المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

المعاهد الصناعية الثانوية

الحقيبة التدريبية :

# مختبر الكترونيات القوى

في تخصص الكترونيات

# المقدمة

الحمد لله وحده،والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد بن عبدالله وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على الله ثم على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متالكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " **مختبر الكترونيات القوى** " لمتدربي دبلوم " **الكترونيات** " للمعاهد الصناعية الثانوية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجلً أن تسهم بالشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، مدعم بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه؛ إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

# الفهـــرس


| الموضـــوع | رقم الصفحة |
|---|---|
| **المقدمة** | 1 |
| **الفهرس** | 2 |
| **التمهيد** | 6 |
| **الوحدة الأولى** | 8 |
| **ثنائيات القدرة** | 9 |
| **السلوك المهني الذي يجب التقيد به خلال التدريب على مفردات هذه الوحدة التدريبية** | 11 |
| **إجراءات الأمن والسلامة عند دراسة ثنائيات القدرة** | 12 |
| مقدمة | 13 |
| 1- ثنائيات القدرة المنخفضة والعالية | 14 |
| - حالة الانحياز الأمامي FORWARD BIAS | 17 |
| - حالة الانحياز العكسي Reverse Bias | 17 |
| دوائر التقويم RECTIFYING CIRCUITS | 18 |
| 2- ثنائيات التردد المنخفض والتردد العالي | 19 |
| 2/أ ثنائي شوتكي SCHOTTKY DIODE | 19 |
| 2/ب الثنائي النفقي TUNNL DIODE | 20 |
| ثنائيات ذات صفات خاصة والتي صممت لتستعمل في تطبيقات مختلفة | 20 |
| أ/ الموحدات متغيرة السعة بالجهد VARIABLE CAPACITANCE DIODE | 20 |
| ب/ ثنائي تنظيم الجهد VOLTAGE REGULATOR DIODES | 21 |
| ج/ ثنائي الليزر LASER DIODE | 22 |
| د/ ثنائي الباعث للضوء ( LED ) | 22 |
| تمرين عملي رقم (1) (ثنائيات القدرة) | 24 |
| أسئلة تقويم | 25 |

| الموضـــوع | رقم الصفحة |
|---|---|
| **الوحدة الثانية** | 31 |
| **الموحد السيليكوني المحكوم ( الثايرستور )** | 32 |
| **السلوك المهني الذي يجب التقيد به خلال التدريب على مفردات هذه الوحدة التدريبية** | 33 |
| **إجراءات الأمن والسلامة عند دراسة تطبيقات الثايرستور** | 34 |
| الموحد السيليكوني المحكوم ( الثايرستور ) | 35 |
| تحديد أطراف الثايرستور | 36 |
| تمرين عملي رقم (1) (قدح الثايرستور وخواصه) | 39 |
| ترانزيستور أحادي الوصلة UNIJUNCTION TRANSISTOR (UJT) | 48 |
| استخدام ترانزيستور أحادي الوصلة (UJT) في التحكم بالثايرستور | 49 |
| ترانزيستور أحادي الوصلة كمذبذب استرخاء | 49 |
| قدح الثايرستور بواسطة مذبذب الاسترخاء | 50 |
| تمرين عملي رقم (2) (قدح الثايرستور بواسطة مذبذبات الاسترخاء) | 51 |
| أسئلة تقويم | 57 |
| تطبيقات عناصر القدرة في دوائر الثايرستور | 58 |
| - التحكم الضوئي بالثايرستور . | 58 |
| - مبدأ عمل الدائرة | 59 |
| تمرين عملي رقم (3) ( التحكم الكهروضوئي في الثايرستور باستخدام المقاومة الضوئية LDR ) | 61 |
| أسئلة تقويم | 65 |

| الموضـــوع | رقم الصفحة |
|---|---|
| **الوحدة الثالثة** | 66 |
| **التريـاك والتطبيقات العملية** | 67 |
| **السلوك المهني الذي يجب التقيد به خلال التدريب على مفردات هذه الوحدة التدريبية** | 68 |
| **إجراءات الأمن والسلامة عند دراسة تطبيقات التريـاك** | 69 |
| التريـاك The TRIAC | 70 |
| فحص التريـاك | 71 |
| قدح التريـاك في دوائر التيار المتردد | 72 |
| الديـاك The DIAC | 76 |
| استخدام الديـاك في قدح التريـاك | 77 |
| تمرين عملي رقم (1) (قدح التريـاك بواسطة الديـاك) | 78 |
| أسئلة تقويم | 82 |
| دائرة التحكم في شدة إضاءة مصباح | 83 |
| شرح عمل الدائرة | 83 |
| تمرين عملي رقم (2) (دائرة مفتاح خافض شدة الإضاءة DIMMER SWITCH) | 86 |
| **الوحدة الرابعة** | 91 |
| **التحكم في سرعة محركات التيار المستمر** | 92 |
| **السلوك المهني الذي يجب التقيد به خلال التدريب على مفردات هذه الوحدة التدريبية** | 93 |
| **إجراءات الأمن والسلامة عند دراسة دوائر التحكم في سرعة محركات التيار المستمر** | 94 |
| مقدمة | 95 |
| تركيب محركات التيار المستمر | 96 |
| مبدأ عمل محركات التيار المستمر | 97 |
| التحكم بسرعة محركات التيار المستمر | 98 |

| الموضـــوع | رقم الصفحة |
|---|---|
| التحكم باستخدام مقطعات التيار المستمر | 100 |
| تعريف المقطع (DC CHOPPER) | 101 |
| أساسيات دائرة التحكم بالمُقطع والشكل الموجي | 101 |
| التحويل بين الوصل والقطع للثايرستور SCR | 103 |
| تمرين عملي رقم (1) (التحكم في سرعة محرك (DC) باستخدام دائرة مقطع) | 105 |
| أسئلة تقويم | 110 |
| **الوحدة الخامسة** | 111 |
| **التحكم في سرعة محركات التيار المتردد** | 112 |
| **السلوك المهني الذي يجب التقيد به خلال التدريب على مفردات هذه الوحدة التدريبية** | 113 |
| **إجراءات الأمن والسلامة عند دراسة التحكم في سرعة محركات التيار المتردد** | 114 |
| مقدمة | 115 |
| مبدأ عمل المحرك الحثي أحادي الوجه | 116 |
| التحكم بسرعة المحركات أحادية الطور | 118 |
| التحكم المفتوح المسار أحادي الوجه لمحرك (AC) باستخدام ترياك ودياك | 119 |
| طريقة عمل هذه الدائرة | 119 |
| تمرين عملي رقم (1) (التحكم في سرعة محركات التيار المتردد (AC) في نظام تحكم مفتوح النظام) | 120 |
| أسئلة تقويم | 125 |
| المراجع | 126 |

## التمهيد

أشكر الله وأحمده أولاً وآخراً... وأصلي بعد ذلك على من جعله الله سبباً لنعمائه على خلقه رسول الله ونبينا محمد صلى الله عليه وسلم وآله وصحبه والتابعين الذين حملوا هذا الدين العظيم إلينا فجزاهم الله خيراً ...

- إن أهم ما يميز العصر الحاضر أنه عصر الإلكترونيات... وإن علم الإلكترونيات هو أصل العلوم الحديثة في عصرنا هذا فلا تجد عملاً ولا مجالاً من مجالات الحياة إلا ويحتاج إليه.

ولما لهذا العلم من دور أساسي في تسيير العديد من الآلات والأجهزة المستخدمة في الكثير في مجالات الحياة وما تحقق من تطوير وتقدم في هذا العلم قد مكن البشرية من تحقيق الكثير من الإنجازات، كانت في عصور سابقة تعد من المستحيل تحقيقها وتعتبر ضرباً من الخيال. وما زال علم الإلكترونيات يتطور بسرعة هائلة وتطبيقاته غزت كل مجالات الحياة.

فعلى سبيل المثال في مجال الاتصالات نجد أن أجهزة الإرسال والاستقبال تتكون من دوائر إلكترونية وكذلك في مجال الحواسب الإلكترونية فإن التركيب الأساسي للحاسب يتكون من عناصر ودوائر إلكترونية وكذلك تستخدم العناصر الإلكترونية في مجال التحكم في كثير من التطبيقات الصناعية .. وعلم الإلكترونيات يختص بدراسة العناصر الفعالة مثل الدايودات والترانزستورات والدوائر المتكاملة "IC". بينما تتم دراسة العناصر غير الفعالة مثل المقاومات والملفات والمكثفات في علم الهندسة الكهربية.

- ومجال الهندسة الإلكترونية ينقسم إلى ثلاثة أقسام هي:

مجال أساسيات الإلكترونيات ومجال إلكترونيات القوى ومجال التحكم.

ومجال أساسيات الإلكترونيات يتعامل مع دراسة عناصر أشباه الموصلات والدوائر التي تعمل مع مستوى الطاقة المنخفضة.

أما مجال إلكترونيات القدرة فهو يتعامل مع العناصر الإلكترونية التي تستخدم في مجال التحكم في القدرات العالية وهذه العناصر مصنعة من أشباه الموصلات مثل الثايرستور (SCR) والترياك وهي تتميز بسرعة عالية في عملية الفتح والغلق الإلكتروني ولذلك فهي تستخدم في تطبيقات التحكم بالقدرة المستمرة والمتناوبة.

وسوف نتناول دراسة هذه العناصر وطرق استخدامها في الحياة العملية وبعض التطبيقات العملية مثل التحكم في المحركات الكهربية من خلال دراسة هذه الحقيبة الدراسية لمقرر إلكترونيات القوى.

- وباكتمال دراستها ، أرجو من الله التوفيق لجميع المتدربين والوصول إلى الهدف المنشود .

# الوحدة الأولى

## ثنائيات القدرة

## اسم الوحدة: ثنائيات القدرة

**الجـــــدارة:** قدرة المتدرب على دراسة خواص ثنائيات القدرة وتطبيقاتها العملية

**الأهداف :**

1/ أن يصنف المتدرب الأنواع المختلفة من الثنائيات ومعرفة مجال استخدام كل نوع.

2/ أن يميز المتدرب بين الثنائيات المنخفضة القدرة والعالية القدرة من حيث الشكل.

3/ أن يميز المتدرب بين الثنائيات المنخفضة التردد والعالية التردد من حيث الشكل والرمز ومجالات استخدام كل نوع.

4/ أن يطبق المتدرب تمرينا عمليا لتحديد نوع قدرة الثنائي وذلك بقياس شدة تيار الخرج وحساب القدرة.

5/ أن يتقيد المتدرب بالسلوك المهني السليم ويحرص على اتباع إجراءات الأمن والسلامة أثناء تدربه في الورشة.

**مستوى الأداء المطلوب:** أن يصل المتدرب إلى إتقان الجدارة بنسبة 90٪

**الوقت المتوقع للتدريب على الجدارة:** ( 18 ) ساعة.

**الوسائل المساعدة:**

- الاستعانة بأنواع مختلفة من ثنائيات السيلكون والجرمانيوم ذات القدرة المنخفضة والعالية.
- الاستعانة بكتاب البيانات (DATA SHEET) الخاص بالثنائيات.
- الاستعانة ببعض الأنواع من الثنائيات المختلفة مثل:

( ثنائي الزينر – الثنائي الضوئي LED – ثنائي الليزر – ثنائي شوتكي – الثنائي النفقي ).

- وسائل الأمن والسلامة.
- جهاز عرض علوي (DATA SHOW).

**متطلبات الجدارة:**

أن يكون المتدرب متمكناً من التمييز بين الأنواع المختلفة من الثنائيات ومعرفة مجال استخدام كل نوع ولدية القدرة على تحديد نوع قدرة الثنائي عملياً من خلال تدربه على مفردات هذه الحقيبة التدريبية متبعاً إجراءات الأمن والسلامة والسلوك المهني السليم .

## السلوك المهني الذي يجب التقيد به خلال التدريب على مفردات هذه الوحدة التدريبية

**أخي المتدرب:**

إن تطبيقك للسلوك المهني السليم أثناء تدربك على مفردات هذه الوحدة هو الطريق الأمثل لنجاحك وتفوقك واكتساب احترام وتقدير الآخرين وتجنبك للحوادث المحتمل حدوثها أثناء تواجدك في بيئة العمل ومن هذه السلوكيات ما يلي:

1/ التقيد بالزي المناسب المخصص للتدريب مثل حذاء السلامة ونظارات السلامة أثناء العمل في الورشة أو المختبر وهذا دليل وعيك.

2/ احرص على تنظيم وترتيب العدد والأدوات بشكل منظم ومرتب وفي أماكنها الخاصة.

3/ المداومة على المحافظة على نظافة الورشة والمختبر ومكان العمل.

4/ الالتزام بالمحافظة على الهدوء والنظام في الورشة والمختبر ومكان العمل .

5/ الحرص على حسن التعامل مع المدربين والتعاون معهم.

6/ تقيد بالإرشادات والأنظمة المتبعة في الورشة والمختبر ومكان العمل.

7/ الحرص على حسن التعامل مع زملائك المتدربين والتعاون معهم.

8/ التحلي بالأخلاق والتعاليم الإسلامية في تعاملك وأثناء عملك.

9/ عند رغبتك في التعرف على أي جهاز جديد في الورشة اطلب مساعدة المدرب لتوضيحه لك.

10/ لا تخرج من الورشة دون إذن المدرب.

11/ حافظ على وقت التدريب بحضورك مبكراً ومغادرتك مع نهاية الوقت.

12/ حافظ على العدد والأدوات من الضياع أو التلف فهي مسؤوليتك.

## إجراءات الأمن والسلامة عند دراسة تطبيقات ثنائيات القدرة

1/ تقيد بلباس التدريب داخل الورشة والتزم بمتطلبات السلامة الأخرى .

2/ تقيد باستخدام العدد والأدوات حسبما أعدت له ولا تستخدم أداة خاصة لعمل معين في عمل مغاير .

3/ تدرب على استخدام طفايات الحريق.

4/ ضع كاوية اللحام في مكانها المناسب بعد إجراء اللحام مباشرة .

5/ احذر حدوث تماس مباشر بين جسم الكاوية الساخن وكابل توصيل التيار الكهربي لها .

6/ احذر من لمس الأحماض الخاصة بعملية تحميض اللوحات واحرص على لبس القفازات.

7/ احذر من استنشاق الأبخرة المتصاعدة من عملية التحميض وإن كانت بسيطة واحرص على لبس الكمامات .

8/ احذر عند تسخين الماء المستخدم في عملية التحميض وتجنب المزاح مع زملائك .

9/ لا تعبث بالعدد والأدوات في الورشة فقد تتسبب في حوادث مؤسفة لك ولغيرك لا قدر الله.

10/كن على حذر في نقل الأدوات والعدد أو مناولتها لزملائك وناولها يداً بيد بطريقة آمنة.

11/تجنب المزاح في الورشة وأثناء التدريب حتى تحمي نفسك وزملاءك من الخطر .

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

13/عند الانتهاء من العمل احرص على تنظيم وترتيب العدد بشكل منظم ومرتب في أماكنها الخاصة .

# المقدمة

يتكون الثنائي من طرفين أحدهما المصعد (ANODE) والآخر المهبط (CATHODE) وأهم وظيفة للثنائي في الدوائر الإلكترونية أنه يسمح بمرور التيار في اتجاه واحد ، ويمنع مروره في الاتجاه العكسي .

ويتم مرور التيار داخل الثنائي عندما يوصل الأنود بجهد موجب والكاثود بجهد سالب .

ويمكن تصنيف الثنائيات من حيث القدرة إلى ثنائيات منخفضة القدرة وثنائيات عالية القدرة، وكذلك تصنف الثنائيات من حيث التردد إلى ثنائيات منخفضة التردد وثنائيات عالية التردد وسوف نقوم في هذه الوحدة بدراسة الثنائيات المنخفضة القدرة والعالية القدرة مع التمييز بين أنواع هذه الثنائيات ومعرفة خصائص كل منها.

وكذلك سوف نقوم بدراسة بعض التطبيقات العملية لدوائر التوحيد المستخدمة ثنائيات عالية القدرة .

وكذلك سوف نتعرض لدراسة أنواع من ثنائيات التردد المنخفض والتردد العالي، ونلقي الضوء على أنواع أخرى من الثنائيات ذات الصفات الخاصة.

## 1/ ثنائيات القدرة المنخفضة والعالية :

يوجد كثير من أنواع الثنائيات والتي عرفت من قبل مثل ثنائيات السيلينيوم وثنائيات أكسيد النحاس ومع تقدم أبحاث أشباه الموصلات فإنه تم التوصل إلى ثنائيات السيلكون والجرمانيوم .

وبمقارنة هذه الثنائيات بثنائيات السيلينيوم وثنائيات أكسيد النحاس فإن ثنائيات أشباه الموصلات تتميز بمرور تيار عالٍ وقيمة تحمل أعلى للجهد العكسي الذي يمكن تطبيقه على الثنائي.

ويمكن تقسيم ثنائيات أشباه الموصلات حسب كمية التيار التي تمر خلالها إلى الحمل وبالتالي مدى تحملها للقدرة إلى قسمين هما : ثنائيات منخفضة القدرة وثنائيات عالية القدرة .

والثنائيات المصنعة من السيلكون والتي يمكن أن يمر خلالها تيار إلى الحمل بقيمة (200MA) وحتى قيم كبيرة تصل إلى المئات من الأمبير تعتبر ثنائيات عالية القدرة، وهي تستخدم في دوائر تقويم التيار المتردد ذي القدرة العالية والشكل رقم (1) يوضح ثنائي عالي القدرة .

وبالتالي فإن ثنائيات السيلكون التي يمر خلالها تيار إلى الحمل بقيمة أقل من (200MA) فهي ثنائيات منخفضة القدرة، الشكل رقم (2) يوضح ثنائي القدرة المنخفضة وبصفة عامة فإن معظم ثنائيات الجرمانيوم تعتبر من الثنائيات منخفضة القدرة، وهذه الثنائيات تستخدم في دوائر تقويم التيار ذي القدرة المنخفضة.

الشكل رقم (1)

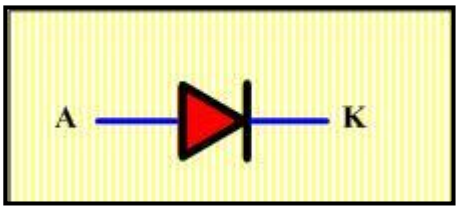
ثنائي عالي القدرة

الشكل رقم (2)

ثنائي منخفض القدرة

ولقد سبق دراسة تطبيقات عملية على استخدام الثنائيات المنخفضة القدرة في الفصول الدراسية السابقة مثل تطبيقات دوائر الكاشف والتي تتعامل مع الإشارات المنخفضة، حيث إن هذه الثنائيات تمرر تياراً إلى الحمل قليلاً وبالتالي فإن قدرتها منخفضة .

ورمز الثنائي مبين كما في الشكل رقم (3) .



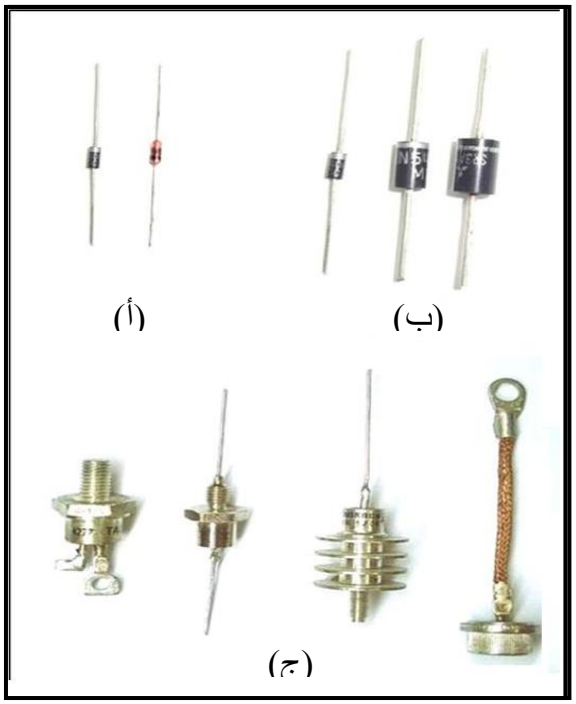

الشكل رقم (3)

رمز الثنائي

**أخي المتدرب:**

لا تستخدم أداة مكان أخرى واحرص على استخدام الأداة للغرض المخصص لها فقط .

وتصنع ثنائيات السيلكون في أشكال وأحجام متعددة وثنائيات السيلكون ذات القدرة المنخفضة تشبه ثنائيات الجرمانيوم في الحجم كما في الشكل رقم (4- أ)، بينما تكون ثنائيات السيلكون ذات القدرة العالية كبيرة الحجم وهي مبينة في الشكل رقم ( 4- ب) وبعضها يصنع بغلاف معدني وله رأس بصمولة ليثبت في الشاسية وذلك ليعمل كمسرب حراري, وهي مبينة في الشكل رقم (4- ج) .




الشكل رقم (4)

- ولقد سبق أن درسنا خواص الموحد (الثنائي) وعرفنا أن له حالتي انحياز هما:

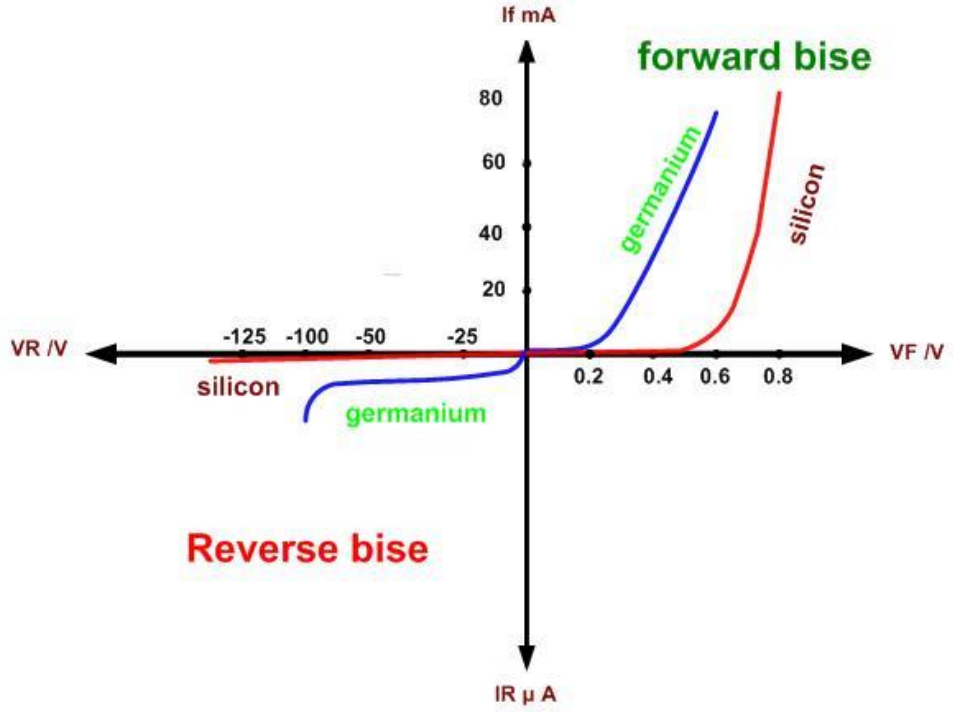
أ- **حالة الانحياز الأمامي** FORWARD BIAS

وفيها يوصل الثنائي بجهد مستمر (DC) بحيث يتصل القطب الموجب بالأنود (A) والقطب السالب بالكاثود(K). وفي هذه الحالة سوف يمر التيار من الأنود إلى الكاثود عبر الوصلة وتزيد شدة التيار بزيادة الجهد الأمامي وعلى ذلك تصبح مقاومة الثنائي في هذه الحالة صغيرة جداً .

ب- **حاله الانحياز العكسي** REVERSE BIAS

وفي هذه الحالة يتصل القطب الموجب للمصدر بالكاثود (K) والقطب السالب للمصدر بالأنود (A) وفي هذه الحالة يمر تيار صغير جداً يسمى تيار التشبع العكسي أو تيار التسرب وفي هذه الحالة تصبح مقاومة الثنائي عالية جداً .

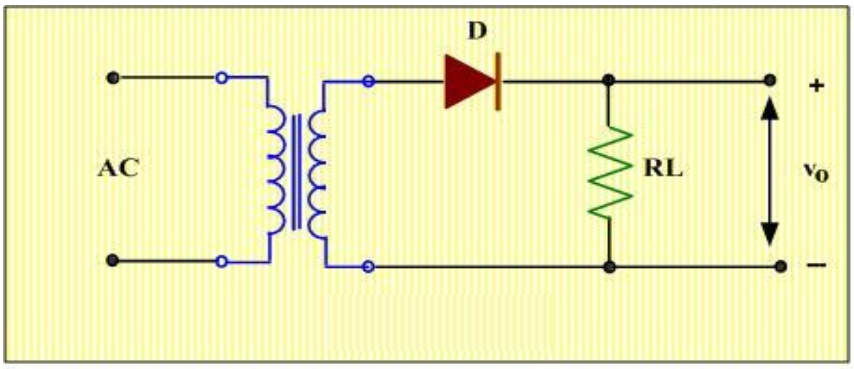
- والشكل رقم (5) يبين العلاقة بين الجهد والتيار في الثنائي (السيليكوني والجيرمانيوم) ومنها يتبين مرور التيار في الاتجاه الأمامي ويمنع مروره في الاتجاه العكسي
- ومع ذلك فإنه إذا زاد الجهد العكسي عن قيمة معينة فإن التيار يمر بصورة مفاجئة، وتسمى هذه القيمة المعينة للجهد جهد زينر، أو جهد الانهيار .



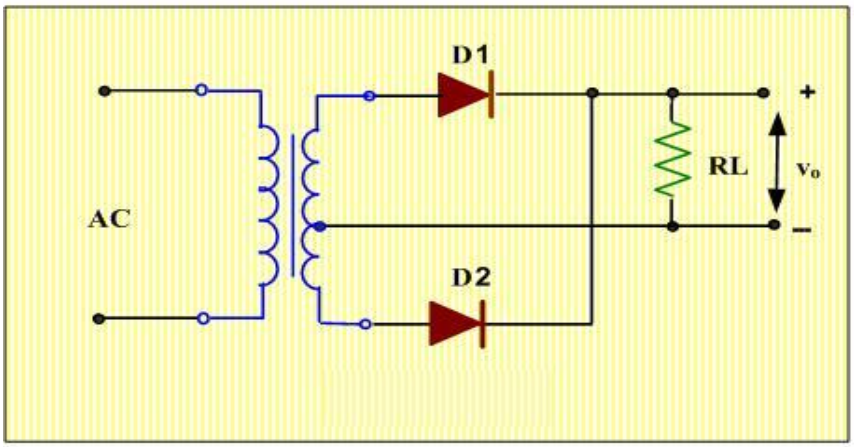

الشكل رقم (5) العلاقة بين الجهد والتيار في الثنائي

**دوائر التقويم** RECTIFYING CIRCUITS :

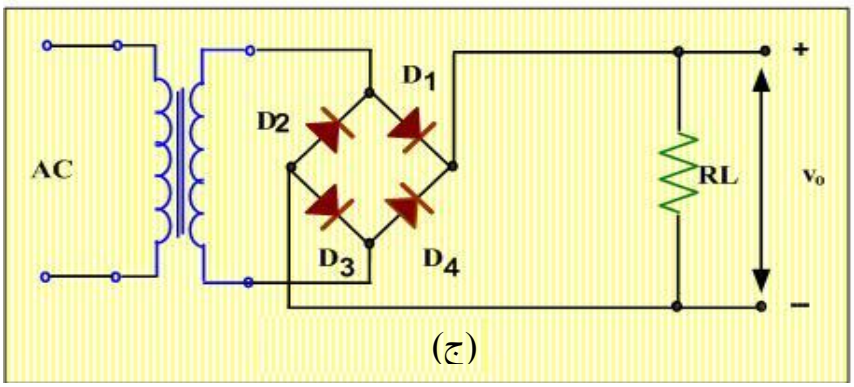
- تقوم دوائر التوحيد بتحويل التيار المتغير (AC) إلى تيار ثابت (DC) ويمكن تقسيمها إلى دوائر توحيد نصف موجة ودوائر توحيد موجة كاملة، وتبين الأشكال رقم ( 6- أ )، ( 6- ب ) ، ( 6- ج ) على الترتيب موحدات نصف موجة وموجة كاملة باستخدام محول بنقطة منتصف ، وموجة كاملة باستخدام القنطرة .




(أ)




(ب)




(ج)

الشكل رقم (6)

**أخي المتدرب:**

تركيزك في التدريب يزيد من قدراتك المهارية ويقيك من المخاطر .

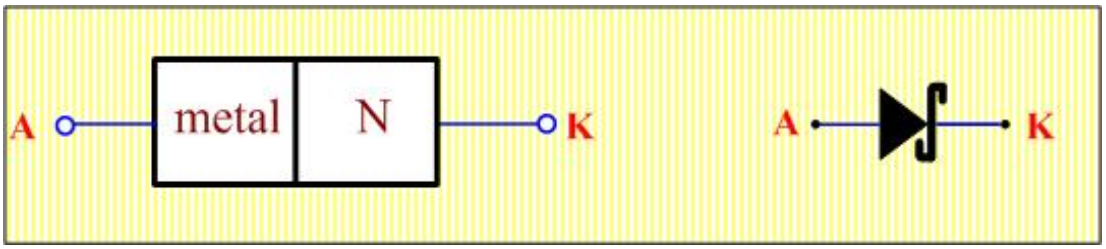
## 2 / ثنائيات التردد المنخفض والتردد والعالي:

- لقد قمنا في الجزء السابق من هذه الوحدة بدراسة الثنائيات المنخفضة القدرة والعالية القدرة وتطبيقاتها مثل دوائر التوحيد.
- وفي هذا الجزء سوف نقدم العديد من الثنائيات ذات الصفات الخاصة والتي صنعت لتستعمل في تطبيقات مختلفة عن الثنائيات العادية فمنها ما يستخدم في مجال الدوائر ذات الترددات المنخفضة ومنها ما يستخدم مع الدوائر التي تعمل في مجال الترددات العالية .

**ومن أهم هذه الأنواع هي:**

### 2/أ ثنائي شوتكي SCHOTTKY DIODE

- يتكون هذا الثنائي من وصلة من جزأين أحدهما معدنية والأخرى شبه موصلة. أي وصلة (معدن – شبه موصل) كما يوضح الشكل رقم (7).

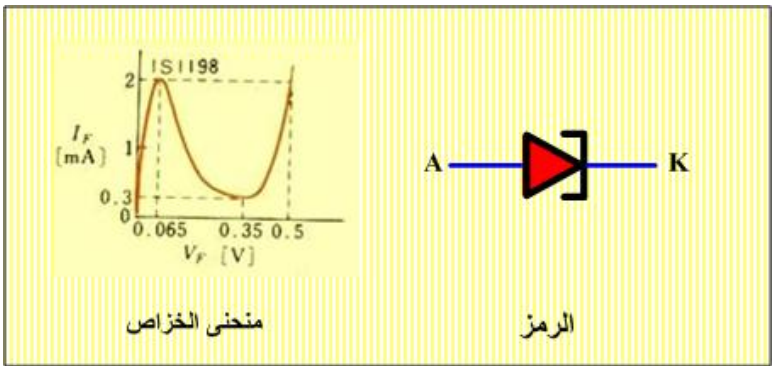



الشكل رقم (7)

- ثنائي شوتكي هو عنصر أحادي القطبية حيث المصعد(A) مصنوع من المعدن والمهبط(K) مصنوع من مادة شبة موصلة من نوع (**N**)، والمعدن لا يملك ثقوب، لذلك ليس هناك طبقة استنزاف أو حاجز سوف تظهر، مما يتيح للثنائي أن يقوم بعملية الفصل أو الوصل أسرع من الثنائي العادي, ولهذا فإن ثنائي شوتكي يستخدم في توحيد الإشارات العالية التردد .

### 2/ب الثنائي النفقي TUNNEL DIODE :

- عند تكوين وصلات ثنائية بأشباه موصلات بها نسبه عالية من الشوائب $10^{20} atom/cm^3$ يتم الحصول على ثنائيات تسمى الثنائيات النفقية أو ما يسمى ثنائي (إيزاكي) ذو الصفات كهربائية المميزة والتي تعتمد على أن اتساع الوصلة يكون قليلاً جداً نظراً لتركيز الشوائب.
- ورمز الثنائي ومنحنى الخواص موضح بالشكل رقم (8)، وطبقاً لمنحنى الخواص فإن زيادة الجهد الأمامي ($V_F$) من القيمة (0.065V) إلى (0.35V) تؤدي إلى انخفاض التيار الأمامي ($I_F$) من (2MA) إلى (0.3MA)، وبذلك نجد أن زيادة الجهد الأمامي يصطحبها نقص في التيار الأمامي مما يعطي ما يسمى بالمقاومة السالبة، وباستغلال هذه الخاصية ونتيجة لصفات الثنائي الخاصة فإنه سيستخدم في العديد من التطبيقات مثل المذبذبات العالية التردد ومكبرات الموجات الدقيقة وتطبيقات التوصيل العالية السرعة والشكل رقم (8) يوضح الرمز والشكل للثنائي النفقي .




الشكل رقم (8) الثنائي النفقي

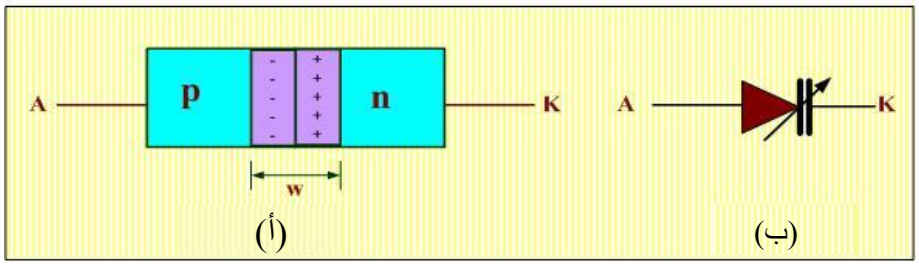
### ثنائيات ذات صفات خاصة والتي صممت لتستعمل في تطبيقات مختلفة ومنها ما يلي :

### أ/ الموحدات متغيرة السعة بالجهد VARIABLE CAPACITANCE DIODE

يسمى بالاسم المختصر فاريكاب (VARICAP) أو فاراكتور(VARACTOR). وتكون حالة المنطقة الخالية من حاملات الشحنة للوصلة الثنائية كما في الشكل رقم (9- أ)، واتساع هذه المنطقة يزيد كلما زاد الجهد العكسي. ومن خلال هذه الحالة يمكننا أن ننظر إلى الوصلة الثنائية كما لو أنها مكثف متغير السعة بالجهد، حيث إن

قيمة سعة هذا المكثف تتناسب عكسياً مع عرض المنطقة الخالية (W) الذي يعتمد على قيمة الجهد العكسي، ورمز الثنائي مبين في الشكل رقم (9 - ب) .

