إدارة المناهج والكتب المدرسية

كهرباء المركبات

العلوم الصناعية الخاصة والتدريب العملي

الفصل الدراسي الثاني

الصف الحادي عشر

الفرع الصناعي

إعداد

وزارة التربية والتعليم

بالتعاون مع

الوكالة الكورية للتنمية الدولية KOICA

والوكالة الألمانية للتعاون الدولي GIZ

الناشر

وزارة التربية والتعليم

إدارة المناهج والكتب المدرسية

يسر إدارة المناهج والكتب المدرسية استقبال آرائكم وملاحظاتكم على هذا الكتاب على العناوين الآتية:

هاتف: 8-5/4617304، فاكس: 4637569، ص.ب: 1930، الرمز البريدي: 11118

أو بوساطة البريد الإلكتروني: E-mail: VocSubjects.Division@moe.gov.jo

قرّرت وزارة التربية والتعليم تدريس هذا الكتاب في مدارس المملكة الأردنية الهاشمية جميعها، بناءً على قرار مجلس التربية والتعليم رقم (2020/18)، تاريخ 2020/5/4م، بدءًا من العام الدراسي 2021/2020م.

الحقوق جميعها محفوظة لوزارة التربية والتعليم

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(2020/7/2375)
ISBN:978-9957-84-970-2

اللجنة الضابطة لتأليف هذا الكتاب

د. محمد سلمان كنانة — د. أسامة كامل جرادات
د. زايد حسن عكور — د. زبيدة حسن أبوشويمة
م. حمد عزات أحمرو — م. باسل محمود غضية
م. عبد الناصر سعيد حماد — بكر صالح عليان
م. عبد المجيد حسين أبو هنية — م. حمّاد محمد أبو الرشتة

التحرير العلمي: م. حمّاد محمد أبو الرشتة

التحرير اللغوي: د. خليل إبراهيم القعيسي — التحرير الفني: أنس خليل الجرابعة

التصميم: عائد فؤاد سمور — الإنتاج: سليمان أحمد الخلايلة

دقق الطباعة وراجعها: م. محمد عبد اللطيف أبو رحمة

الطبعة الأولى
1442هـ / 2020م

أعيدت طباعته
2021م

منهاجي
متعة التعليم الهادف

قائمة المحتويات

الموضوع	الصفحة
الوحدة الرابعة: أساسيات الإلكترونيات	7
أولًا: المواسعات الكهربائية	10
التمرين الأول: توصيل المواسعات على التوالي وعلى التوازي وبطريقة مركبة	24
ثانيًا: الثنائيات شبه الموصلة	27
التمرين الثاني: فحص الثنائي وتحديد أطرافه وصلاحيته بالأفوميتر	39
ثالثًا: الترانزستور	43
التمرين الثالث: فحص الترانزستور وتحديد صلاحيته بالأفوميتر	51
التمرين الرابع: تحديد نوع الترانزستور بالأفوميتر	54
التمرين الخامس: فحص الترانزستور بجهاز فحص الترانزستور	57
رابعًا: الثايرستور	60
التمرين السادس: فحص الثايرستور من نوع (SCR) وتحديد أطرافه	66
التمرين السابع: التحقق من صلاحية الثايرستور	69
خامسًا: دارات التقويم والترشيح والتنظيم أحادية الطور	72
التمرين الثامن: استعمال جهاز راسم الإشارة (Oscilloscope)	84
التمرين التاسع: استعمال جهاز مولد الإشارة (function generator)	92
التمرين العاشر: بناء دارة تقويم نصف موجة أحادية الطور	95
التمرين الحادي عشر: بناء دارة تقويم نصف موجة أحادية الطور مع دارة ترشيح	98
التمرين الثاني عشر: بناء دارة تقويم نصف موجة أحادية الطور مع دارة ترشيح ومنظم جهد	101
التمرين الثالث عشر: بناء دارة تقويم موجة كاملة بوساطة القنطرة	104
التمرين الرابع عشر: بناء دارة تقويم موجة كاملة بوساطة محول ذي نقطة وسط	108
القياس والتقويم	112

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الموضوع	الصفحة

الوحدة الخامسة: أنظمة محركات بدء الحركة (السلف) 114

أولًا: محركات بدء الحركة..... 116

التمرين الأول: تحديد موقع عناصر الدارة الكهربائية لنظام بدء الحركة..... 123

التمرين الثاني: نزع محرك بدء الحركة عن المركبة وإعادة تركيبه..... 126

ثانيًا: أنواع محركات بدء الحركة..... 129

التمرين الثالث: فَكّ أجزاء محرك بدء الحركة ذي المفتاح المغناطيسي وإعادة تجميعها..... 143

التمرين الرابع: فَكّ أجزاء محرك بدء الحركة ذي مسنن تخفيض السرعة وإعادة تجميعها... 148

التمرين الخامس: فحص أجزاء محرك بدء الحركة بالأجهزة الخاصة وتحديد التالف منها 153

التمرين السادس: فحص عمل محرك بدء الحركة (حمل، من دون حمل)..... 158

ثالثًا: الدارات الكهربائية الخاصة بأنظمة بدء الحركة..... 162

التمرين السابع: توصيل الدارة الكهربائية لنظام بدء الحركة..... 169

التمرين الثامن: صيانة محركات بدء الحركة..... 172

القياس والتقويم..... 177

الوحدة السادسة: أنظمة التوليد والشحن..... 178

أولًا: أنواع المولدات (AC/DC)..... 180

التمرين الأول: تحديد أماكن العناصر المكونة لنظام التوليد والشحن 200

التمرين الثاني: نزع المولد عن المركبة وإعادة تركيبه..... 203

التمرين الثالث: فَكّ أجزاء المولد وإعادة تجميعه 206

التمرين الرابع: فحص أجزاء المولد وتحديد التالف منها بوساطة الأوميتر..... 209

ثانيًا: منظمات الجهد 214

التمرين الخامس: توصيل دارة نظام التوليد والشحن..... 222

التمرين السادس: فحص شحن المولد في المركبة وعلى طاولة العمل 225

ثالثًا: تشخيص أعطال أنظمة التوليد والشحن وبيان أسبابها وطرائق تصليحها..... 229

الموضوع	الصفحة

التمرين السابع: تنفيذ أعمال الصيانة وتغيير قطع مولد التيار المتناوب التالفة 233

التمرين الثامن: فحص نظام التوليد والشحن بقارىء البيانات الفنية (scan tool)..... 236

القياس والتقويم..... 240

مسرد المصطلحات..... 241

قائمة المراجع..... 246

منهاجي
متعة التعليم الهادف

4 الوحدة الرابعة

أساسيات الإلكترونيات

المحاور الفرعية

أولًا: المواد الموصلة، والمواد العازلة، والمواد شبه الموصلة.

ثانيًا: الثنائيات شبه الموصلة، وأنواعها وتطبيقاتها.

ثالثًا: الترانزستورات وتوصيلاتها، وأنواعها، وطرائق فحصها.

رابعًا: الثايرستور، وتوصيلاته وطريقة فحصه.

النتاجات

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يميّز المواد الموصلة، والمواد العازلة، وشبه الموصلة وخصائصها.
- يتعرّف تركيب الثنائي (Diode) وخصائصه.
- يتعرّف أنوع الثنائيات (Diodes)، واستعمالاتها.
- يتعرّف دارات التقويم الأحادية الطور (Single Phase Rectifiers)، ودارات الترشيح (Filters)، ودارات تنظيم الجهد (Voltage Regulators).
- يتعرّف المواسعات الكهربائية (Capacitors)، من حيث :أنواعها، وخصائصها.
- يتعرّف تركيب الترانزستور (Transistor)، وأنواعه، واستعمال كل منها.
- يتعرّف تركيب الثايرستور (Thyristor)، وطرائق توصيله.
- يتعرّف مفهوم التردد، وأشكال الموجات.
- يستعمل تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في استقصاء المعرفة الحديثة، في مجال الأجهزة الإلكترونية.

الأنشطة والتمارين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء تمارين الوحدة أن:

- يقيس مقاومة المواد الموصلة، وشبه الموصلة، والعازلة، بجهاز الأوميتر.
- يحددَ أطراف الثنائيات (Diode) ويفحص صلاحيتها بجهاز الأوميتر (Aometer)
- يبني دارات تقويم أحادية الطور (Single Phase rectifiers) (نصف موجة وموجة كاملة)، ودارات الترشيح (Filters)، ودارات تنظيم الجهد (Voltage Regulators).
- يوصل مجموعة من المواسعات على (التوالي، التوازي، المركّب).
- يفحص صلاحية الترانزستورات، بجهاز الأوميتر وجهاز فحص الترانزستورات.
- يقيس القيمة الفعالة للموجة الجيبية بالأفوميتر.
- يحدد أشكال الموجات المتناوبة بجهاز راسم الإشارة (Oscilloscope) ومولد الإشارة (Function Generator).
- يتعرف القطع الإلكترونية وطرائق توصيلها ولحامها.
- يبني الدارات الإلكترونية البسيطة.
- يلتزم قواعد الأمن والسلامة المهنية.

أولًا: المواسعات الكهربائية

النتاجات

يتوقّع منك بعد دراستك هذا الدرس أن :

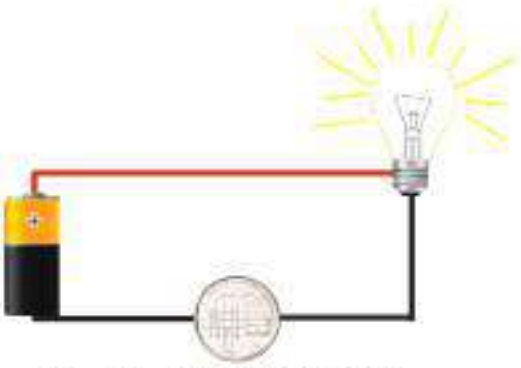
- تتعرّف المواسعات الكهربائية (Capacitors)، من حيث: أنواعها، وخصائصها.
- تقارن بين طرائق توصيل الواسعات.

المواسعات الكهربائية

في العصر الحديث، باتت علاقة العناصر الإلكترونية والدارات الإلكترونية بالحياة وطيدة جدًّا، حيث تكاد الحياة أن تكون مستحيلة من دون الهاتف النقال، وشاشات العرض وغيرها من الأجهزة التي تعمل بالدارات الإلكترونية، إضافة إلى تطبيقات الذكاء الاصطناعي التي تجعل الأجهزة تتخذ القرارات المناسبة في الوقت المناسب. والأمر ليس بعيدًا عن المركبات التي توجد فيها أنظمة حماية إضافية، مثل: التحكم في المكابح، ومنع انزلاقها، وأنظمة الوسائد الهوائية، وأنظمة قراءة الزاوية العمياء، إضافة إلى أنظمة الرفاهية، مثل: قراءة الموقع، والاصطفاف الذاتي، واختيار الوضعية المثلى للسائق، التي لا يمكن أن تتم دون الدارات الإلكترونية.

في هذه الوحدة ستُشرَح أهم العناصر الإلكترونية التي تُعدّ اللبنة الأساسية في الدارات الإلكترونية، وكيفية عملها، وكيفية فحصها، ثم ستُشرَح بعض الدارات المهمة التي تُستعمل بصورة أساسية في معظم الدارات الإلكترونية.

في تجربة معينة، وصّل أحد الطلاب مصباحًا وبطارية بوساطة قطعة معدنية كما في الشكل (4–1)، لمَ أضاء المصباح؟



الشكل (4–1): دارة كهربائية بسيطة.

لعلك لاحظت أن المصباح أضاء بسبب القطعة المعدنية المصنوعة من النحاس الموصل للكهرباء، ماذا سيحصل إذا وضعت قطعة من السيليكون أو الجرمانيوم بدلًا من القطعة المعدنية؟

كما ذكر في وحدة أساسيات الكهرباء، إنّ المواد الموصلة هي التي تسمح بمرور التيار الكهربائي عَبْرها في الأوضاع الطبيعية، والمواد العازلة هي المواد التي لا تسمح للتيار الكهربائي بالمرور من خلالها، أما أشباه الموصلات، فهي المواد التي من الممكن أن تمرر التيار الكهربائي تحت شروط معينة.

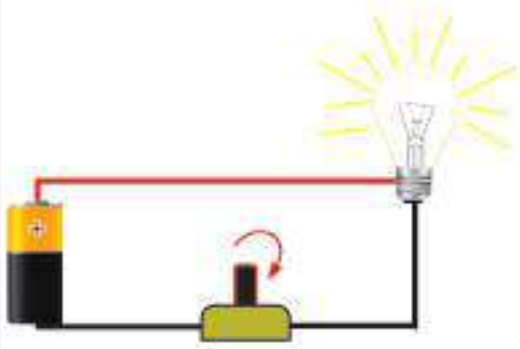
فكّر

انظر إلى الدارة الموضحة في الشكل المجاور.

لعلك لاحظت أنه لإطفاء المصباح أو لإضاءته، يجب عليك فقط فتح المفتاح وإغلاقه.

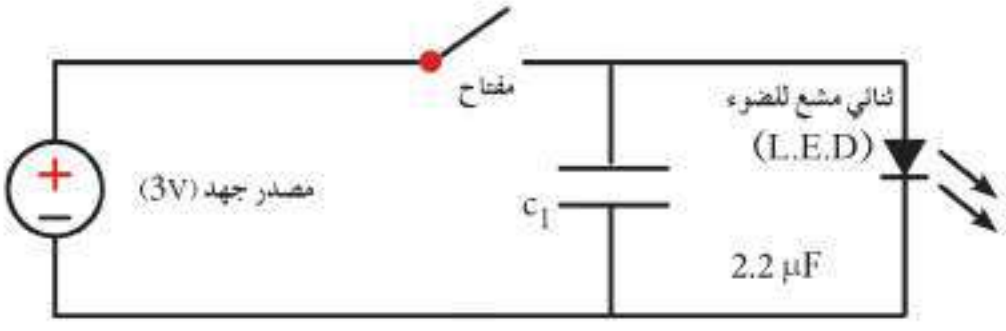
هل يمكنك جعل إضاءة المصباح تنطفئ تدريجيًا؟

هل تساءلت كيف تنخفض إضاءة هاتفك المحمول تدريجيًا؟



استكشف

نفذ الدارة الكهربائية كما في الشكل (4–2) بإشراف معلمك، ملاحظًا كيفية انخفاض إضاءة الثنائي المشع للضوء (LED) تدريجيًا عند فتح المفتاح. ما السبب؟



الشكل (4–2): دارة إضاءة تعتمد على المواسع.

