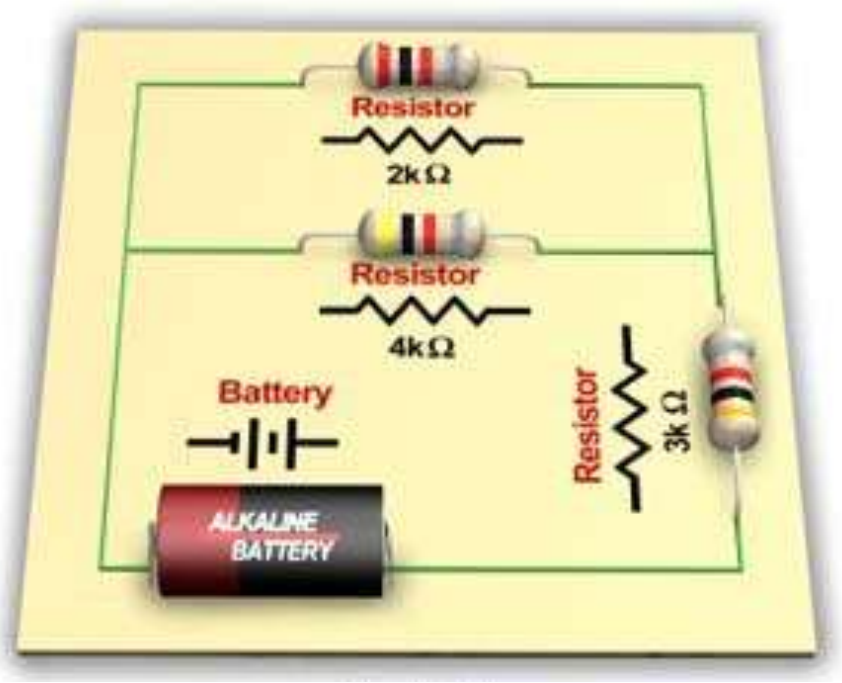
جمهورية مصر العربية
وزارة التربيه والتعليم والتعليم الفني

دليــل الطالــب

وحدة: مكونات الدوائر الكهربية



اسم الوحدة : مكونات الدوائر الكهربية

ملخص الوحدة
تهدف هذه الوحدة إلى اكساب الطلاب الجدارات المرتبطة باستخدام المكونات الكهربائية الأساسية لبناء وتحليل الدوائر الكهربائية وفيما تمثله من أهمية كبيرة بالنسبة لبقية الوحدات التي تبنى عليها في المراحل التالية
مخرجات التعلم:
1. يجهز الادوات والمكونات ومكان العمل الخاص بتنفيذ الدوائر الكهربية. 2. ينفذ الدوائر الكهربية استنادا الي المخطط المعطي 3. يقيس الكميات الكهربية باستخدام جهاز الملتيميتر(الأفوميتر) 4. يحلل الدوائر الكهربية

مفاهيم كهربية أساسية

وحدات القياس الأساسية :

Symbol الرمز	Unit وحدة القياس	Quantity الكمية
m	Meter متر	Length الطول
kg	Kilogram كيلوجرام	Mass الكتلة
A	Ampere أمبير	Current التيار
s	Second ثانية	Time الزمن
K	Kelvin كالفن	Temperature الحرارة
cd	Candle شمعة	Luminous Intensity شدة الإضاءة

تعتبر هذه هي الوحدات الأساسية ويوجد بعض الوحدات الفرعية من الوحدات الأساسية كالقوة ووحدة قياسها هي النيوتن وهي تتكون من كيلوجرام لكل ثانيه تربيع أما الفدرة الكهربية فتقاس بالوات ويتكون من نيوتن متر لكل ثانيه.

وحدات القياس المرادفة لوحدات القياس

المضروب Power of ten	الرمز Symbol	محدد وحدة القياس Prefixes to the Units
$1*10^{-18}$	a	Atto آتو
$1*10^{-15}$	f	Femto فيمتو
$1*10^{-12}$	p	Pico بيكو
$1*10^{-9}$	n	Nano نانو
$1*10^{-6}$	μ	Micro ميكرو
$1*10^{-3}$	m	Milli ملي
$1*10^{-2}$	c	Centi سنتي
$1*10^{-1}$	d	Deci ديسي
$1*10^{1}$	da	Deka ديكا
$1*10^{2}$	h	Hecto هيكتو
$1*10^{3}$	k	Kilo كيلو
$1*10^{6}$	M	Mega ميجا
$1*10^{9}$	G	Giga جيجا
$1*10^{12}$	T	Tera تيرا

الكميات الكهربائية الأساسية هي الشحنة والتيار والفولت وأخيرا المقاومة الكهربائية وسنبدأ تباعا في سرد كلا منهم

1. الشحنة

ويرمز لها بالرمز Q وهي نوعان شحنه سالبه تمثل الكترون واخري موجبه تمثل البروتون ، وحدة قياس الشحنة كولوم ويرمز له بالرمزC

2. التيار

يعتبر التيار الكهربي من أهم الوحدات الاساسية ويرمز له بالرمز I ، وهو معدل مرور الشحنة باتجاه ما بالنسبة للزمن تحت تأثير قوة ما (فرق الجهد)

$$I=\Delta Q\backslash\Delta t$$

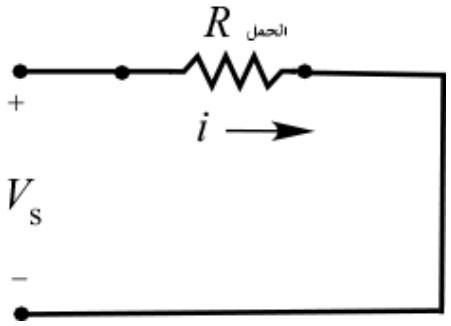
حيث:

I: هو التيار ويقاس بالأمبيرA

Q: هو الشحنة ويقاس بالكولوم

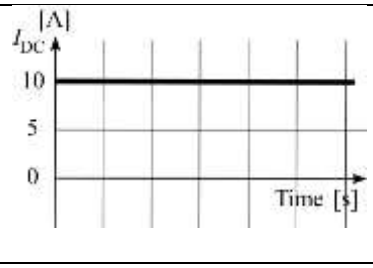
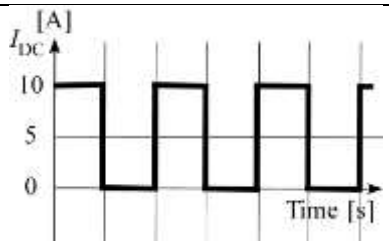
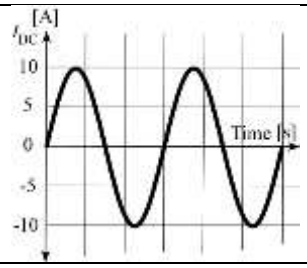
t: هو الزمن ويقاس بالثانية

ولكي يمر تيار في دائرة كهربائية فيتطلب ذلك وجود مصدر خارجي يحرك الالكترونات خلال الموصل بين نقطتين وينشأ ما يسمي بفرق الجهد بين هاتين النقطتين كما في الشكل التالي



ويمكن التعبير عن مسار التيار الكهربي بأنه يسري من القطب الموجب الي القطب السالب لمصدر الجهد خارجيا لذلك فأن حركة التيار تكون من النقطة الأعلى جهدا الي نقطه اخري تكون اقل جهدا.

ويمكن القول بأن للتيار الكهربي أنواع مختلفة باختلاف شكل المصدر كما يلي:

التيار المستمر DC Current	تيار نبضي Pulsating Current	تيار متردد AC Current
التيار المستمر ثابت القيمة ولا يغير اتجاهه بالنسبة للزمن.	وهو تيار مستمر تتغير قيمته دوريا ولا يتغير اتجاهه.	وهو تيار متغير القيمة والاتجاه دوريا
		

3. الجهد

يعرف الجهد بأنه الشغل اللازم لنقل وحدة الشحنات من نقطه لأخري ويقاس بالفولت Volt

$$V=J/C=\Delta W/\Delta t$$

حيث :

V: الجهد

W:الشغل ويقاس بالجول

Q: الشحنة وتقاس بالكولوم

1. يجهز الادوات والمكونات ومكان العمل الخاص بتنفيذ الدوائر الكهربية.

في هذه الوحدة، سوف يتعامل الطالب مع الأجهزة والمعدات الكهربية وربما تقابله بعض المخاطر مثل:

1. الصدمة الكهربية عند لمس اسلاك أو أجزاء عارية
2. الحرق بسبب استخدام المكواة الكهربية لأنها تكون ساخنة
3. الجروح نتيجة استخدام الأدوات والمعدات بطريقة غير صحيحة.

ومن ثَمَّ، يجب علي الطالب الانتباه دائماً وأن يطبق قواعد وقوانين الصحة والسلامة حتى لا يتعرض لمثل هذه المخاطر.

إن تجهيز الادوات والمكونات ومكان العمل يتم علي خطوات محددة كما يلي.

1. تجهيز المعدات الادوات:

1. نجهز الزرادية والتي نربط بها أطراف الاسلاك الكهربية ويجب أن تكون معزولة جيد او لا يوجد بها عيوب او تجريح ويتأكد الطالب من ذلك بالفحص الطاهري
2. نجهز القصافة والتي نقطع ونقشر أطراف الاسلاك الكهربية ويجب أن تكون معزولة جيد اولا يوجد بها عيوب او تجريح ويتأكد الطالب من ذلك بالفحص الظاهري
3. نجهز المكواة التي نلحم بها أطراف المكونات بالبوردة ويجب ان لا يوجد بها عيوب او تجريح ويتأكد الطالب من ذلك بالفحص الظاهري
4. نجهز الشنيور الكهربي الذي نستخدمه يجب ان يعمل بكفاءة يساعده على ثقب البوردة بالبنطة الصلب المناسبة لفتاحات أطراف المكونات

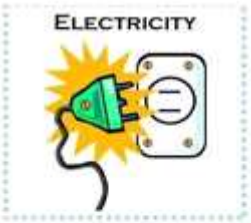
2. تجهيز المكونات وأجهزة القياس

1. نختار لوحة التوصيلات (البوردة) التي يركب عليها المكونات وتكون سليمة من الشروخ والتجريح
2. نختار المقاومات والمكثفات والملفات التي نختبرها بالقياس المناسب لكل مكون
3. نجهز قصدير اللحام المطابق للموصفات وكذلك مساعد الصهر
4. نجهز أجهزة القياس المختلفة مثل الأميتر لقياس شدة التيار والفولتميتر لقياس فرق الجهد والاوميتر لقياس المقاومة الملتيميتر متعدد القياسات لقياس فرق الجهد وشدة التيار والمقاومة

3. تجهيز مكان العمل

1. نرتب المعدات والمكونات والادوات بشكل منظم فى مكان العمل
2. ننظف مكان العمل ورفع العوائق والتأكد من سلامة الارضيات والسلالم وعدم وجود مواد قابلة للاشتعال وتهيئة المقابض ومصادر التيار الكهربي
3. نوفر ادوات الامن والسلامة المهنية في مكان العمل

و هنا يجب أن نتذكر بعض إرشادات، علامات الأمن والسلامة وأيضاً وأدوات الوقاية الشخصية



وعند تجهيز مكان العمل يجب مراعات القواعد التالية:

1/ تقيد بلباس التدريب داخل الورشة والتزم بمتطلبات السلامة الأخرى مثل: الحذاء المناسب لحماية القدمين ونظارات السلامة لحماية العينين والقفازات المناسبة لحماية اليدين أثناء العمل.

2/ تقيد باستخدام العدد والأدوات حسب اختصاصها ولا تستخدم أداة خاصة لعمل معين في عمل مغاير .

3/ تجنب المزاح بالموصلات الكهربائية أو العدد الأخرى لما في ذلك من خطر عليك وعلى زملائك.

4/ لا تستخدم الموصلات الكهربائية إلا للغرض التي صنعت من أجله.

5/ أحسن استخدام معدات الموصلات المعزولة ذات الفرع الواحد والمتعددة الأفرع و تعامل معها بحذر شديد حتى لا تتسبب في حوادث لا قدر الله.

6/ إحرص على استخدام الموصلات المناسبة للعمل المناسب .

7/ تقيد بإرشادات المدربين والمشرفين على تدريبك في الورشة والتدريب الميداني فهذا يجنبك الحوادث بإذن الله تعالى.

8/ عند الانتهاء من العمل إحرص على تنظيم وترتيب الموصلات الكهربائية بشكل منظم ومرتب وفي أماكنها الخاصة.

