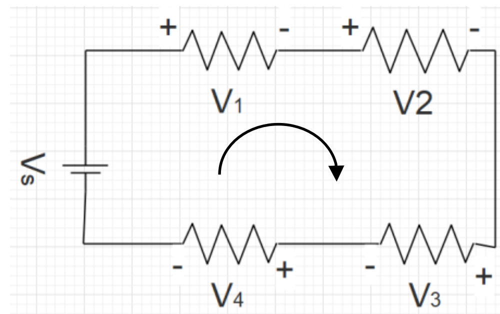
2. Kirchhoff's Mesh Law or Voltage Law (KVL)

It states as follows:

The algebraic sum of the products of currents and resistances in each of the conductors in any closed path (or mesh) in a network plus the algebraic sum of the e.m.fs. in that path is zero.

$$V_s - V_1 - V_2 - V_3 - V_4 = 0$$

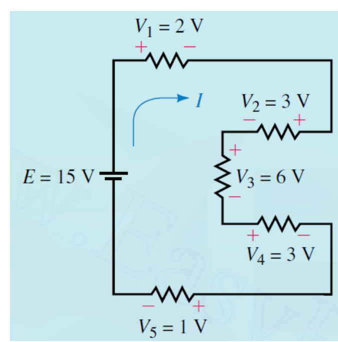
$$V_s = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$



Steps to apply KVL:

1) For each one of the loops in the circuit, define a loop current around the loop in **clockwise** (or counter clockwise) direction. These loop currents are the unknown variables to be obtained.
2) Apply KVL around each of the loops in the same clockwise direction to obtain the equations. While calculating the voltage drop across each resistor shared by two loops, both loop currents (in opposite positions) should be considered.
3) Solve the equation system with the equations for the unknown loop currents, knowing that the number of equations is equal to the number of unknown variables and equal to the number of loops.

Example: Verify Kirchhoff's voltage law for the circuit of Figure

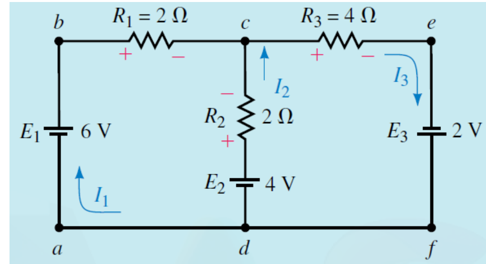


Solution If we follow the direction of the current, we write the loop equation as

$$15\text{ V} - 2\text{ V} - 3\text{ V} - 6\text{ V} - 3\text{ V} - 1\text{ V} = 0$$

By: Faisal Ghazi

Example: Find the current in each branch for the circuit shown.



Solution:

Step1) Assign the current as shown in figure,
Step 2) Indicate the polarities of the voltage drops on all resistors in the circuit using the assumed current directions.
Step 3) Write the Kirchhoff voltage law equations.
Loop *abcda*: 6 V- (2 Ω)I_1 + (2 Ω)I_2 - 4 V = 0 V
Notice that the circuit still has one branch which has not been included in the KVL equations, namely the branch *cefd*. This branch would be included if a loop equation for *cefdc* or for *abcefda* were written. There is no reason for choosing one loop over another, since the overall result will remain unchanged even though the intermediate steps will not give the same results.
Loop *cefdc*: 4 V- (2 Ω)I_2 - (4 Ω)I_3 + 2 V = 0 V
Now that all branches have been included in the loop equations, there is no need to write any more. Although more loops exist, writing more loop equations would needlessly complicate the calculations.
Step 4) Write the Kirchhoff current law equations. By applying KCL at node c, all branch currents in the network are included.
Node c: $I_3 = I_1 + I_2$
To simplify the solution of the simultaneous linear equations we write them as follows:
$2I_1 - 2I_2 - 0I_3 = 2$
$0I_1 - 2I_2 - 4I_3 = -6$
$1I_1 + 1I_2 - 1I_3 = 0$
The principles of linear algebra allow us to solve for the determinant of the denominator as follows:

$$D = \begin{vmatrix} 2 & -2 & 0 \\ 0 & -2 & -4 \\ 1 & 1 & -1 \end{vmatrix}$$

$$= 2\begin{vmatrix} -2 & -4 \\ 1 & -1 \end{vmatrix} - 0\begin{vmatrix} -2 & 0 \\ 1 & -1 \end{vmatrix} + 1\begin{vmatrix} -2 & 0 \\ -2 & -4 \end{vmatrix}$$

$$= 2(2+4) - 0 + 1(8) = 20$$

Now, solving for the currents, we have the following:

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 2 & -2 & 0 \\ -6 & -2 & -4 \\ 0 & 1 & -1 \end{vmatrix}}{D}$$

By: Faisal Ghazi

$$= \frac{2\begin{vmatrix}-2 & -4\\ 1 & -1\end{vmatrix} - (-6)\begin{vmatrix}-2 & 0\\ 1 & -1\end{vmatrix} + 0\begin{vmatrix}-2 & 0\\ -2 & -4\end{vmatrix}}{20}$$

$$= \frac{2(2+4)+6(2)+0}{20} = \frac{24}{20} = 1.200\text{ A}$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix}2 & 2 & 0\\ 0 & -6 & -4\\ 1 & 0 & -1\end{vmatrix}}{D}$$

$$= \frac{2\begin{vmatrix}-6 & -4\\ 0 & -1\end{vmatrix} - 0\begin{vmatrix}2 & 0\\ 0 & -1\end{vmatrix} + 1\begin{vmatrix}2 & 0\\ -6 & -4\end{vmatrix}}{20}$$

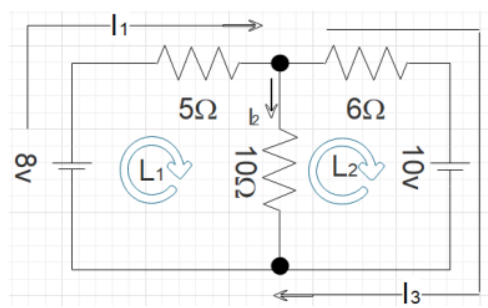
$$= \frac{2(6)+0+1(-8)}{20} = \frac{4}{20} = 0.200\text{ A}$$

$$I_3 = \frac{\begin{vmatrix}2 & -2 & 2\\ 0 & -2 & -6\\ 1 & 1 & 0\end{vmatrix}}{D}$$

$$= \frac{2\begin{vmatrix}-2 & -6\\ 1 & 0\end{vmatrix} - 0\begin{vmatrix}-2 & 2\\ 1 & 0\end{vmatrix} + 1\begin{vmatrix}-2 & 2\\ -2 & -6\end{vmatrix}}{20}$$

$$= \frac{2(6)-0+1(12+4)}{20} = \frac{28}{20} = 1.400\text{ A}$$

Example: Determine the current in each resistance using (KVL) and (KCL)



Solution: L1: $8-5I_1-10I_2=0 \rightarrow 5I_1+10I_2=8$ (1)

L2: $-10+10I_2-6I_3=0 \rightarrow 10I_2-6I_3=10$ (2)

$I_1=I_2+I_3 \rightarrow I_1-I_2-I_3=0$

$5I_1+10I_2+0I_3=8$ (1)

$0I_1+10I_2-6I_3=10$ (2)

$I_1-I_2-I_3=0$ (3)

$$D = \begin{vmatrix}5 & 10 & 0\\ 0 & 10 & -6\\ 1 & -1 & -1\end{vmatrix} = 5(-10-6)-10(0+6)+0(0-10) = -80-60 = -140$$

$$X = \begin{vmatrix}8 & 10 & 0\\ 10 & 10 & -6\\ 0 & -1 & -1\end{vmatrix} = 8(-10-6)-10(-10+0)+0(-10-0) = -128+100 = -28$$

By: Faisal Ghazi

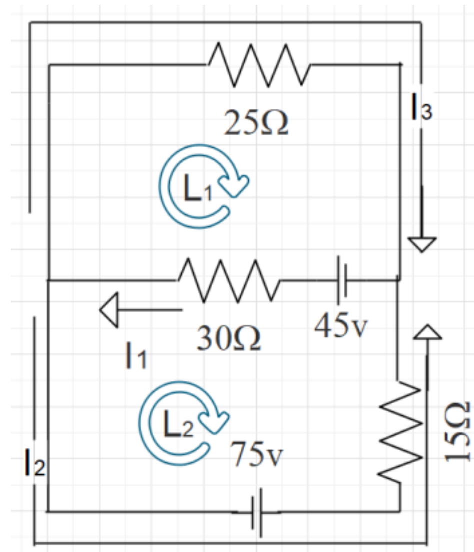
$$Y=\begin{vmatrix}5 & 8 & 0\\ 0 & 10 & -6\\ 1 & 0 & -1\end{vmatrix}=5(-10+0)-8(0+6)+0(0+6)=-50-48=-98$$

$$Z=\begin{vmatrix}5 & 10 & 8\\ 0 & 10 & 10\\ 1 & -1 & 0\end{vmatrix}=5(0+10)-10(0-10)+8(0-10)=50+10-80=70$$

$$I_1=\frac{X}{D}=\frac{-28}{-140}=0.2A,\quad I_2=\frac{Y}{D}=\frac{-98}{-140}=0.7A,\quad I_3=\frac{Z}{D}=\frac{70}{-140}=-0.5A$$

$$\boldsymbol{I_{5\Omega}=0.2A,\quad I_{10\Omega}=0.7A,\quad I_{6\Omega}=-0.5A}$$

Example: Determine the current and voltage in each resistance using (KVL) and (KCL)



Solution: $I_1=I_2+I_3 \rightarrow I_1-I_2-I_3=0$ (1)

L_1: $45-30I_1-25I_3=0 \rightarrow 30I_1+25I_3=45$ (2)