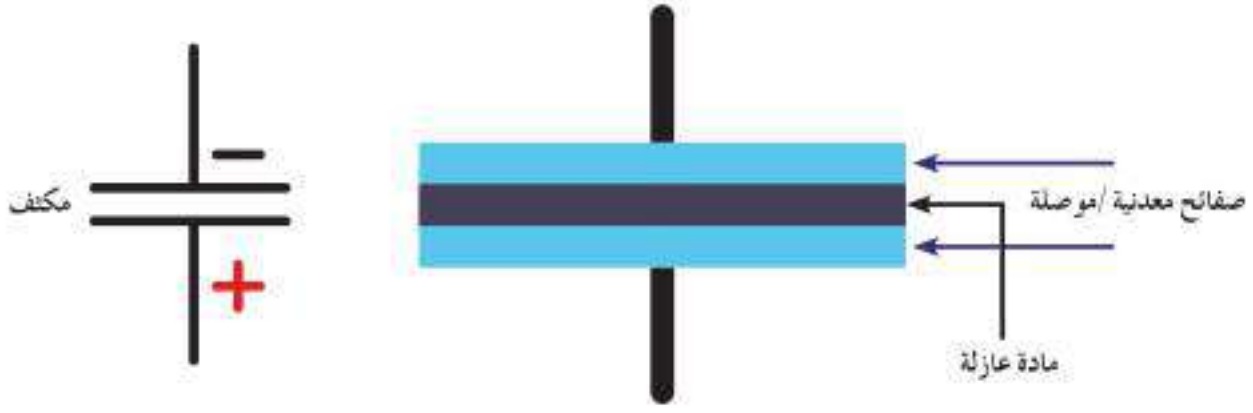
اقرأ.. وتعلم

المواسع الكهربائي (Capacitor)

في الدارات الكهربائية، استدعى الأمر وجود أداة لتخزين الشحنة الكهربائية أو الطاقة الكهربائية لأغراض عدة، هذه الأداة تسمى المواسع (Capacitor)، حيث إنها تخزن الطاقة الكهربائية على شكل مجال كهربائي في أثناء الشحن وتطلقها في أثناء التفريغ.

يتكون المواسع في أبسط أشكاله من صفيحتين موصلتين متوازيتين يوصل طرف توصيل على كل واحدة منها، تفصل بينهما مادة عازلة، مثل: الهواء، والورق، والمايكا، وغيرها.

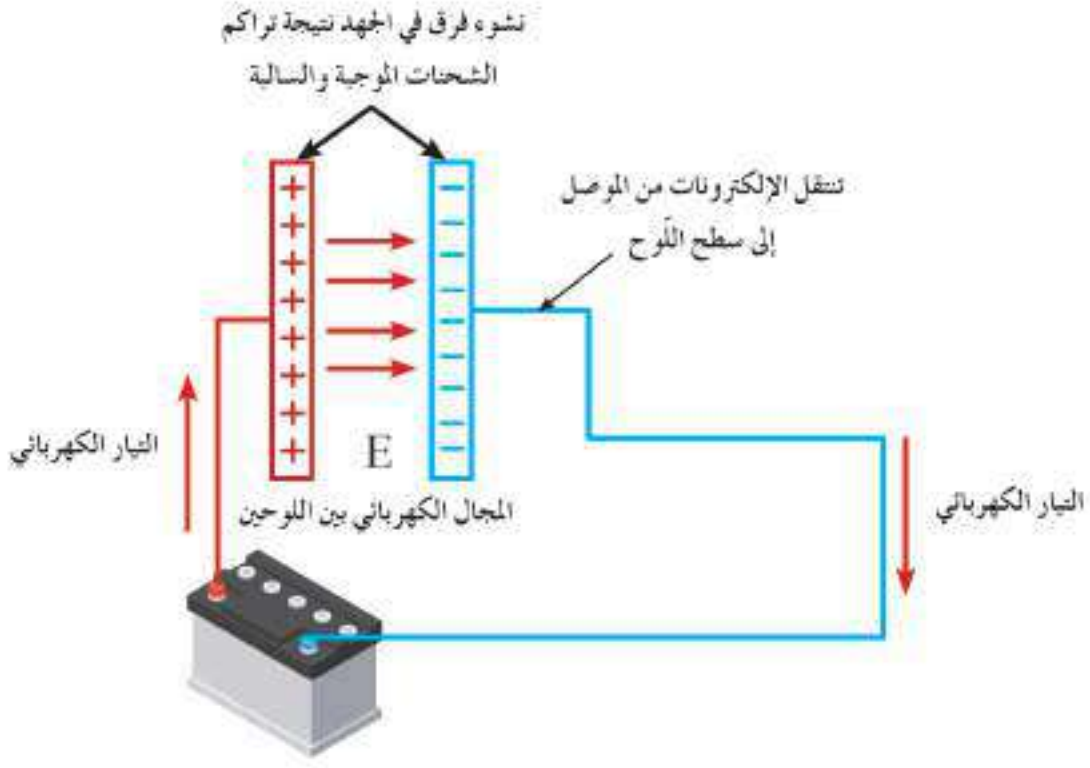
لاحظ الشكل (4–3) الذي يمثل رمز المواسع في الدارات الكهربائية وتركيبه الداخلي.



الشكل (4–3): تركيب المواسع (المكثف).

يعمل المواسع عند وصله بمصدر جهد كهربائي، حيث يعمل مصدر الجهد جاذبًا الإلكترونات الحرة الموجودة على سطح الصفيحة المعدنية إلى قطبه الموجب، وكذلك جاذبًا الشحنات الموجبة إلى قطبه السالب، ونتيجة لذلك، يمر تيار في الدارة تتحدد قيمته بناء على المقاومة. في الواقع، إن عملية فقد الإلكترونات في الصفيحة العلوية يكسبها شحنة موجبة، وكذلك الحال بالنسبة للصفيحة السفلية التي تكسبها الإلكترونات شحنة سالبة، فينشأ مجال كهربائي بين طرفي الصفيحتين.

تستمر هذه الحالة حتى يكوّن المجال الكهربائي بين صفيحتي المواسع فرق جهد كهربائي يساوي فرق الجهد المسبب للشحن، عندها يتوقف التيار عن المرور. تجدر الإشارة إلى أن التيار الذي ينتج بفعل المواسع الكهربائي لا يمر عَبْر المواسع بسبب وجود المادة العازلة بين صفيحتيه. انظر إلى الشكل (4-4).



الشكل (4-4): كيفية عمل المواسع.

يستعمل المواسع في الدارات الكهربائية لتخزين الطاقة الكهربائية بالدرجة الأولى، إلّا أن له استعمالات أخرى، أهمها: منع مرور التيار المباشر، وتخليص الدارات الكهربائية من الإشارات غير المرغوب فيها، وفي دارات تشغيل محركات التيار المتناوب أحادية الطور.

للمواسع مجموعة من الخصائص، أهمها:

1 –السعة (C): هي قيمة المواسع التي تكون مكتوبة على جسم المواسع، وهي النسبة بين الشحنة المخزنة في المواسع وفرق الجهد بين طرفيه وتقاس بوحدة الفاراد. يعرف الفاراد بأنه سعة مواسع يخزن شحنة مقدارها كولوم واحد عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه فولتًا واحدًا. ويُعدّ الفاراد وحدة قياس كبيرة من الناحية العملية، وتستعمل أجزاء منه، مثل: المايكرو فاراد ويساوي (10^{-6})، والنانو فاراد ويساوي (10^{-9})، والبيكو فاراد ويساوي (10^{-12}).

حيث (C): سعة المواسع بالفاراد

(Q) الشحنة: بالكولوم

(V) فرق الجهد بالفولت

$$C=\frac{\text{الشحنة}}{\text{فرق الجهد}}=\frac{Q}{V}$$

تعتمد سعة المواسع على قيمة الشحنة على اللوحين وفرق الجهد بينهما، وتعتمد كذلك على مساحة سطح الصفيحة، والمسافة بينهما، وطبيعة المادة العازلة.

2 –الفولتية التشغيلية المقررة: هي الفولتية القصوى المسموح تسليطها باستمرار على المواسع، إن تجاوزت قيمة الجهد هذه القيمة، فإنه يسبب انهيار الطبقة العازلة الموجودة بين الصفيحتين، ما يؤدي إلى تلفه. تتناسب هذه القيمة طرديًا مع سُمْك طبقة العزل بين الصفيحتين وتسجل أيضًا قيمتها على جسم المواسع.

3 –الدقة /التفاوت: هو الانحراف الأقصى المسموح به عن القيمة الاسمية ويعبر عنه بالنسبة المئوية.

أنواع المواسعات

1 –المواسعات ثابتة القيمة، وتقسم خمسة أقسام كما يأتي:

أ– **المواسع الورقي:** يتكون من طبقتين من الألومنيوم بينهما طبقة رقيقة من الورق المشبع بالزيت أو الشمع، وتلفّ المجموعات معًا، ثم تغلف بمادة كيميائية من أجل زيادة خاصية العزل في الورق. انظر إلى الشكل (4–5).

الشكل (4-5): المواسع الورقي.

ب- **المواسع البلاستيكي**: تستعمل هذه الأنواع أغشية بلاستيكية عوضًا عن صفائح الورق، مثل: البوليسترين والبوليكربونات، انظر إلى الشكل (4-6).

الشكل (4-6): مواسعات بلاستيكية.

جـ- **مواسعات المايكا**: الوسط العازل في هذه المواسعات هو المايكا، وقد تطلى بشرائح من الفضة لتحل محل الصفيحتين يغلف بطبقة عازلة يبرز منها طرفا توصيل. انظر إلى الشكل (4-7).

الشكل (4-7): مواسع ميكا.

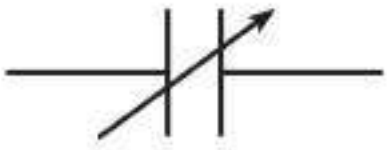
د- **مواسع السيراميك**: المادة العازلة في هذا المواسع هي السيراميك، يغطي وجهيها طبقتان معدنيتان هما صفيحتا المواسع. انظر إلى الشكل (4-8).

الشكل (4-8): مواسع من السيراميك.

هـ- **المواسع الكيميائي**: يتكون هذا المواسع من صفيحة من الألومنيوم، وطبقة عازلة من أكسيد الألومنيوم، وطبقة من الورق مشبعة بمادة كيميائية مناسبة، مثل: بلوران الأمونيوم وصفيحة أخرى من الألومنيوم. في هذا المواسع تشكل طبقة الورق والألومنيوم الصفيحة العلوية والصفيحة الأخرى الطبقة السفلية. تتميز هذه المواسعات بسعتها الكبيرة وحجمها الصغير. إلا أنه من مساوئها، تعرضها للتلف إذا جفت المادة العازلة عند تخزينها مدة طويلة، وتتميز هذه المواسعات أن أقطابها محددة. انظر إلى الشكل (4-9).

الشكل (4-9): مواسع كيميائي.

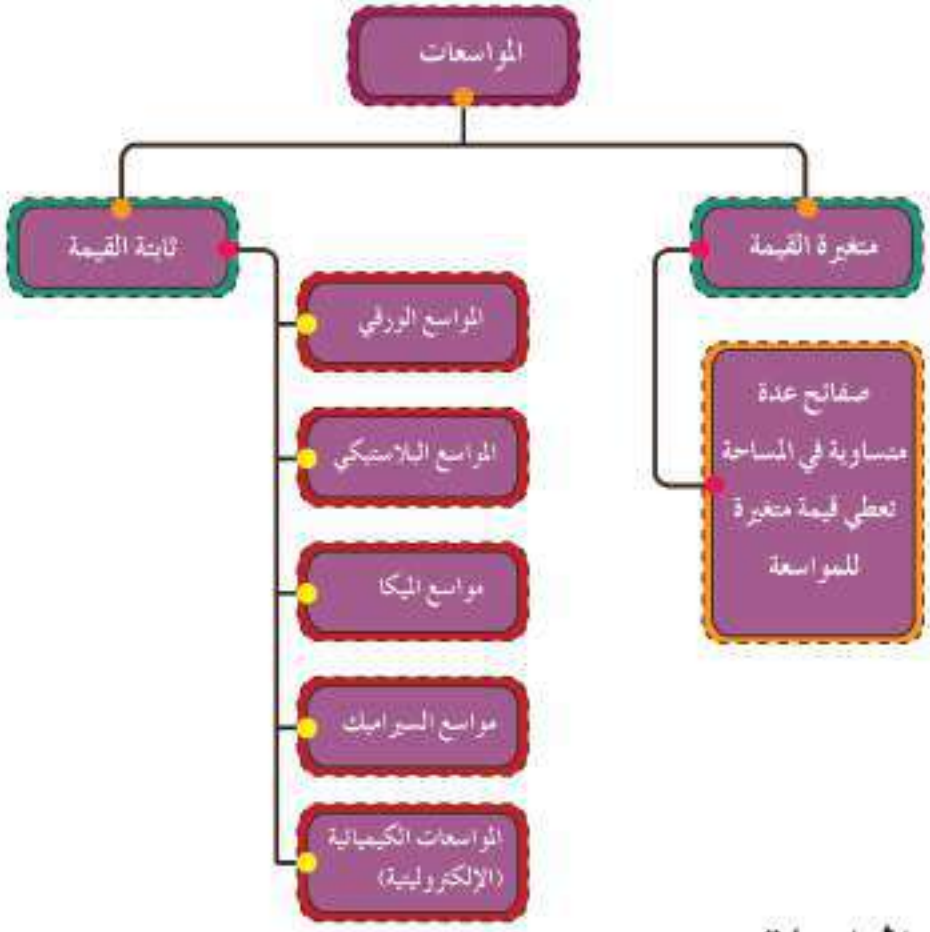
2 -**المواسع متغير القيمة**: يرمز إلى المواسع ذي القيمة المتغيرة بالرمز المبين في الشكل (4-10)، يتكون غالبًا من صفائح عدة متساوية في المساحة يفصل بينها عازل (وهو الهواء)، يتم التحكم في قيمتها بوساطة تثبيتها على محور قابل للدوران يتحكم في قرب هذه الصفائح من بعضها أو بُعدها عن بعض، فعندما تتداخل تداخلًا كاملًا، تكون سعة المواسع في أعلى قيمة له، وعندما تتباعد، تكون سعة المواسع في أقل قيمة له، انظر إلى الشكل (4-11).



