الوحدة الرابعة

التوترات والتيارات الكهربائية المتناوبة

الكفاءات المستهدفة :

- يعرف المقادير المميزة للتيار المتناوب الجيبي
- يميز بين خصائص التيار المستمر والمتناوب وآثارهما
- يعرف صيغة قانون أوم في التيار المتناوب
- يفسر كيفيا عملية تخفيض أو رفع التوترات بمحوّل
- يعرف مراحل تحويل التيار المتناوب الى تيار مستمر

- بماذا يمتاز التيار والمتناوب عن التيار المستمر ؟
- هل قانون أوم يبقى صالحا في التيار المتناوب ؟
- كيف نمر من التيار المتناوب الجيبي إلى التيار المستمر ؟

التوترات والتيارات الكهربائية المتناوبة

مقدمة:

سبق لك وأن درست التيار المستمر علمت أنّ له شدّة واتجاه ثابتين خلال الزمن في دارة، وهو نوع خاص من التيارات الكهربائية المستعملة في مختلف المجالات.

تتميز هذه التيارات عن التيار المستمر بكونها متغيرة الشدة والجهة خلال الزمن فنجد منها:

– تيارات متغيرة الشدة وتسري في نفس الجهة.

– تيارات متغيرة في الجهة و ثابتة في الشدة.

– تيارات متغيرة الشدة و الجهة.

تصنف هذه التيارات إلى صنفين:

تيارات دورية: هي التيارات التي تتكرّر تغيراتها بنفس الكيفية خلال فترات زمنية متساوية تسمى الدور.

تيارات لا دورية: هي تيارات تغيراتها لا تتكرر بنفس الكيفية مع الزمن.

1 – مشاهدات أولية:

لمشاهدة تغيرات التوترات الكهربائية ودراستها نستعمل:

– جهاز راسم الاهتزاز المهبطي (oscilloscope) الذي يبين على شاشته إشارة تمثل تغيرات التوتر الكهربائي المطبق في أحد مدخليه بدلالة الزمن.

– جهاز مولد التوترات المنخفضة (GBF) الذي يولد إشارات كهربائية يمكن اختيار نوعها (⊓⊓ /\/\ ⌒) وضبط سعتها بالفولط (V) و توتراتها بالهرتز (Hz)

1 – 1 – مشاهدة توتر مستمر براسم الاهتزاز

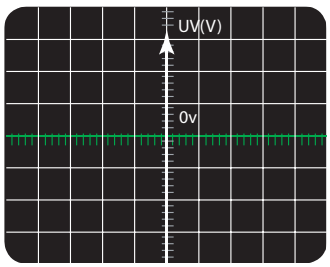
نشاط:

– شغل راسم الاهتزاز ولاحظ الإشارة على الشاشة إن وجدت أو ابحث عنها بمساعدة الأستاذ ثم أضبطها على الخط الأفقي المنصف للشاشة لاختياره مرجعا لقياس التوترات (0V) (الشكل1)

– اضبط حساسية المدخل (1) في الوضع 2V/div (سلم التوترات: 2V لكل تدريجة على الشاشة)

– اضبط قاعدة الزمن في الوضع 1ms/div مثلا، (سلم الأزمنة: 1ms لكل تدريجة)

– أوصل طرفي بطارية مسطحة (4.5 V) في المدخل (1) لراسم الاهتزاز .



الشكل 1

– لاحظ شكل الإشارة على الشاشة واستنتج قيمة التوتر.

– أوصل فولط متر بين طرفي البطارية واقرأ قيمة التوتر.

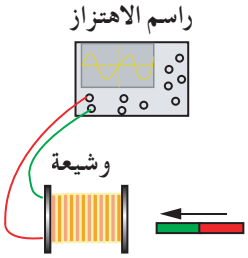
– قارن بين قيمتي التوتر المحددتين بالوسيلتين. ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

– اقلب قطبي البطارية. ماذا تلاحظ على الشاشة؟ ماذا تستنتج؟

1 – 2 – مشاهدة توتر متغير براسم الاهتزاز

نشاط :

– حقق التركيب الموضح في (الشكل2) بتوصيل طرفي وشيعة بمدخل راسم الاهتزاز المهبطي.



الشكل 2

– قرّب من أحد وجهي الوشيعة قضيبا مغناطيسيا، ماذا تلاحظ؟

– هل للتيار المتولد شدة ثابتة؟

– أبعده بسرعة ماذا تلاحظ على الشاشة؟ هل للتيار المتولد نفس الجهة السابقة؟

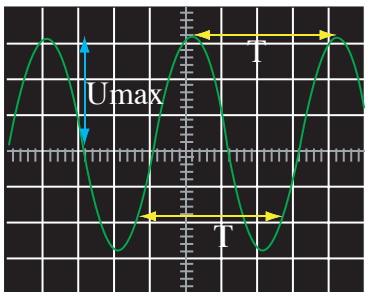
– قم بتقريب وإبعاد المغناطيس دوريا بحركة ذهاب وإياب متواصلة،
ماذا تلاحظ على الشاشة؟
– هل يحافظ التيار المتولد على نفس الشدة ونفس الجهة خلال الزمن؟
– أعد التجربة بتدوير قضيب مغناطيسي معلق بخيط شاقولي أمام وجه الوشيعة. ماذا تلاحظ؟
– قارن هذه الإشارة مع شكل الإشارة السابقة. ماذا تستنتج؟

2 – سعة ودور التوتر المتناوب الجيبي

نشاط :

– شغل راسم الاهتزاز واضبط الإشارة بحيث تنطبق على الخط الأفقي المنصف للشاشة .
– اختر في المولد (GBF) إشارة المتناوب الجيبي ∿ ثم اضبط زر التوتر في منتصف المجال وزر التواترات عند 100Hz مثلا ثم أوصله براسم الاهتزاز المهبطي.
– اضبط راسم الاهتزاز للحصول على اشارة واضحة على الشاشة :
– اضبط زر حساسية المدخل المستعمل (سلم التوترات) حتى تحصل على أكبر إشارة ممكنة محصورة في حدود الشاشة. سجل قيمة المعيار المناسب لذلك V/div...
– اضبط زر قاعدة الزمن لتحصل على إشارة تتكرر بنفس الكيفية مرتين أو ثلاثة على الشاشة سجل قيمة السلم الموافق لذلك ms/div ...
– ما هو شكل الإشارة التي تظهر على الشاشة؟
– هل يحافظ التوتر على قيمة ثابتة خلال الزمن؟ وهل يحافظ على إشارة ثابتة؟
– حدد القيمتين الحديتين للتوتر.هل لهما نفس الإشارة ؟ هل تتغير هاتان القيمتان خلال الزمن؟
– بماذا تمتاز المدة الزمنية T التي تفصل قمتين متتاليتين لهما نفس الإشارة؟

من الملاحظات السابقة نستنتج أن التوترات المتناوبة الجيبية (أوالتيارات) تتميز بمقدارين فيزيائيين ثابتين خلال الزمن:



الشكل 3

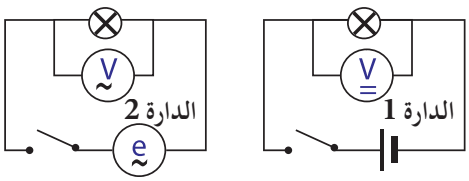
• **سعة التوتر (أو التيار):** هي القيمة المطلقة لأعظم قيمة يبلغها التوتر (أو شدة التيار) خلال الزمن (الشكل3).
نرمز لسعة التوتر بالرمز U_{max} ووحدتها هي الفولط (V)
تطبيق: اعتمادا على هذا التعريف، اقترح طريقة عملية وبسيطة لقياس السعة بصفة دقيقة على راسم الاهتزاز. طبقها بتحديد سعة الإشارة الممثلة على الشكل المقابل إذا كانت حساسية المدخل 2V/div.