L_2: $-75+30I_1-45+15I_2=0 \rightarrow 30I_1+15I_2=120$ (3)

$$D=\begin{vmatrix}1 & -1 & -1\\ 30 & 0 & 25\\ 30 & 15 & 0\end{vmatrix}=1(0-375)+(0-750)-(450-0)=-375-750-450=-1575$$

$$A=\begin{vmatrix}0 & -1 & -1\\ 45 & 0 & 25\\ 120 & 15 & 0\end{vmatrix}=0(0-375)+(0-3000)-(675-0)=-3000-675=-3675$$

$$B=\begin{vmatrix}1 & 0 & -1\\ 30 & 45 & 25\\ 30 & 120 & 0\end{vmatrix}=1(0-3000)-0(0-750)-(3600-1350)=-5250$$

$$C=\begin{vmatrix}1 & -1 & o\\ 30 & 0 & 45\\ 30 & 15 & 120\end{vmatrix}=1(0-675)+(3600-1350)-0(450-0)=1575$$

$$I_1=\frac{A}{D}=\frac{-3675}{-1575}=2.33A,\quad I_2=\frac{B}{D}=\frac{-5250}{-1575}=3.333A,\quad I_3=\frac{C}{D}=\frac{1575}{-1575}=-1A$$

$$V_{25\Omega}=I_3*25\Omega=-1*25=-25v,\quad V_{30\Omega}=I_1*30\Omega=2.33*30=69.9v\approx 70v$$

$$V_{15\Omega}=I_2*15\Omega=3.33*15=49.95v\approx 50v$$

Superposition Theorem:

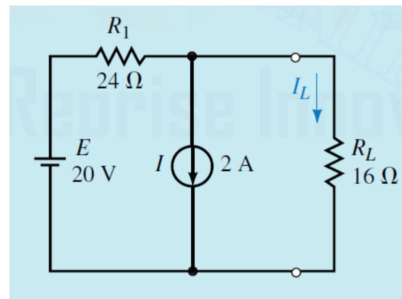
"The total current through or voltage across a resistor or branch may be determined by summing the effects due to each independent source"

Therefore, to apply this theorem:

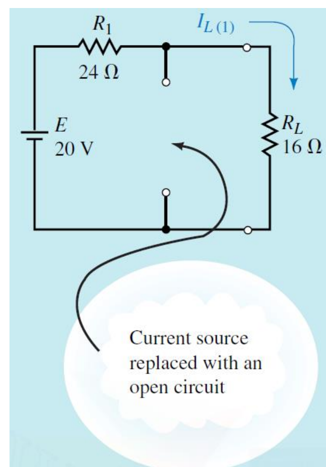
- Replace all other independent voltage source with a short circuit.
- Replace all other independent current source with an open circuit.

Example: For the circuit show, determine the current in the load resistor, R_L.

Solution:



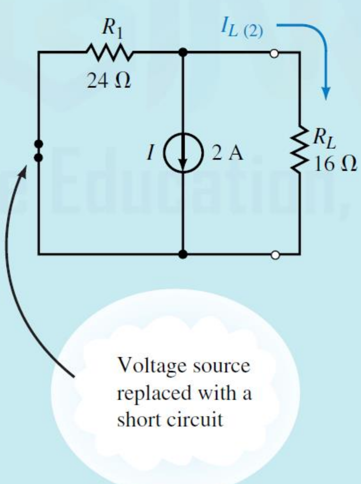
We first determine the current through R_L due to the voltage source by removing the current source and replacing in with an open circuit (zero amps) as shown in Figure.



The resulting current through R_L is determined from Ohm's law as

$$I_{L(1)} = \frac{20\text{ V}}{16\ \Omega + 24\ \Omega} = 0.500\text{ A}$$

Next, we determine the current through R_L due to the current source by removing the voltage source and replacing it with a short circuit (zero volts) as shown in Figure 9–3.



The resulting current through R_L is found with the current divider rule as

$$I_{L(2)} = -\left(\frac{24\ \Omega}{24\ \Omega + 16\ \Omega}\right)(2\text{ A}) = -1.20\text{ A}$$

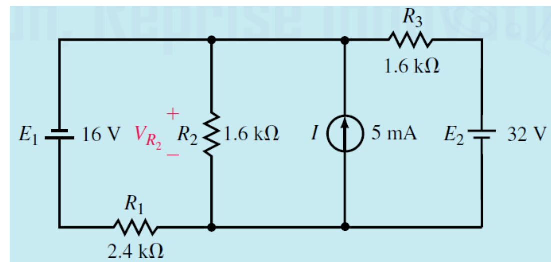
By: Faisal Ghazi

The resultant current through R_L is found by applying the superposition theorem:

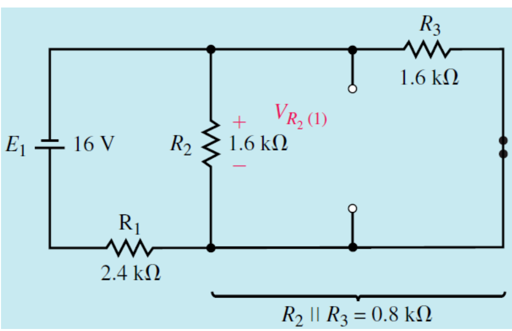
$$I_L = 0.5\text{ A} - 1.2\text{ A} = -0.700\text{ A}$$

The negative sign indicates that the current through R_L is opposite to the assumed reference direction. Consequently, the current through R_L will, in fact, be upward with a magnitude of 0.7 A.

Example: Determine the voltage drop across the resistor R_2 of the circuit shown.



Solution: Since this circuit has three separate sources, it is necessary to determine the voltage across R_2 due to each individual source. First, we consider the voltage across R_2 due to the 16 V source as shown in Figure below.

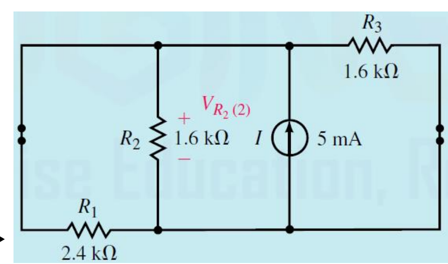


The voltage across R_2 will be the same as the voltage across the parallel combination of $R_2 \| R_3 = 0.8\text{ k}\Omega$. Therefore,

$$V_{R_2(1)} = -\left(\frac{0.8\text{ k}\Omega}{0.8\text{ k}\Omega + 2.4\text{ k}\Omega}\right)(16\text{ V}) = -4.00\text{ V}$$

The negative sign in the above calculation simply indicates that the voltage across the resistor due to the first source is opposite to the assumed reference polarity.

Next, we consider the current source. The resulting circuit is shown →



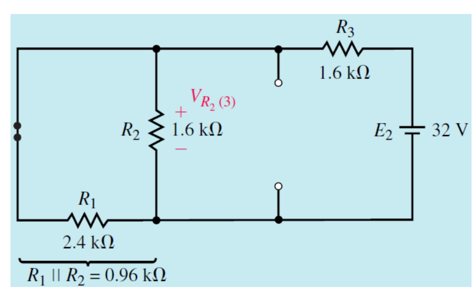
From this circuit, you can observe that the total resistance "seen" by the current source is

$$R_T = R_1 \| R_2 \| R_3 = 0.6\text{ k}\Omega$$

The resulting voltage across R_2 is

$$V_{R_2(2)} = (0.6\text{ k}\Omega)(5\text{ mA}) = 3.00\text{ V}$$

Finally, the voltage due to the 32-V source is found by analyzing the circuit →



The voltage across R_2 is

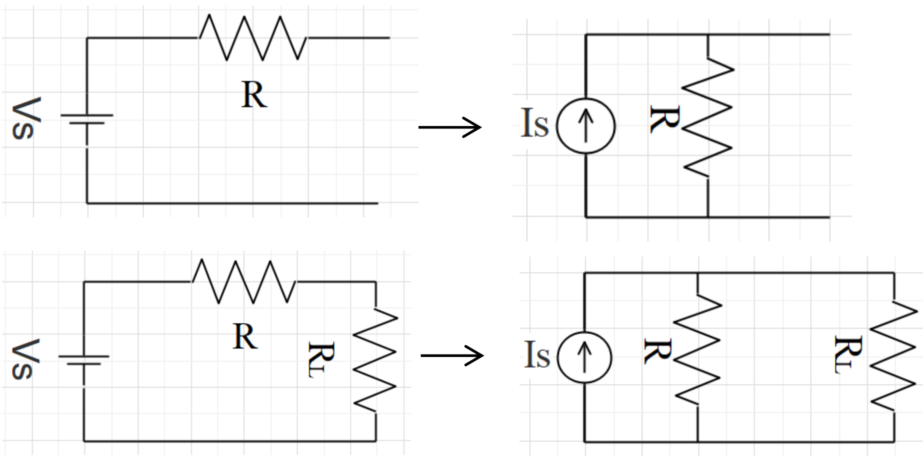
$$V_{R_{2(3)}} = \left(\frac{0.96\ \text{k}\Omega}{0.96\ \text{k}\Omega + 1.6\ \text{k}\Omega}\right)(32\ \text{V}) = 12.0\ \text{V}$$

By superposition, the resulting voltage is

$$V_{R_2} = -4.0\ \text{V} + 3.0\ \text{V} + 12.0\ \text{V} = 11.0\ \text{V}$$

H.W. Repeat the same example to find the voltage drop in R_1 and R_3. **(Ans. V_{R1}=27.0V, V_{R3}=21.0V)**

Source Transformation:

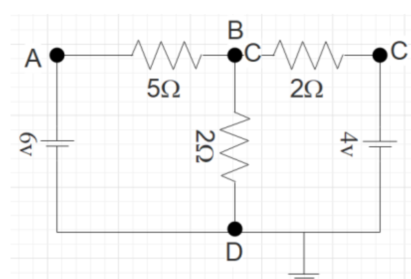


$V_s = I_s R$

Nodal Analysis: (التحليل العقدي)

1) تعتمد هذه النظرية على قانون كيرشوف للتيارات.
2) يجب تحديد العقد في الدائرة، والعقدة هي اتصال عنصرين او اكثر في نقطة واحدة.
3) يجب اختيار عقدة مرجعية (Reference Node).
4) جهد النقطة المرجعية = 0.
5) اذا صادف وجود مصدر فولتية بين العقدة والعقدة المرجعية فتكون فولتية العقدة = مصدر الفولتية.