الشكل (4-10): رمز المواسع ذي القيمة المتغيرة.

الشكل (4-11): المواسع متغير القيمة.

يمثل المخطط الآتي ملخصًا للأنواع المختلفة من المواسعات:



توصيل المواسعات

1 –**توصيل المواسعات على التوالي:** يبين الشكل (4–12)، توصيل المواسعات على التوالي الذي يكافئ مضاعفة المادة العازلة بين الصفيحتين، وهذا يؤدي إلى تقليل قيمة المواسع، بما أن الجهد يتوزع على التوالي:

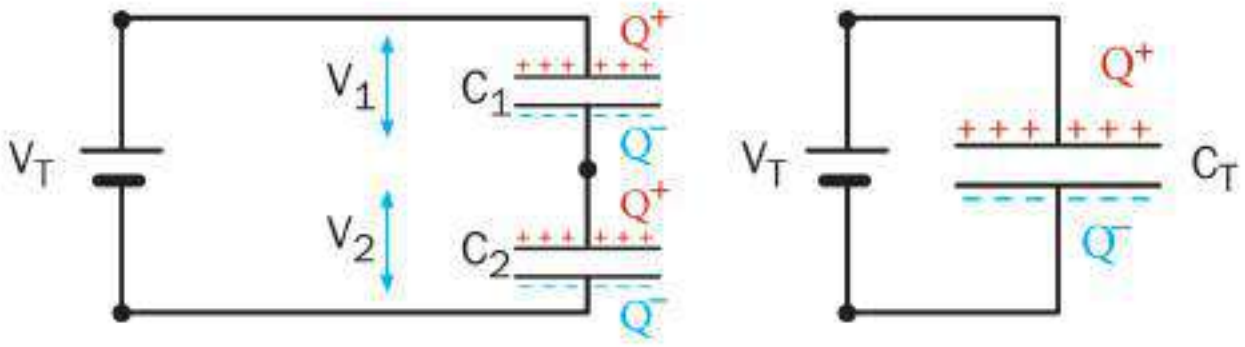
$$V_T=V_1+V_2+V_3+\cdots\cdots+V_n$$

حيث (ن): عدد المواسعات $V=\frac{Q}{C}$

وبما أن الشحنة الكلية $Q_T=Q_1=Q_2=Q_3=\cdots\cdots=Q_n$

إذًا: $V_T=\frac{Q_T}{C_T}=\frac{Q_1}{C_1}+\frac{Q_2}{C_2}+\frac{Q_3}{C_3}+\cdots\cdots\frac{Q_n}{C_n}$

وبقسمة الأطراف على Q ينتج: $\boxed{\frac{1}{C_T}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}+\ldots+\frac{1}{C_n}}$



الشكل (4-12): توصيل المواسعات على التوالي.

إذا كانت قيم المواسعات متساوية فإن:

$$C_T = \frac{C}{n}$$

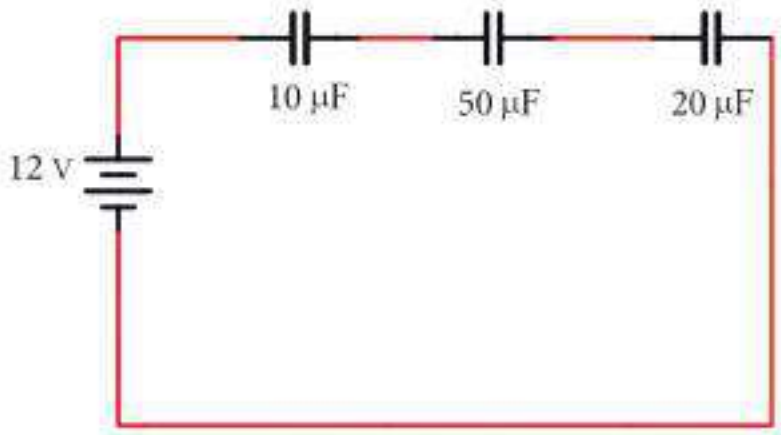
حيث إن:

C_T: السعة الكلية.

C: سعة المواسع الواحد.

n: عدد المواسعات.

مثال (1): احسب السعة المكافئة (C_T) في الدارة الآتية:



الحل

$$\frac{1}{C_T}=\frac{1}{10}+\frac{1}{50}+\frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{C_T}=\frac{10\times1}{10\times10}+\frac{2\times1}{2\times50}+\frac{5\times1}{5\times20}$$

$$\frac{1}{C_T}=\frac{10}{100}+\frac{2}{100}+\frac{5}{100}$$

$$\frac{1}{C_T}=\frac{17}{100}$$

$$C_T=\frac{100}{17}=5.8\,\mu F$$

2 –**توصيل المواسعات على التوازي:** يبين الشكل (4–13)، توصيل المواسعات على التوازي الذي يكافئ زيادة مساحة سطح الصفيحة، أي أن المواسعين يعملان كمواسع مساحة سطحه أكبر.

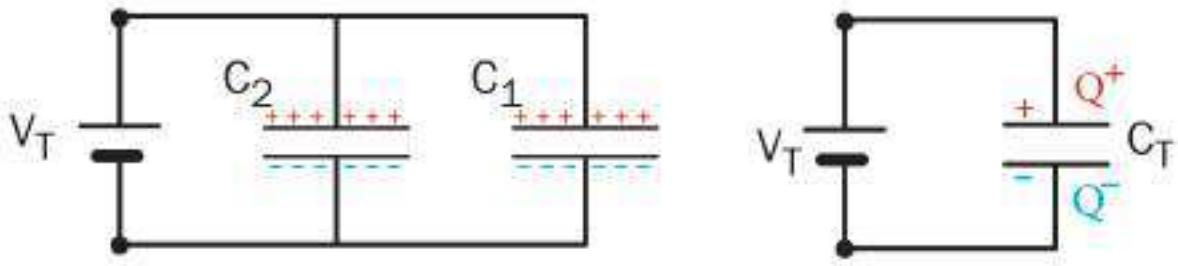
$$Q_T=Q_1+Q_2+Q_3$$

$$V_T=V_1=V_2=V_3$$

$$Q=C\times V$$

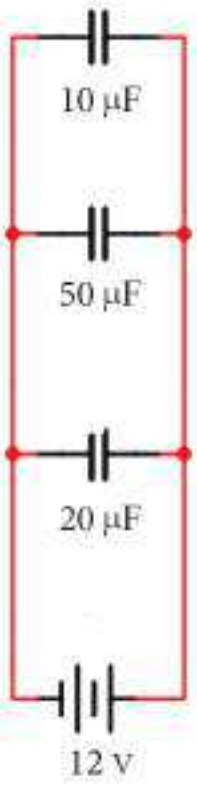
$$Q_T=C_1V_1+C_2V_2+C_3V_3$$

بالقسمة على(V): $\boxed{C_T=C_1+C_2+C_3\ldots..C_n}$



الشكل (4–13): توصيل المواسعات على التوازي.

مثال (2): احسب السعة المكافئة (C_T) في الدارة الآتية:



الحل

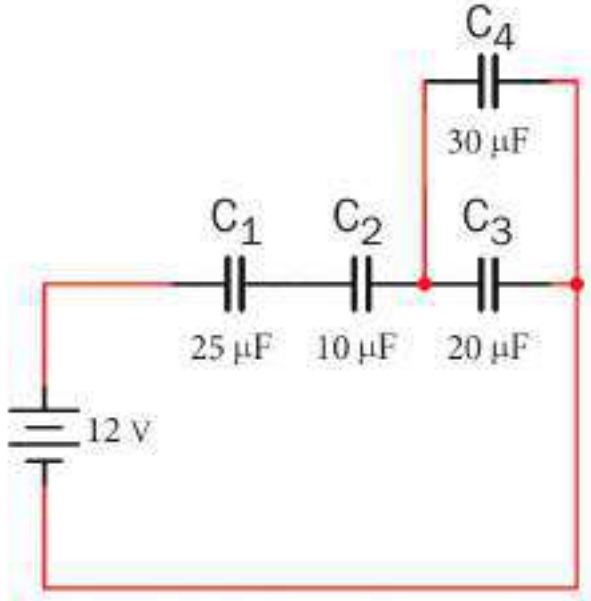
$$C_T=C_1+C_2+C_3$$

$$C_T=10+50+20=80\ \mu F$$

3 –**التوصيل المركب:** وفيها توصل المواسعات على التوالي والتوازي معًا في الوقت نفسه، انظر إلى الشكل (4–14).

مثال(3)

إذا وصّلت مواسعات كما في الشكل (4–14)، فاحسب السعة المكافئة (C_T).

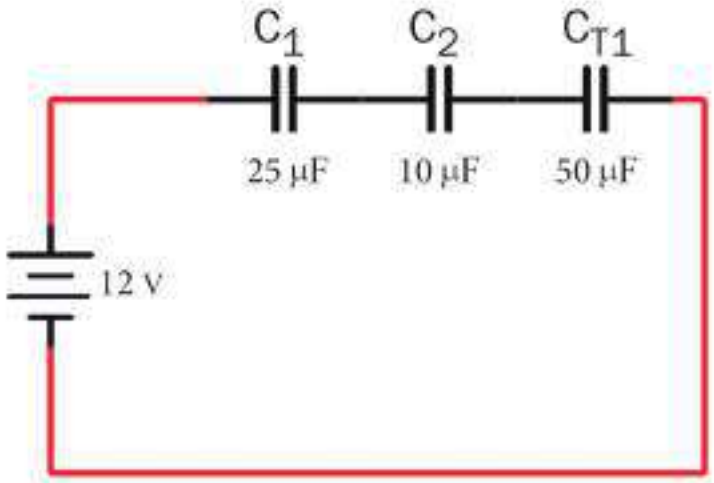


الشكل (4–14): توصيل المواسعات على التوالي والتوازي معًا.

الحل

المواسعان (C_3،C_4) موصولان على التوازي

$$C_{T1}=30+20=50\ \mu F$$



المواسعات (C_1، C_2، C_{T_1})، موصولة على التوالي:

$$\frac{1}{C_T}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_{T_1}} \rightarrow \frac{1}{C_T}=\frac{1}{25}+\frac{1}{10}+\frac{1}{50}$$

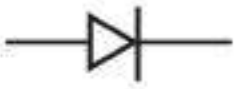
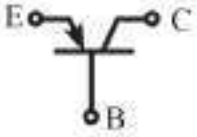
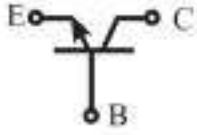
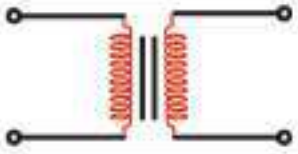
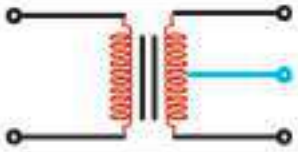
$$\frac{1}{C_T}=\frac{2}{50}+\frac{5}{50}+\frac{1}{50}=\frac{8}{50}$$

$$\frac{C_T}{1}=\frac{50}{8}=6.26\,\mu F$$

فكر

في الدارة السابقة، كم ستكون السعة المكافئة (C_T) إذا كانت المواسعات جميعها متساوية، وتساوي ($10\,\mu F$)؟

يمثل الجدول الآتي العناصر الإلكترونية ورموزها المستعملة في الدارات الإلكترونية:

اسم العنصر	رمزه
المقاومة	
المواسع	
مواسع متغير القيمة	
ثنائي شبه الموصل	
ثنائي زينر	
الترانزستور من نوع PNP	
ترانزستور من نوع NPN	
الثايرستور	
محول كهربائي	
محول ذو نقطة وسط	

التمارين العملية

التمرين الأول

توصيل المواسعات على التوالي وعلى التوازي وبطريقة مركبة

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- تتعرف تأثير توصيل المواسعات على التوالي وعلى التوازي، أو مركب على السعة، وتقيس المواسع المكافئ وتحسبها.

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- تقيد بالزي المخصص للتدريب، مثل: حذاء السلامة، والنظارات في أثناء العمل في المشغل أو المختبر.
- رتب الأدوات ثم ضعها في أماكنها، وحافظ على ترتيب مكان العمل لديك لتحقيق نتائج أفضل.
- حافظ على نظافة المكان الذي تعمل فيه، ولا تُدخل المواد السائلة إلى مشاغل الكهرباء.
- استمع لتعليمات معلمك/ مدربك الخاص بك؛ لسلامتك ولتحقيق نتائج جيدة.
- أحسن التصرف مع زملائك في العمل، وتذكر أن العمل الناجح يأتي من فريق ناجح.
- اطلب مساعدة معلمك/ مدربك، إذا أردت معرفة أي جهاز جديد في المختبر، ولا تجربه وحدك.
- التزم الحضور إلى المشغل/ المختبر في الوقت المحدد.
- تأكد من قطبية المواسعات قبل توصيلها.
- تأكد من نقاط وصل المواسعات.
- تأكد من بطاريات الأجهزة.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
1 – جهاز قياس السعة	1 – مواسعات من أي نوع متوافر، لها القيم الآتية: $(30\mu F.15\mu F.10\mu F)$
2 – لوحة توصيل	2 – أسلاك توصيل
3 – كاوي لحام	3 – قصدير لحام

خطوات الأداء

1 – أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.

2 – أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.

3 – صل المواسعات حسب المخطط كما في الشكل (1).

4 – احسب السعة المكافئة.

5 – قس المواسعة المكافئة بوساطة جهاز قياس السعة.