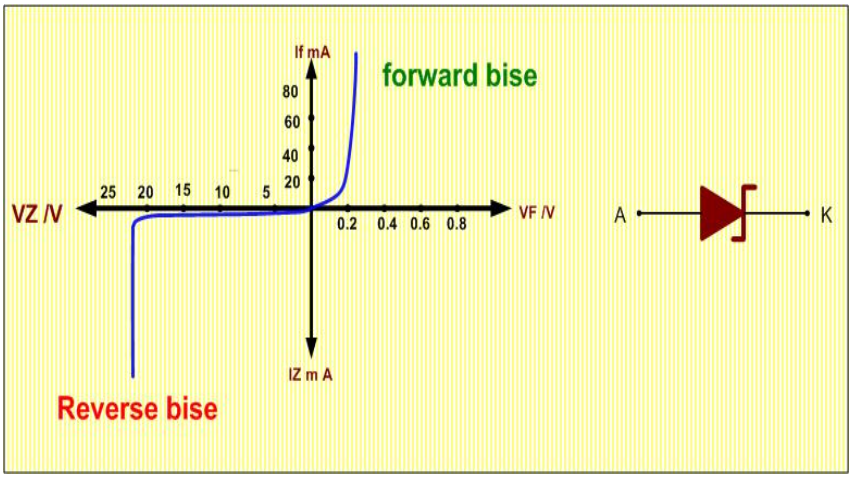
وتستخدم هذه الثنائيات المتغيرة السعة بالجهد في العديد من التطبيقات أهمها استخدامها في دوائر التحكم عن بعد ودوائر التوليف الإلكتروني والتعديل السعوي في أجهزة الإرسال والاستقبال وكذلك يمكن استخدامه كمكثف متغير السعة بالجهد في دوائر الرنين




الشكل رقم (9) موحدات متغيرة السعة بالجهد

**ب/ ثنائي تنظيم الجهد** VOLTAGE REGULATOR DIODES :

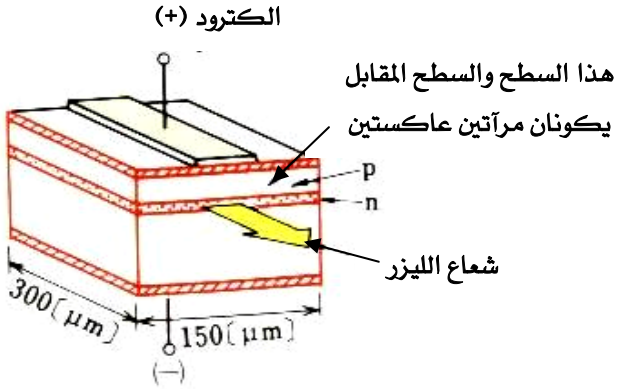
ثنائيات تنظيم الجهد تسمى أيضاً بثنائيات زينر (ZENER DIODE ) هذا النوع من الموحدات يستعمل غالباً في دوائر تنظيم الجهد وله العديد من التطبيقات المهمة وبخاصة في دوائر التغذية للجهد المستمر وهذا الثنائي عبارة عن وصلة ثنائية تعمل في منطقة الانحياز العكسي عند جهد الانهيار. ورمز هذا الموحد ومنحنى الخواص للجهد والتيار موضح بالشكل رقم (10) .




الشكل رقم (10) ثنائي تنظيم الجهد

**ج/ ثنائي الليزر** LASER DIODE :

يستخدم ثنائي الليزر في نظم الاتصالات الضوئية التي تحتاج إلى كمية كبيرة من الطاقة الضوئية المرسلة حيث إن تركيب الثنائي تظهر فيه مرآتان على كل من الوجه الأمامي والوجـــه الخلفي وعند مرور تيار أمامي في الثنائي فإن سطح الوصلة يبعث ضوءاً يتم تقويته عن طريق الانعكاس من المرآتين ويخرج ليكون شعاع الليزر والشكل رقم (11) يوضح تركيب الثنائي .

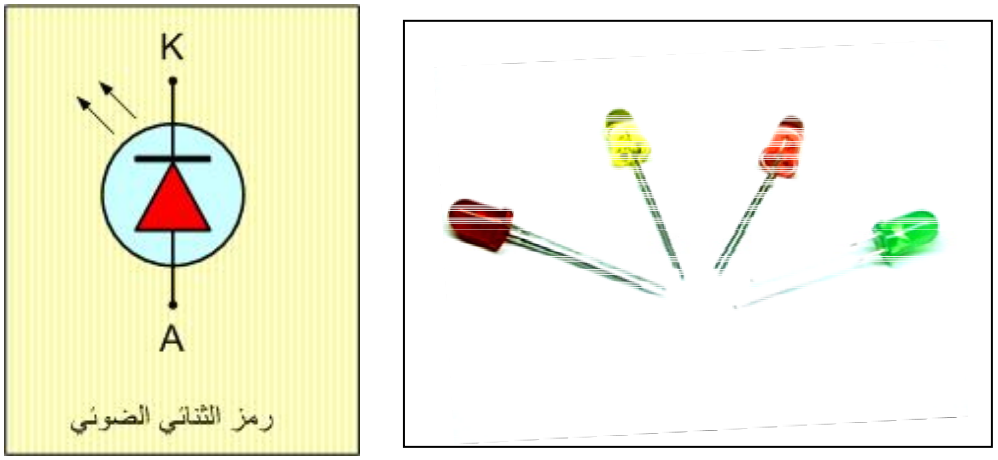



الشكل رقم (11) ثنائي الليزر

**د/ ثنائي الباعث للضوء** ( LED ) :

هو ثنائي ذو وصلة ثنائية مصنوعة من مادة مثل جاليوم أرسينيد (GAAS) أو جاليوم فوسفايد (GAP) له خاصية انبعاث الضوء عند مرور تيار أمامي ويستخدم (LED) في قراءة الاسطوانات في الحواسب الإلكترونية وفي المرسل في نظام الاتصال الضوئي وفي العديد من التطبيقات .

وتوجد ثنائيات باعثة للضوء بألوان مختلفة مثل الأحمر والبرتقالي والأصفر والأخضر والأزرق ويعتمد لون الضوء المنبعث من الثنائي علي نوع المادة المصنع منها الثنائي. وتتميز هذه الثنائيات بأنها ذات عمر طويل, ولكل ثنائي باعث للضوء طرفان غير متساويين في الطول, الطرف القصير هو المهبط ( K ) والطرف الطويل هو المصعد ( A ) والشكل رقم (12) يوضح الرمز والأشكال العملية للثنائي الباعث للضوء.




الشكل رقم (12) ثنائي الباعث للضوء

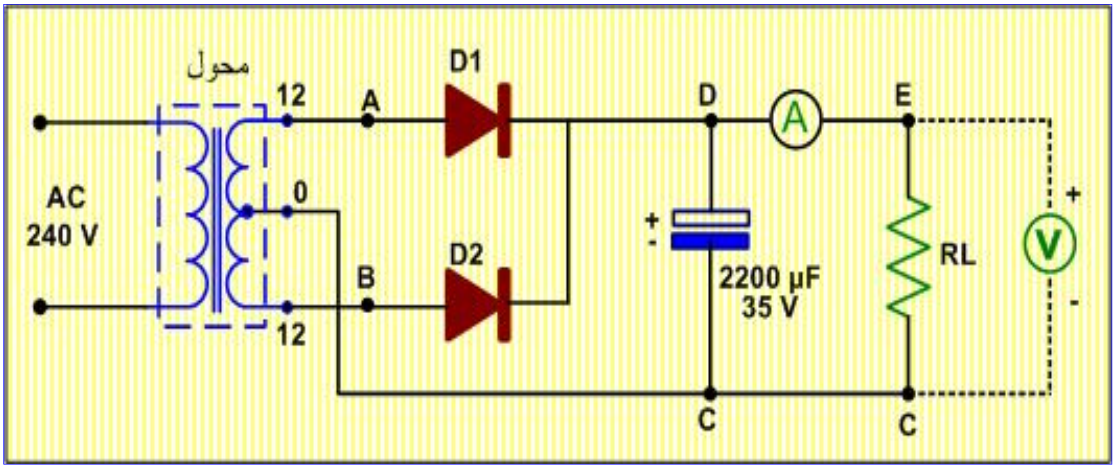
# تمرين عملي

**أخي المتدرب:**

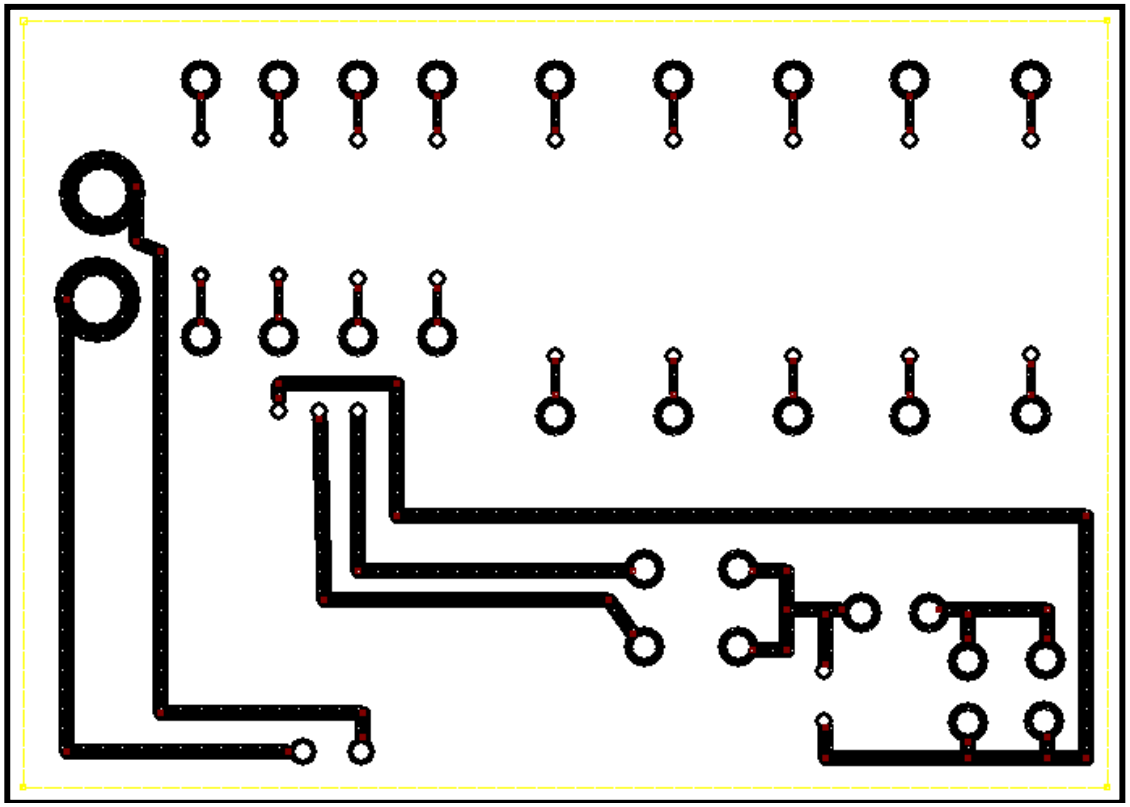
يجب الانتباه عند استخدام ثنائي منخفض القدرة وعند توصيل أحمال ذات قيم صغيرة فإن الثنائي سوف لا يتحمل شدة التيار الذي يقوم الحمل بسحبة وربما يؤدي إلى تلفه، لذلك ينصح بوضع فيوز (مصهر) قبل الخرج ذي قيمة (400mA).

| | | | |
|---|---|---|---|
| **رقم التمرين** | (1) | **الزمن** | 18 ساعات |
| **اسم التمرين** | **ثنائيات القدرة** | | |
| **الهدف من التمرين** | 1/ التمييز بين الثنائيات المختلفة القدرة عن طريق الشكل والحجم.<br>2/ التعرف على نوع الثنائي (منخفض أو عالي القدرة) من خلال استخدام كتاب البيانات (DATA SHEET).<br>3/ حساب قدرة الحمل ($P_L$) وتحديد قدرة الثنائي (عالي أو منخفض القدرة). | | |
| **الأدوات المستخدمة** | 1/ لوحة اختبار TEST BOARD. أو دائرة مطبوعة .<br>2/ جهاز فولتميتر .<br>3/ جهاز أميتر . | | |
| **الخامات** | 1/ محول خافض للجهد من ( 240V إلى12V-0-12) له شدة تيار حتى (2A).<br>2/ عدد من ثنائيات أشباه الموصلات أحدها رقم (1N5404) أو ما يكافئها.<br>3/ عدد من المقاومات (220Ω/1.5W) ، (150Ω/2W) ، (100Ω/2.5W)، (56Ω/5W)،(33Ω/5W) ، (22Ω/7W)،(10/7W) ( يختار المتدرب منها 5 مقاومات حسب المتوفر لديه .<br>4/ مكثف كيمائي (1200 µF - 35V) أو (2200 µF - 35V) .<br>5/ فيوز ( 400MA) . | | |

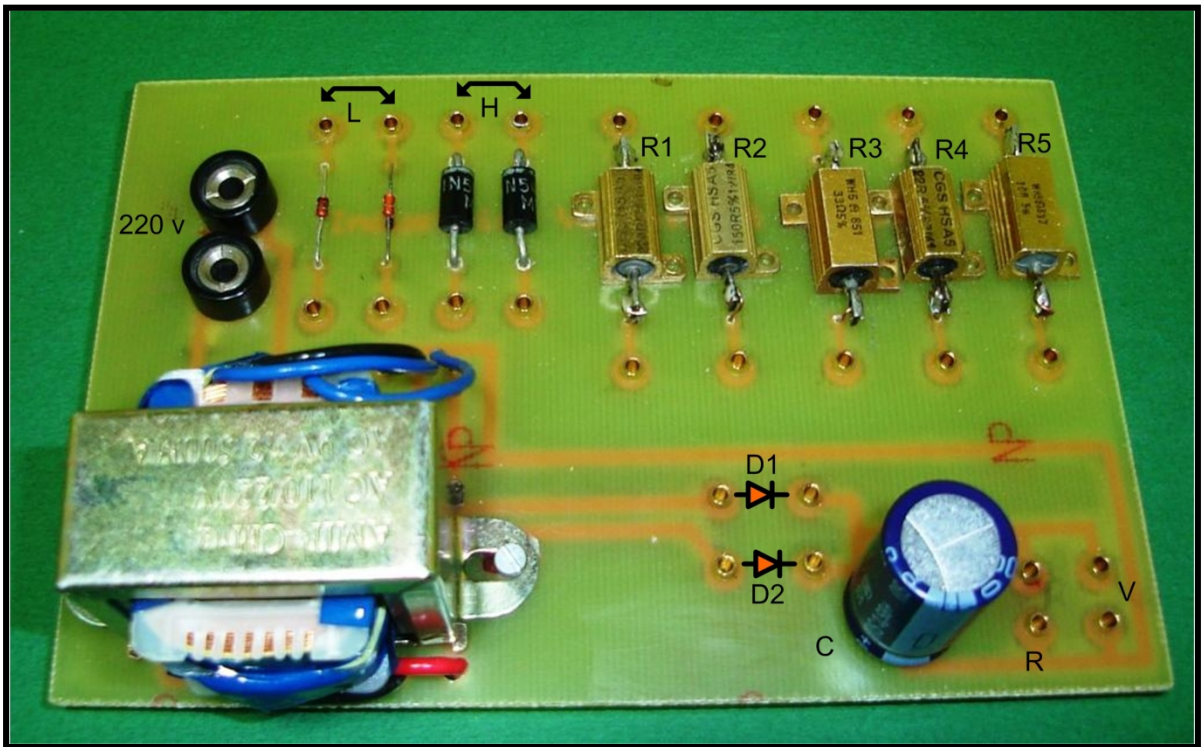
1- **المخطط النظري للتمرين:**




2- **المخطط العملي للتمرين ( مقترح )**



## 3- الدائرة التنفيذية :




## 4- القياسات والنتائج :

أ- ثنائيات عالية القدرة (1N5404) :

1/ وصل مصدر الجهد إلى الدائرة مع توصيل جهاز الأميتر بين النقطتين (E,D) وكذلك الفولتميتر بين النقطتين (C , E) .

2/ قم بتوصيل مقاومة الحمل حسب القيم الموضحة في الجدول رقم (1) .

3/ سجل قيمة قراءة جهاز الاميتر وجهاز الفولتميتر في كل حالة.

4/ احسب قيمة القدرة المناظرة لكل قيمة للتيار حسب قيمة $R_L$ وذلك باستخدام القانون التالي:

5/ سجل النتائج في الجدول رقم (1).

$$P_L = I^2 \times R_L$$

جدول النتائج رقم (1): في حالة الثنائي رقم: 1N5404

| $R_L$ (Ω) | Ω220 W 1.5 | Ω150 W2.0 | Ω100 W 5. 2 | Ω56 W5 | Ω33 W5 | Ω22 W7 | Ω10 W7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_O$ (V) | | | | | | | |
| $I_L$ (MA) | | | | | | | |
| $P_L$ (W) | | | | | | | |

6/ استخدم كتاب البيانات الخاص بالثنائيات (DATA SHEET ) لتحديد مواصفات الثنائيات التالية .

| رقم الثنائي | نوع الثنائي | جهد التشغيل | أقصى تيار | تحديد قدرة الثنائي | الثنائي المكافئ له |
|---|---|---|---|---|---|
| N3101 | | | | | |
| N40011 | | | | | |
| N54041 | | | | | |

**الاستنتاج:**

من خلال نتائج التجربة ومن خلال بيانات (مواصفات)الثنائي التي حصلت عليها من كتاب (DATA SHEET) يمكنك الآن تحديد نوع قدرة الثنائي (1N5404) بأنة من ثنائيات القدرة العالية .

**أخي المتدرب:**

نتيجة لشدة التيار العالي الذي يمر خلال مقاومات الحمل والقدرة التي تفقد داخلها فإن ذلك يؤدي إلى ارتفاع حرارة المقاومات وبالتالي ينصح بعدم ترك المقاومة في الدائرة لفترة كبيرة ويجب استبدالها بأخرى بعد أخذ النتائج مباشرةً .

ب- **ثنائيات منخفضة القدرة** (1N4001):

1/ قم باستبدال الثنائي المستخدم في الجزء الأول من هذا التطبيق بثنائي آخر أقل منه في شدة التيار يكون أقل من 200MA .

2/ قم بإجراء الخطوات (من 2 إلى5) مرة ثانية على الثنائي الجديد وسجل النتائج التي حصلت عليها في الجدول رقم (2):

جدول النتائج رقم (2): في حالة الثنائي الجديد رقم (1N4001)

| $R_L$ (Ω) | Ω220 W 1.5 | Ω150 W2.0 | Ω100 W 5. 2 | Ω56 W 5 | Ω33 W 5 | Ω22 W 7 | Ω10 W 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_O$ (V) | | | | | | | |
| $I_L$ (A) | | | | | | | |
| $P_L$ (W) | | | | | | | |

3/ استخدم كتاب البيانات (DATA SHEET) في تحديد مواصفات الثنائي الجديد رقم (1N4001)

| رقم الثنائي | نوع الثنائي | جهد التشغيل | أقصى تيار | تحديد قدرة الثنائي | الثنائي المكافئ له |
|---|---|---|---|---|---|
| (1N4001) | | | | | |

يمكنك الاستدلال عملياً على ما إذا كان الموحد عالي القدرة أو منخفض القدرة من درجة حرارة الموحد أثناء سحبة تيارا أعلى من 200ma فإذا ارتفعت درجة حرارته بدرجة لا تتحملها يدك دل ذلك على أن الثنائي خاص بالقدرة المنخفضة والعكس إذا كانت درجة حرارة الثنائي عادية دل على أن الثنائي خاص بالقدرة العالية.

# أسئلة تقويم

**س1 : أكمل ما يلي:**

أ/ تصنف الثنائيات من حيث القدرة إلى ثنائيات ..... و ثنائيات .....
وعندما تصنف من حيث التردد فيوجد ثنائيات ..... التردد ، وثنائيات ..... التردد .

ب/ معظم ثنائيات الجرمانيوم بصفة عامة هي ثنائيات .....

ج/ ثنائيات السيلكون التي يمر خلالها تيار قدرة (800MA) هي ثنائيات .....

د/ ثنائيات السيلكون منخفضة القدرة تشبه ثنائيات ..... حيث إن حجمها يكون ..... ، أما الثنائيات المصنعة بغلاف معدني ولها رأس بصمولة فهي ثنائيات ..... وتصنع من .....

**س2** استخدم كتاب البيانات (DATA SHEET) لتحديد مواصفات كل من الثنائيات التالية من حيث إنها (سيلكون أم جيرمانيوم، أقصى جهد عكسي، أقصى تيار، ثنائي قدرة عالية أم ثنائي قدرة منخفضة):

| الثنائي المكافئ له | تحديد قدرة الثنائي | أقصى تيار | أقصى جهد عكسي | نوع الثنائي | رقم الثنائي |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | (N 315(A1 |
| | | | | | (N 316(A1 |
| | | | | | N 40001 |
| | | | | | N 40011 |
| | | | | | N38991 |
| | | | | | N 30621 |

**س3-** إذا كان لديك مصدر قدرة (10V) موصل مع ثنائي سيلكون وقمنا بتوصيل عدد من مقاومات الحمل عبر أطراف الخرج وكانت مقاومات الحمل لها القيم التالية:
( $RL_1 = 100\ \Omega$ , $RL_2 = 50\Omega$ , $RL_3 = 20\Omega$ ) حدد شدة التيار المسحوب مع كل حمل من الأحمال السابقة وكذلك حدد قدرة الثنائي في كل حالة .

**ج3-**

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

**س4-** اذكر مجال استخدام كل من الثنائيات التالية :

1- ثنائي شوتكي .

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

2- الثنائي النفقي.

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

3- ثنائي متغير السعة بالجهد .

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

4- ثنائي الباعث الضوئي (LED).

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

# الوحدة الثانية

## الموحد السيليكوني المحكوم (الثايرستور)

**اسم الوحدة: الموحد السيليكوني المحكوم (الثايرستور)**

**الجـــدارة:** قدرة المتدرب على دراسة خواص الموحد السيليكوني المحكوم وتطبيقاتها العملية

**الأهداف :**

1/ أن يُعرف المتدرب عنصر الثايرستور من حيث الشكل العملي والرمز النظري ومنحنى الخواص له .

2/ أن يجري المتدرب بعض التجارب العملية على عنصر الثايرستور لمعرفة تأثير تيار البوابة المستمر(DC) والمتردد (AC) على قدح وخواص الثايرستور (SCR) .

3/ أن ينفذ المتدرب دائرة عملية للتحكم الضوئي باستخدام الثايرستور .

4/ أن يتقيد المتدرب بالسلوك المهني السليم ويحرص على اتباع إجراءات الأمن والسلامة أثناء تدربه في الورشة.

**مستوى الأداء المطلوب:** أن يصل المتدرب إلى إتقان الجدارة بنسبة 90٪

**الوقت المتوقع للتدريب على الجدارة:** ( 18 ) ساعة.

**الوسائل المساعدة:**

- الاستعانة ببعض عناصر القدرة مثل الثايرستور وترانزيستور أحادي الوصلة.
- الاستعانة ببعض التطبيقات العملية لبعض عناصر القدرة من واقع الحياة.
- مصدر تيار مستمر وآخر متردد – عدة لحام وأجهزة قياس – جهاز أوسيليسكوب.
- وسائل الأمن والسلامة.
- جهاز عرض علوي (DATA SHOW) لعرض رموز ومنحنيات الخواص.

**متطلبات الجدارة:**

أن يكون المتدرب متمكناً من فهم عنصر الثايرستور وتطبيقاته العملية من خلال تدربه على مفردات هذه الحقيبة التدريبية متبعاً إجراءات الأمن والسلامة والسلوك المهني السليم .

## السلوك المهني الذي يجب التقيد به خلال التدريب على مفردات هذه الوحدة التدريبية

**أخي المتدرب:**

إن تطبيقك للسلوك المهني السليم أثناء تدربك على مفردات هذه الوحدة هو الطريق الأمثل لنجاحك وتفوقك واكتساب احترام وتقدير الآخرين وتجنبك للحوادث المحتمل حدوثها أثناء تواجدك في بيئة العمل ومن هذه السلوكيات ما يلي:

1/ تقيدك بالزي المخصص للتدريب والسلامة المناسبة مثل حذاء السلامة ونظارات السلامة أثناء العمل في الورشة أو المختبر دليل وعيك.

2/ احرص على تنظيم وترتيب العدد والأدوات بشكل منظم ومرتب وفي أماكنها الخاصة.

3/ داوم على المحافظة على نظافة الورشة والمختبر ومكان العمل.

4/ التزم بالمحافظة على الهدوء والنظام في الورشة والمختبر ومكان العمل .

5/ احرص على حسن التعامل مع المدربين والتعاون معهم.

6/ تقيد بالإرشادات والأنظمة المتبعة في الورشة والمختبر ومكان العمل.

7/ احرص على حسن التعامل مع زملائك المتدربين والتعاون معهم.

8/ تحلى بالأخلاق والتعاليم الإسلامية في تعاملك وأثناء عملك.

9/ عند رغبتك في التعرف على أي جهاز جديد في الورشة اطلب مساعدة المدرب لتوضيحه لك.

10/ لا تخرج من الورشة دون إذن المدرب.

11/ حافظ على وقت التدريب بحضورك مبكراً ومغادرتك مع نهاية الوقت.

12/ حافظ على العدد والأدوات من الضياع أو التلف فهي مسؤوليتك.

## إجراءات الأمن والسلامة عند دراسة تطبيقات الثايرستور

1/ تقيد بلباس التدريب داخل الورشة والتزم بمتطلبات السلامة الأخرى .

2/ تقيد باستخدام العدد والأدوات حسبما أعدت له ولا تستخدم أداة خاصة لعمل معين في عمل مغاير .

3/ تدرب على استخدام طفايات الحريق.

4/ ضع كاوية اللحام في مكانها المناسب بعد إجراء اللحام مباشرة .

5/ احذر حدوث إلتماس بين جسم الكاوية الساخن وكابل توصيل التيار الكهربي لها .

6/ احذر من لمس الأحماض الخاصة بعملية تحميض البوردات واحرص على لبس القفازات.

7/ احذر من استنشاق الأبخرة المتصاعدة من عملية التحميض وإن كانت بسيطة واحرص على لبس كمامات على الأنف .

8/ احذر عند تسخين الماء المستخدم في عملية التحميض وتجنب المزاح مع زملائك .

9/ لا تعبث بالعدد والأدوات في الورشة فقد تتسبب في حوادث مؤسفة لك ولغيرك لا قدر الله.

10/ كن على حذر في نقل الأدوات والعدد أو مناولتها لزملائك وناولها يداً بيد.

11/ تجنب المزاح في الورشة وأثناء التدريب حتى تحمي نفسك وزملاءك من الخطر .

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

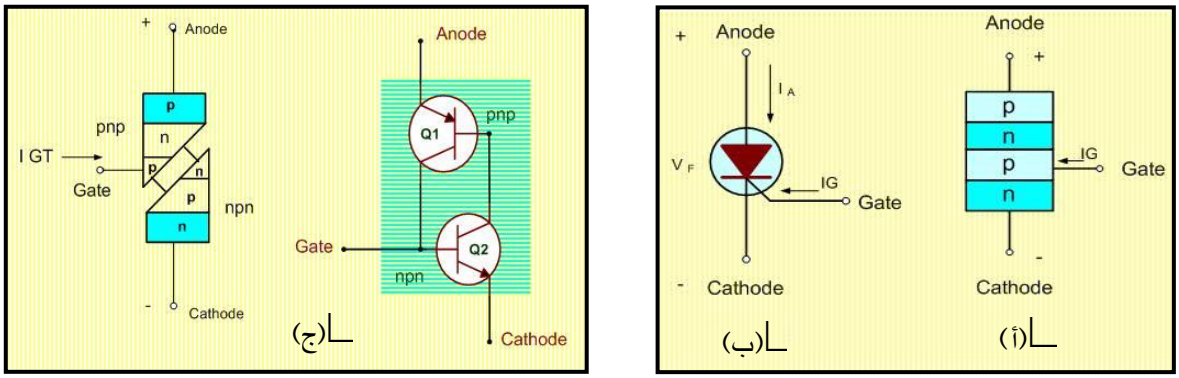
13/ عند الانتهاء من العمل احرص على تنظيم وترتيب العدد بشكل منظم ومرتب في أماكنها الخاصة .

## الموحد السيليكوني المحكوم ( الثايرستور ) THYRISTOR (SCR)

- هو عنصر من مادة شبه موصلة، يتكون من أربع طبقات كما هو مبين بالشكل رقم (1- أ)

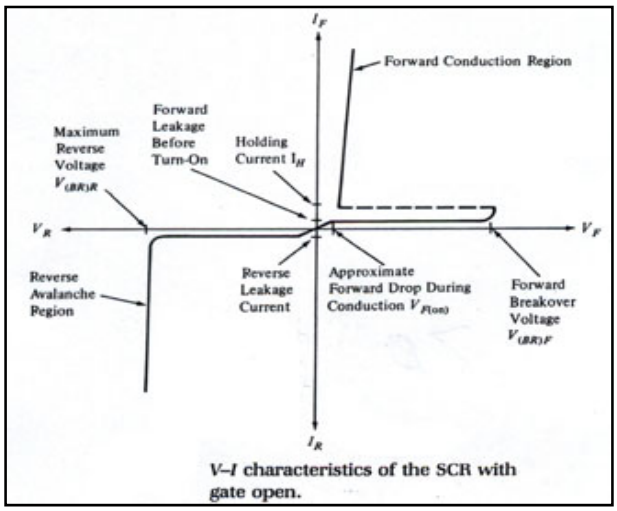
والثايرستور يشبه في عمله الدايود، ولكن له طرف ثالث يستخدم للتحكم يسمي البوابة (GATE) وقبل تسليط جهد على طرف التحكم (البوابة) فإن الثايرستور يعمل بطريقة مماثلة كمفتاح في وضع الغلق، ولا يمر خلاله تيار لأنه في حالة فصل (OFF).
وعند تسليط جهد بالقطبية الصحيحة على طرف البوابة أو مرور تيار محدد عبرها تتشكل قناة ناقلة للتيار بين المصعد(A) والمهبط (K) ويمر تيار باتجاه واحد عبر الثايرستور تماماً مثل الثنائي العادي . ويطلق على هذا النوع من الثايرستور اسم الموحد السيليكوني المحكوم (SILICON CONTROLLED RECTIFIER) أو باختصار (SCR) ورمزه مبين بالشكل رقم ( 1- ب) .

- ويمكن دراسة الثايرستور على أنه يتكون بشكل أساسي من ترانزستورين كما هو مبين بالشكل رقم (1- ج) حيث تشكل الطبقات الثلاث العليا ترانزستور (PNP) بينما تشكل الطبقات الثلاث السفلى ترانزستور نوع (NPN) وتتصل قاعدة كل ترانزستور مع مجمع الترانزستور الآخر لتكون إحداها طرف البوابة بينما يصبح طرف المشع لترانزستور NPN هو المهبط (CATHODE) ويصبح طرف المشع لترانزيستور PNP هو المصعد (ANODE)




الشكل رقم (1)

ويبين الشكل رقم (2) منحنى خصائص الثايرستور




الشكل رقم (2)

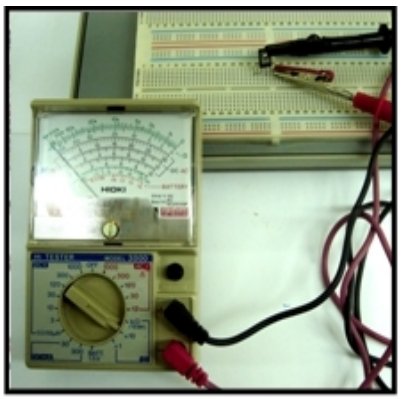
**تحديد أطراف الثايرستور :**

بوجه عام يمكن تحديد أطراف جميع أنواع الثايرستورات ذات القدرات المنخفضة والمتوسطة والعالية وفحص سلامتها باستخدام جهاز أوميتر تناظري (بمؤشر) وذلك بقياس المقاومة الأمامية والعكسية بين أطراف الثايرستور بالتبديل وباتباع الخطوات الآتية:

1/ اضبط جهاز الأفوميتر على تدريج الأوم R X 1 واختبر صلاحية الأسلاك مع ملاحظة عكس أطراف مجسات القياس لتناسب بطارية الجهاز .

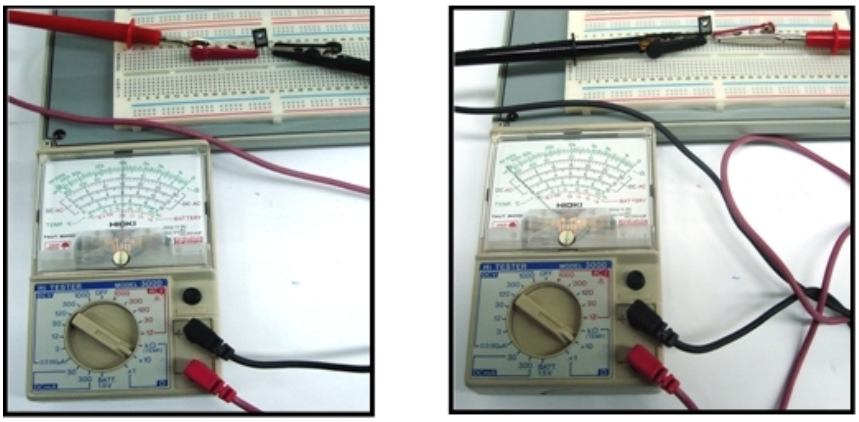
2/ قس المقاومة بين أطراف الثايرستور طرفين طرفين بالتبديل مع مجسي جهاز القياس (توصيل أمامي وتوصيل عكسي).

3/ الطرفان اللذان يعطيان مقاومة كبيرة جداً (مالا نهاية) في كلا الاتجاهين كما يوضح الشكل (3 - أ) أحدهما الأنود (A) والآخر الكاثود (K) .



الشكل رقم (3 - أ) تحديد أطراف الثايرستور

4/ الطرف الثالث يعطي مقاومة صغيرة في أحد الاتجاهات مع أحد الطرفين السابقين و مقاومة كبيرة في الاتجاه الآخر مع نفس الطرف فيكون هذا الطرف هو البوابة (G) والآخر هو الكاثود (K) والبوابة (G) هو المتصل مع المجس الأحمر لجهاز القياس كما هو موضح بالشكل ( 3 - ب) .



الشكل رقم (3 - ب)

5/ إذا كان للثايرستور مسرب حراري فمن السهولة تحديد الأنود (A) وذلك بقياس المقاومة بين المسرب الحراري وجميع أطراف الثايرستور، والطرف الذي يعطي مقاومة أومية (صفر ) مع المسرب الحراري هو الأنود (A).

6/ بعد تحديد الأنود (A) يمكن بسهولة تحديد كل من الكاثود (K) والبوابة (G) وذلك بإتباع نفس الطريقة في الخطوة رقم (4). إذا كانت المقاومة بين جميع الأطراف (طرفين– طرفين) كبيرة جداً (فالدائرة مفتوحة ∞) أو صغيرة جداً (فالدائرة دائرة قصر صفر (Ω) ويكون الثايرستور تالفا .

❖ أشكال وأنواع الثايرستور الشائعة الاستخدام وأرقام بعض الثايرستورات .