Example: Using nodal analysis method, find the current in 5Ω resistor.



Solution: $V_D=0$, $V_A=6v$, $V_C=4v$, $V_B=?$

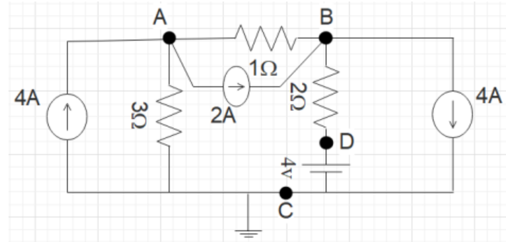
at node B: $V_B\left(\frac{1}{5}+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\right)-\frac{1}{5}A-\frac{1}{2}D-\frac{1}{2}C=0$

$$V_B\left(\frac{2+5+5}{10}\right)-\frac{6}{5}-2=0 \rightarrow V_B\left(\frac{6}{5}\right)-\frac{16}{5}=0 \rightarrow V_B=\frac{8}{3}\text{v}$$

$$I_{5\Omega} = \frac{V_A - V_B}{5\Omega} = \frac{6 - \frac{8}{3}}{5} = \frac{2}{3}A$$

Example: Find V_{AB}, for the circuit shown, using nodal analysis method.

Solution: V_C=0v, V_D=4v



at node A: $V_A\left(\frac{1}{1}+\frac{1}{3}\right)-\frac{1}{1}V_B-\frac{1}{3}V_C = 4-2$

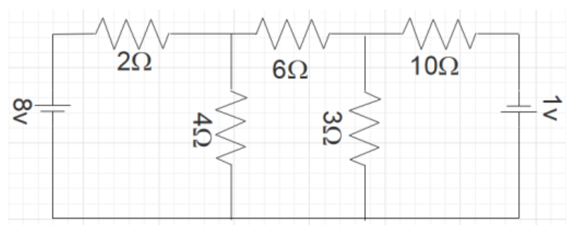
$\frac{4}{3}V_A - V_B = 2 \ldots\ldots\ldots\ldots(1)$

at node B: $V_B\left(\frac{1}{1}+\frac{1}{2}\right)-\frac{1}{1}V_A-\frac{1}{2}V_D = 2-4 \quad\rightarrow\quad \frac{3}{2}V_B - V_A - 2 = -2 \quad\rightarrow\quad V_A = \frac{3}{2}V_B \ldots\ldots(2)$

$\frac{4}{3}\left(\frac{3}{2}V_B\right) - V_B = 2 \;\rightarrow 2V_B - V_B = 2 \quad\rightarrow\quad V_B = 2\text{v}$

$V_A = \frac{3}{2}.2 \quad\rightarrow\quad V_A = 3\text{v}, \qquad V_{AB} = V_A - V_B = 3 - 2 = 1\text{v}$

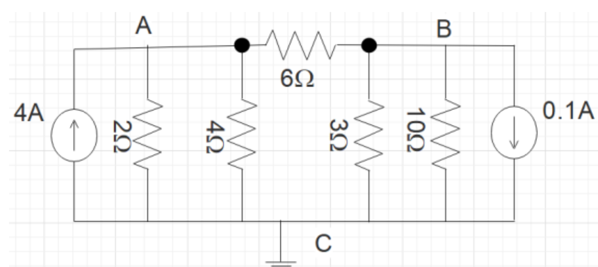
Example: Find the voltage the 3Ω resistor shown in Figure below.



Solution: $V_C = 0$

at node A: $\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{4}+\frac{1}{6}\right)V_A - \frac{1}{2}V_C - \frac{1}{4}V_C - \frac{1}{6}V_B = 4$

$\frac{11}{12}V_A - \frac{1}{6}V_B = 4 \ldots\ldots\ldots(1) \; * 12$



at node B: $\left(\frac{1}{3}+\frac{1}{10}+\frac{1}{6}\right)V_B - \frac{1}{3}V_C - \frac{1}{10}V_C - \frac{1}{6}V_A = -0.1$

$$\frac{3}{5}V_B - \frac{1}{6}V_A = -\frac{1}{10}\ldots\ldots\ldots(2) \quad * 30$$

$11V_A - 2V_B = 48 \ldots\ldots \quad (1) * 5$

$-5V_A + 18V_B = -3 \ldots\ldots(2) * 11$

$\cancel{55V_A} - 10V_B = 240$

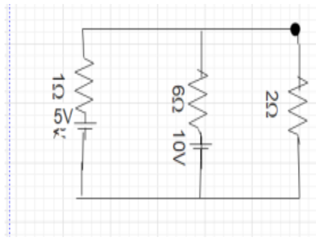
$\cancel{-55V_A} + 198V_B = -33$

$188V_B = 207 \quad\rightarrow\quad V_B = 1.1\text{v}$

Mesh Analysis (Maxwell's): (التحليل الشبكي)

Example: Find the current through each branch of the network below.

Solution: $5-1I_1-6(I_1-I_2)-10=0$



$-5-7I_1+6I_2=0$

$-7I_1+6I_2=5$……….(1)

$10-6(I_2-I_1)-2I_2=0 \rightarrow 6I_1-8I_2=-10$……..(2)

$-7I_1+6I_2=5$……….(1)*6

$6I_1-8I_2=-10$……..(2)*7

$-42I_1+36I_2=30$ … … …. (1)

$42I_1-56I_2=-70$ … … …. (2)

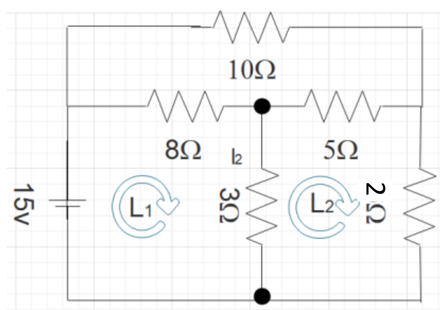
$-20I_2=-40 \rightarrow I_2=2A$

$6I_1-8(2)=-10 \rightarrow 6I_1-16=-10$

$I_1=1A$

Example: Find the current through the 10Ω resistor of the network shown below

Solution: $15v-8(I_1-I_3)-3(I_1-I_2)=0$



$-11I_1+3I_2+8I_3=-15$ … … (1)

$-2I_2-3(I_2-I_1)-5(I_2-I_3)=0$

$3I_1-10I_2+5I_3=0$……………….(2)

$-8(I_3-I_1)-10I_3-5(I_3-I_2)=0$

$8I_1+5I_2-23I_3=0$…………(3)

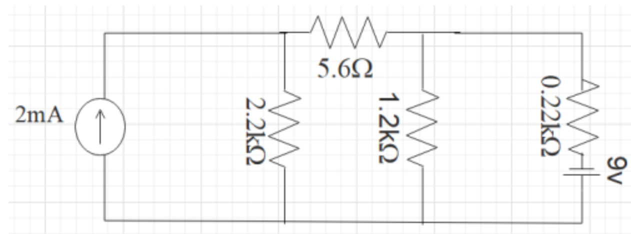
$$D=\begin{vmatrix}-11 & 3 & 8\\ 3 & -10 & 5\\ 8 & 5 & -23\end{vmatrix}=-11(230-25)(-69-40)+8(15+80)=-2255+327+760=-1168$$

By: Faisal Ghazi

$$I_{D3} = \begin{vmatrix} -11 & 3 & -15 \\ 3 & -10 & 0 \\ 8 & 5 & 0 \end{vmatrix} = -11(0-0)-3(0-0)-15(15+80)=-1425 \rightarrow I_3 = \frac{-1425}{-1168} \rightarrow I_3 = 1.22A$$

Example: Using Mesh analysis Find the current through the 9v battery for the network shown.

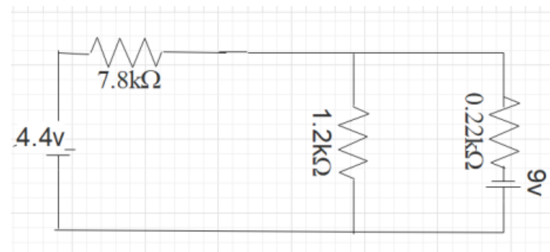
Solution: $4.4 - 7.8I_1 - 1.2(I_1 - I_2) = 0$



$-9I_1 + 1.2I_2 = -4.4$…….(1)

$9 - 1.2(I_2 - I_1) - o.22I_2 = 0$

$1.2I_1 - 1.42I_2 = -9$……….(2)



$-9I_1 + 1.2I_2 = -4.4$…….(1)*1.2

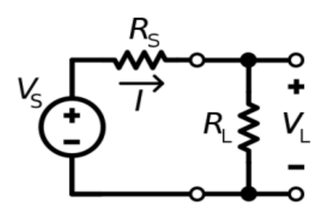
$1.2I_1 - 1.42I_2 = -9$……….(2)*9

$-10.8I_1 + 1.44I_2 = -5.28$

$+10.8I_1 - 12.78I_2 = -81$

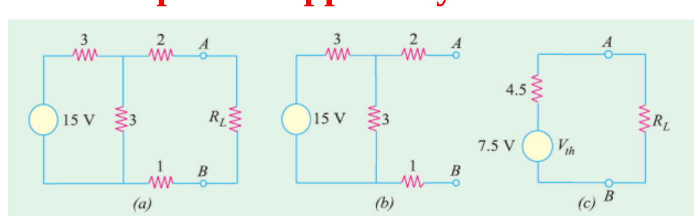
$-11.34I_2 = -86.28 \rightarrow I_2 = 7.6A$

Maximum Power Transfer:- In electrical engineering, the maximum power transfer theorem states that, to obtain maximum external power from a source with a finite internal resistance, the resistance of the load must equal the resistance of the source as viewed from its output terminals



Max. power is P_L max $= \dfrac{E^2}{4Ri}$

Example: Find the value of R_L such that maximum possible power will be transferred to R_L. Find also the value of the maximum power and the power supplied by source under these conditions as shown in Figure.