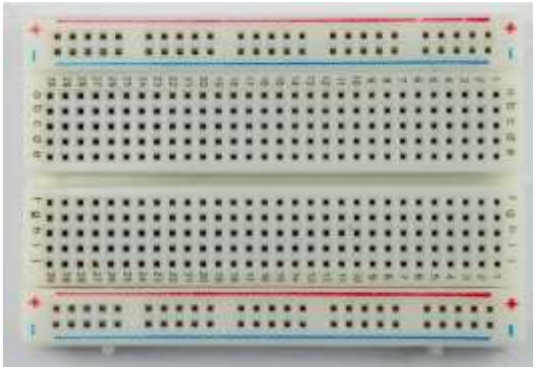
4. تجهيز البوردة

إن لوحة الاختبار (أو لوحة التجارب) وهي ما تُعرف بين الفنيين بالبوردة هي مكون أساسي في بناء الدوائر الكهربية. الفائدة الأساسية للبورد هي ربط وتثبيت المكونات الأخرى بسهولة وهي ما تجعل الدائرة الكهربية سهلة التناول والاختبار.

ومن أشهر أنواع لوحات الدوائر الكهربائية:

1. لوحة التجارب (Breadboard)

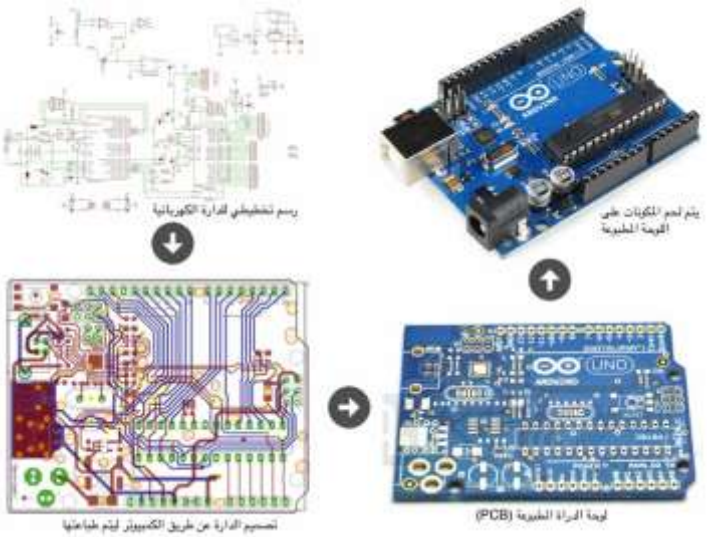
هي عبارة عن لوحة تجارب يمكنك وضع العناصر الإلكترونية عليها بدون لحام مثل المبينة في شكل (2)، حيث يمكن بناء العديد من الدوائر الكهربائية على لوحة التجارب مع إمكانية تغيير تصميم الدائرة بدون الحاجة إلى استخدام اللحام. ومما تمتاز به هذه اللوحة أنها توفر البيئة التجريبية سواءً للتجارب التعليمية البسيطة أو الدوائر المعقدة التي من الممكن أن تتحول إلى مقتنيات ومنتجات منزلية.



شكل (2): مثال للوحة التجارب – البريدبورد

2. اللوحة المطبوعة (PCB)

لوحة الدائرة المطبوعة هي عبارة عن دائرة كهربائية يتم أولا رسمها وتخطيطها عن طريق الكمبيوتر ومن ثم طبعتها على لوحة بلاستيكية فارغة ومن ثم تحويل التوصيلات الى مسارات نحاسية لتسمح بالتيار الكهربائي بالمرور من خلالها. يتم تصنيعها بعدة مراحل كالمبينة في شكل (3).



شكل (3): مراحل اعداد الدائرة المطبوعة

وتتلخص خطوات تجهيز البوردة في هذه الوحدة في أربع خطوات:

1. **نختار البوردة المناسبة للمخطط المعطى**
2. **نراجع صلاحية البوردة وسلامتها من العيوب الظاهرة**
3. **نختبر مدى مطابقة البوردة لمقاسات المخطط المعطى**
4. **نختبر عزل البوردة وعوامل الامان والسلامة المهنية**

تمرين عملي 1

قم بتجهيز الادوات التالية طبقاً لقواعد الامن والسلامة المهنية، مع كتابة خطوات التجهيز كما فعلتها.

الاداة	الزرادية	القصافة	الشنيور	المكواه

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ينفذ الدوائر الكهربية استنادا الي المخطط المعطي

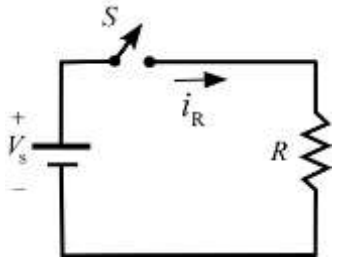
يجب ان يتعرف الطالب على مكونات دوائر التيار المستمر و المتردد

مكونات الدائرة الكهربية

عادة تتكون الدائرة كهربية من المكونات الاتية:

1. **المنبع الكهربى و قد يكون مستمر أو متردد**
2. **المفتاح هو عنصر التحكم بفتح وغلق الدائرة.**
3. **الحمل و هو الذي يستهلك القدرة الكهربية و يؤدي وظيفة للمستهلك.**
4. **اسلاك توصيل**

شكل (4) يوضح مثالاً لدائرة كهربية بسيطة تتكون من منبع جهد مستمرVs، مفتاح S، مقاومة R و أسلاك توصيل لربط مكونات الدائرة. المقاومة هنا تمثل دور الحمل الكهربي و هو ما يؤدي الوظيفة المطلوبة لمستهلكي الكهرباء، قد تكون مثلاً مصباح أو سخان أو مدفأة كهربية.



شكل (4): دائرة كهربية بسيطة

يوجد ثلاثة أنواع شائعة من الأحمال وهم: المادي، الحثي و السعوي و قد يكون الحمل مزيج من الثلاثة أنواع. الحمل المادي يكون مقاومة كهربية و عادةً ما يستخدم في تطبيقات التسخين الكهربي. الحمل الحثي يكون مزيجا من المقاومة و المحاثة كما سيتم دراسته لاحقاً. أما الحمل السعوي يكون إما مكثف فقط أو مكثف مع مقاومة.

دوائر التيار المستمر

المقاومة الكهربية

المقاومة الكهربية لسريان التيار الكهربي تكون نتيجة احتكاك الالكترونات بذرات المادة و تصادمهم. وتتوقف قيمة تلك المقاومة علي ثلاثة عوامل:

1. **طول الموصل(*l*) : قيمة المقاومة تتناسب طرديا طول الموصل.أي كلما زاد الطول زادت المقاومة.**
2. **مساحة مقطع الموصل(A) قيمة المقاومة تتناسب عكسيا مع مساحة مقطع الموصل. أي أنه كلما زادت مساحة**

المقطع قلت المقاومة.

3. المقاومة النوعية للموصل (ρ) قيمة المقاومة يتناسب طردياً معها.

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

تقاس المقاومة الكهربية بوحدة الأوم (Ω).

تمرين توضيحي 1

سلك نحاسي طوله 100 متر و مساحة مقطعة 5 mm2 **. احسب مقاومة السلك إذا علمت ان مقاومة النحاس النوعية هي** 1.68x10-8 **أوم متر.**

الحل

l = 100 m, A = 5 mm^2 = $5x10^{-6}$ m^2, ρ = $1.68x10^{-8}$

لاحظ أن 1 مم = 0.001 م= $1x10^{-3}$ م فيكون 1مم^2=$1x10^{-6}$ مم^2

$$R = \rho \frac{l}{A} = 1.68 \times 10^{-8} \frac{100}{5 \times 10^{-6}} = 0.336\ \Omega$$

تمرين 1

احسب مساحة مقطع الموصل اللازمة لتكوين مقاومة قيمتها 5 أوم علماً بأن طول الموصل 10 متر و مقاومته النوعية 56 أوم مليمتر.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

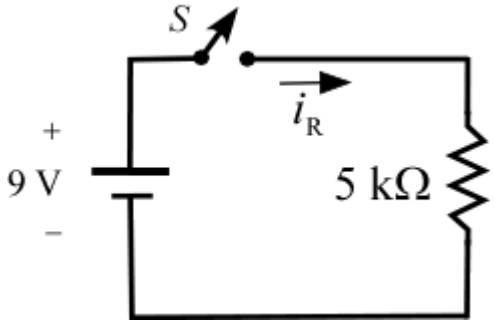
.....

.....

.....

تدريب عملي 1

قم بتنفيذ الدائرة الموضحة في شكل (5) والتى تتكون من مقاومة قيمتها 5 كيلو أوم (أو الأقرب قيمة و المتاحة في المعمل) مصدر جهد مستمر قيمته 10 فولت.



شكل (5) دائرة التمرين رقم 2

خطوات العمل:

تتم عملية التجهيز المطلوبة حسب المخطط المعطي و طبقا لعوامل الامن والسلامة المهنية.

يتم تجهيز المكونات من مقاومة مادية ومصدر للجهد واسلاك. يتم التوصيل والتاكد من سلامة البوردة ثم يُرَتب ويُنَظف مكان العمل.

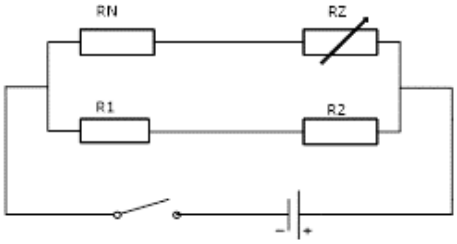
يبدأ فى التنفيذ بالجطوات الاتية.

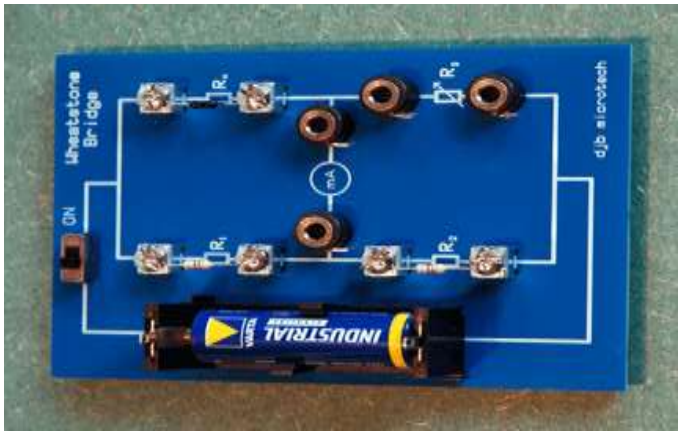
1. ضع المخطط المعطى امامك وحدد الابعاد المطلوبة لكل مكون
2. ارسم المخطط على لوحة الاختبار (البوردة) بالقلم الرصاص ثم بقلم الحمض
3. ضع البوردة في الحمض لفترة محددة ثم اخرجها.
4. عَلم نقاط دخول المكونات فى البوردة ثم يثقب بالشنيور والبنطة المحددة
5. ادخل المكومات الكهربية فى البوردة وقُص الاطراف الزائدة من الخلف.
6. استخدم مكوة اللحام والقصدير فى لحام اطراف المكونات كما هو مخطط
7. تأكد من ان لحام جميع المكونات سليم ومتطابق مع المواصفات
8. وصل الدائرة بمصدر الجهد

هنا يمكن نقسيم الطلاب فى مجموعات لينفذوا الدائرة مرة أخرى امام زملائهم بمراقبة المعلم مع تقييم الطالب الذى نفذ الدائرة ويسجل فى بطاقة اداء

تمرين عملي 2

جهز البوردة المطلوبة طبقا لما هو موضح في شكل (6) بالقيم المتاحة في المعمل.





شكل (6) بوردة التمرين العملي 2

قانون أوم

ينص قانون أوم على أن التيار المار في موصل يتناسب طردياً مع فرق الجهد بين طرفى الموصل عند ثبوت قيمة مقاومة الموصل.