الشكل رقم (4) أشكال وأنواع الثايرستورات

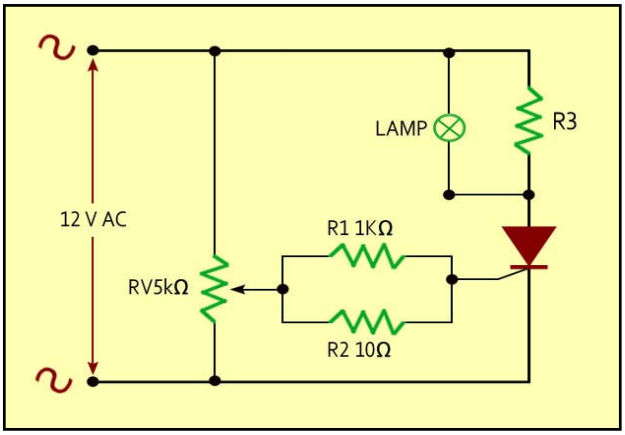
# تمرين عملي

هـذا التمـرين موجـود في المختـبر علـى الكـارت رقـم (SO-4201-7H) وإذا لم يتـوفر فـيمكن تنفيـذه علـى لوحـة مطبوعـة حسـب قـيم العناصـر الموجـودة في الشـكل رقم ( 6 أو 7 ) .

| | | | |
|---|---|---|---|
| **رقم التمرين** | (1) | **الزمن** | 6 ساعات |
| **اسم التمرين** | **قدح الثايرستور وخواصه** | | |
| **الهدف من التمرين** | 1/ دراسة تأثر تيار البوابة (DC) على عمل SCR كمفتاح .<br>2/ دراسة تأثر تيار البوابة (AC) على زاوية القدح للثايرستور ( α ) وعلى القدرة المزودة للحمل . | | |
| **الأدوات المستخدمة** | 1/ مصدر جهد متردد ( 12 V. AC ) .<br>2/ مصدر جهد مستمر ( 12 V. DC ) .<br>3/ جهاز الاوسيلوسكوب وجهاز قياس متعدد الأغراض . | | |
| **الخامات** | 1/ وحدة التدريب الإلكترونية ELECTRONIC UNIVERSAL UNIT .<br>2/ كارت العناصر الإلكترونية رقم ( SO – 4201 – 7H ) .<br>3/ مجموعة من أسلاك التوصيل + مجموعة من المقابس . | | |

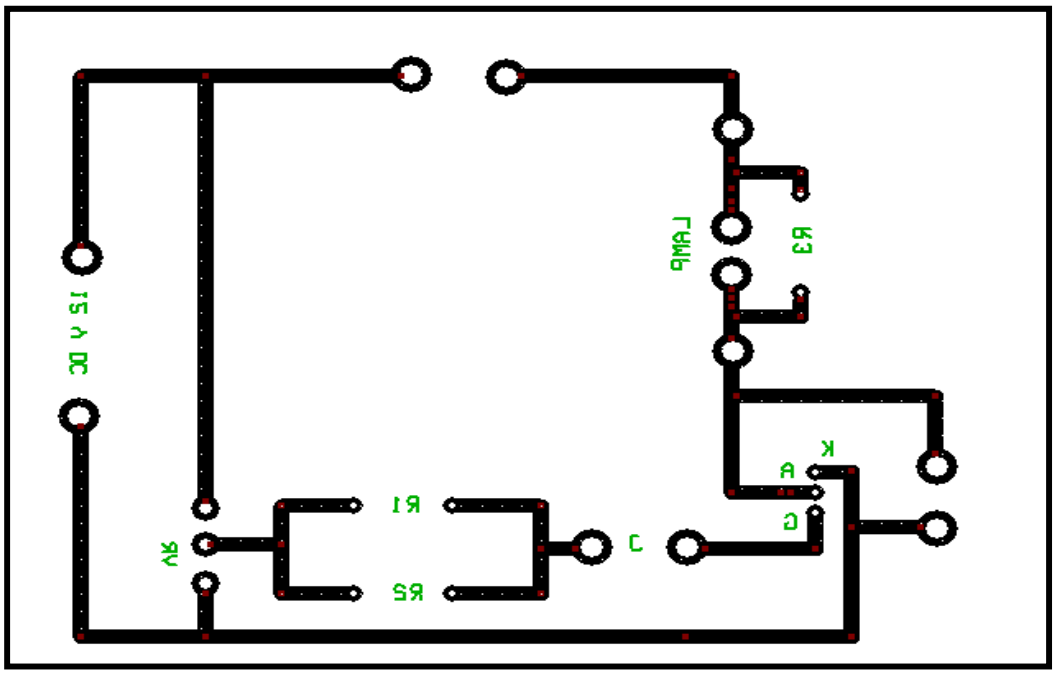
## 1- المخطط النظري للتمرين:

يـتم اختيـار عنصـر الثايرسـتور ( SCR ) مـن مجموعـة عناصـر مخطـط التوصـيل ويتم توصيله بالدائرة المبينة في شكل رقم (5) .



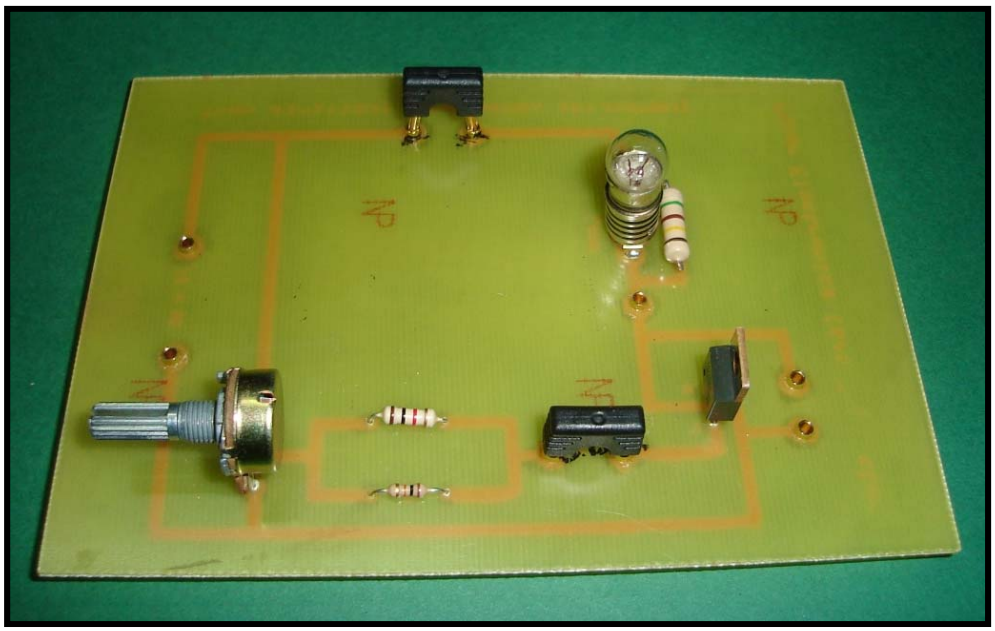

الشكل رقم (5)

## 2- المخطط العملي للتمرين ( مقترح )




الشكل رقم (6)

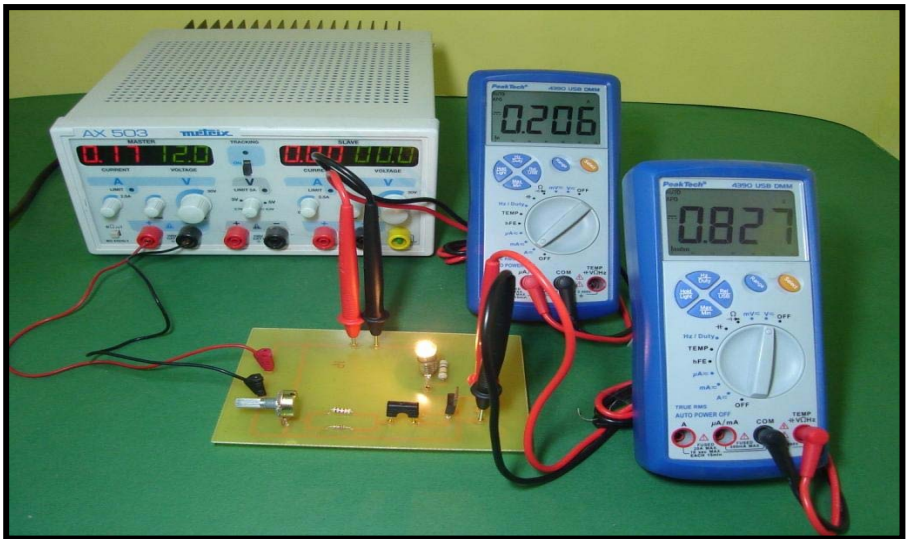
## 3- الدائرة التنفيذية :



الشكل رقم (7)

## 4- القياسات والنتائج :

### أولاً : استخدام مصدر التيار المستمر ( DC ) في قدح ( SCR ) :




**الخطوات :**

1- قم بتوصيل الدائرة المبينة في الشكل (5) مع استخدام مصدر تيار مستمر ( 12 V DC ) .

2- افصل مصدر القدرة ثم استخدام جهاز الأوميتر لضبط المقاومة المتغيرة على أقصى قيمة لها .

3- وصل مصدر القدرة ثم قم بتغيير المقاومة المتغيرة حتى يتم قدح ( إشعال الثايرستور ) .

4- قم بقياس كل من الجهد والتيار للثايرستور عندما يتم قدحه (إشعاله)، ثم سجل النتائج في الخطوات التالية :

$V_{THY}$ . ( SCR) = ..... ( VOLT )

$I_{THY}$ . ( SCR) = .....(AMP.)

5- احسب قيمة المقاومة الأمامية للثايرستور كالآتي :-

$$R_{THY} . ( SCR) = \frac{V_{thy}}{I_{thy}} = ..... ( \Omega )$$

6- قم بفصل طرف سلك البوابة عن الدائرة – ماذا تلاحظ ؟

.....

.....

**الاستنتاج :**

أ- هل مازال الـ (SCR) في حالة (ON) بعد فصل البوابة؟

.....

.....

ب- هل تغيرت قيمة كل من : الجهد على SCR (. V THY ) و التيار المار ( . I THY ) ؟

.....

.....

ج- ما استنتاجك من هذه الخطوة ؟

.....

.....

د- بين كيف يمكن تحويل الـ (SCR) إلى حالة الفصل (OFF) ؟

.....

.....

.....

.....

هـ- هل يمكن استخدام ( SCR ) كمفتاح (ON/OFF) مع مصدر التيار المستمر – بين ذلك ؟

.....

.....

.....

.....

**أسئلة التقويم :**

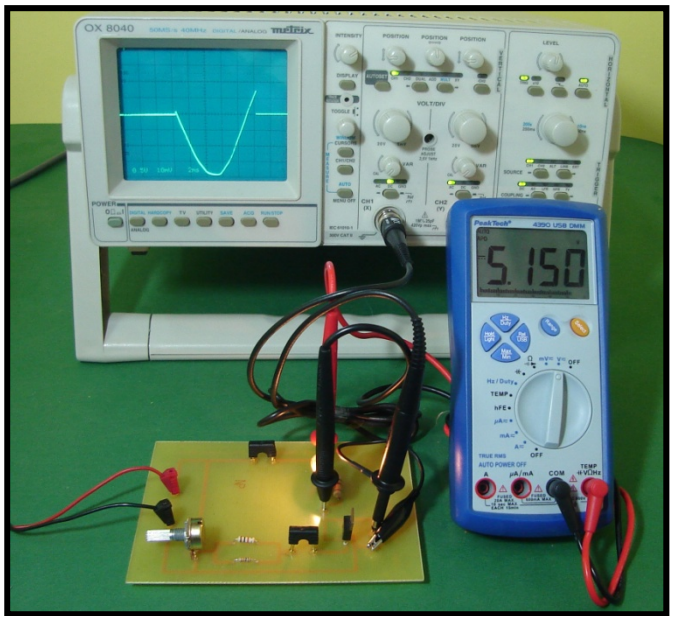
س1- ما وظيفة البوابة في الثايرستور ؟

س2- بين تأثير البوابة إذا تم فصلها بعد قدح الثايرستور في هذا الجزء من التطبيق .

س3- اذكر بعضاً من استخدامات الثايرستور في الحياة العملية .

س4- ما العوامل التي تساعد على تحول SCR إلى حالة الفصل (OFF) ؟

**ثانياً : استخدام مصدر التيار المتردد ( AC ) في قدح SCR :**




**الخطوات :**

1/ قم بتغيير (استبدال) المصدر المستمر (12 VDC) بمصدر تيار متردد (12 VAC) .

2/ اضبط المقاومة المتغيرة على أعلى قيمة لها ثم قم بتوصيل جهاز الأسلسكوب على طرفي الثايرستور (الطرف الموجب مع الأنود A) و(الطرف الأرضي مع الكاثود K) وكذلك قم بتوصيل جهاز قياس للجهد على طرفي مقاومة الحمل (RL) وذلك على وضع DCV .

3/ قم بتغيير المقاومة المتغيرة على طول مداها (من أدنى قيمة إلى أقصى قيمة) ولاحظ تأثير ذلك على شدة إضاءة المصباح ثم أجب عن الآتي:

أ ـ عند وضع المقاومة على أدنى قيمة لها ـ ما شدة إضاءة المصباح

.....

ب ـ عند وضع المقاومة على أقصى قيمة لها ـ ما شدة إضاءة المصباح ؟

.....

جـ ـ ماذا تستنتج من ذلك ؟ اكتب استنتاجك

.....

4/ اضبط المقاومة المتغيرة للحصول على النتائج المبينة في الجدول التالي وذلك تبعاً لقيم زوايا الإشعال المبينة بالجدول .

5/ ارسم شكل موجة الجهد على طرفي الثايرستور بين (A , K) وكذلك على طرفي مقاومة الحمل (RL) عند كل زاوية إشعال .

**أخي المتدرب:**

احذر الصدمة الكهربائية عند اختبار الدائرة فهناك جزء منها عليه جهد كهربائي 220 فولت ( جهد المصدر ) .

**❖ ملحوظة :**

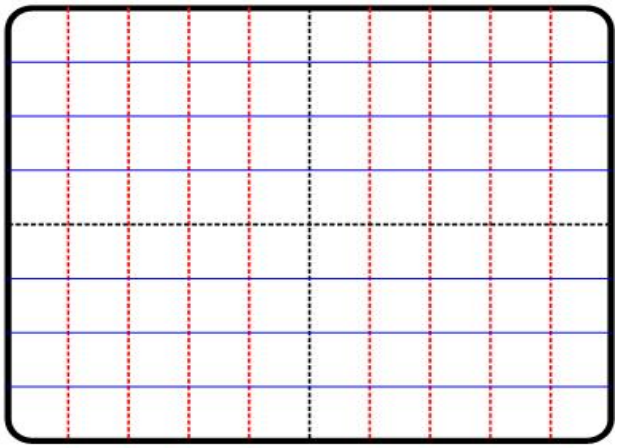
يجب ضبط مفتاح مدخل الإشارة لجهاز الأسلسكوب على وضع (DC) وليس على وضع (AC) وذلك لأن الـ (SCR) يعمل كموحد .

**جدول النتائج:**

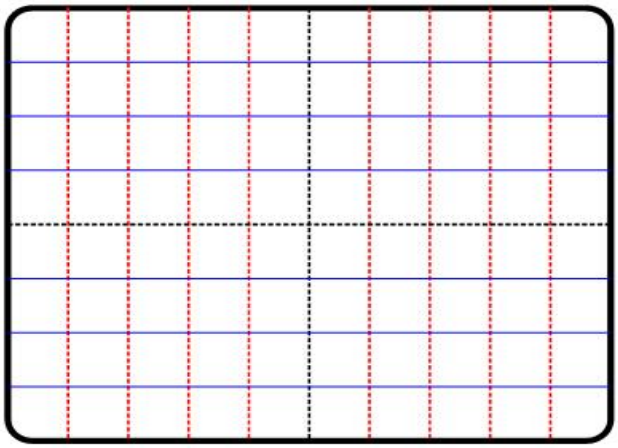
| زاوية الإشعال | $V_{RL}$ DC -V | الجهد على SCR | | الجهد على RL | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | شكل الموجه | $V_{P-P}$ | شكل الموجه | $V_{P-P}$ |
| α MIN | | FIG(1) | | FIG(2) | |
| α MAX | | FIG(3) | | FIG(4) | |

6- ارسم النتائج التي حصلت عليها على ورقة الرسم التالية وذلك حسب ترتيب الأشكال

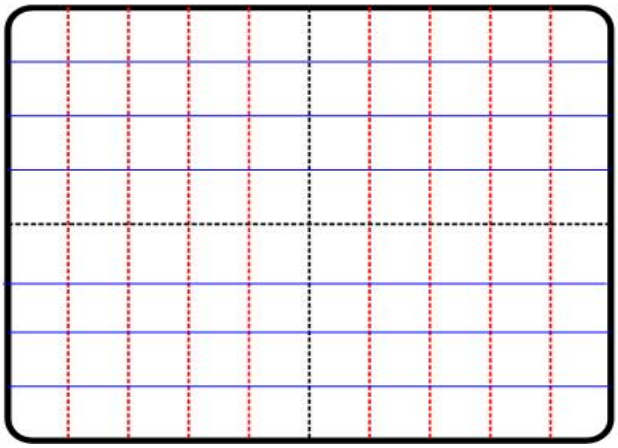
الشكل(1)
شكل الجهد على SCR



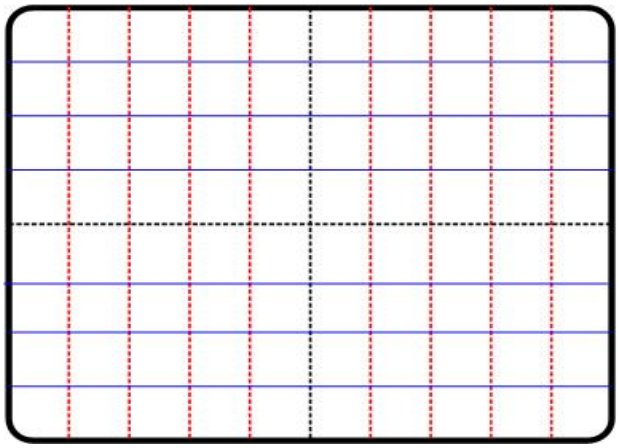
الشكل(3)
شكل الجهد على SCR



الشكل(2)
شكل الجهد على $R_L$



الشكل(4)
شكل الجهد على $R_L$



**الخلاصة : أولاً :**

- نستنتج من التطبيق الأول في حالة استخدام مصدر تيار مستمر :

أن SCR يعمل كمفتاح ويكون في حالة توصيل (ON) وذلك عندما يصل الجهد الأمامي ($V_{BO}$) إلى قيمة كافية. أو باستخدام تيار مستمر على البوابة يساعد على تقليل قيمة ($V_{BO}$) .

- ويمكن تحويل SCR إلى حالة (OFF) وذلك بإحدى الطرق التالية:

1- بتطبيق جهد عكسي على أطراف الثايرستور .

2- بفتح الدائرة بين (ANODE) و(CATHODE) أي جعل التيار($I_A$) المار يساوي صفرا .

3- بتقليل الجهد بين (ANODE) و(CATHODE) إلى قيمة أقل من جهد الإمساك ($V_H$).

- يلاحظ أنه عند استخدام البوابة في قدح SCR مع مصدر تيار مستمر فإن البوابة لا يكون لها أي تأثير بعد القطع حتى لو تم فصلها عن الدائرة .

**ثانياً :**

في التطبيق الثاني وفي حالة استبدال التيار المتردد بدلاً من التيار المستمر :

أن الثايرستور يحتاج إلى نبضة قدح كل نصف موجة موجبة وفي النصف الثاني (السالب) سوف يتوقف لأنه في انحياز عكسي، ولذلك فإن SCR يعمل كموحد ولكن يمكن التحكم في خرجه عن طريق التحكم في زاوية القدح بواسطة تيار البوابة. ولذلك فإن هذه الدائرة يمكن أن تستخدم مع الأحمال التي تعمل مع التيار المستمر للتحكم في القدرة المرسلة للحمل.

**أسئلة التقويم :**

س1- هل يزيد الجهد على الحمل بتقليل زاوية الإشعال أم يقل الجهد ؟ ولماذا ؟

س2- ما العلاقة بين الجهد على الحمل ($V_{RL}$) وزاوية الإشعال ( $A^{\circ}$ ) ؟

س3- ما أقصى زاوية قدح (إشعال) يمكن الوصول إليها باستخدام المقاومة المتغيرة ؟

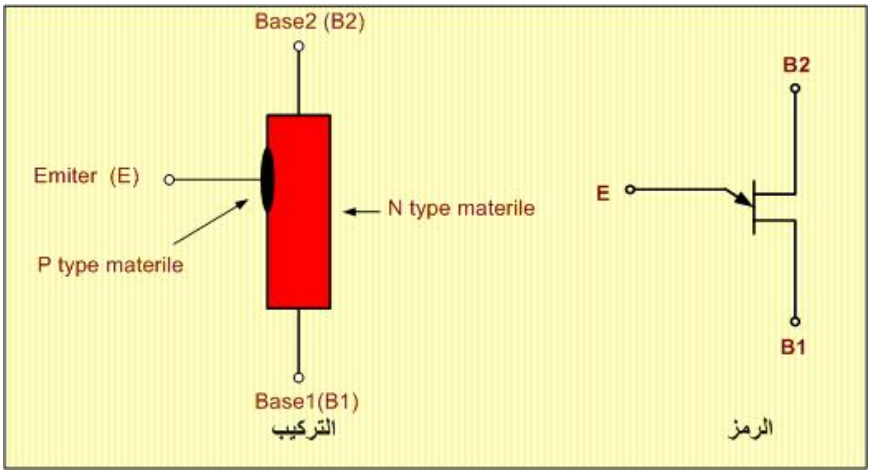
س4- تعلم أن SCR يمكن أن يستخدم كموحد, ولكن ما الفرق بين موحد السليكون العادي وبين SCR ؟

**ترانزيستور أحادي الوصلة** UNIJUNCTION TRANSISTOR (UJT) :

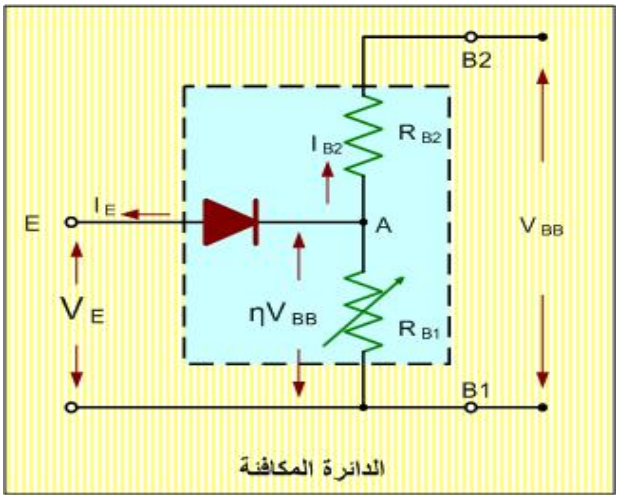
يتكون من قضيب سيليكوني من النوع (N) ويوصل طرفا القضيب بطرفي توصيل يسمى أحدهما بالقاعدة الأولى ($B_1$) والأخر بالقاعدة الثانية ($B_2$) ويتم وضع طبقة من السيليكوني من نوع (P) بالقرب من القاعدة ($B_2$) ويسمى هذا الطرف بالمشع (E) وتكون المقاومة بين القاعدة الأولى ($B_1$) والطرف (E) هي ($R_{B1}$ ) وكذلك تكون المقاومة بين ($B_2$) و(E) هي ($R_{B2}$) وتسمى المقاومة الكلية بين ($R_{B1}$ ، $R_{B2}$) بالمقاومة ($R_{BB}$) وتكون:

$$R_{BB} = R_{B1} + R_{B2}$$

ويوضح الشكل رقم (5) كلا من الرمز والتركيب للترانزيستور(UJT) بينما يوضح الشكل رقم (6) الدائرة المكافئة للترانزيستور .




الشكل رقم (5) رمز وتركيب ترانزيستور UJT




الشكل رقم (6) الدائرة المكافئة لترانزيستور UJT

**استخدام ترانزيستور أحادي الوصلة ( UJT ) في التحكم بالثايرستور :**

رأينا أن دوائر القدح (TRIGGER)التي تم عرضها حتى الآن استخدمت نوعين من تيار البوابة وهما التيار المستمر (DC) والتيار المتردد(AC) مع المقاومة المتغيرة فقط ولأن أقصى زاوية قدح تم الحصول عليها بواسطة المقاومة المتغيرة هي ($90^o$) فقط ، فعند تصميم دوائر القدح يجب الأخذ بعين الاعتبار القيم المميزة العظمى للثايرستور والترياك ومنها :

1- مصدر تغذية منخفض على البوابة قد يتسبب في قدح غريب (شاذ) .

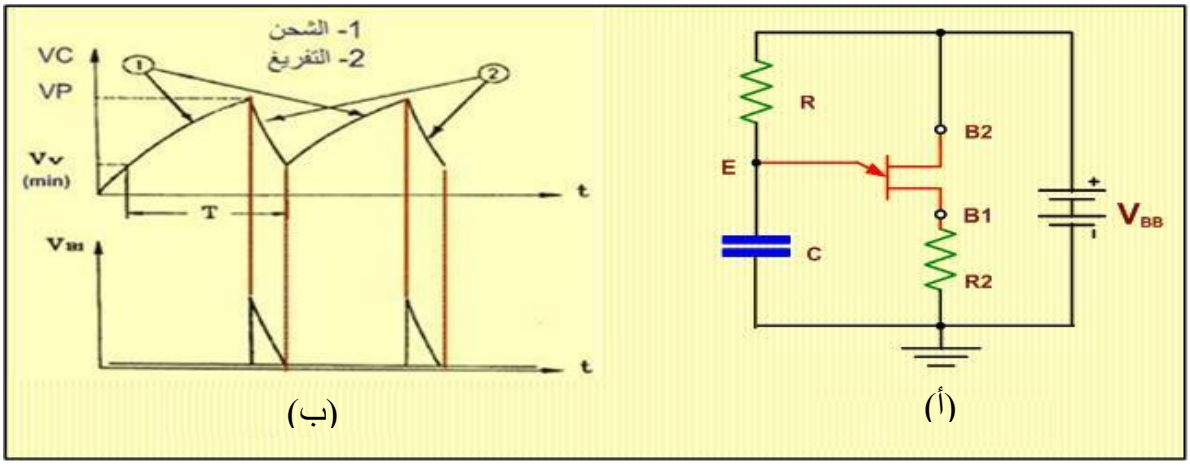
2- مصدر تغذية مرتفع على البوابة مع ضمان قدح ملائم قد يؤدي إلى حرارة البوابة وبالتالي إتلافها .

ويمكن تجنب هذه العوامل وما يتبعها بتطبيق نبضات عالية القدرة لفترات قصيرة بحيث لا تتجاوز ذروة ومعدل تحمل قدرة بوابة الثايرستور والترياك .

ومن العناصر التي تستخدم في توليد الذبذبات ( النبضات ) هي الترانزيستور الأحادي الوصلة U.J.T حيث سنقوم في هذا الجزء بدراسة هذا النوع من المذبذبات والدائرة المستخدمة في القدح .

**ترانزيستور أحادي الوصلة كمذبذب استرخاء**

من أكثر تطبيقات الترانزيستور أحادي الوصلة استخدامه كمذبذب استرخاء كما هو مبين في الشكل رقم (7- أ) وهذه الدائرة تقوم بتوليد إشارة جيبيه على شكل سن المنشار وذلك كما هو مبين بالشكل رقم ( 7- ب ).




الشكل رقم (7)

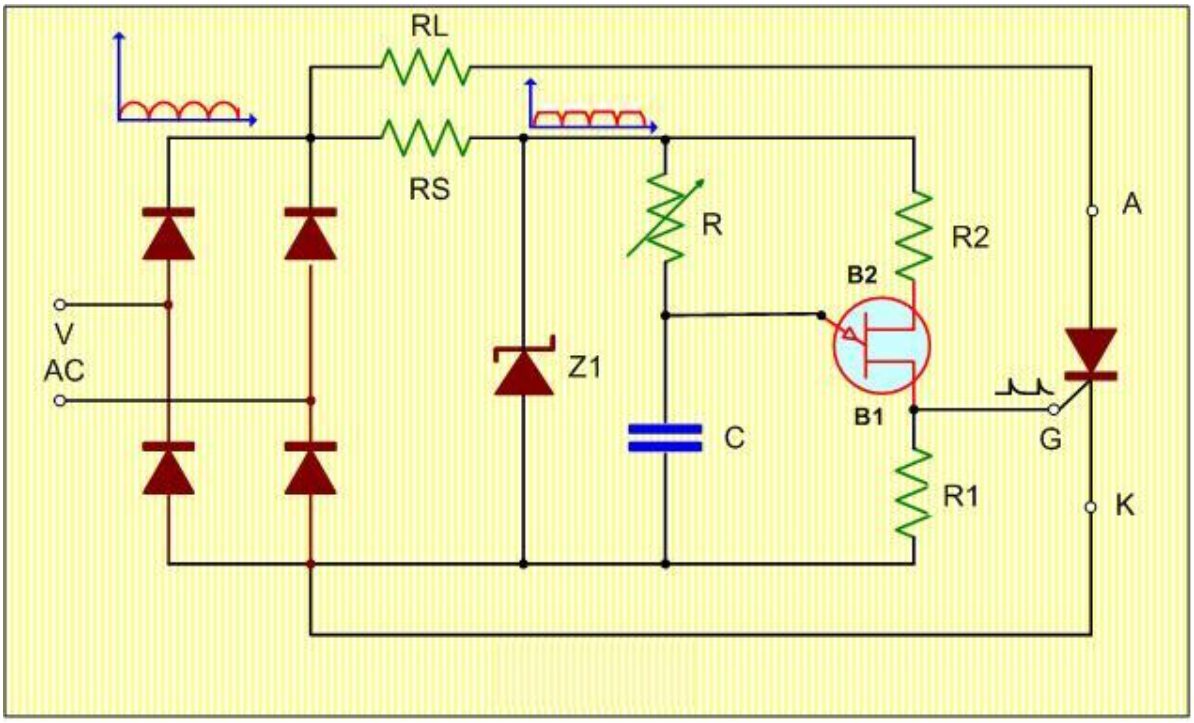
## قدح الثايرستور بواسطة مذبذب الاسترخاء :

الدائرة المبينة في الشكل رقم (8) يستخدم فيها (U.J.T) كمذبذب استرخاء، حيث يتم تحديد الجهد الناتج على طرفي المكثف (C) بواسطة الثابت الزمني (R.C) وبتغيير قيمة (R) يتم ضبط قدح الثايرستور على نقاط مختلفة من موجة المصعد النابضة وسبب استخدام موحد الموجة الكاملة كمصدر قدرة لتغذية الثايرستور وليس موجة جيبيه هو إمكانية مضاعفة تيار الحمل للدائرة، حيث يعكس هذا الترتيب نصف الدورة التي يكون خلالها الثايرستور مفصولاً وبالتالي جعله مفيداً في نصف هذه الدورة .

ووضع المقاومة ($R_S$) وثنائي الزينر ($Z_1$) مهم جداً حيث يحدد دايود الزينر قمة الدورة الموجبة وبالتالي يعطي مستوى جهد ثابت مستقر نسبياً حيث يشحن المكثف (C) لهذا المستوى خلال المقاومة(R).

لا يمكن استخدام التيار المستمر الثابت لشحن المكثف (C) في مذبذب الاسترخاء وذلك لأن تردد النبضة الناتجة للـ( U.J.T) سوف لا يتزامن مع تردد التيار المستمر النابض على الثايرستور .

وبالرغم من أن التردد الأساسي للمذبذب يتحدد بواسطة الثابت الزمني (R*C) فإن تردد النبضة المتكرر ثابت بواسطة مصدر التغذية وبهذه الطريقة فإن موحد الموجة الكاملة يزود (SCR) ودوائر القدح بالقدرة والتزامن المطلوبين .




الشكل رقم (8) (U.J.T) كمذبذب استرخاء

# تمرين عملي

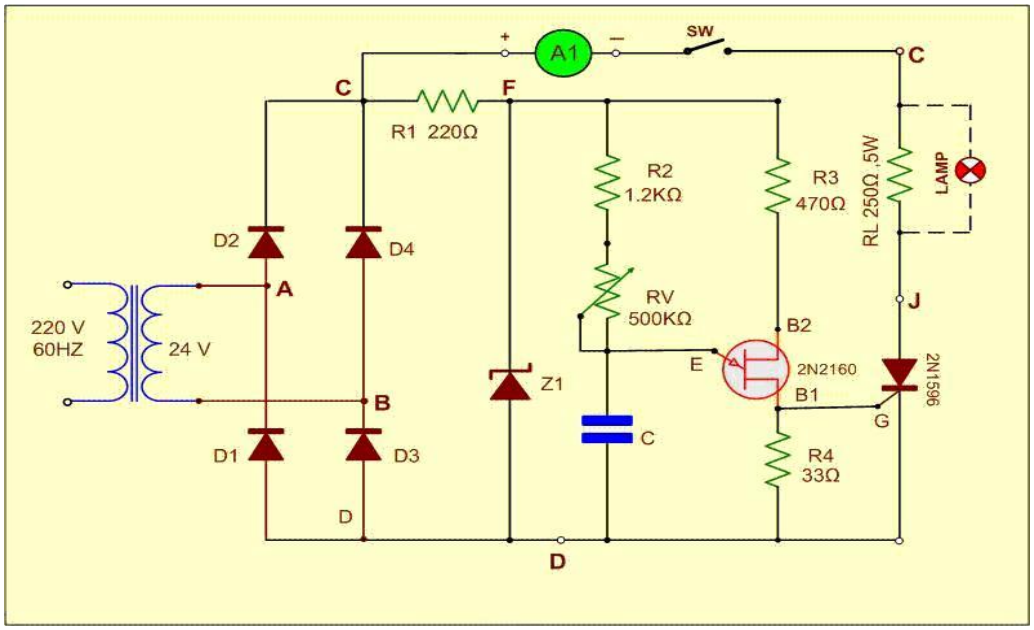
**أخي المتدرب:**

تأكد من فصل جميع الأجهزة والمعدات عن مصادر الطاقة عند الانتهاء من التدريب العملي.

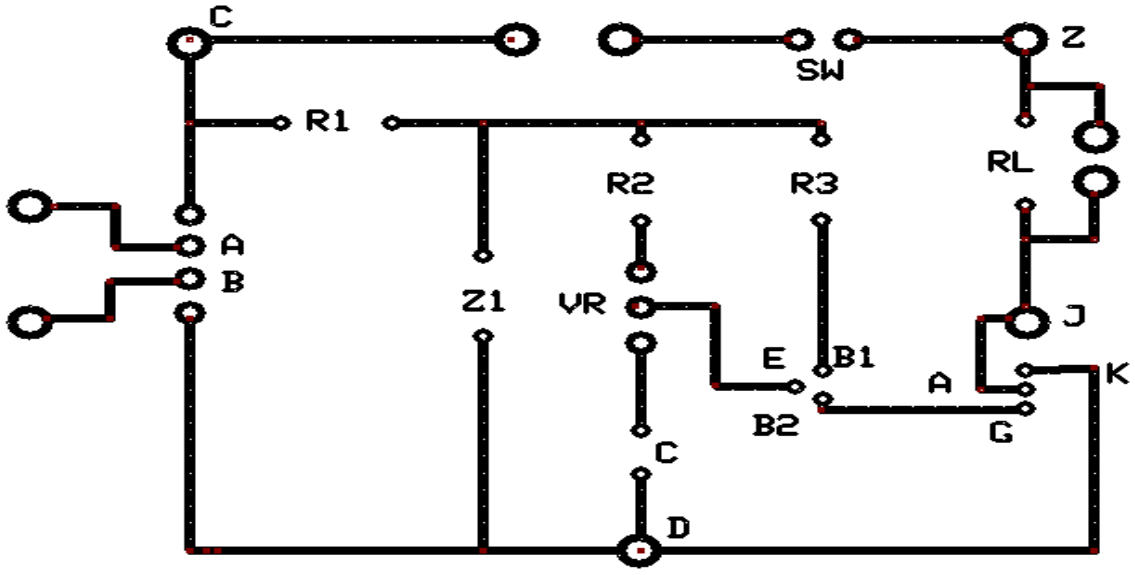
| | | | |
|---|---|---|---|
| **رقم التمرين** | (2) | **الزمن** | 6 ساعات |
| **اسم التمرين** | **قدح الثايرستور بواسطة مذبذب الاسترخاء** | | |
| **الهدف من التمرين** | دراسة تأثير استخدام مذبذب الاسترخاء على قدح الثايرستور . | | |
| **الأدوات المستخدمة** | 1/ جهاز الأسلسكوب .<br>2/ جهاز قياس للتيار AMMETER . | | |
| **الخامات** | 1/ محول جهد من (240 V) إلى (24V) بشدة تيار (1AMP.).<br>2/ قنطرة توحيد (240 V) - (1AMP.).<br>3/ دايود زينر (جهد التثبيت 18 V).<br>4/ ترانزستور آحادي الوصلة رقم ( 2N2160) .<br>5/ ثايرستور رقم ( 2N1596) .<br>6/ عدد من المقاومات ذات القيم التالية:<br>{ 250Ω} 5W & { 33Ω-220Ω-470Ω-1200Ω} 0.5 W<br>7/ مقاومة متغيرة 2W {500 KΩ} .<br>8/ مكثف ( 0.1µF- 400V ) . | | |

ينصح بتنفيذ هذا التمرين على لوحة مطبوعة مقاس (10 X 15) سم ، حسب مخطط التوصيل المرفق مع هذا التمرين والتقيد بتنفيذه وذلك ليطابق خطوات توصيل التمرين وجدول النتائج .