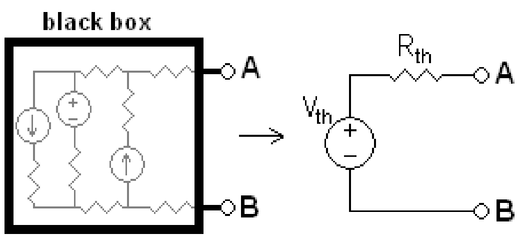
Solution: We will remove R_L and find the equivalent Thevenin's source for the circuit to the left of terminals A and B. As seen from (b)

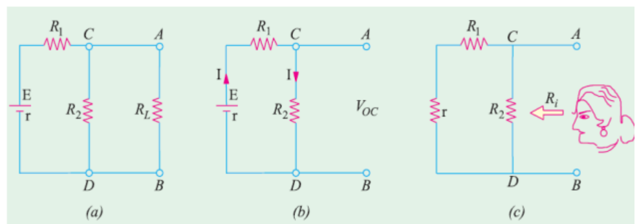
By: Faisal Ghazi

V_{th} equals the drop across the vertical resistor of 3 Ω because no current flows through 2 Ω and 1 Ω resistors. Since 15 V drops across two series resistors of 3 Ω each, V_{th} = 15/2 = 7.5 V. Thevenin's resistance can be found by replacing 15 V source with a short-circuit. As seen from Figure (*b*), R_{th} = 2 + (3 ‖ 3) + 1 = 4.5 Ω. Maximum power transfer to the load will take place when $R_L = R_{th}$ = 4.5 Ω.

Maximum power drawn by $R_L = V_{th}^2 /4{*}R_L = 7.5^2/4 \times 4.5 = 3.125\ W$. Since same power is developed in R_{th}, power supplied by the source = 2*3.125 = 6.250 W.

مبرهنة ثيفينين (Thevenin Theorem) :- تنص المبرهنة علي أن الدوائر الكهربائية ذات مصادر الجهد والمقاومات يمكن أن تحول لدائرة ثيفينين المساوية لها وهي عبارة عن تقنية لتبسيط الدوائر الكهربائية



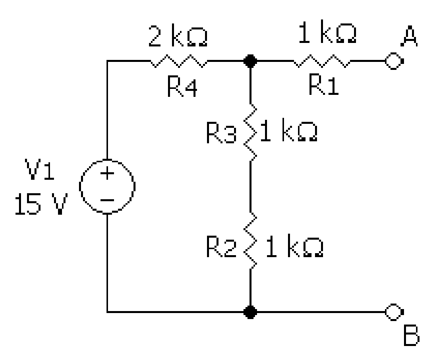


خطوات الحل:-

$$I = \frac{V_{th}}{R_{th} + R_L}$$

1) نسمي المقاومة المراد ايجاد التيار فيها بقاومة الحمل (R_L).
2) نقوم بازالتها من الدائرة فتصبح الدائرة مفتوحة.
3) نقوم بقياس الفولطية ونسميها فولطية ثفينن (V_{th}).
4) نستبدل مصدر الفوتطية بشورت سيركت و التياربدائرة مفتوحة.
5) نقوم بقياس المقاومة المكافئة ونسميها مقاومة ثفينن (R_{th}).

Example:- Find the equivalent voltage source in the circuit shown.



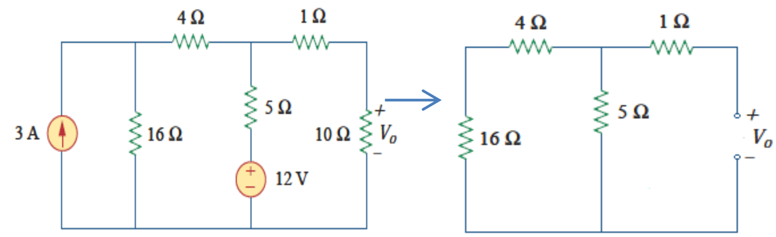
Solution: Note: since AB is an open circuit, then the current is not flow in R_1, then $R_T = R_4 + R_3 + R_2$

R_T = 2 + 1 + 1 = 4 kOhm

I = 15/4 = 3.75 mA

Ohm's law again, V_{ab} = 2 * 3.75 = 7.5 mV

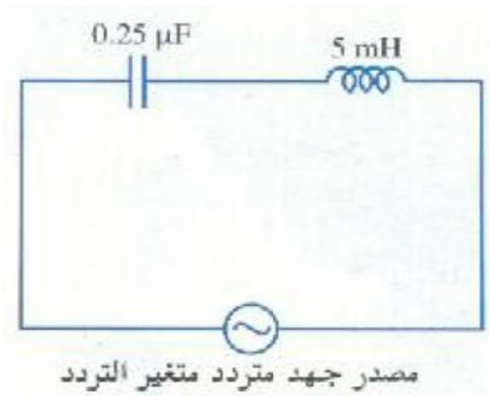
Example:- **Calculate the equivalent resistor in the circuit shown.**

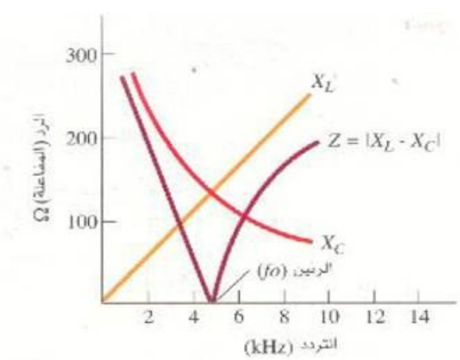


Solution: R_1 = 16 Ohm + 4 Ohm = 20 Ohm.

$R_2 = R_1$ // 5 Ohm = 20 Ohm // 5 Ohm = 4 Ohm

$R_{sigma} = R_2$ + 1 Ohm = 5 Ohm





الرنين الكهربائي في دوائر LRC المتصلة على التوالي

سننظر في حالة دائرة لا تحتوي إلا على مكثف C ومحاثة L، كالمبينة في الشكل (1). على ان هذا ليس موقفاً واقعياً، لأن أي ملف محاثة لابد وأن يتضمن ـ بشكل عام ـ بعض المقاومة. وعلى الرغم من هذا فيمثل هذه الدائرة المثالية يمكن أن نتعلم منها الكثير. إذا وضعت R = 0 فإن المعادلة الخاصة بالمعاوقة تؤول على:

$$Z = |X_L - X_C|$$

وقد استعملنا هنا الخطين الرأسين الدالين على القيمة المطلقة، لأن المعاوقة السالبة ليس لها مدلول فيزيائي. والتيار المار في هذه الدائرة هو:

.فإن التيار يصبح لا نهائياً XL = XC

ومن السهل ـ في الواقع ـ الحصول على الشرط $X_L - X_C = 0$ لأن X_L تزيد بتزايد التردد بينما X_C تتناقص مع زيادة التردد. ويبين الشكل (2) كيفية تغير هذه المقادير بالنسبة لكل من C و L الواردتين في الشكل (1). وعندما يصبح التردد f = 4500 Hz فإن المعاوقة تصير صفراً في هذه الحالة. ويطلق على التردد الذي تصير عنده $X_L = X_C$ اسم تردد الرنين للدائرة، وسنرمز له بالرمز f_0 وبما أن $X_L = 2\pi f L$ و $X_C = 1/2\pi f C$ فإنا لرنين يحدث عندما.

$$2\pi f_0 L = \frac{1}{2\pi f_0 C}$$

ومنها نستنتج قيمة تردد الرنين:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC}} \qquad (1)$$

حساب تردد الرنين:

نفترض المكونات الآتية لدائرة الرنان الموصول على التوالي:

$C == 0,1\ \mu F;\ L == 50\ \mu H;\ R_L = 5\ \Omega$

حيث : سعة المكثف (ميكرو فاراد) ; وحث الملف (ميكرو هنري) ; والمقاومة أوم.

بالتعويض عن تلك القيم في معادلة تردد الرنين :

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_p C}}$$

نحصل على :

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{50 * 0,1}}\ 10^6$$

$$f_r = 69kHerz$$

By: Faisal Ghazi

Magntic Circuit: الدوائر المغناطيسية

الدائرة المغناطيسية تعتبر غالباً مكافئة للدارة الكهربية، وهي عبارة عن مسار مغلق يجري فيه فيض مغناطيسي، ويحتوي مصدر قوة محركة مغناطيسية وممانعة تعاكس حركة الفيض، بالتالي وجود قوة محركة مغناطيسية ينتج تدفق مغناطيسي كما أن القوة المحركة الكهربية تنتج تيار كهربي وممانعة الدائرة المغناطيسية مكافئة لمقاومة الدائرة الكهربية بينما تكافئ النفاذية الموصلية، وتتكون الدائرة عادة من قلب مغناطيسي بطول متوسطه L ومساحة مقطع عرضي A.

يجدر بالذكر أنه كما ثبت في قوانين ماكسويل فإنه لا وجود للشحنة المغناطيسية وأن الذي يقطع الدائرة المغناطيسية هي الفيض المغناطيسي والتي تمثل خطوط المجال المغناطيسي التي تقطع مساحة ما، وكذلك يجب التأكيد أن القوة المحركة مغناطيسية.