6 – صل المواسعات حسب المخطط كما في الشكل (2) ثم كرر الخطوات من 4 إلى 5.

7 – صل المواسعات حسب المخطط كما في الشكل (3) ثم كرر الخطوات من 4 إلى 5.

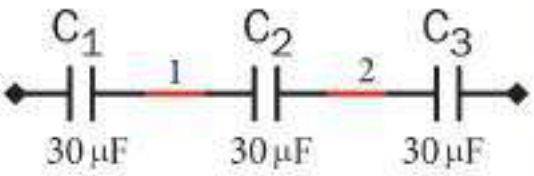
8 – أنشئ جدولًا في دفترك يحتوي القيمة الحسابية والقيمة المقيسة لكل دارة من الخطوات السابقة.

9 – احسب نسبة الخطأ في القياس العملي بوساطة القانون الآتي:

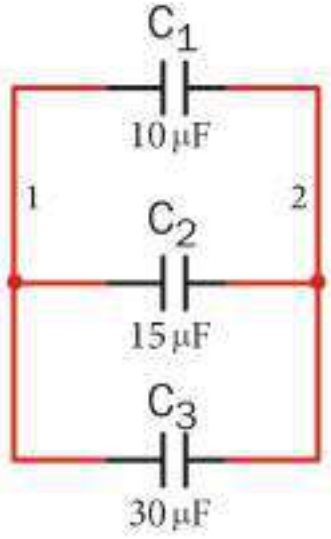
نسبة الخطأ =

(القيمة المقيسة / القيمة المحسوبة) ×100 %)

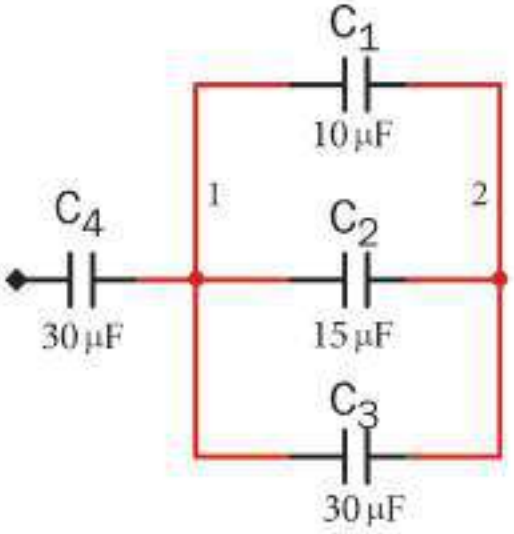
الرسم التوضيحي



الشكل (1)



الشكل (2)



الشكل (3)

الأنشطة العملية

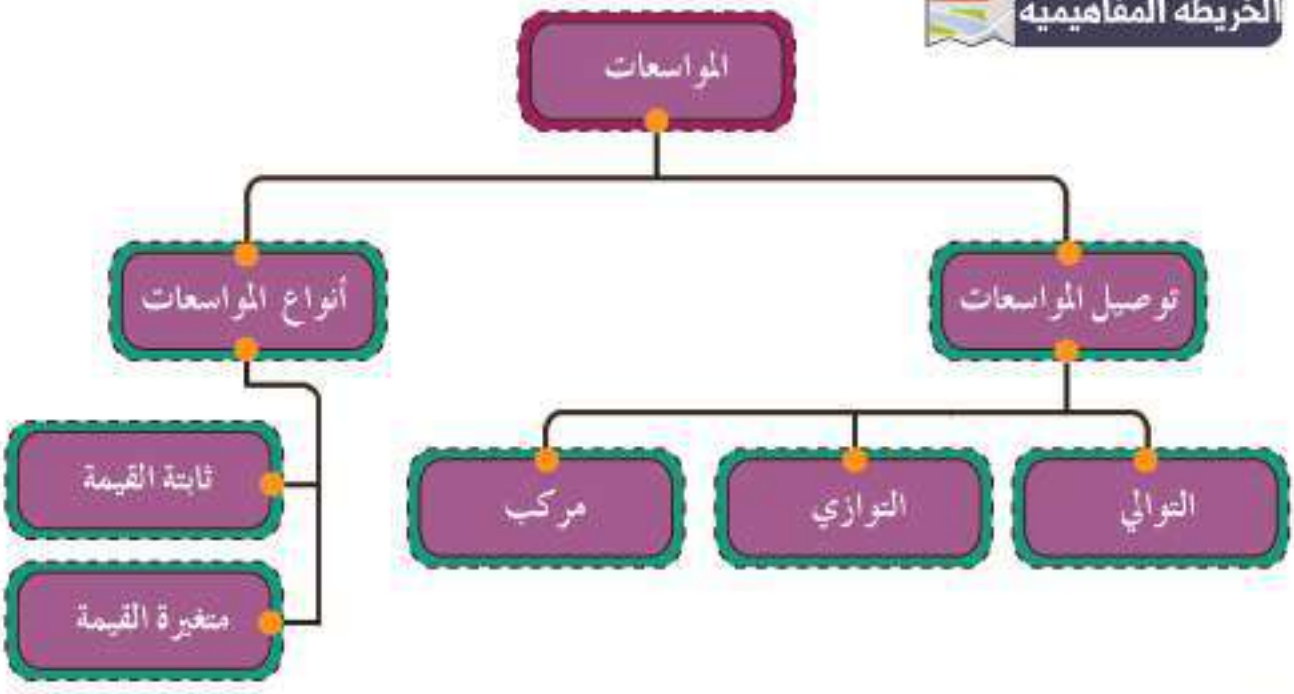
أعد التمرين مستعملًا أربعة مواسعات ذوات قيمة ($30\mu F$).

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْرَ التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	التأكد من بطاريات الجهاز.			
2	اختيار التدريج المناسب لقياس سعة المواسع.			
3	التحقق من قطبية المواسع قبل وصلها.			
4	حساب المواسع المكافئ نظريًا، مستعملًا القانون.			
5	قياس المواسع المكافئ عمليًا.			
6	حساب نسبة الخطأ بين القراءة العملية والقيمة المحسوبة نظريًا.			

الخريطة المفاهيمية

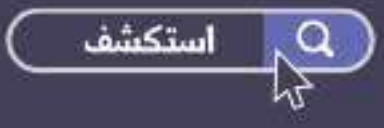


ثانيًا: الثنائيات شبه الموصلة

النتاجات

يتوقع منك بعد دراستك هذا الدرس أن:

- تتعرف تركيب الثنائي وخصائصه.
- تتعرف أنواع الثنائيات واستعمالاتها وطرائق فحصها.



لعلك تلاحظ أن للمصابيح (الغمازات) أهمية بالغة في تحديد اتجاه للمركبات، انظر في الدارة الكهربائية البسيطة في الشكل (4–15)، التي تحتوي مصدر طاقة ومفتاحًا ومصباحًا.

الشكل (4–15): دارة كهربائية بسيطة.

● كيف ينير المصباح بشكل متردد؟

ربما خطر ببالك أن تضغط المفتاح مرات متعددة، فينير المصباح بشكل متردد، غير أنه لا يوجد في المركبة شخص مسؤول عن ضغط المفتاح.

● فما الأداة الكهربائية المستعملة لهذا العمل؟

هل سمعت سابقًا عن شاشات (L.E.D) ؟

ابحث عن (L.E.D) عبر الإنترنت، لماذا سمي بهذا الاسم؟ ما الغرض من استعماله؟

اكتب تقريرًا عن ذلك، ثم اعرضه على زملائك.

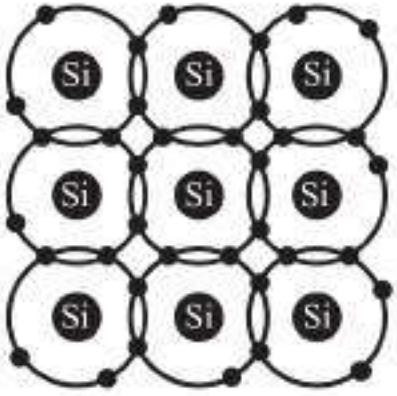
اقرأ.. وتعلم

الثنائي شبه الموصل (Diode)

ذُكر سابقًا أن المواد شبه الموصلة هي التي تمتلك خاصية متوسطية بين المواد الموصلة والمواد العازلة، ويمكن أن تكون موصلة تحت ظروف معينة. تمتلك أشباه الموصلات موصلية قليلة مقارنة بالمواد الموصلة؛ لذلك تزاد موصليتها بإضافة شوائب، تسمى هذه العملية التطعيم (Doping).

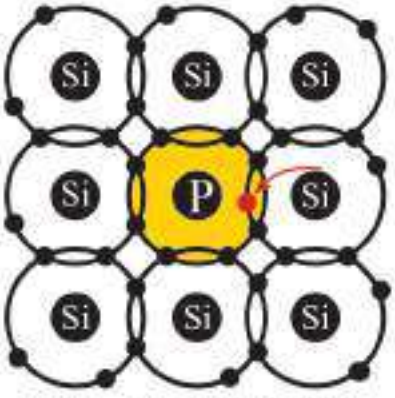
عملية التطعيم (Doping)

يعد السيليكون والجرمانيوم من أشباه الموصلات الأكثر أهمية في تصنيع عناصر الدارات الإلكترونية. لنأخذ السيليكون على سبيل المثال (Si) الذي يقع في المجموعة الرابعة من الجدول الدوري، وعدده الذري يساوي (14)، فيصبح في مداره الأخير (4) إلكترونات. يميل السيليكون إلى التشارك، فتتصل كل ذرة سيليكون مع مثيلتها في جزيء السيليكون بوساطة الرابطة التشاركية، كما في الشكل (4–16).



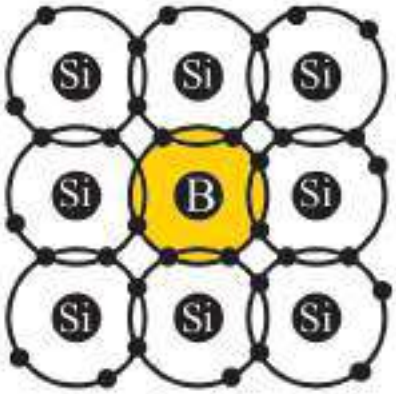
الشكل (4–16): تركيبة من السيليكون

يتم تطعيم تركيبة السيليكون المستقرة بعنصر ذي تركيب كيميائي مختلف، يمتلك في مداره الأخير خمسة إلكترونات مثل: الفسفور (P) على سبيل المثال، فإن طبيعة التركيبة تختلف بزيادة إلكترون واحد، هذا الإلكترون يجعل بُنْية السيليكون تبدو سالبة الشحنة، لذلك تسمى النوع السالب (N-Type). كما في الشكل (4–17).



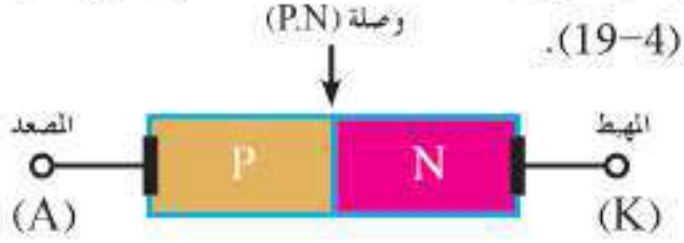
الشكل (4–17): تركيبة سيليكون مطعمة بالفسفور.

من جهة أخرى، تُطعّم تركيبة السيليكون بعنصر كيميائي يمتلك في مداره الأخير ثلاثة إلكترونات مثل عنصر البورون (B)، في هذه الحالة تفتقد التركيبة الإلكترون الرابع الذي يكمل الرابطة التشاركية لذرات السيليكون، فيظهر الطابع الموجب على التركيبة كما في الشكل (4–18).



الشكل (4–18): تركيبة سيليكون مطعمة بالبورون.

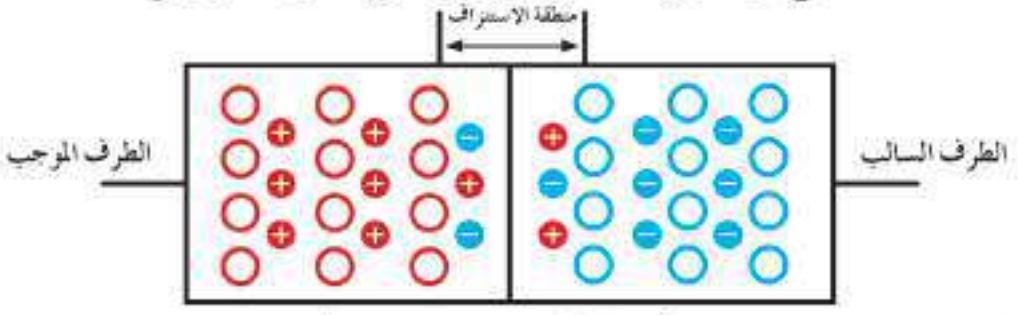
يُعدّ الثنائي شبه الموصل من العناصر الإلكترونية المهمة في الدارات الإلكترونية، و يُعدّ من أهم التطبيقات العملية لأشباه الموصلات، حيث يستعمل في دارات تثبيت الفولتية ودارات الحماية وغيرها من التطبيقات. يتكون الثنائي شبه الموصل من طبقتين مطعّمتين: إحداهما موجبة (P)، والأخرى سالبة (N)، تتصل الطبقة الموجبة بالمصعد (Anode)، وتتصل الجهة السالبة بالمهبط (Cathode). لاحظ الشكل (4–19).



الشكل(4–19): تركيب الثنائي شبه الموصل.

يرمز إلى الثنائي في الدارات الكهربائية بالرمز (+ ○—▶|—○ −)، حيث يبين الخط مكان وجود المهبط.

تنشأ في الثنائي عند تطبيق الطبقتين (N) و (P) منطقةٌ تسمى منطقة (الاستنزاف)، وهي تنتج عن انتقال الشحنات السالبة من (N)، وتركها شحناتٍ موجبةً (فجوة) مكانها، كما في الشكل (4–20) هذه المنطقة تمنع الإلكترونات من المرور وحمل التيار الكهربائي.