1- المخطط النظري للتمرين:



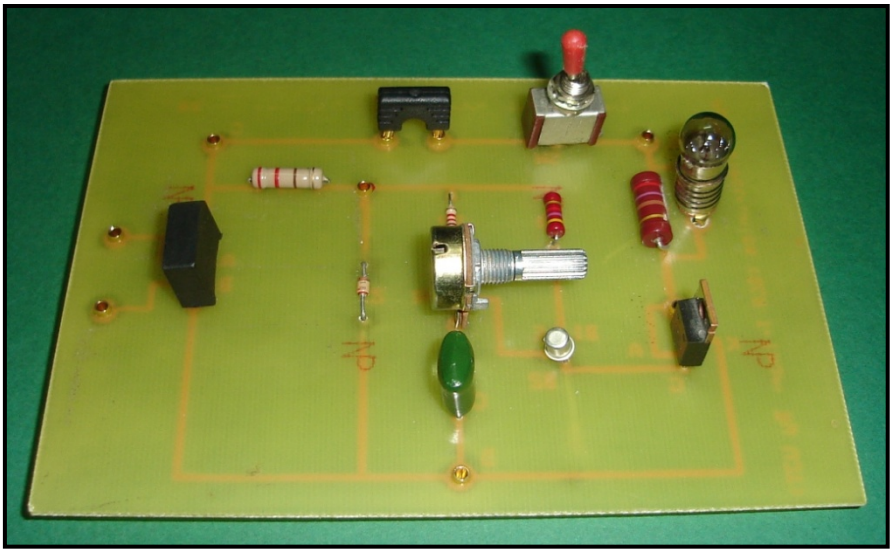

2- المخطط العملي للتمرين ( مقترح )



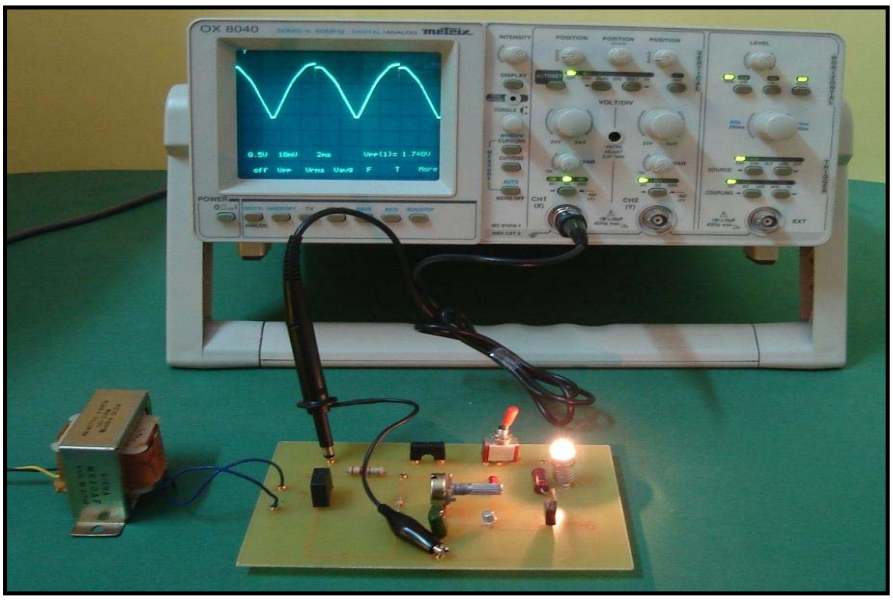
**أخي المتدرب:**

قم بكتابة ملحوظاتك وتقرير عن المشكلة التي حدثت في الجهاز مدوناً بها نوع العطل، ومكانه، وسببه، وكيفية التغلب عليه كي تستفيد من ذلك في الحالات المشابهة أو عند تكرار العطل .

## 3- الدائرة التنفيذية :



## 4- القياسات والنتائج :

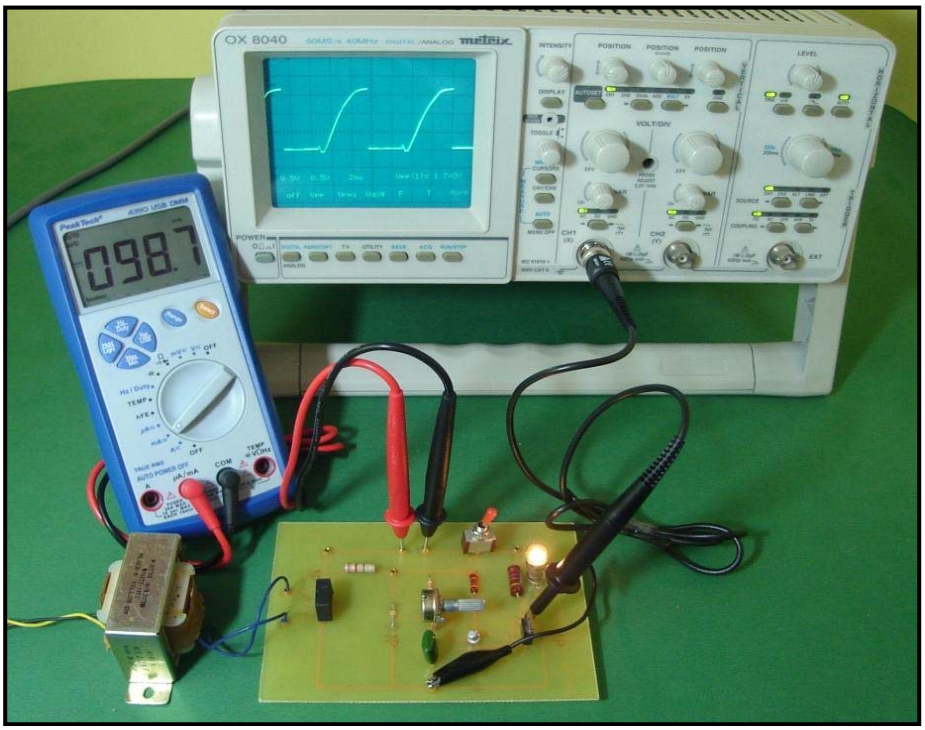


1- وصل مصدر قدرة متغيرة (24V - AC) بين النقطتين (A,B) وضع المفتاح SW على وضع ON .

2- استخدم القناة الأولى بجهاز الأسلسكوب لملاحظة شكل موجة جهد الدخل بين النقطتين (A,B) وقس ودون اتساع الموجة وسجل النتائج في جدول النتائج .

4- استخدم القناة الثانية للأسيلوسكوب لملاحظة الأشكال الموجية ($V_{CD}$) و($V_{FD}$) وقس ودون اتساع الموجة في جدول النتائج .

5- وصل جهاز أميتر في الدائرة لقياس تيار الحمل ثم صل أطراف الأسلسكوب بين النقطتين (J,D) ثم غير قيمة المقاومة المتغيرة ($R_V$) على طول مداها كاملاً ولاحظ تأثير ذلك على شكل الموجة.

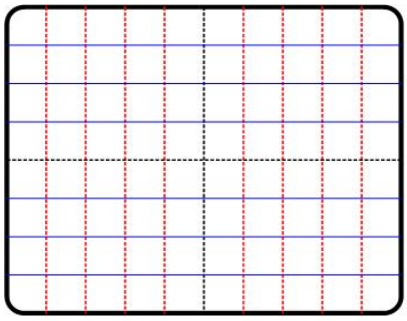



6- قم بضبط المقاومة المتغيرة ($R_V$) بقيم متغيرة بحيث تحصل على قيمة زوايا القدح المبينة في جدول النتائج وفي كل حالة ارسم شكل الموجة بين النقطتين (J,D) وسجل قراءة تيار الحمل ($I_F$).

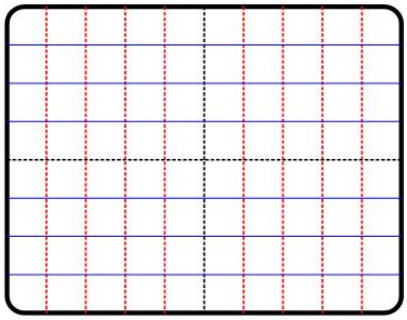
7- أعد رسم كل الأشكال الموجية الواردة في جدول النتائج بذات القياس وعلى ورقة الرسم البياني مع تزامن رسم الموجات .

| زوايا القدح ($\alpha^o$) | Test point نقاط القياس | Wave Form الشكل الموجي | Volt Peak to Peak الجهد من القمة إلى القمة | Load current $I_f$ تيار الحمل($i_f$) (mA) |
|---|---|---|---|---|
| | AB | Fig(1) | | |
| | CD | Fig(2) | | |
| | FD | Fig(3) | | |
| 18° | JD | Fig(4) | | |
| 90° | JD | Fig(5) | | |
| 162° | JD | Fig(6) | | |

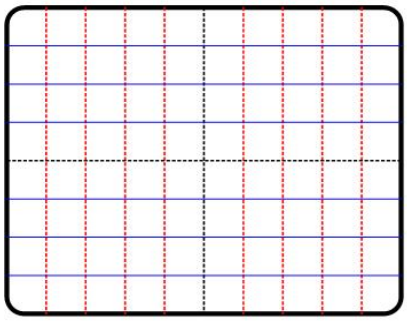
## النتائج :



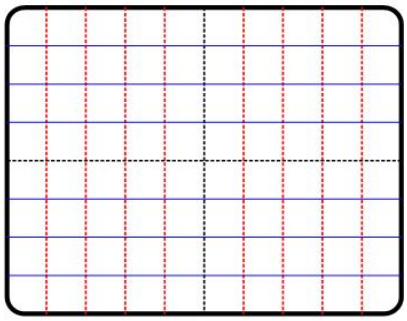
الشكل(1) الجهد بين النقطتين A , B



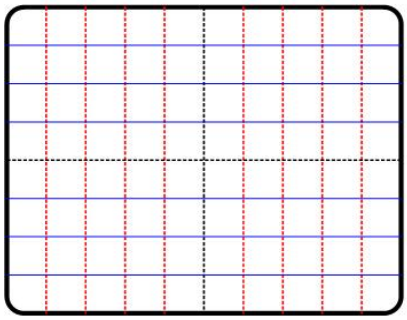
الشكل(4) الجهد بين النقطتين J , D



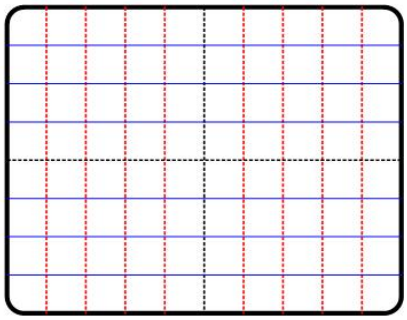
الشكل(2) الجهد بين النقطتين C , D



الشكل(5) الجهد بين النقطتين J , D



الشكل(3) الجهد بين النقطتين F , D



الشكل(6) الجهد بين النقطتين J , D

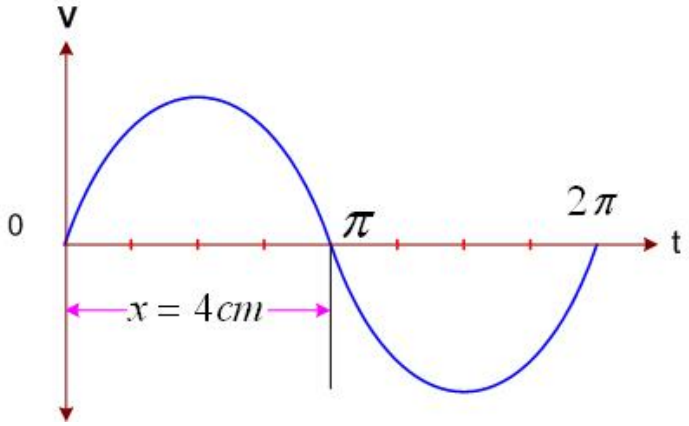
**الخلاصة :**

في هذا التطبيق نستنتج أنه يمكننا التحكم في زاوية القدح حتى قيم أعلى من (90°) وذلك باستخدام عنصر جديد هو ترانزيستور أحادي الوصلة (UJT) في دائرة القدح بدلاً من المقاومة المتغيرة والتي لا تحقق زاوية قدح أعلى من (90°). ولذلك يمكننا أن نستخدم هذه الدائرة في التطبيقات العملية التي تتحكم في القدرة المرسلة إلى الأحمال التي تعمل على التيار المستمر مثل التحكم في سرعة محركات التيار المستمر (DC -MOTORS).

**ملاحظة :**

يمكن تعيين قيمة انحراف (DIV.) أي زاوية قدح وذلك بالطريقة التالية:

- ضبط الموجة على جهاز الأسلسكوب في حالة عدم قدح (SCR) بحيث يكون طول الموجة على المحور الأفقي (محور الزمن) يساوي (8CM) مثلاً ، وبذلك يكون نصف الموجة الموجبة الذي سوف يتم فيه قدح (SCR) يساوي (4CM) وهو يعادل تغيير الموجة من زاوية (0°) (180° =$\pi$ ). وعلى ذلك يمكن حساب الانحراف (DIV.) لأي زاوية إشعال كما يلي:




$$\frac{X \quad \pi}{4cm \quad 180°}$$
$$div \quad 90°$$

$$(div)_1 = \frac{[4(cm) \times 90°]}{180°} = 2cm \quad \rightarrow \quad at \quad \alpha = 90°$$

$$(div)_2 = \frac{[4(cm) \times 18°]}{180°} = 0.4cm \quad \rightarrow \quad at \quad \alpha = 18°$$

$$(div)_3 = \frac{[4(cm) \times 162°]}{180°} = 3.6cm \quad \rightarrow \quad at \quad \alpha = 162°$$

**أسئلة تقويم :**

س1 / من خلال هذه التجربة هل يمكن الوصول إلى زاوية القدح (التحكم)في SCR إلى (180º) – إذا كانت إجابتك نعم وضح ذلك ؟

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

س2/ ما العلاقة بين المقاومة المتغيرة ($R_V$) وبين زاوية التوصيل ( CONDITION ANGEL) للـ SCR موضحاً إجابتك من خلال نتائج التجربة ؟

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

س3/ من خلال النتائج التي حصلت عليها – ما قيمة جهد دايود الزينر ؟

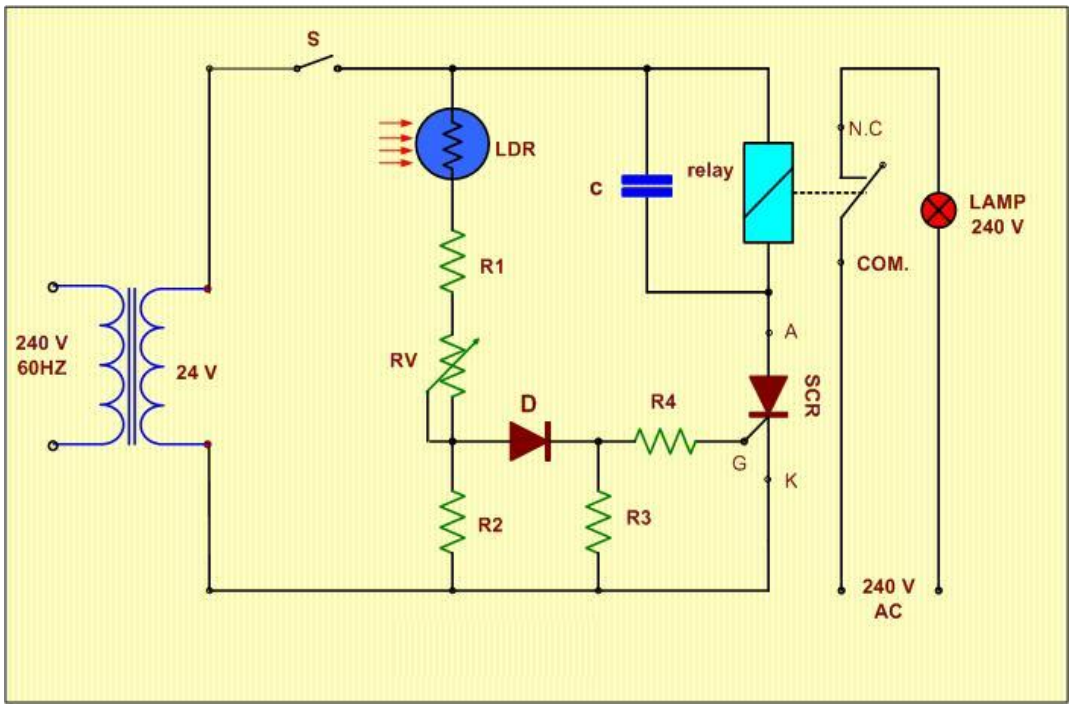
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

# تطبيقات عناصر القدرة في دوائر الثايرستور

## التحكم الضوئي بالثايرستور :

أيضاً من ضمن التطبيقات التي يمكن أن يستخدم فيها الثايرستور استخدامه للتحكم في وصول قدرة عالية إلى الحمل من خلال نقطتي التلامس للمرحل (RELAY CONTACTS) وذلك عن طريق جهد صغير على طرف التحكم (البوابة GATE) وقد تستخدم في هذا الأسلوب المقاومة الضوئية (LDR). حيث تقوم هذه الخلية بقدح الثايرستور تحت ظروف إضاءة معينة وبالتالي سيعمل الثايرستور كمفتاح وصل وفصل للتيار عن الحمل بالتأثير على المرحل (RELAY).

ويبين الشكل رقم (9) دائرة تستخدم فيها المقاومة الضوئية للتحكم في قدح الثايرستور عن طريق شدة الضوء الساقط على المقاومة الضوئية. وتستخدم هذه الدائرة في مجالات عملية مثل التحكم في إضاءة الشوارع أوتوماتيكياً عن طريق الضوء الساقط على المقاومة الضوئية .




الشكل رقم (9) قدح الثايرستور

**أخي المتدرب:**

افصل القدرة الكهربائية (Turn off) عن الدائرة عند تركيب أو فصل عنصر من الدائرة .

**مبدأ عمل الدائرة :**

عندما لا تكون هناك إضاءة ساقطة على المقاومة الضوئية تكون مقاومتها عالية جداً ويكون الجهد على طرفي ($R_2$) منخفضاً جداً وبالتالي يكون تيار البوابة غير كاف لقدح الثايرستور، ومع زيادة مستوى الإضاءة فإن مقاومة الخلية الضوئية تتناقص ويزداد الجهد على طرفي ($R_2$) وبالتالي سوف يكون تيار البوابة كافياً لقدح الثايرستور .

ويتم تحديد شدة الإضاءة اللازمة لتقليل مقاومة الخلية الضوئية لقيمة تسمح بمرور تيار كاف وذلك بضبط قيمة مجزئ الجهد (RV) الموصل بالتوالي مع الخلية الضوئية، هذا ويقوم الدايود (D) بتمرير النصف الموجب من الإشارة المترددة (AC) بينما تقوم ($R_4$) بتحديد تيار البوابة . ويتحدد المستوى الأعظم لتيار البوابة ($I_G$) بقياس ذروة الجهد المتردد على طرفي المقاومة ($R_4$) وقسمته على($R_4$). وعندما يكون الثايرستور موصلاً فإن ملف المرحل سيثار وبالتالي سيؤدي إلى فصل نقطتي التلامس (NC,COM) للمرحل. وبالتالي سيؤدي إلى قطع التيار عن الحمل (LAMP.) وطالما أن الثايرستور يقدح فقط في الجزء الموجب لدورة الجهد المتردد المطبق فإن المكثف (C) الموصل بالتوازي على طرفي ملف المرحل سيحافظ على عدم فقدان ملف المرحل لطاقته في أثناء النصف السالب من الدورة، حيث إن شحنات المكثف ستنتقل إلى ملف المرحل خلال الجزء السالب من الدورة، محافظة على تيار كاف في ملف المرحل لجعله موصلاً (ON) وهذا بدوره يمنع ذبذبة المرحل بسرعة .

**ملحوظة :**

عند استخدام هذه الدائرة للتحكم في إضاءة الشوارع أوتوماتيكيا فإن :

- معنى سقوط ضوء كافي على المقاومة الضوئية (LDR) أننا في حالة النهار ولذلك سوف يوصل الثايرستور وبالتالي سوف يفصل المرحل نقاط التلامس ويفصل الجهد عن لمبات الإنارة .
- أما في حالة الظلام فيقل الضوء الساقط على الخلية الضوئية (LDR) وبالتالي سوف يتوقف الثايرستور عن التوصيل وترجع نقاط تلامس المرحل إلى وضعها ويتم توصيل الجهد إلى اللمبات.

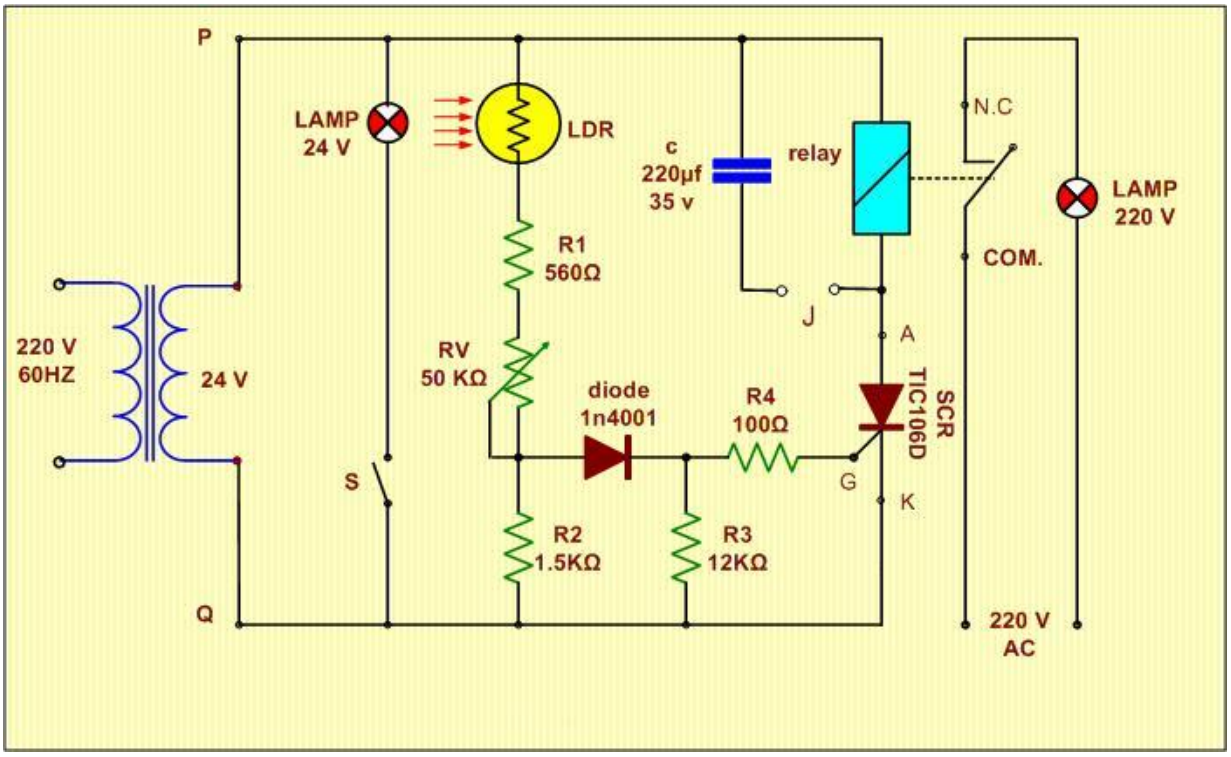
# التمارين العملية

**أخي المتدرب:**

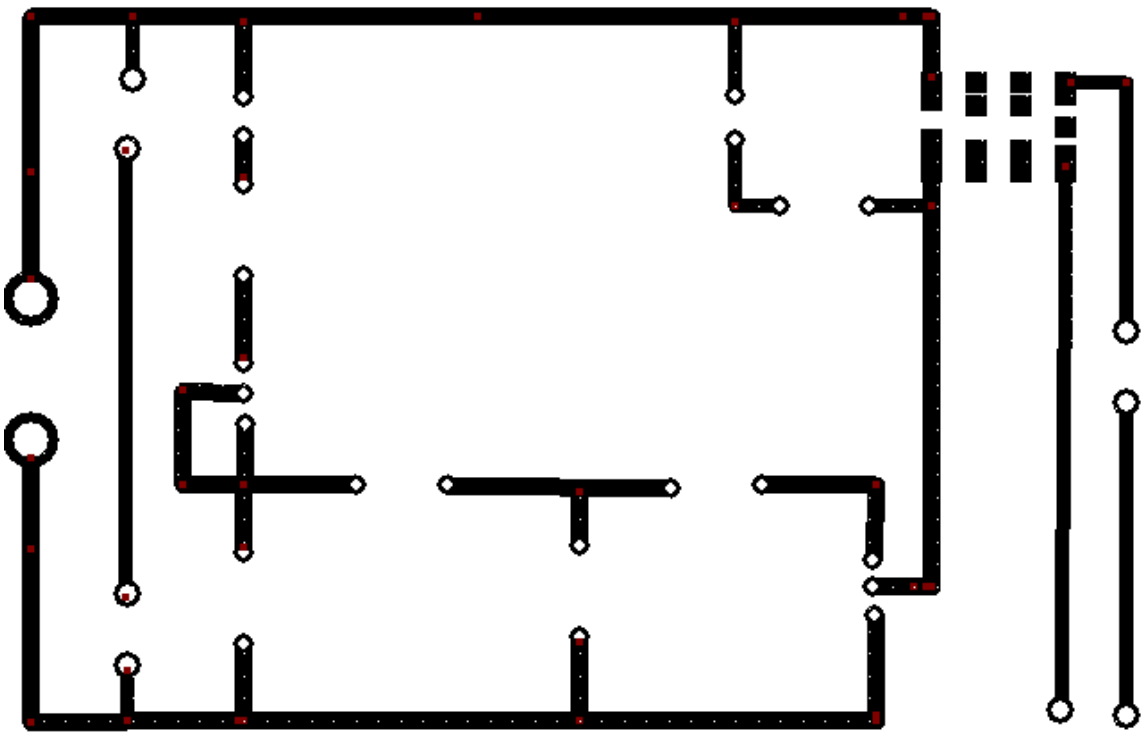
يجب الإنتباه عند تغذية هذه الدائرة فإن جهد التغذية هو (24V AC) وأن جهد تغذية نقاط تلامس المرحل مع اللمبة هو (220V AC).

| | | | |
|---|---|---|---|
| **رقم التمرين** | (3) | **الزمن** | 6 ساعات |
| **اسم التمرين** | **التحكم الكهروضوئي في الثايرستور باستخدام المقاومة الضوئية** LDR | | |
| **الهدف من التمرين** | دراسة تأثير استخدام المقاومة الضوئية (LDR) في قدح الثايرستور (SCR) | | |
| **الأدوات المستخدمة** | 1/ جهاز أوسلوسكوب.<br>2/ جهاز قياس للتيار AMMETER . | | |
| **الخامات** | 1/ مصدر تغذية (220V - 60HZ).<br>2/ محول خافض للجهد (220V/24V) .<br>3/ لمبة (220V) وأخرى (24V) .<br>4/ مفتاح ( ON/OFF ) .<br>5/ عدد من المقاومات<br>{(100Ω) ، (650 Ω) ، (1.5 KΩ )، ( 12 KΩ )} ½ W<br>.(50KΩ/2W)VARIABLE<br>6/ مقاومة ضوئية ذات حجم مناسب .<br>7/ موحد سيلكون (1N4001) .<br>8/ مكثف كيمائي (220 µF - 35V) .<br>9/ ثايرستور ( TIC 106C ) أو أي مكافئ له .<br>10/ مرحل (RELAY) مقاومة ملفه (300Ω) – يعمل على جهد (24V DC). | | |

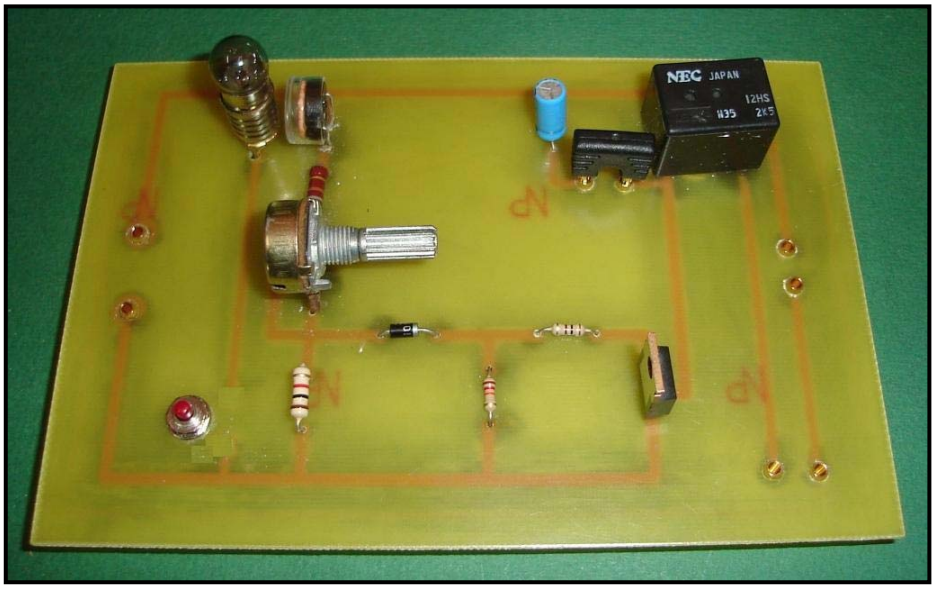
1- المخطط النظري للتمرين :



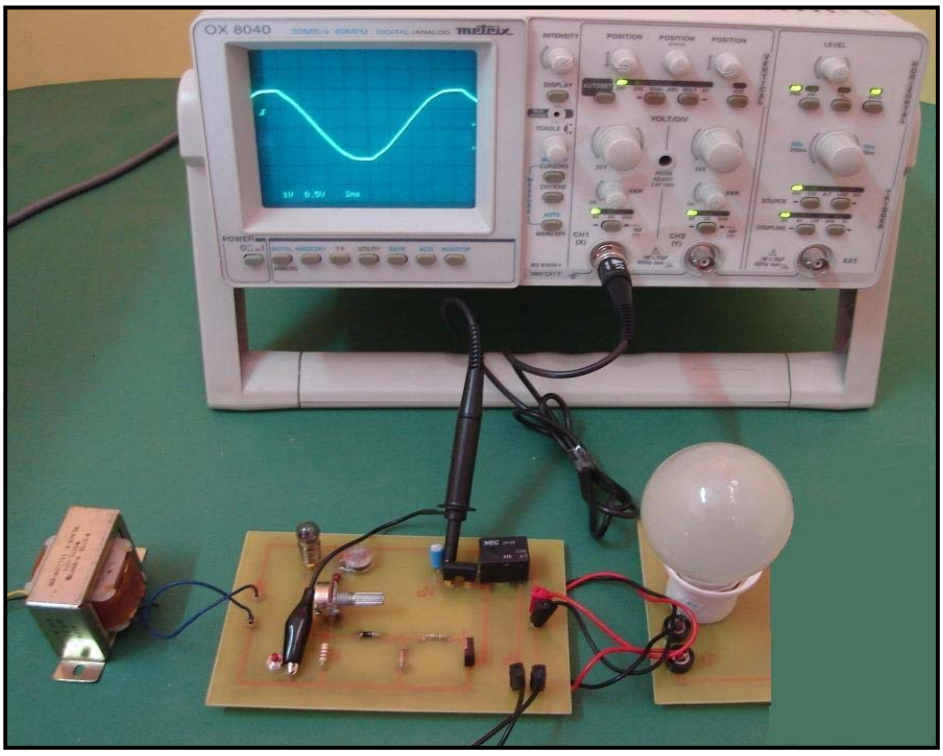

2- المخطط العملي للتمرين ( مقترح )



## 3- الدائرة التنفيذية :




## 4- القياسات والنتائج :




1- وصل الدائرة المبينة كما في المخطط النظري بعد تنفيذها على لوحة مطبوعة حسب المخطط .

2- قم بتوصيل مصدر التغذية (24V AC) بين النقطتين (Q ،P) وهنا يجب التأكد من فتح المفتاح (S) وغلق القابس (J) .

3- قم بتوصيل أطراف الملامسات المغلقة طبيعياً (NC) مع أحد أطراف المصباح الخارجي والطرف الآخر للمصباح مع مصدر التيار . وقم بتوصيل النقطة المشتركة (COM) لملامس المرحل بالطرف الآخر لمصدر التيار (220V)

4- تأكد من فتح المفتاح (S) { وهذا يعني حالة ظلام للمقاومة الضوئية} ، وقم بتغيير المقاومة المتغيرة (RV) على مداها كاملاً وتأكد من أن المرحل لا يعمل .

5- وصل أحد مداخل الأسلسكوب على طرفي النقطتين (P,Q) وقس وسجل قيمة الجهد بين (P ,Q) في الجدول (1) ثم ارسم هذا الشكل على ورق رسم بياني واعتبر هذا الشكل هو شكل الموجة المرجعي .

6- وصل الطرف الأرضي للقناة الثانية لجهاز الاوسيلوسكوب على النقطة(Q) واستخدم الطرف الآخر لقياس وتدوين ورسم الجهود على طرفي ($R_3$, $R_2$) وعلي الثايرستور وذلك بزمن وطور مناسبين بالنسبة للشكل المرجعي وعلى نفس ورق الرسم البياني وسجل النتائج في الجدول (1) .

7- وصل أطراف القناة الثانية للاوسيلوسكوب على طرفي المكثف (C) – قس وسجل قيمة الجهد في الجدول (1) وارسم شكل الموجة على نفس ورق الرسم البياني .

8- اغلق المفتاح (S) (وهذا يعني سقوط الضوء على المقاومة الضوئية) - قم بضبط المقاومة المتغيرة (RV) حتى يتم عمل المرحل ويقوم بتبديل الملامسات، ثم كرر الخطوات (6، 7) وسجل النتائج في الجدول (2).

9- افصل المقابس (J) لمدة قصيرة جداً ولاحظ تأثير ذلك على عمل المرحل ثم أعد غلقه بسرعة .

**جداول النتائج:**

| حالة الظلام S= OFF | | |
|---|---|---|
| شكل الموجة | $V_{P.P}$ | نقطة القياس |
| Fig(1) | | $V_{PQ}$ |
| Fig(2) | | $V_{R2}$ |
| Fig(3) | | $V_{R3}$ |
| Fig(4) | | $V_{AK}$ |
| Fig(5) | | $V_C$ |
| الجدول (1) | | |

| حالة الإضاءة S= (ON) | | |
|---|---|---|
| شكل الموجة | V P. P | نقطة القياس |
| Fig(1) | | $V_{PQ}$ |
| Fig(2) | | $V_{R2}$ |
| Fig(3) | | $V_{R3}$ |
| Fig(4) | | $V_{AK}$ |
| Fig(5) | | $V_C$ |
| الجدول (2) | | |

**أسئلة تقويم :**

س1- ما فائد كل من:

المقاومة المتغيرة ( RV )  الموحد (D)  المكثف (C)

س2- ما قيمة مقاومة (LED) في حالة الظلام وفي حالة الإضاءة ؟ وهل تتأثر مقاومتها بزيادة شدة الضوء الساقط عليها أم بتقليله ؟

س3- ماذا تعني نقاط التلامس للمرحل (NC & NO) ؟ ولماذا تم توصيل النقاط (NC) مع اللمبة في هذه الدائرة ؟

.....