Flex Denstiy: شدة المجال المغناطيسي

$$\boldsymbol{\beta} = \frac{\boldsymbol{\Phi}}{\boldsymbol{A}}$$

β: شدة المجال المغناطيسي

$\boldsymbol{\Phi}$: الفيض المغناطيسي

$\boldsymbol{A}$: مساحة المقطع المغناطيسي

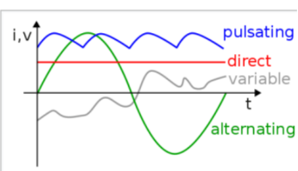
سؤال: اذا علمت ان الفيض المغناطيسي هو $6*10^{-5}$ ويبر ومساحة مقطعه $1.2*10^{-2}$ م^2 احسب شدة المجال المغناطيسي

الحل:

$$\boldsymbol{\beta} = \frac{\boldsymbol{\Phi}}{\boldsymbol{A}} = \frac{6*10^{-5}}{1.2*10^{-2}} = 5*10^{-2}\,T$$

الفولطية والتيار المتناوب:

المحور السيني يبين الزمن والمحور الرأسي يبين الجهد (بالفولت) . يسمى هاذا الشكل لتغير الفلولطية بأنة يتبع دالة جيبية.



التيار المتردد(أخضر) بالمقارنة بالتيار المستمر (أحمر). المحور الأفقي يبين الزمن والمحور الرأسي يمثل الجهد .

التيار المتردد الجيبي أو **التيار المتناوب الجيبي** (بالإنجليزية: sinusoidal Alternating current) هو تيار كهربائي يعكس اتجاهه بشكل دوري ويتذبذب في مكانه ذهابا وإيابا 50 أو 60 مرة في الثانية حسب النظام الكهربائي المستخدم. يمكن توليده فقط حسب قانون فرداي عن طريق مولد كهربائي متردد.

ويتم الآن استخدام التيار المتردد لنقل الطاقة الكهربائية في كل دول العالم رغم أسبقية التيار المستمر التاريخية ، ورغم أن أول محطة تجارية لتوليد الكهرباء في العالم وهي التي أنشأها أديسون في نيويورك سنة 1882 م كانت كذلك محطة لتوليدة التيار المستمر حتى أن أولى الأجهزة الكهربية كانت تعمل على التيار المستمر مثل مصباح أديسون إلا أن الوضع انقلب رأسا على عقب بعيد حرب التيارات فأصبح التيار المتذبذب مفضلا في عملية ايصال الطاقة لأسباب لها علاقة بتقنتي نقل الطاقة من جهة ومعالجة الإشارات من جهة أخرى.

شكل موجة التيار المتردد هي الموجودة في المنازل والشركات. والشكل الموجي المعتاد هي موجة جا (Sin wave)، ولكن في بعض التطبيقات من الممكن استخدام موجة مثلثية أو مربعة. وغالبًا ما تستخدم الاختصارات (AC) للتيار المتردد، و(DC) للتيار المستمر، كما يمكن التعبير عنها مع الجهد الكهربائي.

ربما يتساءل البعض لماذا يستخدم التيار المتردد في نقل الطاقة الكهربائية على الرغم من أنه أكثر تعقيدا من التيار المستمر. ولكن يمتاز التيار المتردد بعدد من الميزات عن التيار المستمر:

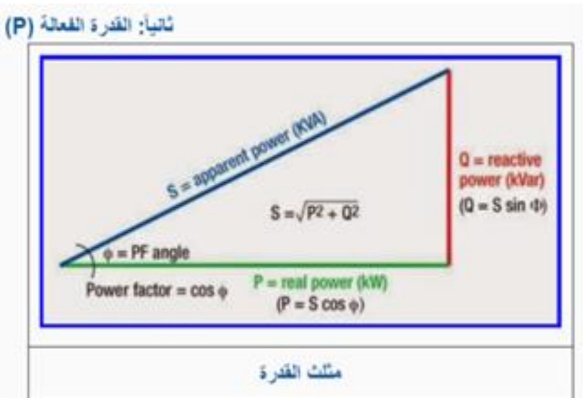
1. يمكن نقل القدرة الكهربائية عبر التيار المتردد إلى مسافات بعيدة جدا وهذا ما لا يمكن للتيار المستمر أن يفعله بطريقة اقتصادية أو عملية. حيث يمكن خفض ورفع جهد المولد الكهربائي باستخدام جهاز يدعى المحول لا يمكن تطبيقه على التيار المستمر بسبب عدم وجود تغير في التدفق المغناطيسي. يقوم المحول برفع الجهد الكهربائي الآتي من المولد والذي يتراوح عادة بين 11-36 كيلو فولت ويقوم برفعه إلى مستويات تبلغ 110-765 كيلو فولت مما يجعل بالإمكان نقله إلى مسافات بعيدة جدا بين الدول أو حتى عبر القارات.
2. تمتاز التيارات المترددة على المستمرة بقدرتها على نقل المعلومات. فمكبر الصوت مثلا يقوم بتحويل المعلومات المحتواة في كلمة إلى تيار متردد
3. التيار المتناوب سهل التوليد من التوربينات حيث أن الوشائع والمغانط الدوارة تنتج تيارا متناوبا وللحصول على التيار المستمر منها يجب إجراء تقويم وترشيح وهذه العملية من الصعب تحقيقها في التوترات العالية.

القدرة الفعالة والقدرة الغير فعالة والقدرة الظاهرية:

أولاً: القدرة الظاهرية أو القدرة الكلية (S).

وهي تعبر عن القدرة الكهربائية الكلية للحمل وهي حاصل ضرب الجهد في التيار $S = V * I$ ، ولذا تقاس بالفولت أمبير أو بالكيلوفولت أمبير (KVA) ، فمثلا محول كهربائي سعته 500 كيلو فولت أمبير تعني أن قدرة هذا المحول الكلية أو الظاهرية هي 500 كيلوفولت أمبير أي أن حاصل ضرب الجهد على أطراف الملف الابتدائي في التيار الداخل يساوي هذا الرقم. (يُعَبرُ عن المحولات دائماً بدلالة القدرة الكلية لأن المحول جهاز كهربائي ساكن لا يستهلك التيار دخله تيار وجهد وخرجه تيار وجهد أي أن الطاقة الكهربائية تمر بالمحول دون أن تتحول إلى صورة أخرى.

ثانياً: القدرة الفعالة (P):



وهي تعبر عن القدرة الحقيقة المستفاد بها في صورة حركة في المحركات أو في صورة ضوء في المصابيح أو في صورة حرارة في السخانات...إلخ، وهي حاصل ضرب الجهد في التيار في جيب تمام الزاوية بين الجهد والتيار، وهي تقاس بالوات(W) أو بالكيلووات (KW) ، فمثلاً مصباح كهربائي متوهج قدرته 100 وات تعني أن هذا المصباح يستهلك تيار قيمته تساوي 100 وات مقسومة على حاصل ضرب الجهد في جيب تمام الزاوية ((1*220)/100) = 0.45 أمبير، وذلك ليعطي كمية ضوء محددة في حين لو أن المصباح قدرته 150 وات مثلاً، سيسحب تيار أعلى = ((1*220)/150) = 0.68 أمبير ، ويعطي كمية ضوء أكبر.

ثالثا: القدرة الغير فعالة(Q):

وهي تعبر عن القدرة التي يستهلكها الحمل من دون أن تتحول إلى قدرة نافعة، فمثلاً القدرة المستهلكة في مغنطة الملفات في المحركات الحثية هي قدرة غير فعالة لأن المحرك يستهلكها من دون أن تترجم إلى حركة، وهي تقاس بالفار (Var) أو بالكيلوفار (KVar) ، وهي حاصل ضرب الجهد في التيار في جيب الزاوية بين موجة الجهد وموجة التيار. $Q = S\ sin\Phi$

الطاقة الفعالة: وهى تقاس بالكيلوواوت ساعة Kwh ويرمز لها بالرمز (**P**) وهى تتحول الى شغل ميكانيكى أو حرارة أو إضاءة.

الطاقة الغير فعالة: وهى تقاس بالكيلوفار KVar ويرمز لها بالرمز(**Q**)

ويعرف المجموع الاتجاهي لكل من القدرة الفعالة والغير فعالة بالقدرة الظاهرية ويرمز لها بالرمز(**S**) وهى بالكيلو فولت امبير KVA **S = P + Q**

معامل القدرة power factor

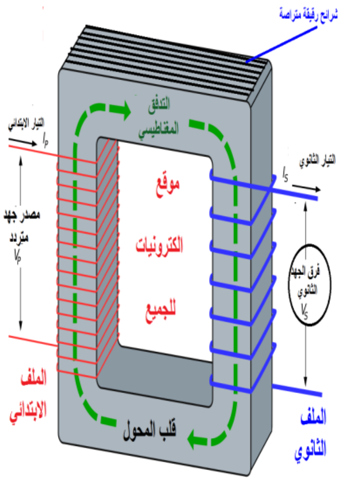
معامل القدرة: ويرمز له بالرمز (P.F) او(cos Φ)

معامل القدرة (P.F) = (القدرة الفعالة (P) / القدرة الظاهرة (S)

Construction of Transformer تركيب المحول

يتركب المحول من ثلاثة أجزاء رئيسية هى:

- الملف الأبتدائى Primary Winding
- الملف الثانوى Secondary Winding
- القلب الحديدى Core



تعريف المحوّل الكهربائي (Transformer) : هو عبارة عن جهاز مؤلف من ملفين من الأسلاك المنفصلة الملفوفة حول قضبان حديدية فقط بمسافة بسيطة، يسمى الطرف المرتبط بالمولد الكهربي بالملف الإبتدائي بينما يطلق على الطرف المرتبط بالحمل الملف الثانوي .