• **دور التوتر (أو التيار):** يمثل أقصر مدة زمنية بين لحظتين يبلغ فيهما التوتر (أو شدة التيار) نفس القيمة وبنفس الإشارة. نرمز للدور عادة بالحرف T ووحدته هي الثانية (s)
تطبيق: اعتمادا على هذا التعريف، اقترح طريقة عملية وبسيطة لقياس الدور بصفة دقيقة على راسم الاهتزاز. طبقها بتحديد دور الإشارة الممثلة على الشكل المقابل إذا كانت قاعدة الزمن 2ms/div.

• **تواتر التوتر:** يعبر عن عدد الأدوار في وحدة الزمن، نرمز له بالحرف f ويقدر بمقلوب الدور $f=\frac{1}{T}$ وحدته هي الهرتز (Hz).

3 – القيمة المنتجة (الفعالة) للتوتر الكهربائي : (Tension efficace)

نشاط :



■ الشكل 4

– حقّق الدارتين الكهربائيتين الممثلتين في الشكل4 أين المصباحان متماثلان والدارة 1 مغذاة بمولد التيار المستمر والثانية باستعمال مولد التيار المتناوب الجيبي. غيّر قيمة توتر المولد المتناوب حتى تلاحظ تماثلا في توهج المصباحين.

– ما هي قيمة التوتر التي يعطيها الفولط متر في كلا الدارتين؟ قارنهما ؟ ماذا تلاحظ؟

– قارن كيفيا الطاقة المصروفة في المصباحين. ماذا تستنتج.

– أوصل طرفي مصباح الدارة 2 في مدخل راسم الاهتزاز المهبطي، اضبط الجهاز للحصول على إشارة واضحة على الشاشة ثم عين القيمة العظمى U_{max} لهذه الإشارة. قارنها مع القيمة المقروءة على الفولط متر. عين النسبة بينهما.

تسمى قيمة التوتر المتناوب الجيبي المقاسة بواسطة الفولط متر المضبوط في وضع المتناوب التوتر المنتج أو الفعال وهي القيمة الفعالة للتوتر المتناوب الجيبي ونرمز لها بالرمز U_{eff}.

تعريف

– تعرف القيمة المنتجة لتوتر متناوب جيبي على أنها تساوي قيمة التوتر المستمر الذي يصرف نفس الطاقة، بفعل حراري في ناقل أومي مقاومته R، التي يصرفها التوتر المتناوب الجيبي في نفس الناقل خلال نفس المدة الزمنية.

علاقة القيمة المنتجة بالقيمة الأعظمية للتوتر المتناوب الجيبي :

من التجربة السابقة لاحظت أن القيمة المقاسة بالفولط متر في الدراة 2 أقل من القيمة الأعظمية للتوتر المتناوب الجيبي المطبق على المصباح أي أن القيمة المنتجة U_{eff} أقل من القيمة الأعظمية U_{max} وإذا كانت قياستك دقيقة كفاية لوجدت أن : $U_{max} / U_{eff} = 0,7$ تقريبا.

أي أن العلاقة بين القيمتين هي : $\frac{U_{max}}{U_{eff}} = \sqrt{2}$ وهذه العلاقة تصلح في التوترات المتناوبة الجيبية فقط.

ملاحظة : نفس العلاقة تربط الشدة الأعظمية لتيار متناوب جيبي بشدته المنتجة (الفعالة) : $\frac{I_{max}}{I_{eff}} = \sqrt{2}$

تطبيق : تعلم أن شبكة توزيع الكهرباء المنزلية توفر توترا كهربائيا جيبيا قيمته 220V.

هل هذه القيمة منتجة أم أعظمية؟ كيف نتأكد من ذلك عمليا؟ ما هي الإحتياطات الأمنية التي يجب أن تأخذها قبل عملية التأكد.

التوترات والتيارات الكهربائية المتناوبة

4 – كيف نميز بين التيار الكهربائي المتناوب والتيار الكهربائي المستمر ؟

1 – مقارنة آثار التيار المستمر والمتناوب

نعلم أن للتيار الكهربائي المستمر ثلاثة آثار، هل للتيار المتناوب نفس الآثار؟

نشاط1 : الأثر الحراري

– حقق الدّارة الكهربائية المبينة في الشكل5 ثم أغلق القاطعة.

– ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

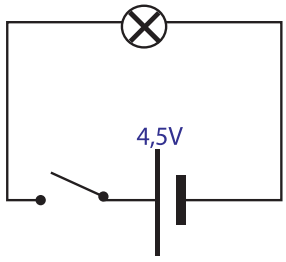
– استبدل مولد التيار المستمر بمولد التيار المتناوب الجيبي (الشكل6).

– اربط في مخرج المولد جهاز فولط متر مضبوطاً على وضع « المتناوب ».

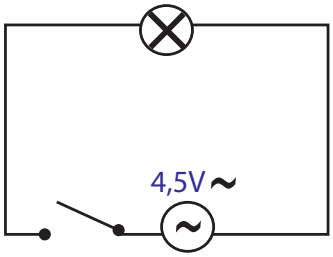
– غير في توتر المولد حتى تقرأ على الفولط متر القيمة $U_{eff} = 4.5\ V$

– أغلق الدارة، ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

– هل للتيار المتناوب أثر حراري كالتيار المستمر؟



■ الشكل 5



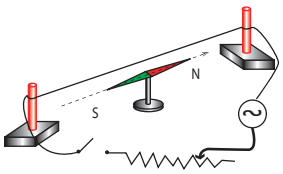
■ الشكل 6

نشاط 2 : الأثر المغناطيسي

– أعد تجربة أرستاد (Oersted) التي حققتها في دراستك للحقل المغناطيسي باستبدال المولد « المستمر » بمولد « متناوب » (الشكل7).

– ماذا تلاحظ؟ هل للتيار المتناوب أثر على البوصلة؟

– ماذا تستنتج؟ كيف تفسر ذلك؟ علل.



■ الشكل 7

نشاط 3 : الأثر الكيميائي

– حقق دارة التحليل الكهربائي للماء باستعمال مولد « مستمر » (الشكل8).

– ما طبيعة الغازين الذين تحصلت عليهما في كل أنبوب؟

– أعد التجربة باستعمال مولد « متناوب ».

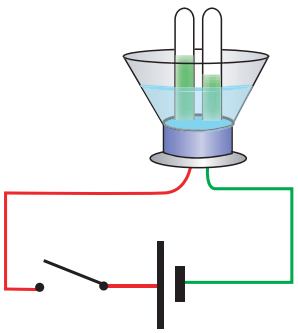
– أغلق القاطعة وانتظر قليلا إلى أن تحصل على أثر واضح.

– صف ما تلاحظه في كل أنبوب.

– هل تحصلت على نفس الأثر الذي حدث بالتيار المستمر.

– ما هي طبيعة الغازات في كل أنبوب.

– ماذا تستنتج؟



■ الشكل 8

2 – قانون أوم

سبق وأن درست في التيار المستمر: العلاقة التي تربط التوتر U بين طرفي ناقل أومي وشدة التيار المستمر الذي يعبره وهي التي تعرف بقانون أوم: $R = \frac{U}{I}$

– هل يبقى هذا القانون ساري المفعول في التيار المتناوب؟ وما هو شكل هذه العلاقة في كل من الوشيعة والمكثفة؟

في التيار المتناوب: يبقى قانون أوم ساري المفعول في كل لحظة أي صالح لحظيا ويطبق على الشكل التالي: $Z = \frac{U}{I}$ حيث Z تدعى ممانعة العنصر الكهربائي المعتبر وتقدر في نظام الوحدات الدولية، مثل المقاومة بالأوم (Ω)، ونرمز لها عادة بالرمز: Z_L في حالة الوشيعة و Z_C في حالة المكثفة (أنظر العمل التطبيقي).