يتم صياغته رياضيا بالرجوع للدائرة الموضحة في شكل (5) علي الصورة:

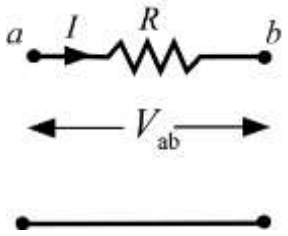
$$I \propto V_{ab} \rightarrow I = V_{ab}/R$$

علماً بأن:

V_{ab} فرق الجهد بين طرفي الموصل

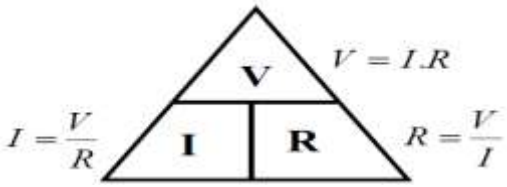
I شدة التيار المار في الموصل

R قيمة مقاومة الموصل



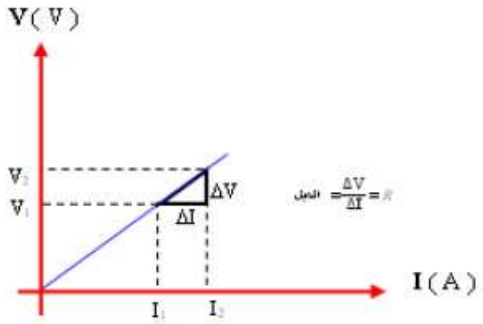
شكل (7) جزء من دائرة كهربية لتوضيح قانون أوم

و يمكن استخدام المثلث الموضح في شكل (8) لمعرفة العلاقات بين فرق الجهد و التيار و المقاومة.



شكل (8) يوضح مثلث قانون اوم

عند ثبوت المقاومة تكون العلاقة بين التيار المار في موصل و فرق الجهد بين طرفية علاقة خطية كما هو موضح في شكل (9).



شكل (9) العلاقة بين التيار و فرق الجهد عند ثيوت المقاومة

تمرين توضيحي 2

دائرة كهربية تحوي مقاومة قيمتها 5 كيلوأوم موصلة بمصدر جهد مستمر قيمته 9 فولت، احسب قيمة التيار المار في الدائرة بالمللي أمبير.

الحل

$$V_s = 9\ \text{V}, \qquad R = 5\ \text{k}\Omega$$
$$I = V_s/R = 9/5000 = 1.8\ \text{mA}$$

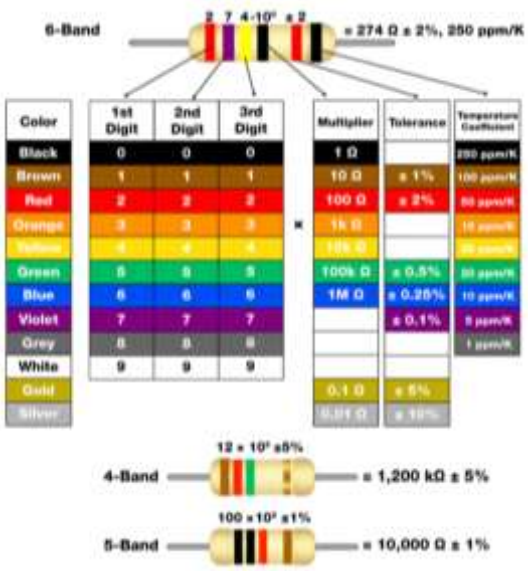
تمرين 2

إذا كان التيار المار في مقاومة كهربية هو 5 مللي أمبير عندما كان فرق الجهد بين طرفيها 24 فولت، احسب قيمة المقاومة بالكيلوأوم.

تمييز المقاومة بالالوان

يوضع على المقاومة الوان تعطى قيمةهذه المقاومة امافى شكل (4)أرقام او(5)ارقام ويعطى نسب تفاوت فى المائة امابالون الفضى ± 10% والذهبى ± 5 %

اذاكانت الالوان 4 يكون الون الرابع يعبر عن نسبة التفاوت كما بالشكل (10)



شكل (10): كود الألوان للمقاومات

تمرين توضيحي 3

اوجد قيمة المقاومة علماً بأن الألوان التي عليها هي: أحمر- أحمر – بني - ذهبي

الحل

أحمر 2← بني 1← ذهبي ←±%5

تكون قيمة المقاومة: 220± 5% أوم

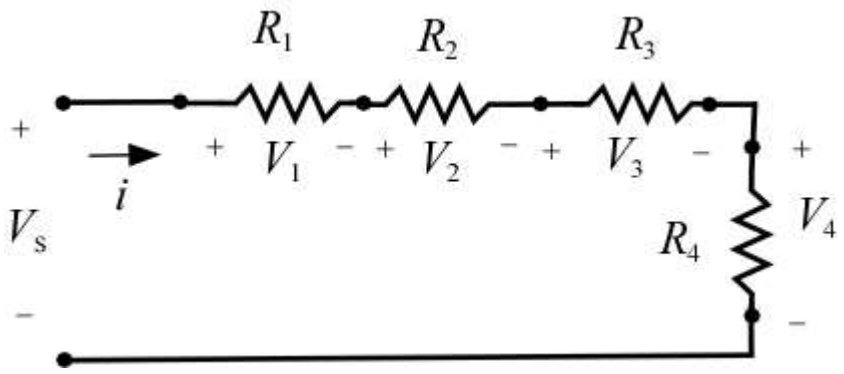
تمرين 3

اوجد قيمة المقاومة علماً بأن الألوان التي عليها هي: أزرق- رمادي – أحمر – ذهبي.

توصيل المقاومات

1. علي التوالي

يتم توصيل نهاية المقاومة الأولي ببداية المقاومة الثانية، و هكذا... في حالة التوالي لا يتفرع التيار، أي أن التيار المار في إحدي المقاومات يمر هو نفسه في كل المقاومات. تكون المقاومة الكلية هي مجموع كل المقاومات المتصلة علي التوالي. فمثلا في الشكل (11)، تكون المقاومة الكلية هي:



شكل (11): أربع مقاومات متصلة علي التوالي

$$R_{tot}=R_1+R_2+R_3+R_4$$

تمرين توضيحي 4

ثلاث مقاومات متصلة علي التوالي و قيمهم: 5، 15 و20 كيلوأوم. ما قيمة المقاومة الكلية

الحل

$$R_{tot}=R_1+R_2+R_3 = 5 +15 +20 = 40\ k\Omega$$

تمرين 4

خمس مقاومات متساوية متصلة علي التوالي قيمة مل منهم 6.8 كيلوأوم. احسب المقاومة الكلية.

.....

.....

.....

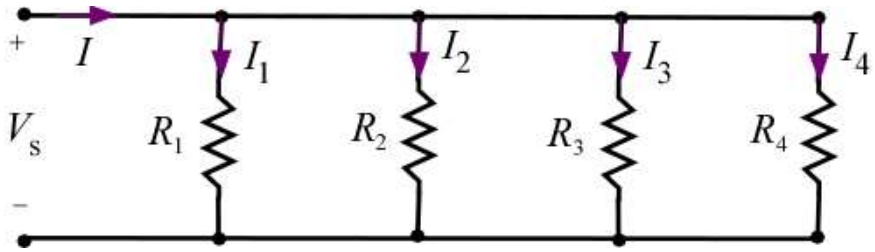
.....

.....

.....

2. علي التوازي

هنا يتم توصيل البدايات بالبدايات و النهايات بالنهايات لكل المقاومات كما في الشكل (12).



شكل (12): أربع مقاومات متصلة علي التوازي

عند التوصيل علي التوازي، يكون الجهد المُطَبق علي إحدي المقاومات هو نفسه مطبقاً علي باقي المقاومات و لكن يتجزأ التيار باختلاف قيم المقاومات. تكون المقاومة الكلية في هذه الحالة:

$$R_{tot} = \frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}}$$

تمرين توضيحي 5

ثلاث مقاومات متصلة علي التوازي و قيمهم: 4، 8 و24 كيلوأوم. ما قيمة المقاومة الكلية؟

$$R_{\text{tot}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{1}{\frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{24}} = 2.4\ \text{k}\Omega$$

تمرين 5

خمس مقاومات متساوية متصلة علي التوازي قيمة مل منهم 6.8 كيلوأوم. احسب المقاومة الكلية.

.....

.....

.....

.....

3. يقيس الكميات الكهربية باستخدام جهاز الملتيميتر(الأفوميتر)

الكميات والرموز والوحدات ومضاعفتها واجهزة القياس فى الدوائر الكهربية

الجدول الاتى يوضح معظم الكميات الكهربية المستخدمة

الكمية ورمزها	وحدة القياس ورمزها	مضاعفات وأجزاء الوحدة	جهاز القياس	رمز الجهاز
الجهد U	الفولت V	كيلو فولت=KV ملى فولت =mv	الفولطمتر	V
شدة التيار I	أمبير A	ملى أمبير = mA ميكروأمبير = µA	الأميرمتر	A
المقاومة R	أوم Ω	كيلو أوم = KΩ ميجا أوم = MΩ	الأوممتر	Ω
القدرة p	واط حصان w H.P	كيلو واط = Kw ميجا واط = Mw	الواطمتر	w
الشغل (الطاقة) W	واط . ثانية w.S	واط . ساعة wH كيلو واط . ساعة KwH	العداد الكهربي	wh
معامل القدرة COSφ			جهاز قياس معامل القدرة	φ

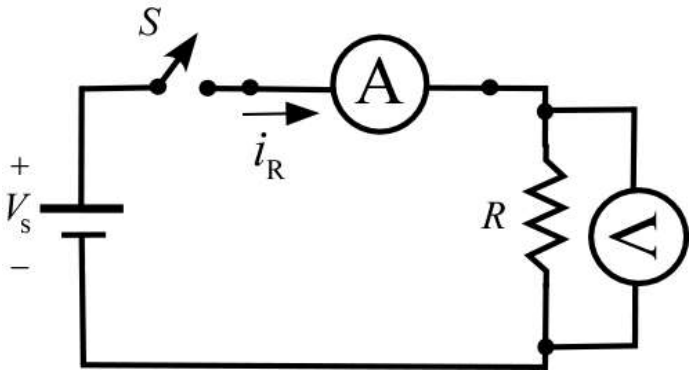
توصيل اجهزة القياس

تستخدم أجهزة القياس في الدوائر الكهربية لقياس الكميات الكهربية مثل الجهود و التيارات. لقياس فرق الجهد بين طرفي موصل، يُستخدم جهاز الفولتميتر ويُرمز له بالرمز:

أما جهاز الأميتر فيستخدم لقياس شدة التيار ويُرمز له بالرمز:

يوضح الشكل (13) توصيل أجهزة القياس

1. توصيل جهاز الفولتميتر على التوازى ليقيس فرق الجهد بين طرفي المقاومة
2. توصيل جهاز الاميتر بالتوالى ليقيس شدة التيار بالدائرة



شكل (13) توصيل الأميتر و الفولتميتر في الدائرة الكهربية

إن الشائع من أجهزة القياس في هذا السياق هو الجهاز المتعدد الأغراض، أو ما يعرف بالملتيميتر. باستخدام الملتيميتر، يمكن قياس الجهد، التيار، المقاومة وأشياء أخري. كل ما عليك أن تختار الكمية المقاسة و تحدد المدي كما سيتم تعلمه في وحدة أجهزة القياس.

تمرين عملي 3

وضح بالرسم ثم نفذ دائرة لقياس فرق الجهد وشدة التيار لدائرة كما شكل (12) إذا علمت ان ألوان المقاومة احمر اصفر اخضر فضي

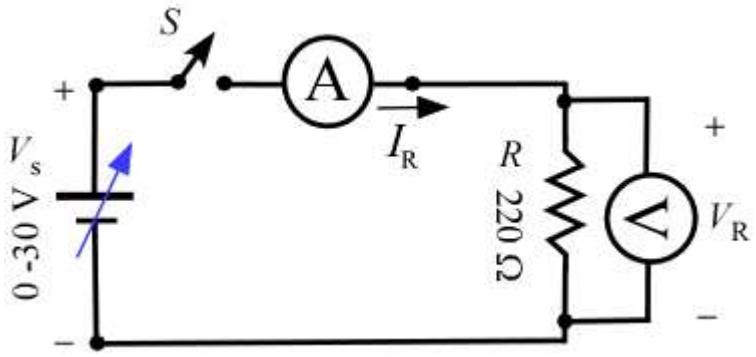
تجربــة معملية (1): تحقيق قانون أوم

الهدف من التجربة

تحقيق العلاقة من التيار والجهد على طرفي مقاومة/مجموعة من المقاومات عملياً عن طريق قياس كل من الجهد والتيار باستخدام جهاز الملتيميتر.

الأدوات والمعدات المطلوبة

1. مصدر جهد مستمر 0- 30 فولت
2. لوحة تجارب
3. عدد 2 ملتيميتر
4. مقاومة 220 أوم
5. مفتاح كهربي



شكل (14) الدائرة المعملية لتحقيق قانون أوم

خطوات العمل

1. قم بتوصيل الدائرة كما هو موضح في الشكل (14).
2. لا توصل مصدر الجهد حتى يتأكد المعلم من صحة التوصيل.
3. وصل مصدر الجهد بالضغط على المفتاح S.
4. بدايةً من الصفر، قم بزيادة الجهد حتى 12 فولت تدريجياً في ست خطوات. أي كل خطوة تناظر 2 فولت.
5. في كل مرة، سجل قراءاتي جهازي القياس في الجدول التالي.