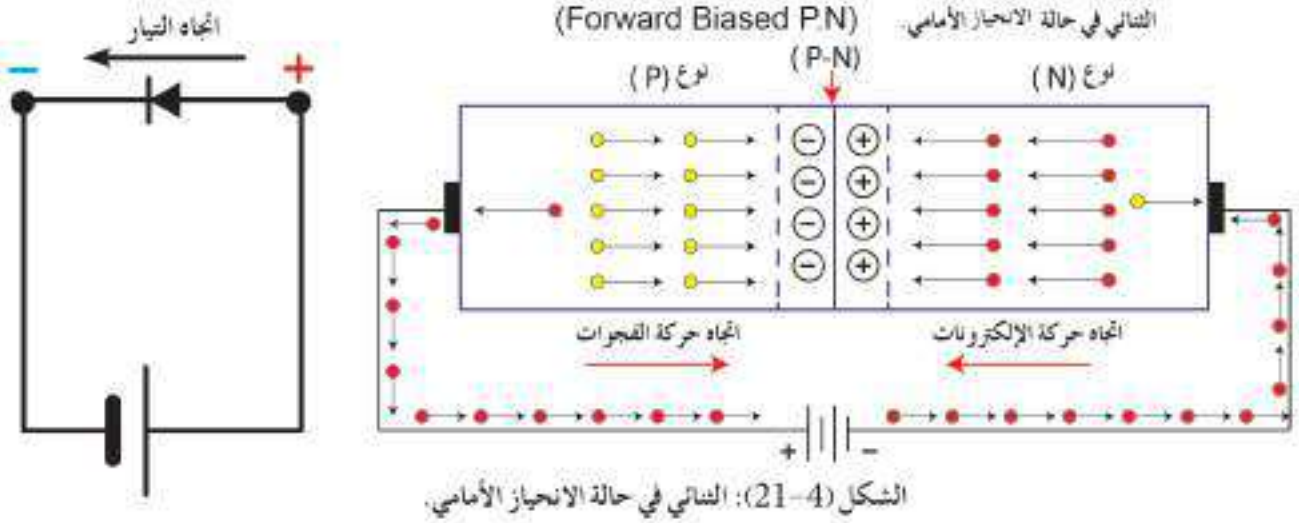
الشكل (4–20): تمثيل منطقة الاستنزاف.

يمرر الثنائي شبه الموصل التيارَ باتجاه واحد فقط عند توصيله بفرق جهد يسمح للإلكترونات بعبور منطقة الاستنزاف وتوصيل التيار الكهربائي. تعتمد قيمة الجهد التي تجعل الثنائي يوصل التيار على نوع المواد المصنعة منه.

الانحياز

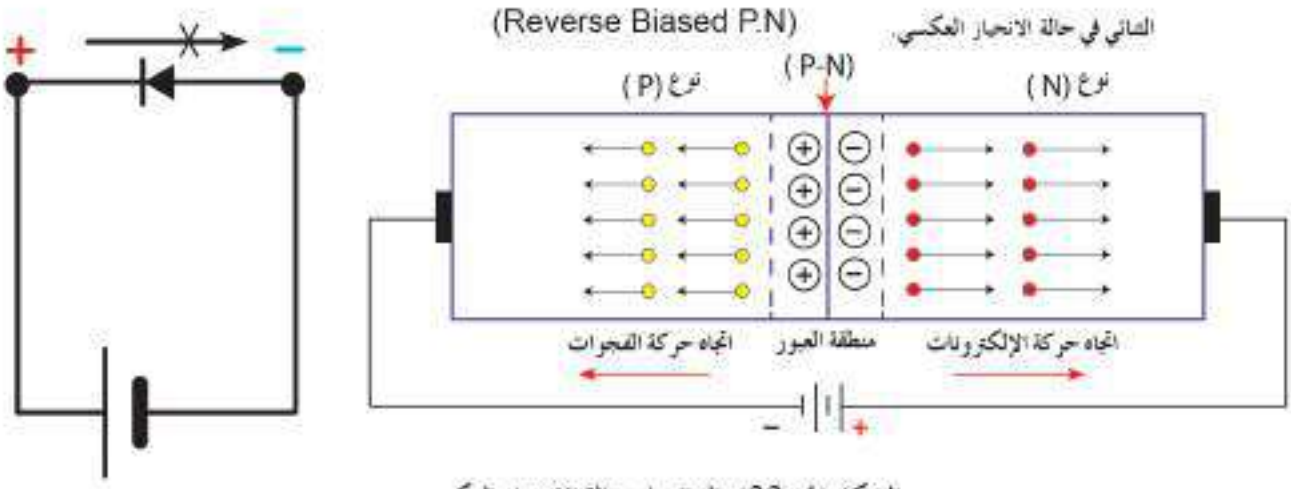
أهم خصائص ثنائي شبه الموصل أنه يمرر التيار في اتجاه واحد فقط، معتمدًا على طريقة توصيل الثنائي بمصدر التيار المباشر التي تحدد وضع الانحياز. للثنائي نوعان من الانحياز:

1 - **الانحياز الأمامي** (forward Bias): وهو الانحياز الذي يسمح بمرور التيار الكهربائي خلال الثنائي شبه الموصل، ويحدث عندما يكون جهد المصعد أعلى من جهد المهبط، حيث يوصل قطب البطارية الموجب بالمصعد وقطبها السالب بالمهبط. إذا تجاوزت قيمة الجهد (الفولتية) (جهد الانحياز) بين المصعد والمهبط (0.7v) لثنائي السيليكون و(0.3v) لثنائي الجرمانيوم، فإن الثنائي يصبح موصلًا ويمرر التيار الكهربائي من المصعد إلى المهبط. انظر إلى الشكل (4-21).



الشكل (4-21): الثنائي في حالة الانحياز الأمامي.

2 - **الانحياز العكسي** (Reverse Bias): وهو الانحياز الذي يحدث عندما يكون جهد المهبط أعلى من جهد المصعد عندما يوصل الجزء السالب من البطارية بالمصعد والجزء الموجب بالمهبط. وفي هذه الحالة لا يسمح بمرور التيار الكهربائي (يمر تيار يسمى تيار التسرب قيمته صغيرة جدًا ويمكن إهمالها)، وعند زيادة فرق الجهد على هذه الحالة إلى ما يسمى جهد الانهيار، يتلف الثنائي ويصبح موصلاً للتيار الكهربائي على الإطلاق. انظر إلى الشكل (4-22).



الشكل (4-22): الثنائي في حالة الانحياز العكسي.

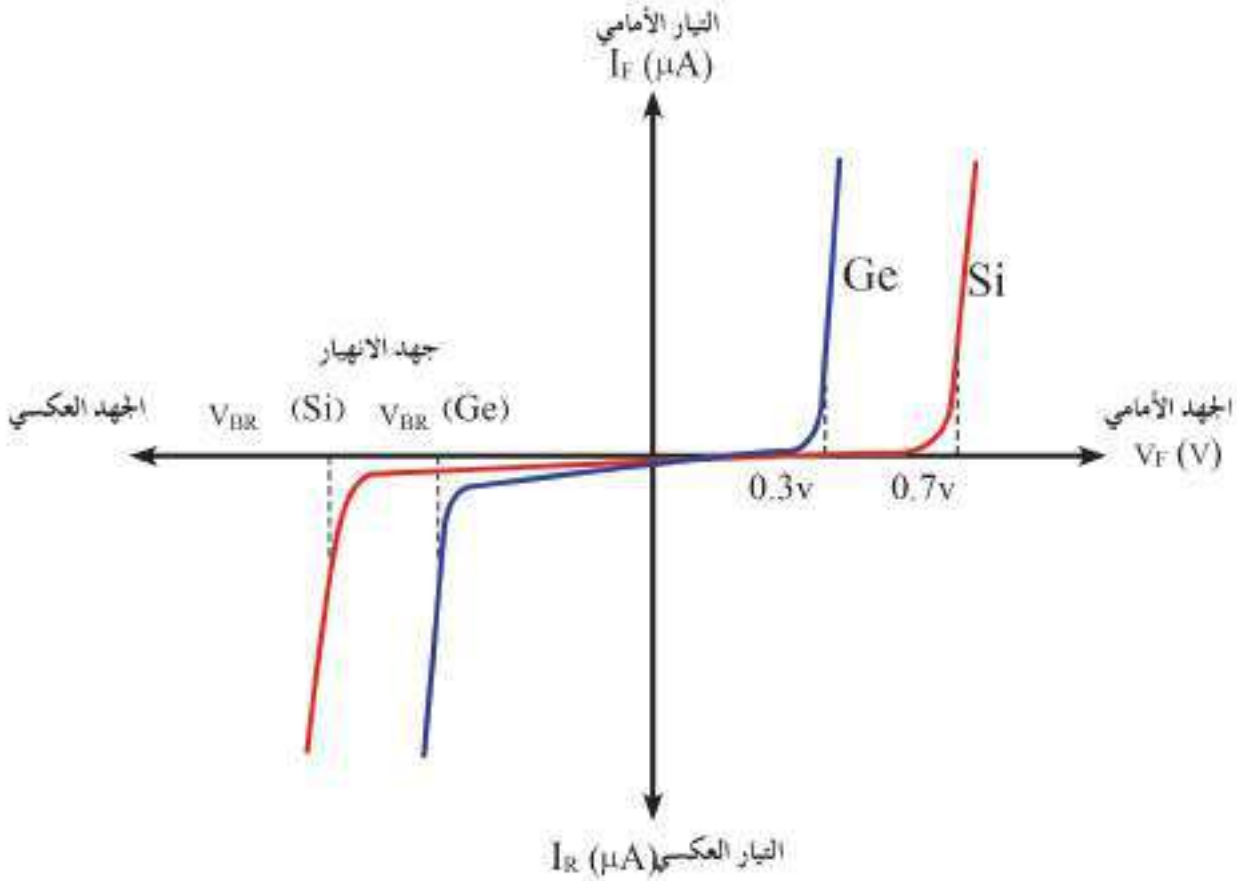
المواصفات الفنية للثنائي شبه الموصل

يمثل الشكل (24) منحنى الخواص للثنائي شبه الموصل الذي تظهر فيه الخواص الآتية:

1 -التيار الأمامي (I_F): هو كمية التيار التي يمررها الثنائي عندما يكون في حالة الانحياز الأمامي.

2 -الجهد الأمامي (V_F): هو فرق الجهد الذي يقع على قطبي الثنائي، في النصف الأيمن من الشكل، إذا زيدَ فرق الجهد بين طرفي الثنائي حتى تتجاوز قيمة (0.7v) لثنائي السيليكون و(0.3v)لثنائي الجرمانيوم، يبدأ عندها الثنائي بالانتقال إلى الانحياز الأمامي وتمرير التيار.

3 -الجهد العكسي (V_R): هو فرق الجهد على طرفي الثنائي، بحيث تُعكس قطبية الجهد فيصبح الثنائي عندها في حالة انحياز عكسي، ولا يمرر التيار الكهربائي، إلّا أن هناك تيارًا متسربًا يمر خلال الثنائي يسمى تيار التسريب (Leakage current)، إذا زيدَ الجهد في حالة الانحياز العكسي، يبقى الثنائي صامدًا حتى تصل إلى قيمة جهد الانهيار (breakdown voltage VBR) التي ينهار الثنائي بعدها، ولا يوقف مرور التيار في الاتجاه العكسي، انظر إلى النصف الأيسر من الشكل (4-23).



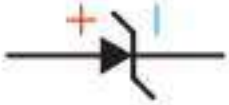
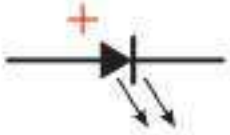
الشكل (4-23): منحنى الخواص للثنائي شبه الموصل.

أنواع الثنائي شبه الموصل

يُصنع الثنائي من مادة السيليكون أو مادة الجرمانيوم، وتختلف الخصائص الكهربائية لهما. ويمكنك أيضًا أن تعود إلى الشكل (4-23) وتلاحظ الاختلاف في الأداء بين الثنائي المصنوع من السيليكون والثنائي المصنوع من الجرمانيوم، حيث إن الثنائي المصنوع من السيليكون أكثر سهولة في المعالجة وتكلفته أقل، وتيار التسريب فيه أقل من الجرمانيوم، وخصائصه أكثر ثباتًا عند تغير درجات الحرارة، ويستعمل في دوائر القدرة؛ لأنه يتحمل قدرة أكبر من الثنائي المصنوع من الجرمانيوم، خلافًا لثنائي الجرمانيوم الذي يتمتع بأفضلية الاستعمال في تتبع دوائر الإشارة الصغيرة وتعديلها.

هناك أيضًا أنواع مختلفة من الثنائيات التي تستعمل في الدارات الإلكترونية ممثلة بالجدول (4–2).

الجدول (4–2): الثنائيات التي تستعمل في الدارات الإلكترونية.

اسم النوع	استعماله	الرمز
الثنائي (Diode)	يستعمل في دارات الحماية ودارات التقويم.	
ثنائي زينر (Zener Diode)	يستعمل في دارات تنظيم الجهد.	
الثنائي المشع للضوء (Light Emitting Diode) (L.E.D	يستعمل للإضاءة بدلًا من المصباح في الدارات الإلكترونية.	

ثنائي زينر (Zener Diode)

يعمل ثنائي زينر في انحيازه الأمامي كثنائي عادي، يمرر التيار الكهربائي بعد وصول فرق الجهد بين طرفيه: (0.3V) أو(0.7V) فولت، ولكنه في حالة الانحياز العكسي يعمل على جهد يسمى جهد زينر (Vz)؛ لذلك يستعمل في دارات تنظيم الجهد، بحيث يعمل ثنائي زينر في منطقة الانهيار، ويعتمد على مبدأ تغير التيار المار به لتثبيت فرق الجهد عليه. يبين الشكل (24)، منحنى الخصائص لثنائي زينر ممثلًا بالدارة الكهربائية المكافئة له.