5 – كيف نمر من التيار المتناوب الجيبي إلى التيار المستمر؟

تعرّفت على التوتر المستمر الذي تتحصل عليه بين قطبي بطارية أو عمود كهربائي. يستعمل التوتر الكهربائي المستمر في كثير من الأجهزة وخاصة منها المحمولة. استعمال البطريات أو الأعمدة الكهربائية يتطلب استبدالها أو إعادة شحنها « دوريا » باللجوء إلى منبع التيار المتناوب بواسطة أجهزة تحول التيار المتناوب إلى تيار مستمر. كيف يتم هذا التحويل وما هي العناصر الكهربائية التي تقوم بهذه الوظيفة؟

رأيت في الفقرة السابقة أن شبكة التغذية المنزلية توفر تيارا متناوبا جيبيا قيمته المنتجة 220V وتواتره 50Hz .

تحويل التوتر المتناوب الجيبي إلى توتر مستمر يمر بثلاث مراحل أساسية:

– المرحلة الأولى: تخفيض قيمة التوتر من 220V إلى قيمة تقارب قيمة التوتر المستمر التي نريدها، يتم ذلك باستعمال المحول.

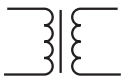
– المرحلة الثانية: تقويم التوتر المتناوب لجعله يحافظ على نفس الإشارة باستعمال مركب كهربائي يدعى الصمام الثنائي (Diode).

– المرحلة الثالثة: تمليس التوتر لتقليص من تغيراته إلى أقصى حد ممكن بواسطة مكثفة ملائمة.

التوترات والتيارات الكهربائية المتناوبة

1.5 مقاربة مبسطة للمحوّل

رأيت في فقرة التحريض مبدأ اشتغال المحول الكهربائي وتركيبه على أنه جهاز يتكون من وشيعتين تتخللهما نواة حديدية مغلقة. تغذى إحدى الوشيعتين بتوتر متناوب جيبي فتلعب دور المحرِّض وندعوها وشيعة الأوَّلي لانتمائها للدارة الأولى ويظهر توتر متحرض في الوشيعة الثانية التي ندعوها وشيعة الثَّانوي لانتمائها للدارة الثانية أي دارة الاستعمال. لا يوجد ارتباط بين الدارتين الأوَّلي والثانوي بل يتم التأثير المتبادل بينهما بواسطة التغير في التدفق المغناطيسي فقط.

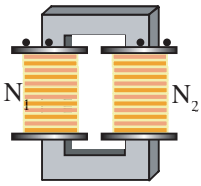


الشكل 9

نقتصر في هذه الفقرة في مقاربة أولية لدراسة المحول بإبراز العلاقة التي تربط توتري الأوَّلي U_1 والثانوي U_2 بدلالة عدد لفات الوشيعتين N_1 وN_2.

يُرمز للمحول في الرسومات البيانية بالتمثيل الرمزي المبين في الشكل9 .

نشاط 1



الشكل 10

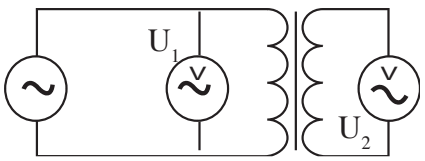
– أحضر 4 وشائع مختلفة في عدد لفاتها المعروف.

– ركب محوّلا كما هو مبين في الشكل10 المقابل باختيار الوشيعة التي تحتوي أكبر عدد اللفات كوشيعة الأوَّلي وحقق التركيب المبين في الشكل11.

– سجل قيم توتري الأوَّلي والثانوي.

– استبدل وشيعة الثانوي بأخرى تختلف بعدد لفاتها. سجل التوتر الجديد بالثانوي. هل تغير توتر الأولي أثناء الاستبدال؟

– استبدل وشيعة الثانوي بوشيعة ثالثة وأعد القياس.



الشكل 11

ماذا تلاحظ؟

دون النتائج في الجدول التالي وأكمله بتحديد النسبة $\frac{U_1}{U_2}$

ماذا تلاحظ؟ هل تتغير النسبة ما هي علاقتها بالنسبة $\frac{N_1}{N_2}$ ؟

نسمي النسبة $\frac{U_1}{U_2}$ معامل التحويل ونرمز له بالحرف K

ما هي وضيفة المحول الذي يمتاز بمعامل تحويل K<1؟

وK>1؟ ماذا تعني حالة K=1 وما فائدة هذا المحول؟ علل.

الوشيعة	1	2	3	4
U_1 (volt)				
U_2 (volt)				
N_1				
N_2				
$\frac{U_1}{U_2}$				
$\frac{N_1}{N_2}$				

5 – 2 – تقويم التيار المتناوب

5 – 2 – 1 – الصمام الثنائي

الصمام الثنائي عنصر كهربائي ثنائي القطب يمتاز بكونه يسمح للتيار الكهربائي أن يعبره في اتجاه واحد. يمثل الشكل12 صورة لنوع من الصمامات الثنائية الكثيرة الاستعمال والتي تظهر على شكل اسطوانة صغيرة معلّمة بحلقة تسمح بتمييز قطبيه : القطب K أو المهبط (cathode) والقطب A أو المصعد (anode).

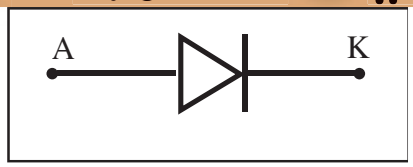
نظرا لصغر حجم هذه العناصر تكتب على ظهرها معلومات تسمح بالتعرف على نوعها وخصائصها باللجوء إلى كتب معلومات ينشرها الصناع لهذا الغرض.

الشكل 12

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

التوترات والتيارات الكهربائية المتناوبة

يبين الشكل 13 التمثيل الرمزي للصمام الثنائي.



■ الشكل 13

نشاط 1 :

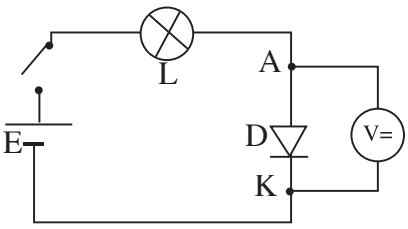
حقق الدرة المبينة على الشكل14 باستعمال الصمام الثنائي D (مثلا يمكنه تحمل شدة تيار I_{max}=1A) ومصباح L.

– عين، من مميزات المصباح L، قيمة التوتر E اللازمة لتحديد شدة التيار المار في الدارة و تفادي إتلاف الصمام الثنائي.

– اغلق القاطعة، هل يشتعل المصباح؟ قس بالفولتمتر قيمة التوتر V_{AK} بين طرفي الصمام ثنائي؟ ($V_{AK}=V_A-V_K$)

– اقلب قطبي الصمام الثنائي ثم أجب على نفس الأسئلة السابقة

– ما هي شروط اشتعال المصباح؟ استنتج.



