Subject : Electrical Engineering | الموضوع : هندسة كهربائية

2 Weekly Hours :Theoretical: | الساعات الاسبوعية: نظري:2
Tutorial: | مناقشة :
Experimental:1 | عملي :1
UNITS: 5 | عدد الوحدات: 5

week	Contents	المحتويات	الاسبوع
1.	Imroduction to Electricity (charge , current , voltage , units)	مقدمة في الكهربائية (الشحنة ، التيار ، الجهد ، الوحدات)	.1
2.	Imroduction to D.C circuits (Resistance , Effect of temperature on resistance , ohms low)	مقدمة في دراز التيار المستمر : (المقاومة ، تاثير الحرارة على المقاومة ، قانون اوم	2.
3.	DC circuits (series ,parallel , series , parallel) . short and open circuit)	دوائر التيار المستمر (توالي ، توازي،توالي ، توازي) ، الدائرة القصيرة والمفتوحة	3.
4.	=	=	.4
5.	Kirchhoffs laws	قوانين كيرشوف	.5
6.	Methods of Analysis (voltage and current source , conversions , mesh method node method)	طرق تحليل الشباكات الكهربائية (مصادر التيار والجهد ، تحويلات المصدر ، طريقة الرارات ، طريقة العقدة)	.6
7.	=	=	.7
8.	Electrical networks theorems (superposition theorem thernins , theorem , Nortons theorem maximum power transfer theorem)	نظريات الشباكات الكهربائية (نظرية التراكب ، نظرية لفنن ، نظرية نورتن ، نظرية نقل اعظم قدرة)	.8
9.	=	=	.9
10.	Electric charge , Electric field , permittirity	الشحنة الكهربائية ، المجال الكهربائي ، السماحية	.10
11.	Capacitors	المتسعات	.11
12.	Magnetic field , magnetic flux permeability , Reluctance hysteresis	المجال المغناطيسي ، الفيض المغناطيسي ، الانفاذية ، المقاومة ، الهسترة	.12
13.	Magneto motive force , magntic circuits	القوة الدافعة المغناطيسية ، الدوائر المغناطيسية	.13
14.	Electromagnetism , faradays law , lanzs law , self inductance	الكهرومغناطيسية ، قانون فاراداي ، قانون لنز ، الحث الذاتي ، الحث المتبادل	.14
15.	Introduction to Alternating current (A.C) : AC voltage generation , sinusoidal waves , phase relations	مقدمة في التيار المتناوب : توليد الفولتية المتناوبة ، الموجات الجيبية ، العلاقات الطورية	.15
16.	Average volue , Effective volue	القيمة المتوسطة ، القيمة الفعالة	.16
17.	AC circuits (R-L -C) circuits	دوائر التيار المتاوب	.17
18.	=	=	.18
19.	Power in AC circuits : Active power , Reactive power , Apparent power , power tactor	القدرة في دوائر التيار المتناوب : القدرة الفعالة ، القدرة غير الفعالة ، القدرة الظاهرية ، عامل القدرة	.19
20.	Power in AC circuits : Active power , Reactive power , Apparent power , power tactor	القدرة في دوائر التيار المتناوب : القدرة الفعالة ، القدرة غير الفعالة ، القدرة الظاهرية ، عامل القدرة	20.
21.	Three – phase system , star and Delta connections	النظام الثلاثي الطور ، الربط النجمي ، الربط المثلثي	.21
22.	Power in a 3 – phase system	القدرة في النظام الثلاثي الطور	.22
23.	Balanced and Unbalanced louds	الاحمال المتوازنة وغير المتوازنة	.23
24.	DC machines : Generators , Motors	مكائن التيار المستمر (المولدات ، المحركات)	.24
25.	=	=	.25

26.	AC machines : Generators and synchronous motors , Induction motors	مكائن التيار المتناوب : المولدات والمحركات التزامنية ، المحركات الحثية	.26
27.	=	=	.27
28.	=	=	.28
29.	Transformers : Working principles , construction	المحولات : مبدأ العمل ، تركيب المحولات	.29
30.	=	=	.30

المصادر:

١- علم الهندسة الكهربائية الأساسي
تأليف: أي مكنزي سميث - كي. في. هوزي
ترجمة د. مظفر أنور النعمة - د. محمد زكي.
Basic Electrical Engineering Science

٢- أصول الهندسة الكهربائية لطلبة كلية الهندسة
تأليف: د. فخر غالب الحياني - جامعة الموصل

٣- الأسس النظرية لتكنلوجيا الكهرباء -
تأليف: د. كريكوريبروف - الدكتور منذر رضوان بكر.

٤- أسس تحليل الدوائر الهندسية -
Basic Engineering Circuit Analysis
~~Author~~ J. David Irwin

System of Units
(International system of units)
(SI) الوحدات القياسية العالمية

أولاً: الوحدات الأساسية: وهي ستة كميات فيزيائية وكالآتي:

١- الكتلة ٢- الطول ٣- الزمن ٤- التيار الكهربائي ٥- درجة الحرارة المطلقة degree Kelvin ٦- شدة الإضاءة cd.

ثانياً: الوحدات الثانوية (المشتقة)
وهي الوحدات المشتقة من الوحدات الأساسية مثل

١- المساحة ٢- الحجم ٣- السرعة ٤- التعجيل ٥- السرعة الزاوية

٦- القوة: الرمز F ، وتقدر وحدة القوة بالنيوتن N وهي القوة التي إذا سلطت على جسم كتلته كغم واحد تعطيه تعجيلاً مقداره متر بالثانية تربيع.

٧- التعجيل الأرضي: الرمز g . تمثل قوة الجذب بين الجسم والأرض (وزن الجسم) لذا يمكن الحصول على وزن الجسم من الكتلة والتعجيل الأرضي الذي مقداره $9.81\ m/s^2$

٨- الشغل والطاقة: الرمز E . الوحدة جول (J) والجول هو الشغل المصروف عند إزاحة نقطة تأثير قوة مقدارها نيوتن واحد مسافة متر واحد باتجاه القوة.
وتعرف الطاقة بأنها القابلية لعمل شغل.

٩- العزم: Torque وحدته (نيوتن - متر) وهي حاصل ضرب قوة مقدارها نيوتن واحد في مسافة متعامدة معها مقدارها متر واحد بين نقطة تأثير القوة ومحور الدوران.

المسافة العمودية = r $\qquad T = F \cdot r$

يرمز للعزم بالحرف M حيث $M = F \cdot r$

١٠- القدرة power : هي معدل إنجاز الشغل .. رمزها P وحدتها (واط)
يرمز للقدرة بالحرف P

$$P = \frac{W}{t} \qquad \frac{\text{واط}}{\text{ثانية}}$$

وبذلك $P = F \cdot \frac{l}{t}$ where السرعة $u = \frac{l}{t}$

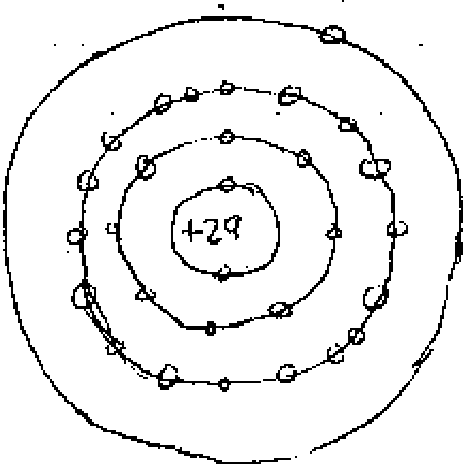
وهناك مجموعة من المواد تسمى أشباه الموصلات (Conductors
التي لها خواص معينة تختلف عن كل من المجموعتين السابقتين
وتقع بينهما مثال ذلك ذرة الجيرمانيوم (32+)

٥ - توزيع الالكترونات للذرة وعلاقته بالتوصيل الكهربائي

يعتمد تقسيم الذرة بخصوص التوصيل الكهربائي على عدد الالكترونات في المدارات الخارجية فكلما كان أقل كان التوصيل جيداً - وعلى أساس ذلك يمكن تقسيم الموصلات كما يأتي :-

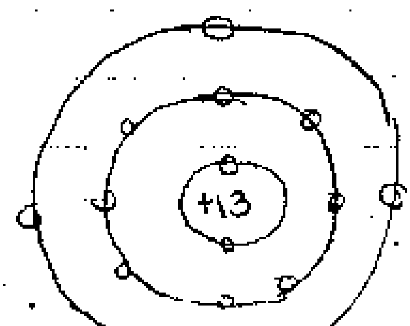
أ - الموصلات الجيدة Good Conductors

من أمثلتها النحاس والألمنيوم .



ذرة النحاس Cu

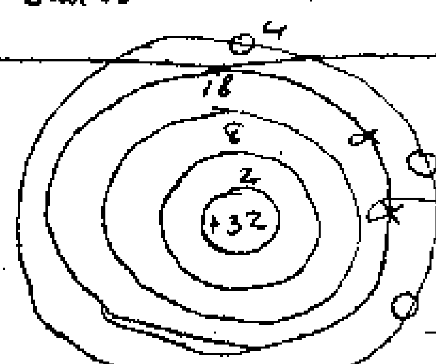
(2, 8, 18, 1)



ذرة الألمنيوم Al

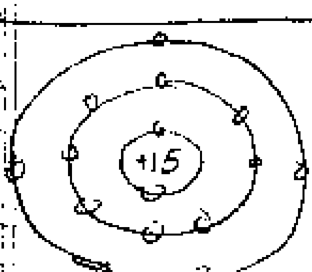
(2, 8, 3)

ب - أشباه الموصلات Semi Conductors



ذرة الجيرمانيوم (2,8,18,4)

جـ - العوازل sulators



أ- ملاحظات تخص عدد المدارات وتوزيع الالكترونات عليها

1- K = 2 2- L = 8 3- M = 18 4- N = 32

5- O = 18 6- P = 8 7- Q = 2

ب- كتلة البروتون

$$m_p = 1{,}6 \times 10^{-24} \ gm$$

جـ- كتلة الالكترون

$$m_o = 9{,}11 \times 10^{-28} \ gm$$

$$m_p = 1840 \ m_o$$

د- قانون كولوم:

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{K R^2} \quad \text{---} (1)$$

$$\text{where} \quad K = 4\pi \varepsilon \quad , \quad \boxed{\varepsilon = \frac{D}{K}} \quad \text{---} (2)$$

$$\therefore F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi \varepsilon R^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{R^2} \quad \text{---} (3)$$

$$\text{Where} \quad D = \frac{Q}{4\pi R^2} \quad , \quad K = \frac{D}{\varepsilon_o} = \frac{Q}{4\pi R^2 \varepsilon_o}$$

هـ- مضاعفات الوحدات Standard prefixes

$pA = 10^{-12} A$

$nm = 10^{-9} m$

10^{-12}	p	pico	بيكو
10^{-9}	n	Nano	نانو
10^{-6}	μ	micro	مايكرو
10^{-3}	m	milli	ملي
10^{-2}	C	Centi	سنتي
10^{3}	K	Kilo	كيلو
10^{6}	M	mega	ميكا
10^{9}	G	Gega	كيكا
10^{12}	T	Tera	تيرا

مثال

$$0.001\Omega = \frac{1}{1000}\Omega = 1 \times 10^{-3}\Omega = 1 m\Omega$$

× تعريف الموصلات الكهربائية

هي المواد التي ينتقل بواسطتها التيار الكهربائي

وتقسم جميع المواد المعروفة في الطبيعة حسب قابليتها للتوصيل الكهربائي الى - موصلة جيدة - نصف موصلة - عازلة Dielectric

١- الموصلات : الكترونات المدار الاخير ارتباطها بالنواة ضعيف جداً بحيث تستطيع الانتقال بسهولة مغادرة الى ذرة اخرى .. وتعتبر المعادن من اجود الموصلات كذلك الكاربون ومحاليل الاملاح والحوامض والقواعد.

٢- العازلة : يكون ارتباط الالكترونات في مداراتها بالنواة قوي جداً ولا يسمح لها بحرية الحركة، لذا لا تسمح هذه المواد بمرور التيار الكهربائي

ملاحظة : لا يوجد عازل مثالي في الطبيعة فجميع المواد تستطيع توصيل التيار حتى لو على اقل ما يكون فمثلاً العوازل تستطيع توصيل التيار الكهربائي بمقدار $10^{20} - 10^{15}$ مرة اقل من الموصلات

٣- مواد شبه موصلة : وهي مواد عازلة في حالتها الطبيعية ولكن اذا سلط عليها تأثير

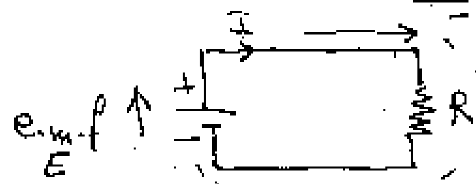
[illegible]

شروط سريان التيار الكهربائي :-

إن سريان التيار الكهربائي لا يحدث ما لم تتوفر الشروط التالية :-

١- أن يكون هناك مسار كاملة تتحرك حولها الالكترونات فإذا لم تستطع الالكترونات العودة الى نقطة بدايتها فإن سريان التيار يتوقف .

٢- أن يكون هناك تأثير يحرك الالكترونات ويسبب استمرار السريان . ويجهز هذا التأثير عادة من مصدر يسبب مغادرة التيار بجهد عالٍ متحركاً حول الدائرة حتى يصل الى المصدر بجهد واطئ .



سريان التيار

(التيار يخرج من القطب الموجب الى القطب السالب ..أي عكس اتجاه الالكترونات)

يسمى التأثير المحرك بالقوة الدافعة الكهربائية e.m.f وفي كل حالة تمر الشحنة خلال المصدر ويقوم الأخير بتجهيز طاقة جديدة تمكن الشحنة من الاستمرار ثانية وهذه هي عملية مستمرة نظراً لأن سريان التيار مستمر .

تعريف التيار :- Current

هو المعدل الزمني لمرور شحنة كهربائية خلال نقطة معينة في دائرة كهربائية في الموصلات المعدنية .

~~كما~~ وحدة التيار يعرف وحدة التيار التي هي (الأمبير) (A) على أنها قيمة التيار الذي لو مر في موصلين مستقيمين متوازيين فإنه ينتج القوة بين الموصلين تساوي 2×10^{-7} N/m .

يقاس التيار بوحدة الأمبير كما أوضحنا . ويساوي هذا التيار كولوم / الثانية :-

$$I = \frac{Q}{t} \quad \text{------} \quad (1)$$

I = Current ..... (A) Amper

Q = Charge ..... (C) Coulombs

t = ~~Second~~ time . (sec) Second

حيث أن :

$1\ C = 6.24 \times 10^{18}$ electron $= 1\ A$

جهاز قياس التيار هو الأميتر ويربط على التوالي مع الدائرة الكهربائية

إذن التيار الكهربائي هو تقريباً من السريان لشحنات الكهربائية في الموصل ... وبما أن الشحنات السالبة والموجبة تكون دائماً في حالة حركة مستمرة .. فهذا يعني بأن التيار الكهربائي هو تقريباً من حركة كلا النوعين

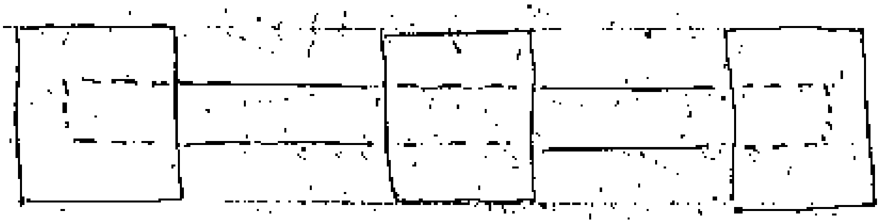
ملاحظة:

أن الهدف الأولي للدائرة الكهربائية هو تحريك أو نقل الشحنات في حالات معينة وتشكل حركة الشحنات (التيار الكهربائي) ويرمز لها بالحرف I أو هو مأخوذ من الكلمة الفرنسية (intensité).

الوحدة الأساسية للتيار هي (الأمبير) (A) نسبة إلى الفيزيائي والرياضي الفرنسي أندريه ماري أمبير (1775 - 1836) والذي أستنبط قوانين الكهرومغناطيسية عام 1820 في نظرية الدارة. يفسر التيار على أنه حركة الشحنات الموجبة. وقد أنشأ هذا الاصطلاح بنيامين فرانكلين (1706 - 1790) والذي ظن أن الكهربائية تنتقل من الموجب إلى السالب.
أما الآن فنعرف أن التيار في الموصلات المعدنية هو حركة الألكترونات المتحررة من حالات الذرات المكونة للمعدن، لذا يجب أن نميز بين التيار الاصطلاحي (حركة الشحنات الموجبة) المستخدم في نظرية الدائرة مع التيار الألكتروني.

عناصر (مكونات) الدائرة الكهربائية Electric Circuit Elements

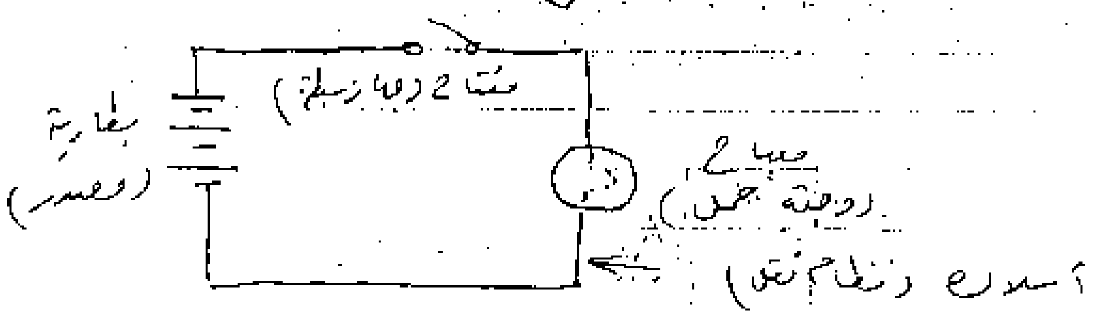
تتكون الدائرة الكهربائية البسيطة من أربعة أجزاء وكما مبين في الشكل أدناه.



Source ——— أجهزة السيطرة ——— وحدة الحمل

المصدر ... Control Appartus ... Load Unit

(مقاومة، محاثة، شمعة) (سويج، فيوز، ريلي، قاطع دورة) (مولد، بطارية ----)



1- فرق الجهد potential difference : هي الطاقة الناتجة من نقل وحدة الشحنة بين نقطتين في الدائرة. فإذا ما نقلت كل الطاقة من المصدر إلى وحدة الحمل فإن فرق الجهد عبر وحدة الحمل يساوي القوة الدافعة الكهربائية للمصدر.

كما يمكن تعريف فرق الجهد بأنه الطاقة المنجزة على الشحنة لتحريكها بين نقطتين a, b ووحدته الفولت ويرمز له p.d.

وبذلك فإن الشغل المنجز في نقل شحنة Q كولوم بين نقطتين فرق جهدها V يكون W أي أن

$$W_{ab} = Q \times V_{ab}$$

$$\therefore V_{ab} = \frac{W_{ab}}{Q}$$

حيث V_{ab} = p.d. , W_{ab} = Energy (Joul)(J)

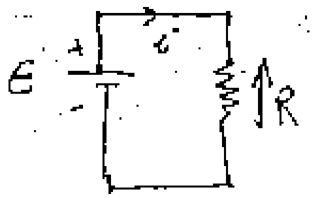
٢- القوة الدافعة الكهربائية (e.m.f) Electromotive force

رمزها (E) وما وحدتها هي نفس وحدة فرق الجهد (أي الفولت). وتمثل التأثير المحرك الذي يسبب سريان التيار وهي ليست قوة بل هي الطاقة المستهلكة عند مرور وحدة الشحنة خلال المصدر وتكون مرتبطة على الدوام بتحول الطاقة ($E, V = \frac{W}{Q}$)

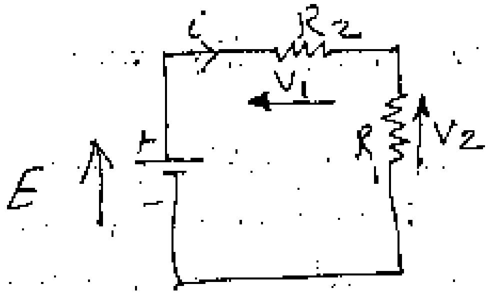
~~ملاحظة~~ أن الفرق بين e.m.f و p.d هو أن e.m.f يكون دائما فعالة (active) على النظام حيث تحاول إنتاج تيار كهربائي في الدائرة بينما يمكن أن يكون فرق الجهد فعالاً active أو خاملاً passive. ويكون فرق الجهد خاملاً حينما لا يكون بإمكانه أن يحدث تيار في الدائرة

٣- هبوط الفولتية: voltage drop:

رمزه (V) وتكون صيغته (IR) لكل مقاومة ... وهو شبيه بفرق الجهد إلا أنه عكس جبرياً أي نعتبر أن فرق الجهد هو التغير في تحول الطاقة عبر طرفي وحدة الحمل:



$$E = IR \quad --- (1)$$



$$E = V_1 + V_2 \quad --- (2)$$

$$V_1 = IR_1 , \quad V_2 = IR_2 \quad --- (3)$$

$$\therefore E = I(R_1 + R_2) \quad --- (4)$$

القدرة power : هي معدل استخدام، خزن، أو نقل الطاقة، وهنالك تعريف آخر يقول بأنها معدل انجاز الشغل وحدتها تدعى (الواط) وتساوي واط واحد بالثانية.
ويمكن حساب القدرة بالقوانين التالية :-

$$P = VI \quad \text{------} \; (1)$$ القدرة في المصدر

$$P = I^2 R \quad \text{------} \; (2)$$ قدرة الحمل عندما يكون التيار معلوماً

$$P = \frac{V^2}{R} \quad \text{------} \; (3)$$ قدرة الحمل عندما تكون الفولتية معلومة

القدرة الحصانية horse power

$$1 \text{ hp} = 746 \text{ W}$$

الطاقة Energy

هي القابلية لعمل شغل أو القدرة في وحدة الزمن

electric energy is the product of power and time $\frac{W}{t}$

فإذا بقيت القدرة ثابتة خلال فترة زمنية مقدارها (t) فإن الطاقة E

$$W = Pt = EIt = I^2Rt \quad \text{Joules}$$

مثال: أحسب قيمة القدرة بالواط والتيار الذي يسحبه محرك تيار مستمر قدرته الحصانية (0.5 Hp) إذا كانت الفولتية المسلطة 220V.

$$1 \text{ H.P} = 746 \text{ W} \quad \text{--} \; (1)$$

$$\therefore P = \frac{1}{2} \times 746 = 373 \text{ watt}$$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{373}{220} = 1.7 \text{ A}$$

مثال (2) : أحسب قيمة التيار المار في سخان ماء منزلي إذا كانت قدرته 3kW والفولتية 220V

$$I = \frac{P}{V} = \frac{3000}{220} = 13.636 \text{ A}$$

مثال رقم 3: ما مقدار القدرة مقدرة بالكيلوواط التي تولدها مدفأة كهربائية منزلية، إذا كانت قيمة التيار المار بها 6.818A وقيمة المقاومة 32.267 Ω والفولتية 220V ؟

$$P = I^2 R =$$
$$= (6.818)^2 \times 32.267$$
$$= 1.5 \text{ KW}$$

الدوائر الكهربائية وعناصرها

Electrical Circuit And Their Elements

العناصر الأساسية في الدوائر الكهربائية

يمكن للدوائر الكهربائية أن تحتوي على عدد كبير من العناصر والتي جميعاً يمكن أن تمثل بواسطة ثلاثة عناصر أساسية وهي:

أ- المقاومة Resistance

ب- المتسعة Capacitor

جـ- المحاثة Inductor

هذه العناصر الثلاثة لها صفات مختلفة في الدوائر الكهربائية وذلك يتوقف على تأثرها بالطاقة الكهربائية. فالمقاومة تمثل العنصر المسؤول عن استهلاك الطاقة. جميع الأجهزة والمعدات الكهربائية المستخدمة في المنازل والمصانع تقوم باستغلال الطاقة الكهربائية وتحويلها إلى شكل آخر من الطاقة المفيدة يمثل المقاومة.

أما المتسعة فهي العنصر الذي يرتبط بخزن الطاقة الكهربائية في المجال الكهربائي.

أما المحاثة فهي تقوم بخزن الطاقة في المجال المغناطيسي.

١- العناصر الفعالة Active Elements

هي التي تجهز الدائرة الكهربائية بالطاقة الكهربائية مثل البطاريات والمولدات (...).

٢- العناصر غير الفعالة passive Elements

هي العناصر التي تؤدي إلى خزن الطاقة وتحويلها إلى شكل آخر من الطاقة مثل المقاومات أو الطاقة في عملية تحويل الطاقة إلى شكل آخر كالطاقة المخزونة في المجال

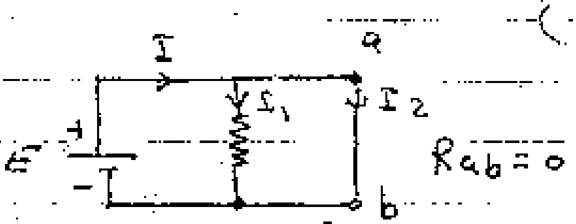
الدائرة المفتوحة والدائرة المقصورة
Open and Short Circuits

عند الحديث عن المقاومة تجدر الملاحظة عن إمكانية استخدام مصطلحين مهمين في نظرية الدوائر وهما :

١- الدائرة القصيرة Short circuit

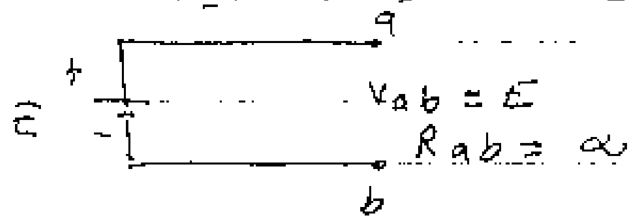
٢- الدائرة المفتوحة open circuit

وتعرف الدائرة القصيرة S.C بأنها موصل مثالي بين نقطتين، أي أن مقاومته مساوية للصفر، ومن ثم فإن أية قيمة للتيار معتمدة على باقي الدائرة ولكن الفولتية عبر طرفيه مساوية للصفر دائماً (شكل رقم ٢).



شكل (٢)

أما الدائرة المفتوحة O.C فإنها تمثل قطعاً في الدائرة بحيث لا تسمح بمرور أي تيار، لهذا يمكن اعتبار مقاومتها لا نهائية وأن أية قيمة للفولتية عبر طرفيها معتمدة على باقي الدائرة (ب).

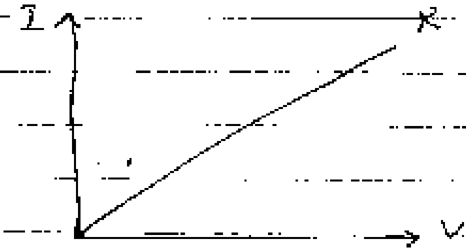


المقاومة : Resistance

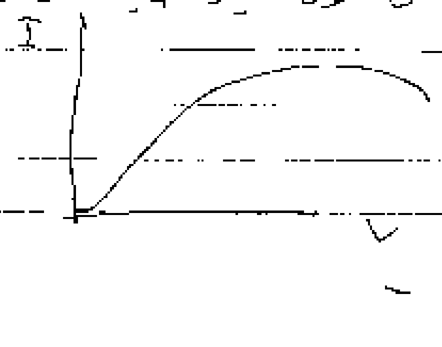
وهي صفة من صفات الموصل والتي تحدد نسبة التيار وتحول الطاقة الكهربائية الى طاقة حرارية.
أي أن لكل موصل خاصية معينة تعمل على عرقلة سريان التيار الكهربائي فيه ولكن بصورة مختلفة، فالمواد تقسم الى موصلات جيدة وهي التي تحتوي على مقاومة واطئة نسبياً والى موصلات رديئة وهي التي تبدي مقاومة عالية لمرور التيار الكهربائي فيها. وإذا سلط فرق جهد معين على موصل يحتوي على مقاومة معينة فان التيار المار في هذا الموصل تعتمد قيمته على مقدار الجهد المسلط وتكون مقاومة الموصل:

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

وإذا كانت مقاومة الموصل ثابتة ولا تتأثر بتغير التيار المار فيه ولا بتغير درجات الحرارة او التغيرات الكيمياوية عليه (كالحرارة) فان العلاقة التي تربط التيار بالجهد المسلط تسمى علاقة خطية (Linear Relation) كما موضح أدناه:



أما إذا كانت المقاومة متأثرة بمقدار التيار المار فيها وخاصة المواد الكربونية فنحصل على علاقة غير خطية كما موضح أدناه



التوصيلية : Conductance

هي عكس المقاومة ووحدتها (℧) mho (موه) ترمز
أما الوحدة الدولية فهي السيمنز (Siemens) ورمزها (S)

$$G = \frac{1}{R}$$

ومن الملاحظ أن التوصيلية هي عكس المقاومة

$$G = 2 + 2 = 4\ ℧$$

$$R = \frac{1}{G} = \frac{1}{4} = 0.5\ \Omega \rightarrow \quad 2℧ \parallel 2℧ \rightarrow 2\Omega \parallel 2\Omega$$

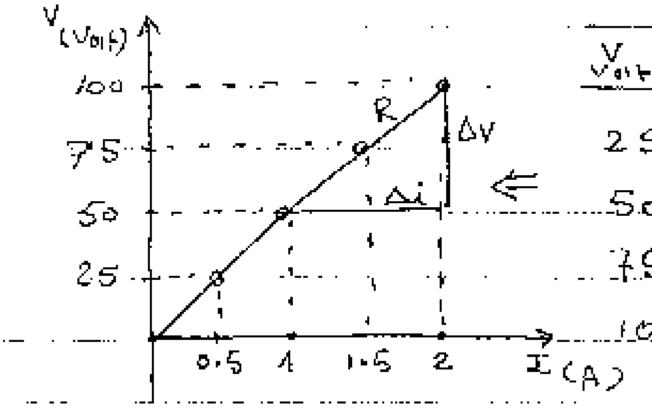
قانون أوم Ohm's Law

يبين أن الجهد المسلط على طرفي العنصر يتناسب طردياً مع التيار المار خلال المادة

$$V \propto i \quad , \quad R = \frac{\Delta V}{\Delta i}$$

وعند رسم العلاقة بين V و i نحصل على خط مستقيم يمر خلال الصفر ومن هنا نلاحظ أن ميل الخط المستقيم يمثل قيمة المقاومة R ويجب أن تكون نقطة الصفر

مثال: قيمة الفولتية المسلطة على طرفي المقاومة والتيار المار بها مبينة في الجدول أدناه، ارسم منحني العلاقة بين V و I وأوجد قيمة المقاومة R من المنحني



V Volt	I Amp
25	0.5
50	1
75	1.5
100	2

$$\Delta V = 100 - 50 = 50\,V \qquad \Delta I = 2 - 1 = 1\,A$$

$$\therefore R = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{50}{1} = 50\,A$$

المقاومية Resistivity

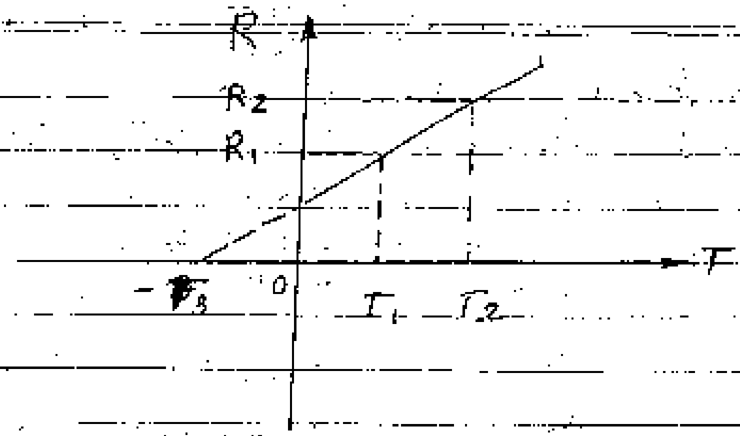
هو ثابت التناسب المميز للمادة في الظروف المحيطة ، وتختلف المقاومية من مادة إلى مادة تبعاً لنوع العناصر وأوزانها . وهذا جدول يبين مقاومية بعض المواد بدرجة حرارة 20°C وتقاس المقاومية بالأوم . ملم²/م :

المادة	المقاومية $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$
Pb	0.147 – 0.175
Cu	0.0154 – 0.0175
Al	0.0262 – 0.0278
Zn	0.049 – 0.062
Ni	0.07 – 0.138
Fe	0.0987 – 0.14
Hg	0.948 – 0.9569
Bizmoth	1.1428 – 1,39

معامل درجة الحرارة للمقاومة Temperature Coefficient

رمزه (α) ويعرف بأنه التغير في المقاومة لكل درجة حرارة مئوية معبراً عنه ككسر من المقاومة في درجة الحرارة المعتبرة .

إن مقاومة المواد تتغير مع درجة الحرارة حيث تزداد لبعض المواد (كالمعادن) مع زيادة درجة الحرارة بينما تقل لمواد أخرى كأشباه الموصلات (Semiconductors) وكبعض العوازل (Insulators) مع زيادة درجة الحرارة . وعلى أية حال فإن المقاومة هي دالة معقدة بالنسبة لدرجة الحرارة ، إلا أنه في درجات الحرارة الاعتيادية وبالإمكان تقريب العلاقة إلى صورة خطية كما مبينة في الشكل رقم (١١-أ) أدناه .



شكل رقم (١) تغاير المقاومة مع درجة الحرارة

لغرض تخمين مقدار التغير بالمقاومة أو القيم الكبيرة بعد تغير درجة الحرارة فإننا نحتاج إلى معامل ... من درجة الحرارة (المقاومة α)

من الشكل رقم (١) نجد أن معامل درجة الحرارة للمقاومة R_1 في درجة حرارة T_1 يكون:

$$\alpha_1 = \frac{\frac{R_2 - R_1}{T_2 - T_1}}{R_1} \quad (1)$$

وبنفس الطريقة في درجة حرارة T_2:

$$\alpha_2 = \frac{\frac{R_2 - R_1}{T_2 - T_2}}{R_2} \quad (2)$$

وبإعادة كتابة المعادلة (١) ينتج:-

$$\alpha_1 R_1 (T_2 - T_1) = R_2 - R_1 \quad (3)$$

$$\therefore R_2 = R_1 [1 + \alpha_1 (T_2 - T_1)] \quad (4)$$

ويمكن أن نستخرج قيمة معامل درجة الحرارة (α) من جداول خاصة وكما مبين أدناه:

المادة	α
Cu	= 0.00445
Al	= 0.0043
Pb	= 0.004

طريقة حساب المقاومة

إن قيمة المقاومة النسبية لموصل ذات مقطع عرضي منتظم تعتمد على أربعة عوامل:

أ- الطول ويتناسب طردياً

ب- مساحة المقطع العرضي

جـ- درجة الحرارة

د- نوع المادة ومقاومتها

وفي درجة حرارة الغرفة $20^{\circ}C$ يمكن تحديد المقاومات ذات المقطع العرضي المنتظم بالقانون التالي الذي يسمى قانون دي (Day's law)

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

حيث

R = Resistance of Conductor (Ω)

l = length of Conductor (m)

A = Cross-sectional area of Conductor (m^2)

ρ = (Rho) Resistivity of material (Ω-m)

وتعتمد قيمة المقاومية (ρ) على نوع المادة ودرجة حرارة الجسم وتسجل في جداول خاصة كما مبين في الجدول الآتي

المادة	المقاومية ρ (Ω-m)
Pb	0.147 – 0.175
Cu	0.0174 – 0.0175
Al	0.0262 – 0.0278
Zn	0.049 – 0.062
Ni	0.07 – 0.138
Fe	0.0987 – 0.14
Hg	0.948 – 0.9569
Bizmoth	1.1428 – 1.39

تمارين متنوعة:

مثال رقم (١): سلك من النحاس طوله 100m وقطره 1mm فإذا علمت أن مقاومية النحاس تساوي 0.0159 مايكرو أوم م فما مقاومة السلك

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad \text{---} (1)$$

$$A = \pi r^2 = \pi \times (0.5)^2 \times 10^{-6} \; m^2$$

$$l = 100\,m \qquad \rho = 0.0159 \times 10^{-6} \; \Omega\,m$$

نعوض في المعادلة رقم (١) نحصل على

$$R = 0.0159 \times 10^{-6} \times \frac{100}{\pi (0.5)^2 \times 10^{-6}}$$

$$= 2.02 \; \Omega$$

مثال رقم (٢)

سلك من النحاس مربوط على التوازي مع سلك من الألمنيوم ذي طول يساوي ضعف طول السلك الأول. فإذا علمت أن مقاومية النحاس تساوي $0.0159\,\mu\Omega\,m$ ومقاومية الألمنيوم $0.02[illegible]\,\mu\Omega\,m$ وكان قطر السلك المصنوع من الألمنيوم $1.0mm$ احسب قطر الموصل النحاسي لكي يحمل كل من السلكين نفس الكمية من التيار.