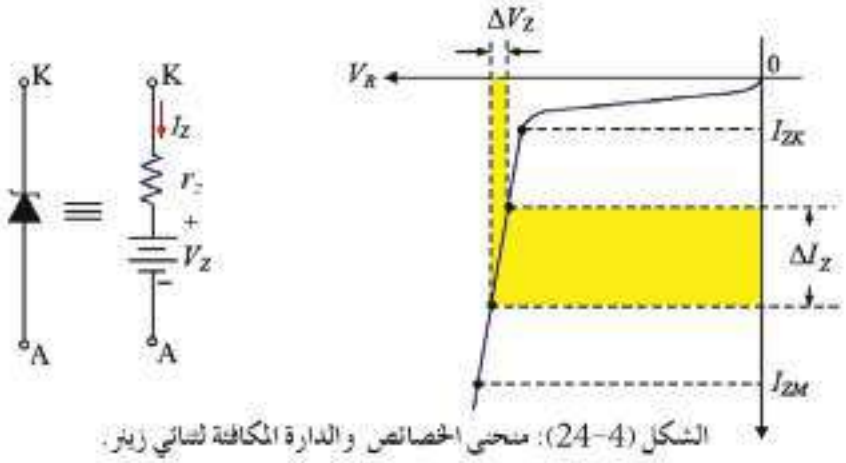
حيث:

$V_R = V_Z$: فرق جهد الانهيار لثنائي زينر ويسمى جهد زينر.

I_{ZK}: التيار الذي تبدأ عنده مرحلة الانهيار ويسمى تيار زينر.

I_{ZM}: أقصى قيمة لتيار زينر.

r_Z: مقاومة زينر، وهي ناتجة عن فرق الجهد على طرفي زينر مع فرق التيار.



الشكل (4-24): منحنى الخصائص والدارة المكافئة لثنائي زينر.

فحص الثنائي وتحديد صلاحيته

يعتمد فحص الثنائيات (الثنائي العادي وثنائي زينر) على مكونات وصلة P-N ومبدأ الانحياز الأمامي والعكسي، حيث إن التيار يمر في الثنائي في حالة الانحياز الأمامي بسبب المقاومة المنخفضة، ولا يمر في حالة الانحياز العكسي بسبب المقاومة المرتفعة، ويستفاد من وجود مصدر فولتية داخل جهاز الأفوميتر لفحص الثنائي في حالة الانحياز الأمامي والانحياز العكسي.

الفحص بوساطة جهاز الأفوميتر التناظري

> **تذكر أن:**
> قطبية أطراف جهاز القياس التناظري عكس قطبية أطراف الجهاز الرقمي عند قياس المقاومات، بحيث يمثل الطرف الأسود في الجهاز التماثلي موجب البطارية (+)، ويمثل الطرف الأحمر سالب البطارية (−).

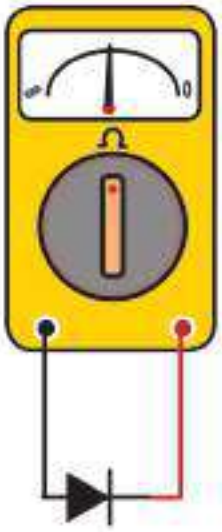
تُستعمل طريقة فحص المقاومة؛ لتحديد صلاحية الثنائي عند استعمال جهاز الأفوميتر التناظري حيث نقوم بالخطوات الآتية:

1 –تحديد قطبية الثنائي من الخط الموجود على الثنائي، حيث يمثل الخطُّ القطبَ السالب للثنائي (المهبط).

2 –اختيار تدريج مناسب ضمن مجالات قياس المقاومة؛ بحيث يكون مدى القياس للمقاومات الصغيرة.

3 –توصيل القطب الموجب للأفوميتر (الطرف الأسود) بالمصعد للثنائي (+)، والطرف السالب

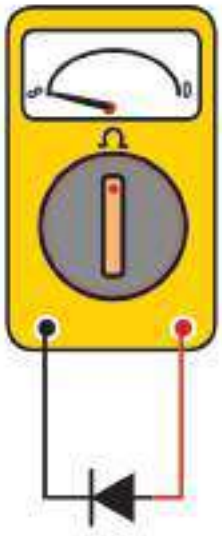
للأفوميتر (الطرف الأحمر) بالمهبط للثنائي (−). في هذه الحالة يتحرك المؤشر ليقرأ مقاومة منخفضة تمثل حالة الانحياز الأمامي، انظر إلى الشكل (4−25).



الشكل (4−25) فحص الانحياز الأمامي بوساطة الأفوميتر التناظري.

4 −اختيار تدريج مناسب ضمن مجالات قياس المقاومة؛ بحيث يكون مدى القياس هو القياس الأكبر.

5 −توصيل القطب السالب للأفوميتر(الطرف الأحمر) بالمصعد للثنائي (+)، والطرف الموجب للأفوميتر (الطرف الأسود) بالمهبط للثنائي (−)، في هذه الحالة لا يتحرك المؤشر ويبقى ثابتًا على قراءة المقاومة العالية (مالا نهاية)، وهو ما يمثل حالة الانحياز العكسي، انظر إلى الشكل (4−26).



الشكل (4−26) فحص الانحياز العكسي بوساطة الأفوميتر التناظري.

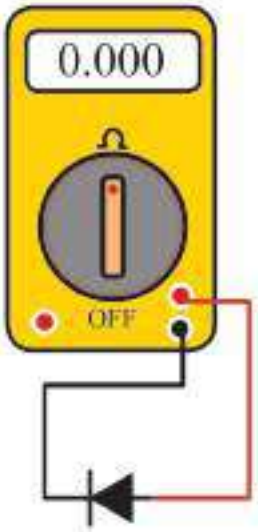
بوساطة جهاز الأفوميتر الرقمي

هناك طريقتان لفحص الثنائي بوساطة الأفوميتر الرقمي عَبْر قياس المقاومة كما في الأفوميتر التناظري، حيث تُقاس مقاومة الثنائي عبْر الخطوات الآتية:

1 –تحديد قطبية الثنائي من الخط الموجود على الثنائي؛ حيث يمثل الخط القطب السالب للثنائي (المهبط).

2 –يضبط الأفوميتر على تدريج المقاومة وعلى المدى الأقل.

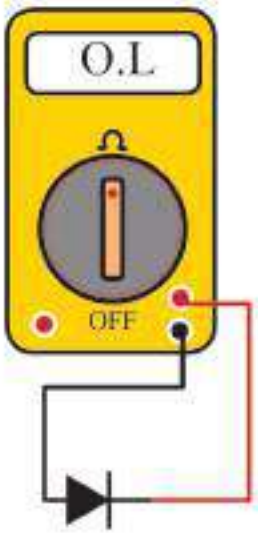
3 –توصيل القطب الموجب للأفوميتر (الطرف الأحمر) بالمصعد للثنائي (+)، والطرف السالب للأفوميتر (الطرف الأسود) بالمهبط للثنائي (–). في هذه الحالة تُقرأ مقاومة منخفضة تمثل حالة الانحياز الأمامي.



الشكل (4–27) فحص الانحياز الأمامي بوساطة الأفوميتر الرقمي.

4 – اختيار تدريج مناسب ضمن مجالات قياس المقاومة بحيث يكون مدى القياس هو القياس الأكبر.

5 – توصيل القطب السالب للأفوميتر(الطرف الأسود) بالمصعد للثنائي (+) والطرف الموجب للأفوميتر(الطرف الأحمر) بالمهبط للثنائي (–)، في هذه الحالة تظهر قراءة (OL)، وهي قراءة المقاومة الكبرى (مالا نهاية)، وهو ما يمثل حالة الانحياز العكسي، انظر إلى الشكل (4–28).



الشكل (4-28) فحص الانحياز العكسي بوساطة الأفوميتر الرقمي.

بوساطة مفتاح الثنائي

هذه الطريقة تخص جهاز الأفوميتر الرقمي، وتتم بالخطوات الآتية:

1 –تحديد قطبية الثنائي من الخط الموجود على الثنائي؛ حيث يمثل الخطُّ القطبَ السالب للثنائي (المهبط).

2 –ضبط جهاز الأفوميتر الرقمي، على تدريج الثنائي (⟶|).

3 –توصيل القطب الموجب للأفوميتر (الطرف الأحمر) بالمصعد للثنائي (+)، والطرف السالب للأفوميتر (الطرف الأسود) بالمهبط للثنائي (–). في هذه الحالة تكون قراءةجهد الانحياز الأمامي ما بين (0.7–0.3) فولت.

4 –توصيل القطب السالب للأفوميتر بالمصعد للثنائي (+)، والطرف الموجب للأفوميتر بالمهبط للثنائي (–)، في هذه الحالة تظهر على الشاشة قيمة (OL) التي تمثل حالة الانحياز العكسي.

تجدر الإشارة إلى أن الثنائي يمكن تحديد أقطابه أيضًا عَبْر هذه الطريقة إضافة إلى تحديد صلاحيته.

ابحثِ في شبكة الإنترنت عن أنواع أخرى من الديودات واكتب تقريرًا مفصلًا عنها وناقشه مع زملائك.

التمارين العملية

التمرين الثاني

فحص الثنائي وتحديد أطرافه وصلاحيته بالأفوميتر (AVO Meter)

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- تتحقق من صلاحية الثنائي شبه الموصل بالأفوميتر (AVO Meter) وتحدد أطرافه.

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- تقيد بالزي المخصص للتدريب، مثل: حذاء السلامة، والنظارات في أثناء العمل في المشغل أو المختبر.
- رتب الأدوات ثم ضعها في أماكنها، وحافظ على ترتيب مكان العمل لتحقيق نتائج فُضلى.
- حافظ على نظافة المكان الذي تعمل فيه، ولا تُدخل المواد السائلة إلى مشاغل الكهرباء.
- استمع لتعليمات معلمك/مدربك؛ لسلامتك أولًا، ولتحقيق نتائج جيدة ثانيًا.
- أحسن التصرف مع زملائك في العمل، وتذكر أن العمل الناجح يأتي من فريق ناجح.
- اطلب مساعدة معلمك/ مدربك، إذا أردت تعرّف أي جهاز جديد في المختبر، ولا تجربه وحدك.
- التزم الحضور إلى المشغل/المختبر في الوقت المحدد.
- تأكد من بطاريات الأجهزة.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– جهاز قياس الجهد والتيار والمقاومة الرقمي. (AVO meter)	1 – ثنائي شبه موصل متوافر في المشغل. 2 – أسلاك.

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1- أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.	الشكل (1)
2- أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.	
3- حدد طرفي الثنائي (المصعد والمهبط من شكله) كما في الشكل (1)، حيث يبين الشكل وجود خط دائري على أحد طرفي الثنائي يبين مكان الجزء السالب.	الشكل (2)
4- شغل جهاز الأفوميتر (AVO meter) واضبط مفتاح الاختيار على شكل الثنائي.	
5- صل الثنائي بالجهاز كما في الشكل (2).	
6- أعد توصيل الثنائي بالجهاز كما في الشكل (3).	الشكل (3)
7- دوّن قراءة الجهاز، وبيّن دلالة القيمة في كلتا الحالتين.	

الأنشطة العملية

1- أعد التجربة على ثنائي من نوع زينر، ودون قراءتك ثم اعرضها على مدربك.

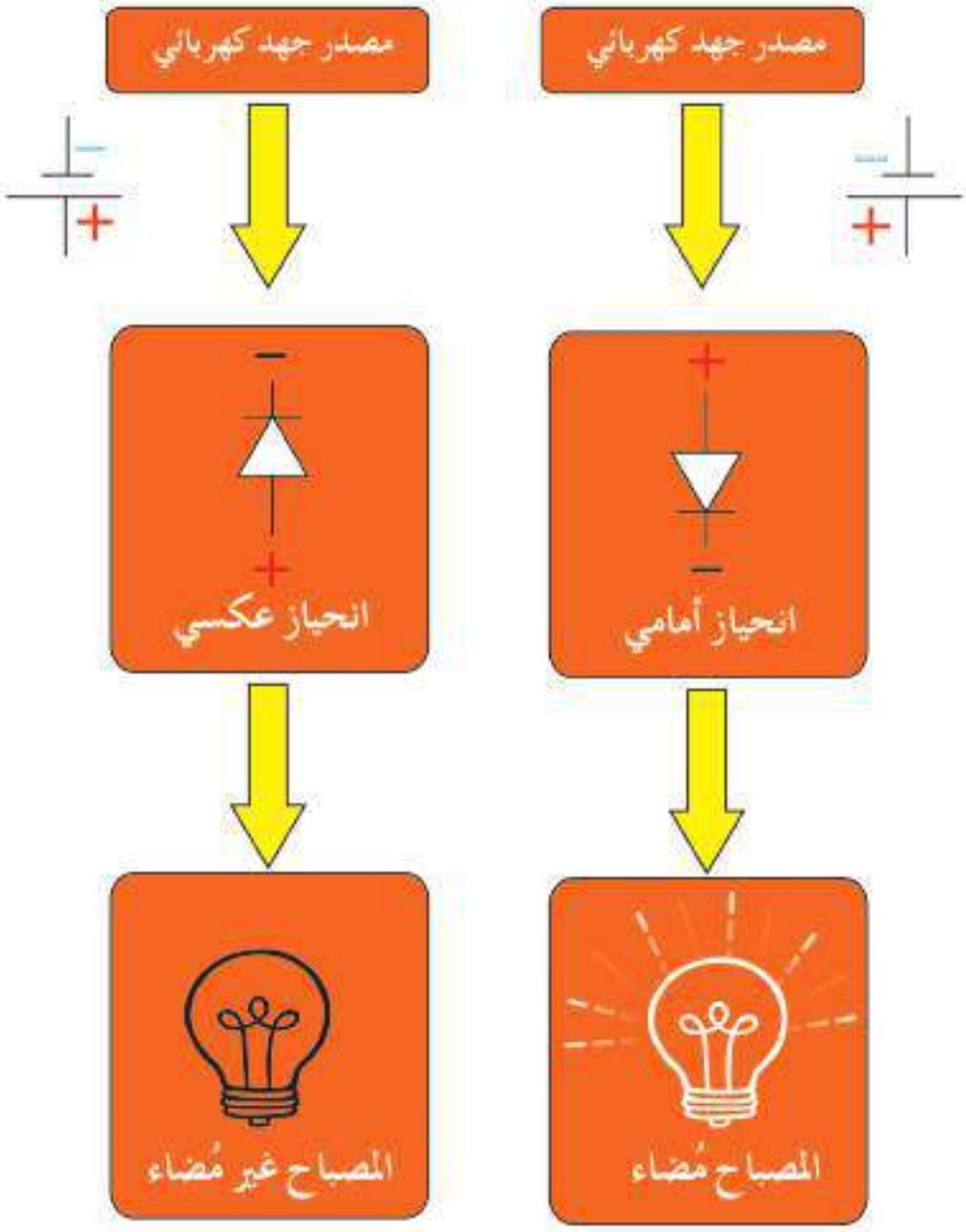
2- أعد فحص الثنائي وتحديد صلاحيته بأفوميتر تناظري.