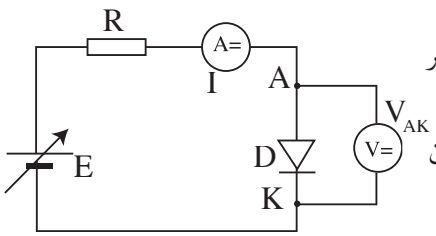
■ الشكل 14

نشاط 2 : رسم المنحنى المميز للصمام الثنائي

حقق الدرة المبينة على الشكل15 باستعمال مولد توتر مستمر متغير ومقاومة قيمتها R=100 Ω.

– غير تدريجيا في التوتر E، وسجل قيم شدة التيار والتوتر V_{AK} دون أن تتعدى شدة التيار 100mA

– دون نتائجك في الجدول التالي :



■ الشكل 15

V_{AK} (V)								
I (mA)								

– أعكس قطبي الصمام الثنائي ثم غير في قيمة التوتر E حتى 5V. ما ذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

– ارسم تغيرات شدة التيار I (mA) بدلالة التوتر V_{AK} (V).

– صف في فقرة قصيرة خواص هذه المميزة، مبرزا المنطقة التي يكون فيها الصمام ناقلا. بماذا تمتاز هذه المنطقة؟ هل يمكن اعتبار أن V_{AK} ثابت خلال مرور التيار؟ علّل

– كيف نسمي قيمة V_{AK} التي من أجلها يصبح الصمام ناقلا؟ وما ميزتها؟

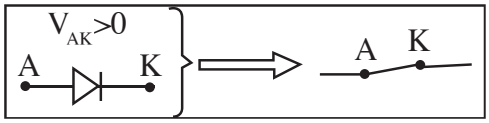
يدعى المنحنى الذي تتحصل عليه المنحنى المميزة « توتر–تيار » للصمام الثنائي D.

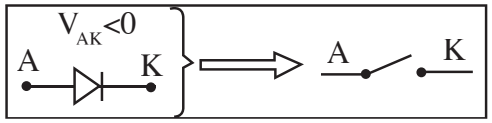
النتيجة

من التجارب السابقة و من المنحنى المميز نلاحظ أن الصمام لا يمرر التيار إذا كان التوتر V_{AK} سالبا. ننمذجه في هذه الظروف بقاطعة مفتوحة.

كما نلاحظ من المنحنى المميز أن الصمام لا يبدأ في النقل إلا بعد اقتراب قيمة V_{AK} من 0.7V نسمي هذه القيمة توتر العتبة Us و هي تتعلق بنوع المادة المكون منها الصمام.

كثيرا ما تكون التوترات المستعملة كبيرة جدا أمام هذه القيمة لذا نهملها عادة و ننمذج الصمام الحقيقي بصمام مثالي له توتر عتبة Us = 0 في هذه الحالة يكون الصمام الثنائي مكافئا لقاطعة : القاطعة مغلقة عندما تكون V_{AK} موجبا أو القاطعة مفتوحة عندما يكون V_{AK} سالبا :



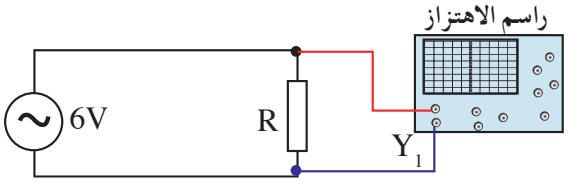


التوترات والتيارات الكهربائية المتناوبة

5 – 2 – 2 – تقويم أحادي النوبة :

نشاط : استعمال صمام ثنائي واحد

حقق الدرة المبينة على الشكل 16 واضبط كل من مولد التوترات المتناوبة عند قيمة التوتر 6V و قيمة التواتر 50Hz وقاعدة الزمن لراسم الاهتزاز عند القيمة 50 ms. غير في حساسية المدخلين حتى تشاهد على الشاشة إشارة واضحة.



الشكل 16

انقل على ورق شفاف شكل هذه الإشارة.

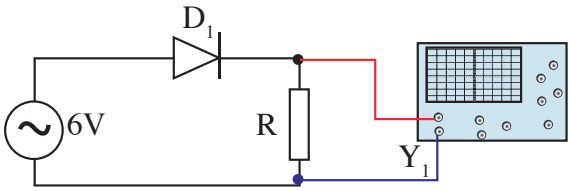
غير الدارة السابقة بإضافة صمام ثنائي D_1 كما هو مبينة على الشكل17.

– ماذا تشاهد على راسم الاهتزاز ؟

– انقل على ورق شفاف شكل هذه الإشارة. ماذا تلاحظ ؟

– هل التوتر بين طرفي المقاومة متغير؟ هل هو متناوب؟

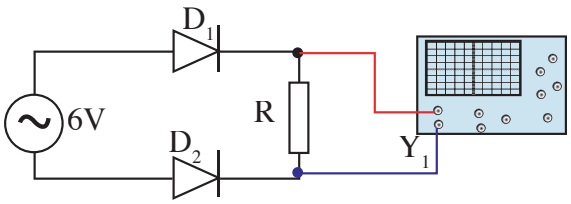
– ما هي جهة التيار في المقاومة؟ هل تتغير خلال الزمن؟



الشكل 17

– اقلب قطبي الصمام في الدارة و انقل على نفس الورق الشفاف شكل الإشارة على الشاشة. ماذا تلاحظ؟

– ما هي جهة التيار في المقاومة؟ هل تتغير خلال الزمن؟



الشكل 18

– ماذا تستنتج؟ ما هي وظيفة الصمام في هذه الدارة؟

أضف في الدارة السابقة صماما ثان D_2 (الشكل18).

– ما هو شكل الإشارة على الشاشة؟ اشرح.

5 – 2 – 3 – تقويم ثنائي النوبة

نشاط 1 : استعمال جسر صمامات

حقق الدرة بتعويض في الدارة السابقة الصمام الثناءي D_1 بجسر مكون من أربع صمامات ثنائية كما هو مبينة على الشكل19.

– ماذا تشاهد على راسم الاهتزاز ؟

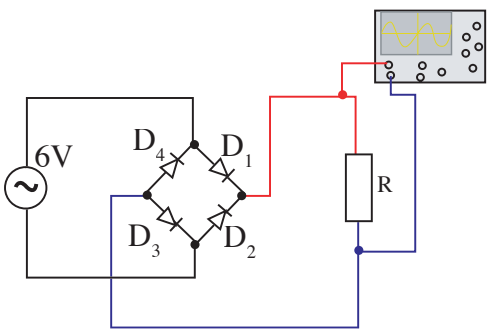
– انقل على ورق شفاف شكل الإشارة المبين على شاشة راسم الاهتزاز. حاول مطابقتها على الرسم السابق. ماذا تلاحظ؟

– هل التوتر بين طرفي المقاومة متغير؟ هل تتغير إشارته؟

– ما هي جهة التيار في المقاومة خلال النوبتين؟

– انقل على ورقة شكل الدارة وبين بلونين مختلفين مسار التيار خلال النوبتين.

– هل التيار في المقاومة مستمر أم متغير؟ اشرح.



الشكل 19

5 – 3 – شحن وتفريغ مكثفة كهربائية

5 – 3 – 1 – تعريف المكثفة الكهربائية :

المكثفة الكهربائية عنصر كهربائي ثنائي القطب مكون أساسا من سطحين ناقلين يكونان لبوسي المكثفة ويفصلهما عازل. وهو عنصر مهم جدا نجده في معظم التطبيقات الكهربائية والالكترونية حيث يقوم بعدة وظائف تختلف حسب خصائصه وخصائص التيار الذي يغذيه ووضعه في الدارة التي تحتويه.

نشاط توثيقي : توجد عدة أنواع من المكثفات التي تختلف حسب عدة عوامل.