الحل:

(١) نفرض أن طول الموصل المصنوع من الألمنيوم هو (l) وأن مقاومته هي (R_a) ومقاومة الموصل النحاسي هي R_c

∴ طول الموصل النحاسي هو نصف طول موصل الألمنيوم

$$\therefore \; l_c = 0.5\,l$$

(٧) بما أن شدة التيار التي تمر في كلا السلكين متساوية فهذا يعني أن مقاومة كلا السلكين متساوية أيضاً وكي نثبت ذلك نفرض أن جهد الألمنيوم (V_{Al}) وأن جهد النحاس (V_{Cu}).

$$\therefore V_{Al} = I_{Al} R_{Al} \quad \text{--- (1)}$$

$$V_{Cu} = I_{Cu} R_{Cu} \quad \text{--- (2)}$$

$$I_{Al} = I_{Cu} \quad \text{--- (3)}$$

$$\therefore \frac{V_{Al}}{R_{Al}} = \frac{V_{Cu}}{R_{Cu}} \quad \text{--- (4)}$$

$$V_{Al} = V_{Cu}$$ لأن الربط على التوازي !

$$\therefore R_{Al} = R_{Cu} \quad \text{--- (5)}$$

$$R_{Al} = \frac{\rho l_{Al}}{A_{Al}} = 2.54\times10^{-8} \times \frac{l}{\pi(5)^2\times10^{-6}} \quad \text{... (6)}$$

$$R_{Cu} = \frac{\rho l_c}{A_c} = 1.59\times10^{-8} \frac{0.5 l}{\pi r^2} \quad \text{... (7)}$$

نعوض عن 6 و 7 في 5 فنحصل على :-

$$\cancel{2.54\times10^{-8}}\frac{\cancel{l}}{\cancel{\pi}(5)^2\times10^{-6}} = \cancel{1.59\times10^{-8}}\times\frac{0.5\cancel{l}}{\cancel{\pi} r^2}$$

$$r^2 = \frac{1.59\times25\times10^{-6}\times0.5}{2.54}$$

$$\therefore r = 2.8\times10^{-3}\ m = 2.8\ mm$$

$$d = 2\times2.8 = 5.6\ mm$$

وهو قطر سلك النحاس .

قطره ١مم ①

②

مثال (٢): سلك نحاسي طوله ١ م ~~[illegible]~~ ومقاومته 0.019 Ω. ما قيمة المقاومة لسلك مصنوع من نفس النحاس طوله 250m ومساحة مقطعه العرضي 60 mm² ؟

(١) $d = 1\,mm$ ①

$$R_1 = \rho \frac{l_1}{a_1}$$

$$0.019 = \rho \frac{1}{\pi \times (0.5 \times 10^{-3})^2}$$

$$\rho = 0.019 \times \pi \times (0.5 \times 10^{-3})^2$$

$$R_2 = \rho \frac{l_2}{a_2}$$

$$R_2 = 0.019 \times \pi \times (0.5 \times 10^{-3})^2 \times \frac{250}{(60 \times 10^{-3})^2}$$

(2) $a_1 = 1\,mm^2$ ②

$$R_1 = \rho \frac{l_1}{a_1}$$

$$0.019 = \rho \frac{1}{(1 \times 10^{-3})^2}$$

$$\therefore \rho = 0.019 \times 10^{-6} \ \Omega\text{-}m$$

$$\therefore R_2 = \rho \frac{l_2}{a_2} = 0.019 \times 10^{-6} \times \frac{250}{(60 \times 10^{-3})^2}$$

$$= 0.019 \times \cancel{10^{-6}} \frac{25\cancel{0}}{360\cancel{0} \times \cancel{10^{-6}}}$$

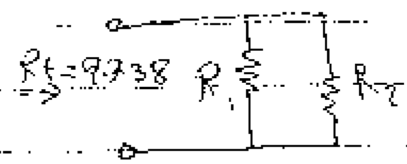
$$= \frac{4.75}{3600} = 0.0718\ \Omega$$

س ٤: سلك مصنوع من نحاس قطره 1mm وطوله 1km
مربوط على التوازي مع سلك ثاني مصنوع من الالمنيوم
قطره 1mm. فإذا كانت المقاومة الكلية تساوي 9.738
ومقاومة النحاس تساوي 0.0159 ($\mu\Omega \cdot m$) ومقاومة
الألمنيوم $0.0254\ \mu\Omega \cdot m$ جد طول سلك الألمنيوم

الحل:

بما أن السلكين مربوطين على التوازي فهنا عندنا
مقاومتان مربوطتان على التوازي:
نفرض مقاومة سلك الألمنيوم R_1 وطوله l_1
و مقاومة النحاس R_2 وطوله l_2

$$\therefore R_t = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{(1)}$$



$$R_2 = \rho_2 \frac{l_2}{a_2} \quad \text{(2)}$$

$$= 0.0159 \times 10^{-6} \frac{1 \times 1000}{\pi (0.5 \times 10^{-3})^2}$$

$$= 0.0159 \times 10^{-6} \frac{1000}{3.14 \times 0.25 \times 10^{-6}}$$

$$= \frac{15.9}{0.785} = 20\ \Omega$$

بتعويض R_2 في المعادلة رقم (1) نحصل على

$$9.738 = \frac{20 \times R_1}{R_1 + 20}$$

$$9.78 R_1 + 194.76 = 20 R_1$$

$$194.76 = 20 R_1 - 9.78 R_1$$

$$\therefore R_1 = \frac{194.76}{10.22} = 18\ \Omega$$

$$R_1 = \rho \frac{l_1}{a_1} \quad \therefore 18 = \rho \frac{l_1}{\pi (0.5 \times 10^{-3})^2} \quad 0.0254 \times 10^{-6}\, l_1 = 18 \times 0.785 \times 10^{-6}$$

$$\therefore l_1 = \frac{18 \times 0.785}{0.0254} = 556.7\ m$$

Kirchhoff's Laws

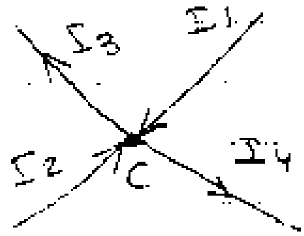
1. First Law: (Current Law)

the total current flowing towards a node is equal to the total current flowing away from that node, i.e the algebric sum of the currents flowing towards a node is zero. thus at C node in fig(1)

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$

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

or $$\Sigma I = 0$$



Fig(1)

2. Second Law (Voltage Law)

In a closed circuit, the algebric sum of the products of the current and resistance of each part of the circuit is equal to the resultant e.m.f in the circuit.

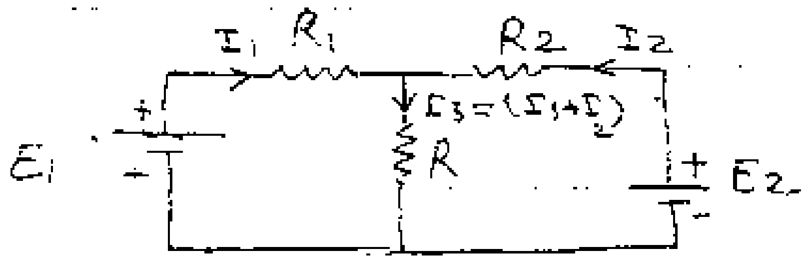


Fig (2)

thus for the closed circuit involving E_1, E_2, R_1 and R_2 in fig(2),

$$E_1 - E_2 = I_1 R_1 - I_2 R_2 \quad \text{--- (1)}$$

and for the mesh involving E_2, R_2, and R

$$E_2 = I_2 R_2 + I_3 R \quad \text{---- (2)}$$

In general

$$\Sigma E = \Sigma I R$$

Example 1: Using Kirchhoff's Laws, Calculate the current in each branch of the circuit shown in fig (1) ~~and~~ and show that points A, B, C are at the same potential?

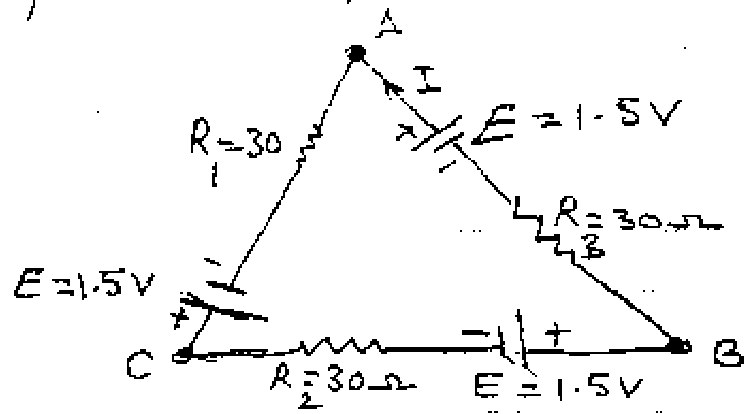


Fig (1)

a)
$$\Sigma E = \Sigma IR$$
$$1.5 + 1.5 + 1.5 = IR_1 + IR_2 + IR_3$$
$$4.5 = I(R_1 + R_2 + R_3) \quad --- (1$$
$$R_t = 30 + 30 + 30 = 90\,\Omega \quad -- (2$$
$$V_t = 1.5 + 1.5 + 1.5 = 4.5\,V \quad -- (3$$
$$\therefore I = \frac{4.5}{90} = 0.05\,A \quad ---- (4$$

b) ∴ the voltage drop due to the resistance of each cell is

$$0.05 \times 30 = 1.5\,V$$

so that there is no difference of potential between the two terminals of the cell. Consequently the junctions (node) A, B, C at the same potential.

Exple 2 Using Kirchhoff's Laws, calculate the currents I_1, I_4, I_5, I_6 of the circuit shown in Fig (2):-

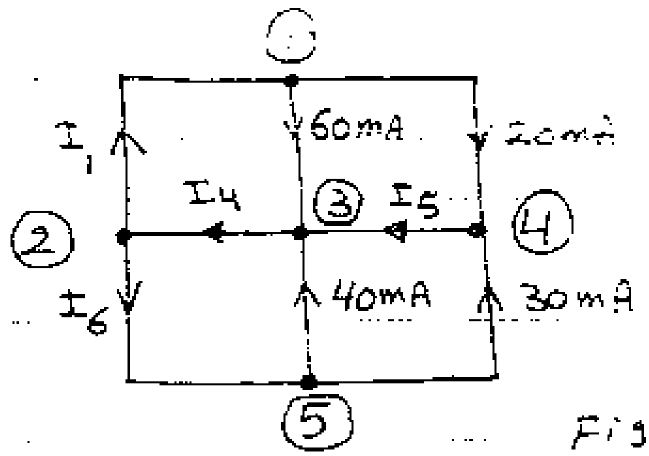


Fig (2)

Solution

At Node (1)

$$-I_1 + 0.06 + 0.02 = 0 \quad \text{---} \quad (1)$$

$$\therefore I_1 = 0.08\,A$$

At Nod (2)

$$I_1 - I_4 + I_6 = 0$$

$$\therefore 0.08 - I_4 + I_6 = 0 \quad \text{---} \quad (2)$$

At Node (3)

$$-0.06 + I_4 - I_5 - 0.04 = 0 \quad \text{-} \quad (3)$$

At Node (4)

$$-0.02 + I_5 - 0.03 = 0$$

$$\therefore I_5 = 0.03 + 0.02 = 0.05 \quad \text{--} \quad (4)$$

At Node (5)

$$+0.04 + I_6 - 0.03 = 0$$

$$\therefore I_6 = -0.07\,A$$

Substituting for I_5 in (3) we have I_4:

$$-0.06 + I_4 - 0.05 - 0.04 = 0$$

$$\therefore I_4 = 0.15\,A$$

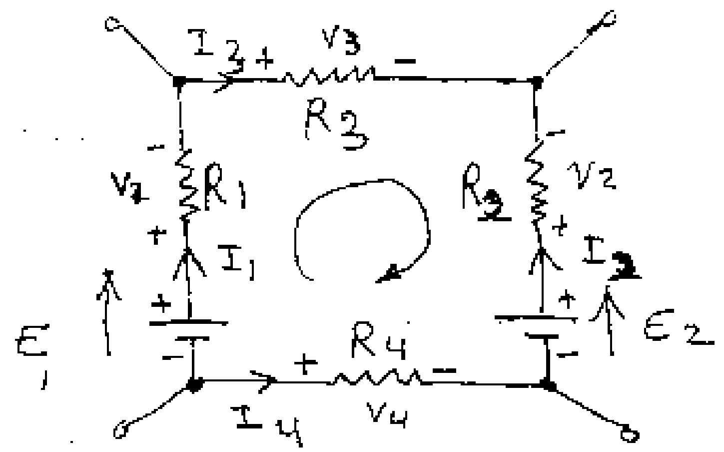
~~Substituting for I_1, I_6 in (2) we have~~

~~I_6~~

(ΣV)

Example :3

Using Kirchhoff's Laws & Consider the network in fig (3)



$$\sum_{i=1}^{n} E_i = \sum_{i=1}^{n} I_i R_i$$

① $E_1 - E_2 = I_1R_1 + I_3R_3 - I_2R_2 - I_4R_4$

or $E_1 - E_2 - I_1R_1 - I_3R_3 + I_2R_2 + I_4R_4 = 0$ --- ①

or $E_1 - E_2 - V_1 - V_3 + V_2 + V_4 = 0$ ------ ①

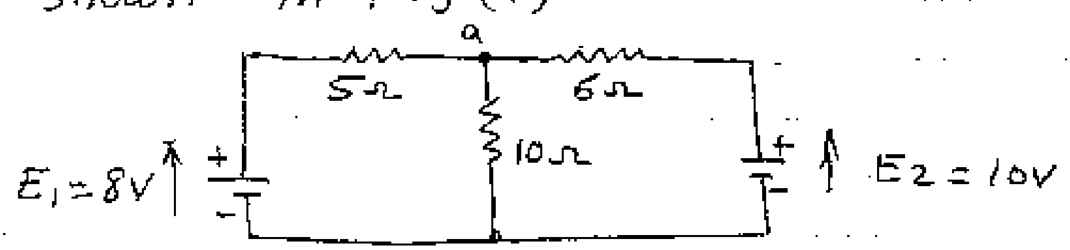
$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

$I_1 + I_3 = I_2 + I_4$

$I_1 + I_3 - I_2 - I_4 = 0$ ---- ②

Example :4

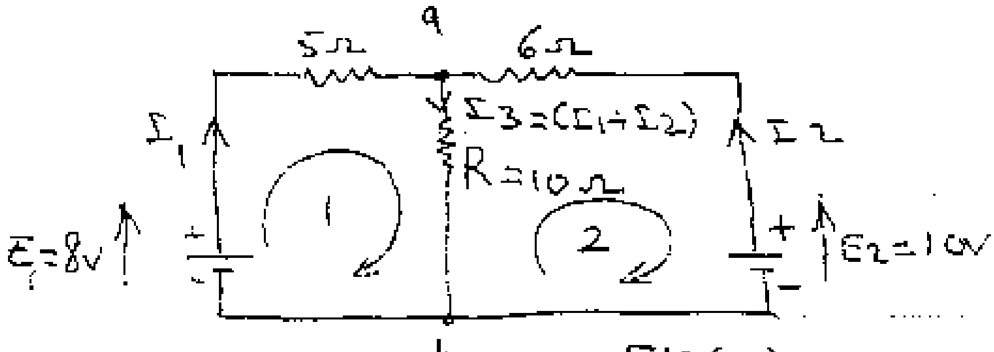
Using Kirchhoff's Law, Calculate the Current in each branch of the Circuit shown in Fig (4)



Solution:

First of all we must substitute the Currents in each branch as shown:-

Ex



Fig(4)

$$I_3 = I_1 + I_2 \quad \text{- - - - } (1)$$

loop (1)

$$E_1 = 5I_1 + 10(I_1+I_2)$$

$$\therefore \quad 8 = 15I_1 + 10I_2 \quad \text{- - - - } (2)$$

loop (2)

$$-E_2 = 6I_2 + 10(I_1+I_2)$$

$$-10 = -10I_1 - 16I_2 \quad \text{- - - - } (3)$$

$$\therefore \quad 8 = 15I_1 + 10I_2 \qquad \times 2$$

$$-10 = -10I_1 - 16I_2 \qquad \times 3$$

$$16 = \cancel{30I_1} + 20I_2 \quad \text{- - - - } (4)$$

$$-30 = \cancel{-30I_1} - 48I_2 \quad \text{- - - - } (5)$$

$$-14 = -28I_2$$

$$\therefore I_2 = 0.5A$$

substituting for I_2 in (2) we have

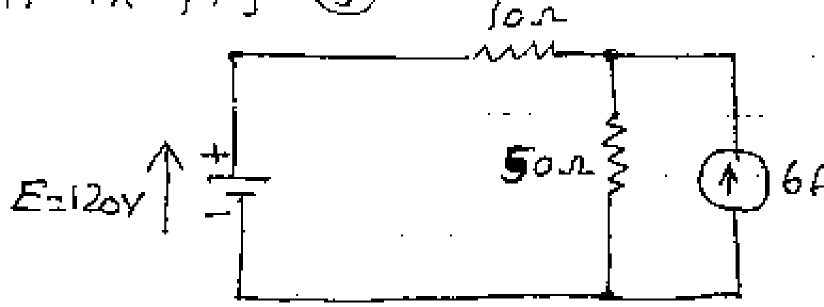
$$8 = 15I_1 + 10 \times 0.5$$

$$\therefore \quad I_1 = \frac{3}{15} = 0.2A$$

$$\therefore \quad I_3 = 0.2 + 0.5 = 0.7A$$

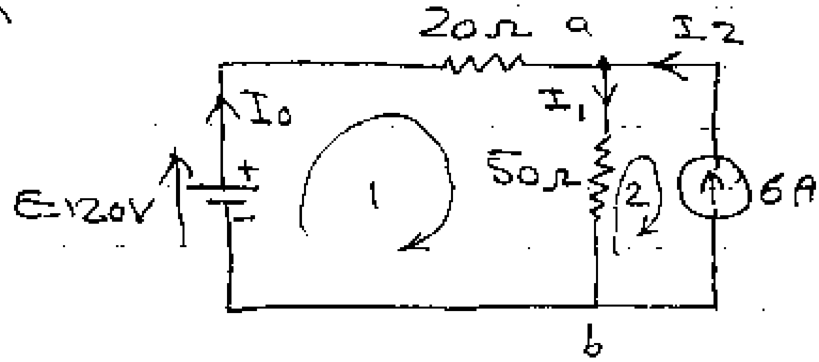
Example 5//

Using Kichhoff's Lawe's, to find the curren in each branch of the circuit shown in fig (5)



Fig(5)

Solution



$I_1 = I_0 + I_2$ ------ (1)

$\therefore I_1 = I_0 + 6$ ------ (2)

(1) loop (1)

$120 = 10 I_0 + 50 I_1$

or $120 = 10 I_0 + 50(I_0 + I_2)$

$\because I_2 = 6A$ from loop (2)

$\therefore 120 = 10 I_0 + 50 I_0 + 50 \times 6$

$120 = 60 I_0 + 300$ ------ (3)

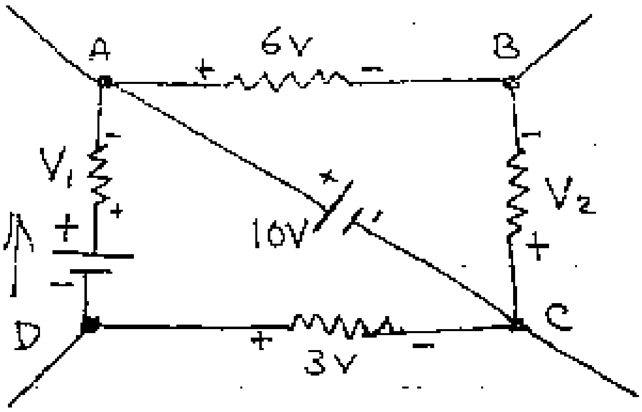
$\therefore 120 - 300 = 60 I_0$

$\therefore I_0 = -3A$

Substituting for I_0 in (2) we have

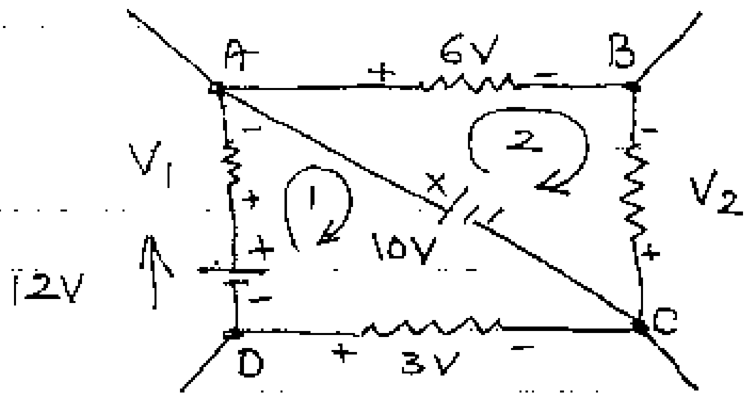
$I_1 = -3 + 6 \quad \therefore I_1 = 3A$

Example 6 — Calculate V_1, V_2 of the circuit shown in Fig (6)



Fig(6)

Solution



1) loop ①

$$12 - 10 + 3 - V_1 = 0$$

$$\therefore V_1 = 5V \quad - - - - (1)$$

2) loop ②

$$10 - 6 + V_2 = 0$$

$$\therefore V_2 = -4V$$

- Second Solution

loop DACD

$$12 - 10 + 3 - V_1 = 0$$

$$\therefore V_1 = 5V \quad - - - (1)$$

loop DABCD (Outer loop)

$$12 - V_1 - 6 + V_2 + 3 = 0$$

$$9 - V_1 + V_2 = 0 \quad - - - (2)$$

$$\because V_1 = 5V$$

$\therefore$ Substituting $V_1 = 5$ in (2) we have:-

$$9 - 5 + V_2 = 0$$

$$\therefore V_2 = -4V$$

Exple :- Find V_1, V_2 of the circuit shown in Fig(7), using Kirchhoff's Law's :-

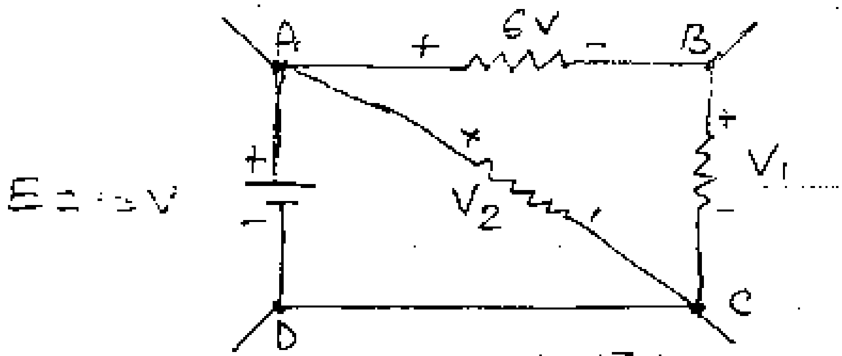
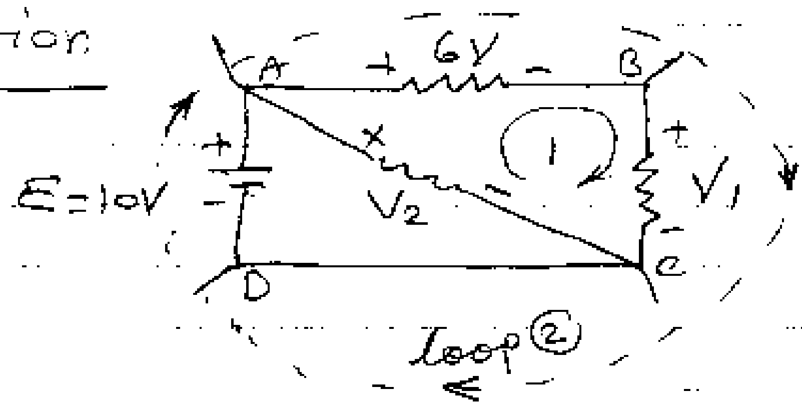


Fig (7)

Solution



1) loop 1

$$V_2 - 6 - V_1 = 0 \quad --- (1)$$

2) loop 2

$$10 - 6 - V_1 = 0$$

$$\therefore V_1 = 4\,V \quad --- (2)$$

Substituting $V_1 = 4$ in (1) we have:-

$$V_2 - 6 - 4 = 0$$

$$\therefore V_2 = 10V$$

Second Slolution

1) loop ABCA

$$V_2 - 6 - V_1 = 0 \quad --- (1)$$

2) loop DACD

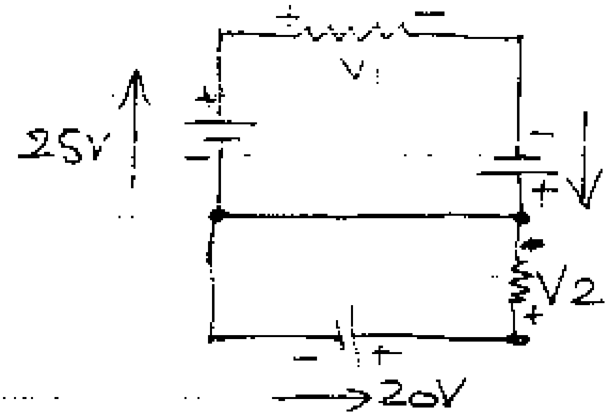
$$10 - V_2 = 0$$

$$\therefore V_2 = 10\,V \quad --- (2)$$

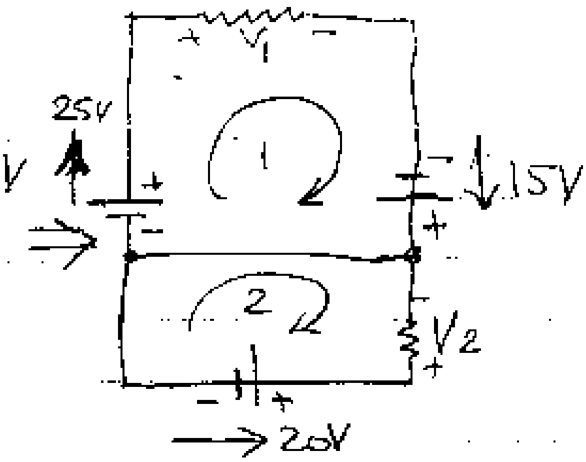
$$\therefore V_2 - 6 - 10 = 0 \quad \therefore V_2 = 4V$$

~~Ex~~ Example 8

Find V_1, V_2 of the circuit shown in fig(8), using Kirchhoff's laws?



Fig(8)



Solution

loop ①

$$25 - V_1 + 15 = 0$$

$$\therefore V_1 = 40V \quad ---- \quad (1)$$

loop ②

$$-20 = V_2 \quad --- \quad (2)$$

Second Solution

loop ① $\quad 25 - V_1 + 15 = 0$

$$\therefore V_1 = 40V \quad --- \quad (1)$$

loop ③ (the outer loop)

$$25 - V_1 + 15 + V_2 - 20 = 0$$

$$25 - 40 + 15 + V_2 - 20 = 0$$

$$\therefore V_2 = 20V$$

Example: 9// Determine the value and direction of the current in the branch (ab) using Kirchhoff's laws of the circuit shown in fig (9):-

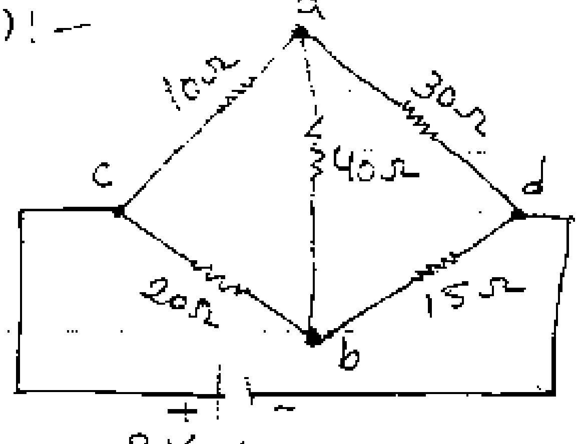
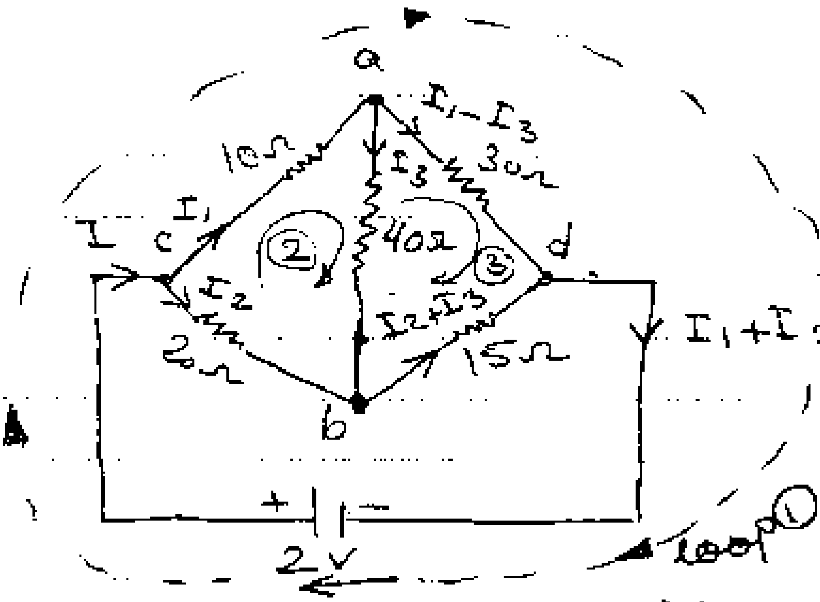


Fig (9)

Solution



1) $I = I_1 + I_2$ ---- (A)

2) loop 1 (the outer loop)

$2 = 10 I_1 + 30 (I_1 - I_3)$

$2 = 40 I_1 - 30 I_3$ ---- (1)

3) loop 2

$0 = 10 I_1 + 40 I_3 - 20 I_2$ --- (2)

4) loop 3

$0 = 40 I_3 + 15 (I_2 + I_3) - 30 (I_1 - I_3)$

$0 = -30 I_1 + 15 I_2 + 85 I_3$ --- (3)

take ~~equations~~ equation (2), (3) and multiplying (2) by 3 and (3) by 4 and adding the expressions thus obtained, we have:-

~~$0 = 90 I_1 \ldots$~~

$$0 = 30 I_1 - 60 I_2 - 20 I_3 \;---\; (2')$$
$$0 = -120 I_1 + 60 I_2 - 340\, I_3 \;---\; (3')$$

By adding: $0 = -90 I_1 + 460\, I_3 \;---\; (4)$

$\therefore\; I_1 = 5.111\, I_3 \;---\; (5)$

Substitute (I_1) in equation (1) we have:-

$$2 = 40(5.111\, I_3) - 30\, I_3$$
$$\therefore\; I_3 = 0.0115\,A \;---\; (6)$$

and $I_1 = 0.0115 \times 5.111 = 0.0615\,A$ --- (7)

Substituting I_1, I_3 in equation (2) we have:-

$$0 = 10(0.0615 + 40(0.0115) - 20 I_2$$
$$0 = 0.615 + 4.6 - 20 I_2$$
$$\therefore\; I_2 = \frac{5.215}{20} = 0.26\,A \;---\; (8)$$

Substituting I_1, I_2 in equation (A)

$$I = I_1 + I_2 = 0.0615 + 0.26$$
$$= 0.3215\,A$$

$\therefore$ The current value of branch (ad) is:-

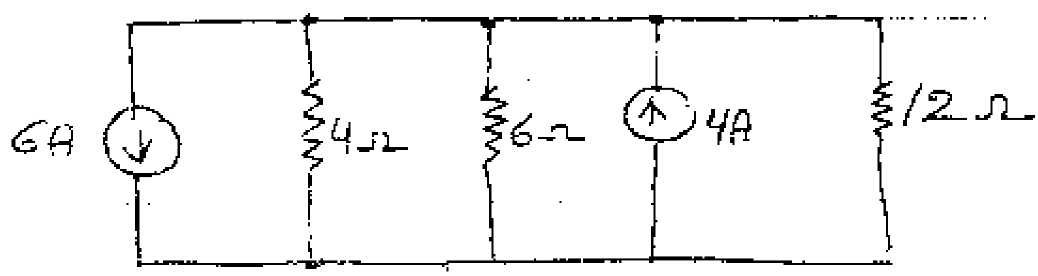
$$I_1 - I_3 = 0.0615 - 0.0115 = 0.05\,A$$

and the current value of branch (db) is:-

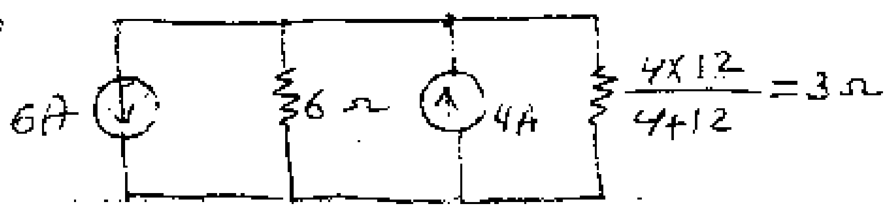
$$I_2 + I_3 = 0.26 + 0.115 = 0.248\,A$$

Example 10:-

Using Kirchhoff's Laws to find the power absorbed by the $6\,\Omega$ resistor of the circuit shown in fig (10):-

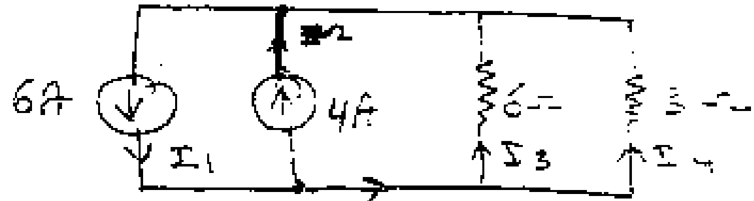


Solution



(12)

(00)

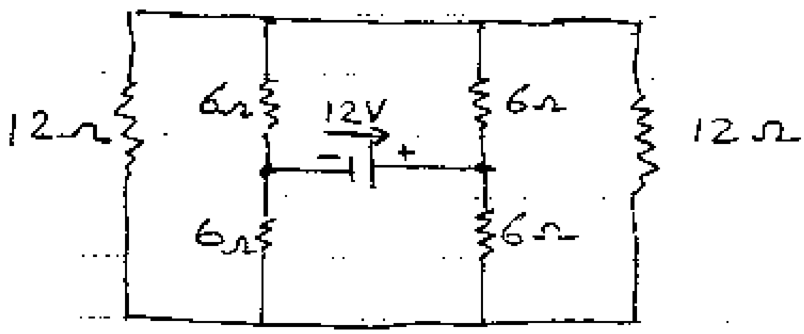


$I_1 - 4 = 6 - 4 = 2A$

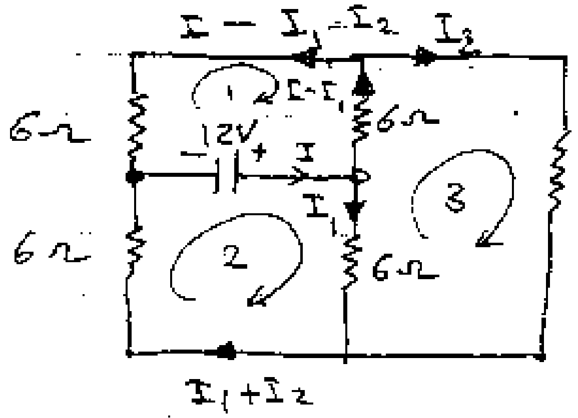
$$\therefore \quad I_3 = 2 \times \frac{3}{3+6} = \frac{6}{9} = 0.666A$$

$$\therefore \quad P_{6\Omega} = I_3^2 \times 6$$
$$= (0.666)^2 \times 6 = 2.67W$$

Q_{11} Find the current at each branch in Fig (11):-



Solution



$$\frac{12 \times 12}{12+12} = 6\Omega$$

$I = I_1 + I_2$ ---- (1)

$+12 = -6I_3 - 6I_2$ ---- (2)

$+12 = -6I_2 - 6I_3$ ---- (2)

loop (2) $+12 = 6I_1 + 6(I_1 + I_2 - I_3)$

$12 = 12I_1 + 6I_2 + 6I_3$ ---- (2)

loop (3)

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

$0 = -6I_1 + 12I_2 - 6I_3$ ---- (3)

loop ①

$$-12 = -6(I - I_1) - 6(I - I_1 - I_2)$$
$$-12 = -12I + 12I_1 + 6I_2 \quad \text{--- } ①$$

loop 2

$$12 = 6I_1 + 6(I_1 + I_2)$$
$$12 = 12I_1 + 6I_2 \quad \text{--- } ②$$

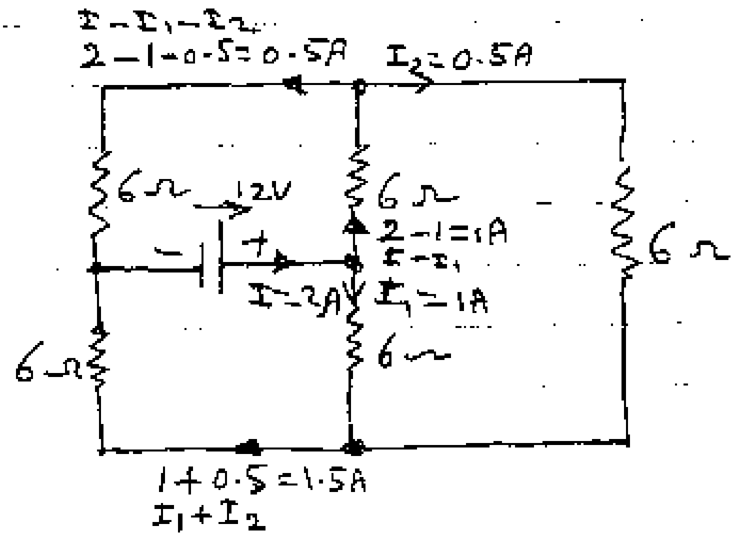
loop ③

$$0 = 6(I - I_1) + 6I_2 - 6I_1$$
$$0 = 6I - 12I_1 + 6I_2 \quad \text{--- } ③$$

subtracting ①, ② we have:—

$$12 = 12I_1 + 6I_2$$
$$\pm 12 = \pm 12I \mp 12I_1 \mp 6I_2$$

$$24 = 12I \qquad \therefore I = \frac{24}{12} = 2A$$



Maxwell's Loop (Mesh) Method (Rule) or (Circulating Current) Method

Many network problems are concerned with finding the currents in the various branches when the e.m.f's of the voltage sources and the resistor values are specified. So far, in using Kirchhoff's Laws, the currents in the branches have actually been considered. It is often convenient, however, to use symbols for the currents round the meshes instead of for the currents in the seperate wires. It will soon be evident that the only difference between this method and that peviously given that it substitutes the cyclic-currents idea for the application of Kirchhoff's first Law (current Law).