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	التأكد من بطاريات الجهاز.			
2	اختيار التدريج المناسب للتأكد من الثنائي.			
3	تحديد القطب السالب من الثنائي.			
4	تحليل بيانات الأفوميتر وربطها بعمل الثنائي.			
5	تحديد الثنائي الصالح للعمل.			

الخريطة المفاهيمية

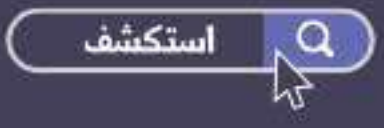


ثالثًا: الترانزستور

النتاجات

يتوقع منك بعد دراستك هذا الدرس أن:

- تتعرف تركيب الترانزستور.
- تتعرف أنواع الترانزستورات واستعمالاتها وطرائق فحصها.



انظر.. وتساءل

ماذا تلاحظ في الشكل الآتي؟

يُستعمل عنصر خاص في أنظمة المياه ليتحكّم في كمية المياه الخارجة، ويُتحكّم فيه عَبْرَ ذراع خاصة بذلك تُحرّك بصورة ميكانيكية حسب الطلب؛ إذ يمكن زيادة تدفق المياه عن طريق تحريك الذراع بنسبة معينة.

استكشف

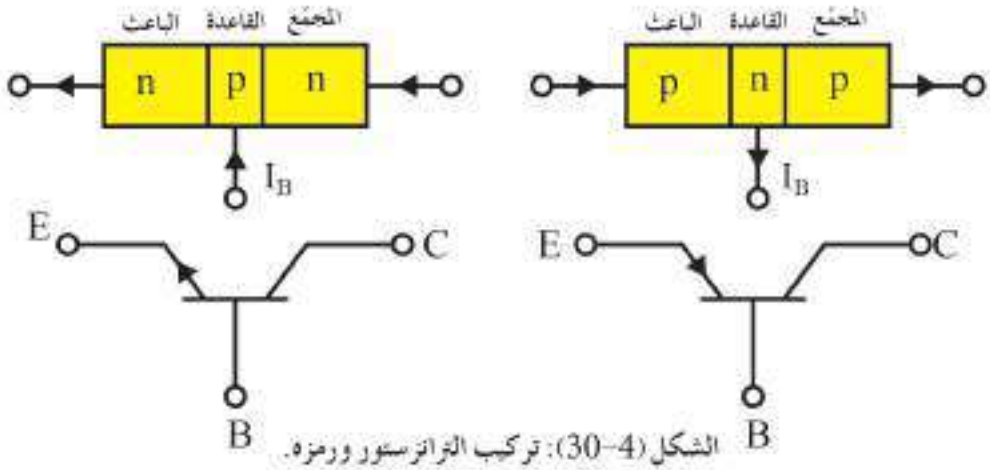
- قارن بين الرسمين في الشكل (4–29). ماذا تستنتج؟

الشكل (4–29).

الترانزستور (Transistor)

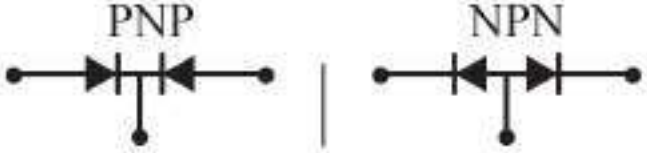
يعد الترانزستور تطبيقًا آخر على أشباه الموصلات، حيث يستعمل في الدارات الكهربائية الحديثة جميعها مثل دارات الهواتف المحمولة التي تشمل تضخيم الإشارات الكهربائية.

كما هو الحال في الثنائي شبه الموصل، يُصنع الترانزستور من مادة السيليكون أو الجرمانيوم المطعّم بالشوائب حتى تزيد موصليته، وله ثلاثة أقطاب: القاعدة (Base)، والمجمع (Collector)، والباعث (Emitter) ويتكون من ثلاث طبقات. هذه الطبقات جميعها أشباه موصلة، إما أن تكون طبقتين موجبتين (P) في وسطها طبقة سالبة (N)، ويسمى الترانزستور في هذه الحالة (P-N-P)، ويكون سهم الباعث متجهًا إلى الداخل، وإما طبقتين سالبتين (N) في وسطها طبقة موجبة (P)، ويسمى في هذه الحالة (NPN)، ويكون سهم الباعث متجهًا إلى الخارج ،انظر إلى الشكل (4–30) الذي يوضح ترتيب الطبقات في الأنواع المختلفة من الترانزستور ورمز كل منها في الدارات الكهربائية.



الشكل (4–30): تركيب الترانزستور ورمزه.

ويبدو الترانزستور هنا كأنه ثنائيان شبه موصلين متصلين ببعضهما كما في الشكل (4–31)، كل ثنائي يعبّر عن منطقة اتصال، فهناك منطقة اتصال بين الباعث والقاعدة، ومنطقة الاتصال بين القاعدة والمجمع. حين تكون إحداهما غالبًا منحازة إلى الأمام بينما الأخرى ذات انحياز عكسي.



الشكل (4–31): تمثيل الانحياز لمناطق الاتصال في الترانزستور.

معاملات الترانزستور

هناك ثلاثة تيارات وثلاثة جهود في الترانزستور، كما هو مبين في الشكل (4–32).

I_B: تيار القاعدة

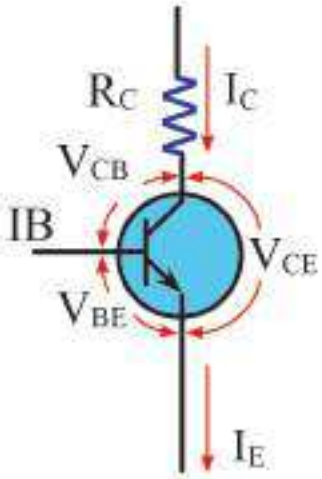
I_E: تيار الباعث

I_C: تيار المجمع

V_{BE}: فرق الجهد بين القاعدة والباعث

V_{CB}: فرق الجهد بين المجمع والقاعدة

V_{CE}: فرق الجهد بين المجمع والباعث

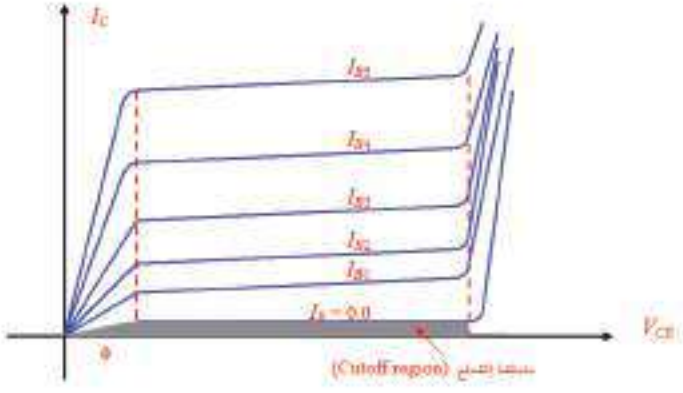


الشكل (4–31): التيارات والجهود للترانزستور.

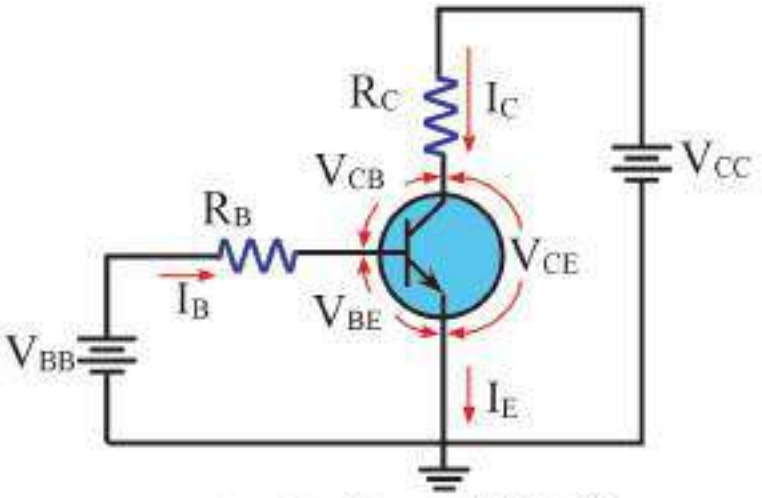
منحنى الخواص للترانزستور

يمثل الشكل (4–32/أ) منحنى الخواص المجمع للترانزستور، الذي رُسم بناء على الدارة الكهربائية (4–33/ب). مهما كان فرق الجهد بين المجمع والباعث (V_{CE}) إذا كان التيار على القاعدة صفرًا فلن يمر تيار وتبقى قيمة (I_c) تساوي صفرًا في منطقة القطع. عند زيادة التيار على القاعدة، تكون زيادة تيار المجمع (I_c) مرتبطة طرديًا بفرق الجهد (V_{CE}) في منطقة تسمى منطقة التشبع. عند وصول فرق الجهد بين المجمع والباعث إلى (0.7v)، تثبت قيمة تيار المجمع (I_c) في منطقة تسمى المنطقة النشطة أو المنطقة الخطية.

عندما يزداد فرق الجهد بين المجمع والباعث (V_{CE}) إلى قيمة عالية ينهار الثنائي الممثل بين الباعث والمجمع، ما يؤدي إلى وصول الترانزستور إلى مرحلة الانهيار.



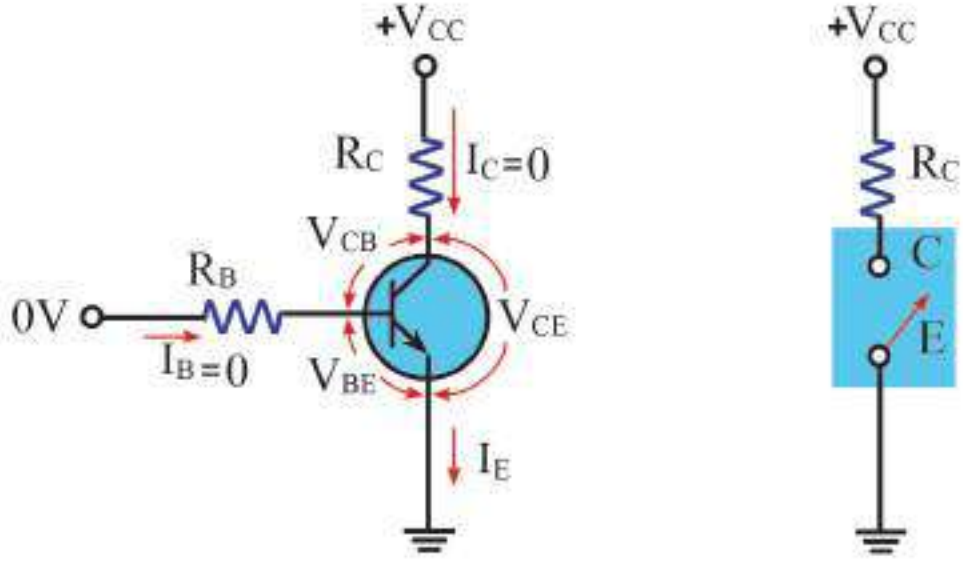
الشكل (4–32/أ): منحنى الخواص للترانزستور.



الشكل (4–33/ب): دارة كهربائية تشمل ترانزستور.

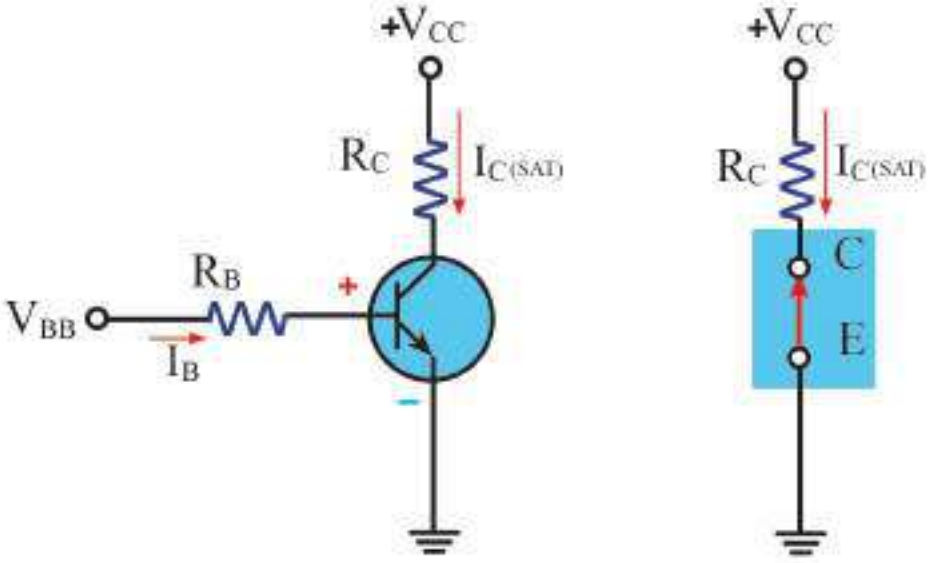
يعمل الترانزستور كمفتاح إلكتروني، حيث يمر بحالتين:

1 –عندما يكون تيار القاعدة (I_B) مساويًا للصفر، يكون الترانزستور في وضع القطع، فتكون قيمة التيار (I_C) مساوية للصفر، كأن الترانزستور يعمل كمفتاح مفتوح. انظر إلى الشكل (4–34).



الشكل (4–34): الترانزستور كمفتاح مفتوح.