.....

.....

.....

.....

.....

# الوحدة الثالثة

## الترياك والتطبيقات العملية

## اسم الوحدة : الترياك والتطبيقات العملية

**الجـــــدارة:** قدرة المتدرب على دراسة خواص الترياك وتطبيقاته العملية

**الأهداف :**

1/ أن يفسر المتدرب منحنى الخواص لكل من الترياك والدياك .
2/ أن يرسم المتدرب الرمز والشكل العملي لكل من الترياك والدياك .
3/ أن ينفذ المتدرب تطبيقا عمليا لبيان كيفية قدح الترياك بواسطة الدياك .
4/ أن ينفذ المتدرب دائرة عملية للتحكم في شدة الإضاءة باستخدام الترياك والدياك كعنصر قدح في الترياك .
5/ أن يتقيد المتدرب بالسلوك المهني السليم ويحرص على اتباع إجراءات الأمن والسلامة أثناء تدربه في الورشة .

**مستوى الأداء المطلوب:** أن يصل المتدرب إلى إتقان الجدارة بنسبة 90٪

**الوقت المتوقع للتدريب على الجدارة:** ( 18 ) ساعة.

**الوسائل المساعدة :**

- الاستعانة ببعض العناصر مثل الدياك والترياك .
- الاستعانة ببعض الشفافيات لعرض رمز ومنحنيات الخصائص .
- كتاب البيانات (DATA SHEET) الخاص بالعناصر الإلكترونية (الدياك والترياك).
- مصدر تيار متردد – لوحة اختبار – عدة لحام – أجهزة قياس – جهاز اوسلسكوب .
- وسائل الأمن والسلامة.
- جهاز عرض علوي (DATA SHOW).

**متطلبات الجدارة:**

أن يكون المتدرب متمكناً من فهم منحنى الخواص لكل من الترياك والدياك وتنفيذ تمرين عملي يوضح وظيفة كل من الترياك والدياك من خلال تدربه على مفردات هذه الحقيبة التدريبية متبعاً إجراءات الأمن والسلامة والسلوك المهني السليم.

## السلوك المهني الذي يجب التقيد به خلال التدريب على مفردات هذه الوحدة التدريبية

**أخي المتدرب:**

إن تطبيقك للسلوك المهني السليم أثناء تدربك على مفردات هذه الوحدة هو الطريق الأمثل لنجاحك وتفوقك واكتساب احترام وتقدير الآخرين وتجنبك للحوادث المحتمل حدوثها أثناء تواجدك في بيئة العمل ومن هذه السلوكيات ما يلي:

1/ تقيدك بالزي المخصص للتدريب والسلامة المناسبة مثل حذاء السلامة ونظارات السلامة أثناء العمل في الورشة أو المختبر دليل وعيك.

2/ الحرص على تنظيم وترتيب العدد والأدوات بشكل منظم ومرتب وفي أماكنها الخاصة.

3/ المداومة على المحافظة على نظافة الورشة والمختبر ومكان العمل.

4/ الالتزام بالمحافظة على الهدوء والنظام في الورشة والمختبر ومكان العمل .

5/ الحرص على حسن التعامل مع المدربين والتعاون معهم.

6/ التقيد بالإرشادات والأنظمة المتبعة في الورشة والمختبر ومكان العمل.

7/ الحرص على حسن التعامل مع زملائك المتدربين والتعاون معهم.

8/ التحلي بالأخلاق والتعاليم الإسلامية في تعاملك وأثناء عملك.

9/ عند رغبتك في التعرف على أي جهاز جديد في الورشة اطلب مساعدة المدرب لتوضيحه لك.

10/ لا تخرج من الورشة دون إذن المدرب.

11/ المحافظة على وقت التدريب بحضورك مبكراً ومغادرتك مع نهاية الوقت.

12/ المحافظة على العدد والأدوات من الضياع أو التلف فهي مسؤوليتك.

## إجراءات الأمن والسلامة عند دراسة تطبيقات التريـاك

1/ تقيد بلباس التدريب داخل الورشة والتزم بمتطلبات السلامة الأخرى .

2/ تقيد باستخدام العدد والأدوات حسبما أعدت له ولا تستخدم أداة خاصة لعمل معين في عمل مغاير .

3/ تدرب على استخدام طفايات الحريق.

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

5/ لا تعبث بالعدد والأدوات في الورشة فقد تتسبب في حوادث مؤسفة لك ولغيرك لا قدر الله.

6/ كن على حذر في نقل الأدوات والعدد أو مناولتها لزملائك وناولها يداً بيد.

7/ تجنب المزاح في الورشة وأثناء التدريب حتى تحمي نفسك وزملاءك من الخطر .

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

9/ عند الانتهاء من العمل احرص على تنظيم وترتيب العدد بشكل منظم ومرتب في أماكنها الخاصة .

**التريـاك** THE TRIAC :

- التريـاك هو عنصر من مادة شبه موصلة من السليكون ذو طبقات متعددة كما في الشكل رقم (1).

وللتريـاك ثلاثـة أطراف ANODE2 (A2), ANODE1 (A1) وطرف البوابـة GATE (G) وتسمـى كذلك هذه الأطراف ($MT_1G$, $MT_2$) وهو يشبه الموحد السليكوني المحكوم SCR حيث يعمل كل منهما كمفتاح (ON/OFF SWITCH) وبعكس الثايرستور الذي يمرر التيار في اتجاه واحد فقط فإن التريـاك يمرر التيار في كلا الاتجاهين ولذلك لا يمكن اعتبار أحد الطرفين الأساسيين (A1 و A2) على أنه أنود للعنصر .

- يتم التحكم في التيار المار في التريـاك بين الطرفين الرئيسيين(A1 و A2) عن طريق تيار البوابة الصغير والذي يكون إما موجبا أو سالبا. ويحتاج التريـاك إلى تيار بوابة ذي قيمة أكبر من تلك التي يحتاجها الثايرستور حتى ينتقل إلى حالة التوصيل (ON).

- تستخدم البوابة في عملية قدح التريـاك أي تحويله من حالة القطع إلى حالة التوصيل ولا يمكن إطفاء التريـاك (أي تحويله إلى حالة القطع) بواسطة البوابة، ولتحويل التريـاك لحالة القطع يجب أن يقل التيار المار فيه إلى قيمة أقل من تيار الإمساك ($I_H$) .

- وتصنع التريـاكات بقدرات منخفضة أو متوسطة، وعادة تصنع لتمرر تيار بقيمة صغيرة في حدود (.1AMP) وبتيارات بقيمة متوسطة (تقريباً أقل من .100 AMP) أي أن التريـاك لا يتحمل القدرات العالية بعكس الثايرستور الذي يمكن أن يمرر تيارا بقيم أكبر من ( 100 .AMP).

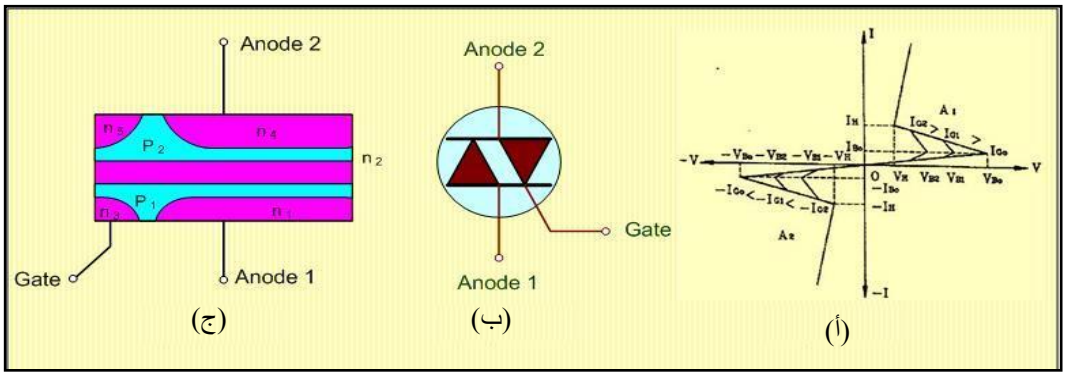
- ولان التريـاك يمرر التيار في كلا الاتجاهين فإنه يستخدم للتحكم في قدرة الأحمال التي تعمل بالتيار المتردد وذلك مثل التحكم في شدة الإضاءة وفي درجة الحرارة وفي سرعة محركات التيار المتردد.

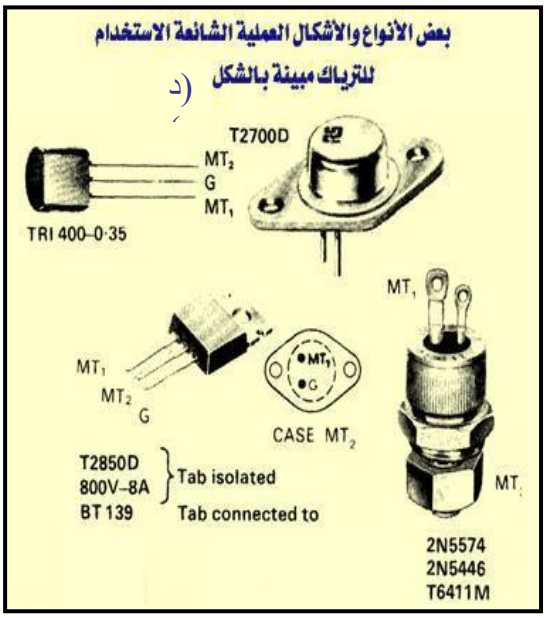
الشكل رقم (1 ـ أ) يوضح منحنى خصائص التريـاك وهو(العلاقة بين الجهد ـ والتيار) .

الشكل رقم (1 ـ ب) يوضح رمز التريـاك وأطرافه الثلاثة ($A_1$ , $A_2$ , G).

الشكل رقم (1 ـ ج) يوضح تركيب التريـاك الذي يكافئ من حيث المبدأ ثايرستورين (متوازيين ومتعاكسين).

الشكل رقم (1 ـ د) يوضح بعض الأنواع والأشكال العملية للتريـاك.




الشكل رقم (1) الترياك

**فحص الترياك :**

1- يمكن وببساطة تحديد الطرف $MT_2(A_2)$ للترياك المغلف معدنيا أو المجهز بمسرب حراري وذلك بقياس المقاومة بين الغلاف المعدني أو المسرب الحراري، فالطرف الذي يعطي مقاومة تقريباً صفر (Short ) هو $MT_2$ .

2- ضع الأوميتر على المجال R×1 .

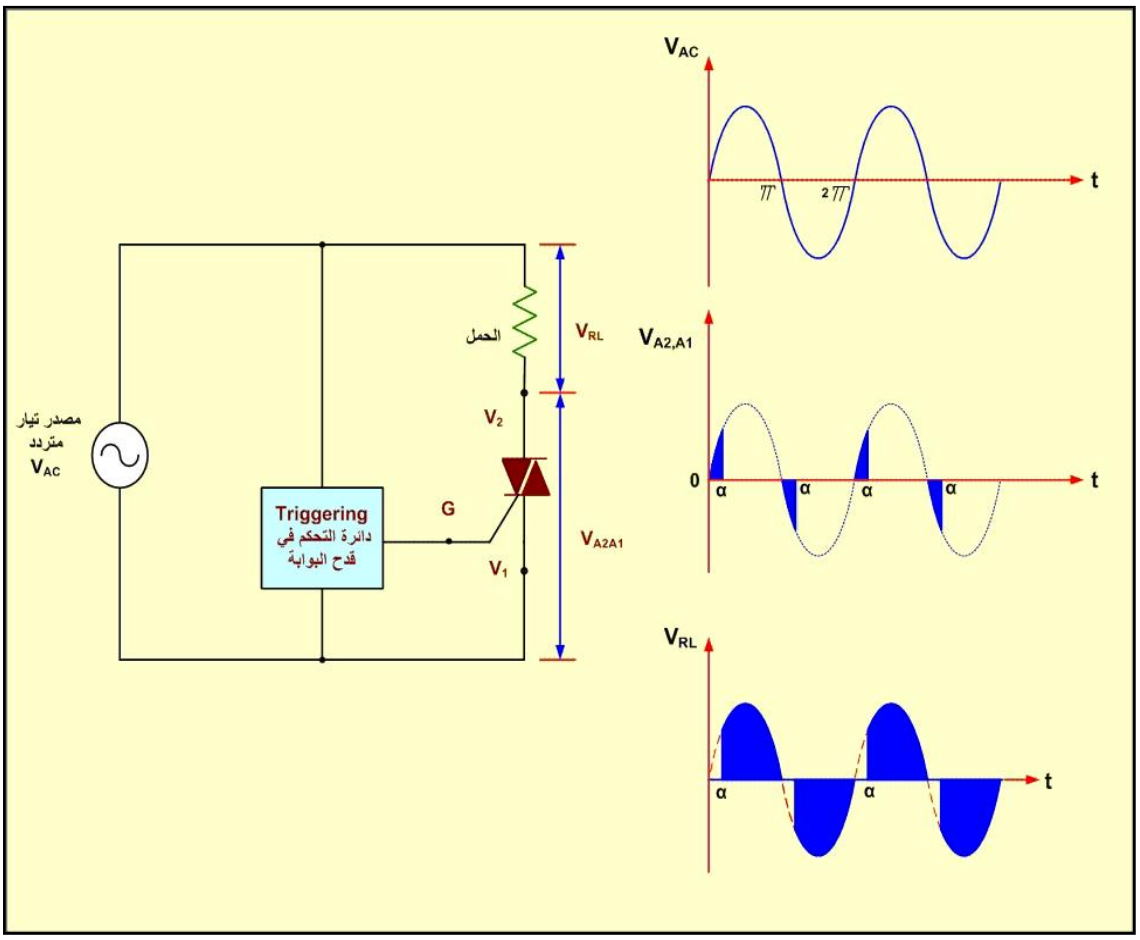
3- وصل مجسي الأوميتر مع الطرفين الرئيسين للترياك $MT_1,MT_2$ بحيث يتصل المجس الموجب مع الأنود MT2 وطرف المجس السالب مع الأنود MT1 يجب ان يشير الجهاز الى قيمة مقاومة عاليه .

4- اقصر طرف الأنود MT2 مع طرف البوابة، ثم أزل القصر، ستلاحظ أن المقاومة تنخفض وتستمر على هذه القيمة حتى بعد إزالة القصر حتى يتم فصل أحد المجسات حيث تعود لقيمتها العالية.

5- كرر الخطوات السابقة مع عكس المجسات، ستلاحظ أن المقاومة تنخفض وتستمر على هذه القيمة حتى بعد إزالة القصر، حتى يتم فصل أحد المجسات حيث تعود لقيمتها العالية .

**قدح الترياك في دوائر التيار المتردد :**

الشكل رقم (2) يوضح الدائرة الأساسية لتوصيل الترياك مع كل من الحمل ومصدر التيار المتردد ويوضح كذلك الأشكال الموجية على كل من الحمل والترياك




الشكل رقم (2) الدائرة الأساسية لتوصيل الترياك

- عندما يتحول الترياك لحالة التوصيل ON تصبح مقاومته الداخلية صغيرة جداً وينهار الجهد بين طرفيه (يصبح الجهد صغيراً ومساويا لجهد الإمساك). ويمرر تيار كبير جداً بين الطرفين

(A1 ، A2) وقيمة هذا التيار تتحدد بقيمة الحمل الموصل في الدائرة .

- وعندما يقل الجهد بين طرفي الترياك عن جهد الإمساك ($V_H$) أو يقل التيار عن تيار الإمساك ($I_H$) يتحول الترياك إلى حالة القطع (OFF) وتصبح مقاومته عالية جداً ويحدث هذا القطع عند اقتراب جهد المصدر المتردد من الصفر (أي عندما تكون الموجه عند زاوية $180^o$ ومضاعفاتها).

**أخي المتدرب:**

الأمن والسلامة في الورشة ومكان العمل مسؤولية الجميع فكن متعاوناً وحريصاً على ذلك.

- والجدول التالي يبين الأوضاع التي يقدح فيها الترياك .

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | MODE 1 | $V_{A2} > V_{A1}$ | $V_G > 0$ | $I_G > 0$ | يمر تيار من $A_2$ على $A_1$ |
| 2 | MODE 2 | $V_{A2} > V_{A1}$ | $V_G < 0$ | $I_G < 0$ | يمر تيار من $A_2$ على $A_1$ |
| 3 | MODE 3 | $V_{A1} > V_{A2}$ | $V_G > 0$ | $I_G > 0$ | يمر تيار من $A_1$ على $A_2$ |
| 4 | MODE 4 | $V_{A1} > V_{A2}$ | $V_G < 0$ | $I_G < 0$ | يمر تيار من $A_1$ على $A_2$ |

- وعملياً ولاعتبارات تتعلق بتركيب الترياك فإنه يكون أكثر حساسية في الوضعين الأول والرابع ويكون أقل حساسية في الوضع الثاني وتقريباً غير حساس في الوضع الثالث.

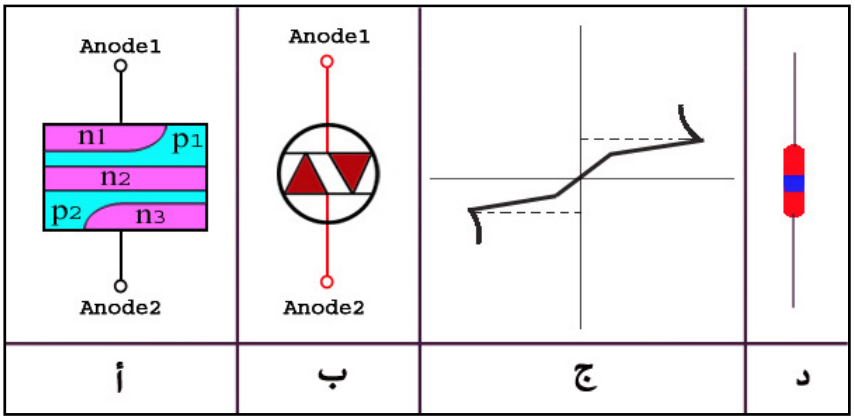
وعلى سبيل المثال فإن الترياك من سلسلة (WT20 إلى WT60 ) له الخواص التالية:

| | |
|---|---|
| الوضع الأول | $V_G$= +3 (VOLT) ..... $I_G$= +50 ((MA |
| الوضع الثاني | $V_G$= -3 (VOLT) ..... $I_G$= -50 ((MA |
| الوضع الثالث | $V_G$= +3 (VOLT) ..... $I_G$= +100 ((MA |
| الوضع الرابع | $V_G$= -3 (VOLT) ..... $I_G$= -50 ((MA |

- ولذلك من المستحسن عدم استخدام الترياك في الوضع الثالث لحساسيته القليلة، وذلك لأنه سوف لا يكون متماثلا في التوصيل في النصف الموجب والنصف السالب للدورة الواحدة .
- وأيضاً يجب الرجوع إلى كتاب البيانات (DATA SHEET) الخاص بالترياك لمعرفة بيانات وخواص الترياك المراد استخدامه في الدائرة .

**الدياك** THE DIAC :

- يتكون الدياك من ثلاث طبقات من أشباه الموصلات، وينتهي بطرفي توصيل فقط هما (ANODE2, ANODE1) أو (A1, A2) وهو يشبه في عمله الموحد العادي حيث أنة يعمل وكأنه موحدان موصلان بالتوالي ومتعاكسين يقوم كل منهما بالتوصيل خلال نصف الموجه فقط .
- ولذلك فإن الدياك هو عبارة عن عنصر ثنائي الاتجاه يمكن أن يتحول إلى حالة التوصيل (ON) في كل من نصفي الموجة الموجب والسالب لموجة جهد المصدر المتردد .
- ويتم توصيل التيار الداخل للدياك (أي تحويله إلى وضع (ON) وذلك عند بلوغ الجهد المطبق عليه إلى قيمة جهد الانهيار الأمامي أو العكس للدياك ($\pm V_{BO}$) VOLTAGE BREAK OVER .
- وعندما يصبح ($A_1$) موجبا بالنسبة ($A_2$) وعند وصول الجهد إلى قيمة ($+ V_{BO}$) يتحول الدياك إلى حالة التوصيل (ON) ويصبح له خاصية المقاومة السالبة (إي يزيد التيار المار خلاله ويقل الجهد المطبق على أطرافة) وعلى ذلك يمر التيار من $A_1$ ثم خلال طبقات أشباه الموصلات على النحو التالي ($P_1$ $N_2$ $P_2$) ثم $N_1$ ثم إلى $A_2$ .
- وعندما يبلغ الجهد قيمة (0V) ثم يبدأ في النصف السالب يعود مرة أخرى الدياك إلى حالة القطع أو الفصل (OFF).
- وعندما يتحول الجهد في النصف السالب ويصبح ( $A_2$ ) موجب بالنسبة ($A_1$) ويبلغ الجهد قيمة ($-V_{BO}$) يمر التيار من ($A_2$) إلى $P_2$ إلى $N_2$ إلى $P_1$ ثم إلى $N_1$ ثم إلى ($A_1$) .
  وهكذا تتكرر الدورة كل نصف موجة موجب أو سالب .
- والشكل (3/أ) يوضح تركيب الدياك، والشكل (3/ب) يوضح رمز الدياك .
- والشكل (3/ج) يوضح خصائص منحنى الدياك، والشكل (3/د) يوضح الشكل العملي




الشكل رقم (3) الدياك

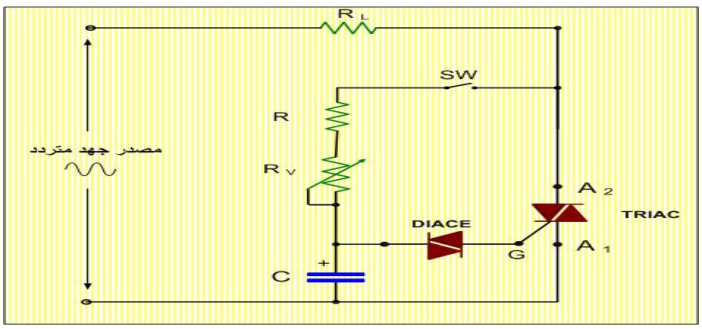
**أخي المتدرب:**

إتقانك للحاسب الآلي سوف يسهل عليك التعامل مع البرامج الخاصة بالإلكترونيات .

# تطبيقات الترياك

## استخدام الدياك في قدح الترياك

- إن من أهم استخدامات الدياك استخدامه كعنصر قدح للترياك في معظم التطبيقات مثل استخدامه مع الترياك في دوائر التحكم في شدة الإضاءة وفي دوائر التحكم في درجة الحرارة وفي دوائر التحكم في المحركات الكهربائية.
- وكما عرفنا سابقاً فإن من خصائص الدياك أنه عند استخدام الفولطية عبر أطرافه وعندما تصبح هذه الفولطية أكبر من فلوطية القطع (VBR) يكون الدياك مقيدا بخصائص المقاومة السالبة بحيث تنخفض مقاومته إلى قيمة منخفضة جداً وتكون هذه الخصائص متماثلة عند انعكاس الفولطية. ولذلك في الدائرة التالية وعندما يصل الفولط عبر الدياك إلي جهد التحول فإنه يقدح وتنخفض مقاومته ويأخذ المكثف في التفريغ عبر الدياك وبوابة الترياك وبذلك يتم تزويد بوابة الترياك بالنبضة اللازمة للقدح .
- ويعطي الدياك نبضتين متعاكستين كل فترة ذبذبه للإشارة الجيبية وتتباعد هذه النبضات بمقدار ($180^o$) ويعتمد موقعها على الثابت الزمني RC ولذلك يمكن استخدام المقاومة المتغيرة ($R_V$) لتنظيم الثابت الزمني .




الشكل (4) استخدام الدياك في قدح الترياك

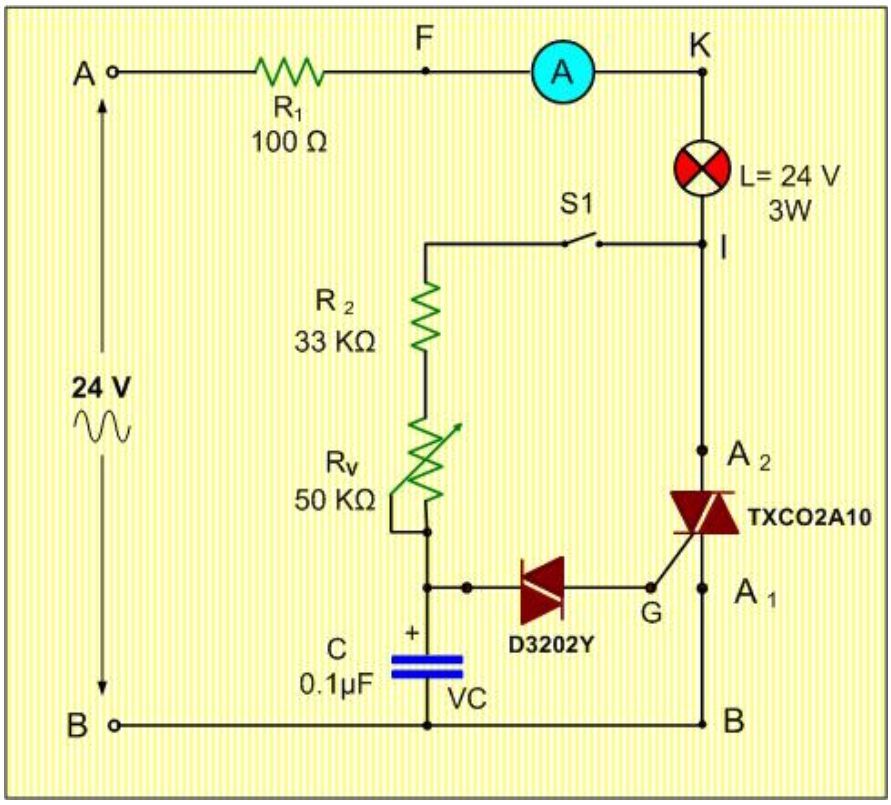
# تمرين عملي

**أخي المتدرب:**

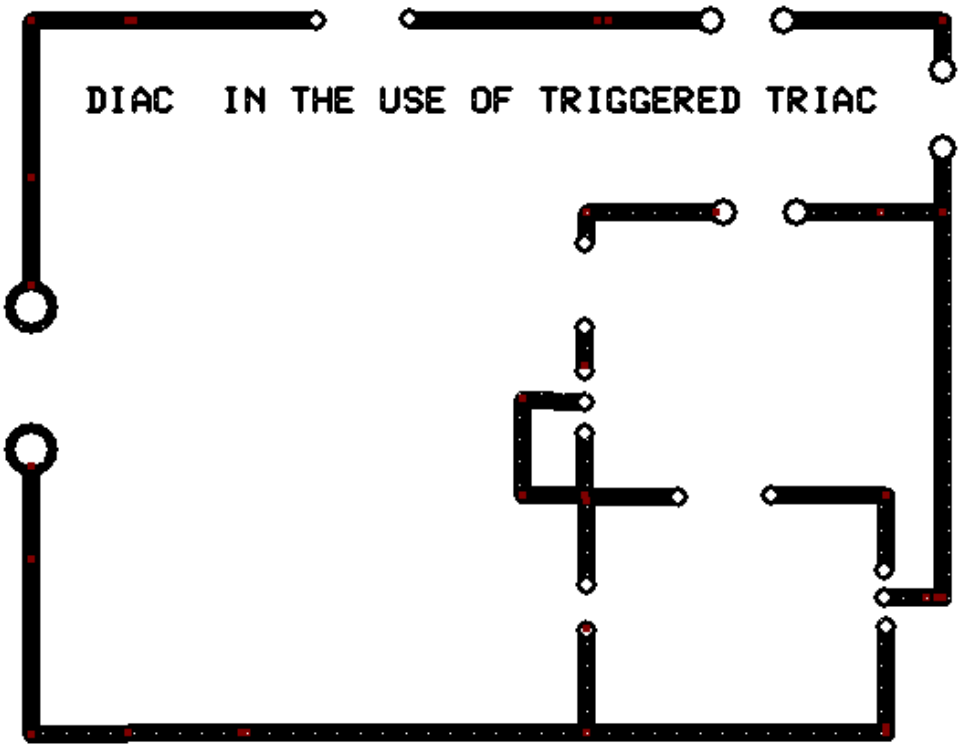
يجب مراعاة شروط الأمن والسلامة بعدم توصيل جهاز الأوميتر إلا بعد فصل مصدر القدرة عن الدائرة .

| | | | |
|---|---|---|---|
| **رقم التمرين** | (1) | **الزمن** | 9 ساعات |
| **اسم التمرين** | **قدح الترياك بواسطة الدياك** | | |
| **الهدف من التمرين** | 1/ تنفيذ دائرة عملية للتحكم في قدح الترياك بواسطة الدياك.<br>2/ قياس الجهد على كل من أطراف الترياك والحمل.<br>3/ رسم أشكال الموجه على كل من أطراف الترياك والحمل.<br>4/ مشاهدة التغير في شدة إضاءة المصباح بتغير زاوية الإشعال. | | |
| **الأدوات المستخدمة** | 1/ مصدر تيار متردد (24VAC).<br>2/ جهاز أوسيلسكوب ذو قناتين .<br>3/ جهاز قياس متعدد ( أفوميتر ) . | | |
| **الخامات** | 1/ المقاومات: {R1=100 Ω/5W, R2=3.3KΩ/ ½ W (VARIABLE), RV=50KΩ /2W}.<br>2/ المكثفات: { C =0.1µF- (40V) }.<br>3/ ترياك: { (TXCO2A10) أو (BTB04-600V) } أو أي بديل أخر .<br>4/ دياك: { (D3202Y) أو ( TI43A ) } أو أي بديل يعمل بوصفه ذا جهد انهيار حتى 18V.<br>5/ الحمل: مصباح ( 24V ) بقدرة ( 3W ) .<br>6/ مفتاح: ( ON/OFF SWITCH ) . | | |

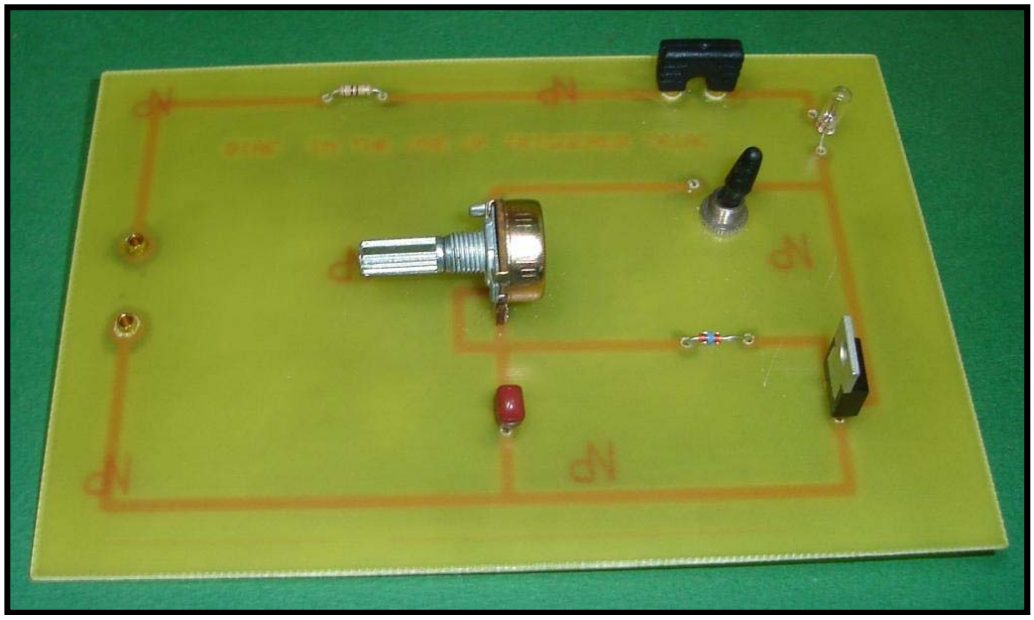
1- المخطط النظري للتمرين :



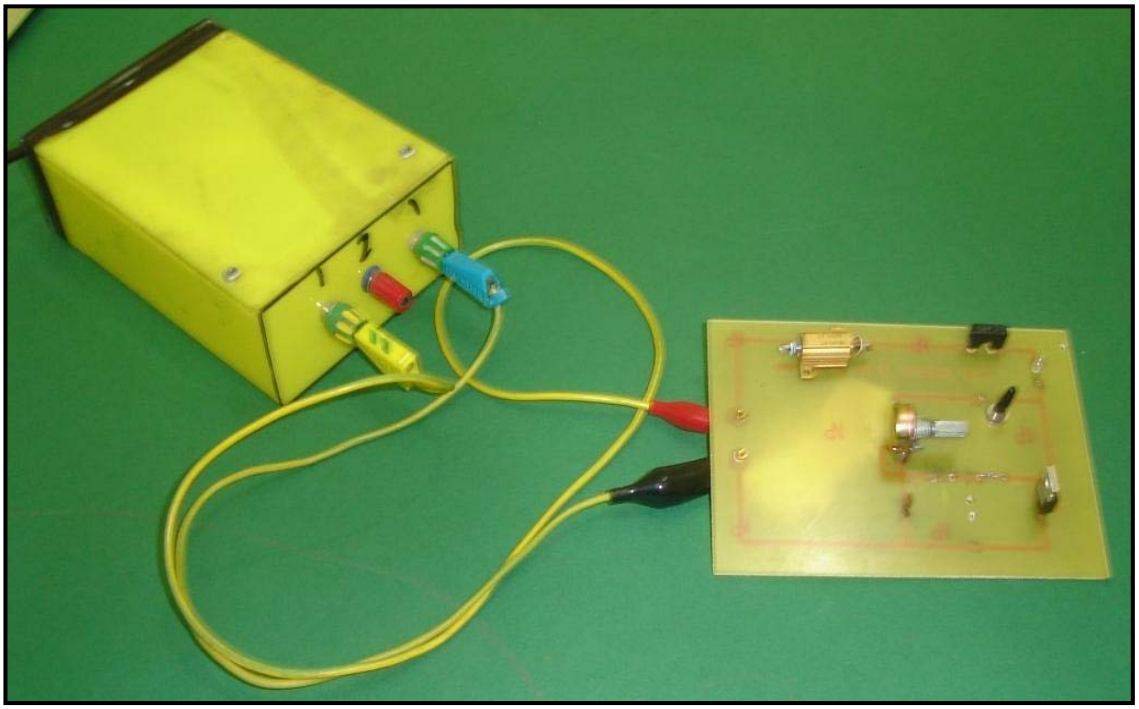

2- المخطط العملي للتمرين ( مقترح )



## 3- الدائرة التنفيذية :



## 4- القياسات والنتائج :



**أخي المتدرب:**

تأكد من ضبط جهاز الأفوميتر على الكمية الكهربائية المراد قياسها والمدى المناسب للقياس .

1/ وصل الدائرة المبينة في الشكل مستعيناً بمخطط توصيل العناصر وتأكد من فتح المفتاح ( $S_1$ )، ثم وصل الفولتميتر بين النقطتين (B,A) .

2/ صل القناة (1) للإسيلوسكوب بين النقطتين (B,A) بحيث تتصل النقطة (B) مع (الأرضي) واضبط الأوسيلوسكوب بحيث تظهر الموجة الجيبية على الشاشة ثم ارسم الإشارة على ورق الرسم البياني. واعتبر هذا الجهد جهداً مرجعياً (1) FIG.

3/ اغلق المفتاح (S1) ثم وصل المدخل الثاني للإسيلوسكوب بالنقطة (I) والطرف الآخر على الأرضي بالنقطة (B) ثم اضبط مجزئ الجهد (RV) لإعطاء أقل زاوية قدح (A MIN.) .