The method will be illustrated and compared with the previous method, using Kirchhoff's Laws, by solving the following example.

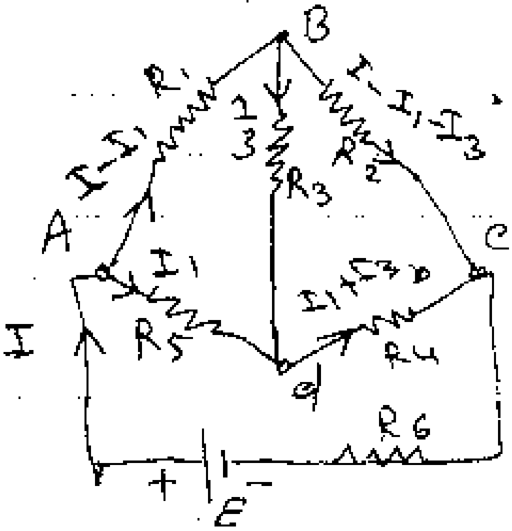


Fig (a) Solving by Kirchhoff's Law

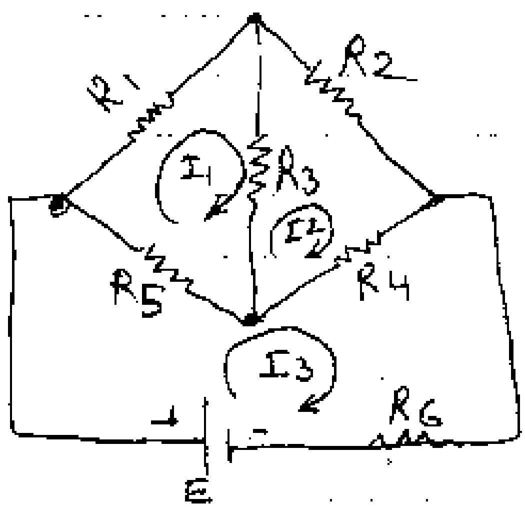
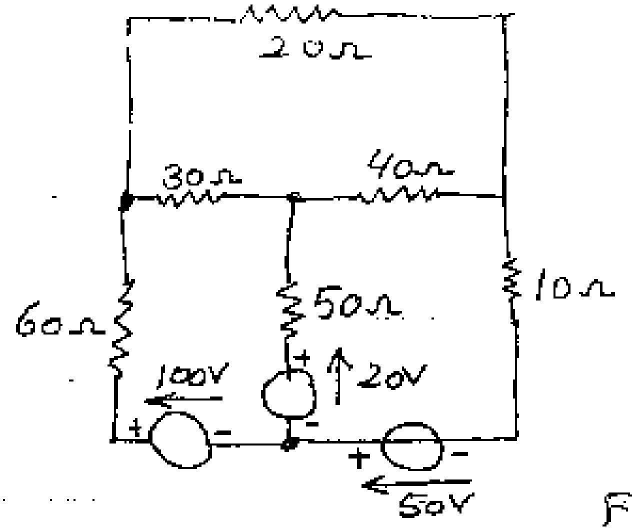


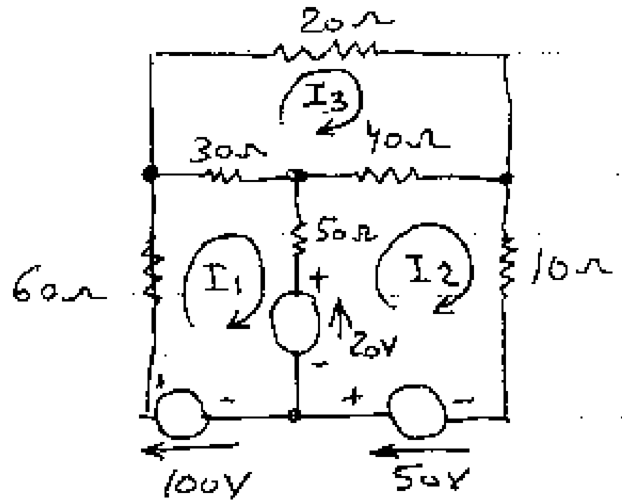
Fig (b) Solving by Maxwell's Rule

Q Calculate the current in each branch of the circuit shown in fig(1), using Maxwell's Method.



Fig(1)

Solution



Loop ①

$$100 - I_1(60+30+50) - 20 + 50I_2 + 30I_3 = 0$$

$$80 = 140I_1 - 50I_2 - 30I_3 \quad \text{---} ①$$

Loop ②

$$20 + 50 + 50I_1 - 100I_2 + 40I_3 = 0$$

$$70 = -50I_1 + 100I_2 - 40I_3 \quad \text{---} ②$$

Loop ③

$$0 = I_3(20+30+40) - 30I_1 - 40I_2$$

$$0 = -30I_1 - 40I_2 + 90I_3 \quad \text{---} ③$$

take equation ①, ② and Mutiplying ① by 2

2x $\quad 80 = 140I_1 - 50I_2 - 30I_3 \quad \text{---} ①$

$\quad 70 = -50I_1 + 100I_2 - 40I_3 \quad \text{---} ②$

adding $\quad 160 = 280I_1 - 100I_2 - 60I_3$

$\quad 70 = -50I_1 + 100I_2 - 40I_3$

$$230 = 230I_1 - 100I_3 \quad ------ \quad (4)$$

$$I_1 = \frac{230 + 100I_3}{230} \quad ------ \quad (5)$$

adding (3), (5)

$$0 = 30I_1 - 40I_2 + 90I_3$$
$$230 = 230I_1 \qquad\qquad - 100I_3$$

$$230 = 200I_1 - 40I_2 \quad ------ \quad (6)$$

$$\therefore I_1 = \frac{230 + 40I_2}{200} \quad ------ \quad (7)$$

when we solve the problem we can get the results below :-

$I_1 = 1.65A$
$I_2 = 2.16A$
$I_3 = 1.5A$

$I_{60} = I_1 = 1.65A$
$I_{30\Omega} = I_3 - I_1 = 0.15A$
$I_{50\Omega} = I_1 - I_2 = 0.51A$
$I_{40\Omega} = I_3 - I_2 = 0.66A$
$I_{10\Omega} = I_2 = 2.16A$
$I_{20\Omega} = I_3 = 1.5A$

Q2 Using Mesh theorm to consider the current between a, b of the circuit shown in fig (2)

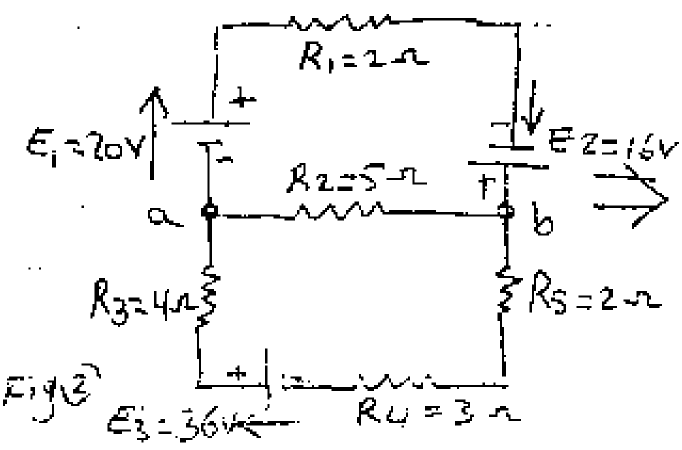
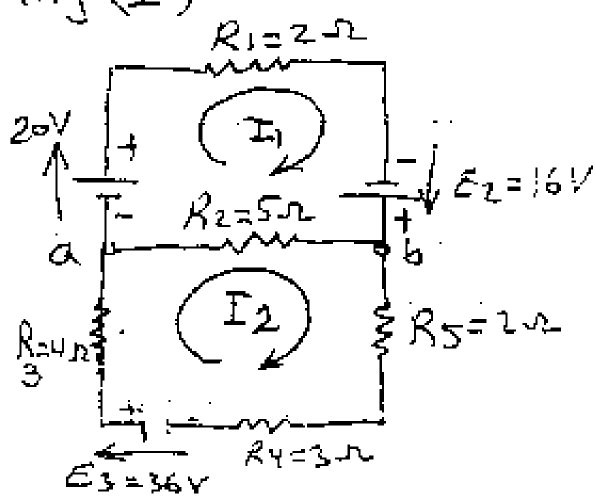


Fig (2)



Loop (1) for I_1

$$20 + 16 = I_2(2+5) - 5I_2$$

$$36 = 7I - 5I_2 \quad --- \quad (1)$$

Loop (2) for I_2

$$36 = I_2(4+5+2+3) - 5I_1$$

$$36 = -5I_1 + 14I_2 \quad --- \quad (2)$$

subtructing equation (1) from (2) we have:-

$$36 = 7I_1 - 5I_2 \quad --- \quad (1')$$

$$\mp 36 = \pm 5I_1 \mp 15I_2 \quad --- \quad (2')$$

$$0 = 12I_1 - 20I_2 \quad --- \quad (3)$$

$$\therefore I_1 = \frac{20}{12} I_2 = 1.666\,A$$

substituting I_1 in quation (1) we have:-

$$36 = 7 \times 1.666 - 5I_2$$

$$36 - 11.662 = 5I_2 \quad \therefore I_2 = \frac{34.338}{5}$$

Q3

Calculate the current (I_G) as shown in the circuit below:-

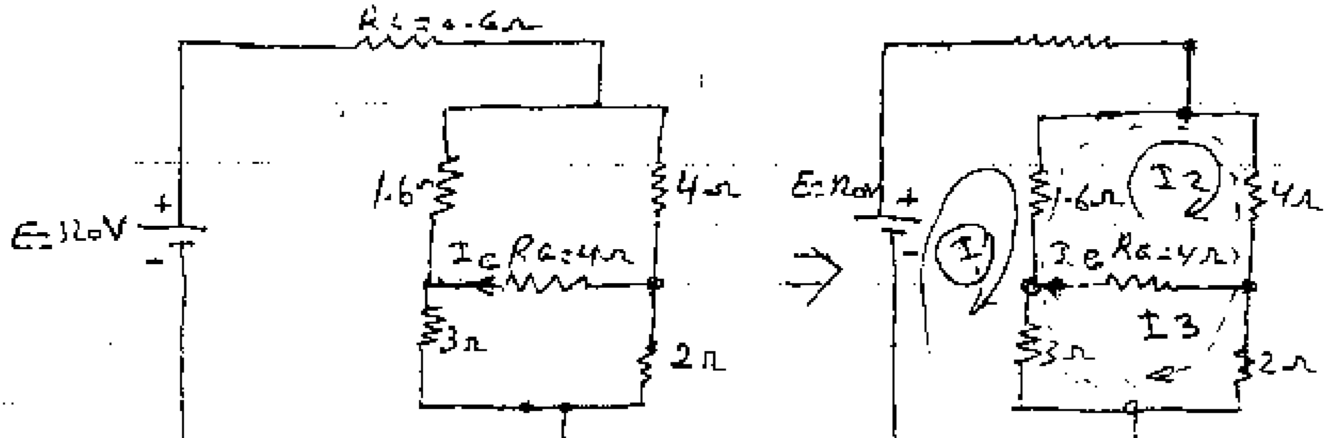


Fig 3(B)

1) $I_G = I_2$ ---- (1)

2) Loop (1) for I_1

$$(0.5+1.6+3)I_1 - 1.6I_2 - (1.6+3)I_3 = 120$$

$$\therefore 5.1I_1 - 1.6I_2 - 4.6I_3 = 120 \quad --- \quad (2)$$

3) Loop (2) for I_2

$$-1.6I_1 + 9.6I_2 + 5.6I_3 = 0 \quad --- \quad (3)$$

4) Loop (3) for I_3

$$-4.6I_1 + 5.6I_2 + 10.6I_3 = 0 \quad --- \quad (4)$$

$\therefore I_2 = -0.5A = I_G$

Q4: Using Maxwell's Theorm to Consider the currents in each branch of the Circuit shown in fig (4):-

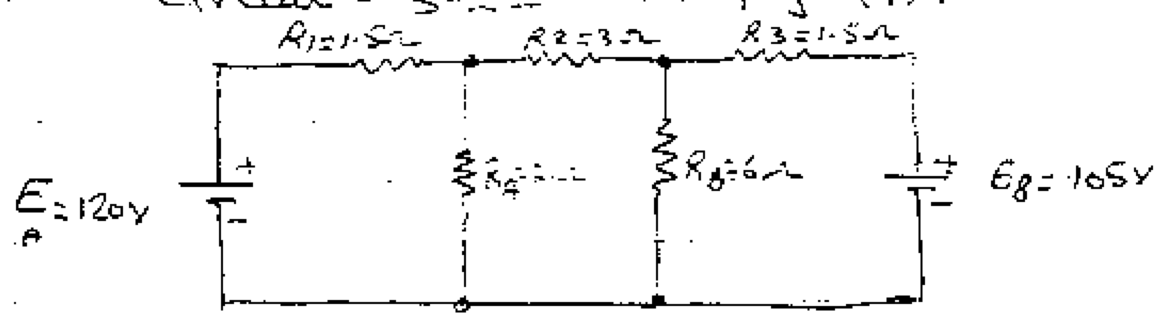
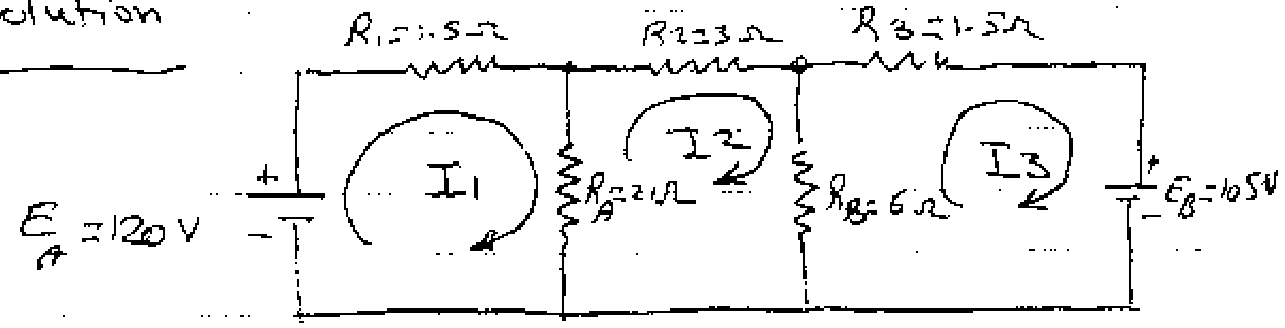


Fig (4)

Solution



Loop ① for I_1

$$120 = I_1(1.5+21) - 21 I_2$$
$$-22.5 I_1 + 21 I_2 = -120 \quad \text{------ ①}$$

Loop ② for I_2

$$0 = I_2(21+3+6) - 21 I_1 - 6 I_3$$
$$21 I_1 - 30 I_2 + 6 I_3 = 0$$

Loop ③ for I_3

$$-105 = (6+1.5) I_3 - 6 I_2$$
$$6 I_2 - 7.5 I_3 = 105 \quad \text{------ ③}$$

we can set the three quations as following:-

$$-22.5 I_1 + 21 I_2 = -120 \quad ①$$
$$21 I_1 - 30 I_2 + 6 I_3 = 0$$
$$0 + 6 I_2 - 7.5 I_3 = 105$$

Solving for I_1, I_2, I_3 By Determination as shown below:-

$$I_1 = \frac{\begin{array}{ccc} E & I_2 & I_3 \\ \end{array}\begin{vmatrix} -120 & +21 & 0 \\ 0 & -30 & +6 \\ 105 & +6 & -7.5 \end{vmatrix}}{\begin{array}{ccc} I_1 & I_2 & I_3 \\ \end{array}\begin{vmatrix} -22.5 & 21 & 0 \\ 21 & 30 & 6 \\ 0 & 6 & -7.5 \end{vmatrix}}$$

$$\therefore I_1 = \frac{-120\left[(-30)\times(-7.5)-(6\times 6)\right]-21\left[0\times -7.5-6\times 105\right]+0\left[-\right.}{-22.5\left[30\times -7.5-6\times 6\right]-21\left[21\times -7.5-6\times 0\right]+0\left[-\right.}$$

$$\therefore \quad = \frac{-9450}{-945} = 10A$$

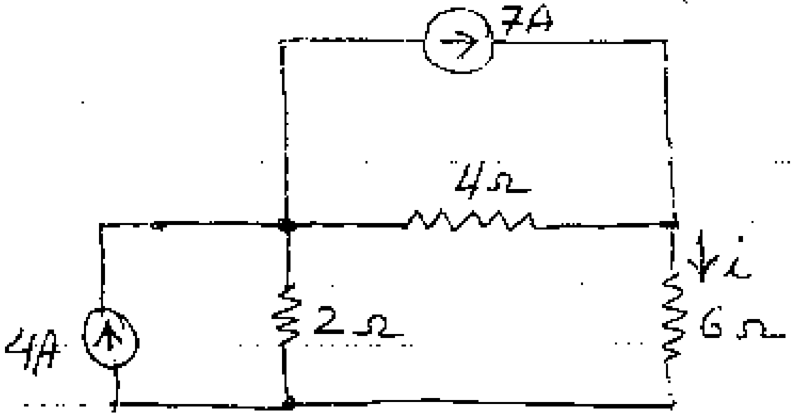
$$I_2 = \frac{\begin{array}{ccc} I_1 & E & I_3 \\ \end{array}\begin{vmatrix} -22.5 & -120 & 0 \\ 21 & 0 & +6 \\ 0 & +105 & -7.5 \end{vmatrix}}{\begin{array}{ccc} I_1 & I_2 & I_3 \\ \end{array}\begin{vmatrix} -22.5 & 21 & 0 \\ 21 & 30 & 6 \\ 0 & 6 & -7.5 \end{vmatrix}} = \frac{-4725}{-945} = 5A$$

$$I_3 = \frac{\begin{array}{ccc} I_1 & I_2 & E \\ \end{array}\begin{vmatrix} -22.5 & +21 & -120 \\ +21 & -30 & 0 \\ 0 & +6 & +105 \end{vmatrix}}{-945} = \frac{9450}{-945} = -10A$$

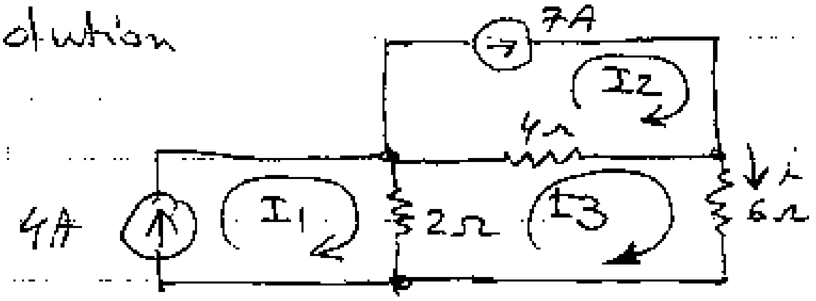
$$\therefore \quad I_A = I_1 - I_2 = 10-5 = 5A$$

$$I_B = I_2 - (-I_3) = 5+10 = 15A$$

Q5: Using Maxwell's Theorm to calculate the current (i) of the circuit shown in fig (5)



Solution



1) $i = I_3$ ---------- (1)

Loop 3 for I_3

$0 = I_3(2+4+6) - 2I_1 - 4I_2$

$0 = 12I_3 - 2I_1 - 4I_2$ --- (1)

We have $I_1 = 4A$, $I_2 = 7A$

$\therefore$ substituting I_1, I_2 in quation (1) ~~we~~ we have:-

$0 = 12I_3 - 2\times4 - 4\times7$

$\therefore 0 = 12I_3 - 8 - 28$

$\therefore 12I_3 = 36 \quad \therefore I_3 = \frac{36}{12} = 3A\downarrow$

$\because i = I_3 \quad \therefore i = 3A$

Delta-star and star-delta Transformation

certain network problems can be semplified by using a delta-star transformation

Consider the two network shown in fig (1). If they are electrically equivialent, the resistance between any two terminals of the star must be the same as the resistance, viewed from the corresponding terminals of the Delta.

For the balance case where:

$$R_a = R_b = R_c \quad \text{--- (5)}$$

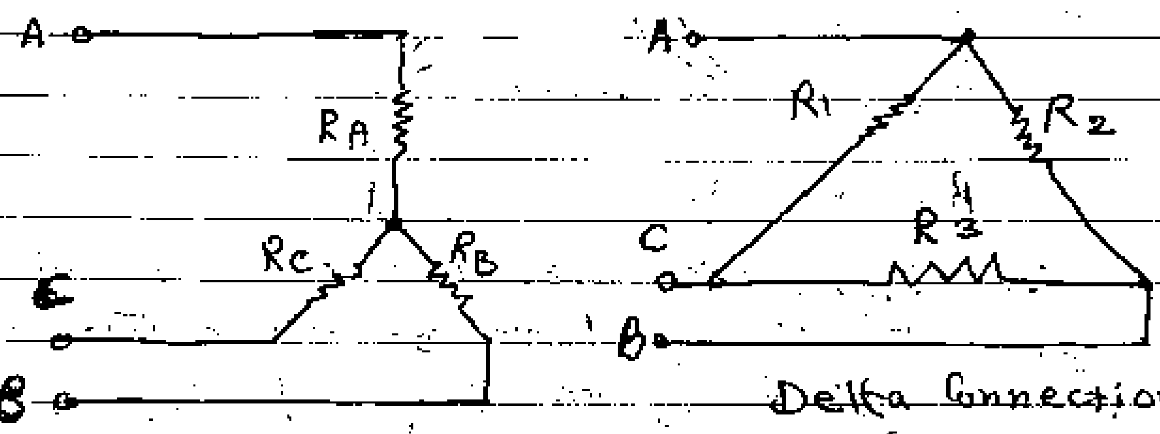
and $R_1 = R_2 = R_3$ --- (6)

the equations above reduce to:

$$R_Y = \frac{1}{3} R_\Delta \quad \text{--- (3)}$$

and

$$R_\Delta = 3 R_Y \quad \text{--- (4)}$$



Star Connection Fig (a) — Delta Connection Fig (b)

thus between terminals A, B; we have:-

$$R_A + R_B = \frac{R_2 (R_1 + R_3)}{(R_1 + R_2 + R_3)} \quad \text{--- (1)}$$

Between terminals A, C,

$$R_A + R_B = \frac{R_1 (R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} \quad \text{------ (2)}$$

Between B, C,

B. $$R_B + R_C = \frac{R_3(R_1+R_2)}{R_1+R_2+R_3} \quad \text{--- (3)}$$

Adding (1), (2) and subtracting (3) we have:-

$$R_A = \frac{R_1 R_2}{R_1+R_2+R_3} \quad \text{--- (4)}$$

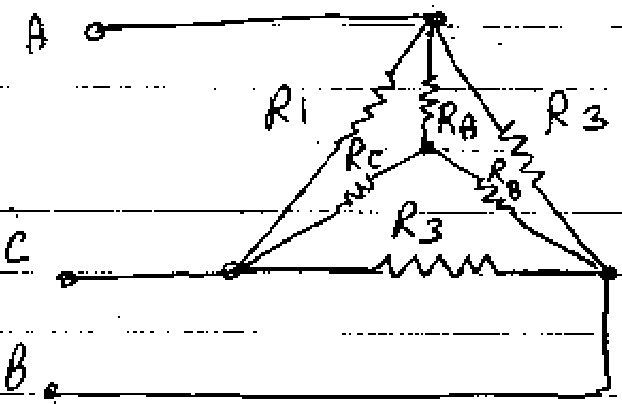
and:-

$$R_B = \frac{R_2 R_3}{R_1+R_2+R_3} \quad \text{--- (5)}$$

and:-

$$R_C = \frac{R_1 R_3}{R_1+R_2+R_3} \quad \text{--- (6)}$$

Equations 4, 5, 6 give the resistances of the equivalent star in terms of the resistances of the delta these results may easily be remembered by considering Fig (2)



For R_A, which lies between R_1 and R_2 is given by the product of these two resistance values dividid by the sum of R_1, R_2, R_3.

If these values of R_1, R_2 and R_3 are required in terms of R_A, R_B, R_C they may be obtained from equations 4, 5, 6, the following manner:-

$$\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_C} = (R_1+R_2+R_3)\left[\frac{1}{R_1R_2} + \frac{1}{R_2R_3} + \frac{1}{R_1R_3}\right]$$

$$= \frac{(R_1+R_2+R_3)^2}{R_1R_2R_3} \quad \text{--- (7)}$$

Multiplying (7) by (4) and (5) gives:-

$$R_A R_B\left[\frac{1}{R_A}+\frac{1}{R_B}+\frac{1}{R_C}\right]=\frac{(R_1+R_2+R_3)^2}{R_1R_2R_3}\left(\frac{R_1R_2}{R_1+R_2+R_3}\right)\left(\frac{R_2R_3}{R_1+R_2+R_3}\right)$$

$$= R_2 \quad (8)$$

thus, $\therefore R_2 = R_A + R_B + \frac{R_A R_B}{R_C}$ (9)

R_2 is given in terms of the resistances of the star R_A, R_B, R_C.

Similarly,

$$R_1 = R_A R_C\left[\frac{1}{R_A}+\frac{1}{R_B}+\frac{1}{R_C}\right]$$

$$R_1 = R_A + R_C + \frac{R_A R_C}{R_B} \quad (10)$$

and

$$R_3 = R_B R_C\left[\frac{1}{R_A}+\frac{1}{R_B}+\frac{1}{R_C}\right]$$

$$\therefore R_3 = R_B + R_C + \frac{R_B R_C}{R_A} \quad (11)$$

Finally, a circuit with three resistors connected in a Δ configuration, can be transformed into an equivalent circuit in which the three resistors are Y connected.

the Δ to star(Y) transformation is given by eqs. (4, 5, 6) and the Y to Δ transformation is given by eqs (9, 10, 11):-

1) Δ to Y

$$R_A = \frac{R_1R_2}{R_1+R_2+R_3} \quad (4$$

$$R_B = \frac{R_2R_3}{R_1+R_2+R_3} \quad (5$$

$$R_C = \frac{R_1R_3}{R_1+R_2+R_3} \quad (6$$

2) Y to Δ

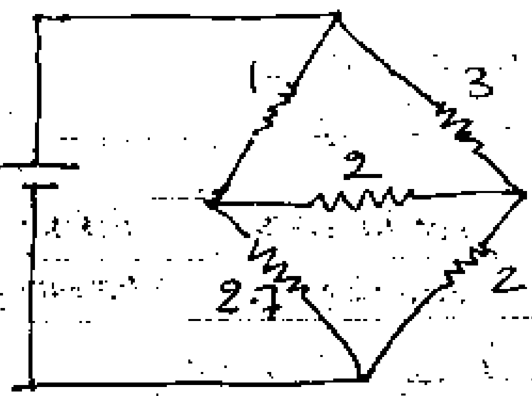
$$R_1 = R_A + R_C + \frac{R_A R_C}{R_B} \quad (9$$

$$R_2 = R_A + R_B + \frac{R_A R_B}{R_C} \quad (10)$$

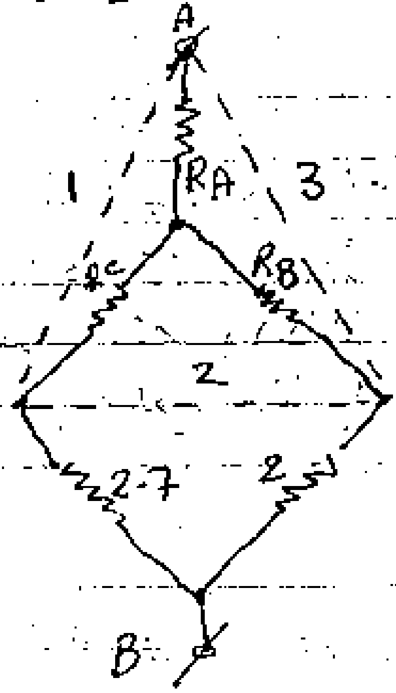
$$R_3 = R_B + R_C + \frac{R_B R_C}{R_A} \quad (11)$$

مثال رقم (٧): Find the current (I) in the circuit shown:

جد التيار المار في مصدر الدائرة المبينة في أدناه:



الحل: نوجد المقاومة الكلية المكافئة للدائرة ويتم ذلك بتحويل المثلث الموجود في الشكل إلى نجمة كما يأتي:



$$R_A = \frac{R_1 R_2}{R_1+R_2+R_3} = \frac{1\times 3}{3+1+2} = 0.5\,\Omega$$

$$R_B = \frac{R_2 R_3}{R_1+R_2+R_3} = \frac{2\times 3}{1+2+3} = \frac{6}{6} = 1\,\Omega$$

$$R_C = \frac{R_1 R_3}{R_1+R_2+R_3} = \frac{1\times 2}{6} = \frac{2}{6} = 0.333\,\Omega$$

$$\frac{1}{R_A}+\frac{1}{R_B}+\frac{1}{R_C}=(R_1+R_2+R_3)\left(\frac{1}{R_1R_2}+\frac{1}{R_2R_3}+\frac{1}{R_1R_3}\right)$$

$$=\frac{(R_1+R_2+R_3)^2}{R_1+R_2+R_3} \quad \text{--- (7)}$$

نضرب المعادلة (7) في المعادلتين (5)، (6) نحصل على ما يلي:

$$R_AR_B\left(\frac{1}{R_A}+\frac{1}{R_B}+\frac{1}{R_C}\right)=\frac{(R_1+R_2+R_3)^2}{R_1R_2R_3}\left(\frac{R_1R_2}{R_1+R_2+R_3}\right)\left(\frac{R_2R_3}{R_1+R_2+R_3}\right)$$

وبطريقة مشابهة نستنتج R_1, R_3

$$R_1 = R_AR_C\left(\frac{1}{R_A}+\frac{1}{R_B}+\frac{1}{R_C}\right) \quad \text{--- (8)}$$

$$R_2 = R_AR_B\left(\frac{1}{R_A}+\frac{1}{R_B}+\frac{1}{R_C}\right) \quad \text{--- (9)}$$

$$R_3 = R_BR_C\left(\frac{1}{R_A}+\frac{1}{R_B}+\frac{1}{R_C}\right) \quad \text{--- (10)}$$

ولتحويل النجمة إلى مثلث، يجب أن نتذكر أن كل مقاومة من مقاومات المثلث (مقاومة أي ضلع من أضلاع المثلث) تساوي حاصل ضرب المقاومتين في الطرفين المتصلين بها عن النجمة في مجموع مقلوب مقاومات أضلاع النجمة الثلاثة)

ثالثاً:

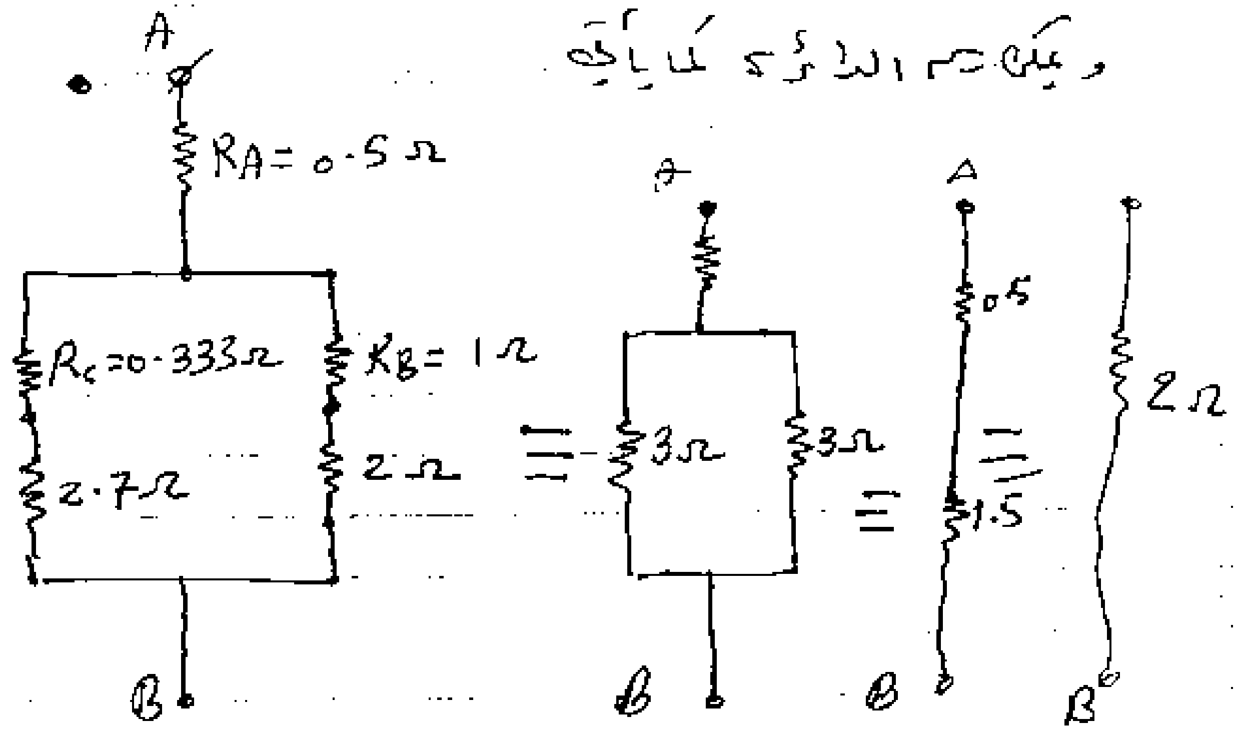
يمكن كتابة المعادلات 8، 9، 10 بشكل آخر وكما يأتي:-

$$R_1 = R_A+R_C+\frac{R_AR_C}{R_B} \quad \text{--- (11)}$$

$$R_2 = R_A+R_B+\frac{R_AR_B}{R_C} \quad (12)$$

$$R_3 = R_B+R_C+\frac{R_BR_C}{R_A} \quad (13)$$

ويمكن رسم الدائرة كما يأتي

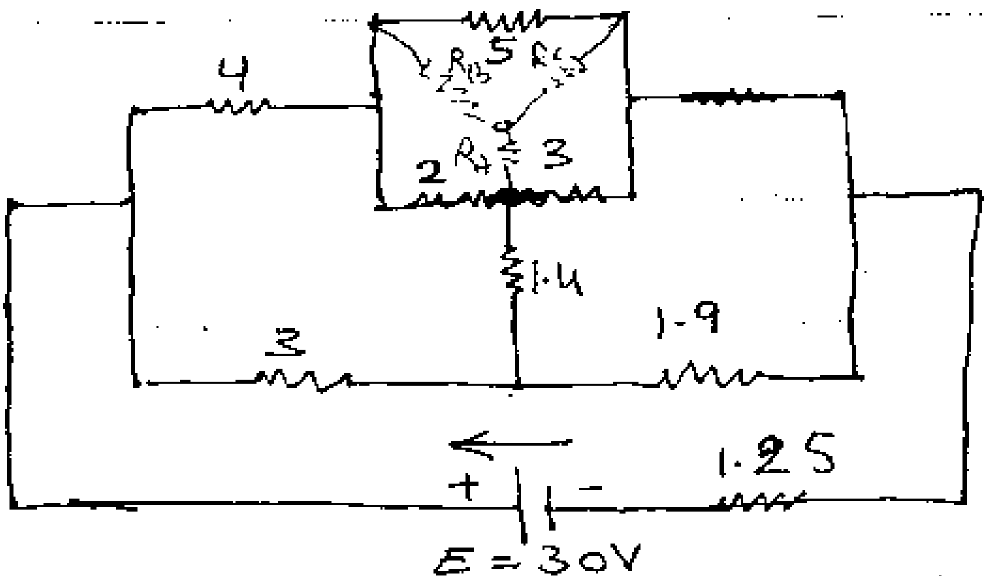


$\therefore R_t = 2\,\Omega$

$$\therefore \quad I = \frac{E}{R_t} = \frac{15}{2} = 7.5\,A$$

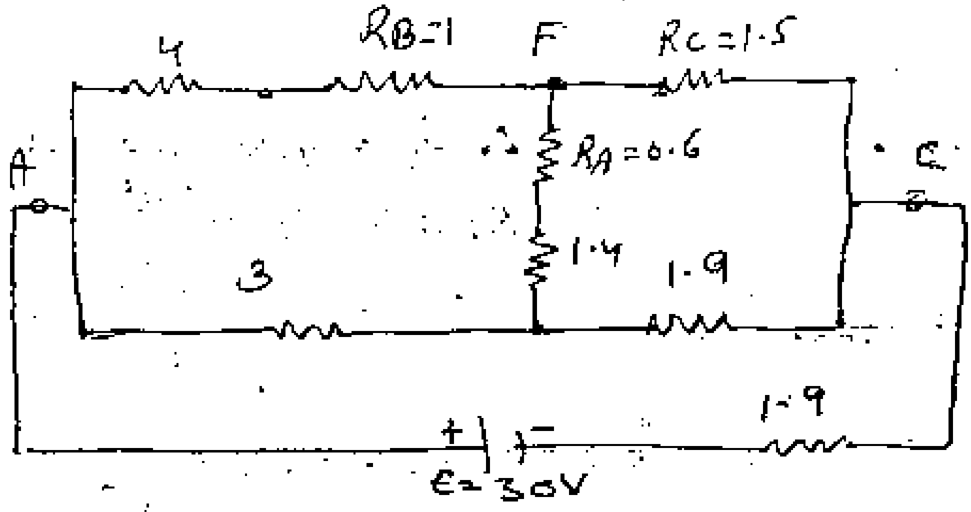
مثال ② Find the current (I) in the circuit shown ②

جد التيار المار في مصدر الدائرة المبينة في أدناه

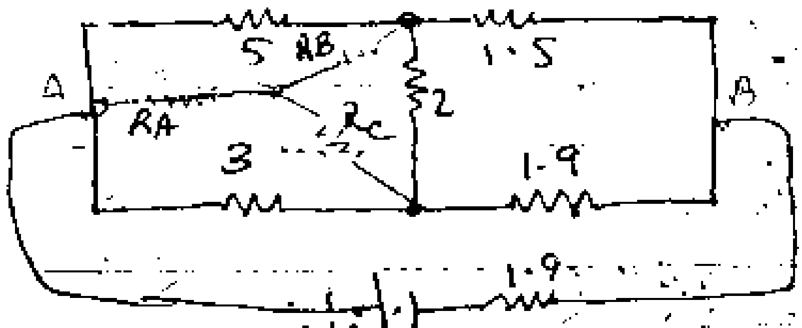


الحل: نحول المثلث ذو المقاومات 2, 3, 5 الى نجمة بالمقاومات (R_A, R_B, R_C)

$$R_A = \frac{2\times3}{2+3+5} = 0.6\,\Omega \quad R_B = \frac{5\times2}{10} = 1\,\Omega \quad R_C = \frac{5\times3}{10} = 1.5\,\Omega$$

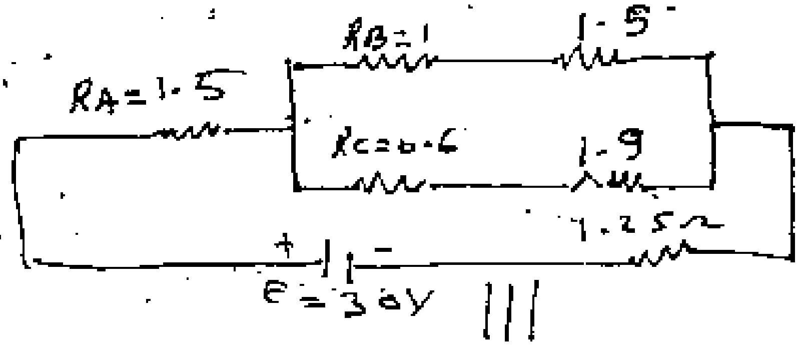


$\equiv$

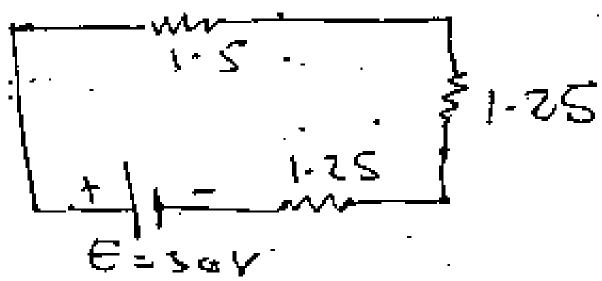


$$R_A = \frac{3\times5}{10} = 1.5\,\Omega, \quad R_B = \frac{2\times5}{10} = 1\,\Omega, \quad R_C = \frac{2\times3}{10} = 0.6\,\Omega$$

RB



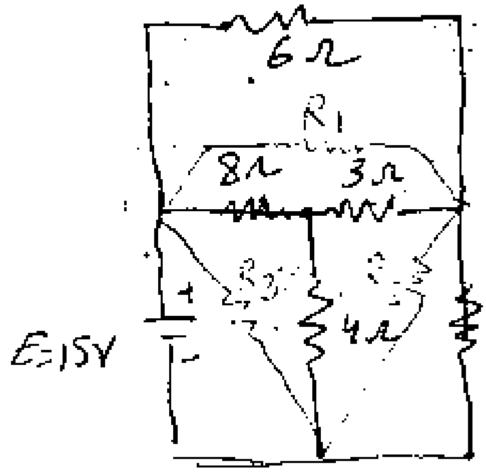
$\equiv$



$$I = \frac{30}{1.5+1.25+1.25} = \frac{30}{4} = 7.5\,A$$

مثال رقم (٣) : أوجد المقاومة المكافئة للشكل أدناه باستخدام تحويل الدلتا الى نجمة وبالعكس . ثم أوجد التيار الذي يمر في المصدر ...

تحويل النجمة بالمقاومات 3,4,8 الى Δ

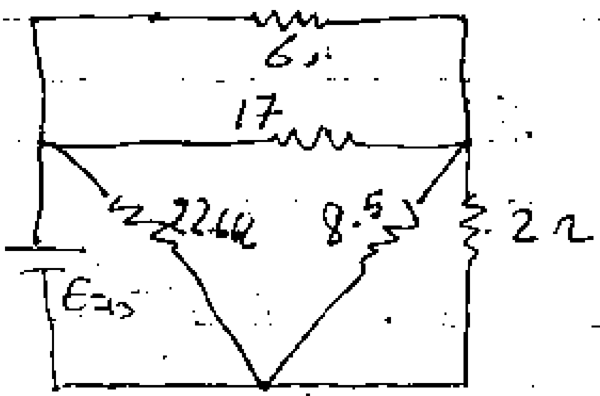


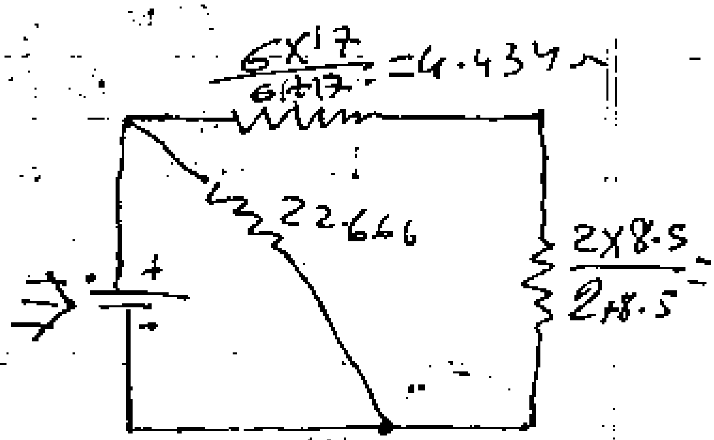
$$R_1 = R_A + R_B + \frac{R_A R_B}{R_C}$$

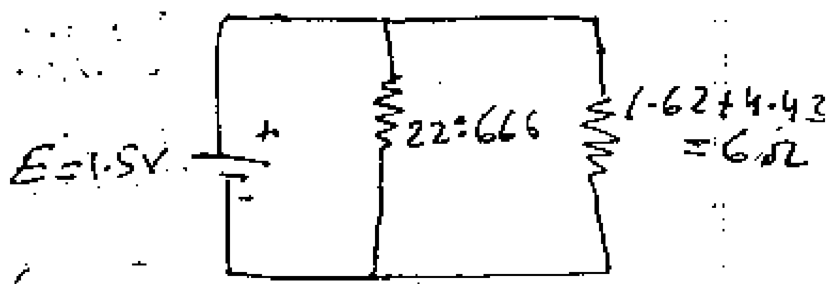
$$= 8 + 3 + \frac{8 \times 3}{4} = 17\,\Omega$$

$$R_2 = 3 + 4 + \frac{3 \times 4}{8} = 8.5\,\Omega$$

$$R_3 = 4 + 8 + \frac{4 \times 8}{3} = 22.66$$







$$R_t = \frac{22.666 \times 6}{22.666 + 6} = 4.79\,\Omega$$

$$\therefore I = \frac{1.5}{4.79} = 3.2\,A$$

Q4: Find the current I in the circuit shown in fig (4.)

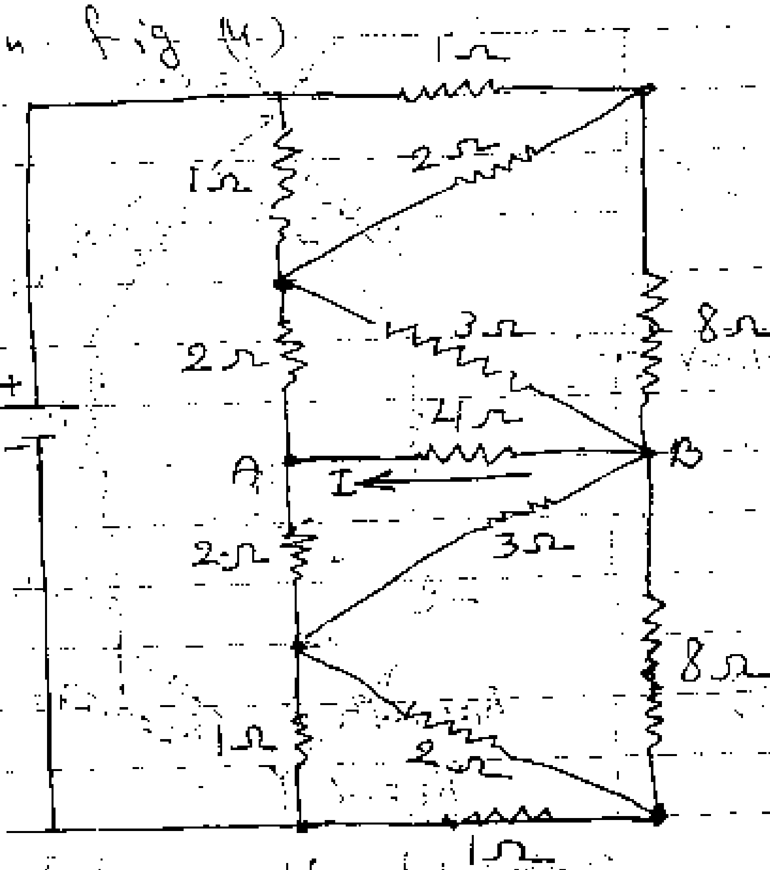
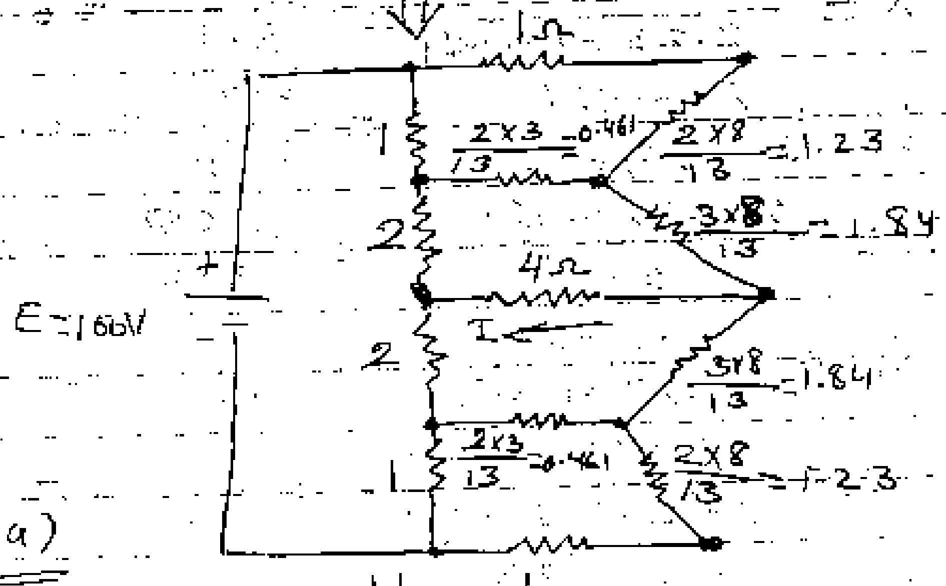


fig (4)



Fig(a)

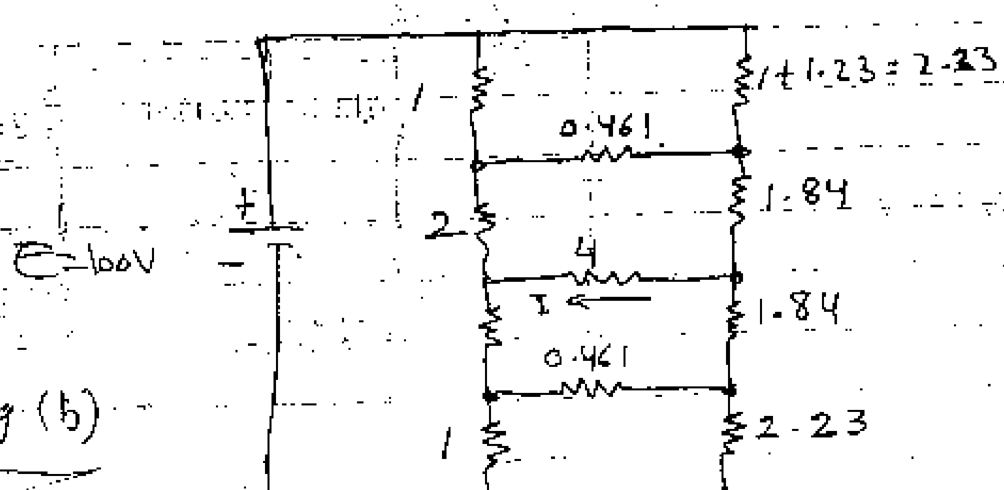
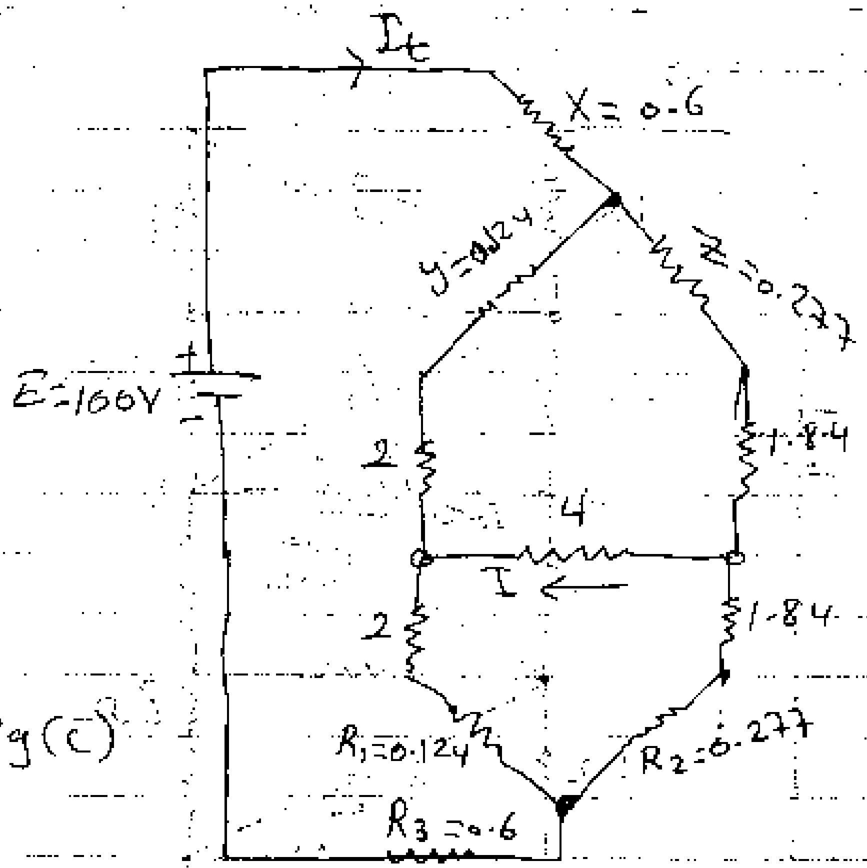


Fig (b)



fig(c)

$$X = \frac{2.23 \times 1}{2.23 + 1 + 0.461} = \frac{2.23}{3.7} = 0.6\,\Omega$$

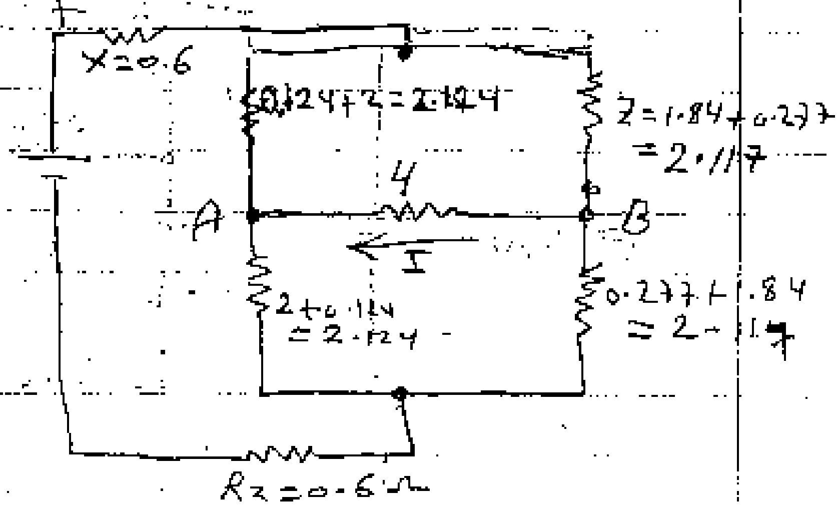
$$y = \frac{1 \times 0.461}{2.23 + 1 + 0.461} = \frac{0.46}{3.7} = 0.124\,\Omega$$

$$Z = \frac{2.23 \times 0.461}{3.7} = \frac{1.0258}{3.7} = 0.277\,\Omega$$

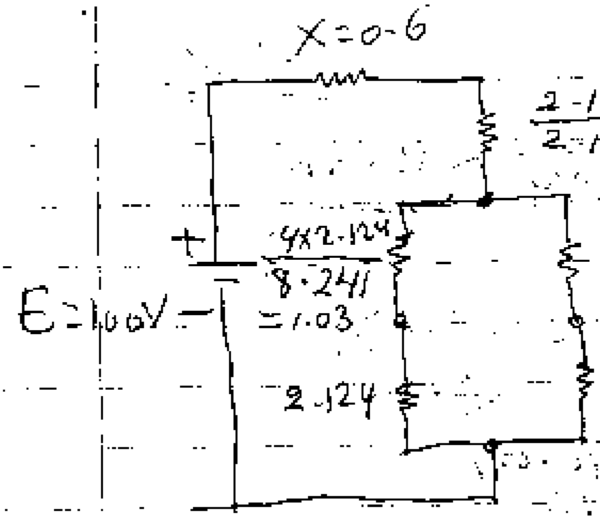
$$R_1 = \frac{1 \times 0.461}{2.23 + 1 + 0.461} = \frac{0.46}{3.7} = 0.124$$

$$R_2 = \frac{0.461 \times 2.23}{1 + 2.23 + 0.461} = \frac{1.0258}{3.7} = 0.277\,\Omega$$

$$R_3 = \frac{1 \times 2.23}{3.7} = 0.6\,\Omega$$



Fig(d)



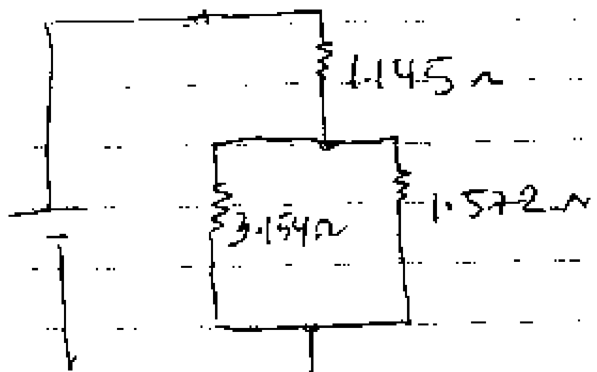
$$\frac{2.117\times 2.124}{2.117+2.124+4} = 0.545\ \Omega$$

$$\frac{4\times 2.124}{8.241} = 1.03$$

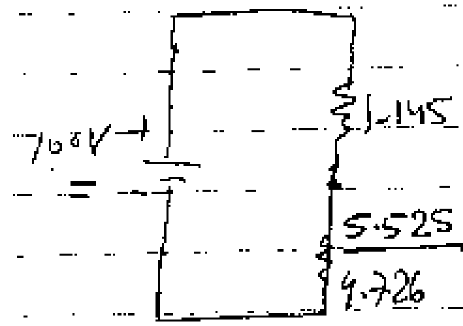
$$\frac{2.117\times 4}{2.117+4+2.124} = 1.027\ \Omega$$

Fig.(e)

⇓

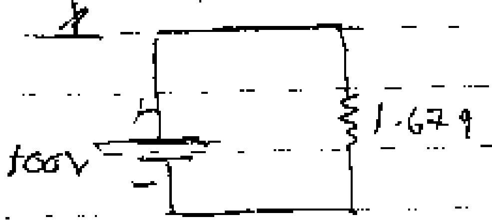


Fig(f)



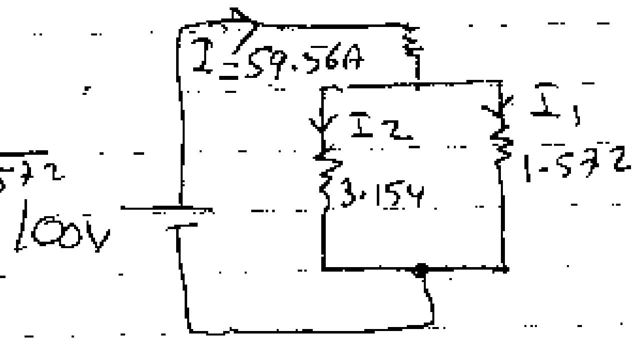
$$\frac{5.525}{4.726} = 0.534$$

⇓



$$\therefore I_t = \frac{100}{1.679} = 59.56A$$

To find the current (I) we must use fig (f) :-



$$I_1 = 59.56\,\frac{3.154}{3.154+1.572}$$

$$= 39.748\ A$$

$$I_2 = 19.812A$$

or use fig (d) we have :-

$$I_1 = 59.56\times\frac{2.124}{2.124+2.117} = 29.829\ A$$ At point B

$$\therefore I_2 = I_t - I_1 = 59.56 - 29.829 = 29.731A$$ At point A

ثم نجد التيارات I_1 ، I_2 في 4Ω باستخدام مقسم التيار

$$I_A = 29.829 \times \frac{2.124}{\cancel{2.114} + 2.124 + 4} = 10.9\,A$$

$$I_B = 29.731 \times \frac{2.114}{2.114 + 4} = 10.279$$

$$\therefore I = I_A - I_B = 10.9 - 10.279$$

$$= 0.621\,A$$

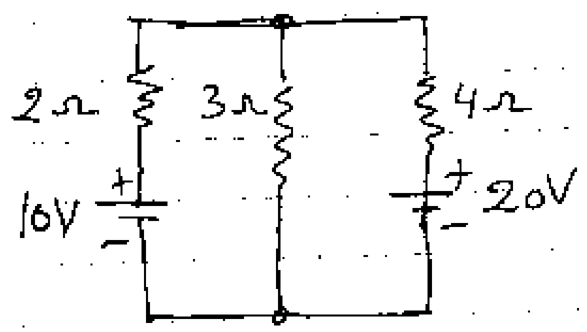
Superposition theorm:-

In calculating the currents in the branches of network containing several voltage or current sources, it is often convenient to find the currents in the branches resulting from the presence of one source at a time. This should be repeated for the varios sources and finally the individul currents added for each branch to give the solution this is known as the priciple of superposition.

when applying the priciple, omitted e.m.f's must be replaced by short-circuits and omitted current sources must be replaced by open-circuits. This is made clear by the two following examples and will be discussed more fully in the nex section.

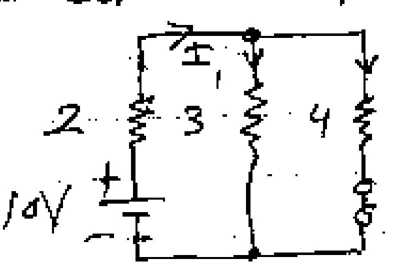
Example (1)

Apply the principle of superposition to find the currents in the various branches of the network of fig(1):-



Fig(1)

Solution (1) Consider first that the e.m.f of 20V be Zero for the time being giving the circuit of fig(2)



Fig(2)

$$R_t = 2 + \frac{3\times4}{3+4} = 2+1.714 = 3.714\,\Omega$$

$$I_1 = \frac{10}{3.714} = 2.69\,A$$

the current through $3\,\Omega$ resistor is:-

$$I_{3\Omega} = 2.69 \times \frac{4}{3+4} = 1.54\,A$$

∴ the current through 4Ω is:-

$$2.69 - 1.54 = 1.15\,A$$

(2) If now the e.m.f of 10V be considered zero the circuit of fig (3)

$$R_t = 4 + \frac{2\times3}{2+3} = 4+1.2 = 5.2\,\Omega$$

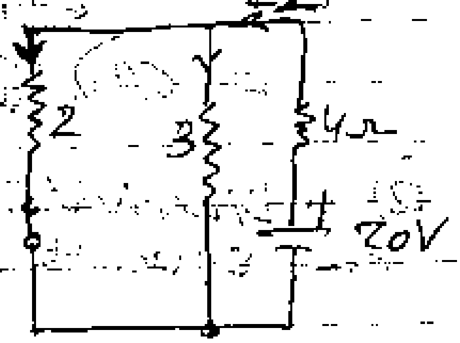


Fig (3)

$$I_2 = \frac{20}{5.2} = 3.85\,A$$

$$I_{3\Omega} = 3.85 \times \frac{2}{2+3} = 1.54\,A$$

$$I_{2\Omega} = 3.85 - 1.54 = 2.31\,A$$

when both e.m.f source present, therefore, the currents are as shown on fig (4)

$2.69 - 2.31 = 0.38A$ $\quad I_2 = (3.85 - 1.15) = 2.7A$

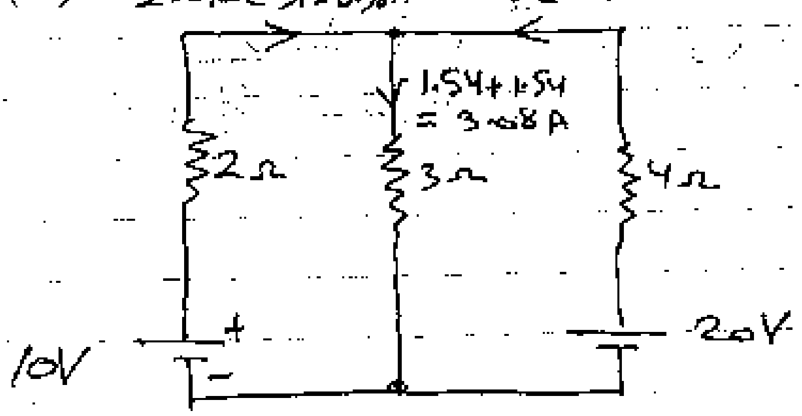
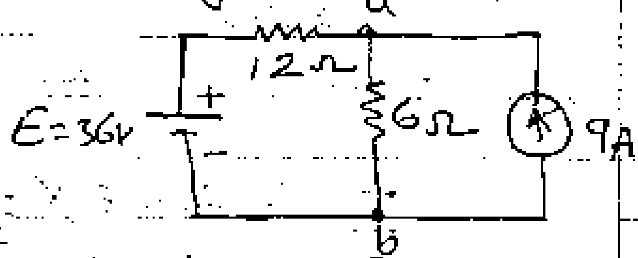


Fig (4)

Q2: Using superposition theorm to find the current in branch a,b from the circuit shown in fig (2)



Fig(2)

1) Diactivate the voltage source and solve the circuit shown in fig (a):

$$I_1' = 9 \times \frac{12}{6+12}$$

$$= 6A$$

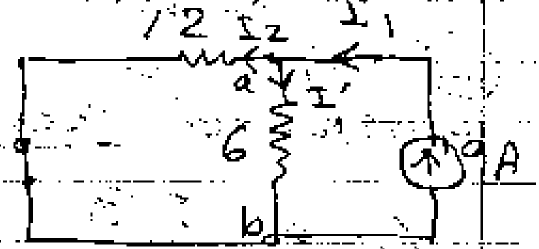
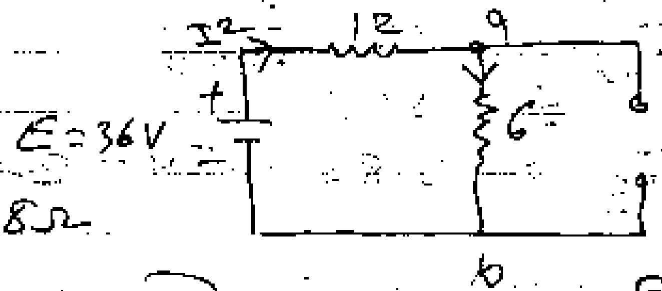


Fig (a)

2) Diactivate the current source 9A and solve the circuit shown in fig (b)



Fig(b)

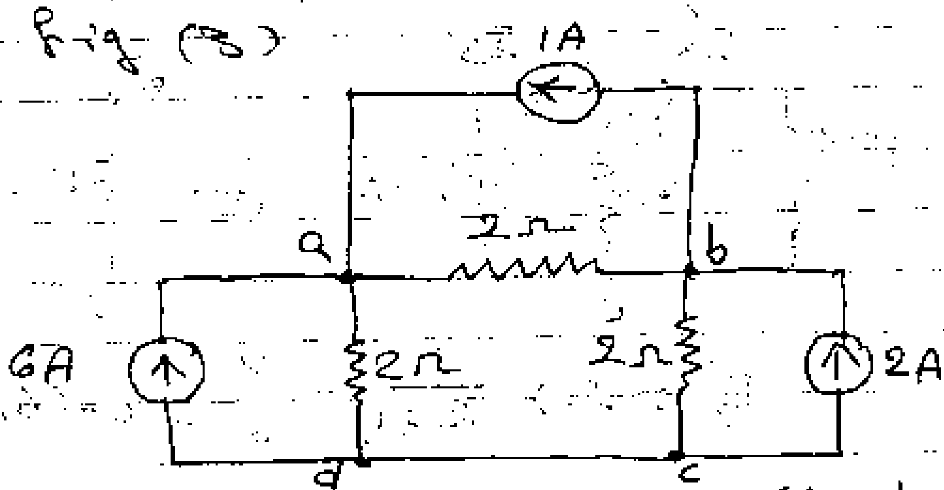
$R_t = 6+12 = 18\Omega$

$$\therefore I_2 = \frac{36}{18} = 2A$$

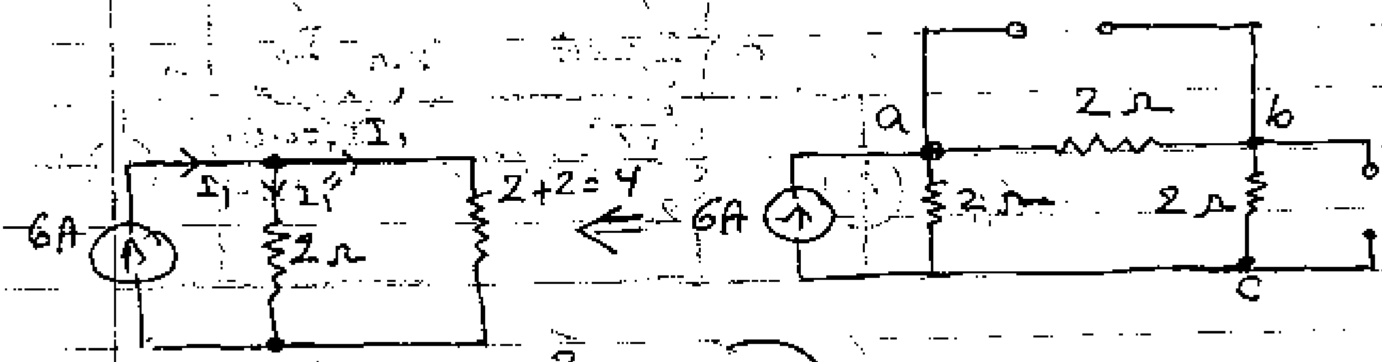
$$\therefore I_{ab} = I_1' + I_2$$

$$= 6 + 2 = 8A$$

Q3: using superposition theorem to find the current in branch a, b from the circuit show in fig (3)



1) Consider the current source 6A alone and deactivate the current sources 2A, 1A.