– ابحث في المراجع و شبكة الانترنيت على أنواع المكثفات ومجالات استعمالها مبرزا خصائص كل نوع مدعما الوصف بصور توضيحية.

–كيف تُعلَّم المكثفات للتعرف على خصائصها وقيمها صف طريقتين موضحا نوع المعلومات التي يحتويها هذا « التعليم » وكيفية قراءتها.

5 – 3 – 2 – رمز المكثفات في التمثيلات البيانية :

هناك نوعان من المكثفات :

– المكثفات غير المستقطبة :

وهي المكثفات التي لا يوجد فرق بين قطبيها أي أنه يمكن توصيلها في الدارة دون تمييز القطبين مثل ما هو الحال في المقاومات. نرمز لهذا النوع من المكثفات الكهربائية في التمثيل البياني بخطين متوازيين كما في الشكل20 .

■ الشكل 20

– المكثفات المستقطبة :

هي المكثفات التي يوجد فرق بين قطبيها لكونها مستقطبة أي أن لها قطب موجب والقطب الثاني سالب لذا يجب الاحتياط عند إدراجها في دارة باحترام هذه القطبية وبتوصيل قطبها الموجب في نقطة يكون كمونها أعلى من كمون نقطة توصيل القطب السالب . نرمز لهذا النوع من المكثفات الكهربائية في التمثيل البياني بتوضيح قطبيتها كما في الشكل21 .

■ الشكل 21

5 – 3 – 3 – سعة المكثفة ووحدتها :

يختصر دور المكثفة في التيار المستمر، أساسا في تخزين الطاقة على شكلها الكهربائي .

يتم هذا التخزين إثر عملية الشحن التي يتمركز خلالها عدد من الالكترونات في القطب (اللبوس) السالب للمكثفة محدثة (بالتأثير المتبادل) مغادرة نفس العدد من الالكترونات (الحرة) القطب الموجب تاركة نفس العدد من الشحنات الموجبة (المثبتة) . هذا ما يُحدث استقطابا في المكثفة بحملها على قطبها الموجب شحنة موجبة (q+) وعلى قطبها السالب شحنة سالبة (q-) .

وتبقى المكثفة في كل لحظة متعادلة كهربائيا لتساوي شحنتيها في القيمة واختلافهما في الإشارة.

نظرا لهذا الاستقطاب يظهر بين قطبي المكثفة فرق كمون V يتناسب طردا مع قيمة الشحنة المخزنة في أحد القطبين أي : $C = \frac{q}{V}$. يسمى ثابت التناسب C، سعة المكثفة، ويعبر عن كمية الشحنة الكهربائية المخزنة في المكثفة لوحدة فرق الكمون الظاهر بين طرفيها.

السعة C مقدار فيزيائي موجب يتعلق بالخصائص الهندسية للمكثفة وطبيعة العازل بين لبوسيها.
وحدته في النظام الدولي هي الفاراد (Farad) رمزها F.

ملاحظة الفاراد وحدة جدّ كبيرة وأكبر سعة يمكن مصادفتها من رتبة الميلي فاراد (mF) والمكثفات الأكثر تداولا نجدها من رتبة الميكروفاراد (µF) والنانوفاراد (nF) والبيكوفاراد (pF)

5 – 3 – 4 – شحن مكثفة

نشاط 1 :

الأدوات : مكثفات مختلفة السعة، مقاومات ، مولد مستمر، أسلاك توصيل، ميقاتية.

اعتمادا على ما ورد في الفقرة السابقة، اقترح كيفية عملية للتأكد أن المكثفات المحضرة ليست مشحونة واقترح طريقة عملية لتفريغ مكثفة مشحونة بصفة سريعة.

1 – شحن المكثفة

حقق الدارة الممثلة في الشكل22 (أين : $R=R_1$ من رتبة $10^5\ \Omega$ و $C = C_1$ من رتبة 200µF) حيث القاطعتين K_2 و K_1 مفتوحتين.

– هل المكثفة C مشحونة أم فارغة قبل غلق القاطعة؟ علل.

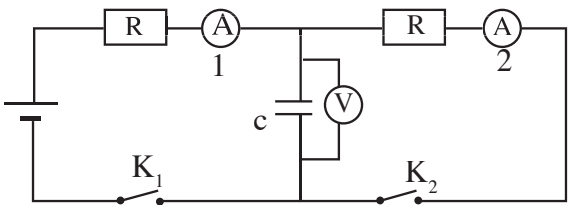
– أغلق القاطعة K_1 مراقبا في آن واحد مؤشري الفولط متر والأمبير متر. ماذا تلاحظ؟

– كيف يتحرك كل مؤشر؟ ماذا تستنتج؟

– افتح الآن القاطعة K_1 ماذا تلاحظ؟ هل انعدم فرق الكمون بين طرف المكثفة؟

– هل يشير أحد الأمبير مترين لمرور التيار؟

– هل المكثفة مشحونة؟ هل المكثفة تخزن طاقة؟ علل.



الشكل 22

2 – تفريغ المكثفة

– اغلق القاطعة K_2 مراقبا في آن واحد مؤشري الفولط متر والأمبير متر، ماذا يحدث؟

– أجب على نفس الأسئلة السابقة.

3 – تحليل التجربة

– اعتمادا على جهة التيار الذي سار في الدارة أثناء الشحن (التفريغ) وجهة انتقال الشحنات في النواقل المكونة لها وباعتبار أن لبوسي المكثفة يفصلهما عازل، أعط تفسيرا مبسطا لآلية الشحن (التفريغ).

4 – زمن الشحن والتفريغ τ

نريد قياس مدّة مرور التيار Δt في الدارة خلال عمليتي الشحن والتفريغ.

– قس Δt_c مدّة مرور التيار في دارة الشحن السابقة وذلك بتشغيل الميقاتية لحظة غلق القاطعة K_1 وتوقيفها عند اقتراب مؤشر الأمبيرمتر من الصفر.

– قس Δt_d مدّة مرور التيار في دارة التفريغ السابقة وذلك بتشغيل الميقاتية لحظة غلق القاطعة K_2 وتوقيفها عند اقتراب مؤشر الأمبيرمتر من الصفر.

– أعد القياسين بعد استبدال المكثفة C_1 بمكثفة سعتها $C_2 \cong 2C_1$ ثم بمكثفة سعتها $C_3 \cong 2C_2$

– أعد القياسين في الدارة الأخيرة (أين $C = C_3$) بعد استبدال المقاومة R_1 بالمقاومة $R_2 \cong 2R_1$ ثم بالمقاومة $R_3 \cong 2R_2$.

– دوّن نتائجك في الجدول التالي وأكمله بتعيين الجداء RC. ماذا تلاحظ؟

	R_1=...				C_3=...		
	C_1=...	C_2=...	C_3=...		R_1= ...	R_2= ...	R_3= ...
Δt_c				Δt_c			
Δt_d				Δt_d			
RC				RC			

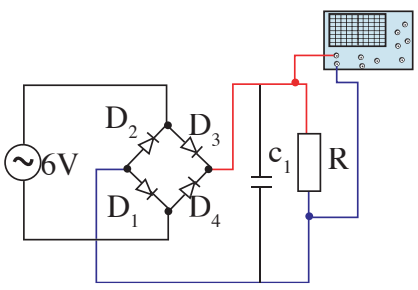
– ارسم تغيرات Δt بدلالة قيمة السعة C ثم بدلالة قيمة المقاومة R ماذا تلاحظ، ماذا تستنتج؟
نسمي مدّة شحن (أو تفريغ) مكثفة C عبر مقاومة R الثابت الزمني τ للدارة R-C حيث $\tau=RC$
وهي المدّة التي نعتبر أن خلالها المكثفة شحنت (أو تفرغت) بنسبة 65% تقريبا.
– قارن τ مع Δt زمن مرور التيار في الدارة أثناء الشحن (أو التفريغ)، عين النسبة $\Delta t / \tau$ ، ناقش.
– بالاعتماد على ما سبق برهن أن للجداء RC أبعاد زمن.