4/ ارسم الإشارة الظاهرة على الأوسيلوسكوب بزمن وطور مناسب بالنسبة للشكل المرجعي للإشارة وبذات المقياس وعلى ورق رسم بياني.

5/ غير مجزئ الجهد (RV) للحصول على زوايا القدح الموضحة في الجدول، ولاحظ التغيرات في الشكل الموجي للإشارة على طرفي الترياك والحمل، ثم ارسم هذه الأشكال الموجية بذات المقياس وعلى ورق الرسم البياني.

6/ لاحظ شدة الإضاءة للمصباح في كل حالة ودون قيمة التيار المار في المصباح – ثم املأ الجدول التالي حسب النتائج المطلوبة.

**جدول النتائج:**

| $R_V(K\Omega)$ | ($\alpha^o$) | $V_{IB}$ | | $V_{KI}$ | | $I_L$ (MA) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | WAVE FORM | $V_{P.P}$ | WAVE FORM | $V_{P.P}$ | |
| MIN. | | FIG(1) | | FIG(2) | | |
| MAX. | | FIG(3) | | FIG(4) | | |

**أسئلة تقويم :**

س1/ اشرح مبدأ عمل الترياك من خلال الدائرة السابقة ؟

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

س2/ هل تزداد شدة الإضاءة للمصباح في الدائرة السابقة بتغيير المقاومة المتغيرة من أدنى قيمة إلى أقصى قيمه لها ؟

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

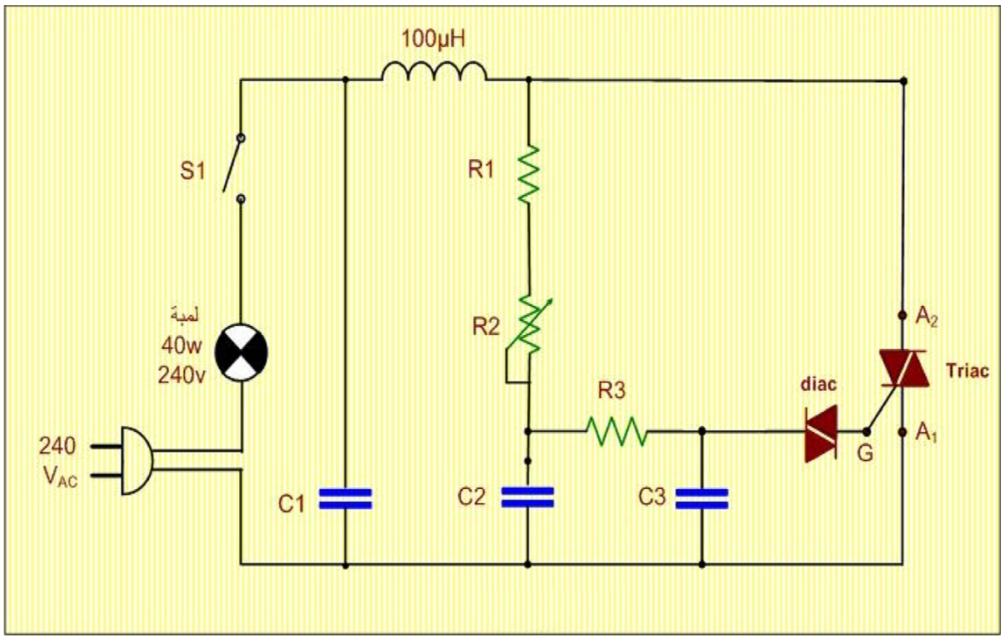
## دائرة التحكم في شدة إضاءة مصباح :

تسمى هذه الدائرة بدائرة مفتاح خافض شدة الإضاءة "ديمر" (DIMMER SWITCH) والميزة الأساسية لهذه الدائرة هي أن استهلاك القدرة يتناسب طردياً مع شدة إضاءة المصباح .

ويمكن استخدام الترياك في هذه الدوائر لخفض الإضاءة باستخدام مبدأ التحكم بالقدرة وفي هذا النوع من الدوائر يتم وصل وفصل (قطع) الترياك مرة في كل دورة من موجة جهد التغذية (في كل نصف دورة) وتحتاج هذه الدوائر التي من هذا النوع إلى استخدام مرشح (LC) بسيط في خط تغذية المصباح من أجل التقليل ما أمكن من التداخلات الراديوية المتولدة أثناء تحول الترياك من القطع للوصل والتي تسبب تشويشاً للأجهزة الكهربائية المجاورة .

## شرح عمل الدائرة :

الشكل رقم (4) يوضح الدائرة العملية للتحكم في شدة إضاءة مصباح باستخدام الترياك وفي هذه الدائرة تستخدم شبكة تأخير الطور (RC) المزدوجة وديالك لقدح الترياك .




الشكل رقم (4) دائرة التحكم في شدة إضاءة مصباح

- تتغذى الدائرة من مصدر قدرة بفرق جهد (240V). وعندما تزود الدائرة بالقدرة يبدأ المكثف($C_2$) بالشحن عبر المجزئ (المقاومة المتغيرة $R_2$) إلى فلوطية التحول للدياك، فإن الدياك يوصل ويأخذ المكثف ($C_2$) بالتفريخ فجأة مما يؤدي إلي تزويد بوابة الترياك بالنبضة اللازمة للتوصيل .

**أخي المتدرب:**

يجب الانتباه عند استخدام جهاز الأوسيلوسكوب لرسم الموجات على كل من الحمل والترياك إلى أنك تتعامل مع جهد عال ولذلك يجب عمل خفض لمدخل جهاز .

- ولأن المقاومة $R_2$ والمكثفين ($C_2$،$C_3$) يمثلان دائرة التحكم في زاوية التوصيل لذلك كلما قلت قيمة $R_2$ فإن فولطية التحول للدياك تصل بسرعة وتبعاً لذلك تكون شدة إضاءة المصباح عالية وذلك لان الترياك يوصل لفترة زمنية أقرب ما تكون لفترة إشارة المصدر ومن ناحية أخرى إذا كانت المقاومة ($R_2$) عالية القيمة فإن زمن الشحن للمكثف $C_2$ يكون عاليا ويتم قدح الترياك في نهاية الدورة وهذا يدل على أن زمن التوصيل يكون منخفضا وتبعاً لذلك تصبح شدة إضاءة المصباح منخفضة.

❖ والآن سوف نقوم بتنفيذ دائرة عملية للتحكم في شدة الإضاءة باستخدام الترياك والدياك كعنصر قدح للترياك، وسنقوم بإجراء القياسات اللازمة للجهد على كل من أطراف الحمل والترياك بين النقطتين (A1، A2) وكذلك رسم الأشكال الموجية على كل منهما باستخدام جهاز الأوسيلوسكوب ومشاهدة كيفية التحكم في شدة الإضاءة عن طريق التحكم في زاوية الإشعال (α) للترياك .

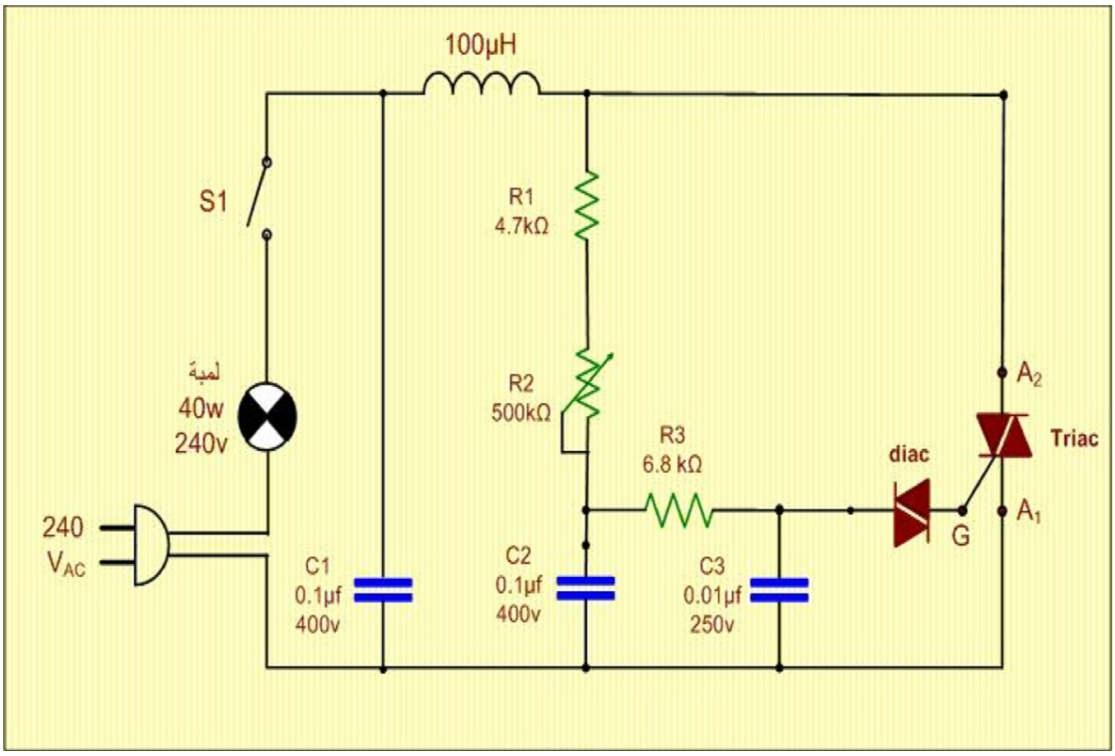
# تمرين عملي

**أخي المتدرب:**

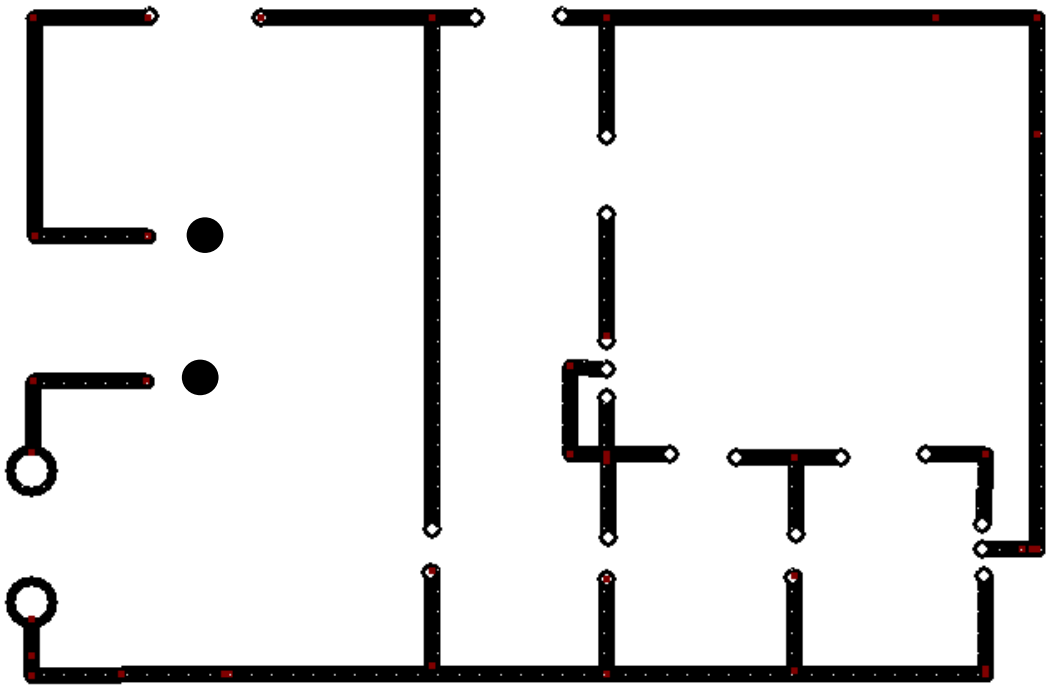
يجب عدم لمس أطراف كل من الحمل والترياك حتى لا تتعرض لصدمة كهربية.

| | | | |
|---|---|---|---|
| **رقم التمرين** | (2) | **الزمن** | 9 ساعات |
| **اسم التمرين** | **دائرة مفتاح خافض شدة الإضاءة** DIMMER SWITCH | | |
| **الهدف من التمرين** | 1/ تنفيذ دائرة عملية للتحكم في شدة الإضاءة باستخدام الترياك .<br>2/ قياس الجهد على كل من أطراف الترياك والحمل .<br>3/ رسم أشكال الموجية على كل من أطراف الترياك والحمل .<br>4/ مشاهدة التغير في شدة إضاءة المصباح بتغير زاوية الإشعال . | | |
| **الأدوات المستخدمة** | 1/ مصدر تيار متردد (240VAC ).<br>2/ جهاز أوسيلوسكوب ذو قناتين .<br>3/ جهاز قياس متعدد ( أفوميتر ) . | | |
| **الخامات** | 1/ المقاومات: { R2=500KΩ /2W , (VARIABLE), R3=6.8KΩ/½ W, R1=4.7KΩ/1W, } .<br>2/ المكثفات: { $C_1$ , $C_2$ =0.1µF- (400 V) ، C3=0.01µF- (250 V) }.<br>3/الملفات: { L =100µH }.<br>4/ ترياك: { (BTB04-600V) أو(BTB08-400V) أو(BTB06-400V) } أو أي بديل يعمل على جهد (240V) ويتحمل تيار حتى (3A) .<br>5/ دياك: (TI43A) أو أي بديل يعمل بوصفه ذا جهد انهيار حتى (32V).<br>6/ الحمل: مصباح (240V)بقدرة (40W)أو (60W). | | |

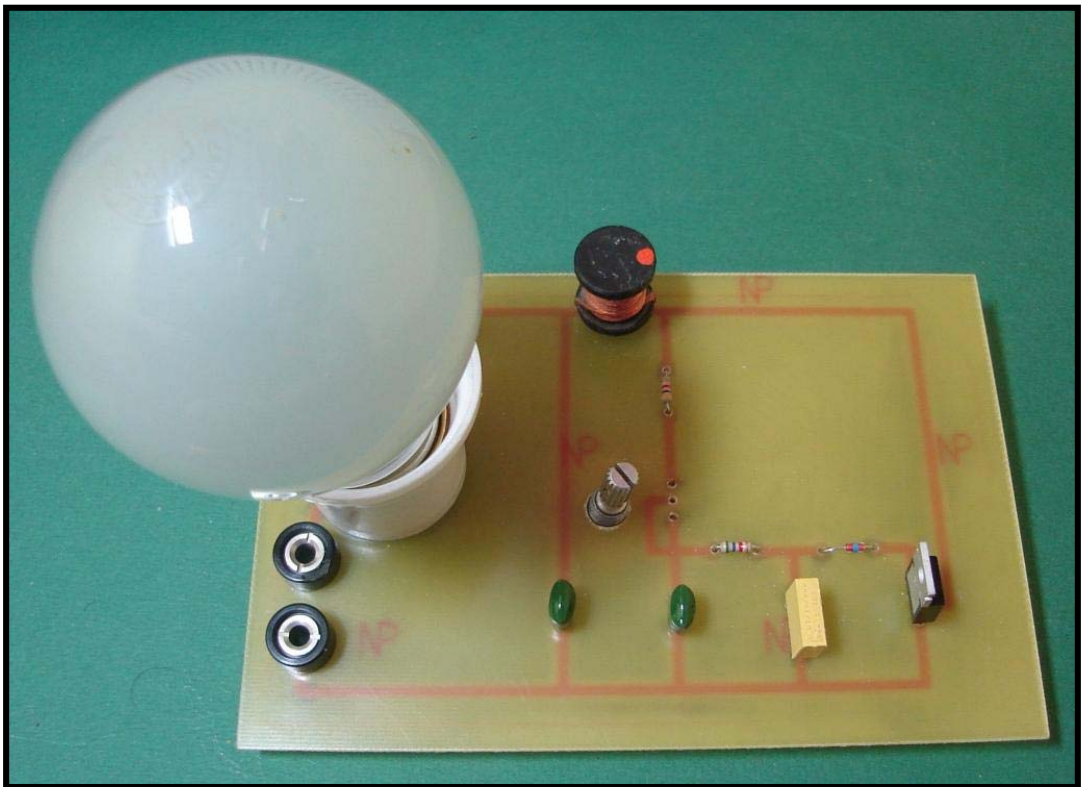
1- المخطط النظري للتمرين:




2- المخطط العملي للتمرين ( مقترح )



## 3- الدائرة التنفيذية :



## 4- القياسات والنتائج :

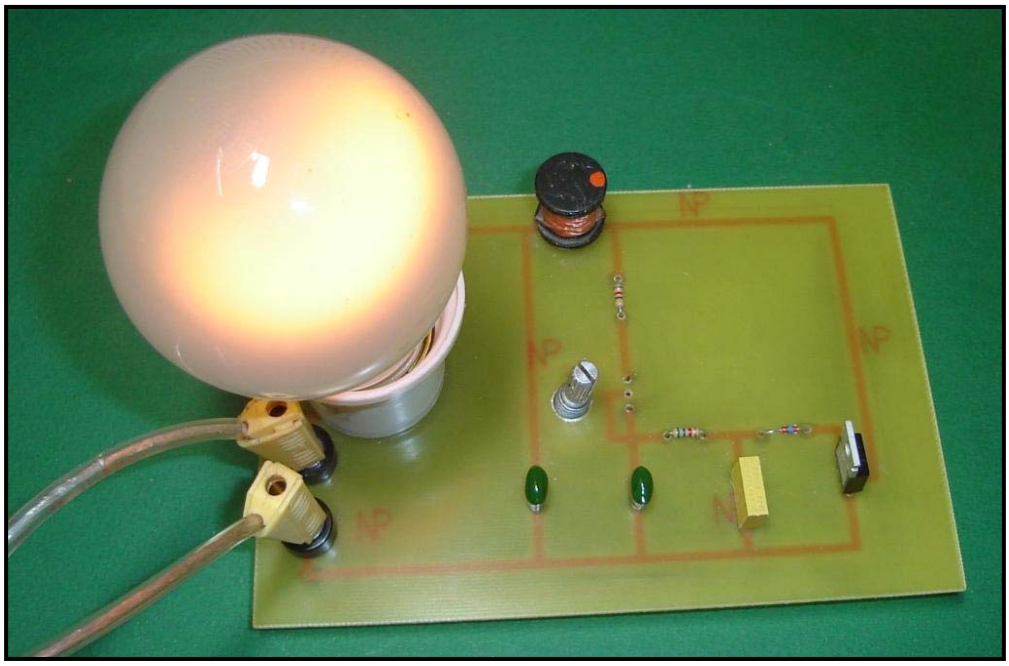
1/ اضبط المقاومة المتغيرة على أقل قيمة لها ثم وصل مصدر القدرة .

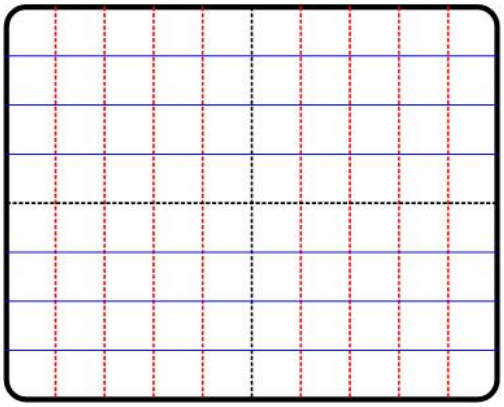
2/ وصل أحد قناتي الاوسيلوسكوب على أطراف الحمل والقناة الثانية على أطراف الترياك (A2،A1) ثم أغلق المفتاح (S1).

3/ ببطء غير المقاومة المتغيرة (R3) من أقل قيمة إلى أقصى قيمة لها ثم شاهد الجهد على أطراف كل من الدياك والترياك والحمل باستخدام (.OSC) .

4/ اضبط المقاومة المتغيرة للحصول على أقل زاوية إشعال للترياك وقم برسم الأشكال الموجية على أطراف كل من الحمل والترياك. ثم استخدم جهاز الفولتميتر لقياس الجهد على الحمل والترياك .

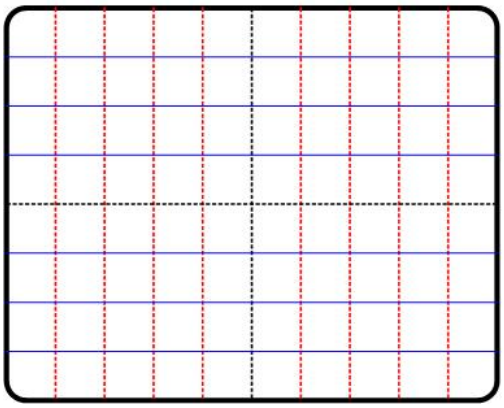
5/ سجل النتائج التي حصلت عليها في الجداول التالية .





| الجهد على أطراف الحمل | |
|---|---|
| إتساع الجهد VP.P | قيس الجهد |
| | |

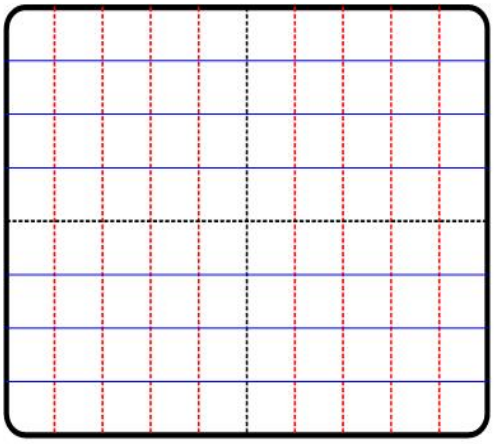
الشكل(1)



| الجهد على أطراف الحمل | |
|---|---|
| إتساع الجهد VP.P | قيس الجهد |
| | |

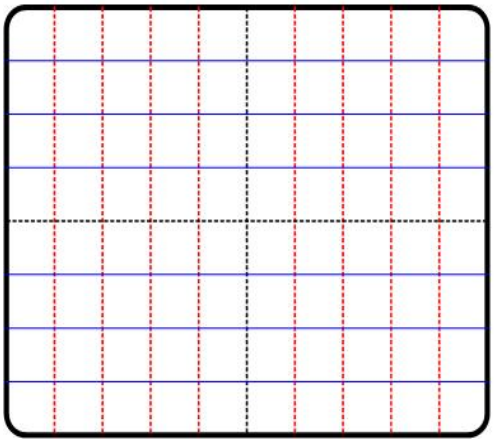
الشكل(2)

6/ أضبط المقاومة المتغيرة ($R_2$) مرة أخرى للحصول على أكبر زاوية إشعال للترياك ثم قم برسم الأشكال الموجية وقس الجهد باستخدام جهاز الأفوميتر



| الجهد على أطراف الحمل | |
|---|---|
| إتساع الجهد VP.P | قيس الجهد |
| | |

الشكل(3)



| الجهد على أطراف الحمل | |
|---|---|
| إتساع الجهد VP.P | قيس الجهد |
| | |

الشكل(4)

**الاستنتاج:**

- هل زاوية الإشعال في نصفي الدورة الموجبة والسالبة متساوية (نعم/لا) ؟

.....

.....

.....

.....

# الوحدة الرابعة

## التحكم في سرعة محركات التيار المستمر

## اسم الوحدة : التحكم في سرعة محركات التيار المستمر

**الجـــــدارة:** قدرة المتدرب على تطبيق دوائر التحكم في سرعة محرك التيار المستمر

**الأهداف :**

1/ التعرف على محرك التيار المستمر من حيث التركيب ومبدأ العمل .

2/ دراسة أساسيات دائرة التحكم بالمُقطع والأشكال الموجية للمُقطع .

3/ استخدام الثايرستور كمُقطع إلكتروني للتحكم في سرعة محرك التيار المستمر وذلك عندما يكون المصدر تيارا مستمرا (DC) .

4/تنفيذ دائرة مُقطع ( DC-CHOPPER ) للتحكم في سرعة محرك تيار مستمر باستخدام SCR.

5/ التقيد بالسلوك المهني السليم والحرص على اتباع إجراءات الأمن والسلامة أثناء تدربه في الورشة

**مستوى الأداء المطلوب:** أن يصل المتدرب إلى إتقان الجدارة بنسبة 90٪

**الوقت المتوقع للتدريب على الجدارة:** ( 12 ) ساعة.

**الوسائل المساعدة :**

- محرك تيار مستمر ذو جهد تشغيل منخفض .
- جهاز الأوسيلوسكوب .
- وسائل الأمن والسلامة.
- جهاز عرض علوي (DATA SHOW).

**متطلبات الجدارة:**

أن يكون المتدرب متمكناً من تنفيذ دائرة مقطع للتحكم في سرعة محرك تيار مستمر من خلال تدربه على مفردات هذه الحقيبة التدريبية متبعاً إجراءات الأمن والسلامة والسلوك المهني السليم .

## السلوك المهني الذي يجب التقيد به خلال التدريب على مفردات هذه الوحدة التدريبية

**أخي المتدرب:**

إن تطبيقك للسلوك المهني السليم أثناء تدربك على مفردات هذه الوحدة هو الطريق الأمثل لنجاحك وتفوقك واكتساب احترام وتقدير الآخرين وتجنبك للحوادث المحتمل حدوثها أثناء تواجدك في بيئة العمل ومن هذه السلوكيات ما يلي:

1/ تقيدك بالزي المخصص للتدريب ووسائل السلامة المناسبة مثل حذاء السلامة ونظارات السلامة أثناء العمل في الورشة أو المختبر دليل وعيك.

2/ احرص على تنظيم وترتيب العدد والأدوات بشكل منظم ومرتب وفي أماكنها الخاصة.

3/ داوم على المحافظة على نظافة الورشة والمختبر ومكان العمل.

4/ التزم بالمحافظة على الهدوء والنظام في الورشة والمختبر ومكان العمل .

5/ احرص على حسن التعامل مع المدربين والتعاون معهم.

6/ تقيد بالإرشادات والأنظمة المتبعة في الورشة والمختبر ومكان العمل.

7/ احرص على حسن التعامل مع زملاءك المتدربين والتعاون معهم.

8/ تحلى بالأخلاق والتعاليم الإسلامية في تعاملك وأثناء عملك.

9/ عند رغبتك في التعرف على أي جهاز جديد في الورشة اطلب مساعدة المدرب لتوضيحه لك.

10/ لا تخرج من الورشة دون إذن المدرب.

11/ حافظ على وقت التدريب بحضورك مبكراً ومغادرتك مع نهاية الوقت.

12/ حافظ على العدد والأدوات من الضياع أو التلف فهي مسؤوليتك.

## إجراءات الأمن والسلامة عند دراسة دوائر التحكم في سرعة محركات التيار المستمر

1/ تقيد بلباس التدريب داخل الورشة والتزم بمتطلبات السلامة الأخرى .

2/ تقيد باستخدام العدد والأدوات حسبما أعدت له ولا تستخدم أداة خاصة لعمل معين في عمل مغاير .

3/ تدرب على استخدام طفايات الحريق.

4/ ضع كاوية اللحام في مكانها المناسب بعد إجراء اللحام مباشرة .

5/ احذر حدوث التماس بين جسم الكاوية الساخن وكابل توصيل التيار الكهربي لها .

6/ احذر من لمس الأحماض الخاصة بعملية تحميض البوردات واحرص على لبس القفازات.

7/ احذر من استنشاق الأبخرة المتصاعدة من عملية التحميض وإن كانت بسيطة واحرص على لبس كمامات على الأنف .

8/ احذر عند تسخين الماء المستخدم في عملية التحميض وتجنب المزاح مع زملائك .

9/ لا تعبث بالعدد والأدوات في الورشة فقد تتسبب في حوادث مؤسفة لك ولغيرك لا قدر الله.

10/ كن على حذر في نقل الأدوات والعدد أو مناولتها لزملاءك وناولها يداً بيد.

11/ تجنب المزاح في الورشة وأثناء التدريب حتى تحمي نفسك وزملائك من الخطر .

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

13/ عند الانتهاء من العمل احرص على تنظيم وترتيب العدد بشكل منظم ومرتب في أماكنها الخاصة .

## مقدمة

إن أهمية إلكترونيات القوى تكون واضحة دون شك في هذا المجال وذلك لأن عناصر إلكترونيات القوى عناصر لها فائدة كبيرة في مجال التحكم في القدرة العالية وتنبع هذه الفائدة من كون هذه العناصر رخيصة السعر وذات كفاءة عالية ومتعددة الاستخدامات ولأنها تستخدم للحصول على مصدر "DC" من مصدر قدرة "AC"وكذلك تحويل القدرة "DC"إلى القدرة "AC" وبالإضافة إلى ذلك فإن عناصر إلكترونيات القدرة يمكن استخدامها لتغيير إشارة "AC" عند تردد (FREQUENCY) معين إلى إشارة AC عند تردد آخر .

ولذلك فإن جميع هذه الدوائر تكون ذات فائدة عالية جداً عند تعاملها مع المحركات الكهربائية نظراً لقيامها بالتحكم في سرعة المحركات الكهربائية. والشكل رقم (1) يبين رسماً توضيحياً مبسطاً لمحرك يعمل بالتيار المستمر حيث إن محرك التيار المستمر يتكون بشكل عام من جزأين هما :

1- العضو الثابت (STATOR).
2- العضو الدوار (ROTOR).

ويتضمن محرك التيار المستمر نوعين رئيسين من الملفات هما :

1- ملفات المجال ( FIELD WINDINGS ) .
2- ملفات عضو الإنتاج (ARMATURE WINDINGS) .

وتعرف ملفات عضو الإنتاج بأنها الملفات التي تتولد فيها الفولطية بالحث، وتعرف ملفات المجال بأنها الملفات التي تنتج الفيض المغناطيسي الرئيسي في المحرك .

وسوف نقوم في هذه الوحدة بدراسة الدوائر الأساسية التي تستخدم عناصر إلكترونيات القدرة من أجل التحكم بمحركات التيار المستمر "DC" .

الشكل رقم (1) محرك يعمل بالتيار المستمر

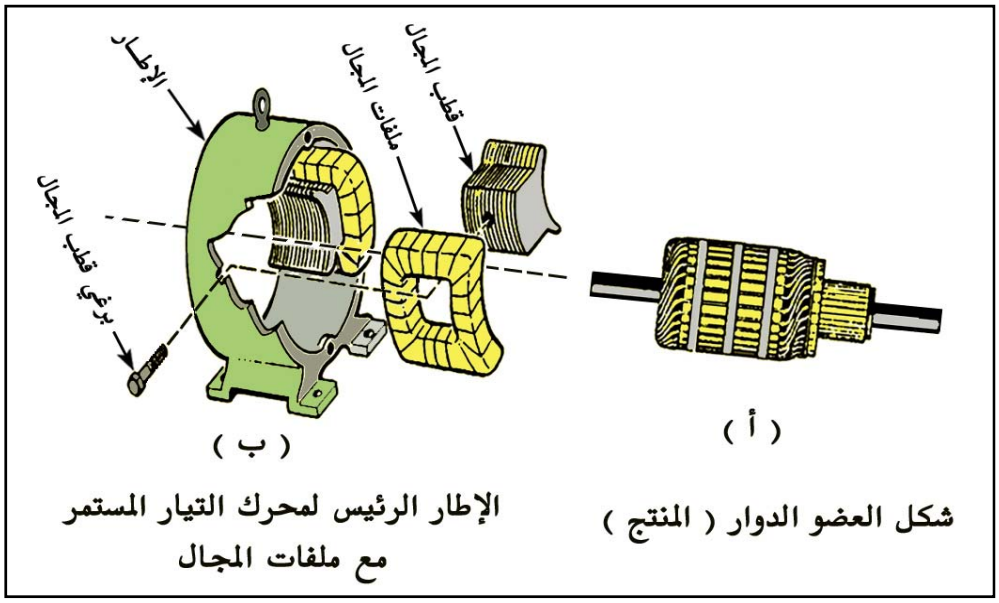
## تركيب محرك التيار المستمر :

يتركب من جزأين أساسيين هما :

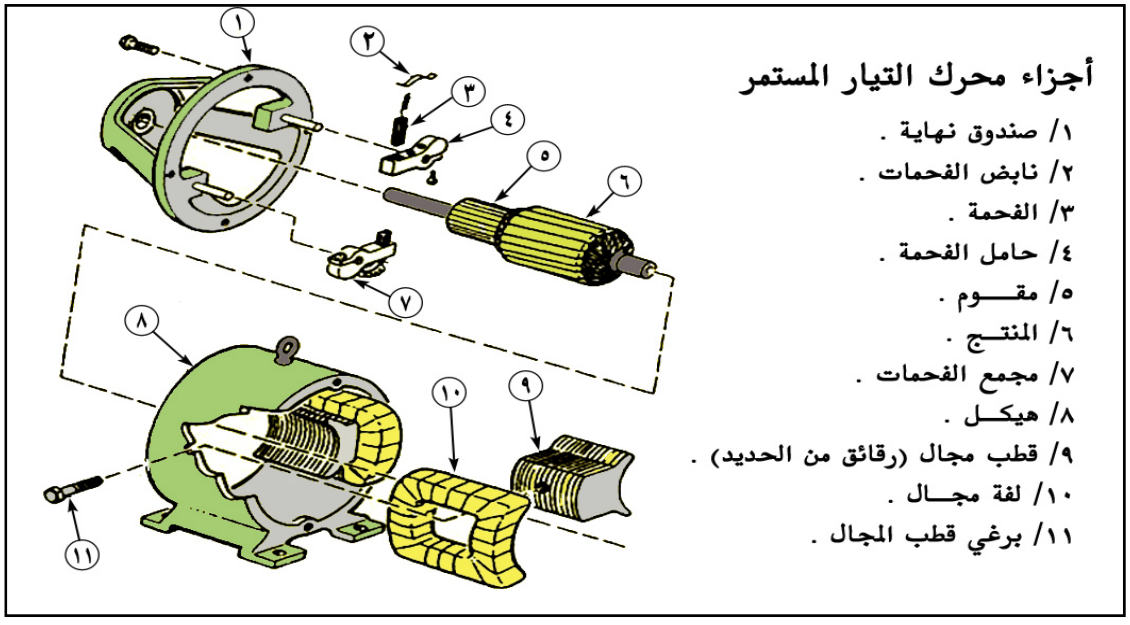
1- جزء دوار يسمى بالمنتج أو عضو الاستنتاج أو العضو الدوار (ARMATURE) .

2- جزء ثابت يسمى "بالعضو الساكن" أو الإطار الرئيس "STATOR" .

والأشكال رقم (2) ورقم (3) يوضحان العضو الساكن والعضو الدوار لمحرك التيار المستمر .




الشكل رقم ( 2 ) العضو الساكن والعضو الدوار لمحرك التيار المستمر .




الشكل رقم ( 3 ) العضو الساكن والعضو الدوار لمحرك التيار المستمر .