استخداماته :

١- نقل القدرة الكهربية لمسافات بعيدة من أماكن توليدها إلى أماكن إستهلاكها .

٢- تستخدم مع أجهزة القياس والوقاية عندما تكون التيارات والجهود الكهربية عالية وذلك بخفض قيم التيارات أو الجهود إلى قيم صغيرة يمكن قياسها والتعامل معها .

٣- تستخدم في العزل الكهرباني بغرض منع الشوشرة الكهرومغناطيسية في الدوائر الإلكترونية.

٤- تستخدم في اغلب الأجهزة الكهربية والالكترونية للحصول على جهود تشغيل هذه الأجهزة والتيتعتبر صغيرة جدا بالمقارنة بجهد المصدر.

مبدأ عمله :

يعتمد مبدأ عمل المحول الكهربي على قانون فارداي للحث الكهرومغناطيسي الذي ينص على أن (قيمة القوة الدافعة الكهربائية (الجهد الكهربائي) تتناسب تناسباً طرديا مع معدل تغير التدفق المغناطيسي .

س : لماذا لا يعمل المحول الكهربي فى أنظمة التيار المستمر؟

جـ : لأن التيار المستمر يولد مجالا مغناطيسيا ثابتا مقدار تغيره يساوي الصفر فلا يمكن خلق جهد كهربي حينها بطريقة الحث و هذا من ضمن الأسباب الرنيسية لتفضيل التيار المتردد على المستمر .

أهم فوائد المحولات :

1) أنه يمكن نقل الطاقة الكهربائية من جزء من الدارة إلى جزء آخر دون توصيل مصدر التيار توصيلا مباشرا بذلك الجزء.

2) يمكن من خلال هذه العملية أيضا تغيير الجهد بحيث يمكن زيادته أو إنقاصه وكذالك الحال بالنسبة للتيار.فمثلا إذا كان مصدر التيار جهده

<u>وتصنف المحولات من حيث نسبة التحويل الى:</u>

1- محولات رافعة Step-up

2- محولات خافضة Step-down

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{I_1}{I_2} \qquad \eta = \frac{P_2}{P_1} * 100\% \qquad P_{lost} = P_1 - P_2$$

<u>Note:</u> 1) If $P_1 = P_2$ then efficiency is 100% (ideal).

2) If $N_1 = N_2$ then the voltages are equal.

3) If $N_2 > N_1$ then the transformer is step-up and vice versa.

where N is number of turns.

<u>Example:</u> An electric transformer having a primary coil connected to AC voltage source with 240 volts. The electric device (the load), which is connected to the secondary coil works on AC voltage 12 volts of 500 turns (number of primary coil turns). Find N_2, and what is the type of this transformer?

Solution: $\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{12}{240} = \frac{N_2}{500} \quad \rightarrow \quad N_2 = \frac{12*500}{240} = 25\ turns$

<u>Example:</u> If the internal power of a primary coil for an electric transformer was 220 Watt and the dissipated power was 11 Watt, find the transformer efficiency.

By: Faisal Ghazi

Solution: خسائر القدرة في المحولة = القدرة الداخلة – القدرة الخارجة

$$P_{lost} = P_1 - P_2 \quad \rightarrow \quad P_2 = P_1 - P_{lost} = 11 - 220 = 209\, Watt$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} * 100\% = \frac{209}{220} * 100\% = \mathbf{95}\%$$

Example: An ideal transformer has 800 turns for the primary coil and 200 turns for the secondary coil and 40 A of flow current in the secondary coil. Find flow current in the primary coil.

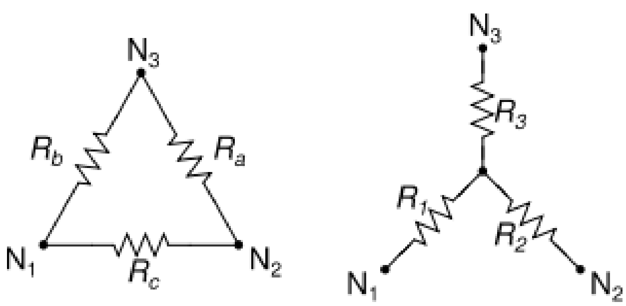
Solution: $\frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2} \quad \rightarrow \quad \frac{200}{800} = \frac{I_1}{40} \quad \rightarrow \quad I_1 = \mathbf{10\ A}$

تحويل ستار – دلت (Y-Δ) لتبسيط تحليل الدوائر الكهربائية Delta -Star transform

التحويل يستخدم لإنشاء (شبكة مكافئة) للشبكات ثلاثية الطرف، حيث إن الاطراف هي نقاط اتصال هي نقاط اتصال nodes وليست مصادر كهربائية، يتم في التحويل إلغاء نقاط الاتصال من خلال تحويل (الممانعات). بحيث تبقى الممانعات بين أي طرف من الأطراف هي نفسها لكلا الشبكتين، و التحويل هنا صحيح وحقيقي سواء للممانعات المعقدة أو الحقيقية.

الفكرة الأن، هي إنه لدينا (ضمن الدائرة الكهربائية) شبكة تكون أما على شكل Y او على شكل دلتا، فنقوم نحن بتحويلها من شكل إلى آخر لتبسيط احتساب التيار الكلي الداخل إلى الدائرة (مثلا) أو أي معلومة اخرى نود أن نعرفها عن الدائرة الكهربائية، التحويل رياضي فقط، يعني إن مثل هذا التحويل لا يجري على أرض الواقع، ولكنه في نفس الوقت لن يغير من الممانعة (المقاومة) الكلية للدائرة شيء ولن يغير بسبب ذلك كمية التيار الداخل للدائرة أو فرق الجهد المقاس على أي طرف من أطراف الدائرة الكهربائية، في النهاية الغرض من التحويل هو (تبسيط) الدائرة لجعلها متاحة للتحليل والاحتساب بالقوانين الاعتيادية في الكهرباء (اما تحويلها إلى ممانعات متوازية او متوالية)

التحويل الرياضي، يتضمن احتساب قيم الممانعات الجديدة (في الشكل المحول) من خلال قيم الممانعات الثلاثة الاصلية، وربما تحتاج إلى عمل أكثر من تحويل لكي تجعل الحساب سهلا ومباشرا.اذا كانت القضية معقدة بالنسبة اليك، فكر فقط إن لديك نقاط (اطراف) ثابتة وسوف تبقى ثابتة عند التحويل، كل ما عليك هو احتساب قيم الممانعات الجديدة. هذا الشكل سوف نعمل عليه في التحويل:



التحويل من ربط دلتا إلى ربط ستار

$$R_1 = \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c},$$

$$R_2 = \frac{R_a R_c}{R_a + R_b + R_c},$$

$$R_3 = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b + R_c}.$$

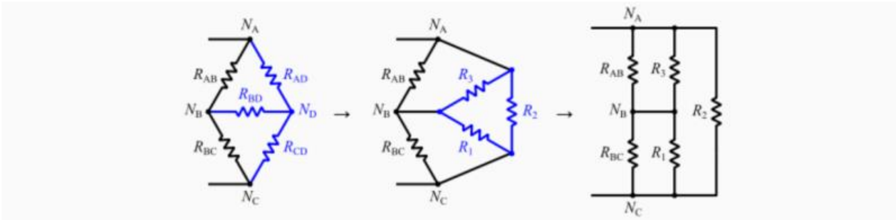
اما التحويل من ربط ستار إلى ربط دلتا

$$R_a = \frac{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}{R_1},$$

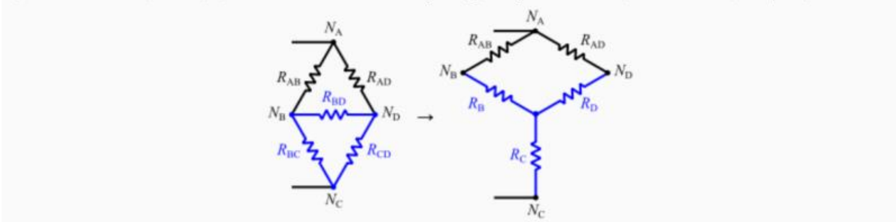
$$R_b = \frac{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}{R_2},$$

$$R_c = \frac{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}{R_3}.$$

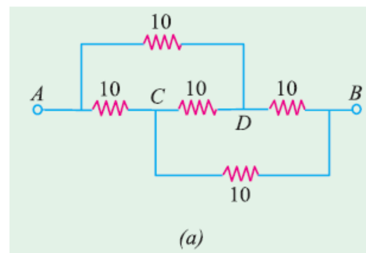
لاحظ هنا ، كيف تم تبسيط هذه الدائرة الكهربائية التي تحتوي على مقاومة (جسرية)، فقط بإلغاء نقطة الاتصال D من خلال استخدم تحويل ستار إلى دلتا



و لاحظ هنا كيف تم تحويل نفس الدائرة بصورة معاكسة (دلتا إلى ستار) من خلال اضافة نقطة اتصال جديدة ، وجعلت حل الدائرة اسهل

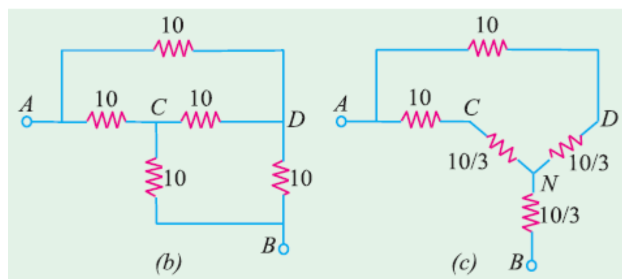


Example: Calculate the equivalent resistance between the terminals A and B in the network shown in Figure.