5 – دراسة تغيرات Vc وIc بدلالة الزمن:

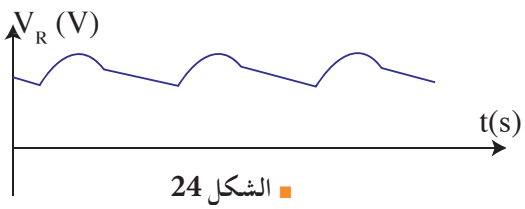
نستعمل الدارة السابقة بالعنصرين $C = C_3$ و$R=R_3$ لدراسة تطور التوتر V_C بين طرفي المكثفة وشدة التيار المار I_C في الدارة عملية الشحن ثم التفريغ.
– أغلق القاطعة K_1 وسجل القيمة التي يشير إليها الفولط متر كل 5s (5 ثوان). دون النتائج في جدول.
– ارسم المنحنى البياني $V_C(t)$.
– ارسم الخط المماسي لهذا المنحنى في نقطة الصفر (0V;0s) ثم حدد بيانا ميله.
– قارن ميل المماس بقيمة الثابت الزمني τ. ما ذا تلاحظ؟
– أفرغ المكثفة بفتح القاطعة K_1 وغلق القاطعة K_2 وسجل قيمة شدة التيار I_C كل 5s (5 ثوان). دون النتائج في جدول.
– ارسم المنحنى $I_C(t)$. ماذا تلاحظ؟

5 – 3 – تطبيق: تمليس توتر كهربائي

حقق دارة التقويم السابقة بإضافة مكثفة C_1 على التوازي مع المقاومة (الشكل 23).
– لاحظ على راسم الاهتزاز شكل التوتر بين طرفي المقاومة. قارن هذا الشكل مع شكل التقويم لنوبتين.
– اشرح كيف تم هذا التغير بإدراج المكثفة في الدارة.
– غير المكثفة C_1 بمكثفة C_2 ثم بمكثفة C_3 بحيث:
$C_1 < C_2 < C_3$ ما ذا تلاحظ؟
– كيف يتغير التوتر بتغير سعة المكثفة؟ اشرح.
– غير في وضعية الزرين DC وAC ولاحظ ماذا يحدث.
– من أجل قيمة معينة للمكثفة يصبح للتوتر بين طرفي المقاومة على راسم الاهتزاز (الشكل 24):
– وضح على نفس الشكل المناطق التي تشحن فيها المكثفة والمناطق التي تتفرغ فيها.
– اشرح في فقرة قصيرة عملية تمليس التوتر المقوم عن طريق شحن وتفريغ مكثفة.



الشكل 23



الشكل 24

التوترات والتيارات الكهربائية المتناوبة

مفهوم الممانعة

الهدف :

– التمييز بين التيار الكهربائي المتناوب والتيار الكهربائي المستمر.

– ابراز مفهوم الممانعة

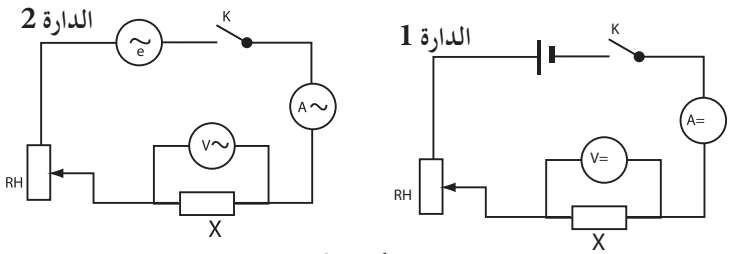
الأدوات المستعملة :

مولدان كهربائيان (مستمر ومتناوب)، ناقل أومي مقاومتهR، معدلة، وشيعة ذاتيتها L ومقاومتها r،. مكثفة سعتها C، فولط متر، أمبير متر، أسلاك توصيل، قاطعة. راسم الاهتزاز المهبطي.

الدراسة التجريبية :

نقارن في هذه الدراسة تصرف كل من الناقل الأومي والوشيعة والمكثفة في دارة تغذى بالتيار المستمر في مرحلة أولى (الدارة1) ثم بتيار متناوب في مرحلة ثانية (الدارة2) أنظر الشكل 25 .

جدول القياسات			
U (volt)			
I (A)			
$\frac{U}{I}$			



■ الشكل 25

1 – حالة دارة تحتوي مقاومة

● الدارة مغذاة بتيار كهربائي مستمر :

– حقق الدارة1 المبينة في الشكل أعلاه حيث العنصر X عبارة عن ناقل أومي مقاومته R.

– غير في المعدلة Rh ثم اقرأ في كل مرة قيمة التوتر U على الفولط متر وشدة التيار I على الأمبيرمتر.

– دون النتائج في الجدول أعلاه وأكمله بتعيين النسبة $\frac{U}{I}$

ماذا تلاحظ؟ ما هو شكل العلاقة التي تربط التوتر بشدة التيار في هذه الظروف؟

● الدارة مغذاة بتيار كهربائي متناوب :

– حقق الدارة 2 المبينة في الشكل أعلاه حيث المولد متناوب جيبي والعنصر X عبارة عن ناقل أومي مقاومته R.

– اضبط كل من الفولط متر والأمبير متر على الوضع المتناوب لقياس القيم المنتجة.

– غير في المعدلة Rh ثم اقرأ في كل مرة قيمة التوتر U على الفولط متر وشدة التيار I على الأمبيرمتر.

–دون النتائج في جدول مماثل للسابق وعين النسبة $\frac{U}{I}$

ماذا تلاحظ؟ ما هو شكل العلاقة التي تربط التوتر بشدة التيار في هذه الظروف؟ قارن النسبتين المعينتين في الجدولين. ماذا تلاحظ؟

– غير بشكل تدريجي التواتر f لإشارة المولد (من 10 إلى 1000 Hz مثلا)

– ماذا تلاحظ؟ هل النسبة $\frac{U}{I}$ تتعلق بالتواتر f؟

ماذا تستنتج عن تصرف المقاومة في كل من التيار المستمر والتيار المتناوب؟ علل.

عمل تطبيقي

2 – حالة دارة تحتوي وشيعة

• الدارة مغذاة بتيار كهربائي مستمر :

– حقق الدارة 1 المبينة في الشكل 25 حيث العنصرX عبارة عن وشيعة ذاتيتها L ومقاومتها r.

– غير في المعدلة Rh ثم اقرأ في كل مرة قيمة التوتر U على الفولط متر وشدة التيار I على الأمبيرمتر.

– دون النتائج في جدول مماثل للسابق وعين النسبة $\frac{U}{I}$

ماذا تلاحظ؟ ما هو شكل العلاقة التي تربط التوتر بشدة التيار في هذه الظروف؟ استنتج مقاومة الوشيعة r

• الدارة مغذاة بتيار كهربائي متناوب :

– حقق الدارة 2 المبينة في الشكل 25 حيث المولد متناوب بتواتر معين جيبي والعنصر X عبارة عن وشيعة ذاتيتها L ومقاومتها r.

– اضبط كل من الفولط متر والأمبير متر على الوضع المتناوب لقياس القيم المنتجة.

– أعد نفس خطوات التجربة السابقة مدونا النتائج في جدول مماثل للسابق.