6. قلل الجهد تدريجيا حتى الصفر ومن تم افصل مصدر الجهد
7. ارسم العلاقة بين الجهد والتيار في ورقة رسم بياني أو باستخدام برنامج Microsoft Excel، على أن يكون الجهد على المحور الرأسي والتيار على المحور الأفقي

الجهد(V)							
التيار(mA)							

الاستنتاجات

1. من الرسم الذي رسمته، حدد قيمة المقاومة في الدائرة.
2. ما شكل المنحني الذي حصلت عليه؟
3. ما تفسيرك لشكل العلاقة؟

دوائر التيار المتردد

تعريف التيار المتردد

هو التيار الكهربي الذي يتغير في القيمة(لحظيا) والاتجاه مع تكرار نفسه دوريا بمرور الزمن.

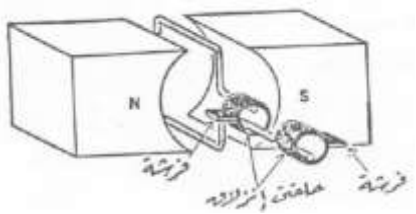
يمكن وصف التيار المتردد المثالي بموجة جيبيه مثل:

$$i(t) = I_{max} \sin(2\pi ft)$$

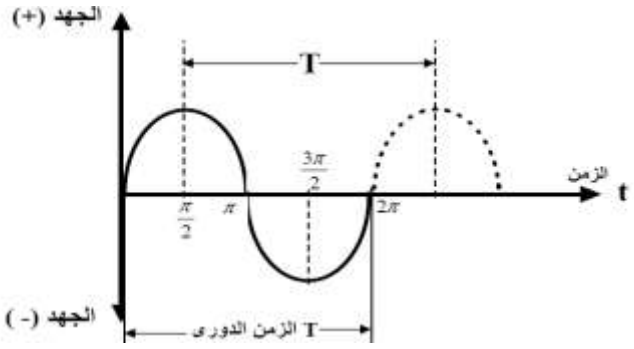
حيث أن Imax هو ما يعرف بالقيمة العظمي للتيار و f هو تردد التيار مقاساً بوحدة الهيرتز كما سيأتي تفصيله لاحقاً.

توليد الموجة الجيبية

يمكن استنتاج التيار المتردد من خلال وضع موصل بين قطبي مغناطيس كهربي (شكل 13) فينتج عن دوران الموصل توليد تيار متردد نتيجة القطع المتبادل بينهما وينتج عن ذلك توليد الموجة الجيبة كما في شكل (14).



شكل (13) نموذج مبسط للمولد الكهربي



شكل (14) يوضح شكل الموجة الجيبية

الزمن الدوري

هو الزمن بالثانية والتي تستغرقه دورة/ذبذبة واحدة من موجة الجهد او التيار وعادة ما يرمز له بالرمز T

التردد

هو عدد الدورات/الذبذبات أو الموجات في الثانية الواحدة ووحدة قياسه هي ذبذبة/ثانية وتُعرف بالهيرتز (Hz)

القيمة العظمي

هي أقصي قيمة يصل اليها الجهد أو التيار وفي حالة الموجة الجيبية المثالية تحدث القيمة العظمي عندما يكون مستوي الملف عمودياً على مستوي المجال (شكل 13) أي تكون الزاوية بينهما 90 درجة.

مثلاً، إذا كانت موجة الجهد معطاة بالمعادلة:

$$v(t) = V_{max} \sin (2 \pi f t)$$

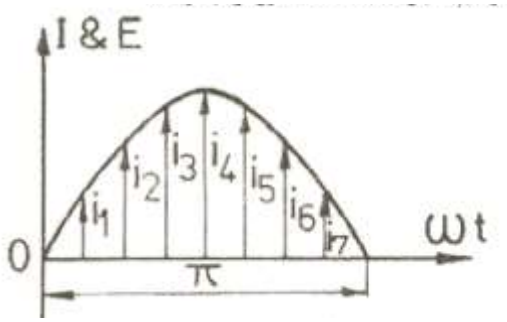
فإن القيمة العظمي تحدث عندما تكون πft 90 درجة

$$v(t) = V_{max} \sin (90) \rightarrow v(t) = V_{max}$$

القيمة المتوسطة

بما أن التيار المتردد يكون موجب في نصف دورة ثم يكون سالباً في نصف الدورة الاخر، فإن القيمة المتوسطة خلال دورة كاملة تكون صفراً، ولكن من المفيد في بعض الأحيان تحديد قيمة متوسطة للتيار المتردد خلال نصف دورة كما في شكل (15) ويمكن حسابها بالمعادلة التالية.

$$I_{avg} = 2I_{max}/\pi \approx 0.637\ I_{max}$$



شكل (15) نصف دورة لموجة جيبيه

القيمة الفعالة

إذا مر تيار مستمر قيمته ولتكن Idc في مقاومة معينة فاستهلكت المقاومة طاقة حرارية في زمن معين ومر تيار متردد قيمته العظمي Imax في نفس المقاومة واستهلكت المقاومة نفس كمية الطاقة الحرارية في نفس الزمن، فإن في هذه الحالة يكونا التياران (المتردد والمستمر) متكافئين ويتم حساب القيمة الفعالة بناءاً على ذلك. في حالة الموجة الجيبية المثالية تُحسب القيمة الفعالة بالمعادلة:

$$I_{RMS} = I_{max}/\sqrt{2} \approx 0.707\, I_{max}$$

عندما نريد وصف جهد متردد مثل الجهد في المنازل السكنية في مصر مثلاً، نقول إن الجهد 220 فولت وتلك هي القيمة الفعالة لذلك الجهد.

تمرين توضيحي 5

احسب القيمتين الفعالة والمتوسطة لجهد مترد قيمته العظمي 311.13 فولت.

الحل

$$V_{max} = 311.13\ V$$

$$V_{RMS} = V_{max}/\sqrt{2} = 220\ V$$

$$V_{avg} = 2V_{max}/\pi = 2\times 311.13/\pi = 198\ V$$

تمرين 6

احسب القيمة الفعالة والعظمي لجهد متردد إذا علمت أن القيمة المتوسطة لهذا الجهد هي 342.12 فولت.

.....

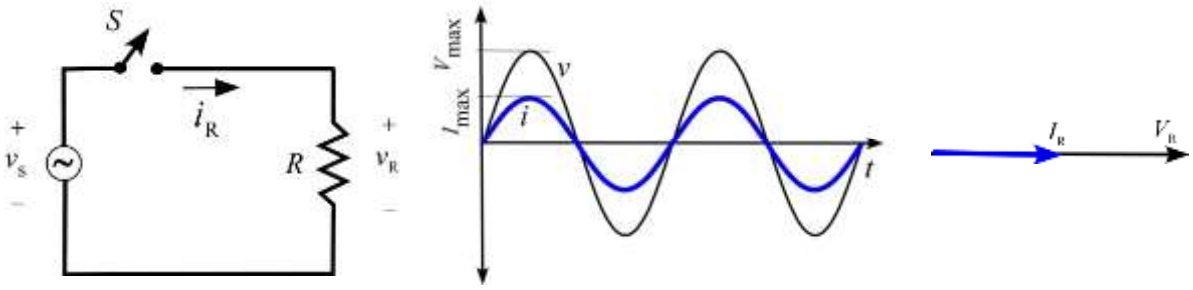
.....

.....

المكونات الكهربية في دوائر التيار المتردد

1. الحمل المادي

عند مرور التيار في الموصلات فإنه يلاقي مقاومة تتوقف على طول الموصل ومساحة مقطعة ونوع مادته كما سبق شرحه ونتيجة لذلك تُستهلك أو تُفقد طاقة كهربية تظهر على شكل طاقة حرارية في السلك نتيجة المقاومة. في حالة الحمل المادي تكون شدة التيار المار في الحمل وفرق الجهد بين طرفيه متفقين في الوجه: أي يمر منحنى كل منهما بالنهايات العظمى والصغرى في نفس الوقت وفي نفس الاتجاه كما هو موضح في شكل (16)



أ-دائرة مقاومة مع مصدر جهد متغير ب -شكل الموجات ج - المخطط الاتجاهي

شكل (16) حمل مادي مع مصدر جهد متغير: أ – رسم الدائرة، ب- شكل موجتي الجهد والتيار و ج- المخطط الاتجاهي

2. الحمل السعوي

الحمل السعوي يحتوي بشكل أساسي على مكثفات كهربية فقط أو مكثفات بالإضافة إلى مقاومات. المكثف هو أداة لتخزين الشحنات الكهربية ويستخدم في الأجهزة الكهربية والإلكترونية. ويتركب المكثف من لوحين معدنين بينهما مادة عازلة كما في شكل (17). وتُعرف سعة المكثف بأنها النسبة ما بين الشحنة المتراكمة(Q) على اللوح المعدني وفرق الجهد بين اللوحين (V):

$$C = \frac{Q}{V}$$

شكل (17)

- يتم حساب سعة المكثف بمعلومية أبعاد المكثف ونوع المادة العازلة المستخدمة كما بالمعادلة:

$$C = \frac{\varepsilon A}{d}$$

حيث أن:

ε	سماحية المادة العازلة بين اللوحين
A	مساحة مقطع اللوح المستخدم
D	المسافة بين اللوحين

- تقاس سعة المكثف بالفـــاراد F

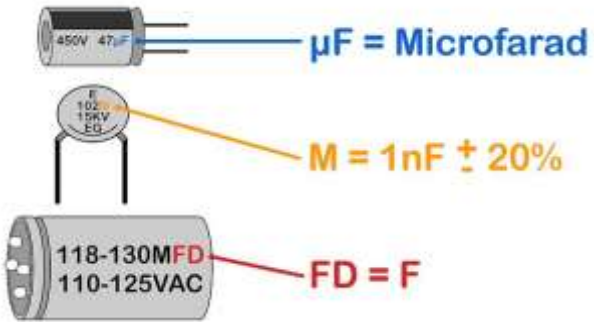
هناك العديد من أشكال المكثفات المتاحة في الأسواق (شكل 17) وكل منها له طريقة خاصة في كتابة البيانات علي المكثف، ومنها علي سبيل المثال الصورة الموضحة في شكل (18).

السماحية لبعض المواد التى تستخدم كوسط عازل للمكثفات

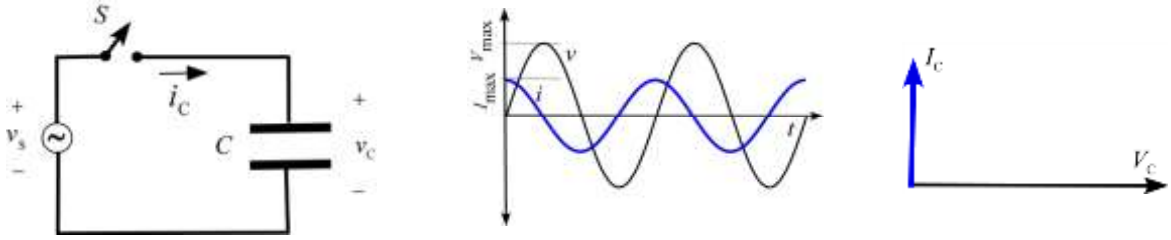
	المادة	السماحية النسبة K
١	الهواء	١.٠٠٠٥
٢	الورق الجاف	٢ – ٢.٥
٣	شريط بوليسترين	٣-٢
٤	ميكا	٧-٣
٥	ورق مشرب	٦-٤
٦	خزف	١٠٠-٦

تعريف المفاعلة السعوية

المكثف في دوائر التيار المتردد يشحن في نصف دورة ويفرغ شحنته في النصف الاخر من الدورة. تكرار عمليتي الشحن والتفريغ تسبب نوعا من المقاومة للتيار المتردد وهو ما يعرف بالمفاعلة السعوية. الجدير بالذكر أن المفاعلة السعوية ليست كالمقاومة في حالة الحمل المادي، لأنها لا تسبب أي استهلاك الطاقة وأيضا تسبب تأخيرا لموجة الجهد بين طرفي المكثف عن التيار المار في الدائرة بما يعادل ربع دورة (90 درجة) كما في شكل (19).