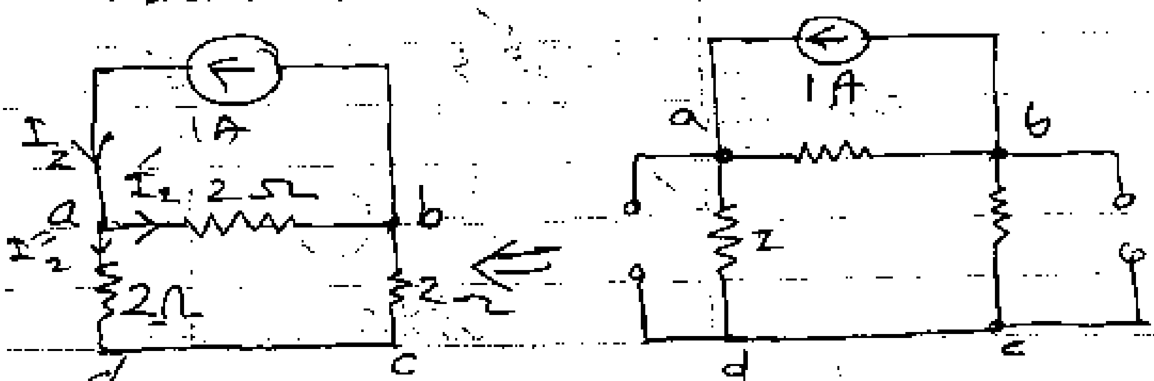


$$I_1' = 6 \times \frac{2}{2+4} = 2A$$

∵ R_{ab} Series with R_{bc}

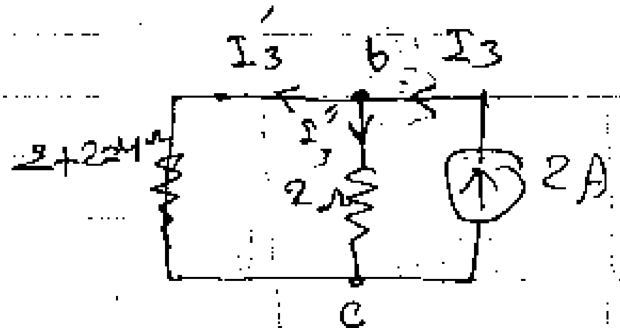
∴ $I_{ab} = \boxed{2A}$

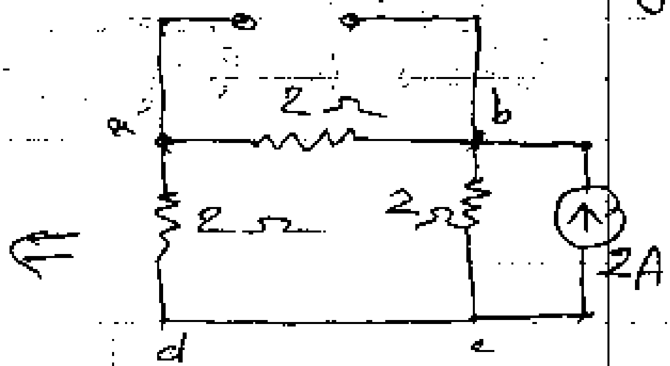
2) Consider the current source 1A alone!



$$\therefore I_2' = 1 \times \frac{4}{2+4} = \frac{4}{6} = 0.666A = I_{ab}$$

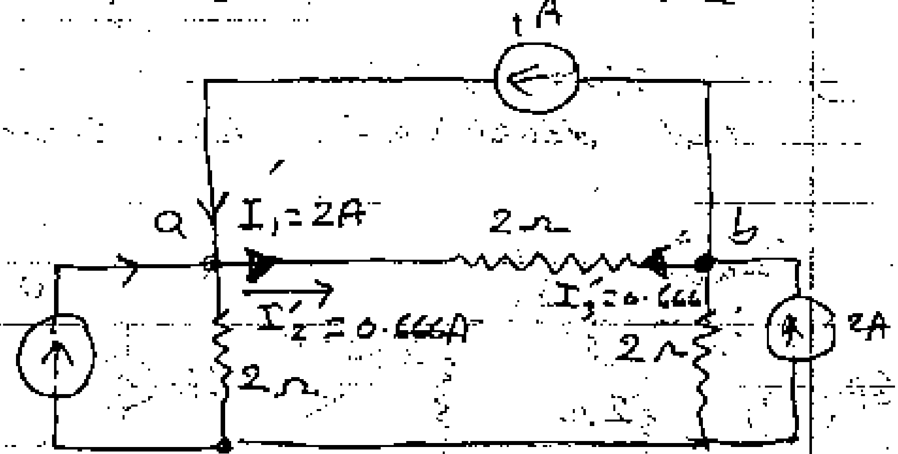
3) Consider the current source (2A) only





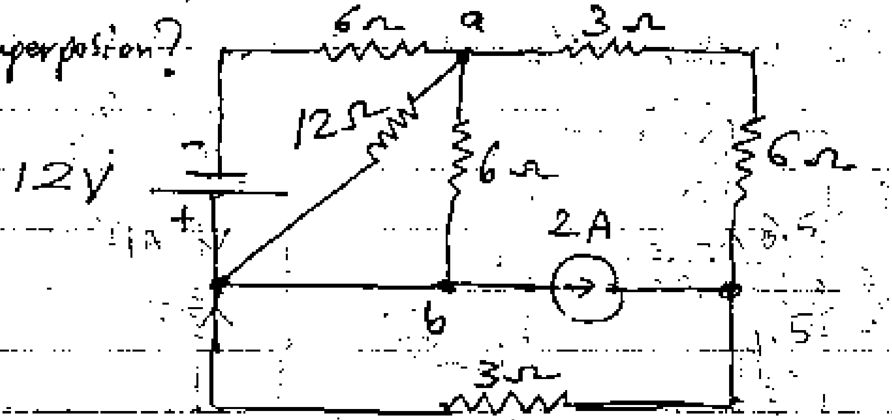
$$I_3' = 2 \times \frac{2}{2+4} = \frac{4}{6} = 0.666A = \underline{I_{ab}}$$

$\therefore$

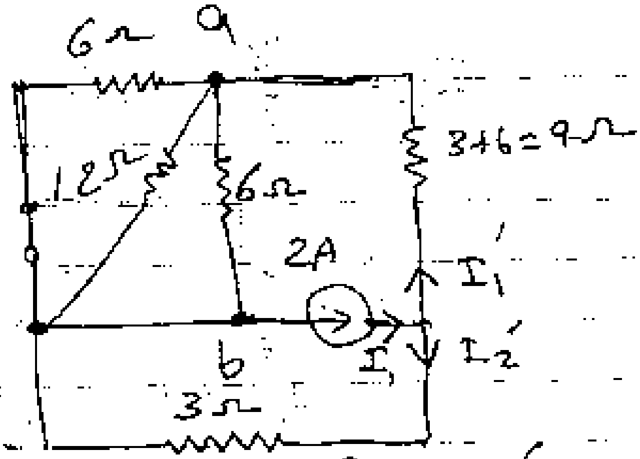


$$\therefore I_{ab} = I_1' + I_2' - I_3'$$
$$= 2 + 0.666 - 0.666 = 2A$$

Q4: Calculate the current in branch ab in the network shown in fig(4) using Superposion?

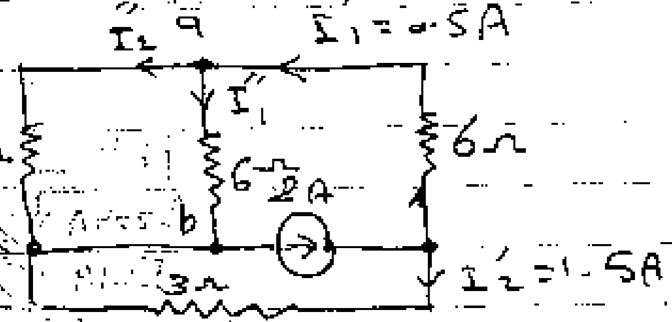


1) Consider the current source alone!



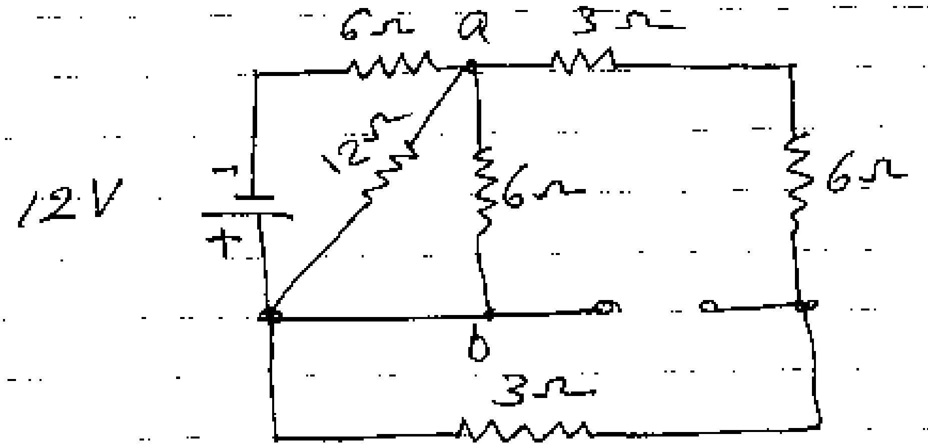
$$I_1' = I_1 \times \frac{3}{9+3} = 2 \times \frac{3}{9+3} = \frac{6}{12} = 0.5A \uparrow$$

$6 // 12 = \frac{6\times12}{12+6} = \frac{72}{18} = 4\Omega$

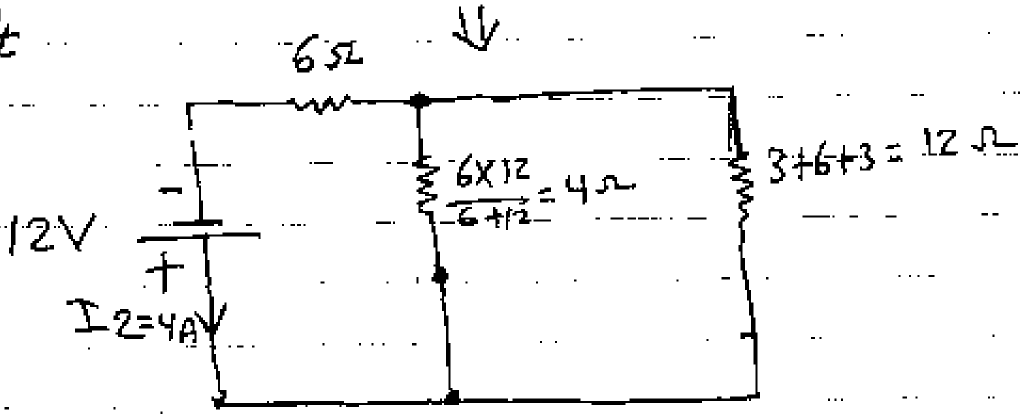


$$I_1'' = I_T \times \frac{4}{6+4} = 0.5 \times \frac{4}{10} = \frac{2}{10} = 0.2A \downarrow$$

2) Consider the voltage Source alone.

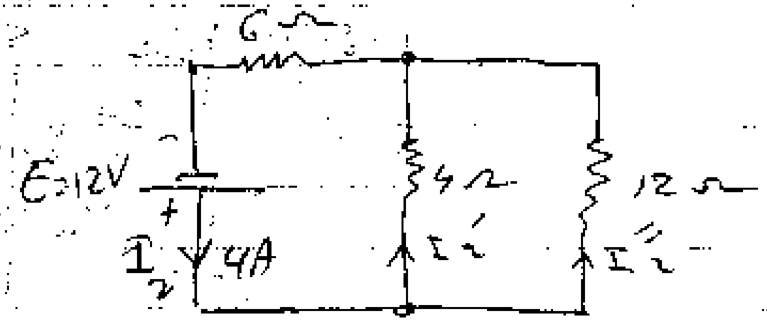


& find R_t

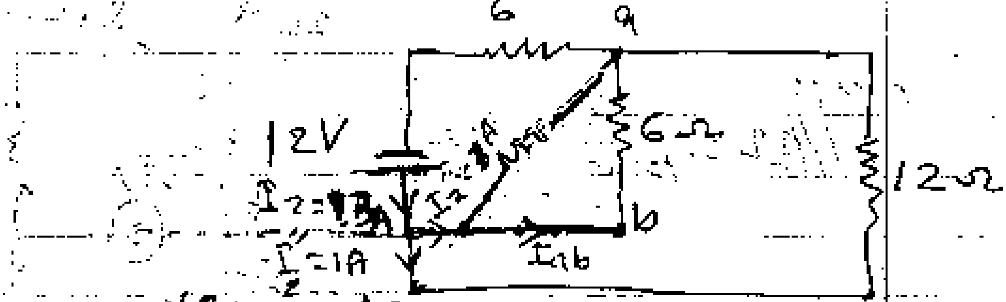


$$R_t = 6 + \frac{4\times12}{4+12} = 6 + \frac{48}{16} = 9\Omega$$

$$I_2 = \frac{12}{9} = 1.33A$$



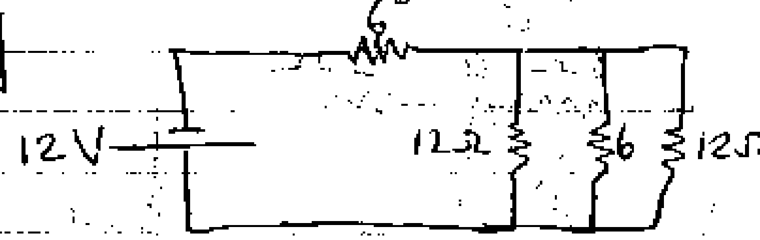
$$I_2' = 1.33 \times \frac{12}{4+12} = \frac{3.999}{4} = 1A \uparrow$$



$$I_{ab} = 1 \times \frac{12}{6+12} = \frac{12}{18} = 0.66A \uparrow$$

$$I_{ab} = 0.66 - 0.2 = 0.46A \uparrow$$

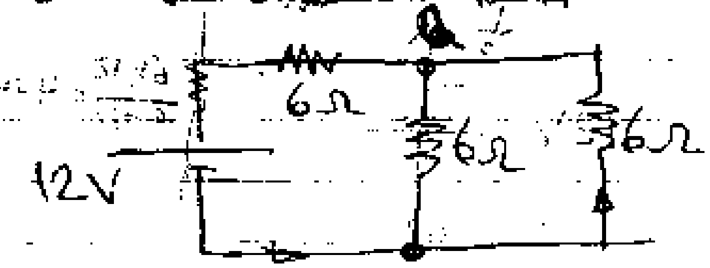
$\boxed{\text{or}}$



$$12 // 12 = \frac{12 \times 12}{12+12} = \frac{144}{24} = 6\Omega$$

$$I_{ab} = 1.333 \times \frac{6}{6+6} = \frac{1.333}{2} = 0.66A \uparrow$$

$$I_{ab} = 0.666 - 0.2 = 0.466A$$



$$I_2 = 1.33A$$

Thevenin's Theorm

the current flowing through a load resistor R_L Connected across any two terminals A, B of any network is given by

$$I_{th} = \frac{V_{ABo}}{R_{th}+R_L}$$

where:-

V_{ABo} or (V_{th}) = open circuit voltage (voltage across AB when R_L is removed

R_{th} = is the internal resistance as viewed back into the network from terminals AB with all voltage sources are replaced by short circuit

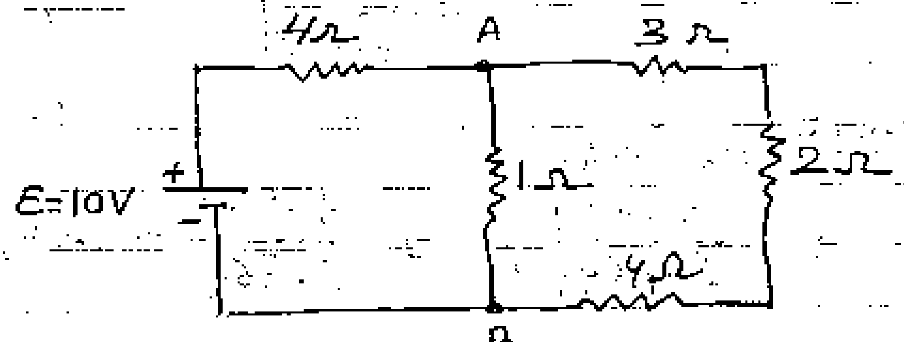
procedure

1- Remove the resistance whose current is required
2- Find the (V_{th}) or (V_{ABo}) which appears across the ~~two~~ terminals when resistance has been removed.
3- Compute (R_{th}) which is the resistance looked from the terminals after all sources of e.m.f are replaced by short circuit, and all sources of current are replaced by open circuit
4- Replace the whole network by single voltage V_{th} or (V_{ABo}) and single resistance R_{th}.
5- Connect R_L to this circuit
6- calculate the current into R_L

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

$$V_{th} = V_{ABo}$$

EXAMPLE:- For the circuit shown in Fig(1) find the current in branch AB using Thevenin's theorm.

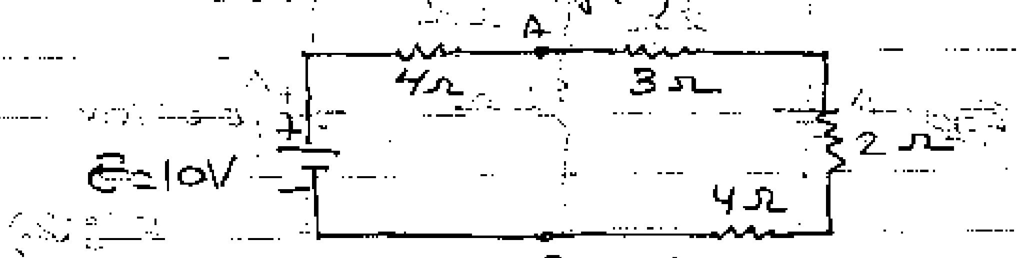


Fig(1)

Solution:-

(1) To find V_{th} or (V_{ABo}):-

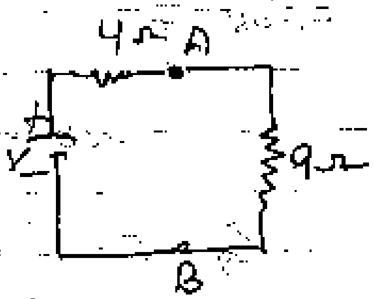
a- link(AB) is removed to give the circuit of fig(2)



Fig(2)

b- $$I_t = \frac{10}{4+3+4+2} = \frac{10}{13} = 0.769\,A$$

∵ Branch AB // (3+2+4)



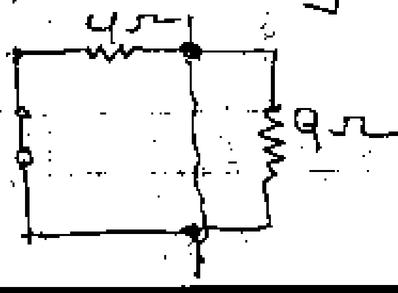
∴ $V_{AB} = V_{9\Omega}$

∴ $V_{9\Omega} = 0.769 \times 9 = 7.921\,V$

$= V_{ABo} = 7.921\,V$

2- To Find R_{th}

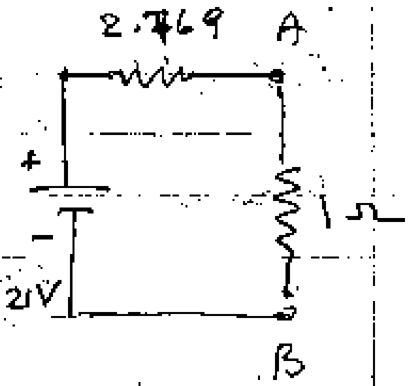
the resistance R between A, B is then found with the Battery short-circuited:-



∴ $$R_{th} = \frac{4 \times 9}{4+9} = \frac{36}{13} = 2.769\,\Omega$$

∴ $I_L = \frac{V_{th}}{R_{th}+R_L}$

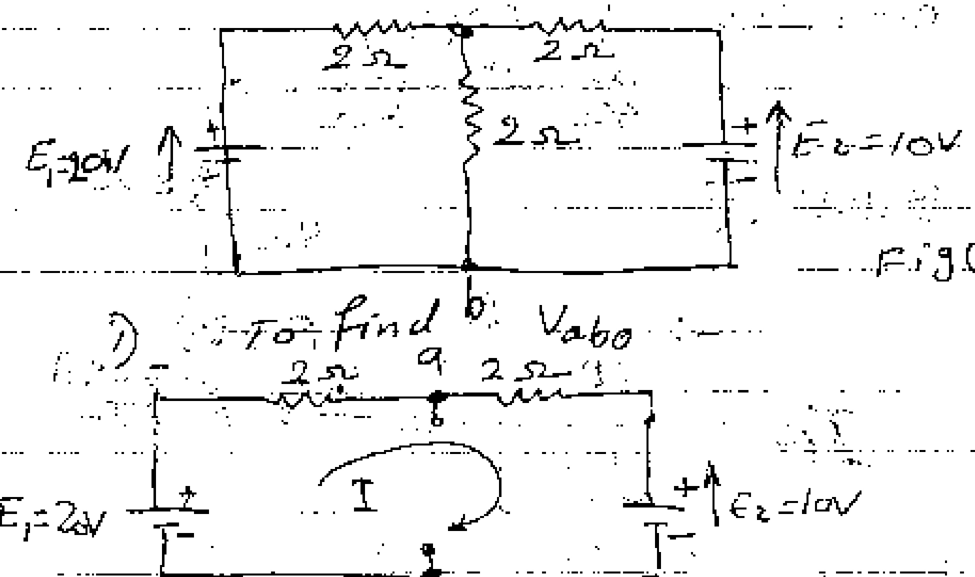
3- To find I_{th}



$$\therefore I_{th} = \frac{V_{th}}{R_{th} + R_L}$$

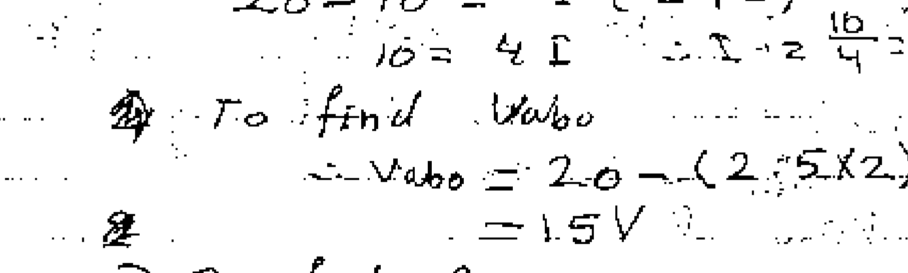
$$= \frac{7.921}{2.769 + 1} = \frac{7.921}{3.769} = 1.84A$$

Q_2: using thevenin's theorm to find the current between a, b for the circuit shown in fig (2)



Fig(2)

1) To find V_{abo} :-



$$20 - 10 = I(2+2)$$

$$10 = 4I \quad \therefore I = \frac{10}{4} = 2.5A$$

To find V_{abo}

$$\therefore V_{abo} = 20 - (2.5 \times 2)$$

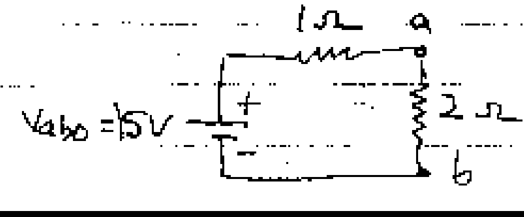
$$= 15V$$

2) To find R_{th} :-

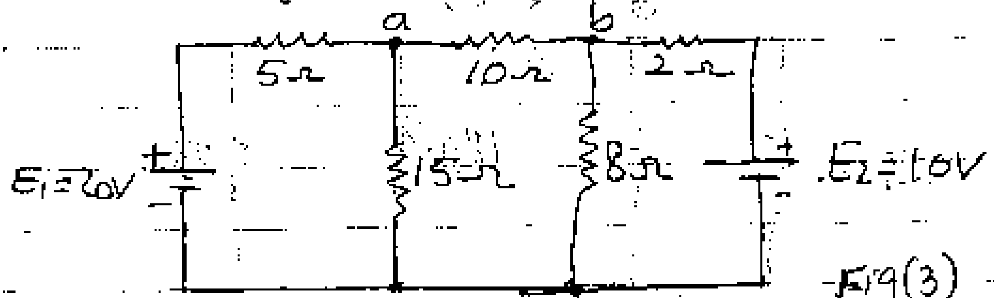
$$R_{th} = \frac{2 \times 2}{2+2} = \frac{4}{4} = 1Ω$$

3) To find I_{th}:

$$\therefore I_{th} = \frac{V_{abo}}{R_{th} + R_L} = \frac{15}{1+2} = 5A$$

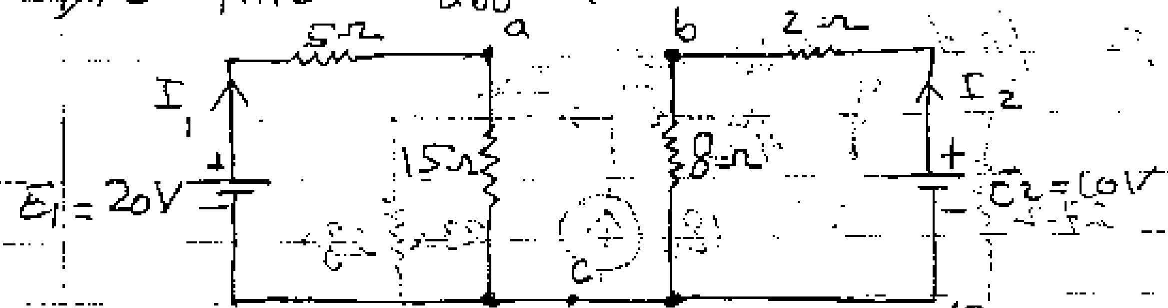


Q_3: Using Thevenin's theorem to find the current between a, b for the circuit shown in Fig. (3):-



Fig(3)

1) To find V_{abo} :-



$$I_1 = \frac{20}{5+15} = 1A \rightarrow I_2 = \frac{10}{2+8} = 1A$$

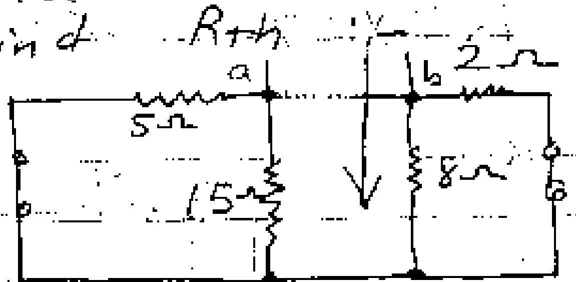
$V_{abo} = V_{AC} - V_{BC}$

$\therefore V_{AC} = 1 \times 15 = 15V$

$\therefore V_{BC} = 1 \times 8 = 8V$

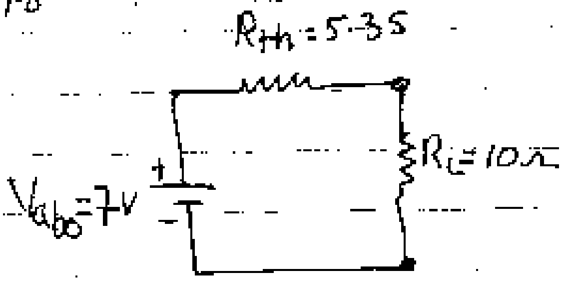
$V_{abo} = 15 - 8 = 7V$

2) To find R_{th}



$$\therefore R_{th} = \frac{5 \times 15}{5+15} + \frac{2 \times 8}{2+8} = 5.35\,\Omega$$

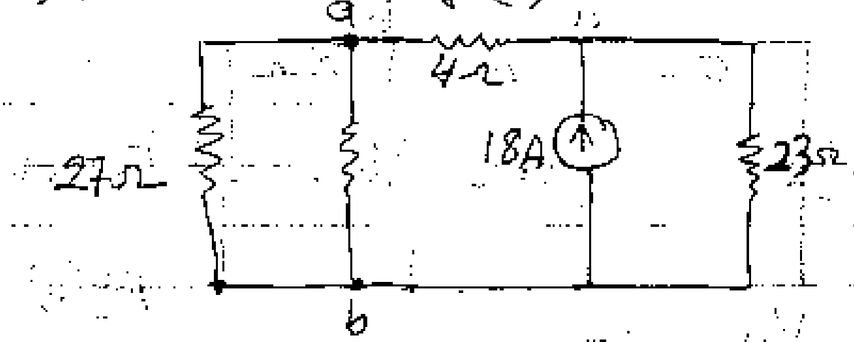
3) To find I_{th}:-



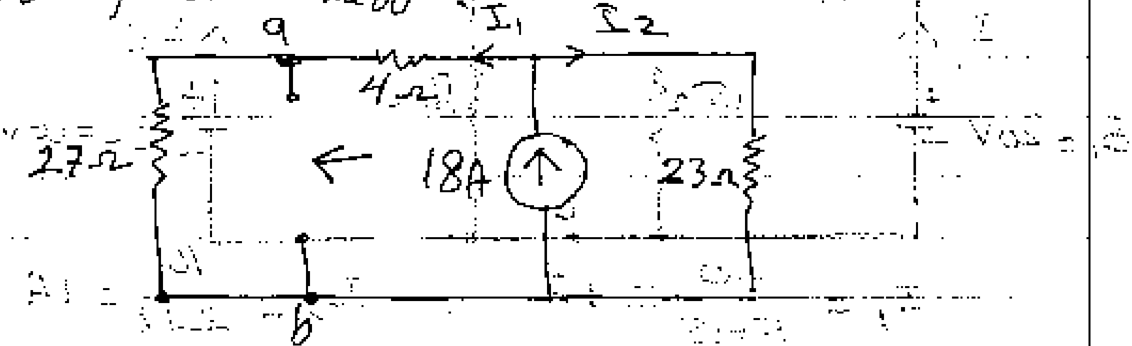
$$\therefore I_{th} = \frac{V_{abo}}{R_{th}+R_L}$$

$$= \frac{7}{5.35+10} = 0.46\,A$$ from A to B

Q4: using thevenin's theorem to find the voltage between a, b for the circuit shown in fig (4)



1) To find V_{abo}



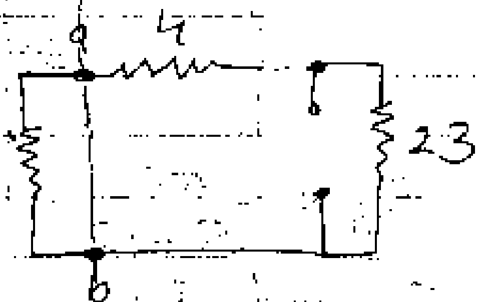
$V_{abo} \parallel 27\Omega \quad \therefore V_{27} = V_{abo}$

$$I_1 = 18 \times \frac{23}{(27+4)+23} = \cancel{18} \times \frac{23}{\cancel{54}_{3}} = \frac{23}{3} = 7.666A$$

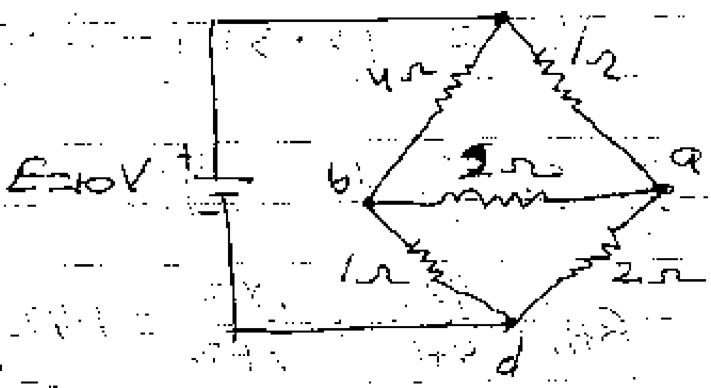
$$\therefore V_{27} = 7.666 \times 27 = V_{abo}$$

2) To find R_{th}

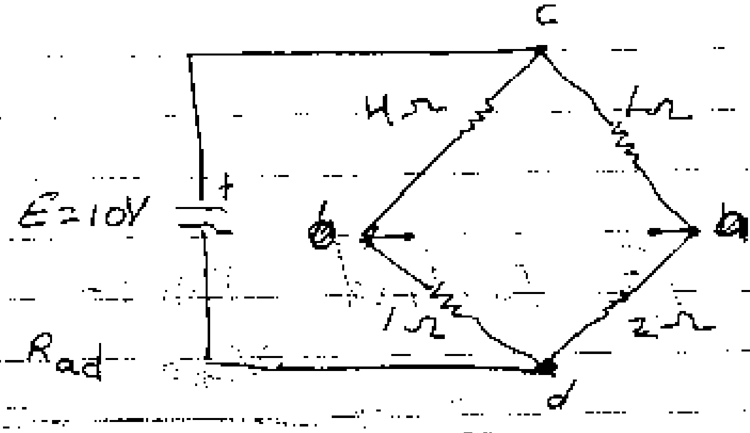
$$R_{th} = \frac{27 \times (4+23)}{27+27}$$



Q_5: Using thevenin's theorm to find the current between a, b from the circuit shown in fig (5)



1) To find V_{ab0} :-



R_{ac} series with R_{ad}

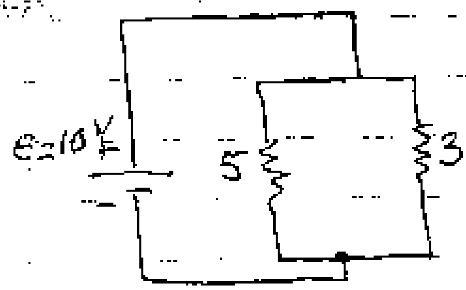
$1+2=3$

R_{cb} series with R_{bd}

$1+4=5\Omega$

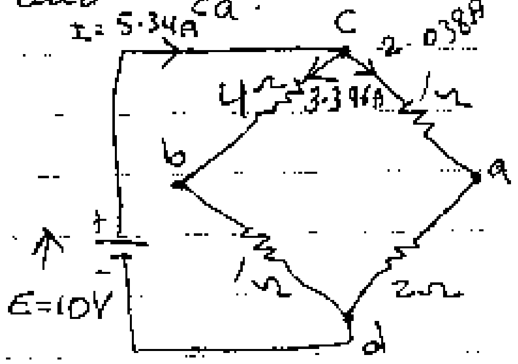
$5\Omega \parallel 3\Omega$

$$\frac{5\times3}{5+3}=\frac{15}{8}=1.84\,\Omega$$



$$\therefore\ I_t=\frac{10}{1.84}=5.434A$$

the voltage between a, b is the difference between V_{cb} and V_{ca} :-



$$I_{cbd}=5.434\times\frac{R_{cad}}{R_{cad}+R_{cbd}}$$

$$=5.434\times\frac{5}{5+3}=3.396A$$

$$\therefore I_{cad}=5.434-3.396$$

$$=2.038A$$

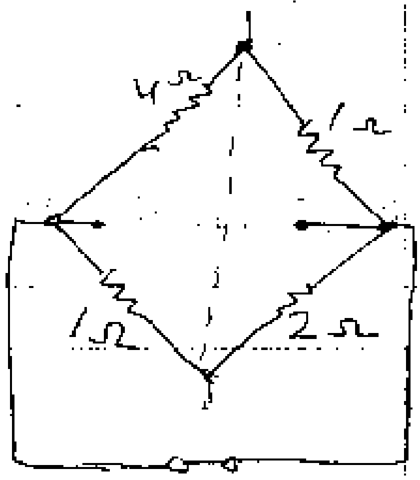
$\therefore V_{cb} = 4 \times 3.396 = 13.584\,V$

$V_{ca} = 1 \times 2.038 = 2.038\,V$

$V_{abo} = 13.584 - 2.038 = 11.546\,V$

2) To find R_{th}

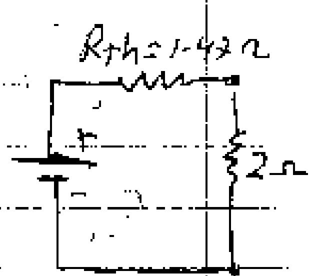
$$R_{th} = \frac{4 \times 1}{4+1} + \frac{1 \times 2}{1+2} = 1.47\,\Omega$$



3) To find I_{th} :-

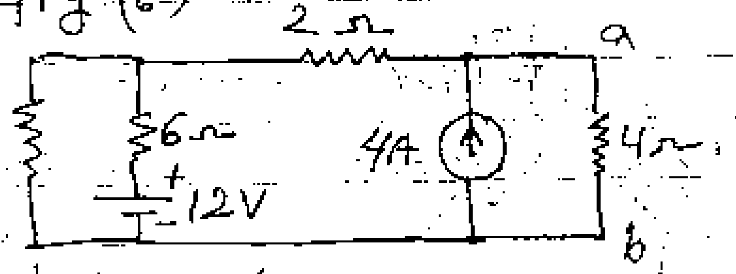
$$I_{th} = \frac{V_{abo}}{R_{th} + R_L} = \frac{11.546}{1.47 + 2}$$

$$= 3.333\,A$$

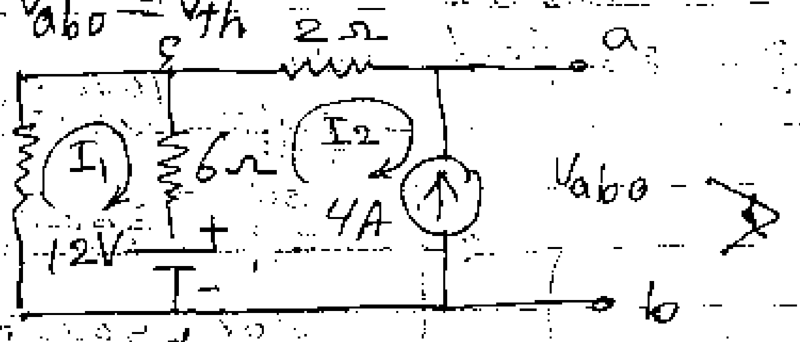


Q6 Using Thevenin's teorm to find the current between a, b from the circuit shown in fig (6)

Fig (6)



1) To find $V_{abo} = V_{th}$



loop ① for I_1 :-

$$-12 = I_1(3+6) - 6I_2$$

$$-12 = 9I_1 - 6 \times 4$$

$$\therefore I_1 = \frac{12}{9} = 1.333\ A$$

or $\quad 12 = -I_1(3+6) + 6I_2$

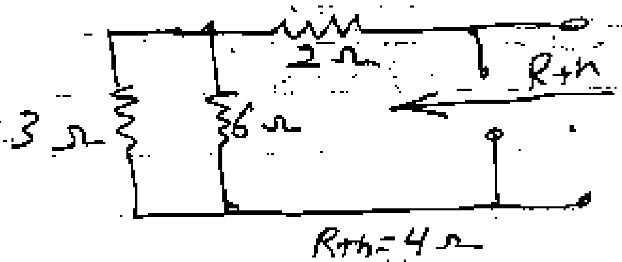
$$12 = -9I_1 + 24 \qquad \therefore I_1 = \frac{12}{9} = 1.333A$$

$$V_{abo} = V_{cd}$$

$$= 12 + 6 \times 1.333 = 20V$$

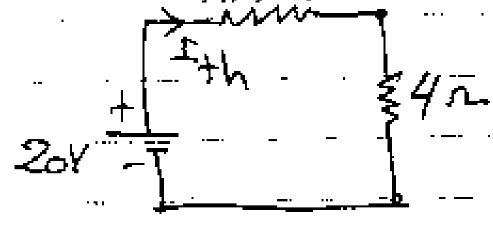
② To find R_{th}

$$R_{th} = 2 + \frac{3 \times 6}{3+6} = 4\Omega$$

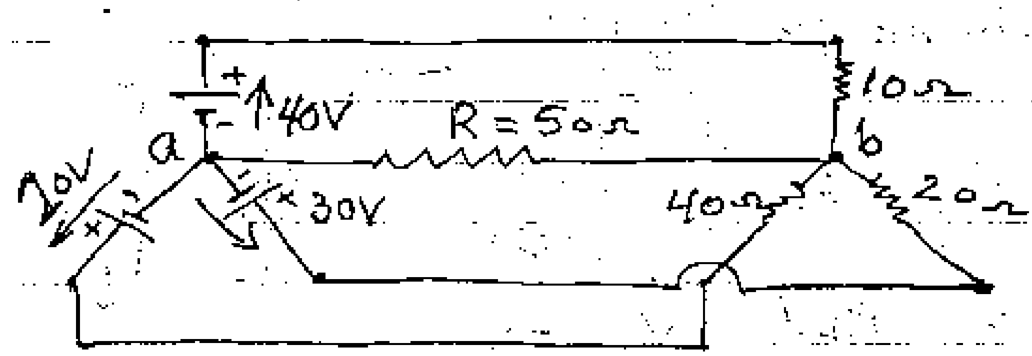


③ To find I_{th} :-

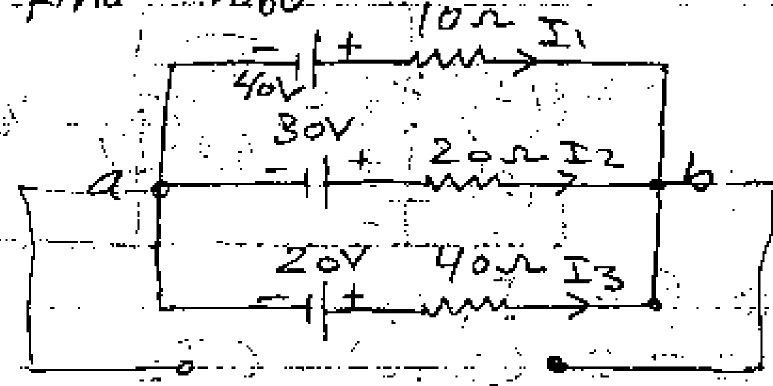
$$I_{th} = \frac{20}{4+4} = \frac{20}{8} = 2.5A$$



Q: Using Thevenin's theorm to find the current I ?