– ماذا تلاحظ؟ هل للنسبة $\frac{U}{I}$ نفس القيمة؟ قارنها مه النسبة المحددة في التييار المستمر. ماذا تلاحظ؟

– أدخل في الوشيعة نواة حديدية. ماذا يحدث للتوترU وشدة التيارI؟ كيف تتغير النسبة $\frac{U}{I}$ ؟

– غير بشكل تدريجي التواتر f لإشارة المولد (من 10 إلى 1000 Hz مثلا)

– ماذا تلاحظ؟ هل النسبة تتعلق بالتواتر f؟

ماذا تستنتج عن تصرف الوشيعة في التيار المستمر وفي التيار المتناوب؟ بماذا تتعلق النسبة $\frac{U}{I}$ ؟ علل.

3 – حالة دارة تحتوي مكثفة

• الدارة مغذاة بتيار كهربائي مستمر :

– حقق الدارة 1 المبينة في الشكل 25 حيث العنصرX عبارة عن مكثفة سعتها C.

– أغلق القاطعة ولاحظ ماذا يحدث.ما هو تصرف المكثفة في التيار المستمر؟

• الدارة مغذاة بتيار كهربائي متناوب :

– حقق الدارة 2 المبينة في الشكل 25 حيث المولد متناوب جيبي بتواتر معين والعنصر X عبارة عن مكثفة سعتها C.

– اضبط كلا من الفولط متر والأمبير متر على الوضع المتناوب لقياس القيم المنتجة.

– غير في المعدلة Rh واقرأ في كل مرة قيمة التوتر U على الفولط متر وشدة التيار I على الأمبيرمتر.

– دون النتائج في جدول مماثل للسابق. عين النسبة $\frac{U}{I}$

ماذا تلاحظ؟ ما هو شكل العلاقة التي تربط التوتر بشدة التيار في هذه الظروف؟

– غير بشكل تدريجي التواتر f لإشارة المولد (من 10 إلى 1000 Hz مثلا)

– ماذا تلاحظ؟ هل النسبة $\frac{U}{I}$ تتعلق بالتواتر f؟

ماذا تستنتج عن تصرف المكثفة في التيار المتناوب؟ علل

4 – الخلاصة :

لخص ملاحظاتك في فقرة توضح فيها وجه التشابه والاختلاف لتصرف العناصر الثلاثة في كل من التيار المستمر والتيار المتناوب الجيبي. وشكل العلاقة التي تربط بين التوتر المطبق بين طرفي العنصر وشدة التيار المار فيه.

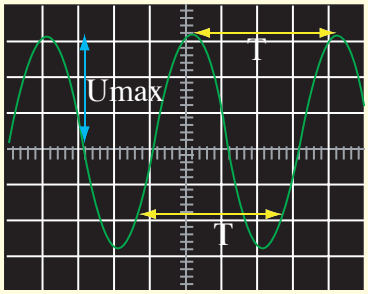
عمل تطبيقي

أحتفظ بالأهم

التيار المتناوب الجيبي :

يمتاز التواتر (أو شدة التيار) المتناوب الجيبي بكونه متغير القيمة اللحظية واشارتها (أو شدته اللحظية وجهته) خلال الزمن بشكل جيبي. يمكن مشاهدة تغيراته على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي.
من المقادير المميزة له :

- **سعة التوتر** (أو شدة التيار) هي القيمة المطلقة لأعظم قيمة يبلغها التوتر (أو شدة التيار) خلال الزمن نرمز لها بالرمز U_{max} (أو I_{max}).



- **دور التوتر** (أو التيار) Période هي أقصر مدة زمنية بين لحظتين متتاليتين يبلغ فيهما التوتر (أو شدة التيار) نفس القيمة وبنفس الإشارة (أو الجهة). نرمز للدور عادة بالحرف **T** ووحدته هي الثانية (s).
- **تواتر التوتر** (أو التيار) Fréquence : هو عدد الأدوار التي ترسمها الاشارة في وحدة الزمن ونرمز له بالحرف **f** وتربطه بالدور العلاقة : $f=1/T$
وحدته هي الهرتز Hz أي : $1Hz = 1s^{-1}$
- **التوتر المنتج أو الفعال :**

التوتر المنتج (أو الشدة المنتجة) U_{eff} هي قيمة التوتر (أو شدة التيار) المتناوب الجيبي تساوي قيمة التوتر المستمر الذي يصرف نفس الطاقة، بالفعل الحراري (فعل جول) ، التي يصرفها التوتر المتناوب الجيبي في نفس الناقل الأومي R خلال نفس المدة الزمنية.

تقاس القيمة المنتجة مباشرة بواسطة الفولط متر المضبوط في وضع المتناوب.

تربط العلاقة التالية القيمة المنتجة بالقيمة الأعظمية للتوتر المتناوب الجيبي : $\frac{U_{max}}{U_{eff}} = \sqrt{2}$
وهي علاقة صالحة في التوترات المتناوبة الجيبية فقط.

- **قانون أوم في التيار المتناوب الجيبي :**

يبقى قانون أوم ساري المفعول في كل لحظة أي صالح لحظيا في التيار المتناوب ويطبق على الشكل التالي : $Z=\frac{U}{I}$ حيث Z تدعى ممانعة العنصر الكهربائي المعتبر وتقدر في نظام الوحدات الدولية، مثل المقاومة بالأوم(Ω). ونرمز لها عادة بالرمز : Z_L في حالة الوشيعة و Z_C في حالة المكثفة.

- كيف نمر من التيار المتناوب الجيبي إلى التيار المستمر؟

تحويل التوتر المتناوب الجيبي إلى توتر مستمر يمر بثلاث مراحل أساسية :

– المرحلة الأولى : تخفيض قيمة التوتر باستعمال المحوّل.

– المرحلة الثانية : تقويم التوتر المتناوب لجعله يحافظ على نفس الإشارة باستعمال مركب كهربائي يدعى الصمام الثنائي.

– المرحلة الثالثة : تمليس التوتر بواسطة مكثفة ملائمة.

- **المحوّل** : تتعلق قيمة التوتر الثانوي U_2 في المحوّل المثالي (عند إهمال الضياع في الطاقة) بقيمة التوتر في الأولي U_1 وعدد لفات الأولي N_1 والثانوي N_2 بحيث تتحقق العلاقة التالية : $\frac{U_1}{U_2}=\frac{N_1}{N_2}$
إذا كان $\frac{N_1}{N_2} > 1$ يدعى المحوّل مخفض للتوتر وإذا كان $\frac{N_1}{N_2} < 1$ يدعى محول رافع للتوتر.

تلعب المكثفات دورا مهما في كثير من الدارات الكهربائية والالكترونية وتقوم بعدة وظائف.

في التيار المستمر يتمثل دورها في منع مرور التيار عبرها بعد فترة قصير جدا لازمة لشحنها.

في التيار المتناوب الجيبي، تتوالى عمليات الشحن والتفريغ للمكثفة وتستعمل هذه الظاهرة **لتمليس** التيار بعد تقويمه في دارة تحويل التيار المتناوب إلى تيار مستمر.

أحتفظ بالأهم

تمارين... تمارين..

1 **أتأكد من معارفي :**

– كيف نميز بين توتر مستمر و توتر متغير؟

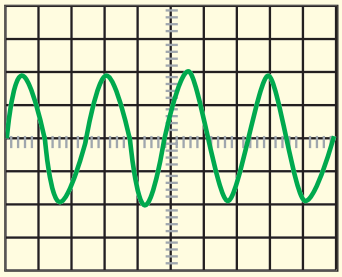
– عرف التوتر الدوري.

– عرف سعة توتر متناوب جيبي.