شكل (18): بيانات المكثف



أ-دائرة مكثف مع مصدر جهد متغير ب -شكل الموجات جـ - المخطط الاتجاهي

شكل (19) حمل سعوي مع مصدر جهد متغير: أ – رسم الدائرة، ب- شكل موجتي الجهد والتيار و ج- المخطط الاتجاهي

تتوقف المفاعلة السعوية على عاملين أساسيين: التردد وسعة المكثف. تتناسب المفاعلة عكسياً مع التردد وسعة المكثف. بمعني أنه إذا زاد أحد العاملين تقل قيمة المفاعلة السعوية. لذلك يتم حساب قيمة المفاعلة السعوية من المعادلة:

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

ملاحظات:

- يمر التيار المتردد في المكثفات بينما لا يمر التيار المستمر في المكثفات
- لا يمر التيار بين لوحي المكثف لوجود مادة عازلة بينهما وإنما يمر التيار من أحد لوحي المكثف إلى اللوح الآخر المتصل بالدائرة الخارجية فقط.

تمرين توضيحي 6

احسب المفاعلة السعوية لمكثف سعته 470 ميكروفاراد عندما يُوصل جهد متردد تردده 50 هيرتز.

الحل

$$C = 470\ \mu F$$

$$f = 50\ Hz$$

$$X_C = \frac{1}{2\,\pi\,f\,C} = \frac{1}{2\,\pi\ \times 50 \times 470 \times 10^{-6}} = 6.77\ \Omega$$

تمرين 7

كم يجب أن تكون سعة المكثف إذا أردنا ان تكون المفاعلة السعوية له 564.38 أوم عندما يكون التردد 60 هيرنز.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

تجربــة معملية (2): العلاقة بيـن شدة التيار وسعة المكثف

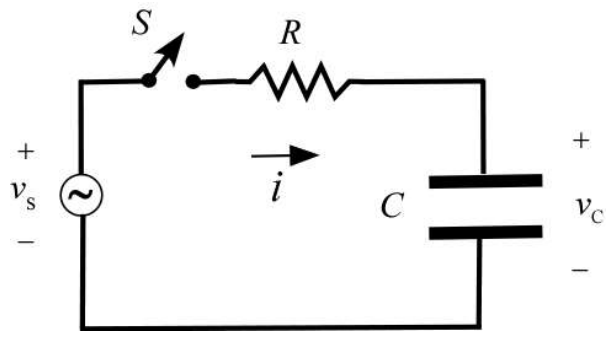
في هذه التجربة يتم دراسة العلاقة بين شدة التيار المسحوب في دوائر المكثفات وقيمة السعة الكلية الموصلة في الدائرة.

الادوات المستخدمة

1. مقاومة مادية
2. مكثفان الاول مكثف سعته 1000ميكروفاراد
3. الثانى مكثف آخر سعته أقل 100ميكروفاراد
4. جهز فولتميتر
5. جهاز أميتر
6. جهاز واتميتر
7. مصدر جهد متردد 24 /12 فولت

خطوات العمل:

1. نكون الدائرة الكهربية كما في شكل (20) مع استبدال المقاومة بمصباح (24 /12 فولت) لملاحظة الإضاءة.
2. نغلق الدائرة الكهربية بالمفتاح نلاحظ إضاءة المصباح إضاءة شديدة.



شكل (20): دائرة التجربة المعملية 2

3. نستبدل المكثف الذي سعته 1000ميكروفاراد بمكثف آخر سعته أقل 100ميكروفاراد نلاحظ أن إضاءة المصباح تقل.

الاستنتــاج:

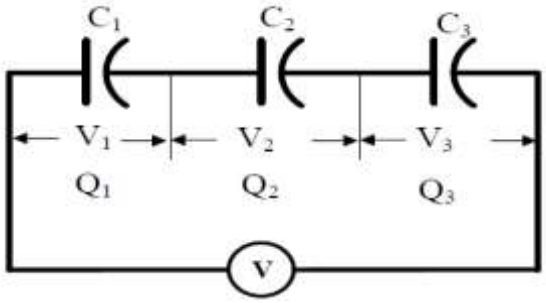
كلما زادت سعة المكثف فإن شدة التيار المار في الدائرة تزيد والعكس صحيح.

المفاعلة السعوية الكلية لعدة مكثفات متصلة معاً

توصيل المكثفات على التوالي:

بفرض ثلاثة مكثفات متصلة معاً على التوالي بدائرة كهربية كما بشكل (21) وعند مرور التيار المتردد تشحن المكثفات بشحنات متساوية:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_{tot}$$



شكل (21) ثلاثة مكثفات متصلة على التوالي

$$V_{tot} = V_1 + V_2 + V_3$$

$$\frac{Q_{tot}}{C_{tot}} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_3}{C_3}$$

$$\frac{1}{C_{tot}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$C_{tot} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$$

∴ تقل السعة الكلية فتزداد المفاعلة السعوية فتقل شدة التيار في حالة التوصيل على التوالي

تمرين توضيحي 7

ثلاثة مكثفات متصلة على التوالي قيمهم 24، 32 و 40 ميكروفاراد. احسب السعة الكلية.

الحل

$$C_{\text{tot}} = \frac{1}{\frac{1}{24} + \frac{1}{32} + \frac{1}{40}} = 11.43\ \mu\text{F}$$

تمرين 8

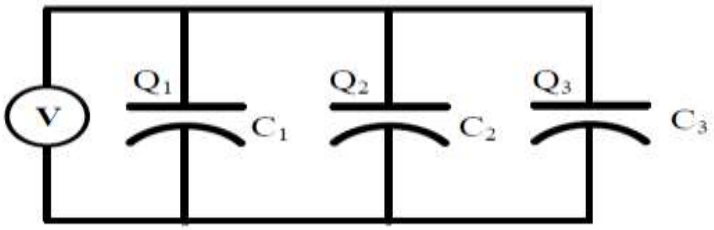
أربع مكثفات متصلة علي التوالي قيمهم 10، 10، 20، 50 مللي فاراد. احسب السعة الكلية.

.....

.....

.....

2- توصيل المكثفات على التوازي



شكل (22): ثلاثة مكثفات متصلة علي التوازي

بفرض توصيل المكثفات الثلاثة السابقة على التوازي بمصدر تيار كهربي متردد جهده (V) كما بالشكل (22) فإن جهودها تكون متساوية:

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_{\text{tot}}$$

$$Q_{\text{tot}} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$C_{\text{tot}}V_{\text{tot}} = C_1V_1 + C_2V_2 + C_3V_3$$

$$C_{\text{tot}} = C_1 + C_2 + C_3$$

تمرين توضيحي 8

ثلاثة مكثفات متصلة على التوازي قيمهم 24، 32 و 40 ميكروفاراد. احسب السعة الكلية.

$$C_{\text{tot}} = 24 + 32 + 40 = 96 \text{ mF}$$

تمرين 9

أربع مكثفات متصلة علي التوازي، قيم ثلاثة منهم 47، 68 و 96 ميكروفاراد. كم يجب أن تكون قيمة سعة المكثف الرابع لتكون السعة الكلية 470 ميكروفاراد.

.....

.....

.....

أنواع القدرة في دوائر التيار المتردد

في دوائر التيار المتردد نجد ثلاثة أنوع من القدرة: القدرة الفعالة، غير الفعالة و القدرة الظاهرية. القدرة الفعالة هي القدرة التي يمكن الاستفادة منها مباشرة في الأحمال الكهربية، مثلاً هي ذلك الجزء من القدرة التي تتحول الي اضاءة في المصابيح أو الي حركة ميكانيكية في المحركات الكهربية. القدرة غير الفعالة هي ذلك الجزء من القدرة و الذي يسبب تناوب الطاقة بين المصدر و الحمل مرتين في كل دورة من دورات التيار أو الجهد. تكون القدرة غير الفعالة مطلوبة م ومهمة لعمل المحركات كما سيتم شرحه لاحقاً. أما القدرة الظاهرية فهي المجموع الاتجاهي للقدرتين الفعالة و غير الفعالة.

الرموز التالية يتم استخدامها خلال الوحدة

V	**القيمة الفعالة للجهد في الدائرة**
I	**القيمة الفعالة للتيار في الدائرة**
ϕ	**زاوية الوجه بين الجهد و التيار في الدائرة**
P	**القدرة الفعالة و تقاس بالوات (W, kW, MW)**
Q	**القدرة غير الفعالة (VAr, kVAr, MVAr)**
S	**القدرة الظاهرية (VA, kVA, MVA)**

$$P = V\ I \cos(\phi)$$

$$Q = V\ I \sin(\phi)$$

$$S = V\ I = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

معامل القدرة هو النسبة ما بين القدرة الفعالة و الظاهرية.

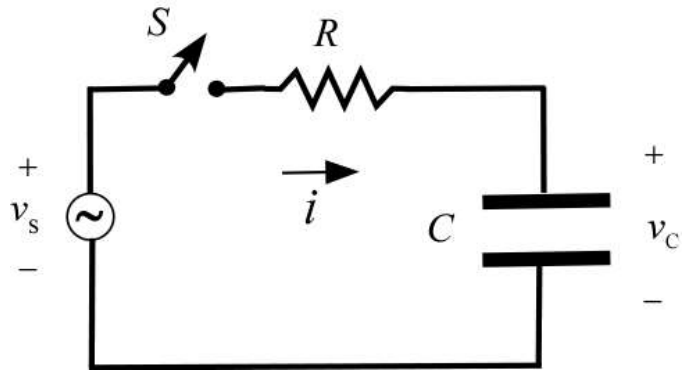
$$pf = \frac{P}{S}$$

و في حالة الموجة الجيبية المثالية يمكن حساب معامل القدرة بالمعادلة:

$$pf = \cos(\phi)$$

إن انخفاض معامل القدرة يعني أن القدرة الظاهرية المطلوبة تزيد مما يؤدي الي زيادة التيار المسحوب و هو ما يؤدي الي زيادة الانخفاض في الجهد و القدرة المفقودة عبر الموصلات. و يمكن تحسينه بادراج بعض المكثفات علي التوازي مع الدائرة.

في حالة دائرة مقاومة و مكثف علي التوالي كما في شكل (23)، يمكن حساب القدرات كالتالي.



شكل (23) مقاومة ومكثف متصلين على التوالي

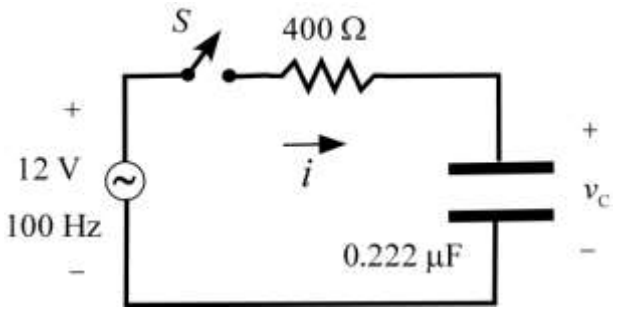
$$P = I^2 R$$
$$Q = I^2 X_C$$
$$S = I^2 Z$$

حيث Z هي المعاوقة الكلية للدائرة و تعطي بالعلاقة:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

تمرين توضيحي 9

احسب القيمة الفعالة للتيار زاوية الوجه بين تيار المصدر وجهد المصدر للدائرة الموضحة بشكل (24).



شكل (24)

الحل:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \times 100 \times 0.222 \times 10^{-6}} = 7170\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^{\ 2}} = \sqrt{(400)^2 + (7170)^2}$$

$$Z = 7181\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{12}{7181} = 0.00167\ A$$

$$I = 1.67 \quad \text{m.A}$$

$$Cos\,\phi = \frac{R}{Z}$$

$$= \frac{400}{7181} = 0.0557$$

$$\phi = Cos^{-1}\ 0.05577$$

$$\phi = 86.81^{\circ}$$

تدريب عملي 2

قم بتنفيذ الدائرة الموضحة في شكل (24) على لوحة الاختبار بنفس القيم أو القيم المتاحة في المعمل. قم بتركيب المكونات على البوردة واختبارها وقياسها بأجهزة القياس ثم يُنفذ الخطوات الاتية

1. جهز البوردة والمكونات واختبرهم جيدا كما سبق دراسته.
2. ركب المكونات على البوردة في اماكنها.
3. قم بلحام المكونات على البورة من الخلف.
4. اختبر صحة اللحام ومطابقته للمواصفات القياس.
5. قم بتوصيل وقراءة الاجهزة المختلفة وسجل القراءات

تمرين 10

3 مكثفات سعاتها 30,15,5 ميكر وفاراد تتصل بمصدر تيار متردد جهده 220 فولت و تردده 50 هيرتز. احسب شدة التيار المار إذا وصلت: (1)على التوالي. (2) على التوازي. وقارن بينهم

.....

.....

.....

.....

.....

.....