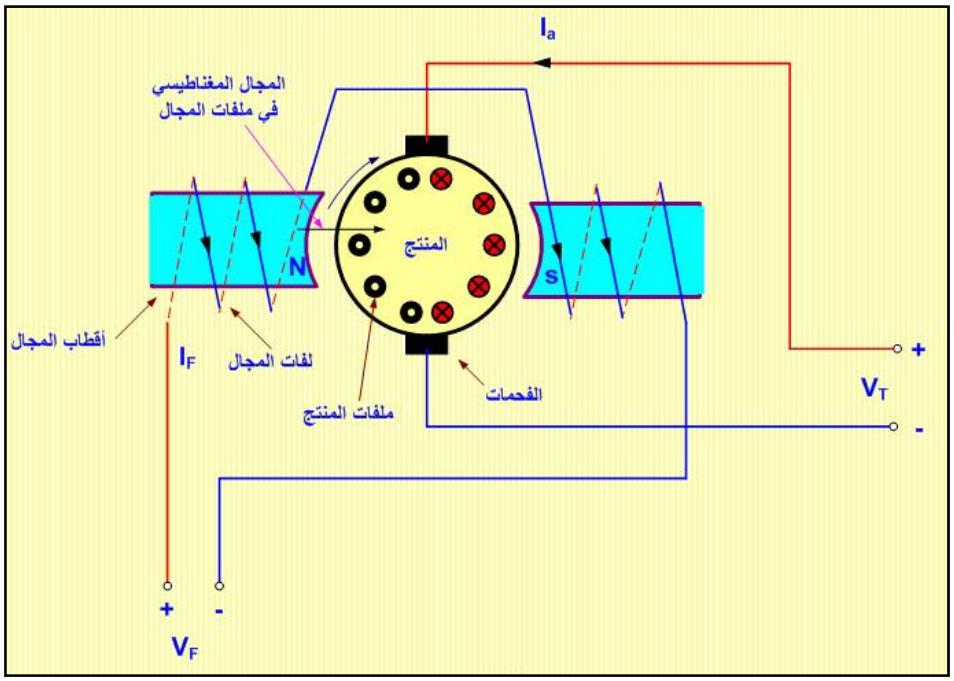
**مبدأ عمل محرك التيار المستمر :**

نعلم أن مرور تيار خلال لفات المجال يؤدي إلى توليد مجال مغناطيسي يحدد اتجاهه بواسطة قاعدة اليد اليمنى بحيث إذا كانت لفة الأصابع "FINGERS" باتجاه التيار يكون اتجاه المجال باتجاه إصبع الإبهام .

وحيث إن العضو الثابت لمحرك "DC" يتألف من عدد زوجي من الأقطاب المغناطيسية (POLES) (القطبان: شمالي "N"وجنوبي"S") فإنه يتم تحريكهما بفعل التيار المستمر "DC" المار في ملفات المجال المغناطيسي.

أما العضو الدوار فيتكون من قضيب حديدي يحمل موصلات فعالة مدموجة داخل شقوق ومتصلة بنصلات عضو التقويم ويتم انتقال التيار من وإلى عضو الإنتاج (ARMATURE) بواسطة فرش (فحمات) (BRUSHES) كربونية ثابتة ويعمل عضو التقويم أوتوماتيكياً على تحويل الموصلات بحيث يكون العزم الخارج من المحرك ثابتاً وأحادي الاتجاه .

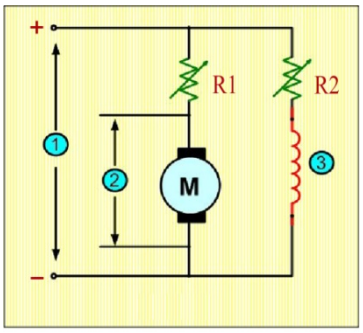
ولتشغيل المحرك يجب تغذية كلا الجزأين (المنتج، والثابت) بتيار مستمر "DC" بحيث يتغذى المنتج بالتيار المستمر عن طريق طرفي الفحمة (الفرشة) بينما تتغذى لفات المجال بالتيار المستمر عن طريق هذه الملفات. هذا ويولد التيار في لفات المجال مجالاً مغناطيسياً ثابت القيمة ويقطع لفات المنتج، الشكل رقم (4) يوضح ذلك .




الشكل رقم (4) مبدأ عمل محرك التيار المستمر

## التحكم في سرعة محرك التيار المستمر :

- يمكننا تغيير سرعة محرك التيار المستمر وخاصة محرك التوازي وذلك بواسطة تغيير تيار المنتج أو تيار المجال أو بتغيير جهد المنتج وذلك باستخدام المقاومات المتغيرة والتي توصل بالتوالي مع ملفات المنتج والمجال وذلك كما هو مبين في الشكل رقم (5 ) .



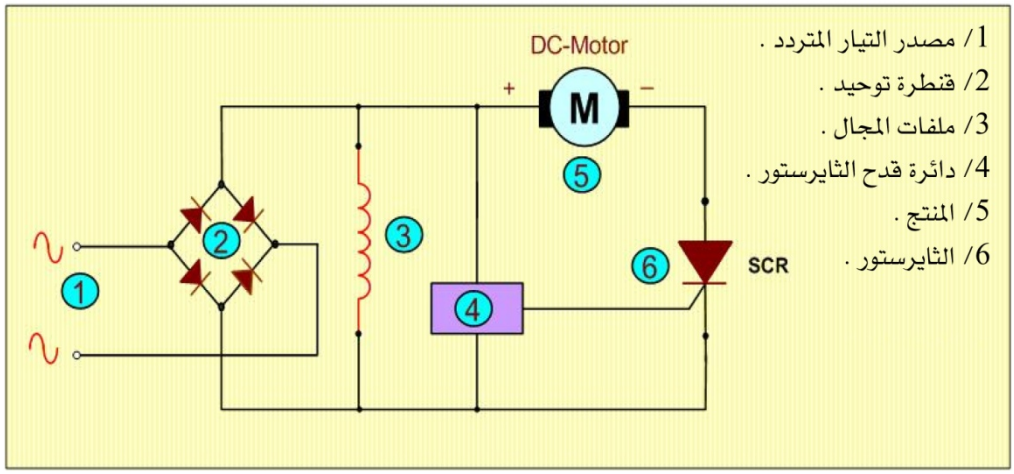

الشكل رقم (5 )

**حيث أن :**

1- مصدر تيار مستمر ($V_T$).
2- جهد المنتج ($V_A$).
3- ملفات المجال التوازي .

- كما رأينا يمكن استخدام المقاومة المتغيرة لتنظيم سرعة محرك (التيار المستمر ) التوازي وذلك بواسطة تغيير الجهد المطبق على المنتج ($V_A$) ولكن لهذه الطريقة مساوئ كثيرة فمنها :

تنظيم بسيط للسرعة بتغيير الحمل، لأن زيادة الحمل تؤدي إلى زيادة في هبوط الجهد على طرفي المقاومة المتغيرة الموصلة بالتوالي مع ملفات المنتج وهذه الزيادة في الجهد على طرفي المقاومة المتغيرة ستطرح من مصدر التغذية المستخدم لتغذية التيار المستمر وبالتالي يقل الجهد المطبق على المنتج ونتيجة لذلك سوف يتباطأ المحرك مع زيادة الحمل، إضافة إلى الخسارة في القدرة ( $I^2 \times R$ ) والتي تفقد في المقاومة المتغيرة على هيئة حرارة ولذلك يمكننا تجاوز هذه المساوئ السابقة والتي تنتج من استخدام المقاومة المتغيرة في التحكم في سرعة المحرك باستبدالها باستخدام دوائر إلكترونية تحتوي على عناصر إلكترونية مثل الترانزيستور والثايرستور . والشكل رقم (6) يبين إحدى الطرق الإلكترونية المستخدمة في التحكم بهذه العناصر .




الشكل رقم (6) إحدى الطرق الإلكترونية المستخدمة في التحكم بهذه العناصر

أخي المتدرب:

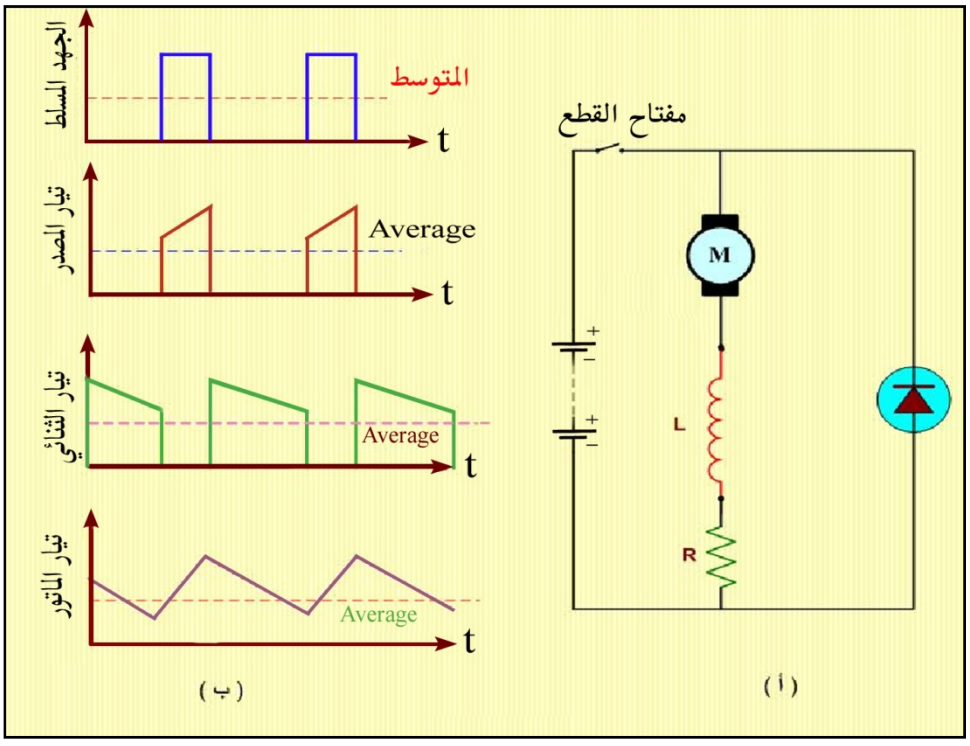
في حال حدوث حريق لا قدر الله, حافظ على الهدوء وافتح أبواب الطوارئ لخروج المتواجدين بهدوء ونظام.

**التحكم باستخدام مقطعات التيار المستمر :**

كما تعلم يوجد نوعان من مصادر القدرة هما مصدر التيار المتردد (AC) ومصدر التيار المستمر (DC) ولذلك يوجد نظامان للتحكم في سرعة محركات التيار المستمر:

فإذا كان المصدر متردداً نستخدم نظام التحكم في إزاحة زاوية الوجه ( PHASE CONTROL) وذلك بالتحكم بقيمة تيار بوابة الثايرستور .

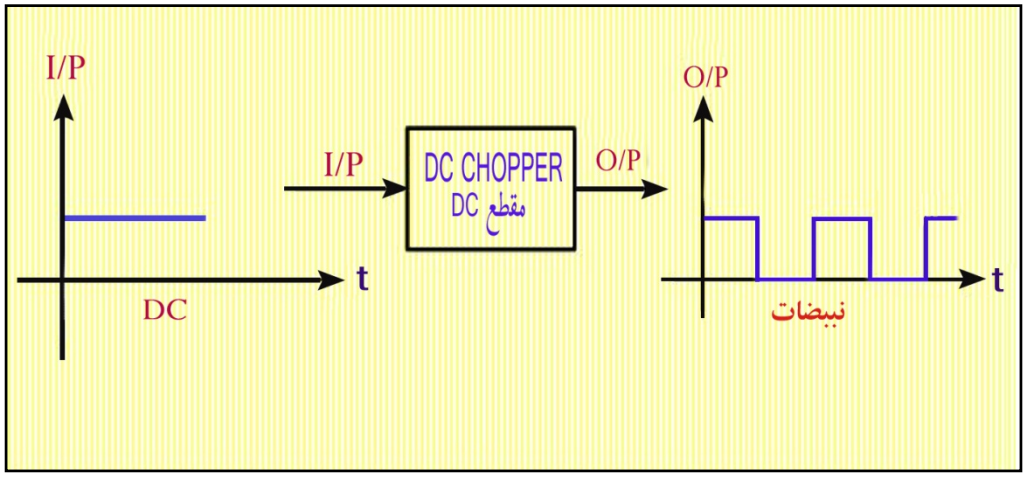
وإذا كان المصدر مستمراً نستخدم نظام التحكم بالمُقطع ( DC CHOPPER ) وذلك باستخدام الثايرستور كمفتاح، وهذه الطريقة أكثر كفاءة في عملية التحكم. والشكل رقم (7) يوضح مبدأ التحكم بالمُقطع حيث يتم تقطيع جهد البطارية (DC) لتعطي نبضات من التيار إلى الحمل.




الشكل رقم (7) مبدأ التحكم بالمُقطع

**تعريف المُقطع** (DC CHOPPER) :

يعرف المُقطع ببساطة على أنه مفتاح إلكتروني يوصل ويفصل تيار الدخل (المصدر) المستمر ويكون خرجه عبارة عن نبضات كما هو مبين في الشكل رقم (8) .

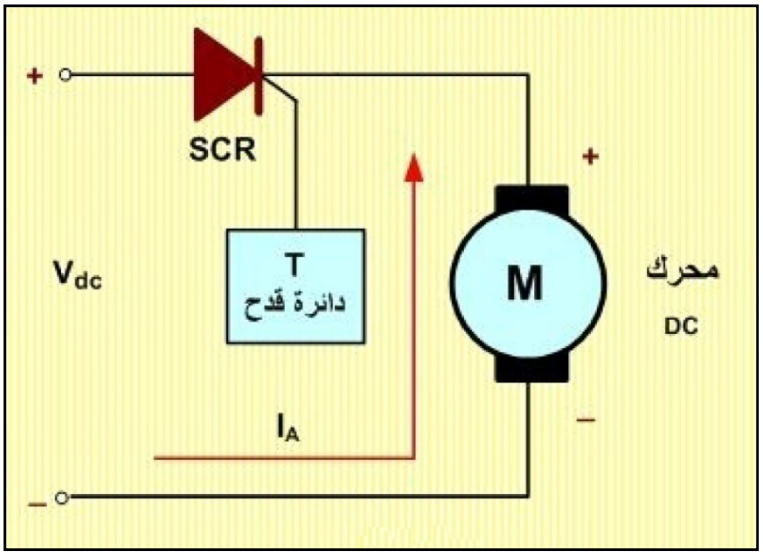



الشكل رقم (8) خرج المُقطع

**أساسيات دائرة التحكم بالمُقطع والشكل الموجي :**

- الشكل رقم (9) يوضح الدائرة الأساسية للتحكم بالمُقطع، وفي هذه الدائرة يقوم الثايرستور (SCR) بمد المحرك بالقدرة المستمرة للتوصيل والقطع (SWITCHING ON/OFF) .

ويتم التحكم في القيمة المتوسطة للجهد المستمر والتي يمدها المُقطع SCR للمحرك بزيادة وتقليل زمن التوصيل للثايرستور مع الحفاظ على التردد ثابتاً .

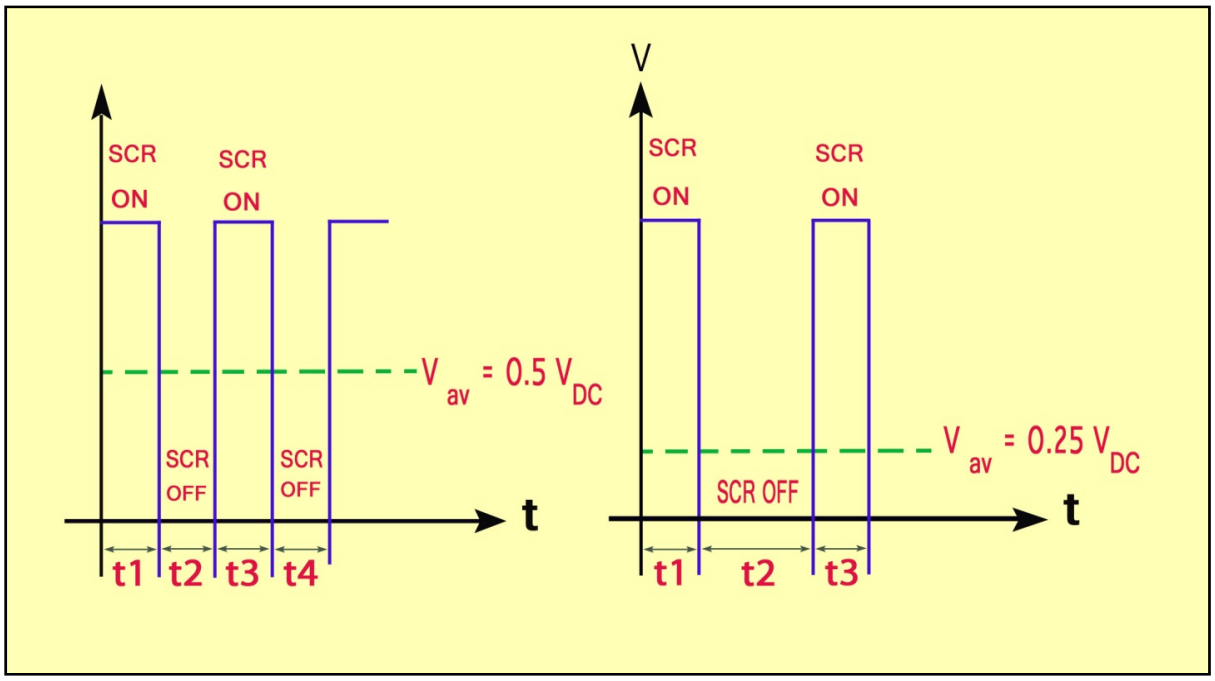



الشكل قم (9) الدائرة الأساسية للتحكم بالمُقطع

**أخي المتدرب:**

تناول العناصر الإلكترونية برفق وبعد تعرفك على مواصفاتها عاود تخزينها مرة أخرى مع المحافظة عليها من التلف .

- والأشكال الموجية الموضحة بالشكل رقم (10) تبين كيف يمكن التحكم في القيمة المتوسطة للجهد بتغيير زمن التوصيل والفصل للثايرستور SCR




الشكل رقم (10)

- وكذلك يمكن التحكم في القيمة المتوسطة لجهد المحرك وذلك بتغيير عرض النبضات .

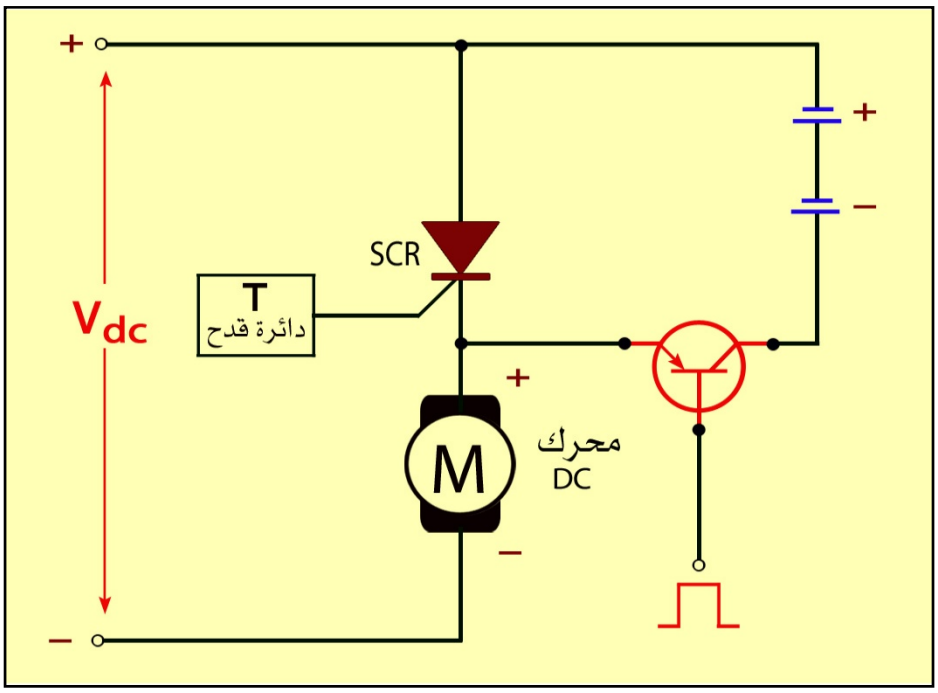
**التحويل بين الوصل والقطع للثايرستور SCR :**

- عندما يعمل الثايرستور مع مصدر (DC) وبعد قدحه وتحويله إلى حالة التوصيل ON فإنه يبقى في حالة توصيل حتى ولو تم رفع (إزالة) تيار البوابة عن الثايرستور، أي أن البوابة تفقد سيطرتها على الثايرستور ولا يمكن تحويله إلى حالة الفصل (OFF) إلا باستخدام طريقة واحدة من الطرق الآتية:

1- تقليل الجهد بين الأنود والكاثود إلى قيمة أقل من جهد الإمساك ($V_H$) .
2- عكس قطبية الجهد بين الأنود والكاثود .
3- جعل التيار بين الأنود والكاثود يساوي صفراً .

وحتى يتحول الثايرستور للإطفاء أو القطع (OFF) فإننا بحاجة لدائرة إطفاء مساعدة لكي نحصل على تشغيل متحكم فيه.

والشكل رقم (11) يوضح دائرة إطفاء خارجية تعمل على تطبيق جهد انحياز عكسي على طرفي الثايرستور ويتم ذلك بتطبيق نبضة على قاعدة الترانزيستور (Q) وعندئذ يكون الترانزيستور في حالة (ON) ويصبح كأنه دائرة قصر فيسمح لجهد البطارية العكسي بأن يطبق على طرفي SCR فيحوله إلى حالة القطع (OFF) .

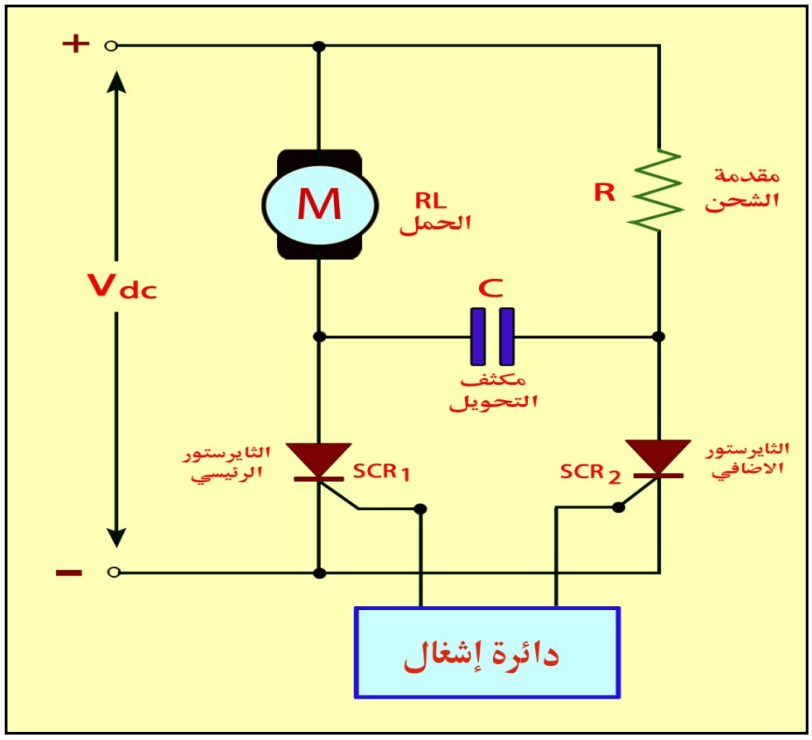



الشكل رقم (11) دائرة إطفاء خارجية

**أخي المتدرب:**

تجنب المزاح في الورشة وأثناء التدريب حتى تحمي نفسك وزملائك من الخطر .

- ويوجد طرق أخرى لإطفاء الثايرستور مثل استخدام ثايرستور آخر لإطفاء الثايرستور الرئيسي الموصل مع الحمل (المحرك) في دائرة الإطفاء الخارجية المساعدة وذلك كما في الشكل رقم (12).




الشكل رقم (12)

وتعتمد الدائرة في تشغيلها على أن ($SCR_1$ ، $SCR_2$) غير مسموح لهما بإمرار تيار أمامي في نفس الوقت. والمقاومة (R) تكون قيمتها عالية جداً. وعند إطلاق (إشعال) $SCR_1$ يوصل جهد المصدر عبر الحمل فيشحن المكثف (C) لهذا الجهد(جهد المصدر) من خلال المقاومة (R). وإذا أشعل $SCR_2$ فإن جهد المكثف العكسي سوف يطبق لحظياً عبر $SCR_1$ فيسبب إطفاء $SCR_1$ وبالتالي لا يوصل تياراً إلى الحمل . وعندما يشعل مرة ثانية $SCR_1$ فإن $SCR_2$ لا يوصل ويتكرر هذا التتالي.

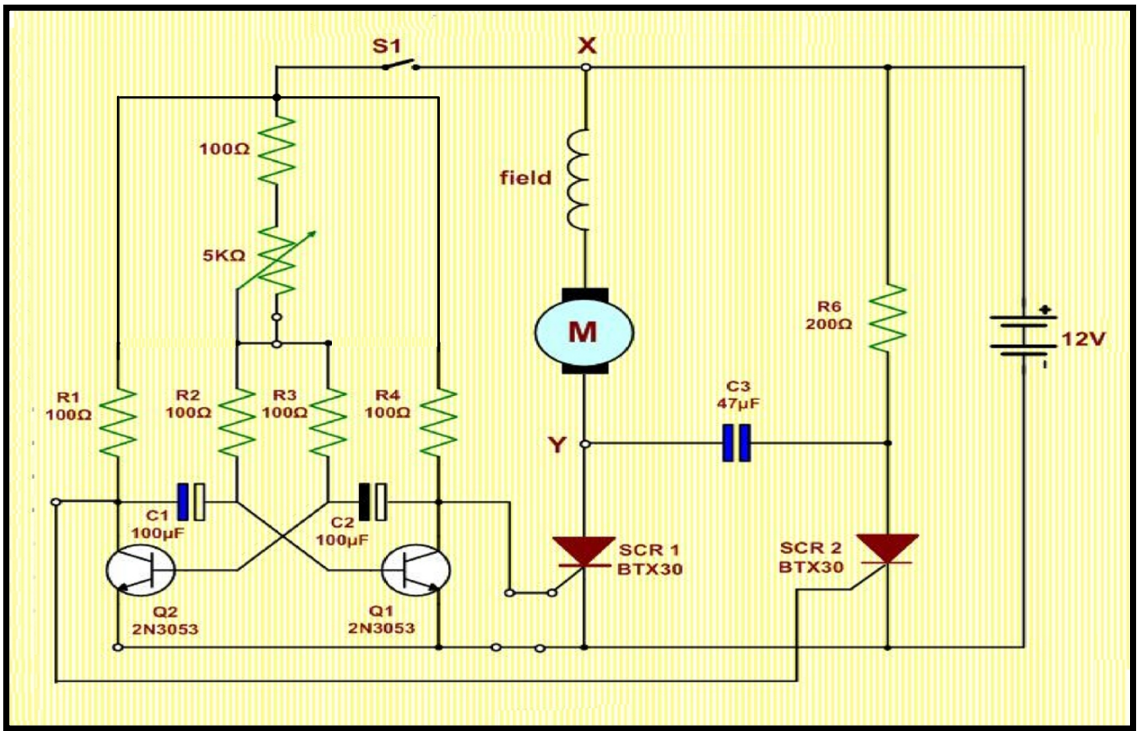
# تمرين عملي

**أخي المتدرب :**

يجب الانتباه إلى تثبيت المحرك جيداً أثناء إجراء التجربة حتى لا تؤدي حركته أثناء التجربة إلى وقوع أي أضرار بالمتدربين .

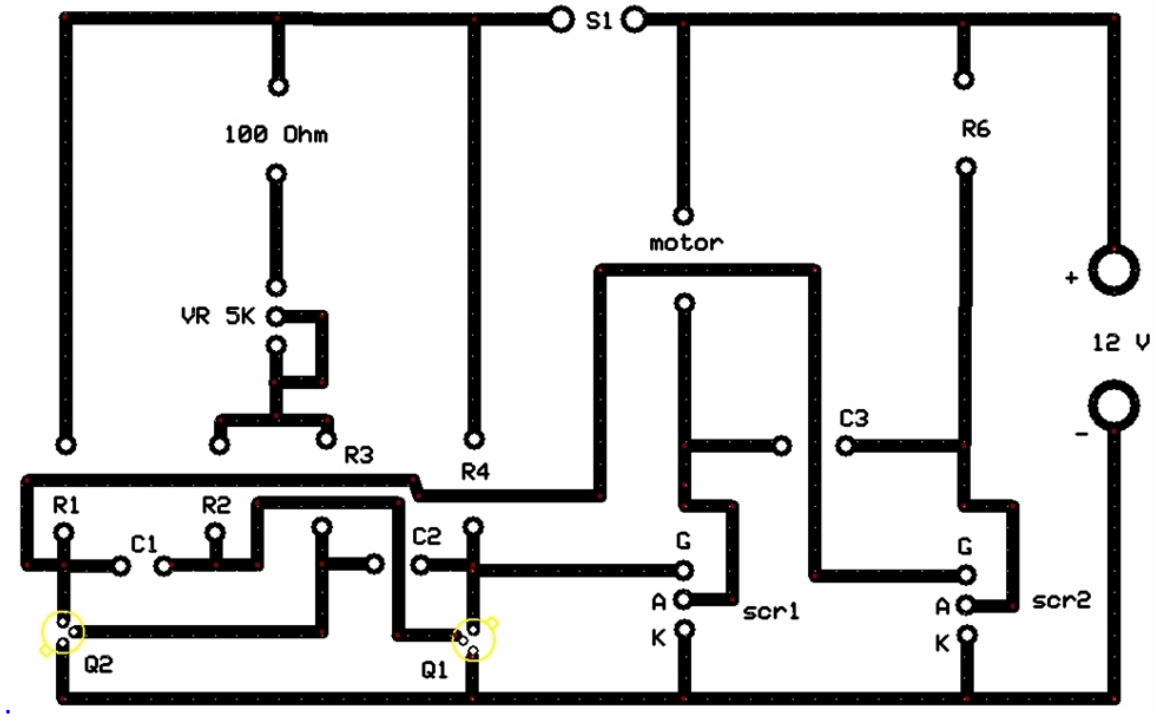
| | | | |
|---|---|---|---|
| **رقم التمرين** | (1) | **الزمن** | 12 ساعات |
| **اسم التمرين** | **التحكم في سرعة محرك** ( DC ) **باستخدام دائرة مقطع** | | |
| **الهدف من التمرين** | 1/ تنفيذ دائرة مقطع ( DC- CHOPPER ) للتحكم في سرعة محرك تيار مستمر (DC- MOTOR) باستخدام SCR .<br>2/ استخدام الفولتميتر لقياس الجهود على كل من الحمل والثايرستور .<br>3/ رسم الأشكال الموجية على كل من الحمل والترياك .<br>4/ استنتاج تأثير تغير المقاومة المتغيرة على سرعة المحرك . | | |
| **الأدوات المستخدمة** | 1/ مصدر جهد مستمر 12 VDC .<br>2/ جهاز أفوميتر .<br>3/ جهاز أوسلو سكوب .<br>4/ لوحة اختبار (TEST BOARD) . | | |
| **الخامات** | 1/ محرك تيار مستمر له قدرة 15W ويعمل على جهد 12V .<br>2/ ثايرستوران رقم (BTX30) أو(TIC126) أو ما يكافئه .<br>3/ ترانزستوران رقم (2N3053) أو المكافئ لهما .<br>4/ المقاومات: (5KΩ متغيرة )1W، (200Ω) 1W ، (2×100KΩ) 1W ، (3×100Ω)1W<br>5/ مكثفان : ( 47µF - 16V ) ، ( 2 × 100µF - 16V ) .<br>6/ مفـــتاح: ( ON/OFF SWITCH ) . | | |

## 1- المخطط النظري للتمرين:

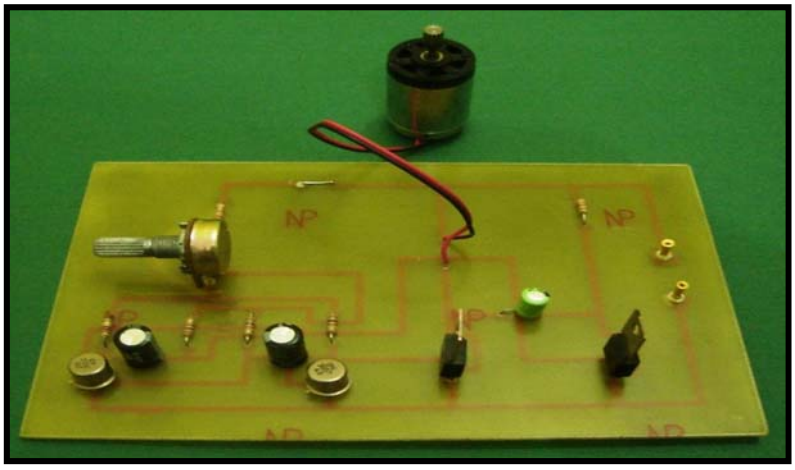



الشكل رقم (13)

## 2- المخطط العملي للتمرين ( مقترح )



## 3- الدائرة التنفيذية :



### وصف الدائرة :

- تتكون الدائرة من جزأين هما دائرة المذبذب المتعدد التوافقيات (غير المستقر) ودائرة المقطع والتي تحتوي على ثايرستورين ($SCR_1$، $SCR_2$) وكذلك المقاومة ($R_6$) والمكثف ($C_3$) بالإضافة إلى المحرك (الحمل). وتعتمد الدائرة في عملها على توليد نبضتين متعاكستين من المذبذب الذي يمكن التحكم في تردده عن طريق المقاومة (R). ويتم الربط بين دائرة المقطع ودائرة المذبذب عن طريق المفتاح ($S_1$) .

عند توصيل مصدر الجهد إلى الدائرة وغلق المفتاح ($S_1$) يتم قدح ($SCR_1$) بنبضة خرج المذبذب وفي نفس الوقت يتم شحن المكثف ($C_3$) عن طريق المقاومة ($R_6$) وأنود الثايرستور ($SCR_1$) الذي يكون في حالة توصيل (ON) وبالتالي يدور المحرك نتيجة مرور التيار خلاله ويستمر المحرك بالدوران بجهد المصدر حتى يتم تطبيق نبضة المذبذب الثانية على بوابة الثايرستور ($SCR_2$) والذي يعمل كمفتاح وبالتالي يوصل الطرف الموجب للمكثف ($C_3$) إلى الأرضي وعندها تجبر شحنة المكثف ($C_3$) مصعد الثايرستور ($SCR_1$) على التأرجح للقيمة السالبة لحظياً ، وبذلك يعكس انحياز ($SCR_1$) ويتسبب في قطعه (أي تحويله لحالة OFF) مما يؤدي إلى فصل الجهد عن المحرك لمدة فصل ($SCR_1$) .

وبالتالي تقل سرعة دوران المحرك .

وتتكرر الدورة مرة أخرى بتطبيق نبضة على بوابة ($SCR_1$) مما تسبب في قدحه مرة ثانية وبالتالي يرتفع الجهد على المحرك مرة ثانية وتتكرر العملية .

وعن طريق تغيير تردد المذبذب يمكن أيضا التحكم في زمن عرض النبضة وبالتالي التحكم في زمن إشعال وإطفاء الثايرستور ($SCR_1$) والذي يتحكم في الجهد المطبق على ملفات المحرك .

**الخطوات :**

1. قم بتنفيذ الدائرة المبينة في الشكل السابق على لوحة مطبوعة .
2. قم بتثبيت المحرك جيداً لإجراء القياسات عليه .
3. ضع المفتاح ($S_1$) على وضع (OFF) ثم وصل أطراف المحرك بين النقطتين ( X , Y ) .
4. قم بضبط مصدر الجهد المستمر على (12V) ثم وصله بالدائرة .

❖ هل يدور المحرك ؟ (نعم/لا) ..... ولماذا ؟

.....

.....

وصل القناة الأولى لجهاز الأوسيلوسكوب بين النقطتين ( X , Y ) مع أطراف المحرك .

5. اضبط المقاومة المتغيرة (R) على أقصى قيمة لها ثم أغلق المفتاح ($S_1$) أي ضعه على الوضع (ON).

ولاحظ كلاً من سرعة المحرك والشكل الموجي على الأوسيلوسكوب .