– دور توتر متناوب جيبي هو $T=10^{-3}s$. ما هو تواتره f؟

– قيمة توتر الشبكة المنزلية هي 220V. ماذا تعني هذه القيمة؟ ما هي سعتها وقيمتها المنتجة؟

2 في كل الأشكال الآتية نعتبر أن قبل تطبيق التوتر كانت الإشارة عبارة عن خط مستقيم في منصف الشاشة.



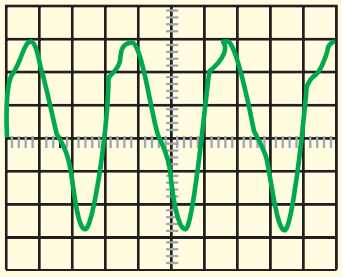
الشكل1

يعطي راسم الاهتزاز إشارة التوتر المطبق في مدخله (الشكل1) مع حساسية المدخل عند 500mV لكل تدريجة (500mV/div) وقاعدة الزمن عند 0,2ms/div.

أ) هل التوتر المشاهد مستمر أم متغير أم متناوب جيبي؟

ب) عين دور وتواتر هذه الإشارة.

ج) أحسب القيمة المنتجة.



الشكل2

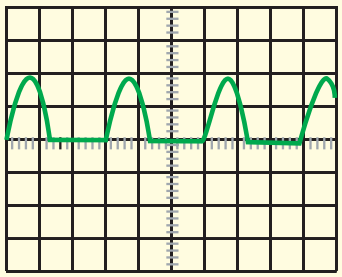
3 يعطي توتر منوب (alternateur) الإشارة التالية على راسم الاهتزاز (الشكل2) أين الحساسية = 2V/div وقاعدة الزمن 5ms/div .

أ) هل التوتر مستمر؟ متغير؟ جيبي؟.

ب) عين تواتره وسعته.

ج) هل يمكن حساب قيمته المنتجة؟

4 يعطي راسم الاهتزاز في الشكل3 التوتر الذي يظهر بين طرفي عنصر كهربائي موصل على التسلسل في دارة كهربائية مغذاة بمولد متناوب جيبي . علما أن الضبط على راسم الاهتزاز هو 2V/div و0,2ms/div.

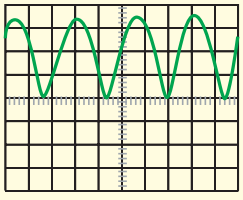


الشكل3

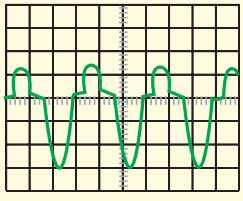
أ) هل هذا التوتر مستمر؟ متغير؟ دوري؟ متناوب؟ جيبي؟.

ب) أحسب تواتره وعين مطاله الأعظامي.

5 نشاهد على شاشة راسم الاهتزاز على التوالي إشارتين (الشكلين 4 و5) حيث 0,5V/div و50µs/div في الحالتين. علما أن قبل تطبيق التوتر كانت إشارة راسم الاهتزاز خطا مستقيما منطبقا على الخط المنصف للشاشة في الحالة الأولى و خطا مستقيما تحت منصف الشاشة بتدريجة واحدة في الحالة الثانية.



الشكل4



الشكل5

أ) عين نوع التوترين المشاهدين واحسب الدور والتواتر لكل إشارة.

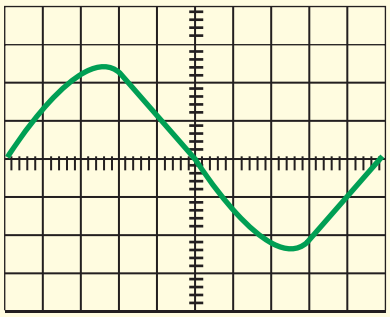
ب) عين القيمة الأعظمية والقيمة الأصغرية لكل توتر.

تمارين... تمارين...

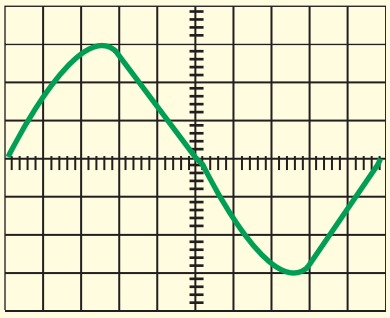
تمارين... تمارين..

6 ينتج مولد تواترا جيبيا ذا خصائص التالية f = 2kHz و U_{eff} = 6V. عين توتر القمة ودور هذه الإشارة ؟
يربط هذا المولد بمدخل راسم الاهتزاز المضبوط على 2V/div. أرسم باحترام السلم ما نشاهده على الشاشة إذا
أ) كانت قاعدة الزمن محذوفة.
ب) كانت قاعدة الزمن مضبوطة عند 0,1ms/div.

■ الشكل 6



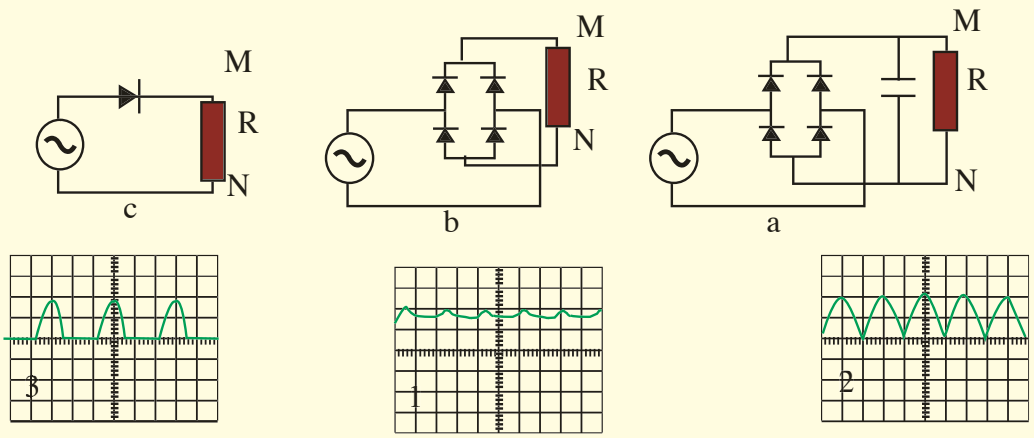
7 نستعمل راسم الاهتزاز لمشاهدة :
– توتر المطبق بين طرفي وشيعة الأولي لمحول بحساسية 5V/div (الشكل6)
– توتر المطبق بين طرفي وشيعة الثانوي للمحول بحساسية 2V/div (الشكل7)
أ) أحسب سعة التوتر المطبق على الأولي.
ب) أحسب سعة التوتر المطبق على الثانوي.
ج) هل المحول رافع أو محفض للتوتر؟
د) عين معامل التحويل K للمحول.



■ الشكل 7

8 لدينا محول 6V/12V (ثانوي / أولي).
– هل هذا المحول رافع أو مخفض للتوتر؟
– ما هي القيمة المنتجة الملائمة لتطبيقها على الأولي؟
– علما أن هناك تناسب بين توتري الأولي والثانوي :
أ) ما هو التوتر الذي نحصل عليه في الثانوي عندما نطبق 4V في الأولي؟
ب) هل هذه العملية خطيرة؟
ج) نفس السؤل إذا طبقنا في الأولي 12V. هل هذه العملية مسموحة؟

9 نعتبر التراكيب الثلاثة الممثلة في الشكل 8. أذكر لكل تركيب التوترMN الموافق له من بين الأشكال المقترحة.



■ الشكل 8

تمارين... تمارين...