1) To find Vabo



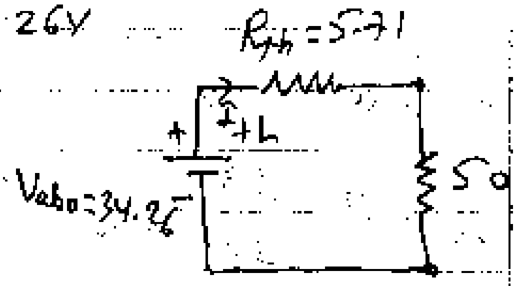
$I_1 = \frac{40}{10} = 4\,A$ $\quad I_2 = \frac{30}{20} = 1.5A$ $\quad I_3 = \frac{20}{40} = 0.5A$

$I_t = I_1 + I_2 + I_3 = 4 + 1.5 + 0.5 = 6A$

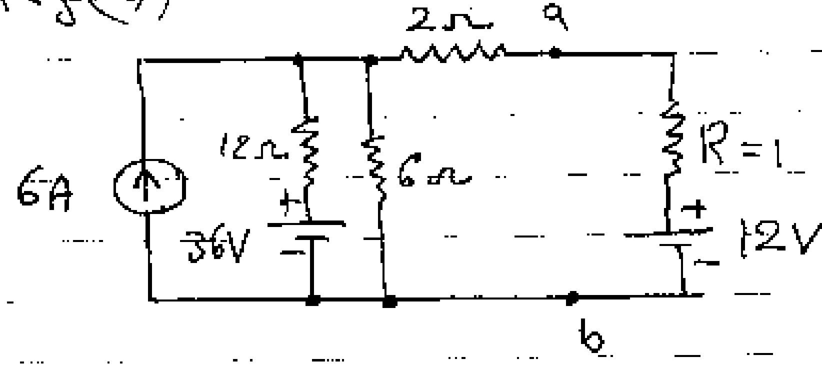
$R_{th} = \frac{10 \times 20 \times 40}{10 \times 20 + 10 \times 40 + 20 \times 40} = 5.71$

$\therefore V_{abo} = 6 \times 5.71 = 34.26V$

$I_{th} = \frac{34.26}{5.71 + 50} = 0.62A$



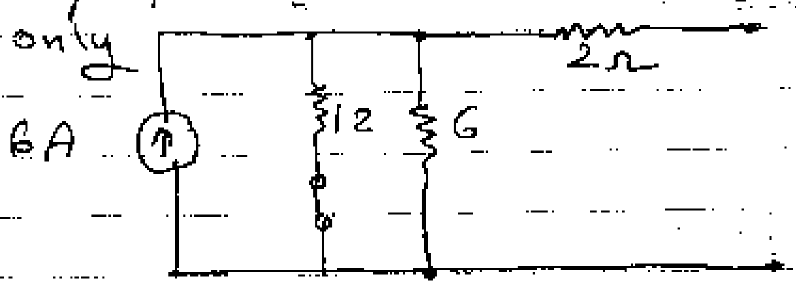
Q: use ~~superposition~~ Thevenin's theurm to find the current between a, b from the circuit shown in fig(4)



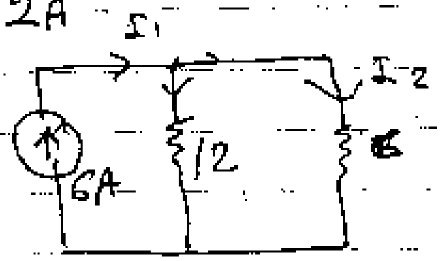
1) To find V_{abo} :-

we must use superposition theorm -

a) 6A source only

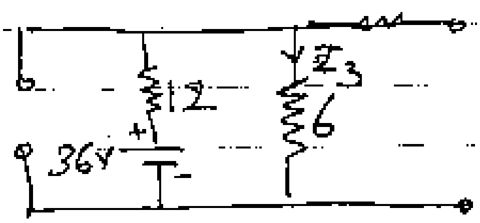


$R_{12}, R_6 \parallel$: $I_1 = \frac{6}{12+6} 6 = \frac{36}{18} = 2A$



$I_2 = 6 - 2 = 4A$

b) 36V source only :-

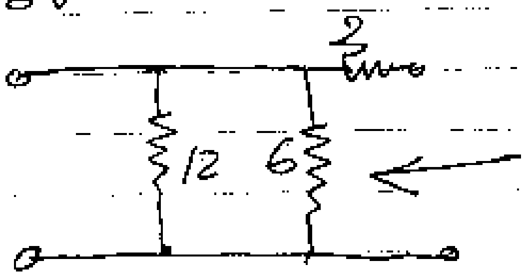


$I_3 = \frac{36}{18} = 2A$

$I_{6\Omega} = 4 + 2 = 6A$

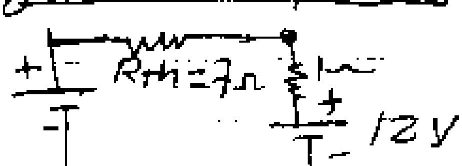
$V_6 = V_{abo} = 6 \times 6 = 36V$

2) To find R_{th}



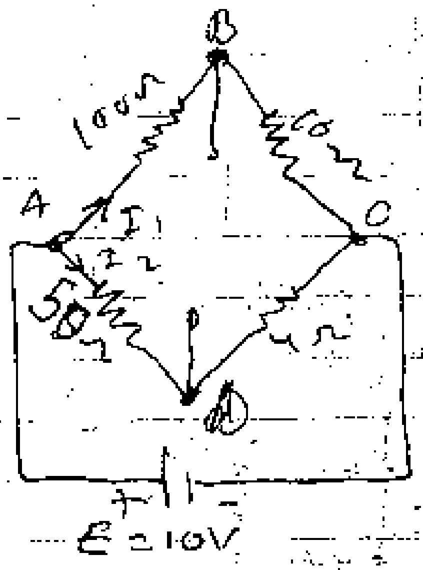
$R_{th} = \frac{12 \times 6}{12 + 6} + 3 = 7\Omega$

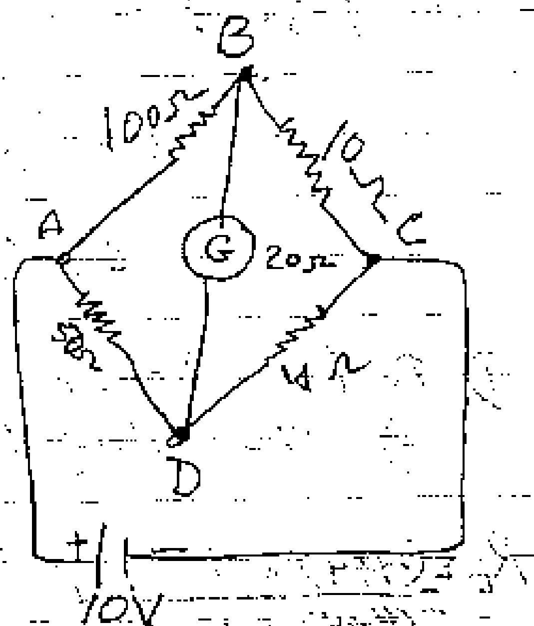
3) To find I_{th}



$I_{th} = \frac{36 - 12}{7 + 1} = \frac{24}{8} = 3A$

Q9 Using Thevenin's theorm to find the current in branch BD from the circuit shown in fig (6):-





1) To find V_{abo}

$$R_t = \frac{(10+100)(50+4)}{(10+100)+(50+4)} = \frac{110\times54}{110+54} =$$

$$I = \frac{10}{R_t} =$$

$I_1 =$

$I_2 =$

$\therefore V_{abo} = V_{BC} - V_{DC}$

$$V_{BC} = 10 \times \frac{10}{100+10} = 0.909\,V$$

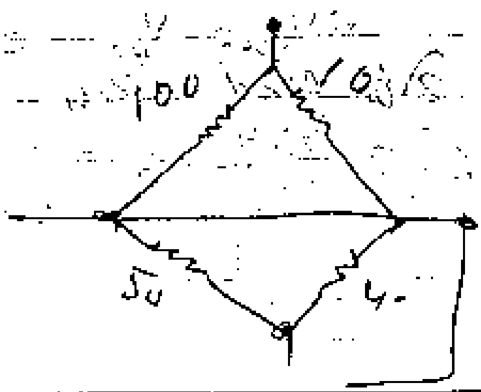
$$V_{DC} = 10 \times \frac{4}{4+50} = 0.714\,V$$

$\therefore V_{abo} = 0.909 - 0.714 = 0.168\,V$

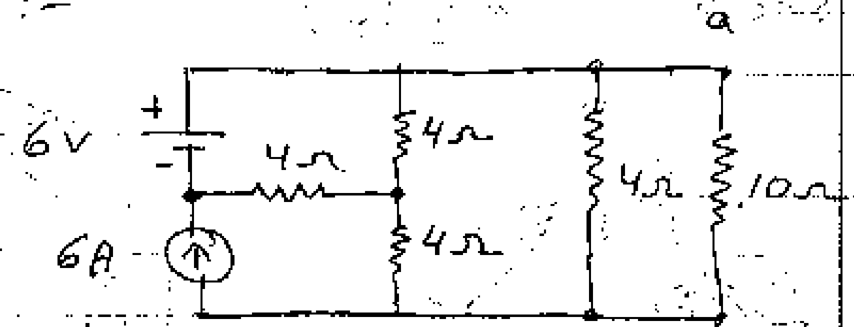
$$R_{th} = \frac{10\times100}{10+100} + \frac{50\times4}{50+4}$$

$= 12.79\,\Omega$

$$I_{th} = \frac{0.168}{12.79 + 20\,\Omega} = 5\,mA$$

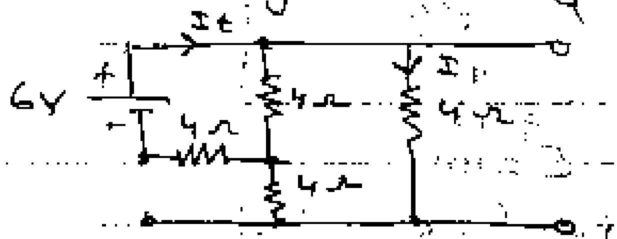


Q_{10}: Using thevenin's theorm & find the current I from the circuit shown in fig (10):-



1) To find V_{abo}, using superposition:-

a) the Voltag source only:-



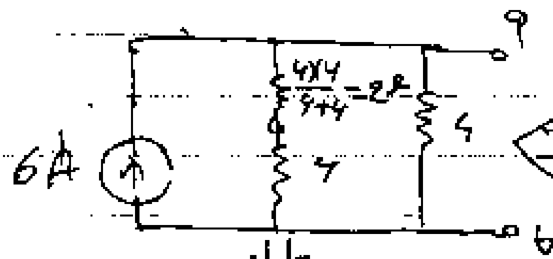
$$R_t = \frac{(4+4)\times 4}{(4+4)+4} + 4$$

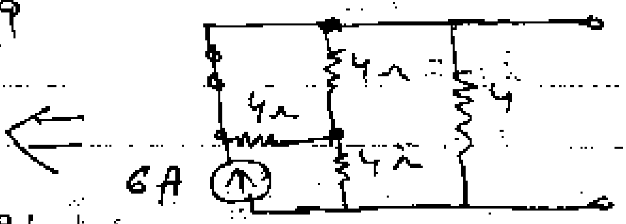
$$= \frac{32}{12} + 4 = 2.666 + 4 = 4.666\ \Omega$$

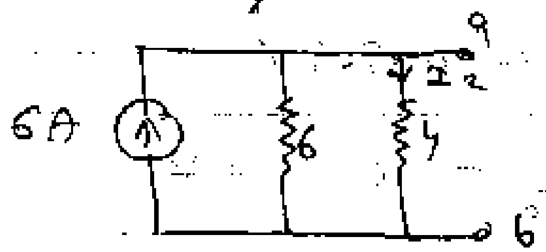
$$\therefore I_t = \frac{6}{4.666} = \qquad\qquad I_1 = \frac{6}{4.666} \times \frac{4}{8+4}$$

$$= 1.28 \times \frac{4}{12} = 0.426A$$

b) the Current Source only:-







$$I_2 = 6 \times \frac{6}{4+6} = \frac{36}{10} = 3.6A$$

$$\therefore I_{4\Omega} = I_1 + I_2 = 0.426 + 3.6 = 4.02\ A$$

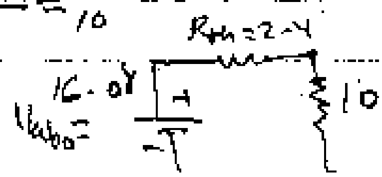
$$\therefore V_{abo} = V_{4\Omega} = 4 \times 4.02 = 16.08\ V$$

2) to find R_{th}

$$R_{th} = \frac{4\times 4}{4+4} + 4 = 2+4 = 6\ \Omega$$

$$R_{th} = \frac{6\times 4}{6+4} = \frac{24}{10} = 2.4\ \Omega$$

$$I_{th} = \frac{16.08}{10+2.4} = $$

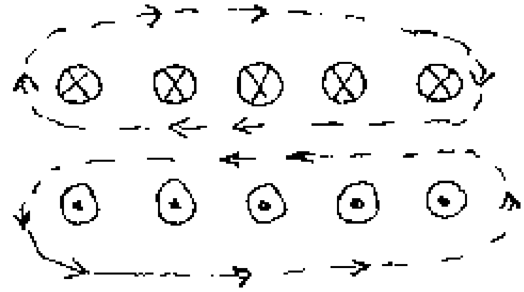


الكهرومغناطيسية
Electromagnetic

١- الكهرومغناطيسية هي دراسة وضعية المجالات المغناطيسية بأمرار التيارات الكهربائية خلال منظومة من الموصلات. وهذه الدراسة مهمة في المرحلة الأولى لأنها تنتج فهماً واضحاً لمعظم المكائن الكهربائية إضافة إلى أنها مهمة عند دراسة الدوائر الالكترونية وبالأخص في الاتصالات.

٢- استعراض المجال المغناطيسي:

لنفرض تجربة يؤدي تمديد خط المجال المغناطيسي حول محور ملف كما مبين في الشكل أدناه:-



شكل رقم (١)

⊙ = والتيار يخرج من مستوى الورقة (مقدمة السهم) (رأس)

⊗ = التيار يدخل مستوى الورقة (نهاية السهم) (ذيل)

أن النقطة تمثل مقدمة السهم. بينما علامة الضرب تمثل نهاية السهم الممثل للتيار المضاد

ويلاحظ بأن الممرات الناتجة متقاربة في مركز الملف حيث تكون الشدة أشد ما يمكن وتشتد المسافة بينهما أي شدة القوة. وتسمى هذه الممرات خطوط الفيض (lines of flux) وتبين الأشكال (٢) نموذجاً للظاهر المجال بترتيبات مختلفة من الموصلات الحاملة للتيار والتي يمكن الحصول منها على بعض خواص خطوط الفيض التالية:-

١- في مجال كهرومغناطيسي يشكل كل خط من خطوط المجال المغناطيسي دائرة كاملة حول موصل واحد حامل للتيار على الأقل. ويقال عنه أنه يرتبط (link) وهذا يحدث وصلة التدفق (flux linkage)

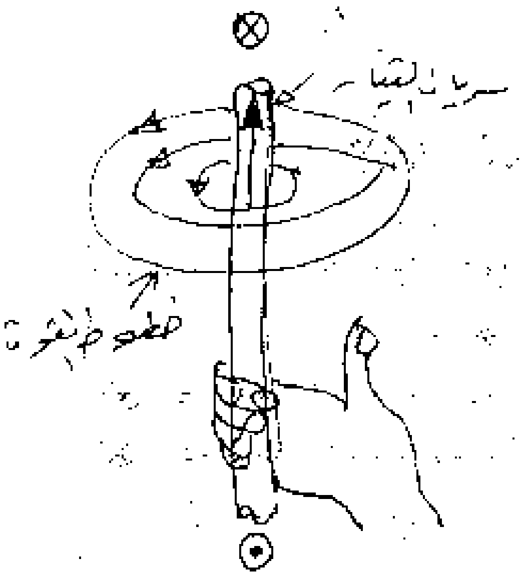
٢- يكون اتجاه خطوط التدفق نفس اتجاه القوة المسلطة على القطب الشمالي لإبرة البوصلة الموضوعة في نقطة ما في المجال الكهرومغناطيسي

٣- لا تتقاطع خطوط الفيض تماماً نظراً لأن محصلة القوة

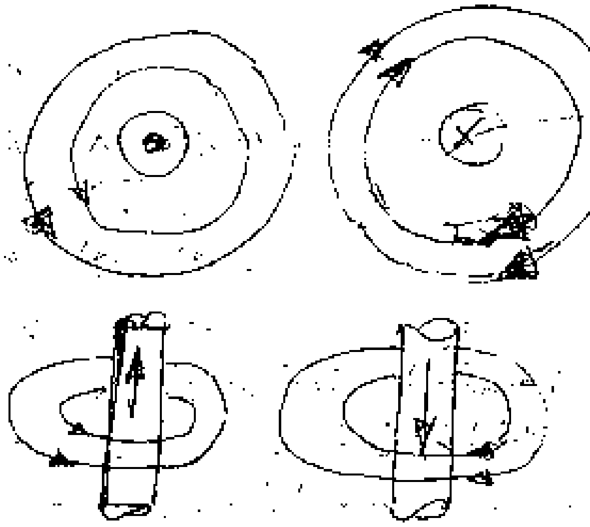
في أية نقطة في المجال الكهرومغناطيسي لها اتجاه واحد.
أن خط المجال المغناطيسي هو اصطلاح مفيد لتمثيل المجال المغناطيسي
إلا أنه من الضروري أن نتذكر بأن الخطوط ليس لها وجود حقيقي وإنما خيالية.
ومن المفيد أيضاً أن نتذكر بعض القواعد التي تربط اتجاه المجال مع اتجاه سريان التيار.

٣- قاعدة اليد اليمنى

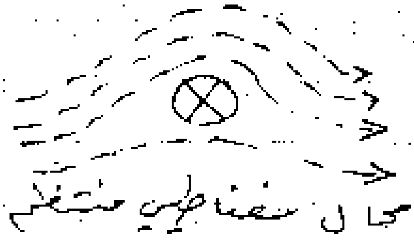
فلتبيان ذلك فإنه إذا أمسكنا الموصل باليد اليمنى بطريقة بحيث يشير الإبهام إلى اتجاه سريان التيار كانت بقية الأصابع مشيرة إلى اتجاه خطوط المجال حول الموصل كما موضح في الشكل أدناه.



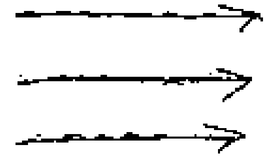
أ) قاعدة اليد اليمنى
(موصل مستقيم طويل)



ب) موصلان مستقيمان متوازيان باتجاهين متعاكسين.



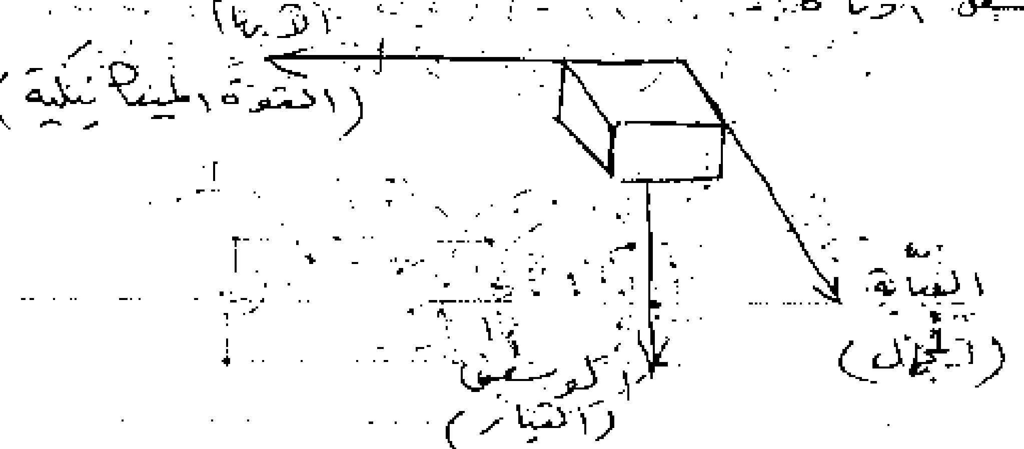
جـ) مجال مغناطيسي منتظم



د) موصل منفرد في مجال منتظم

٤- قاعدة اليد اليسرى

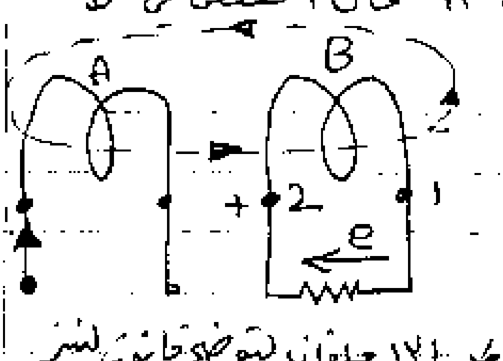
من الممكن تجريبياً أن نبين أن القوة الميكانيكية المسلطة على موصل تكون دائماً عمودية على المستوى المتكون من اتجاهي الموصل والمجال المغناطيسي. ويمثل اتجاه القوة بقاعدة اليد اليسرى المبينة في الشكل (٣) ومنها.



شكل (٣) قاعدة اليد اليسرى

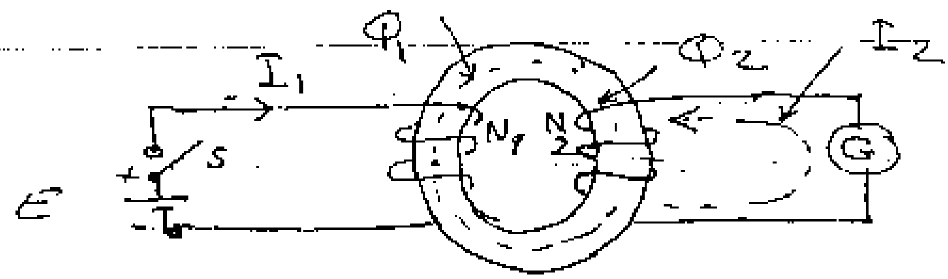
٥- قانون لينز:

ينص قانون لينز على أن القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في دائرة بواسطة تغير تدفق الوصلية تكون بقطبية بحيث تحاول توليد تيار يعاكس تغير تدفق الوصلية. وكتطبيق من هذا القانون لنفرض ملفين مشتركين قريبين من بعضهما كما مبين في الشكل (٢) وقد أكملت دائرة الملف B تماماً. فإذا ازداد التيار الذي يمر في الملف A فإن الفيض في B سيزداد ومن ثم تزداد وصلية الفيض في B والتي تولد قوة دافعة كهربائية في الملف B وهذه تسبب تياراً بحيث يولد فيضاً معاكساً للفيض الأصلي. ولكي نستوضح الفقرة السابقة يجب أن يكون الطرف 2 موجباً بالنسبة للطرف 1.



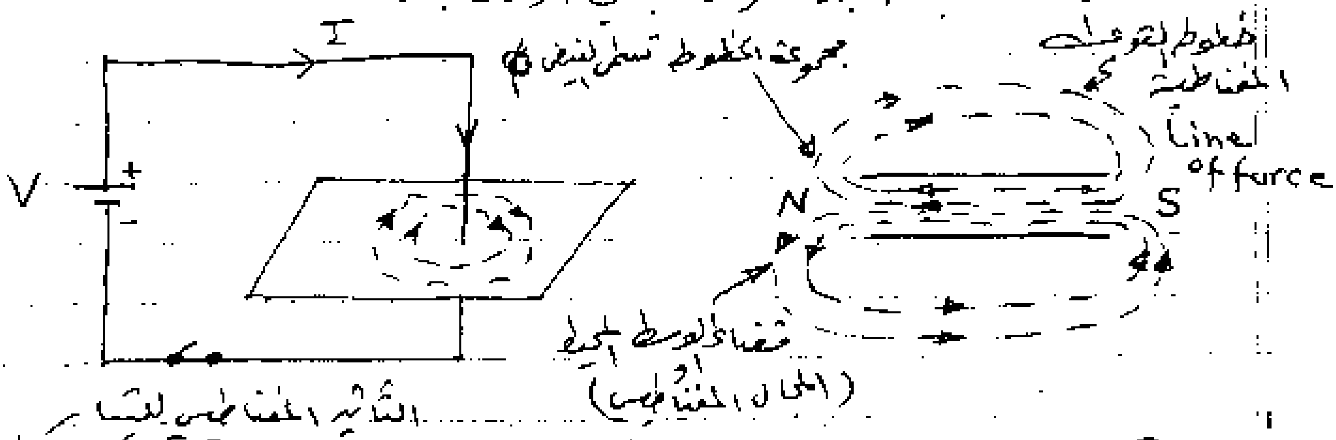
شكل (٢) ملفان لتوضيح قانون لينز

أن قانون لينز هو استمرار لقانون حفظ الطاقة بل هو تطبيق لها بالقاعدة القائلة أن لكل فعل رد فعل مساوٍ له بالمقدار ومعاكس له بالاتجاه.
ففي حالة تجربة الملفين السابقين A - B تحاول مقاومة الدائرة B منع التيار من الوصول إلى قيمته الكاملة بمنع وصول الفيض من التغير.
أن دائرة (فراداي) المشهورة والمبينة في الشكل أدناه ينطبق عليها قانون (لينز) أيضاً.



٦- الخواص العامة والمعروفة لخطوط القوى المغناطيسية

أ- أنها تكون على شكل حلقات مغلقة دائماً ولا يمكن أن توجد خطوط قوى سائبة أبداً وكما مبين أدناه:-



ب- جميع الحلقات التي تمثل خطوط القوى متداخلة أو متمركزة ولا يمكن أن تتقاطع خطوط هذه الحلقات إطلاقاً.

جـ- تتمتع بخاصية مطاطية مميزة تساعدها في الرجوع إلى موضعها الأصلي ثانياً بعد زوال القوة التي تبعدها عن ذلك الموضع

د- جميع الحلقات تكون متناظرة بالنسبة لمحور القطعة المغناطيسية التي تكونت فيها وعدم التناظر دليل لوجود قوة خارجية تسبب ذلك.

هـ- خطوط قوى رغم أن المتجاورة تتنافر إذا كانت اتجاهاتها متشابهة وتتجاذب إذا كانت متعاكسة

مختصرات المغناطيسية

١- القوة الدافعة المغناطيسية (f mm. f) Magnetomotive force

رمزها (F) وهي تتناسب مع عدد اللفات تناسباً طردياً .

$F = \boxed{IN}$ At (Ampere-turn)

٢- الفيض المغناطيسي : Magnetic flux

رمزه (ϕ) وهو يناظر التيار الكهربائي في الدائرة الكهربائية ووحدته (Web)

$F = \phi S \quad \therefore \phi = \frac{F}{S} \; \ldots \text{(Web)}$

حيث S هي المعاوقة وتناظر المقاومة في الدائرة الكهربائية

٣- شدة المجال المغناطيسي Magnetic field Intensity

هي القوة الدافعة المغناطيسية على وحدة الطول .. يرمز لها بالحرف

$H = \frac{F}{l} \quad \frac{At}{m}$ --- (1

or $H = \frac{IN}{l}$ ---- (2

or $H = \frac{IN}{2\pi r}$ $\left(\frac{\text{Amp-turn}}{m}\right)$ - (3

٤- كثافة الفيض المغناطيسي

Magnetic flux density

وتعرف على أنها مقدار الفيض المغناطيسي على وحدة المساحة

ووحدتها الـ Web/m^2 أو تسلا (T) ورمزها B

$B = \frac{\Phi}{A}$ ----- (1 ----- $\frac{Web}{m2}$ or (tesla)

or $B = \mu H$ --- (2

or $B = \frac{\mu F}{l}$ ----- (3

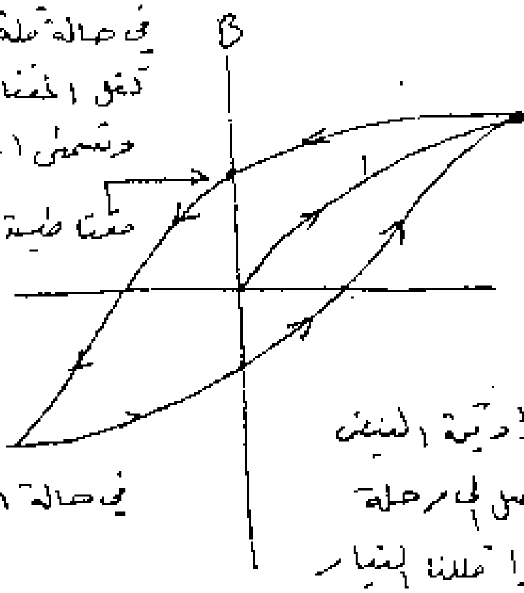
٥- المعاوقة : Reluctance

وهي شبيهة بالمقاومة في الدائرة الكهربائية ورمز (S) ووحدة

$S = \frac{l}{\mu A} \left[\frac{m}{\frac{H}{m} \cdot m^2}\right] = \frac{1}{H}$

٦

٦- دائرة الهسترة (التخلفية) ..... Hysteresis



ملاحظة: حتى يمكن زيادة الخطوط المغناطيسية علينا أن نزيد من قيمة H أي نرفع من قيمة التيار.