6. استخدم جهاز الفولتميتر على وضع (DC) لقياس الجهد على أطراف كل من المحرك و (SCR)- ثم قم برسم أشكال الموجات على (SCR) والمحرك. على الأشكال (2 , 1) .
7. قم بتقليل قيمة المقاومة المتغيرة ( R ) إلى أقل قيمه لها ثم تابع ولاحظ ماذا يحدث لسرعة المحرك وكذلك الأشكال الموجية على جهاز الأوسيلوسكوب, ثم قس الجهد على أطراف كل من (SCR) والمحرك.
8. قم بتقليل قيمة المقاومة ( R ) على أقل قيمة لها ، ولاحظ ماذا يحدث لسرعة المحرك وكذلك الشكل الموجي على جهاز الأوسيلوسكوب.

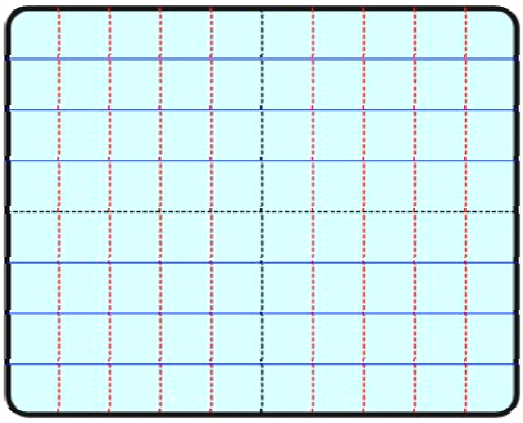
❖ ( هل تزداد سرعة المحرك أم تقل ) ؟

.....

- ارسم الأشكال الموجية للخطوة ( **6** , **7** ) (على الأشكال 4 , 3 , 2 , 1 ).

| $V_{AK}$ (DC-V) | |
|---|---|
| $V_{XY}$ (DC-V) | |

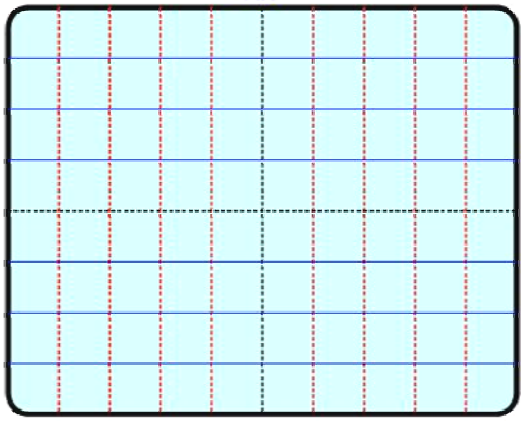
$V_{AK}$



الشكل(1)

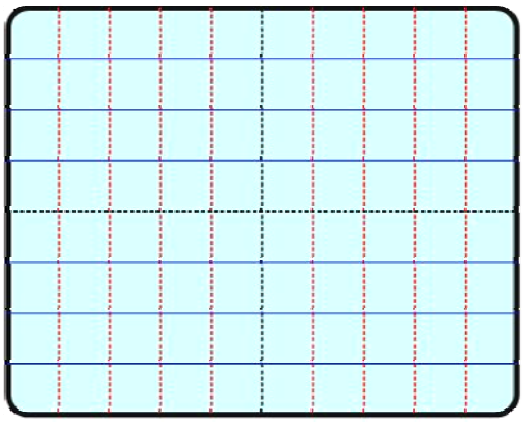
| $V_{AK}$ (DC-V) | |
|---|---|
| $V_{XY}$ (DC-V) | |

$V_{AK}$



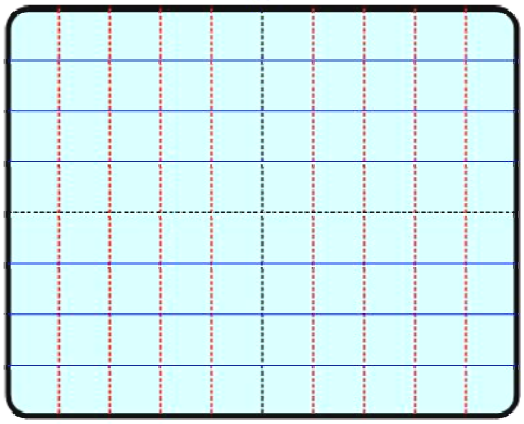
الشكل(3)

$V_{XY}$



الشكل(2)

$V_{XY}$



الشكل(4)

**الاستنتاج :**

- اكتب استنتاجك للنتائج التي حصلت عليها وبين العلاقة بين تغيير المقاومة (R) وسرعة المحرك .

.....

.....

.....

**أخي المتدرب:**

تدرب على استخدام طفايات الحريق المختلفة،واحرص على معرفة مكان حقيبة الإسعافات الأولية داخل الورشة ، لتنتفع بها والآخرون عند الحاجة .

**أسئلة تقويم :**

س1/لماذا لم يدر المحرك قبل غلق المفتاح ( $S_1$ ) ؟

س2/ما فائدة الثايرستور (SCR2) في هذه الدائرة ؟

س3/بين تأثير تغير المقاومة (R) على سرعة المحرك ؟

س4/ما فائدة كل من المقاومة (R6،C3) في هذه الدائرة ؟

س5/استعن بأشكال الموجات التي حصلت عليها من خلال النتائج واشرح بإيجاز مبدأ عمل هذه الدائرة؟

س6/لماذا يتم توصيل مخرجي المذبذب المتعدد التوافقيات (غير المستقر) إلى بوابتي (SCR1 ، SCR2) ؟

# الوحدة الخامسة

## التحكم في سرعة محركات التيار المتردد

## اسم الوحدة : التحكم في سرعة محركات التيار المتردد

**الجـــــدارة:** قدرة المتدرب على تطبيق دوائر التحكم في سرعة محرك التيار المتردد

**الأهداف :**

1/ التعرف على أنواع محركات التيار المتردد (AC) ومبدأ عملها .

2/ التعرف على كيفية التحكم في سرعة المحركات أحادية الوجه .

3/ استخدام الدياك والترياك للتحكم في سرعة محرك تيار متردد في نظام تحكم مفتوح المسار .

4/ مشاهدة العلاقة بين التغير في الجهد المطبق على المحرك والتغير في السرعة .

5/ أن يتقيد المتدرب بالسلوك المهني السليم ويحرص على اتباع إجراءات الأمن والسلامة أثناء تدربه في الورشة

**مستوى الأداء المطلوب:** أن يصل المتدرب إلى إتقان الجدارة بنسبة 90٪

**الوقت المتوقع للتدريب على الجدارة:** ( 12 ) ساعة.

**الوسائل المساعدة :**

- الاستعانة بدائرة مفتاح خافض الإضاءة (DIMMER) للتحكم في شدة إضاءة لمبة أو التحكم في سرعة مروحة مثل الدائرة المستخدمة في الوحدة الثالثة مع الترياك.
- محرك تيار متردد أحادي الوجه.
- وسائل الأمن والسلامة.
- جهاز عرض علوي (DATA SHOW).

**متطلبات الجدارة:**

أن يكون المتدرب متمكناً من تطبيق دوائر التحكم في سرعة محرك التيار المتردد من خلال تدربه على مفردات هذه الحقيبة التدريبية متبعاً إجراءات الأمن والسلامة والسلوك المهني السليم.

## السلوك المهني الذي يجب التقيد به خلال التدريب على مفردات هذه الوحدة التدريبية

**أخي المتدرب:**

إن تطبيقك للسلوك المهني السليم أثناء تدربك على مفردات هذه الوحدة هو الطريق الأمثل لنجاحك وتفوقك واكتساب احترام وتقدير الآخرين وتجنبك للحوادث المحتمل حدوثها أثناء تواجدك في بيئة العمل ومن هذه السلوكيات ما يلي:

1/ تقيدك بالزي المخصص للتدريب ووسائل السلامة المناسبة مثل حذاء السلامة ونظارات السلامة أثناء العمل في الورشة أو المختبر دليل وعيك.

2/ احرص على تنظيم وترتيب العدد والأدوات بشكل منظم ومرتب وفي أماكنها الخاصة.

3/ داوم على المحافظة على نظافة الورشة والمختبر ومكان العمل.

4/ التزم بالمحافظة على الهدوء والنظام في الورشة والمختبر ومكان العمل .

5/ احرص على حسن التعامل مع المدربين والتعاون معهم.

6/ تقيد بالإرشادات والأنظمة المتبعة في الورشة والمختبر ومكان العمل.

7/ احرص على حسن التعامل مع زملائك المتدربين والتعاون معهم.

8/ تحل بالأخلاق والتعاليم الإسلامية في تعاملك وأثناء عملك.

9/ عند رغبتك في التعرف على أي جهاز جديد بالورشة اطلب مساعدة المدرب لتوضيحه لك.

10/ لا تخرج من الورشة دون إذن المدرب.

11/ حافظ على وقت التدريب بحضورك مبكراً ومغادرتك مع نهاية الوقت.

12/ حافظ على العدد والأدوات من الضياع أو التلف فهي مسؤوليتك.

## إجراءات الأمن والسلامة عند دراسة التحكم في سرعة محركات التيار المتردد

1/ تقيد بلباس التدريب داخل الورشة والتزم بمتطلبات السلامة الأخرى .

2/ تقيد باستخدام العدد والأدوات حسبما أعدت له ولا تستخدم أداة خاصة لعمل معين في عمل مغاير .

3/ تدرب على استخدام طفايات الحريق.

4/ يجب وضع كاوية اللحام في مكانها المناسب بعد إجراء اللحام مباشرة .

5/ احذر حدوث إلتماس بين جسم الكاوية الساخن وكابل توصيل التيار الكهربي لها .

6/ احذر من لمس الأحماض الخاصة بعملية تحميض البوردات واحرص على لبس القفازات.

7/ احذر من استنشاق الأبخرة المتصاعدة من عملية التحميض وإن كانت بسيطة واحرص على لبس كمامات على الأنف .

8/ احذر عند تسخين الماء المستخدم في عملية التحميض وتجنب المزاح مع زملاءك .

9/ لا تعبث بالعدد والأدوات في الورشة فقد تتسبب في حوادث مؤسفة لك ولغيرك لا قدر الله.

10/ كن على حذر في نقل الأدوات والعدد أو مناولتها لزملائك وناولها يداً بيد.

11/ تجنب المزاح في الورشة وأثناء التدريب حتى تحمي نفسك وزملاءك من الخطر .

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

13/ عند الانتهاء من العمل احرص على تنظيم وترتيب العدد بشكل منظم ومرتب في أماكنها الخاصة .

# مقدمة

لقد أصبحت محركات التيار المتردد في الآونة الحديثة، تحتل مساحة كبيرة في الصناعة ولقد جاء هذا الاهتمام بمحركات التيار المتردد بسبب ما تتميز به هذه المحركات عن محركات التيار المستمر ومن هذه المميزات:

1. محركات التيار المتردد كثيراً ما يكون حجمها أصغر من محركات التيار المستمر (DC) المكافئة لها في نفس القدرة الميكانيكية.
2. صيانة محركات (AC) أقل تكلفة من صيانة محركات (DC).
3. محركات (AC) أكثر أمناً من محركات (DC) وذلك لوجود الفرش الكربونية في محركات (DC) والتي يمكن أن يتولد عنها شرر كهربائي.
4. تعمل محركات (AC) على سرعات عالية مقارنة بمحركات (DC) حيث إن أقصى سرعة لمحركات (DC) هي (2500 R.P.M) بينما محركات التيار المتردد الحثية لها ضعف هذه السرعة .

إن محركات التيار المتردد عادة تكون ثلاثية الأوجه، وتصنع من جزأين أساسيين: جزء ثابت يدعي العضو الساكن (STATOR) وجزء متحرك يدعى العضو الدوار (ROTOR). ولكن في كثير من التطبيقات لا يتوفر مصدر تغذية ثلاثي الأوجه وقد أدى هذا إلى تطوير وإنتاج نوع آخر من المحركات يسمى المحرك الحثي الأحادي الوجه وهو يشبه المحرك الحثي الثلاثي الوجه من حيث مبدأ التشغيل. ولكن بسبب تشغيله من مصدر أحادي الوجه فإن ملفات العضو الساكن تختلف بشكل واضح عما هي عليه في المحرك الحثي ثلاثي الوجه.

وهناك فرق آخر بين المحرك الحثي الثلاثي الأوجه والمحرك الحثي أحادي الوجه وهو يتعلق ببدء (STARTING) هذه المحركات.

وتستخدم طرق خاصة لبدء المحركات الحثية أحادية الوجه لتكون مشمولة في المحرك وتعتبر جزءاً مكملاً للأجزاء الرئيسية الأخرى للمحرك .

**أخي المتدرب:**

إن العدد والأدوات داخل الورشة لك ولزملاءك المتدربين فحافظ عليها.

**مبدأ عمل المحرك الحثي أحادي الوجه :**

- يعتمد مبدأ تشغيل المحرك الحثي أحادي الوجه على إنتاج مجال دوار . فعند مرور تيار متردد في ملف العضو الساكن فإنه ينتج مجالاً مغناطيسياً نابضاً (PULSATED) مع الوقت بسبب التيار المتردد ولكن هذا المجال لا يدور ولا يساعد على دوران العضو المتحرك، ولكن إذا أمكن تحليل هذا المجال المغناطيسي إلى مجالين مغناطيسيين متساويين يدوران في اتجاهين متعاكسين. وبسرعة زاوية ثابتة مقدارها يساوي سرعة التزامن، فإنه سوف يستحث من كل مجال تياراً في العضو الدوار ينتجان عليه عزمين متعاكسين وطالما أن العضو الدوار متوقف فإن هذين المجالين يتعادلان وتكون محصلتهما تساوي صفراً ، مما لا يسبب أي حركة.

فإذا تفوق أحد العزمين على الآخر . فهذا يساعد العضو الدوار في دورانه في حين يقاوم العزم الآخر هذا الدوران ولكن العضو الدوار يستمر في حركته باتجاه دوران المجال الأقوى.

- وعلى ذلك يتطلب لتشغيل المحرك الحثي الأحادي الوجه استعمال آلة للبدء تعمل على تسريع العضو الدوار إلى السرعة اللازمة للبدء. ويتم هذا البدء بإدخال ملف إضافي مع مقاومة على التوالي معه في العضو الساكن ويوصل على التوازي مع الملف الرئيسي ويسري في هذا الملف المساعد (AUXILIARY WINDING) تيار (IA) يختلف في الطور (OUT OF PHASE) بالنسبة إلى التيار (I) المار في الملف الأساسي وذلك بسبب وجود المقاومة فيه .

كما يولد التيار (IA)مجالاً مغناطيسياً مختلف في الطور مع المجال الرئيسي فينتج عن هذين المجالين مجال دوار قادر على بدء المحرك وعندما تصل سرعة المحرك إلى قيمة معينة ينفصل الملف المساعد بواسطة مبدل طرد مركزي ( CENTRIFUGAL SWITCH).

وهناك طريقة أخرى للحصول على زاوية فرق في الطور بين المجالين، وذلك بإدخال مكثف بدلاً من المقاومة. وهذه الطريقة ذات مزايا تفوق طريقة إدخال المقاومة.

**التحكم في سرعة المحركات أحادية الطور :**

يمكن التحكم بسرعة محركات التيار المتردد التزامنية أو الحثية أحادية الطور أو ثلاثية الطور باستخدام إحدى الطرق الآتية:

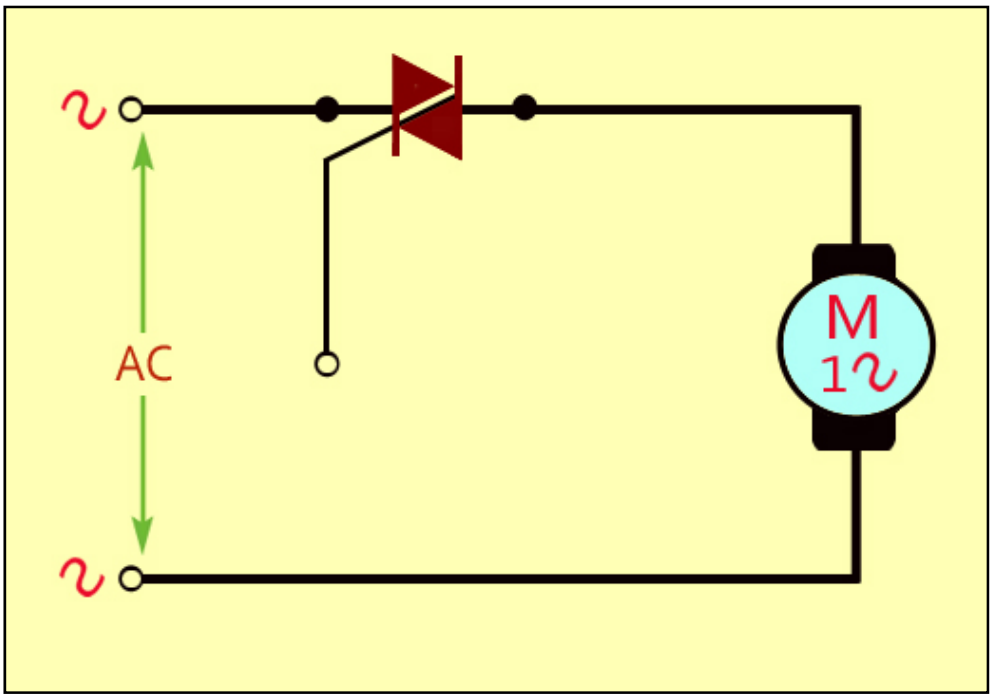
1/ تغيير التردد الكهربائي .

2/ تغيير عدد أقطاب المحرك .

3/ تغيير الجهد الطرفي المطبق على المحرك .

وحيث إن التجهيز العملي للتحكم بسرعة المحركات باستخدام تغير التردد أصعب من أن يذكر في هذه المادة لأنه يتطلب لتنفيذه دوائر كثيرة ومعقدة جداً لذلك سوف نقوم بدراسة كيفية التحكم بالسرعة عن طريق تغيير الجهد المطبق على أطراف المحرك .

ويعتبر تغيير الجهد الطرفي المطبق على المحرك من أكثر الطرق الثلاثة شيوعاً ، ويعود الفضل في ذلك إلى استخدام العناصر الإلكترونية والتي سبق دراسة خصائصها من قبل ومن أمثلة العناصر الإلكترونية والتي تستخدم في تنظيم سرعة محركات التيار المتردد (الثايرستور والترياك) والشكل رقم (1) يبين كيفية توصيل (ربط) الترياك على التوالي مع أطراف الجهد والمحرك.

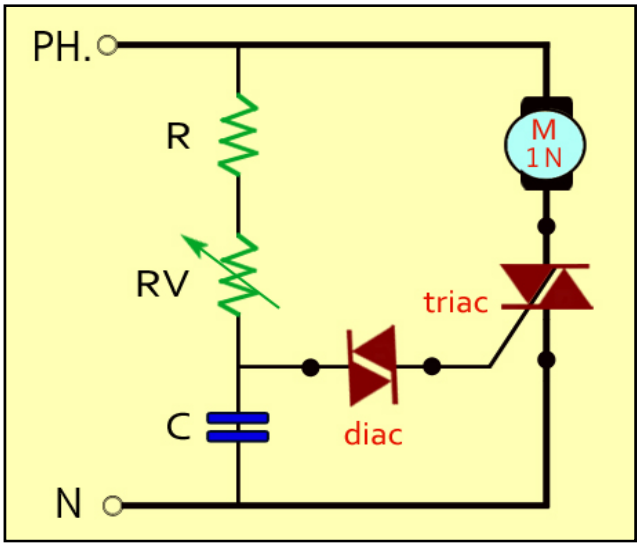



الشكل رقم (1) كيفية توصيل (ربط) الترياك على التوالي مع أطراف الجهد والمحرك.

**التحكم المفتوح المسار أحادي الوجه لمحرك (AC) باستخدام تريك وديك :**

- يبين الشكل رقم (2) دائرة تستخدم للتحكم في القدرة المطبقة على محرك تيار متردد وتسمى هذه الدائرة باسم دائرة تحكم في مسار مفتوح (OPEN LOOP) (أي يستخدم فيها التحكم اليدوي لضبط سرعة المحرك) ولذلك فإن لهذا النظام مساوئ منها عدم الدقة في عملية الضبط و استهلاك جزء كبير من القدرة في المقاومة.

وهذه الدائرة هي عبارة عن شبكة (RC) يستخدم فيها الدياك لقدح التريك، والتريك يستخدم كمفتاح ليمد المحرك بالقدرة أثناء فترة توصيله .




الشكل رقم (2) دائرة تحكم في مسار مفتوح (OPEN LOOP)

**طريقة عمل هذه الدائرة:**

كما نعلم فإنه عند تطبيق جهد عبر أطراف الدياك يكون أكبر من جهد القطع ($V_{BR}$) فإن مقاومة الدياك تنخفض إلى قيمة منخفضة جداً وتكون هذه الخاصية متماثلة عند انعكاس الفولطية (أي في نصف الموجة الموجب والسالب للتيار المتردد ).

وعندما تصل الفولطية على أطراف المكثف (C) نتيجة لضبط المقاومة المتغيرة إلى قيمة جهد التحول للدياك فإن الدياك يقدح ويأخذ المكثف بالتفريغ عبر الدياك وبوابة التريك وبذلك يتم تزويد بوابة التريك بالنبضة اللازمة للقدح ويتم تطبيق القدرة على المحرك.

ويعطي الدياك نبضتين متعاكستين لكل دورة للإشارة الجيبية وتتباعد هذه النبضات بمقدار ($180^o$) ويعتمد موقعها على الثابت الزمني (RC) باستخدام المقاومة المتغيرة (R) ليمكن تنظيم الثابت الزمني وبالتالي يمكن تغيير سرعة المحرك .

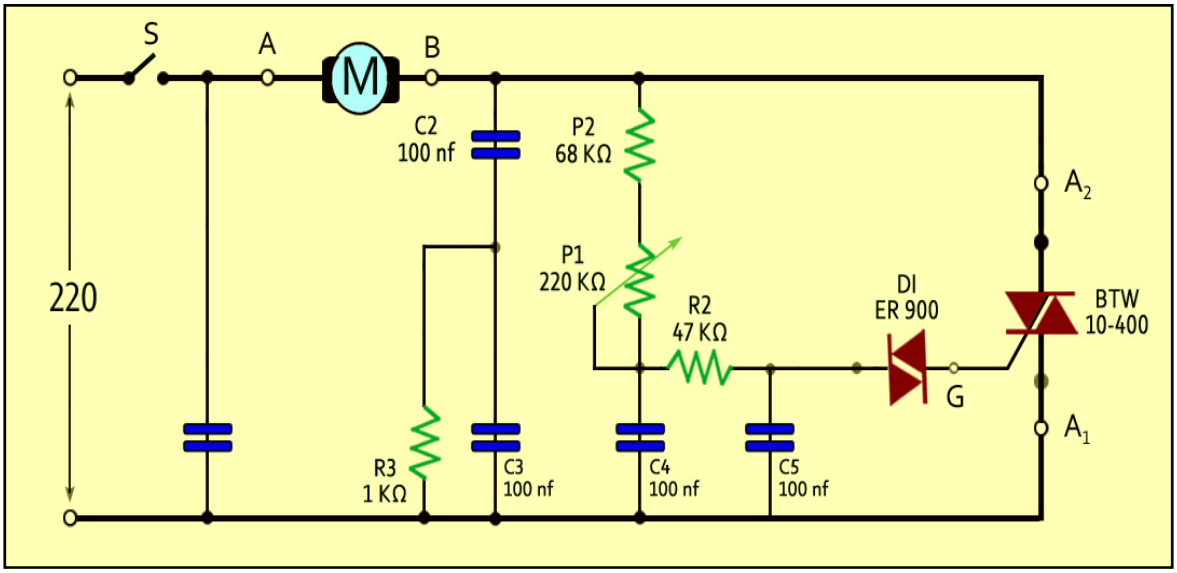
# تمرين عملي

**أخي المتدرب:**

يجب مراعاة شروط الأمن والسلامة أثناء التعامل المباشر مع مصدر الجهد (240V) وذلك بعدم لمس أطراف المحرك أو أطراف التريالك أثناء قياس الجهد أو مشاهدة الموجات على جهاز الأوسيلوسكوب .

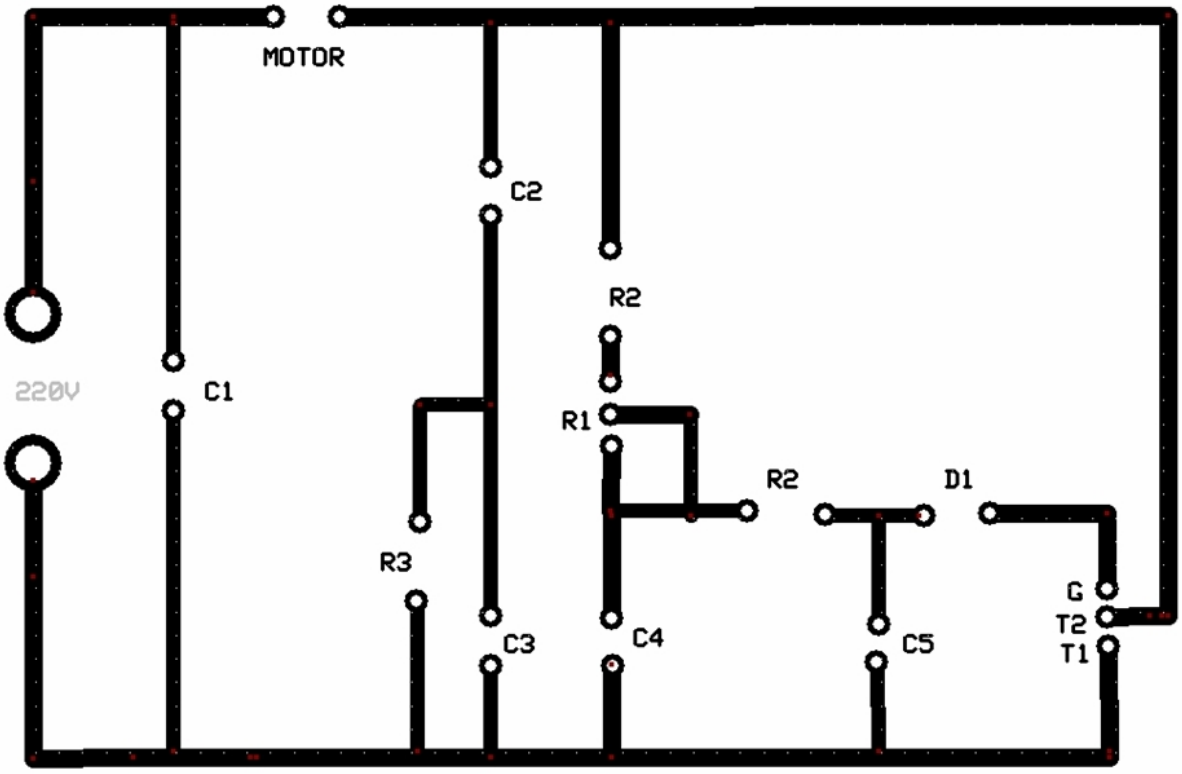
| | | | |
|---|---|---|---|
| **رقم التمرين** | (1) | **الزمن** | 12 ساعات |
| **اسم التمرين** | **التحكم في سرعة محركات التيار المتردد (AC) في نظام تحكم مفتوح النظام** | | |
| **الهدف من التمرين** | 1/ استخدام الدياك والتريالك للتحكم في سرعة محرك (AC) في نظام تحكم مفتوح المسار.<br>2/ مشاهدة العلاقة بين التغير في الجهد المطبق على المحرك والتغير في السرعة.<br>3/ تغيير زاوية قدح التريالك ومشاهدة تأثير ذلك على سرعة المحرك . | | |
| **الأدوات المستخدمة** | 1/ لوح اختبار (TEST BOARD) .<br>2/ جهاز قياس فولتميتر .<br>3/ جهاز الأوسيلوسكوب . | | |
| **الخامات** | 1/ محرك عام أحادي الطور (الوجه) يعمل على جهد 220 V .<br>2/ تريالك ( TIC226 ) أو ( BTW 10-400 ) أو ما يكافئه .<br>3/ ديـاك ( ER900 ) أو ما يكافئه .<br>4/ مقاومة متغيرة (220 KΩ - 2W) .<br>5/ المقاومات: ½W (68KΩ , 47KΩ, 1KΩ) .<br>6/ المكثفات : ( 4 X 100 NF -400V) (220 NF – 400V) من نوع السيراميك .<br>7/ ملـف: (200 µH) .<br>8/ مفتاح : ON/OFF – SWITCH | | |

1- **المخطط النظري للتمرين:**




الشكل رقم (3)

2- **المخطط العملي للتمرين (مقترح)**



## 3- الدائرة التنفيذية :

**الخطوات :**

1/ قم بإنشاء الدائرة المبينة في الشكل (3) على لوحه مطبوعة مع مراعاة سمك خطوط التوصيل لتحمل شدة التيار الذي سوف يمر عبر المحرك.

2/ قم بتثبيت المحرك (خارج الدائرة) على الطاولة قبل أن توصل أطرافه.

3/ قم بفتح المفتاح (S) وعدم توصيل القدرة للدائرة .

4/ قم بضبط جهاز الفولتميتر على وضع (AC) وعلى تدريج مناسب (220V)، ثم وصل جهاز الفولتميتر بين النقطتين (B, A).

5/ اضبط المقاومة المتغيرة (P1) على أقصى قيمة لها (حتى لا يبدأ المحرك بالدوران عند تطبيق القدرة على الدائرة).

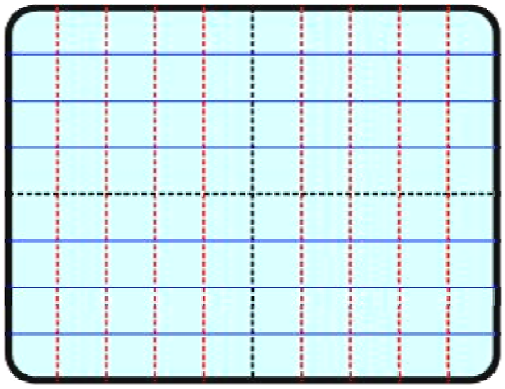
6/ اغلق المفتاح (S) وطبق مصدر التغذية المتردد (220V). هل يدور المحرك؟..... ولماذا؟.....

7/ قم بتقليل قيمة المقاومة المتغيرة (P1) ببطء حتى يبدأ المحرك بالدوران وسجل قيمة الجهد عند هذه الحالة (VOLT) ..... = V (A , B )

8/ قم بتغيير المقاومة المتغيرة حتى تكون قراءة الفولتميتر (120V) ولاحظ ماذا يحدث لسرعة المحرك .

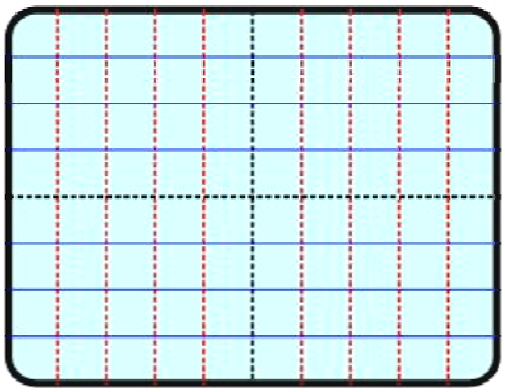
9/ استمر في تغيير قيمة المقاومة المتغيرة حتى تحصل على أكبر سرعة للمحرك وعندئذ سجل قيمة الجهد على الفولتميتر . (VOLT) = $V_{(A , B)}$ .....

10/ قم بمحاولة رسم أشكال الموجات على أطراف الترياك بين ($A_1$,$A_2$) وعلى أطراف المحرك بين (A,B) وذلك عند كل ضبط لقيمة المقاومة ($P_1$) وذلك بالتزامن مع بعضها البعض .



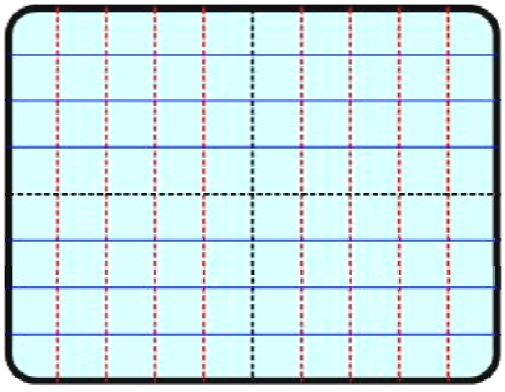
الشكل(1)
شكل الجهد على الترياك

| المقاومة المتغيرة (P1) عند أقصى قيمة | |
|---|---|
| | قياس الجهد ( A , B ) ( $V_{P.P}$ ) |
| | قياس الجهد (A2 , A1) ( $V_{P.P}$) |

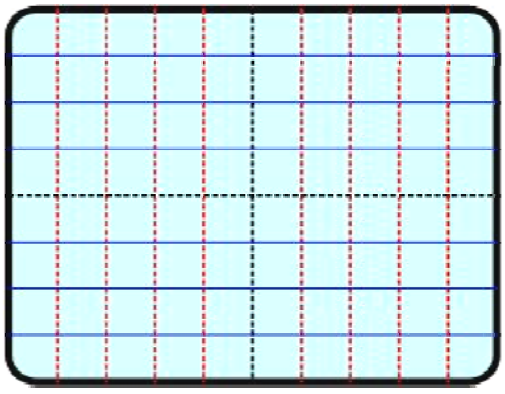


الشكل(2)
شكل الجهد على المحرك

| المقاومة المتغيرة (P1) عند أقل قيمة لها | |
|---|---|
| | قياس الجهد ( A , B ) ( $V_{P.P}$ ) |
| | قياس الجهد (A2 , A1) ( $V_{P.P}$) |



الشكل(3)
شكل الجهد على الترياك



الشكل(4)
شكل الجهد على المحرك

**أخي المتدرب:**

بعد الانتهاء من أخذ القياسات على التمرين افصل مصدر الطاقة وأعد ترتيب طاولة العمل .

**الاستنتاج :**

من خلال النتائج التي حصلت عليها – اكتب استنتاجك من خلال العلاقة بين تغير الجهد المطبق على المحرك وسرعته .

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**أسئلة التقويم :**

س1/ من خلال النتائج التي حصلت عليها هل سرعة المحرك تتغير مع تغير الجهد المطبق عليه ؟

س2/ ما فائدة ضبط المقاومة المتغيرة (P1) في كل مرة .؟

س3/ ما فائدة كل من: الدياك والترياك والمكثف (C1) في هذه الدائرة ؟

س4/ هل هذه الدائرة تقوم بالتحكم في سرعة محرك التيار المتردد في نظام مفتوح أم في نظام مغلق؟

س5/ بين العلاقة بين تغيير زاوية قدح الترياك وكل من :

أ- تغيير قيمة المقاومة المتغيرة ($P_1$).

ب- الجهد على أطراف المحرك بين النقطتين (A , B) .

جـ- سرعة المحرك .

## المراجـع العربية

| اسم المرجع | المؤلف |
|---|---|
| 8/تقنية الإلكترونيات - الجزء الأول ( أ ). | |
| 9/ إلكترونيات القوى. | |

## المراجـع الأجنبية

| اسم المرجع | المؤلف |
|---|---|
| 1/ BASIC ELECTRONICS (FIFTH EDITION) | A TEXT – LAB MANUAL - PAUL B.ZBAR - ALBERT P. MALVINO |
| 2/INDUSTRIAL ELECTRONICS (THIRD EDITION) | A TEXT – LAB MANUAL - PAUL B.ZBAR |
| 3/MODERN INDUSTRIAL ELECTRONICS (THIRD EDITION) | - TIMOTHY J.MALONEY |
| 4/ ELECTRONICS FOR TODAY AND TOMRROW | - TOM DUNCAN |
| 5/ POWER SUPPLIES SWITCHING REGULATORS INVERTERS AND CONVERTERS | - BY IRVING M.GOTTLIEB |
| 6/ CONTROL DEVICES AND STEPPER MOTORS | |
| 7/ POWER ELECTRONICS AND CONTROL | - R.S. RAMS HAW , LONDON 1973 |