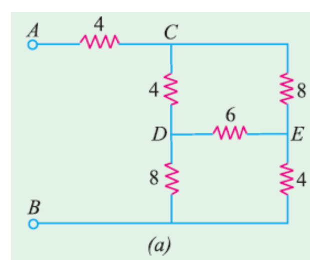


Solution: The given circuit can be redrawn as shown in Figure. When the delta BCD is converted to its equivalent star, the circuit becomes as shown in Figure.

Each arm of the delta has a resistance of 10Ω. Hence, each arm of the equivalent star has a resistance = 10 × 10/30 = 10/3Ω. As seen, there are two parallel paths between points A and N, each having a resistance of (10 + 10/3) = 40/3Ω. Their combined resistance is 20/3 Ω. Hence, R_{AB} = (20/3) + 10/3 = 10Ω.

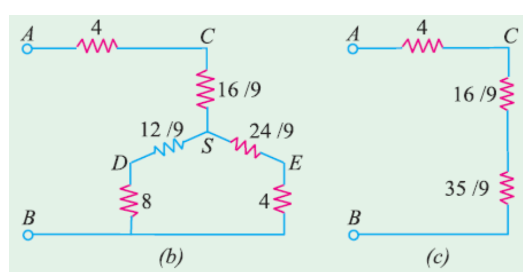


Example: Find the input resistance of the circuit between the points A and B of Figure.



Solution: For finding R_{AB}, we will convert the delta CDE into its equivalent star as shown in Figure below. R_{CS} = 8 × 4/18 = 16/9 Ω; R_{ES}, = 8 × 6/18 = 24/9 Ω; R_{DS} = 6 × 4/18 = 12/9 Ω. The two parallel resistances between S and B can be reduced to a single resistance of 35/9 Ω.

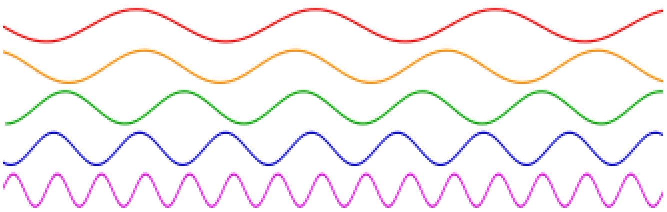
R_{AB} = 4 + (16/9) + (35/9) = **87/9 Ω.**



التردد والطول الموجي والقيمة اللحظية للفولطية والتيار:-

التردد هو مقياس لتكرار حدث دوري، مثل تردد موجة. غالبًا ما يكون الحديث عن تردد موجة صوتية أو تردد موجة ضوئية أو موجة كهرومغناطيسية. ونقيس وحدة التردد منذ عام 1960 بوحدة الهرتز (Hz) أو 1/ثانية.على سبيل المثال اذا كان تردد عملية ما 1Hz يعني انها تحصل مرة كل ثانية اما 2Hz يعني انها تحصل مرتين كل ثانية.

$$f = \frac{1}{T}$$



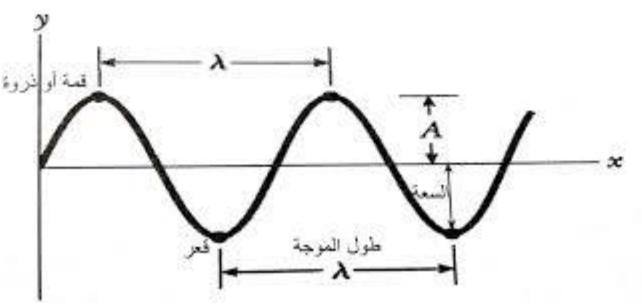
بالإمكان تحليل كل موجة إلى عدد من الأمواج التوافقية الدّوريّة، ولكل موجة دوريّة هنالك علاقة بين تردّد الموجة لطول الموجة وسرعة تقدّمها:

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

f هو تردّد الموجة

v هي سرعتها

λ هو طول الموجة



مسائل محلولة

1- يعمل مصدر مهتز على توليد نبضة كل ¼ ثانية إذا كان الطول الموجي للأمواج المتولدة = 2 سم . أوجد تردد المصدر المهتز وكذلك

2- -سرعة انتشار الأمواج المتولدة

التردد= عدد الموجات /الزمن بالثانية = 1÷1/4 = 4 هرتز

ع = ت × ل = 4× 0.02 = 0.8 م/ث

3- إذا كانت سرعة انتشار الأمواج الصوتية لشوكة رنانة في الشمع = 880 م / ث . احسب تردد الشوكة الرنانة إذا كان الطول الموجي للصوت الصادر عنها 40 م

ت = ع / ل = 880 / 40 = 22 هرتز

الممانعة- زاوية فرق الطور- رسم مخطط الطور

الممانعة:- الممانعة **Z** تستخدم في حالة التيار المتردد، فإذا تغير التيار من تيار متردد إلى تيار مستمر تؤول الممانعة إلى المقاومة **R** فالمقاومة هي جزء من الممانعة كما يتضح ذلك في الرسم الموضح.

الممانعة تظهر عند استخدام ملف و/أو مكثف في الدائرة الكهربائية و هي تعتمد على تردد التيار أو تردد الإشارة الكهربية مع الزمن. تنطبق العلاقة للملف كالآتي:

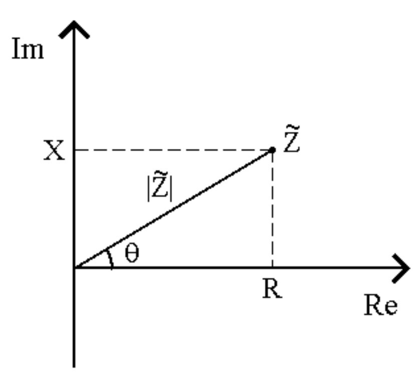
$$X_L = L2\pi f$$

وفيها يتصرف الملف كما لو كان دائرة قصر .

أما المكثف فتنطبق عليه العلاقة :

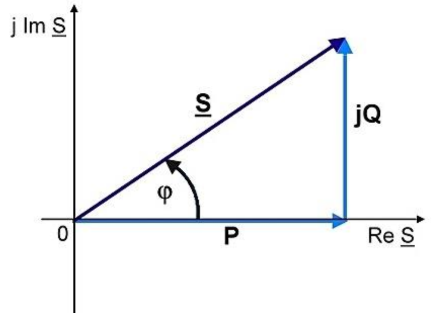
$$X_C = \frac{1}{j2\pi f\, C}$$

ويتصرف المكثف كما لو كان دائرة مفتوحة.



زاوية الطور:

في الكهرباء، زاوية الطور هي الفرق الجبري بين زاوية الجهد و زاوية التيار و هي في دوائر التيار المستمر تساوي صفر لإن الجهد و التيار متحاذيان في الطور و يسعى لكي تكون الزاوية أصغر ما يمكن لإنه كما يتضح في الشكل فإن ازدياد انفراج زاوية الطور يقابله ازدياد في متجه القدرة غير الفعالة و بالتالي انخفاض مقدار القدرة الفعالة لنفس القيمة من القدرة الظاهرة.



وتعتمد سعة المكثف على مساحة لوحيه والبعد بينهما وسماحية الوسط العازل permitivity. فزيادة المساحة او تقارب اللوحين تزيد قدرته على تخزين الشحنة. أما سماحية الوسط العازل فهي خاصية تعكس قدرة ذلك الوسط على استقطاب مزيد من الشحنة على اللوحين عند ثبات أبعاد المكثف وفرق الجهد بين طرفيه.

مكثفان أ و ب متماثلان في المساحة والبعد بين اللوحين غير ان العازل مختلف وبين طرفيهما 1 فولت. إذا خزن أ شحنة أكبر فسماحية وسطه العازل أكبر.

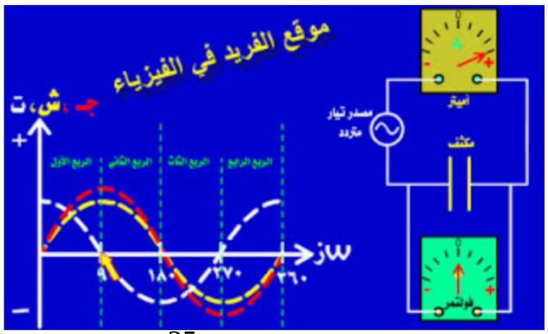
واستخدام مادة لها سماحية عالية بين لوحي المكثف يجعل من الممكن تصنيع مكثفات عالية السعة باحجام صغيرة. تسمى نسبة سماحية الوسط الى سماحية الفراغ السماحية النسبية او ثابت العازل dielectric constant والحقيقية ان تسميته بثابت مضللة حيث يمكن ان تتغير قيمته عند تغير التردد، فثابت العازل للثلج قد يتغير من 80 الى 5 تبعا للتردد.

وتمثل سماحية وسط ما عاملا مهما لتحديد سرعة انتشار الموجات الكهرومغناطيسية فيه.

عند استخدام عازلين مختلفي السماحية بين موصلين فان المجال الكهربائي يقوى في العازل الاقل سماحية. فعند استخدام الزيت كعازل فان فقاعات الهواء يشتد فيها المجال مما قد يسبب انهيار جزئي.

وتتناسب الطاقة الكهربائية المختزنة في مكثف ما مع مربع الجهد بين طرفيه وقيمة سعته. فلنفس فرق الجهد يختزن المكثف ذو السعة الأكبر طاقة أكبر. وبسبب ارتباط جهد المكثف مباشرة بتخزين الطاقة فإن الجهد يتسم ببطء الاستجابة (قانون حفظ الطاقة)، لذا سنسميه المتغير اللاحق. كما إنه ذو ذاكرة فهو ينطلق من آخر قيمة استقر عندها. بالمقابل فإن تيار المكثف لا يرتبط بتخزين الطاقة وليس له ذاكرة، لذا سنسميه المتغير السابق، حيث بالامكان أن يتغير لحظيا.