تمرين 11

3 مكثفات سعاتها 4,16,24 ميكروفاراد تتصل بمصدر تيار متردد جهده 250 فولت تردده 60هرتز.احسب شدة التيار المار إذا وصلت: (1) على التوالي. (2) على التوازي. وقارن بينهم

.....

.....

.....

.....

.....

.....

تمرين 12

3 مكثفات سعاتها 20 ، 40، 60 ميكرو فاراد تتصل بمقاومة مادية 30 اوم بمصدر تيار متردد جهده 220 فولت تردده 50 هرتز. احسب شدة التيار المار إذا وصلت المكثفات: (1)على التوالي. (2) على التوازي. وقارن بينهم

.....

.....

.....

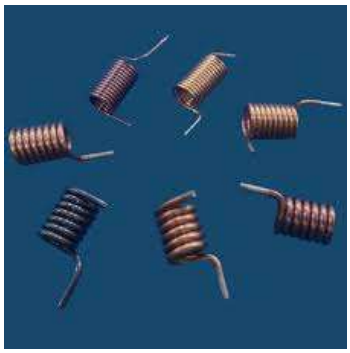
.....

.....

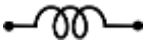
.....

3. الحمل الحثي

إذا مر التيار الكهربي في موصل فإنه يُنشأ مجالاً مغناطيسياً حول هذا الموصل. يمكن تكبير المجال الناشئ إذا مر التيار في عدد من اللفات ومن هنا ظهر اسم الملف الكهربي. الملف الكهربي يُصنع من سلك (عادةً من النحاس) ملفوف حول قلب حديدي بعدد معين من اللفات. أحيانا يُلف السلك حول مادة غير مغناطيسية وقد يكون القلب هواء، لكن الشائع في مجال الكهرباء هو القلب الحديدي. شكل (25) يوضح بعض نماذج من الملفات الكهربية.



شكل (25) الأشكال للملفات الكهربية

في الدوائر الكهربية، يُرمز للملف بالرمز: 

معامل الحث الذاتي لملف هو النسبة ما بين الفيض المغناطيسي الناشئ إلي شدة التيار الذي أنشأ هذا المجال ويُرمز له بالرمز: L. وحدة قياس معامل الحث الذاتي هي الهنري (H).

من الجدير بالذكر هنا أن توصيل الملفات علي التوالي و التوازي يتبع نفس القوانين كما في حالة المقاومات. فمثلاً، عند توصيل أربع ملفات علي التوالي تكون المحاثة الكلية هي:

$$L_{tot} = L_1 + L_2 + L_3 + L_4$$

و عند توصيل أربع ملفات علي التوازي، تكون المحاثة الكلية هي:

$$L_{tot} = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \frac{1}{L_4}}$$

تمرين توضيحي 10

ثلاثة ملفات قيم محاثاتهم 12، 18، 24 مللي هنري. احسب المحاثة الكلية لهم اذا تم توصيلهم: 1. علي التوالي و2. على التوازي.

الحل

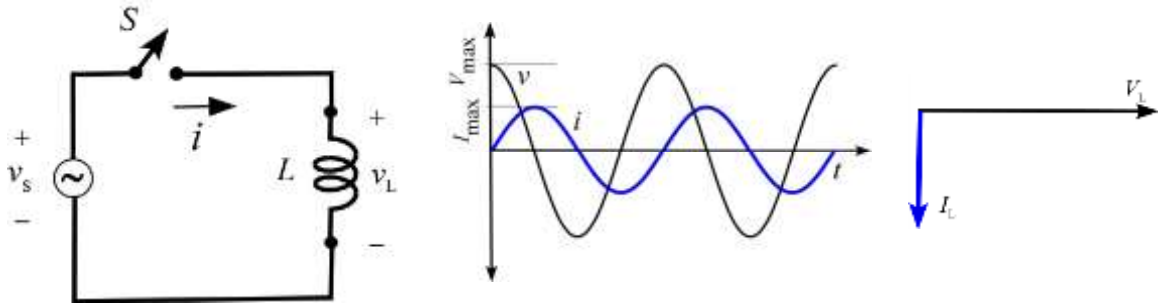
1. على التوالي

$$L_{tot} = L_1 + L_2 + L_3 = 12+18+24 = 54 \text{ mH}$$

2. على التوازي

$$L_{tot} = \frac{1}{\frac{1}{L_1}+\frac{1}{L_2}+\frac{1}{L_3}} = \frac{1}{\frac{1}{12}+\frac{1}{18}+\frac{1}{24}} = 5.54 \text{ mH}$$

إن خاصية بناء التيار للمجال المغناطيسي تُسبب مقاومة للتيار وتأخره بزاوية قدرها 90 درجة عن الجهد في دوائر التيار المتردد حيث أن هذا تطلب إعادة تنظيم جزيئات المادة الملفوف حولها الملف. هذه المقاومة تعرف بالمفاعلة الحثية. شكل 26 يوضح تلك الخصائص.



أ-دائرة مكثف مع مصدر جهد متغير ب -شكل الموجات جـ - المخطط الاتجاهي

شكل (26) حمل حثي مع مصدر جهد متغير: أ – رسم الدائرة، ب- شكل موجتي الجهد والتيار و ج- المخطط الاتجاهي

تتناسب المفاعلة الحثية طردياً مع كل من التردد ومعامل الحث الذاتي ويمكن حسابها بالمعادلة:

$$X_L = 2\,\pi\,f\,L$$

تُقاس المفاعلة الحثية بالأوم.

إذا أردنا حساب القيمة الفعالة للتيار المار في ملف كالموضح في شكل (23) فيكون ذلك باستخدام المعادلة:

$$I = \frac{V_s}{X_L} = \frac{V_s}{2\,\pi\,f\,L}$$

تمرين توضيحي 11

احسب القيمة الفعالة للتيار المار في ملف محاثته 20 مللي هنري عندما يُوصل بمصدر جهد متردد مُعطي بالعلاقة:

$$v_s(t) = 169.7 \sin(100\pi t)$$

الحل

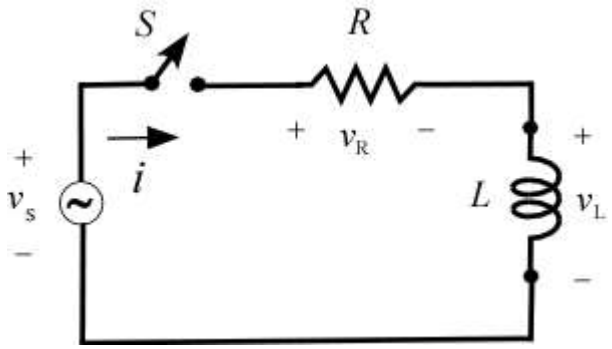
$$L = 20 \text{ mH}, \qquad V_{max} = 169.7 \text{ V}, \qquad 2\pi f = 100\pi$$

$$X_L = 2\,\pi\,f\,L = 100\pi \times 20 \times 10^{-3} = 6.28\ \Omega$$

$$V_{RMS} = 0.707 * V_{max} = 120 \text{ V}$$

$$I_{RMS} = V_{RMS}/X_L = 120/6.28 = 19.1 \text{ A}$$

بما أن الملف مصنوع من سلك مادة موصلة، فإنه دائماً ما تكون هناك مقاومة أومية مصاحبة للملف ولا يمكن الفصل بينهما عملياً. لذلك، فإن دائرة الملف على التوالي مع مقاومة كما في شكل (27) من أكثر الدوائر شيوعاً.



شكل (27) دائرة ملف مع مقاومة على التوالي

في هذه الحالة، تكون المعاوقة الكلية (Z) معطاة بالعلاقة:

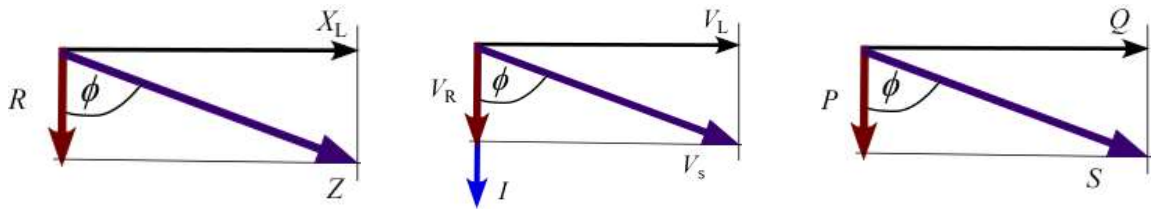
$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

يتأخر التيار عن جهد المصدر بزاوية ϕ تتراوح قيمتها ما بين أكبر من الصفر وأقل من 90 درجة. يمكن تحليل المعاوقة إلي مُرَكِبَتين متعامدتين كما يلي:

$$R = Z\cos(\phi)$$

$$X_L = Z\sin(\phi)$$

وبالتالي يكون المخطط الاتجاهي بالشكل (28).



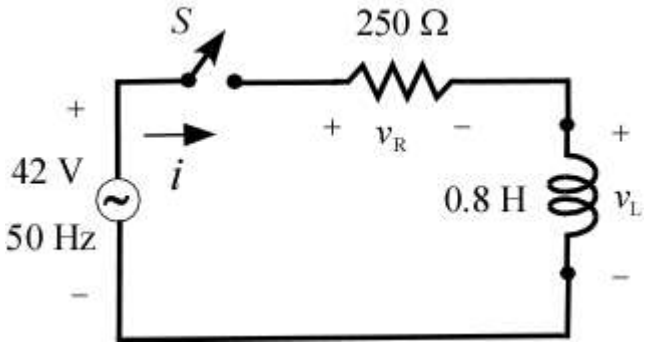
شكل (28) المخطط الاتجاهي لدائرة ملف مع مقاومة على التوالي

إن وجود الملفات في دوائر التيار المتردد يسبب تناوب جزء من الطاقة مل بين المصدر والحمل وهو – كما سبق شرحه- ما يعرف بالقدرة غير الفعالة و يتم حساب القدرات الثلاث كالتالي.

$$P = I^2R$$
$$Q = I^2X_L$$
$$S = I^2Z$$

تمرين توضيحي 12

بالرجوع للدائرة الموضحة في شكل (29) اوجد قيمة شدة التيار ثم نفذ هذه الدائرة بالقيم المتاحة في المعمل على لوحة الاختبار (البوردة) مع مراعاة قواعد الامن والسلامة المهنية وقياس التيار.



شكل (29)

الحل

$R=250\Omega$ $L=0.8H$ $X_L=?$

$X_L=2\pi f\cdot L \quad =2\times\pi\times50\times0.8=251\Omega$

$Z=\sqrt{R^2+X_L{}^2}$

$=\sqrt{(250)^2+(251)^2}=354\Omega$

لحساب شدة التيار I

$I=\frac{V_t}{Z}$

$=\frac{42}{354}=0.118\,Ampers$

4. حمل مادي – حثي - سعوي

قد يكون الحمل، في بعض الأحيان، مزيجاً من الحمل المادي والحثي والسعوي، أي مقاومة وملف ومكثف. وحيث أن المكثف يسبب تقدم التيار عن الجهد بزاوية 90 درجة في حين أن الملف يسبب تأخر التيار عن الجهد بزاوية 90 درجة، فإن تأثير المفاعلة السعوية يكون في عكس اتجاه تأثير المفاعلة الحثية. وبالتالي تكون المفاعلة الكلية لهما هي الفرق ما بين الاثنين:

$$X_{LC} = X_L - X_C$$

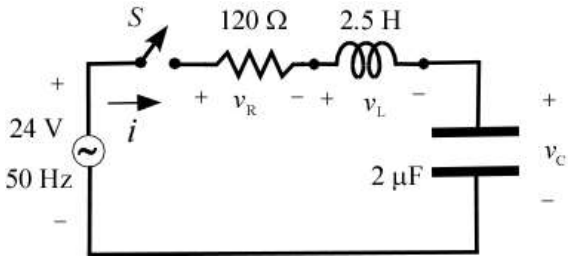
وتكون المعاوقة الكلية في دائرة مقاومة – ملف – مكثف علي التوالي هي:

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

في هذه الحالة، قد يتأخر التيار عن جهد المصدر أو يتقدم طبقاً لقيمتي المفاعلتين الحثية والسعوية.

تمرين توضيحي 13

للدائرة الموضحة في شكل (30)، احسب المعاوقة الكلية في الدائرة ثم اوجد قيمة شدة التيار وزاوية الوجه.