٧- الانفاذية:- permeability

إن الدليل لمعرفة خصائص المواد المغناطيسية يكون دائماً من خلال معرفتنا لنفاذيتها المغناطيسية. ويرمز للنفاذية عادة بالرمز (μ) وتكون قيمتها حاصل ضرب النفاذية المطلقة للهواء أو الفراغ في المطلق (μ_0) والانفاذية النسبية (μ_r)

$$\mu = \mu_0 \mu_r \quad ------ \quad (1)$$

حيث أن:-

μ_0 = absolute permeability النفاذية المطلقة

μ_r = Relative permeability النفاذية النسبية

~~تمثل هذه النفاذية العلاقة بين كثافة الفيض (B) وشدة المجال المغناطيسي (H)~~

أ - μ_o (النفاذية المطلقة) Absolute permeability

آ نفاذية (μ_o) هو عدد ثابت مقداره $4\pi \times 10^{-7}$ H/m

$$\mu_o = 4\pi \times 10^{-7} \ H/m \quad --- (2)$$

وتبين هذه النفاذية العلاقة بين كثافة الفيض (B) وشدة المجال المغناطيسي (H)

$$\boxed{B = \mu H}$$

ب - μ_r (النفاذية النسبية) Relative permeability

وهي نسبة النفاذية المطلقة الى نفاذية الفراغ

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_o} \quad ----- (3)$$

وتعتبر الانفاذية النسبية (μ_r) واحداً وكذلك لبقية المواد الحديدية المغناطيسية (Ferromagnetic Materails) كالحديد والكوبلت والنيكل والتي يمكن أن تكون لها أنفاذية نسبية ذات قيم عالية جداً حيث كل تعطى في جدول خاص. وبأستعمال أية مميزات ممغنط يمكن أن نحسب قيم الانفاذية النسبية العائدة الى قيم شدة المجال المغناطيسي أو كثافة الفيض المغناطيسي B من العلاقة التالية :-

$$\boxed{B = \mu_o \mu_r H}$$

٨ - علاقة القوة الدافعة المغناطيسية بشدة المجال

$$F = IN \quad --- (1)$$

$$H = \frac{IN}{l} \quad ---- (2)$$

H = Magnetic field intensity

$$\therefore IN = Hl \quad --- (3)$$

$$\therefore F = Hl \quad ---- (4)$$

ولهذا يعني بأن شدة المجال هي القوة الدافعة المغناطيسية على وحدة الطول

٩ - علاقة القوة الدافعة المغناطيسية m.m.f بالفيض المغناطيسي Φ

$$F = \Phi \cdot S$$

Φ = flux (magnetic flux) .. تقاس بالوبر (Web)

S = Reluctance ... (1/H) الممانعة

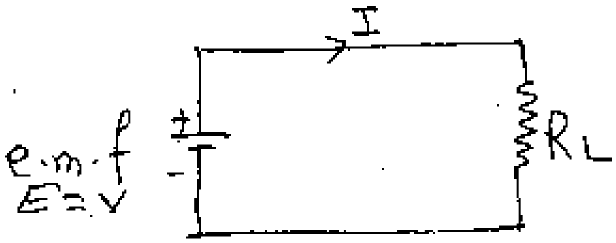
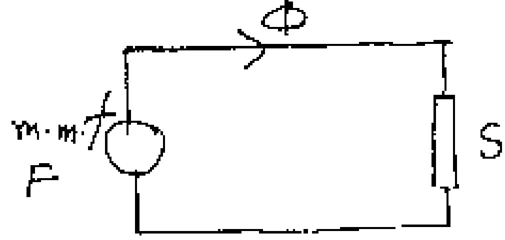
٩- علاقة شدة المجال المغناطيسي (H) بالنسبة للتيار المار في الموصل

$$H = \frac{IN}{2\pi r} \quad --- (1)$$

وفي حالة أن قيمة $N=1$ (أي عدد اللفات واحداً)

$$H = \frac{I}{2\pi r} \quad --- (2)$$

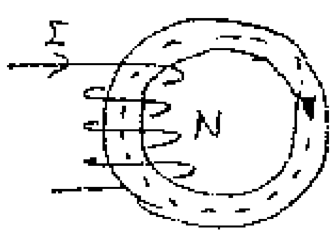
١٠- مقارنة بين الدائرة الكهربائية والدائرة المغناطيسية

الدائرة الكهربائية	الدائرة المغناطيسية
	
$E = IR$ ---(V) $R = \rho \frac{l}{a}$ ---(Ω) $G = \frac{1}{R}$ ---(سيمنز)	$F = IN = \Phi S$ ---(Am.turn) $S = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{l}{a}$ ---- 1/H $\Lambda = \frac{1}{S}$

س① في الدائرة المغناطيسية أدناه.. وإذا كان $IN=40At$ أوجد شدة المجال المغناطيسي (H) علماً أن طول محيط الحلقة الحديدية
$l = 0.2m$

$$H = \frac{F}{l} = \frac{IN}{l}$$

$$H = \frac{40}{0.2} = 200\ At/m$$



س② أحسب شدة المجال المغناطيسي وكثافة الفيض المغناطيسي للشكل المبين في أدناه:

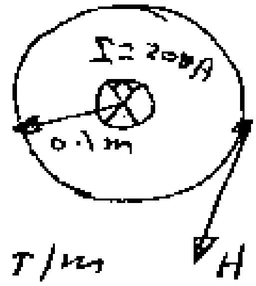
الحل:

$I = 200A$

$r = 0.1m$

$$\therefore H = \frac{IN}{2\pi r}$$

$$= \frac{200 \times 1}{2\pi \times 0.1} = \frac{1000}{\pi}\ AT/m$$



$$\therefore B = \mu H$$

$$= \mu_o \mu_r H$$

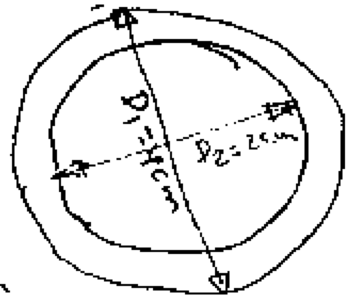
$$= 4\pi \times 10^{-7} \times 1 \times \frac{1000}{\pi} = 4 \times 10^{-4}\ web/m^2 (T)$$

س③ مغناطيس حديدي يتكون من جزئين كل منهما ذو مساحة مقطع دائري الشكل. قطر الجزء الأول $2Cm$ والثاني $4Cm$، ما هي كثافة الفيض في كل من جزئي المغناطيس إذا كان الفيض المار فيه يساوي $0.5\ mWeb$

الحل:

ملاحظة مهمة: أن الفيض المار في الجزئين هو واحد لا يتغير

$$\Phi_1 = \Phi_2$$



$D_1 = 2Cm \quad \therefore r_1 = \frac{2}{2} = 1\ Cm$

$D_2 = 4Cm \quad \therefore r_2 = \frac{4}{2} = 2\ Cm$

$\therefore r_1 = 1 \times 10^{-2}\ m$

$r_2 = 2 \times 10^{-2}\ m$

$$B_1 = \frac{\Phi}{A_1} = \frac{0.5 \times 10^{-3}}{\pi \times (1 \times 10^{-2})^2} = 1.59\ Tesla$$

$$B_2 = \frac{\Phi}{A_2} = \frac{0.5 \times 10^{-3}}{\pi (2 \times 10^{-2})^2} = 0.398\ Tesla$$

وقطره 4cm ونفاذيته تساوي 1mH/m

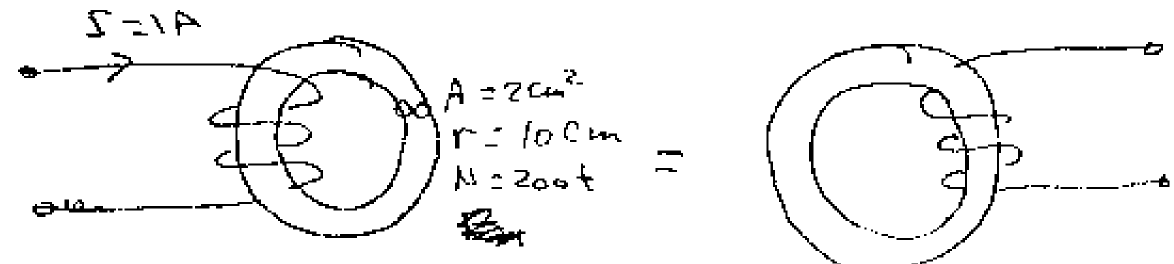
الحل:

$$\mu = \mu_r \mu_0 = 1\, mH/m$$

$$\therefore S = \frac{l}{\mu a} = \frac{31.4\times10^{-2}}{1\times10^{-3}\times\frac{1}{4}\pi\times(2\times10^{-2})^2}$$

$$= \frac{31.4\times10^{-2}}{1\times10^{-3}\times\frac{1}{4}\times12.57\times10^{-4}} = 2.5\times10^{4}\ AT/Wb$$

س: حلقتان متماثلتان متوسط نصف قطر كل منهما 10cm ومساحة مقطعيهما 2cm² . الأولى من الخشب والثانية من الفولاذ . فاذا علمت بأن كثافة الفيض للحلقة الفولاذية مقدارها 1.15T وشدة مجالها المغناطيسي H = 318 AT/m جد نسبة الفيض فيهما عندما يوضع على كل منهما ملف يحتوي على 200t ويمر فيه تيار مقداره 1A



حلقة خشبية — فولاذية

الحل:

نستخرج شدة المجال المغناطيسي التي تكون نفسها في كل من الحلقتين

$$H = \frac{IN}{2\pi r} = \frac{1\times200}{2\pi\times10\times10^{-2}} = 318\ AT/m$$

كثافة الفيض للحلقة الخشبية

$$\therefore B_1 = \mu H = 4\pi\times10^{-7}\times1\times318 = 0.4\times10^{-3}\ T$$

∴ الفيض المغناطيسي في الحلقة المعدنية

$$\Phi_2 \text{ حديد} = B_2 A$$

$$= 1.15\times2\times10^{-4} = 2.3\times10^{-4}\ Web$$

والفيض المغناطيسي للحلقة الخشبية

$$\Phi_1 \text{ خشب} = B_1 A$$

$$= 0.4\times10^{-3}\times2\times10^{-4} = 0.8\times10^{-7}\ Web$$

$$\therefore \frac{\Phi_2}{\Phi_1} = \frac{2.3\times10^{-4}}{0.8\times10^{-7}} = 2875$$

ملاحظة مهمة: نلاحظ من هذا المثال البسيط بأن الفيض المغناطيسي المتكون في الحلقة الحديدية ذات القابلية العالية للإنفاذ يزيد بـ 2875 مرة من الفيض

[illegible]

مثال رقم (٦)

An Iron ring (100cm) mean circumference is made from round iron of $A = 10\,cm^2$ its $\mu_r = 500$. if its wound with 200 turns, what current will be required to produce flux of 0.1×10^{-2} web?

$$S = \frac{l}{\mu_o \mu_r a} = \frac{100 \times 10^{-2}}{4\pi \times 10^{-7} \times 500 \times 10 \times 10^{-4}}$$

$$= 1.59 \times 10^{6} \quad AT/web$$

$$\phi = \frac{F}{S} = \frac{IN}{S}$$

$$\therefore IN = \phi S$$

$$2000 \times I = 0.1 \times 10^{-2} \times \frac{100 \times 10^{-2}}{4\pi \times 10^{-7} \times 500 \times 10 \times 10^{-4}}$$

$$200\, I = 0.1 \times 10^{-2} \times 1.59 \times 10^{6}$$

$$\therefore I = 7.9A$$

مثال رقم (٧)

ما هو الجهد الذي لو سلط على ملف يتكون من 1500 لفة ومعاوقته 750Ω ليسبب قوة دافعة مغناطيسية مقدارها 240 A.T ؟

$$I = \frac{F}{N} = \frac{240}{1500} = 0.16A$$

$$V = IZ = 0.16 \times 750 = 120V$$

مثال رقم (٨)

مغناطيس كهربائي يتكون من حلقة متوسط طولها 30cm وملف يحتوي على 400t لفة ويمر فيه تيار مقداره 300 mA ما هي شدة المجال المغناطيسي لهذه الحلقة

$$F = IN = 300 \times 10^{-3} \times 400 = 120 \quad A.T$$

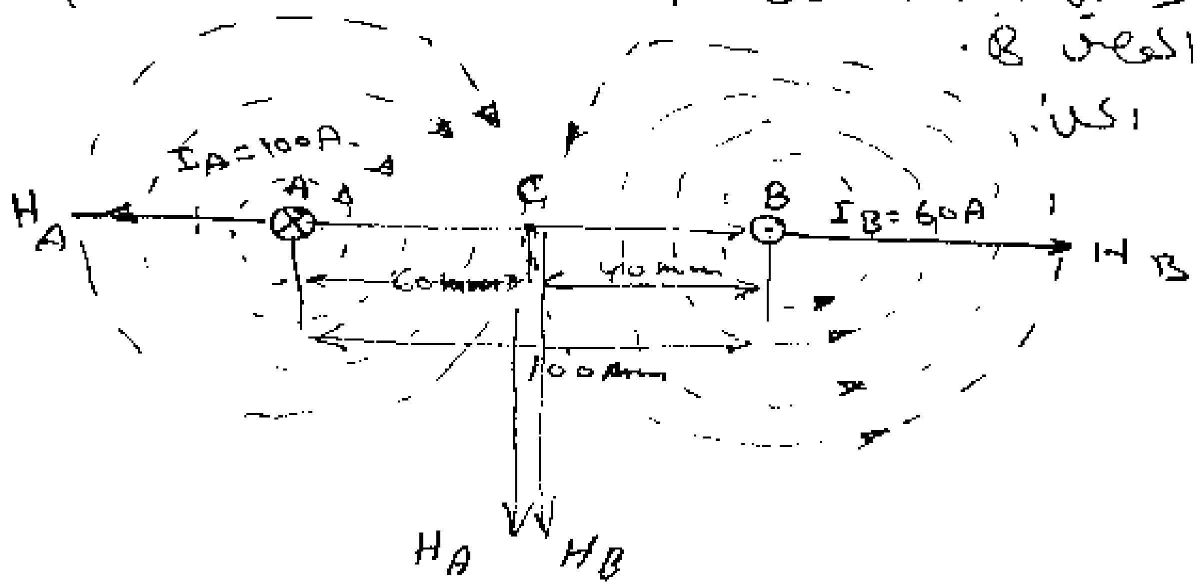
$$H = \frac{F}{l} = \frac{120}{30 \times 10^{-2}} = 400 \quad AT/m$$

١٤

مثال رقم (٨):

موصلان متوازيان A, B وضعا على بعد 100mm في الهواء ويحمل الموصل A تياراً مقداره 100A في اتجاه معين بينما يحمل الموصل B تياراً مقداره 60A في عكس الاتجاه. أحسب القوة المغناطيسية (شدة المجال المغناطيسي) في نقطة C والتي تبعد 60mm عن الموصل A و 40mm عن الموصل B.

الحل:



$$H_A = \frac{I_A N_A}{2\pi r_A} = \frac{100\times 1}{2\pi\times 60\times 10^{-3}} = 265\ AT/m$$

$$H_B = \frac{I_B N_B}{2\pi r_B} = \frac{60\times 1}{2\pi\times 40\times 10^{-3}} = 239\ AT/m$$

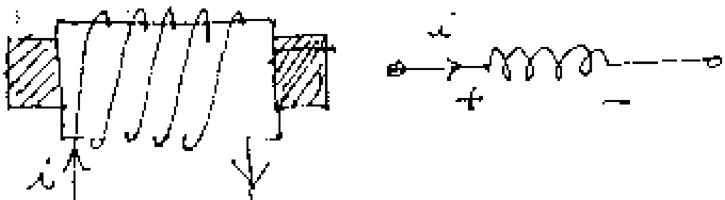
وبما أن كلا القوتين المغناطيسيتين تعملان سوياً في الاتجاه لذلك فإن محصلة شدة المجال المغناطيسي في النقطة C تساوي:

$$H_C = H_A + H_B$$
$$= 265 + 239 = 504\ AT/m$$

١٤

٣- المحاثة Inductance

تستخدم المحاثة في الدوائر الكهربائية لخزن الطاقة في المجال المغناطيسي وتتألف المحاثة عادة من ملف من سلك موصل ملفوف على لب حديدي



أن سريان التيار i في ملف يؤدي الى نشوء مجال مغناطيسي واذا كان التيار متغيراً مع الزمن فان المجال المغناطيسي يتغير بدوره مع الزمن. وبما أنه من المعلوم أن تغير المجال المغناطيسي مع الزمن يؤدي الى نشوء فولتية عبر الملف وهذه الفولتية تحاول منع تغير التيار الاصلي. ويعبر عنها بصيغة رياضية بالصيغة:-

$$V = L \frac{di}{dt} \quad --- (1$$

L = inductance (Henry) --- المحاثة

الطاقة المخزونة في المحاثة

ان الطاقة المخزونة في ملف خلال فترة زمنية dt هي

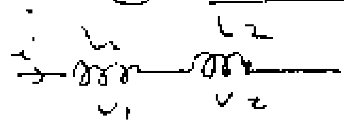
$$dW = i V dt$$

وبالاستعاضة عن V بالمعادلة رقم (1) نجد أنه إذا كان التيار المار في المحاثة هو I فان الطاقة المخزونة في الملف هي:-

$$\boxed{W = \frac{1}{2} I L^2}$$

ربط المحاثات : تحسب كما في المقاومات

① الربط على التوالي



$L = L_1 + L_2$

$i = i_1 = i_2 = i_3$ --- (1

$V_t = V_1 + V_2 + V_3$ --- (2

② الربط على التوازي

$L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$

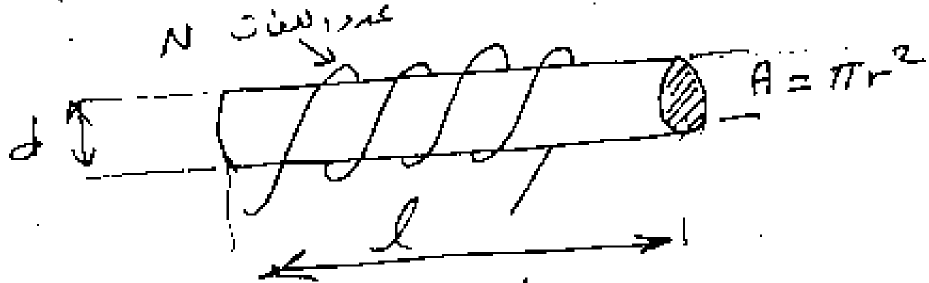
$V_t = V_1 = V_2 = \ldots$ (3

$i = i_1 + i_2$ --- (4

الحاثة الذاتية Self-inductance (L)

هي قابلية الملف على معاكسة أي تغير في التيار المار فيها.

إن حاثة الملف تتغير بشكل مباشر مع الصفات الطبيعية للملف.



Solenoid

شكل رقم ( ) ملف طولي

يمكن تحديد قيمة الحاثة الذاتية للملف المبين أعلاه من المعادلة التالية:

$$L = \frac{N^2 \mu A}{l} \quad (1)$$

وبما أن قيمة المعاوقة يمكن استخراجها من القانون التالي:

$$S = \frac{l}{\mu A} \quad (2)$$

بتعويضها في المعادلة رقم (1)

$$\therefore L = \frac{N^2}{S} \quad (3)$$

حيث أن:

N = عدد اللفات

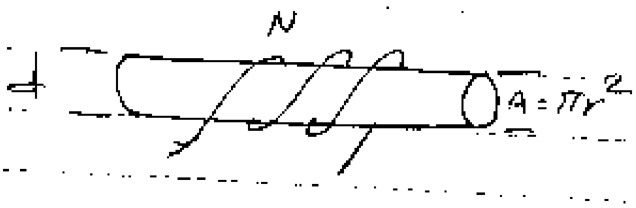
μ = نفاذية القلب

A = مساحة المقطع العرضي للقلب

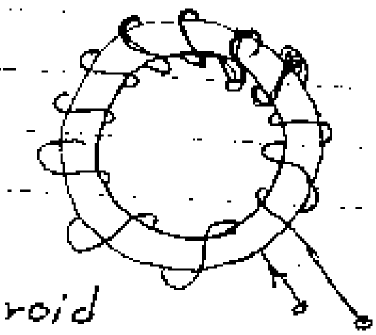
l = متوسط طول القلب

١٦

ومن أشهر الملفات هو (أ) (Solenoid) ويكون
على شكل قضيب معدني مستطيل يلف عليه موصل . أما الشكل
الثاني هو النوع الحلقي (Toroid) يلف عليه موصل



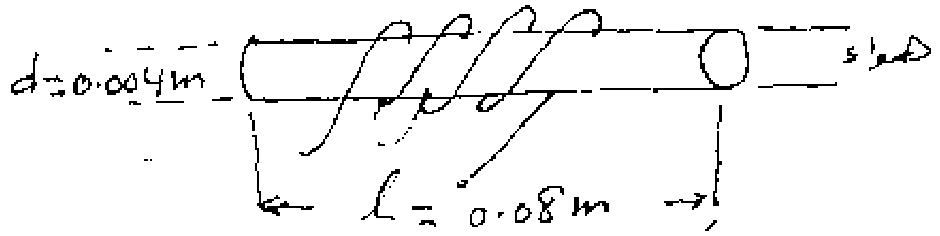
Solenoid



Toroid

١٧

س: أوجد محاثة الملف (الذاتية) المبين في الشكل أدناه إذا كان مجوفاً (فيه هواء).
أعد حل السؤال إذا كان القلب حديدياً بحيث تكون نفاذيته النسبية $\mu_r = 200$



N = 100 turns

1) $L = \dfrac{N^2 \mu a}{l}$ عندما يكون الملف مجوفاً

$$= \frac{(100)^2 \times 4\pi \times 10^{-7} \times \left(\frac{0.004}{2}\right)\pi}{0.08} = 1.974\ \mu H$$

2) $L = \dfrac{N^2 \mu_o \mu_r a}{l}$

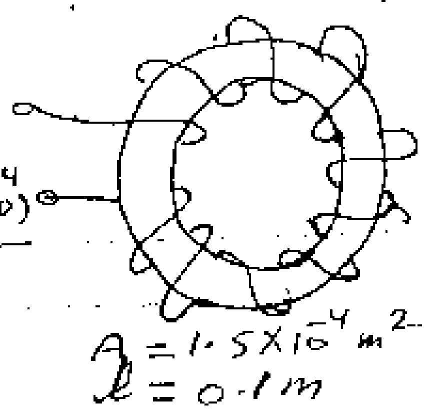
$$= \frac{(100)^2 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 200 \times \pi \times \left(\frac{0.004}{2}\right)}{0.08}$$

$$= 200 \times 1.974 \times 10^{-6} = 0.3948\ mH$$

س: أوجد قيمة المحاثة الذاتية (L) المقدرة بالهنري للملف المبين في الشكل علماً بأن النفاذية النسبية $\mu_r = 2000$

$L = \dfrac{N^2 \mu a}{l}$

$$= \frac{(300)^2 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 2000 \times (1.5 \times 10^{-4})}{0.1}$$



$a = 1.5 \times 10^{-4}\ m^2$
$l = 0.1\ m$
$N = 300$

- الفولتية المحتثة Induced Voltage (e_L)

- يمكن تعريف المحاثة أيضاً إضافة للتعريف السابق على أنها مقياس للتغير الآني للفيض القاطع للملف نتيجة التغير الآني للتيار المار فيه

$$L = N\frac{d\phi}{di} \quad ---- (1)$$

$$e_L = N\frac{d\phi}{dt} \quad ---- (2)$$

نضرب المعادلة رقم (2) بـ (di) ونقسم على (di)

$$e_L = \left(N\frac{d\phi}{dt}\right)\times\frac{di}{di}$$

$$\therefore\ e_L = \left(N\frac{d\phi}{di}\right)\times\frac{di}{dt} \quad ---- (3)$$

$$\because\ N\frac{d\phi}{di} = L$$

$$\therefore\ \boxed{e_L = L\frac{di}{dt}}$$ الفولتية المحتثة

كلما زاد معدل التغير في التيار زادت قيمة الفولتية المحتثة على طرفي الملف تكون معاكسة للفولتية المسلطة على طرفيه فان هذه الفولتية تسمى عادة القوة الدافعة الكهربائية المعاكسة (Counter emf (Cemf) وتوضع الاشارة السالبة لتوضيح الفولتية المحتثة المعاكسة

$$e_{cemf} = -L\frac{di}{dt} \quad ---- (4)$$

س : إذا كانت قيمة الفيض الذي يقطع 50 لفة بمعدل 0.085 web/s ، ما قيمة القوة الدافعة المستحثة في الملف

$$e = N\frac{d\phi}{dt}$$

$$e = 50\times 0.085 = 4.25V$$

س : إذا كانت القوة الدافعة المستحثة على ملف مكون من 40 لفة تساوي 200V ، أوجد معدل التغير في الفيض؟

$$e_L = N\frac{d\phi}{dt}$$

$$20 = 40\frac{d\phi}{dt}$$

$$\therefore \frac{d\phi}{dt} = \frac{20}{40} = 0.5 \text{ web/sec}$$

س : ما هو عدد لفات ملف تتولد على طرفيه قوة دافعة مقدارها $e = 42\,mV$ بواسطة تغير في الفيض القاطع له بمعدل $\frac{d\phi}{dt} = 0.003\,W/s$

$$e_L = N\frac{d\phi}{dt}$$

$$42\times 10^{-3} = N \times 0.003$$

$$\therefore N = 14 \text{ turns}$$

س : أوجد القوة الدافعة المستحثة على طرفي ملف $L = 5\,H$ إذا كان معدل التغير في التيار المار فيه كالتالي :

أ- $0.5\,A/s$ ب- $60\,mA/s$ ج- $0.04\,A/ms$

أ- $e_L = L\frac{di}{dt} = 5\times 0.5 = 2.5V$

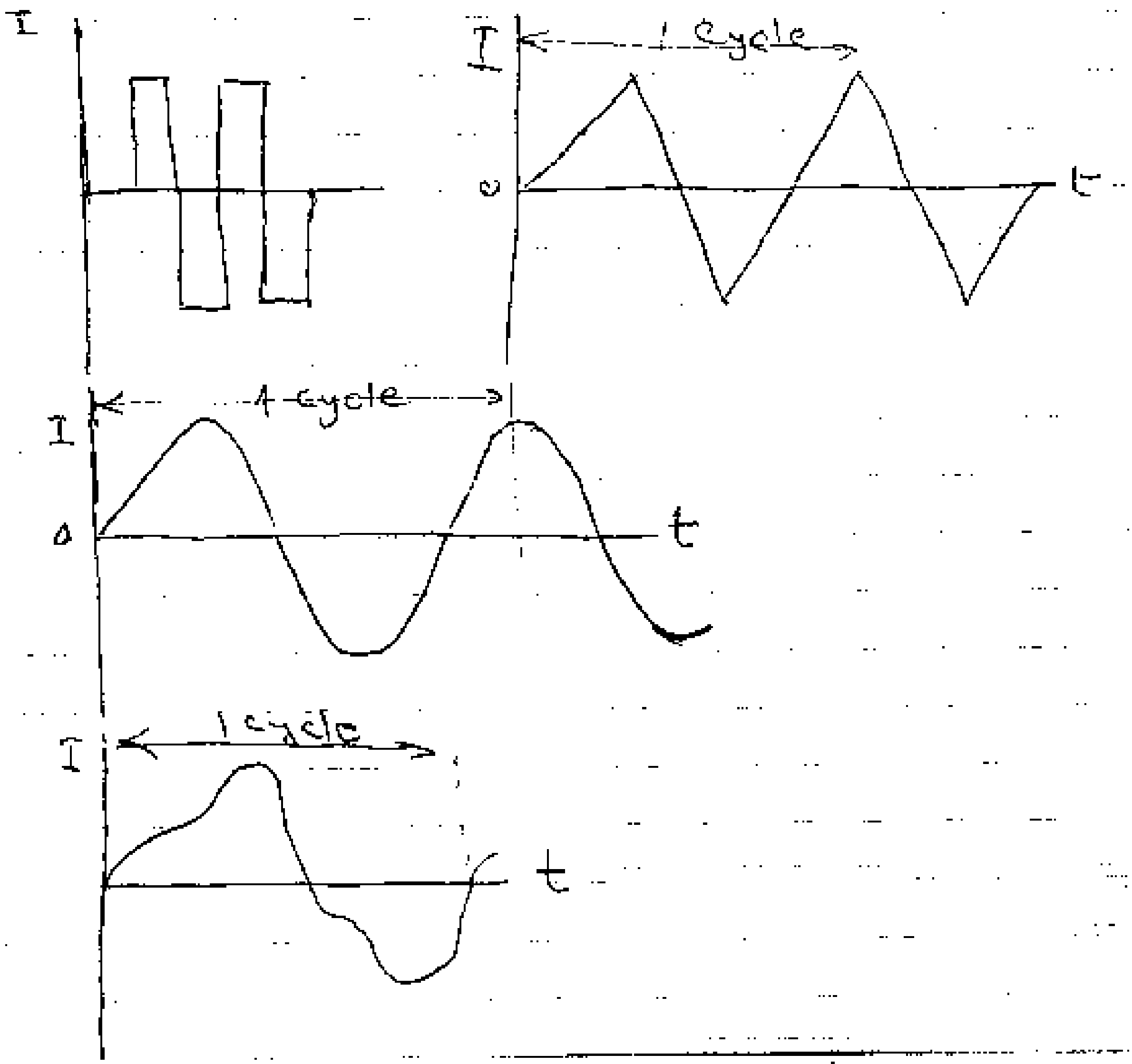
ب- $e_L = 5\times 60\times 10^{-3} = 3\times 10^{-1} = 0.3V$

ج- $e_L = 5\times 0.04\times 10^{-3} = 0.2\times 10^{-3}\,V$

دوائر التيار المتناوب
A.C. Circuits (Single phase)

مقدمة :

في كثير من التطبيقات الكهربائية نتعامل مع فولتيات ليست ثابتة بل متغيرة مع الزمن، وفي أغلب الأحيان يكون التغير دورياً. أي أنه يعيد نفسه بين فترة وأخرى. كأن تكون الفولتية على شكل نبضة مربعة الشكل أو مدببة كسن المنشار أو موجة جيبية وهي أكثر الموجات استخداماً سواء كانت تخص الفولتية أو التيار. إذ تتغير الفولتية والتيار على شكل موجة جيبية وتغير اتجاهها من موجب إلى سالب في فترات متعاقبة بحيث يكون الجزء العلوي مشابهاً ومساوياً للجزء السفلي الذي يعتبر سالباً. ويبين الشكل أدناه الموجات الآتية :-



①

مختصرات

دوائر التيار المتناوب

Alternating current circuits

١- يقصد بالكمية المتناوبة هي التي تتغير قيمتها باستمرار وتبدل إشارتها دائماً تجاه صعوداً من الوضع الحالي للإشارة. منتظمة. ويمكن أن تكون الكمية المتناوبة (قوة دافعة كهربائية أو جهداً أو تياراً أو قوة دافعة مغناطيسية أو فيضاً مغناطيسياً).

٢- مصطلحات ومفاهيم أساسية

٣- أ - القيمة الآنية Instanteous value

هي القيمة التي تصلها الكمية (تيار، فولت ...) في أي لحظة زمنية ويرمز لها بحرف صغير (e , u , i) ، والمعادلة التي يتم استخراج قيمتها هي:

$u = V_{max} \sin wt$ أو

$i = I_{max} \sin wt$ أو

$e = E_{max} \sin w t$

حيث أن:

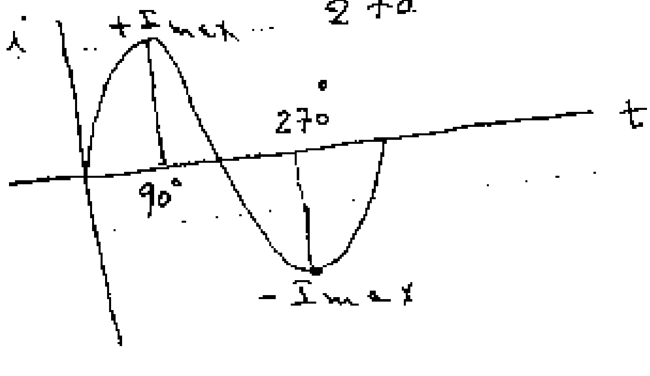
u, i, e = القيمة الآنية

$V_{max}, I_{max}, E_{max}$ القيمة العظمى

$w = 2\pi f$ السرعة الزاوية

ب - القيمة القصوى: هي أعلى قيمة تصلها القيمة الآنية ويرمز لها عادة بحروف كبيرة $(V_{max}, I_{max}, E_{max})$

والموجة الجيبية ذروتان الأولى عند 90° والثانية عند 270°



٥- التردد (الذبذبة) Frequency
- يرمز لها بالحرف f ووحدتها (الهيرتز) Hz
وتعرف بأنها عدد الدورات الكاملة في وحدة الزمن

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

٦- القيمة الفعالة: Effective value

$$I_{eff} = 0.707\ I_{max}$$

٧- القيمة المتوسطة Average value

$$I_{av} = 0.637\ I_{max}$$
$$E_{av} = 0.637\ E_{max}$$
$$V_{av} = 0.637\ V_{max}$$

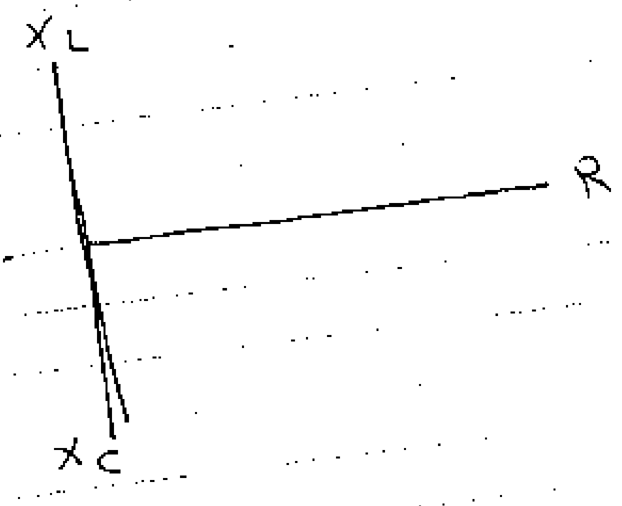
٨- عامل الشكل للموجة الجيبية Form factor

$$F.F = \frac{\text{القيمة الفعالة}}{\text{القيمة العظمى}} = \frac{I_{eff}}{I_{max}}$$

٩- الرادة الحثية: X_L

١٠- الرادة السعوية

$$X_L = 2\pi f L$$
$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$



ط- زاوية الطور phase Angle

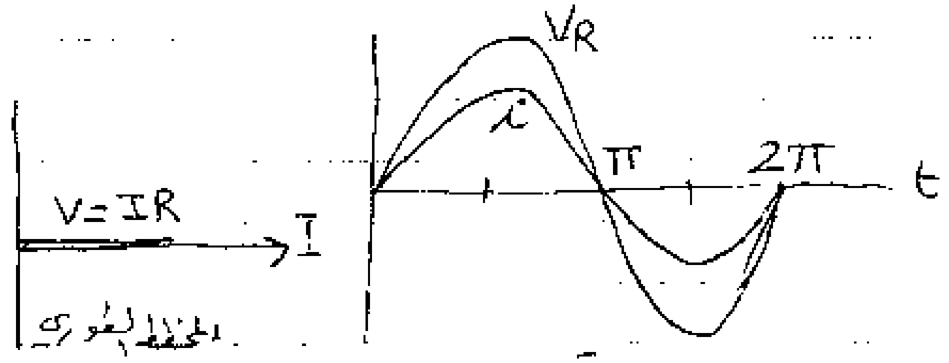
أ- نلاحظ أن مرور تيار جيبي في مقاومة يولد فولتية عبر المقاومة وتتغير هذه الفولتية لتغير التيار. تزداد بازدياد التيار وتنقص بنقصانه وتتغير اتجاهها بتغير اتجاه التيار. فنقول أن التيار والفولتية في المقاومة هما بنفس الطور ويتضح هذا من قانون أوم نفسه إذ أنه:-

$$i = I_{max} \sin wt \quad ---(1)$$

$$V_R = iR \quad ---(2)$$

$$V_R = I_m R \sin wt \quad ---(3)$$

موجة التيار والفولتية تبدآن وتنتهيان في نفس اللحظة وأختلافهما هو فقط في سعة الموجة كما يظهر في الشكل أدناه:-



ب- إذا أمررنا تياراً جيبياً في محاثة L فأن الفولتية عبر المحاثة تكون:-

$$V_L = L\frac{di}{dt} = L\frac{d}{dt}(I_m \sin wt) \quad --(1)$$

حيث أن: $i = I_m \sin \omega t$

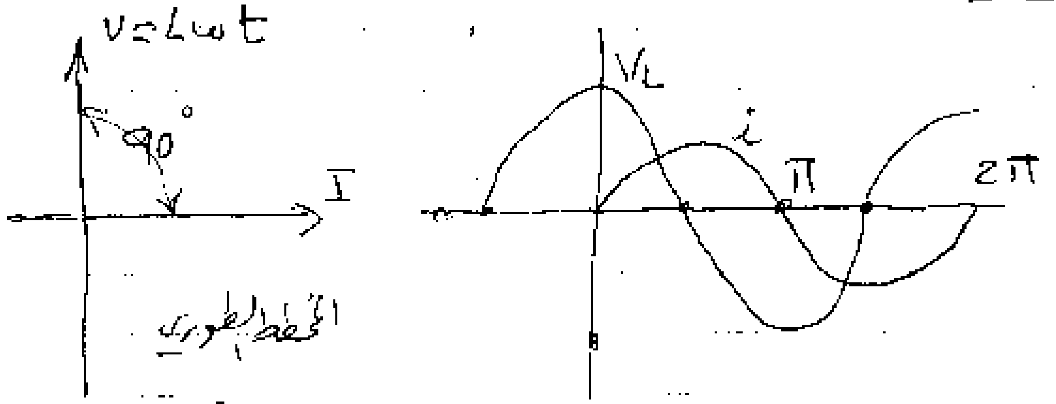
وبعد إجراء التفاضل للمعادلة رقم (1) نحصل على ما يأتي:

$$V_L = L \cdot I_m \omega \cos wt$$

$$= I \cdot \omega L \sin(\omega t + 90^\circ) \quad ...(2)$$

وفي هذه الحالة نجد أن التيار والفولتية موجتان جيبيتان ولكن الفولتية تتقدم على التيار بـ 90° أو بزاوية $\pi/2$ أي أن هناك فارقاً زمنياً بين بداية موجة الفولتية وبداية موجة التيار. فالفولتية تسبق التيار بزمن $\frac{\pi}{2\omega}$. وهكذا نجد أن الفولتية تصل الى القيمة الذروة (القصوى) بزمن $\frac{\pi}{2}$ قبل التيار وكما

موضح في الشكل أدناه:-



ج) بالنسبة لعلاقة التيار بالفولتية في المتسعة فإن:-

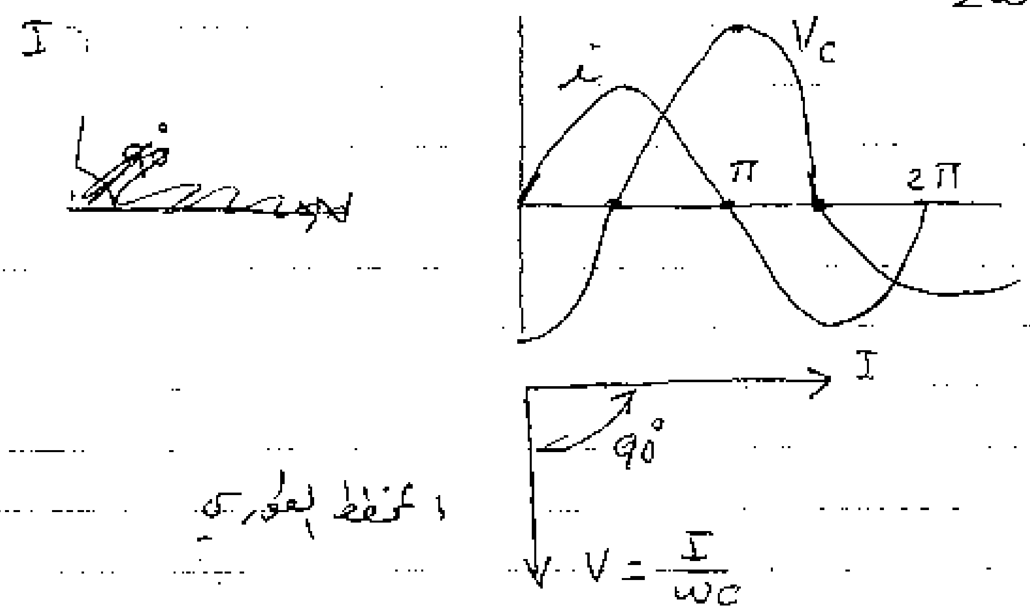
$$V_C = \frac{q}{C} \quad \text{--- (1)}$$

$$= \frac{1}{C}\int i\,dt = \frac{1}{C}\int I_m \sin\omega t\, dt \quad (2)$$

$$= -\frac{I_m}{\omega C}\cos\omega t \quad \text{------ (3)}$$

$$= \frac{I_m}{\omega C}\sin(\omega t - 90^\circ) \quad \text{--- (4)}$$

ويتضح أن الفولتية الجيبية في المتسعة تتخلف عن التيار بـ 90° أو $\frac{\pi}{2}$. فما يحدث في التيار يشبه تغير ما في الفولتية $\frac{\pi}{2\omega}$ ثانية أو بعد 90° . وكما مبين في الشكل أدناه:-



يشار الى الفرق الزمني أو الفرق بالزاوية بين الموجة الجيبية للتيار والموجة الجيبية للفولتية بزاوية الطور (Phase Angle) ممكن أن تكون زاوية الطور بين تيار الدائرة وفولتيتها هي صفر أما في الدائرة والمتسعة فانها 90°.
وعموماً عندما تكون هنالك عناصر متنوعة في الدائرة الكهربائية من مقاومات وملفات ومتسعات فنعبر عن الكميات الجيبية من فولتية وتيار بالصيغة التالية :

$$i = I_m \sin \omega t$$
$$V = V_m \sin(\omega t \pm \phi)$$

ويشار الى ϕ بزاوية الطور. ففي الحالة المذكورة في أعلاه إذا كانت الزاوية $+\phi$ أن الفولتية تسبق التيار بـ ϕ° وإذا كانت $-\phi$ فنقول أن الفولتية تتخلف عن التيار بـ ϕ°.