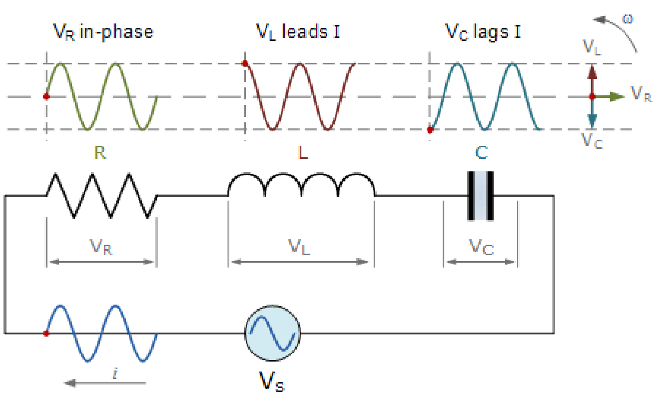
وعند استخدام المكثف في دائرة جيبية المصدر {vi =sin(wt)} فإن المكثف يراغم تغير التيار بمراغمة تتناسب عكسيا مع تردد المصدر وسعة المكثف ويكون طور الجهد (المتغير اللاحق) متأخرا عن طور التيار (المتغير السابق) بمقدار 90 درجة. كما في الشكل.



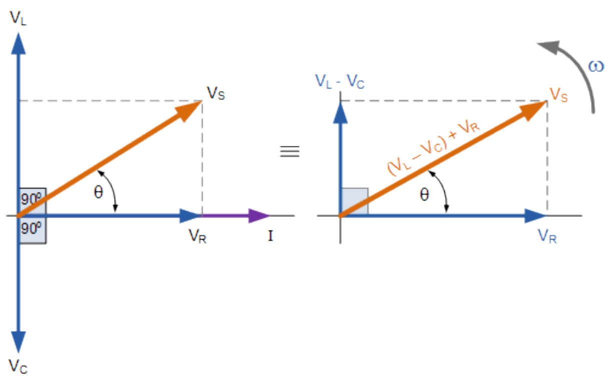
ويعرف جيب تمام فرق الطور بين التيار والجهد بمعامل القدرة power factor ، لذا فمعامل القدرة للمكثف المثالي يساوي صفرا. أي أن المكثف المثالي لا يستهلك قدرة كهربائية على شكل حرارة. واذا اخذنا مقاومة العازل بالاعتبار فإن فرق الطور سيقل عن 90 درجة ويكون معامل القدرة صغير ولكن اكبر من الصفر. ونقول إن المكثف الفعلي له معامل قدرة سابق leading power factor.

ويمثل التيار بين لوحي المكثف نوعا خاصا يسمى تيار الازاحة displacement current ومكتشفه الفيزيائي ماكسويل، أجرى على أثره تعديلا على معادلة أمبير التي كانت تقصر المجال المغناطيسي على مرور تيار كهربائي دون الاخذ بالاعتبار تغير فيض المجال الكهربائي كما في حالة مكثف قيد الشحن أو التفريغ.
ويمكن فهم تيار الازاحة على أنه تيار حفزي (لا يمثل انتقال فعلي للشحنات في الوسط) فكل الكترون يتراكم على أحد لوحي المكثف يقابله الكترون آخر يتنافر معه ويغادر اللوح الآخر. وخلال هذه العملية التي تتضمن تغير الشحنة فإن المجال الكهربائي يتغير. وهذا هو مضمون تعديل ماكسويل على قانون أمبير.

دائرة مقاومة ملف مكثف على التسلسل RLC Series Circuit



نفترض الآن دائرة مكونة من مصدر جهد للتيار المتردد على التوالي مع عنصر مقاومة آومية R على التوالي مع ملف ذي معامل حث ذاتي L على التوالي مع مكثف ذي سعة C كما هومبين في الشكل ، فيسري تيار i في الدائرة، وهذا التيار يمر في العناصر الثلاثة (توصيل توالي) ويكون مجموع الجهود المتكونة على العناصر الثلاثة (الانخفاض في الجهد) مساوياً لجهد المصدر حسب قانون كيروشوف للجهود.



في دوائر التوالي يتساوى التيار في جميع العناصر لذلك يجب أن يؤخذ التيار كإسناد عند رسم مخطط المتجهات بالنظر إلى مثلث الجهد الخاص بهذه الدائرة نجد أن متجه الجهد على المقاومة V_R في نفس اتجاه التيار ومتجه الجهد على أطراف المكثف V_c يتأخر على التيار بزاوية 90 درجة ومتجه الجهد على أطراف الملف V_L يتقدم على التيار بزاوية 90 درجة والجهد الكلي V_t هو محصلة الجهود كلها وكما في الشكل ومن مثلث الجهد نكتب:

$$V_S^2 = V_R^2 + (V_L - V_C)^2$$

$$V_S = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

عن طريق استبدال هذه القيم في معادلة فيثاغورس أعلاه لمثلث الجهد سيعطينا:

$$V_R = I.R \quad V_L = I.X_L \quad V_C = I.X_C$$

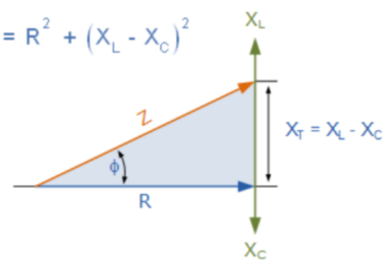
$$V_S = \sqrt{(I.R)^2 + (I.X_L - I.X_C)^2}$$

$$V_S = I.\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$\therefore V_S = I \times Z \quad \text{where: } Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

The Impedance Triangle for a Series RLC Circuit

$$Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2$$

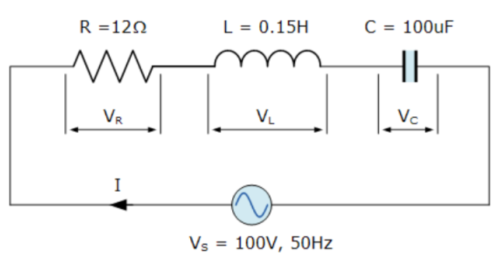


$$\boxed{\text{Impedance, } Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

where; ω is the angular frequency.

$$\boxed{\cos\phi = \frac{R}{Z} \quad \sin\phi = \frac{X_L - X_C}{Z} \quad \tan\phi = \frac{X_L - X_C}{R}}$$

Example: A series RLC circuit containing a resistance of 12Ω, an inductance of 0.15H and a capacitor of 100μF are connected in series across a 100V, 50Hz supply. Calculate the total circuit impedance, the circuits current, power factor and draw the voltage phasor diagram.



Solution:

Inductive Reactance, X_L.

$$X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 50 \times 0.15 = 47.13\Omega$$

Capacitive Reactance, X_C.

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 100 \times 10^{-6}} = 31.83\Omega$$

By: Faisal Ghazi

Circuit Impedance, Z.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$Z = \sqrt{12^2 + (47.13 - 31.83)^2}$$

$$Z = \sqrt{144 + 234} = 19.4\Omega$$

Circuits Current, I.

$$I = \frac{V_S}{Z} = \frac{100}{19.4} = 5.14\,\text{Amps}$$

Voltages across the Series RLC Circuit, V_R, V_L, V_C.

$$V_R = I \times R = 5.14 \times 12 = 61.7\text{ volts}$$

$$V_L = I \times X_L = 5.14 \times 47.13 = 242.2\text{ volts}$$

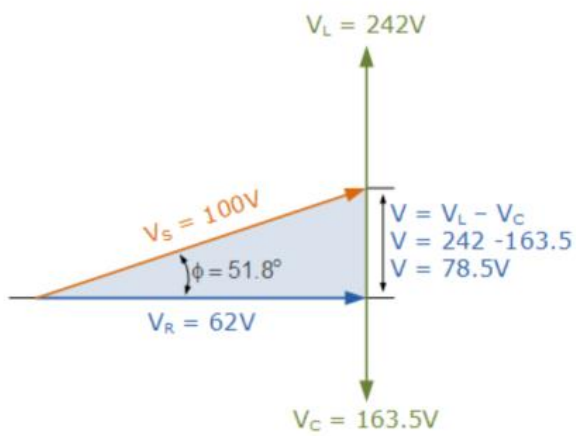
$$V_C = I \times X_C = 5.14 \times 31.8 = 163.5\text{ volts}$$

Circuits Power factor and Phase Angle, θ.

$$\cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{12}{19.4} = 0.619$$

$$\therefore \cos^{-1} 0.619 = 51.8^{\circ}\text{ lagging}$$

Phasor Diagram.



دائرة مقاومة ومكثف وملف على التوازي RLC Parallel Circuit

نفرض دائرة مكونة من مصدر جهد للتيار المتردد على التوازي مع عنصر مقاومة آومية R على التوازي مع ملف ذي معامل حث ذاتي L على التوازي مع مكثف ذي سعة C كما هومبين بشكل ، فيسري تيار is في الدائرة، وهذا التيار يتوزع على العناصر الثلاثة (توصيل تفرع) أما الجهود على العناصر الثلاثة (الانخفاض في الجهد) فيكون مساوياً لجهد المصدرVs وحسب قانون كيروشوف KCL

في دوائر التوازي يتساوى الجهد على جميع العناصر لذلك يجب أن يؤخذ الجهد كإسناد عند رسم مخطط المتجهات بالنظر إلى مثلث التيار الخاص بهذه الدائرة نجد أن متجه التيار على المقاومة iR في نفس اتجاه الجهد ومتجه التيارفي المكثفic يتقدم على الجهد بزاوية 90 درجة ومتجه التيار في الملف iL يتأخر على الجهد بزاوية 90 درجة والتيار الكلي is هو محصلة التيارات كلها ومن مثلث التيار نكتب