شكل (30)

$$X_L = 2\pi f \cdot L$$
$$= 2\pi(50)(2.5)$$
$$= 785\,\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f \cdot C} = \frac{1}{2\pi(50)(2\times10^{-6})}$$
$$= 1.59\times10^{3}\,\Omega$$
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(120)^2 + (785-1590)^2}$$
$$= 814\,\Omega$$
$$I = \frac{V}{Z} = \frac{24}{814}$$
$$= 0.295\,A$$
$$Cos\,\phi = \frac{R}{Z} = \frac{120}{814} = 0.147$$
$$\phi = \cos^{-1} 0.147 = 81.5^{\circ}$$

تمرين عملي 4

نفذ الدائرة الموضحة في شكل (30) على لوحة الاختبار(البوردة) بالقيم الموضحة أو بالقيم المتاحة في المعمل مع مراعاة قواعد الامن والسلامة المهنية، وقياس شدة التيار.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. تحليل الدوائر الكهربية

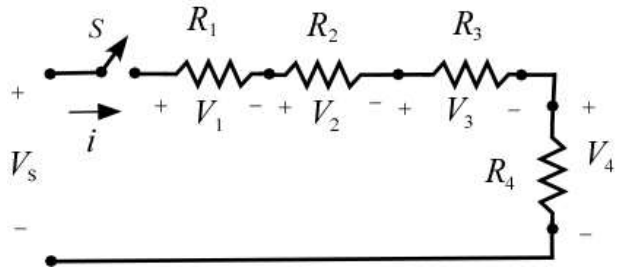
قانون كيرشوف للجهد

المجموع الجبري للجهود في اي دائرة او مسار مغلق يساوي صفرا.

في اي مسار مغلق يكون جهد المصدر يساوي مجموع انخفاضات الجهد على مقاومات المسار المتوالية. يعرف انخفاض الجهد بأنه الجهد المطبق على طرفي المقاومة نتيجة مرور التيار فيها. فمثلاً، بالنسبة للدائرة الموضحة في شكل (31)، يمكن وصف قانون كيرشوف للجهد بالمعادلة:

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

إذا مر التيار في المقاومة فإنه يسبب هبوطاً في الجهد بقطبية معاكسة لقطبية المصدر ولذلك تجد في المعادلة السابقة أنه إذا كانت إشارة جهد المقاومة موجبة، فإن إشارة جهد المصدر تكون سالبة



شكل (31) دائرة لتوضيح قانون كيرشوف للجهد

تمرين توضيحي 14

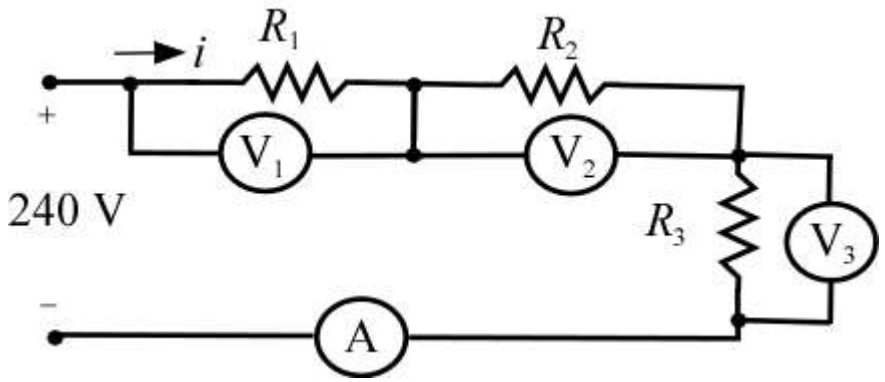
بالرجوع للدائرة الموضحة في شكل (32)، إذا علمت أن قراءة الأجهزة الموصلة كالتالي

:

V1	V2	A
60 V	100 V	5 A

- **كم تكون قراءة الفولتميتر** V3
- **احسب قيمة المقاومة** R2

الحل



شكل (32)

بتطبيق قانون كيرشوف للجهد،

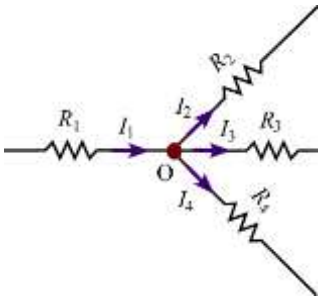
$$-V_s + V_1 + V_2 + V_3 = 0$$
$$V_3 = V_s - V_1 - V_2 = 240 - 60 - 100 = \ 80 \text{ V}$$
$$R_2 = \frac{V_2}{I} = \frac{100}{5} = 20\ \Omega$$

قانون كيرشوف للتيار

مجموع التيارات الكهربية عند أي عقدة في الدائرة تساوي صفر.

ويمكن القول بأنه عند اي عقدة (Node) في الدائرة الكهربية فان مجموع التيارات الكهربية الداخلة الي العقدة تساوي مجموع التيارات الكهربية الخارجة منها.

عقدة (Node): هي نقطة تجميع لأكثر من فرعين كما هو موضح في شكل (33).



شكل (33)

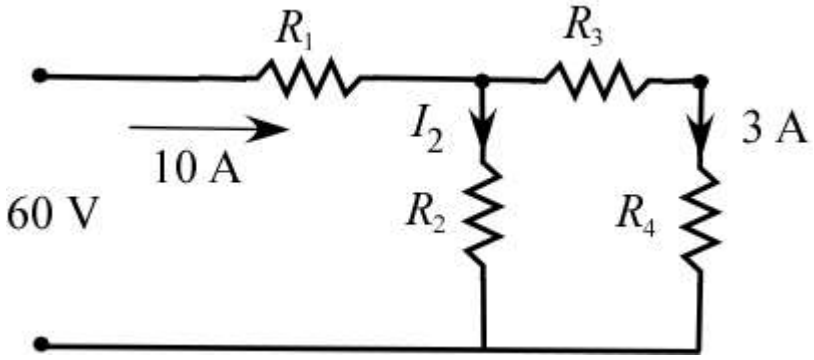
بالنسبة للدائرة الموضحة في شكل (33)، يمكن وصف قانون كيرشوف للتيار بالمعادلة:

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

من البديهي أن نقول إنه إذا كان التيار الداخل للعقدة ذو إشارة سالبة، فإن التيار الخارج منها لا بد أن يكون ذو إشارة موجبة.

تمرين توضيحي 15

بالرجوع للدائرة الموضحة في شكل (34)، أوجد قيمة التيار I2



شكل (34)

الحل

$$I_2 = 10 - 3 = 7 \text{ A}$$

تجربة معملية (3): تحقيق قانوني كيرشوف

أهداف التجربة

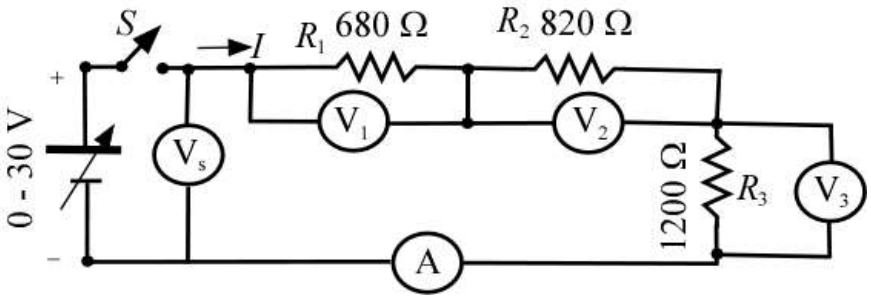
1. توصيل المقاومات على التوالي والتوازي
2. تحقيق قانوني كيرشوف للجهد والتيار
3. حساب القدرة الكلية المستهلكة في المقاومات في حالتي التوالي والتوازي

المعدات المطلوبة

1. مصدر جهد مستمر 0- 30 فولت

2. لوحة تجارب
3. عدد 5 ملتيميتر
4. ثلاث مقاومات: 680، 820 و1200 أوم
5. مفتاح كهربي

أولا: قانون كيرشوف للجهد



شكل (35)

خطوات العمل

1. قم بتوصيل الدائرة كما هو موضح في الشكل (35).
2. لا توصل مصدر الجهد حتى يتأكد المعلم من صحة التوصيل.
3. قم بقياس المقاومة الكلية للدائرة قبل توصيل المصدر
4. وصل مصدر الجهد بالضغط على المفتاح S.
5. بدايةً من الصفر، قم بزيادة الجهد حتى 24 فولت تدريجياً
6. سجل قراءات أجهزة القياس في الجدول التالي.

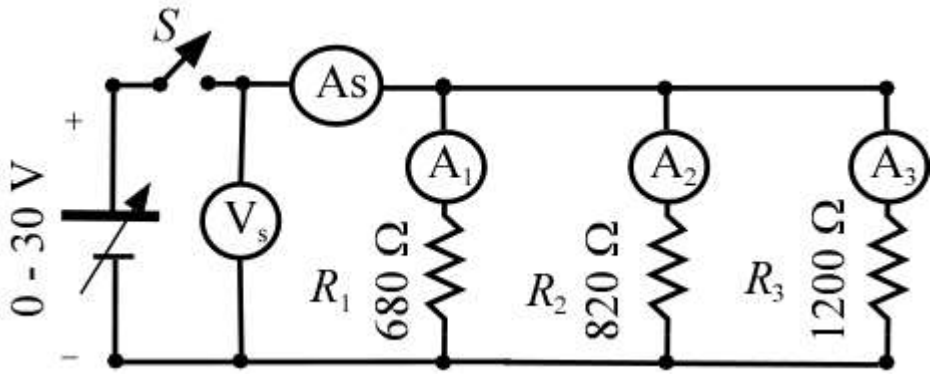
V_S	V_1	V_2	V_3	I	R_T

7. قلل الجهد تدريجيا حتى الصفر ومن تم افصل مصدر الجهد

الحسابات والاستنتاجات

- **أضف قيم الجهود المقاسة: V1 + V2 + V3. هل المجموع الناتج يساوي جهد المصدر؟**
- **احسب التيار الكلي من العلاقة: I = Vs/RT. هل تتطابق القيمة المحسوبة مع القيمة المقاسة؟**
- **احسب القدرة المفقودة في كل مقاومة على حدي. أضف تلك القدرات و قارن الناتج بالقدرة الكلية المحسوبة من حاصل ضرب التيار الكلي في الجهد الكلي.**

ثانياً: قانون كيرشوف للتيار



شكل (36)

خطوات العمل

1. قم بتوصيل الدائرة كما هو موضح في الشكل (36).
2. لا توصل مصدر الجهد حتى يتأكد المعلم من صحة التوصيل.
3. قم بقياس المقاومة الكلية للدائرة قبل توصيل المصدر
4. وصل مصدر الجهد بالضغط على المفتاح S.
5. بدايةً من الصفر، قم بزيادة الجهد حتى 24 فولت تدريجياً
6. سجل قراءات أجهزة القياس في الجدول التالي.

V_S	I_1	I_2	I_3	I_s	R_T

7. قلل الجهد تدريجيا حتى الصفر ومن تم افصل مصدر الجهد

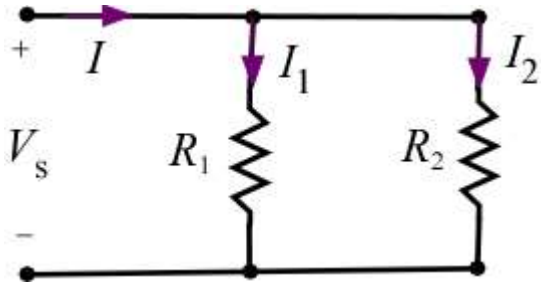
الحسابات والاستنتاجات

- أضف قيم الجهود المقاسة: I1 + I2 + I3. هل المجموع الناتج يساوي تيار المصدر؟
- احسب الجهد الكلي من العلاقة: Vs = IT /RT. هل تتطابق القيمة المحسوبة مع القيمة المقاسة؟
- احسب القدرة المفقودة في كل مقاومة على حدي. أضف تلك القدرات وقارن الناتج بالقدرة الكلية المحسوبة من حاصل ضرب التيار الكلي في الجهد الكلي.

قاعدة مجزئ التيار

يمكن إيجاد قيمة التيار في دوائر التوازي باستخدام قاعدة مجزئ التيار. فمثلاً، في الدائرة الموضحة في شكل (37) يكون التيارI1:

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



شكل (37)

ويكون التيارI2:

$$I_2 = I \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

عندما يكون عدد مسارات التوازي أكثر من 2، فإن قاعدة مجزئ التيار تُكتب علي الصورة:

$$I_x = I_{\text{tot}} \times \frac{R_{\text{tot}}}{R_x}$$

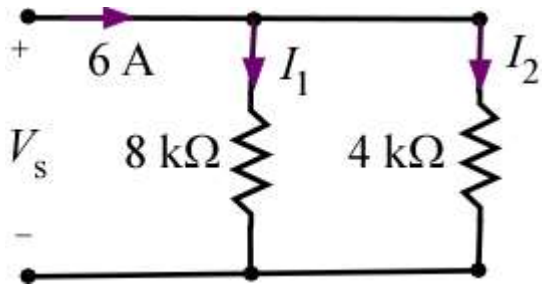
حيث:

I_x	شدة التيار في المسار رقم *x*
R_x	مقاومة المسار رقم *x*
R_{tot}	المقاومة الكلية لمجموع المقاومات المتصلة على التوازي
I_{tot}	التيار الكلي الداخل للمقاومات

في دوائر التوازي يتجزأ التيار بحيث أن المقاومة الأصغر يمر فيها التيار الأكبر والعكس صحيح.