ي - العلاقة بين الدرجات والمقادير النصف قطرية

نطبق العلاقة التالية :

$$1- \quad \theta = \omega t \times \frac{180}{\pi}$$

$$2- \quad \omega t = \theta \times \frac{\pi}{180}$$

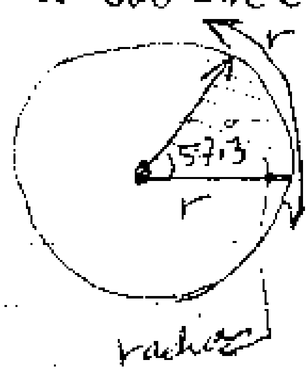
$$t = rad/s$$

There are 2π radians around a 360° circle

2π rad $= 360^\circ$

1 rad $= 57.3^\circ$

$\pi = 3.14$

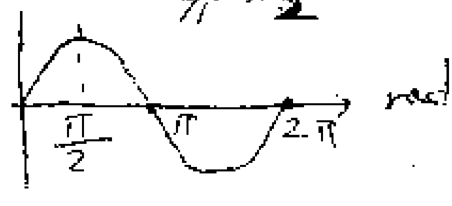


90° :- Radian $= \frac{\pi}{180} \times 90^\circ = \frac{\pi}{2}$ rad

30° :- Radian $= \frac{\pi}{180} \times 30^\circ = \frac{\pi}{6}$ rad

$\frac{\pi}{3}$:- Degrees $= \frac{180}{\pi} \times \frac{\pi}{3} = 60^\circ$

$\frac{3\pi}{2}$:- Degrees $= \frac{180}{\pi} \times \frac{3\pi}{2} = 270^\circ$



(3)

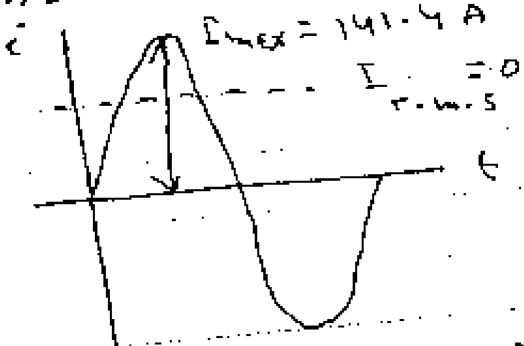
س: المعادلة التي تربط التيار مع الزمن في دائرة تيار متردد هي:

$$i = 141.4 \sin 377t$$

أوجد ما يأتي:-

أ) أعلى قيمة للتيار ب) القيمة الفعالة للتيار ج- التردد د- القيمة الآنية للتيار حينما يكون الزمن 3 msec

الحل:



(أ) $i = I_{max} \sin \omega t$

$= 141.4 \sin 377t$

$\therefore I_{max} = 141.4\ A$

(ب) $I_{eff} = 0.707\ I_{max}$

$= 0.707 \times 141.4 = 100\ A$

(ج) $\omega = 2\pi f = 377 \quad \therefore f = \frac{377}{2\pi} = 60\ Hz$

د- إيجاد التيار الآني (القيمة الآنية) عندما تكون:

(د) $t = 3\ ms$

$i = 141.4 \sin(377 \times 3 \times 10^{-3})$

$= 141.4 \times \sin 1.135$

ولغرض تحويل الدرجات الى مقادير نصف قطرية نطبق العلاقة التالية:

$\theta = \omega t \times \frac{180}{\pi}$

$= 1.135 \times \frac{180}{\pi}$

$= 64.9^{\circ}$

$\therefore i = 141.4 \sin 64.9^{\circ}$

$= 128.9\ A$

(4)

مثال: إذا علمت أن القيمة الآنية للجهد تتغير حسب العلاقة التالية:

$u = 100 \sin 100 t$

أوجد: أ) التردد ب) القيمة القصوى ج) القيمة الفعالة د) القيمة المتوسطة هـ) الوقت المطلوب لكي تصبح قيمة الجهد $50V$ ابتداءً من الزمن صفر. و) القيمة الآنية بعد مرور $900 \mu sec$ ابتداءً من الصفر الى الجزء الموجبة

الحل:

أ) نكتب المعادلة الأصلية.

$u = 100 \sin 100 t$ ---- (1)

$u = V_{max} \sin \omega t$ ---- (2)

وعند المقارنة بين المعادلتين فإن القيمة تكون كالتالي:

$\omega = 100$ $\therefore$ $f = \frac{100}{2\pi} = 15.92\ Hz$

$2\pi f = 100$

ب) القيمة القصوى

$V_{max} = 100\,V$

ج) القيمة الفعالة:

$V_{eff} = 0.707\ V_{max} = 70.7\,V$

$= 0.707 \times 100$

د) القيمة المتوسطة

$V_{av} = 0.637\ V_{max} = 63.7\,V$

$= 0.637 \times 100$

هـ) لكي تصبح القيمة الآنية $u = 50V$ نجد الوقت المطلوب بعد تعويض هذه القيمة في المعادلة المعطاة:

$50 = 100 \sin 100 t$ $\therefore \omega t = 30^\circ$

$\sin 100t = 0.5$

نطبق العلاقة $\theta = \omega t \times \frac{180}{\pi}$ لغرض التحويل من المقادير النصفية الى درجات وبالعكس

5

$$\therefore 100t = 30 \times \frac{\pi}{180}$$

$$\therefore t = 0.523 \ rad/S$$

ج) لإيجاد القيمة الآنية v بعد مرور $900 \mu sec$

أي:

$$t = 900 \mu sec = 900 \times 10^{-6} \ sec$$

$$v = V_{max} \sin \omega t$$

$$\therefore v = 100 \sin 100 \times 900 \times 10^{-6}$$

نحوّل الزاوية من القياس النصف قطري إلى الدرجات

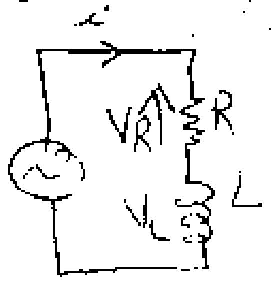
$$\theta = \omega t \times \frac{180}{\pi} = 0.09 \times \frac{180}{3.14} = 5.16^\circ$$

$$\therefore v = 100 \sin 5.16^\circ$$

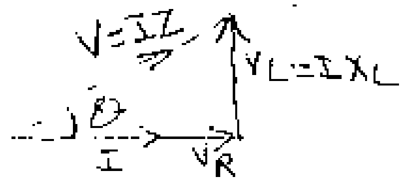
$$\sin 5.16^\circ = 0.09$$

$$\therefore v = 100 \times 0.09 = 9 \ Volt$$

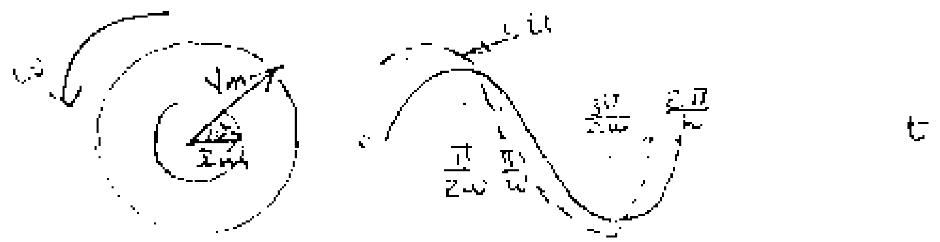
RL circuit — ① ربط مقاومة ومحاثة على التوالي



٢) المخطط الطوري

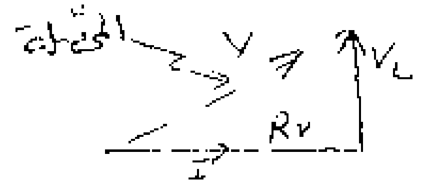


ب) المخطط الطوري الآني والدوال الموجية :



د) من ملاحظتنا ودراستنا يمكن رسم المخطط الطوري والذي أخذ فيه التيار كمرجع لأنه يتدفق في كلا عنصري الدائرة المربوطة على التوالي وعليه يمكن اشتقاق فولتية الدائرة من العلاقات التالية —

$$V_R = IR \qquad V_L = IX_L \qquad (X_L = 2\pi f L)$$



$$V^2 = V_R^2 + V_L^2 \qquad \therefore V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$

$$\text{OR } V = \sqrt{I^2R^2 + I^2X_L^2}$$

$$\therefore V = I\sqrt{R^2 + X_L^2}$$

ج) الممانعة رمزها (Z) impedance والوحدة أوم .

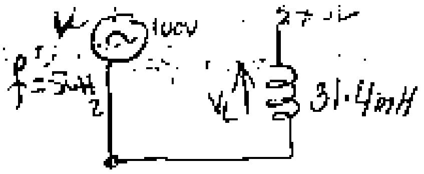
$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \qquad \therefore V = IZ$$

هـ) زاوية الطور : إن زاوية الطور phase angle بين الفولتية والتيار تحسب من نسبة قيمة المقاومة الى قيمة المفاعلة أو الزاوية المحصورة في الدائرة ولكن كرة تمة هذه النسبة صغيرة الزاوية "θ"

$$\theta = \tan^{-1}\frac{V_L}{V_R} = \tan^{-1}\frac{IX_L}{IR} = \boxed{\tan^{-1}\frac{X_L}{R}}$$

مثال رقم ① : مقاومة قيمتها 7Ω ربطت على التوالي مع ملف محاثته 31.4mH وربطت الدائرة الى مصدر جهد متناوب فولتيته 100V وتردده 50Hz

أحسب : أ- تيار الدائرة ب- زاوية الطور ؟



$\therefore Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{7^2 + 10^2} = 12.2\,\Omega$

$I = \frac{V}{Z} = \frac{100}{12.2} = 8.2\,A$

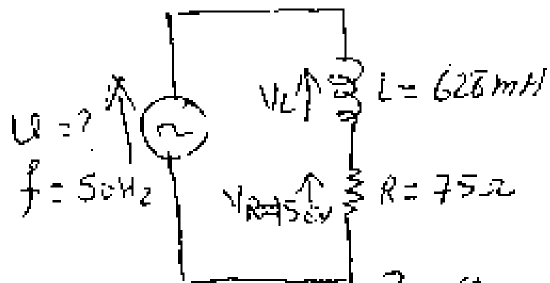
ب) لإيجاد زاوية الطور

$\theta = \tan^{-1}\frac{X_L}{R} = \tan^{-1}\frac{10}{7} \quad \therefore \theta = 55.1$

or lag 55.1°

<u>مثال رقم ٢</u> : أوجد فولتية المصدر من الدائرة أدناه :-

الحل:



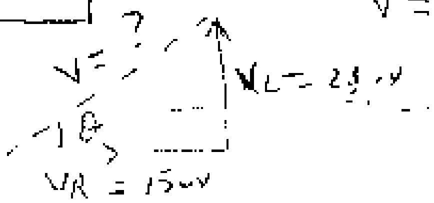
$V_R = IR = 150V \quad \therefore I = \frac{150}{75} = 2A$

$X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 50 \times 628 \times 10^{-3} =$

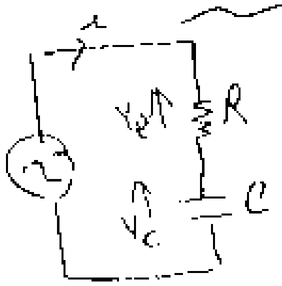
$V_L = I X_L = 2 \times 100 = 200\,V$

$V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2} = \sqrt{(150)^2 + (200)^2} = 250V$

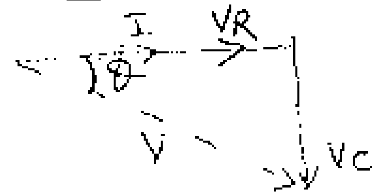
$V = IZ = 125 \times 2 = 250V$



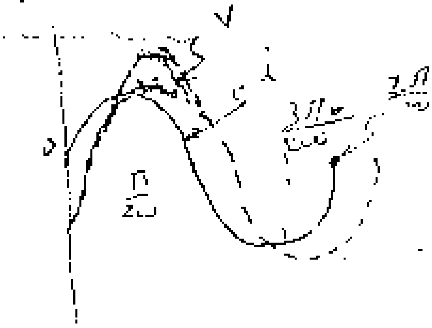
③. R.C-Circuit — ٥) ربط متسعة ومقاومة على التوالي



أ) المخطط الطوري



ب) المخطط الطوري الآني ومخطط الموجة



ج) المعادلات

$V_R = IR$ بنفس الطور

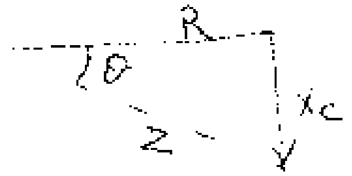
$V_C = IX_C = I\left(\frac{1}{2\pi fC}\right)$

حيث أن $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ و V_C تتخلف عن I بـ 90°

$V^2 = V_R^2 + V_C^2 \quad \therefore V = \sqrt{I^2R^2 + I^2X_C^2} \quad \therefore V = I\sqrt{R^2+X_C^2}$

$\because Z = \sqrt{R^2+X_C^2} \quad \therefore V = IZ$

د) زاوية الطور



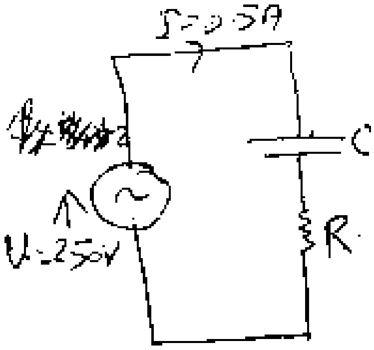
$\theta = \tan^{-1}\frac{IX_C}{IR}$ $\quad \boxed{\theta = \tan^{-1}\frac{X_C}{R}}$

مثال رقم ⑥

متسعة سعتها 8μF تسحب تياراً مقداره 1A عندما تسلط عليها فولتية متناوبة قيمتها 250V أوجد:

1) تردد الفولتية 2) المقاومة التي يجب أن توضع على التوالي مع المتسعة لتقليل التيار الآتي الى 0.5A في نفس التردد 3) زاوية الطور الناتجة؟

الحل: شرط ①



$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi \times f \times 8\times 10^{-6}}$

$V_C = IX_C \quad \therefore X_C = \frac{250}{1} = 250\,\Omega$

$\therefore 250 = \frac{1}{2\pi \times f \times 8 \times 10^{-6}} \quad \therefore f = 79.5\,Hz$

مراجعة م ٤ ©

$Z = \frac{V}{I} = \frac{250}{0.5} = 500\,\Omega$

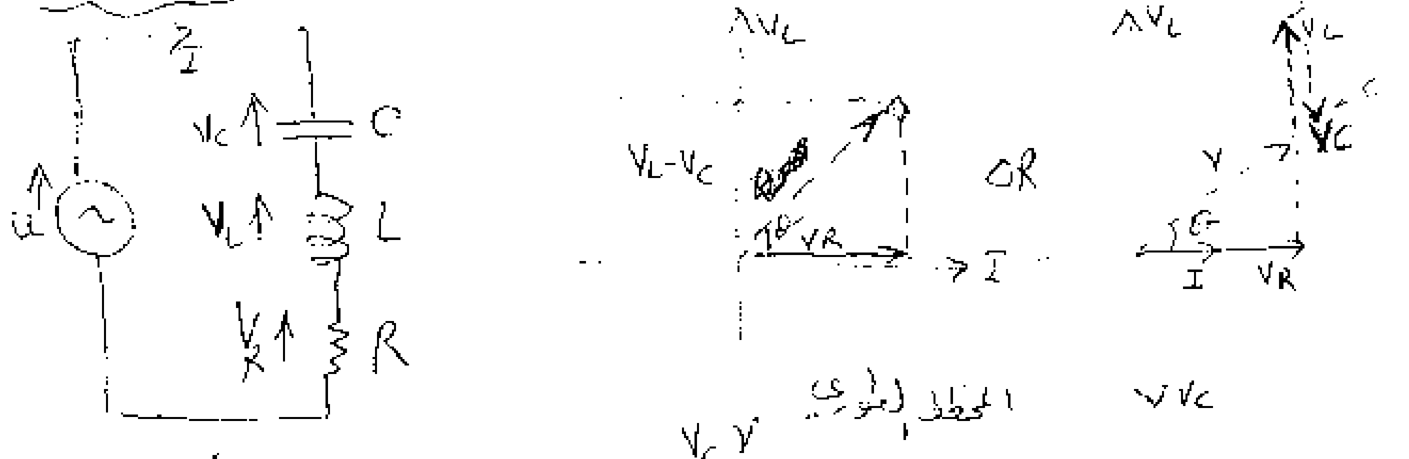
يتبع

(٣) . ∴ $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$ ∴ $500 = \sqrt{R^2 + 250^2}$ ∴ $R = 433\,\Omega$

مثـ ٤ (ج)

$\theta = \tan^{-1}\frac{X_L}{R} = \tan^{-1}\frac{250}{433}$ ∴ $\theta = +3^\circ$ or lead $3\overset{\circ}{0}$

ب - ربط مقاومة ومتسعة وملف حث على التوالي — RLC circuit



رسم الدائرة

٢) من المخطط الاتجاهي يلاحظ أن الفولتية عبر الملف V_L والفولتية عبر المتسعة V_C لهما طوران متعاكسان مما ينتج عنه أن الدائرة يمكن أن تكون ممانعتها (رادتها) حثية أو سعوية معتمدة على أي من الفولتيتين تتغلب.

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

$$= \sqrt{I^2R^2 + (IX_L - IX_C)^2} = IZ$$

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

ملاحظة: إذا كان $X_L > X_C$ تكون موجبة فالدائرة حثية

وإذا كان $X_L < X_C$ سالبة فالدائرة سعوية

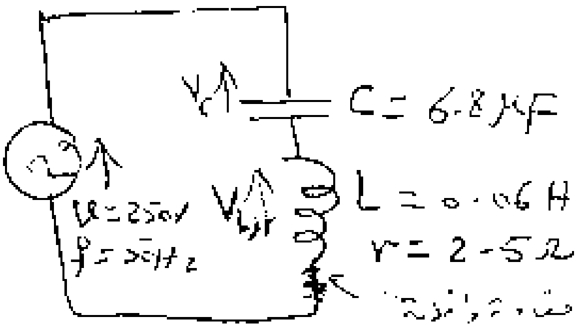
مخطط الممانعة (مثلث الممانعة)

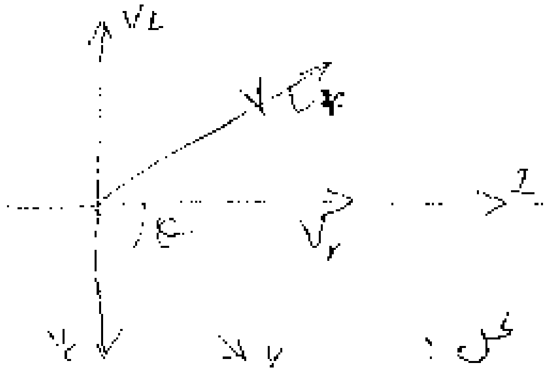
ب) زاوية الطور

$$\theta = \tan^{-1}\frac{V_L - V_C}{R} = \tan^{-1}\frac{X_L - X_C}{R}$$

$$\text{OR}\quad \theta = \cos^{-1}\frac{R}{Z} = \cos^{-1}\frac{R}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

مثال: في الشكل المبين أدناه أوجد: أ) المعاوقة ب) زاوية الطور للدائرة جـ) الفولتية عبر كل جزء من أجزاء مكونات الدائرة؟





الحل:

$$X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 50 \times 0.06 = 18.85\ \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 6.8 \times 10^{-6}} = 468\ \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(2.5)^2 + (18.85 - 468)^2}$$

$$= \sqrt{(2.5)^2 + (-449.15)^2} = 449.2\ \Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{250}{449.2} = 0.512\ A$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{X_L - X_C}{R} = \tan^{-1} \frac{-449.15}{2.5} = 89.7^\circ$$ تسبق

$$Z_{Lr} = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{2.5^2 + 18.85^2} = 19.1\ \Omega$$

$$V_{Lr} = I Z_{Lr} = 0.512 \times 19.1 = 9.8\ V$$

$$V_C = I X_C = 0.512 \times 468 = 25.3\ V$$

ف د ش ©

(6)

القدرة

Appearent power

① القدرة الظاهرية : الرمز (S) ، الوحدة VA

$$S = VI$$

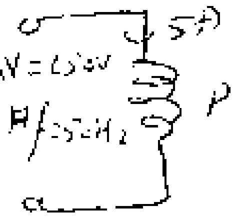
② عامل القدرة : power factor (p.f) ويعبر عنه $\cos\theta$: يعرف أنه النسبة التي تضرب بها القدرة الظاهرية تنتج القدرة الحقيقية :

$$P = S\cos\theta \quad \therefore \boxed{P = VI\cos\theta}$$

or $\cos\theta = \frac{S}{P} = \frac{\text{القدرة الظاهرة}}{\text{القدرة الفعالة}}$

مثال : ملف ربط وصل الى مصدر ذي 250V و 50Hz فسرى تيار شدته 5A واستهلك فيه قدرة مقدارها 750w أوجد:

أ) مقدار محاثة الملف ب) عامل القدرة للملف



$P = 750w$

أ) $V = IZ \quad \therefore Z = \frac{V}{I} = \frac{250}{5} = 50\Omega$

$P = I^2 r \quad \therefore r = \frac{P}{I^2} = \frac{750}{5^2} = 30\Omega$

$Z^2 = X_L^2 + r^2 \quad \ldots (1$

$\therefore X_L^2 = Z^2 - r^2 \quad X_L = \sqrt{(50)^2 - (30)^2} = 40\Omega$

$\therefore X_L = 2\pi f L$

$40 = 2\pi \times 50 \times L \quad \therefore L = 0.127\ H$

ب) لحساب عامل القدرة

$P = VI\cos\theta$

$750 = 250 \times 5 \cdot \cos\theta \quad \therefore \cos\theta = \frac{750}{5 \times 250} = 0.6$

ملاحظة : يطلق على عامل القدرة في الدائرة الحثية بأنه متقدم أو متأخر إذا كان التيار متقدم أو متأخر عن الفولتية على طرفي الحمل . وهنا فإن عامل القدرة بالمسألة متقدم لأن التيار متقدم على الفولتية . ولكنه في الملف يتأخر .

ويمكن أن نعبر عن القدرة الكلية الموضوعة على الدائرة والتي تسمى بالقدرة الظاهرة (S) كما يلي :

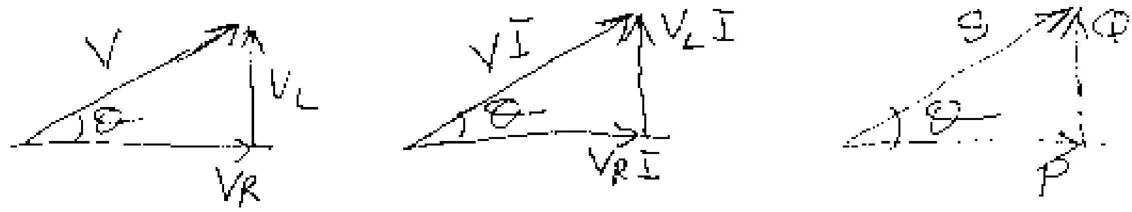
$S = VI$ ‏- - - - (1 القدرة الظاهرة

$P = VI\cos\theta$ ‏- - - (2 Active power القدرة الفعالة

$Q = VI\sin\theta$ Reactive power القدرة المتفاعلة

ونستطيع ضم هذه المقادير برسم مثلث القدرة الذي يمكن الحصول عليه من مثلث الجهد بضرب أضلاعه بالتيار كما مبين في الشكل في هذا المثلث

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$



مثلث القدرة

مثال رقم ٥ ملف مقاومته 8Ω ومحاثته 90 mH ربط على التوالي مع متسعة سعتها 150 μF - جد القدرة الظاهرة والفعالة وقدرة كل دورة عندما يسلط عليهما جهد مقداره 200V وذبذبته (أ) صفر (ب) 50Hz

(أ) في هذه الحالة: القدرة الظاهرة والفعالة صفر؟ أي $f = 0$

(ب) $f = 50H$

$$X_L = 2\pi f L = 314 \times 90 \times 10^{-3} = 28.26\,\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{10^6}{314 \times 150} = 21.23\,\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{8^2 + (28.26 - 21.23)^2} = 10.65\,\Omega$$

$$\phi = \tan^{-1}\frac{X_L - X_C}{R} = \tan^{-1}\frac{7.03}{8} = 41.3^\circ$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{200}{10.65} = 18.78\,A$$

$$S = VI = 200 \times 18.78 = 3755.8\ (VA)$$

$$P = S\cos\phi = 3755.8 \times \cos 41.3^\circ = 2821\,W$$

ما يخص الملف

$$Z_L = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{8^2 + 28.26^2} = 29.37\,\Omega$$

$$V_L = I Z_L = 18.78 \times 29.37 = 551.5\,V$$

$$\theta_L = \tan^{-1}\frac{X_L}{R} = \tan^{-1}\frac{28.26}{8} = 74.2^\circ$$

$$\cos\theta_L = 0.272$$

$$\therefore P_L = VI\cos\theta_L = 18.78 \times 551.5 \times 0.272 = 2821\,W$$

مما يدل على أن القدرة الكلية الفعالة هي قدرة الملف الفعالة فقط بينما القدرة

الفعالة ...

كما يمكن ...

$$\frac{R}{Z} = I^2 R$$

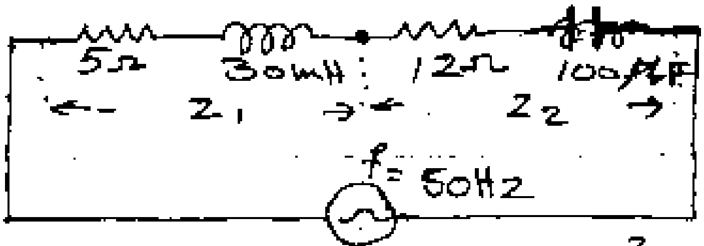
$$\cos\phi = \frac{R}{Z}$$

أمثلة محلولة بخصوص التمثيل القطبي والأعداد المركبة

مثال ① في الشكل المبين أدناه أحسب الممانعة الكلية عند ربط هاتين الممانعتين أ) على التوالي ب) على التوازي :

① الربط على التوالي :-

متسعة



$$jX_L = j2\pi f L = 2\pi \times 50 \times 30 \times 10^{-3} = j9.4\ \Omega$$

$$Z_1 = R_1 + jXL_1$$

$$Z_1 = 5 + j9.4 \quad \text{------} \quad (1)$$

$$jX_C = \frac{1}{j2\pi fC} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 100 \times 10^{-6}} = -j\,31.8\ \Omega$$

$$\therefore Z_2 = 12 - j\,31.8 \quad \text{------} \quad (2)$$

كما يمكن التعبير عن Z_1 بدلالة زاوية الطور كما يأتي :

$$Z_1 = r_1 \angle \theta_1$$

$$r_1 = \sqrt{5^2 + (9.4)^2} = 10.6\ \Omega$$

$$\tan\theta = \frac{X_L}{R} = \frac{9.4}{5} = 62^\circ = \theta_1$$

$$\therefore Z_1 = 10.6 \angle 62^\circ \quad \text{------} \quad (3)$$

$$Z_2 = r_2 \angle \theta_2$$

$$\therefore r_2 = \sqrt{12^2 + (31.8)^2} = 34\ \Omega$$

$$\tan\theta = \frac{X_C}{R} = \frac{-31.8}{12} \qquad \therefore \theta_2 = -69.3^\circ$$

$$\therefore Z_2 = 34 \angle -69.3^\circ$$

$$Z = Z_1 + Z_2 = 10.6 \angle 62^\circ + 34 \angle -69.3^\circ$$

$$=$$

or

$$Z_S = Z_1 + Z_2$$
$$= (5 + j9.4) + (12 - j31.8)$$
$$= 17 - j22.4$$

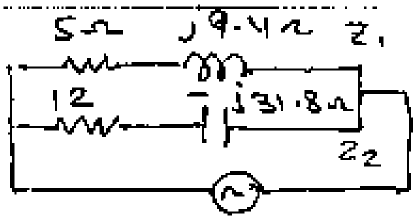
$\therefore Z_S = r \angle\theta$ $\quad r = \sqrt{(12)^2 + (-22.4)^2} = 28.1\,\Omega$

$\tan\theta = \frac{X}{R} = \frac{-22.4}{17} = -52.8^\circ$

$\therefore Z_S = 28.1 \angle -52.8^\circ\ \Omega$

أي أن الممانعة الكلية عند ربط Z_1, Z_2 على التوالي هي ممانعة سعوية مؤلفة من مقاومة $17\,\Omega$ مع رادة سعوية مقدارها $22.4\,\Omega$

(ك) في حالة الربط على التوازي



$$Z_p = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{r_1\angle\theta_1 \times r_2\angle\theta_2}{r_1\angle\theta_1 + r_2\angle\theta_2}$$

$$= \frac{10.6\angle 62^\circ \times 34\angle -69.3^\circ}{10.6\angle 62^\circ + 34\angle -69.3^\circ}$$

$[62^\circ - 69.3^\circ - (-52.8^\circ)]$

$$= \frac{10.6 \times 34 \angle 62^\circ - 69.3^\circ}{28.1\angle -52.8} = 12.8\angle 45.5^\circ$$

ويمكن كتابة Z_p بدلالة مكوناتها، إذ أنها تتألف من مركبة أومية مقدارها R

$$R = r\cos\theta$$
$$= 12.8\cos 45.5 = 8.97\,\Omega$$

ومركبة حثية (رادة) X

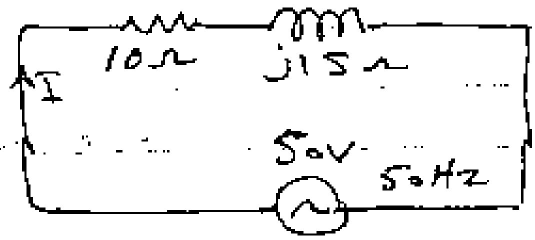
$$X = r\sin\theta$$
$$= 12.8\sin 45.5^\circ = 9.13\,\Omega$$

$$Z_p = 8.97 + j9.13$$

$$\boxed{\frac{360.4}{28.1}\angle\theta_1 + \theta_2 - \theta_3 = 12.8\angle 62 - 69.3 - (-52.8) = 12.8\angle 45.5^\circ}$$

مثال رقم (٢)

في الشكل أدناه أوجد الممانعة Z و الفولتية عبر كل عنصر وارسم المخطط الطوري؟



$$Z = R + jX_L = 10 + j15$$

$$r = \sqrt{10^2 + (15)^2} = 18\,\Omega$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{15}{10} = 56.3^\circ \quad \therefore Z = 18\angle 56.3^\circ$$

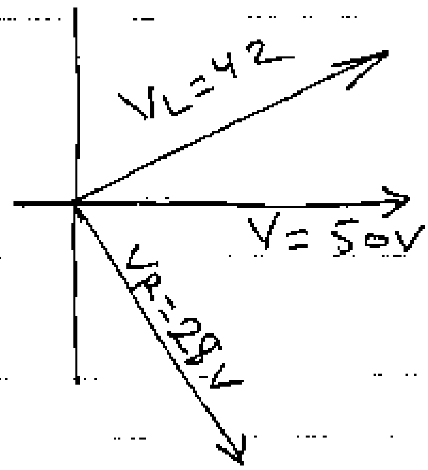
$$I = V/Z = \frac{50}{18\angle 56.3^\circ} = 2.8\angle -56.3^\circ$$

$$V_R = IR = 2.8\angle -56.3^\circ \times 10 = 28\angle -56.3^\circ$$

$$V_L = IX_L = 2.8\angle -56.3^\circ \times 15\angle 90^\circ$$

$$= 42\angle 33.7^\circ \; V$$

المخطط الطوري



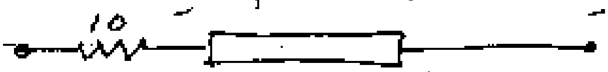
فتكون ممانعة العناصر المتوازية

$$Z_T = \frac{1}{Y_T} = \frac{1}{0.39\angle 24.8} = 2.6 \angle -24.8\ \Omega$$

ونلاحظ ان الممانعة مركبة من مقاومة ومركبة سعوية لأن :-

$$Z_T = 2.6\cos 24.8 - j\,2.6\sin 24.8$$
$$= 2.4 - j\,1.1\ \Omega$$

وبذلك يكون فان الممانعة الكلية للدائرة هي :-



$Z = 2.4 - j1.1$

$$Z = 10 + 2.4 - j1.1$$
$$= 12.4 - 5.07\ \Omega$$

وان تيار الدائرة

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{100}{12.4 - 5.07}$$
$$= 8.06 \angle 5.07\ A$$

وينقسم هذا التيار الى I_1, I_2, I_3 :-

$$I_1 = I_T \cdot \frac{Y_1}{Y_T} = 8.06\angle 5.07 \times \frac{0.1\angle -53.13}{0.39\angle 24.8}$$
$$= \frac{8.06 \times 0.1}{0.39} = \angle 5.07 - 53.13 - 24.8$$
$$= 2 \angle 72.9\ A$$

$$I_2 = I\,\frac{Y_2}{Y_T} = 4.13 \angle -19.7\ A$$

$$I_3 = I\,\frac{Y_3}{Y_T} = 4.13 \angle 70.3\ A$$