تمرين 13

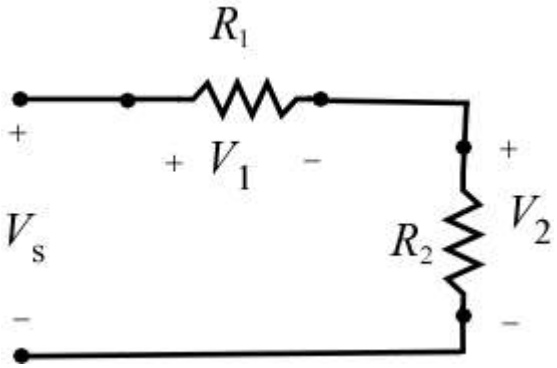
احسب التيار المار في كل مقاومة في الشكل (38) وقيمة جهد المصدر.



شكل (38)

قاعدة مجزئ الجهد

في دوائر التوالي نجد ان جهد المصدر يتجزأ بين جميع المقاومات المتصلة على التوالي وبالتالي فيمكن القول بأن عمل دوائر التوالي يشبه عمل مجزئات الجهد الداخل للدائرة بحيث أن المقاومة الأكبر تأخذ جهداً أكبر. في حالة مقاومتين متصلتين على التوالي، يمكن صياغة مجزئ الجهد على الصورة:



شكل (39)

$$V_1 = V_s \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$V_2 = V_s \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

في حالة كون المقاومات أكثر من اثنين، يتم صياغة مجزئ الجهد على الصورة:

$$V_x = V_s \times \frac{R_x}{R_{tot}}$$

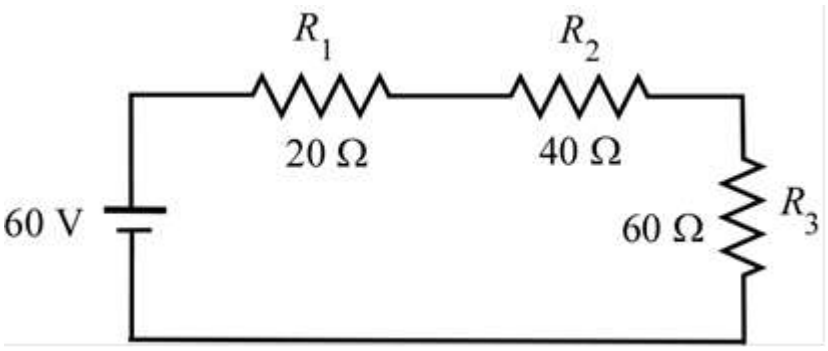
حيث:

V_x	فرق الجهد بين طرفي المقاومة رقم *x*
R_x	قيمة المقاومة رقم *x*
R_{tot}	المقاومة الكلية لمجموع المقاومات المتصلة على التوالي
V_s	الجهد الكلي المطبق علي كل المقاومات المتصلة علي التوالي

تمرين توضيحي 16

بالرجوع للدائرة الموضحة في شكل (40)،

- **احسب التيار المار في المقاومة 40 أوم**
- **أي من المقاومات يكون علي طرفيها الجزء الأكبر من جهد المصدر**
- **احسب الجهد على طرفي المقاومة 20 أوم والقدرة المفقودة فيها**



شكل (40)

الحل:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 20 + 40 + 60 = 120\ \Omega$$

$$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{60}{120} = 0.5\ \text{A}$$

المقاومة الأكبر تأخذ الجهد الأكبر في حالة التوالي

وعليه، فإن المقاومة 60 أوم تأخذ الجهد الأكبر

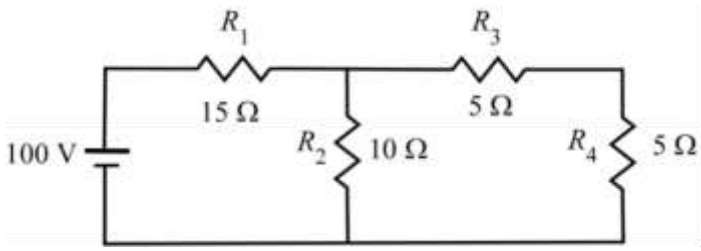
$$V_1 = I_1 R_1 = 0.5 * 20 = 10\ \text{V}$$

$$P_1 = I_1 V_1 = 0.5 * 10 = 5\ \text{W}$$

تمرين توضيحي 17

بالرجوع للدائرة الموضحة في شكل (41)،

- **احسب المقاومة الكلية للدائرة**
- **أوجد قيمة التيار في كل مقاومة**
- **احسب الجهد على طرفي المقاومة R4**



شكل (41)

الحل

$$R_T = \left(\left(R_3 + R_4\right) // R_2\right) + R_1$$

$$R_3 + R_4 = 5 + 5 = 10\,\Omega$$

$$\left(R_3 + R_4\right) // R_2 = \frac{10}{2} = 5\,\Omega$$

$$R_T = \left(\left(R_3 + R_4\right) // R_2\right) + R = 5 + 15 = 20\,\Omega$$

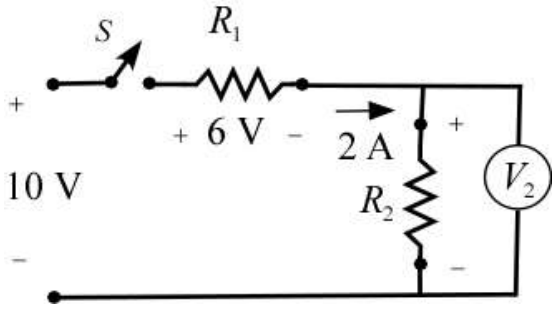
$$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{100}{20} = 5\text{ A}$$

$$I_{R_3} = I_{R_4} = 2.5\text{ A}$$

$$I_{R_2} = 2.5\text{ A}$$

تمرين 14

بالرجوع للدائرة الموضحة في شكل (42) اوجد فرق الجهد بين طرفي المقاومة R2 ثم اوجد قيمتي المقاومتين.



شكل (42)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

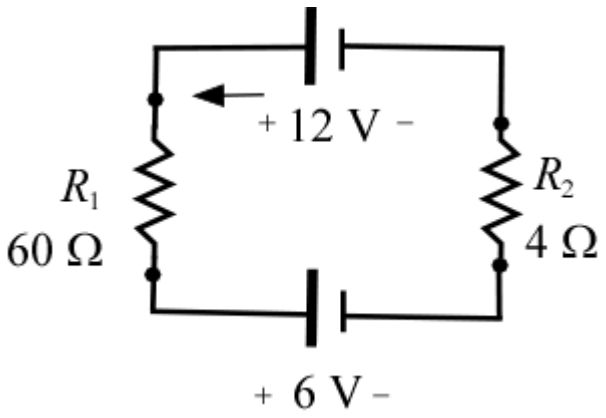
.....

.....

.....

تمرين 15

بالرجوع للدائرة الموضحة في شكل (43)، اوجد قيمة شدة التيار المار في الدائرة والقدرة المستهلكة في كل مقاومة والقدرة المنتجة من كل مصدر.



شكل (43)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

تمرين 16

دائرة مكونة من ملف ومقاومة متصلين على التوالي مع مصدر جهد متردد. إذا كان جهد الملف 40 فولت وجهد المقاومة 30 فولت أوجد قيمة جهد المصدر.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

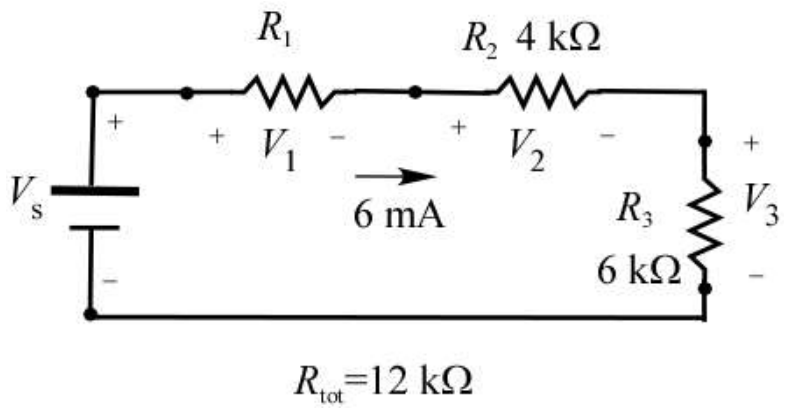
.....

.....

.....

تمرين17

بالرجوع للدائرة في شكل (44)، أوجد قيم كل من: Vs, R1



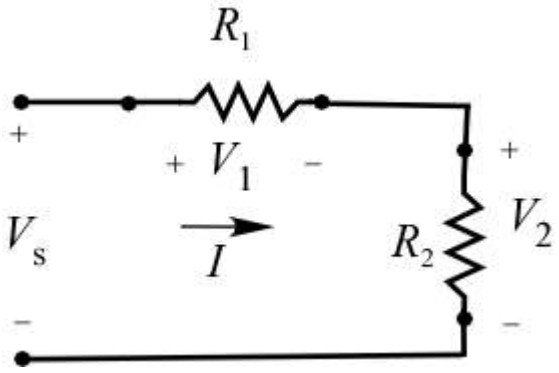
شكل (44)

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

تمرين 18

بالرجوع للدائرة في شكل (45)، أوجد قيم كل من: V1, V2, R1, R2 **إذا علمت أن:**

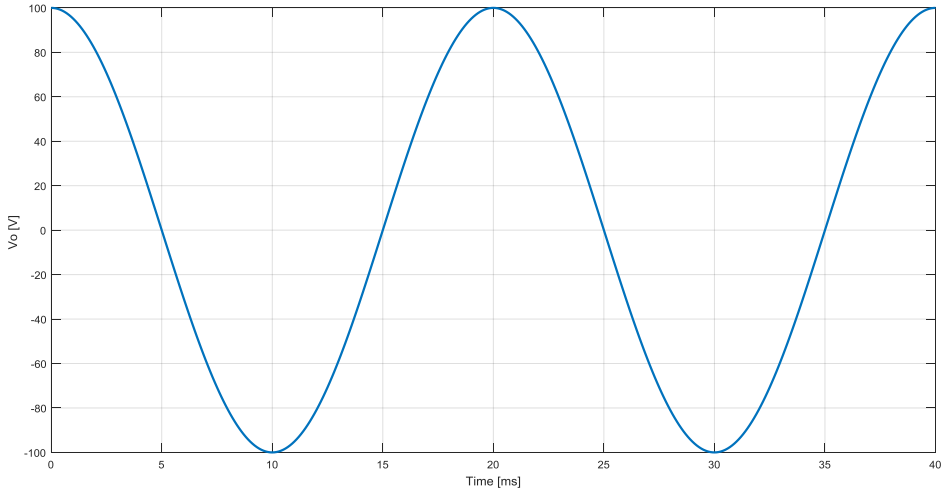
$V_1 = 4V_2$ و $I = 4\text{mA}$



شكل (45)

تمرين 19

حدد القيمة العظمى للتيار والقيمة المتوسطة والقيمة الفعالة للتيار من الموجة الجيبة الموجودة بشكل (46)



شكل (46)

تمرين 20

دائرة تتكون من مكثف ممانعته 7 أوم يتصل بملف ممانعه 14أوم مقاومة 10 أوم بمصدر تيار متردد 220فولت تردده 50 هرتز احسب: عند التوصيل على التوالى

(1) شدة التيار .

(2) المعاوقة الكلية

(3) الجهود على كل من مكونات الدائرة

(4) سعة المكثف ومعامل الحث الذاتي الملف

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

تمرين 21

ثلاثة مكثفات سعاتها 20، 40، 60 ميكرو فأراد تتصل بمقاومة مادية 30 اوم بمصدر تيار متردد جهده 220فولت تردده 50 هيرتز. احسب شدة التيار المار إذا وصلت المكثفات على التوالي. واحسب أيضاً معامل القدرة والقدرة الفعالة غير فعالة. كرر الحسابات إذا وصلت المكثفات على التوازي.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....