2 –عند تطبيق فرق جهد ومرور تيار في القاعدة (I_B) يصل الترانزستور إلى المنطقة النشطة ويشبع التيار، كأنه مفتاح كهربائي مغلق كما في الشكل (4–35).



الشكل (4–35): الترانزستور كمفتاح مغلق.

قبل وجود الترانزستور، كانت المفاتيح الكهربائية عبارة عن مرحلات كهربائية وأنابيب مفرغة، يتميز الترانزستور منها بالأمور الآتية:

1 – صغر حجمه، وخفة وزنه.

2 – لا يحتاج إلى تسخين بعد تطبيق الجهد عليه (كما هو الحال في الأنابيب المفرغة).

3 – طول عمره الافتراضي، حيث يعمل مدة طويلة تصل إلى خمسين عامًا.

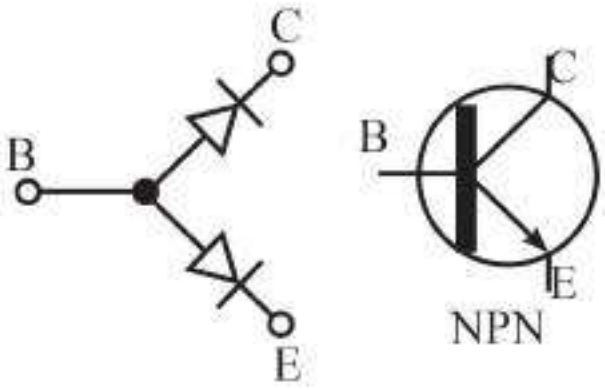
4 – عدم الحساسية للصدمات الميكانيكية كالمرحل.

5 – سرعة رد الفعل أكثر من المرحل والأنابيب المفرغة.

فحص الترانزستور وتحديد نوعه وأطرافه

قبل فحص الترانزستور، يجب علينا معرفة أقطابه، عَبْر جهاز الأفوميتر الرقمي، ووضع مفتاح الاختيار على مجال الأوم، إذ تُقاس المقاومات بين أطراف الترانزستور الثلاثة، بحيث تقاس قيمتا المقاومة بين كل طرفين (تعكس أطراف الجهاز في كل مرة)، مراعيًا أن الترانزستور مكون من ثنائيين متعاكسين، وأن لكل ثنائي مقاومة أمامية منخفضة ومقاومة عكسية عالية جدًّا. انظر إلى الشكل (4–36)، يجري الفحص على النحو الآتي:

1 –الفحص العشوائي لإيجاد طرفين تكون مقاومتهما مرتفعة في كلتا الحالتين (عند عكس أطراف الجهاز)، ويكون هذان الطرفان هما المجمع والباعث، وبذلك يكون الطرف الثالث هو القاعدة.



الشكل (4–36): الترانزستور.

2 –بين القاعدة وكل من المجمع أوالباعث مقاومة منخفضة / في حال التوصيل الأمامي / أما إذا عكسنا الأقطاب، فيشير إلى مقاومة لا نهائية.

3 –للتميز بين المجمع والباعث، تكون المقاومة بين القاعدة والباعث أكبر منها بقليل من المقاومة بين المجمع والقاعدة.

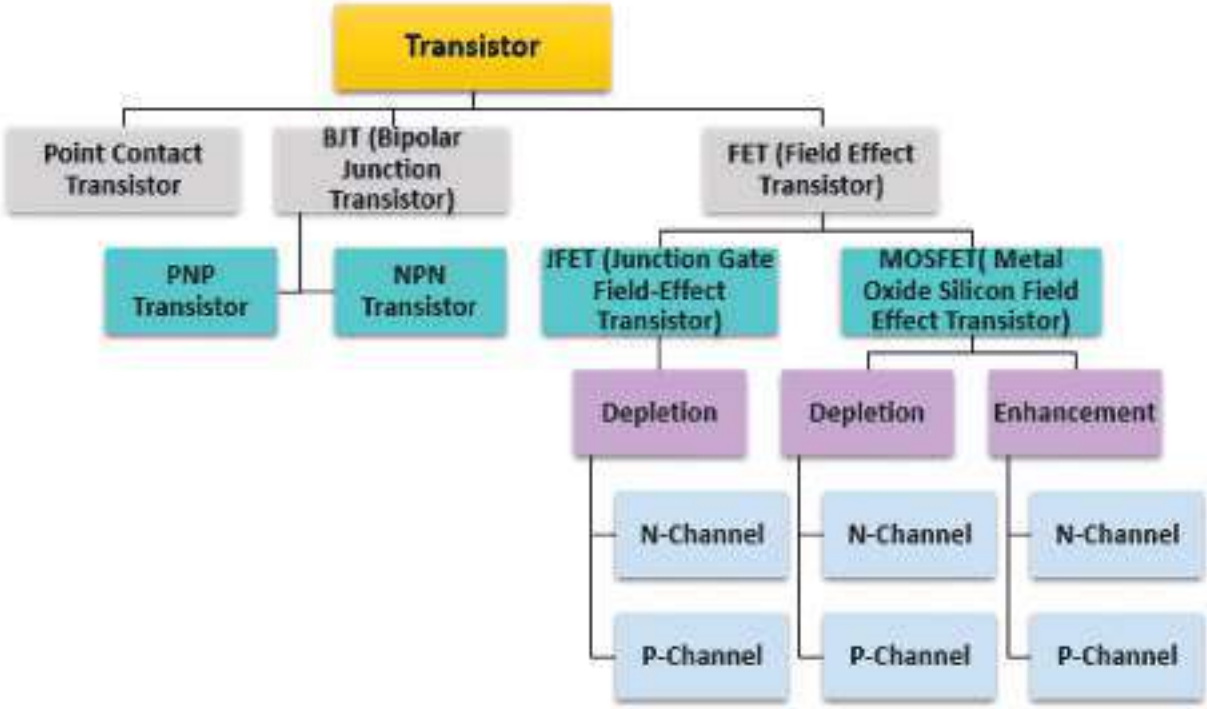
يُعرف نوع الترانزستور (NPN) أو (PNP) عَبْر الأمور الآتية:

1 – إذا كان القطب الموجب للجهاز موجودًا على القاعدة عندما تعطي مقاومة منخفضة مع المجمع أوالباعث فالترانزستور نوعُه (NPN)، أما إذا كان القطب السالب للجهاز موجودًا على القاعدة عندما تعطي مقاومة منخفضة مع المجمع أوالباعث، فالترانزستور نوعُه (PNP).

الشكل (4–37): جهاز فحص الترانزستور.

2 – يمكن فحص صلاحية الترانزستور بجهاز فاحص الترانزستور، حيث إن لكل جهاز طريقة خاصة به حسب تعليمات الشركة الصانعة، يبين الشكل (4–37) أحد أنواع أجهزة فحص الترانزستورات، إلا أن هذا الجهاز قد لا يكون متوافرًا في بعض الأحيان، لذلك يستعاض عنه بالفحص السابق بجهاز الأفوميتر.

ابحث في مصادر المعرفة المتوافرة لديك في مدرستك عن أنواع أخرى من الترانزستورات (FET و MOSFET) واكتب تقريرًا عنها وناقشه مع زملائك.



التمرين الثالث

فحص الترانزستور وتحديد صلاحيته بالأفوميتر

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- تفرق أقطاب الترانزستور وتحدد صلاحيته بالأفوميتر.

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- تقيد بالزي المخصص للتدريب، مثل: حذاء السلامة، والنظارات في أثناء العمل في المشغل أو المختبر.
- رتب الأدوات ثم ضعها في أماكنها، وحافظ على ترتيب مكان العمل لديك لتحقيق نتائج فُضلى.
- حافظ على نظافة المكان الذي تعمل فيه، ولا تُدخل المواد السائلة إلى مشاغل الكهرباء.
- استمع لتعليمات معلمك /مدربك؛ لسلامتك ولتحقيق نتائج جيدة.
- أحسن التصرف مع زملائك في العمل، وتذكر أن العمل الناجح يأتي من فريق ناجح.
- اطلب مساعدة معلمك/ مدربك، إذا أردت تعرّف أي جهاز جديد في المختبر، ولا تجربه وحدك.
- التزم الحضور إلى المشغل/ المختبر في الوقت المحدد.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– جهاز قياس الجهد والتيار والمقاومة الرقمي (AVO meter).	– ترانزستور متوافر في المشغل.

خطوات الأداء

1 –أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.

2 –أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.

3 –شغل جهاز الأفوميتر (AVO meter)، واضبط المؤشر على تدريج المقاومة.

4 –لمعرفة أقطاب الترانزستور، ضع طرفي جهاز الأفوميتر على طرفين عشوائيين كما في الشكل (1). ثم دوّن قيمة المقاومة المقاسة.

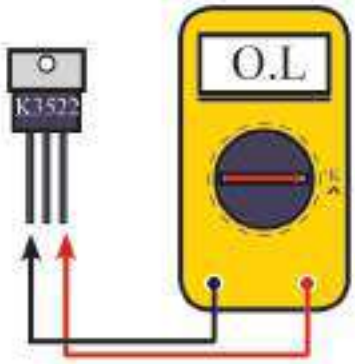
5 –اعكس طرفي الجهاز كما في الشكل (2)، وفي حال قراءة مقاومة عالية جدًا في الحالتين السابقتين، يكون هذان الطرفان هما المجمع والباعث ويكون الطرف الآخر هو القاعدة.

6 – قس المقاومة بين القاعدة وأحد الأطراف السابقة كما في الشكل (3) ثم دوّن قيمة المقاومة المقاسة.

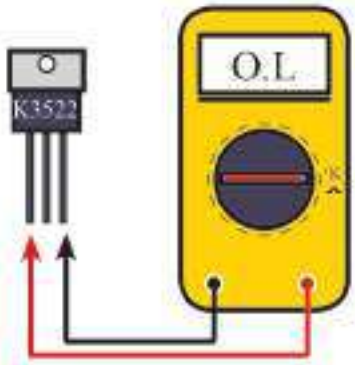
7 – اعكس طرفي الجهاز ثم دوّن قيمة الجهاز. انظر إلى الشكل (4).

لتحديد نوع الترانزستور في حال قراءة الجهاز لمقاومة منخفضة، ننظر إلى طرف الجهاز المتصل بالقاعدة، إذا كان هو الطرف السالب، فإنه يدل على أن نوع الترانزستور هو (PNP) أما إذا كان الطرف المتصل بالقاعدة هو طرف الجهاز الموجب، فإنه يدل على أن نوع الترانزستور هو (NPN).

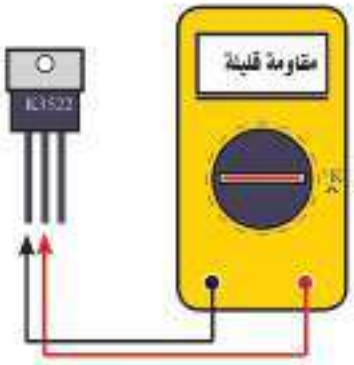
الرسم التوضيحي



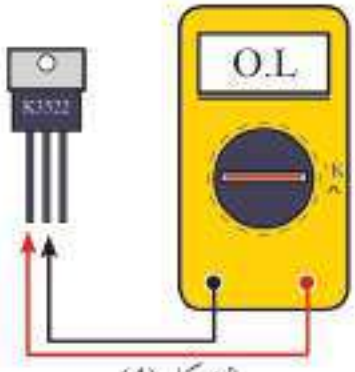
الشكل (1)



الشكل (2)



الشكل (3)



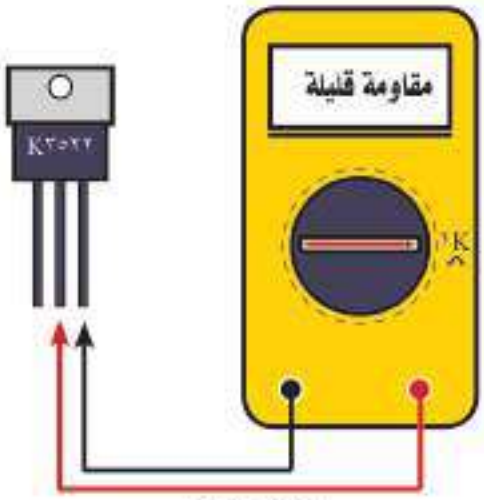
الشكل (4)

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

8 – قِس المقاومة بين القاعدة والطرف الآخر كما في الشكل (5)، ثم دوّن قيمة المقاومة المقاسة

9 – اعكس الأطراف، ثم دوّن قيمة المقاومة المقاسة.

تمييز الباعث (E) عن المجمع (C) بملاحظة المقاومة بين القاعدة والباعث التي تكون أكبر بقليل منها بين المجمع والقاعدة.

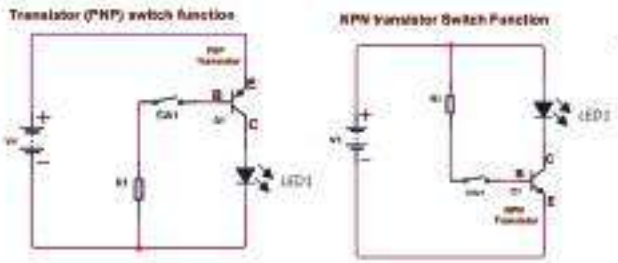


الشكل (5)

الأنشطة العملية

أعد التجربة بوساطة ترانزستور من نوع آخر.

مستعينًا بالدارتين في الشكل (6)، تحقق من صلاحية الترانزستورات المتوافرة في مشغلك.



الشكل (6)

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	التأكد من بطاريات الجهاز.			
2	اختيار تدريج المقاومة.			
3	توصيل الترانزستور بصورة صحيحة.			
4	تحليل البيانات الناتجة من الأفوميتر.			
5	تحديد أقطاب الترانزستور.			

التمارين العملية

التمرين الرابع

تحديد نوع الترانزستور بالأفوميتر

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- تتعرف نوع الترانزستور بوساطة الأفوميتر.

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- تقيد بالزي المخصص للتدريب، مثل: حذاء السلامة، والنظارات في أثناء العمل في المشغل أو المختبر.
- رتب الأدوات ثم ضعها في أماكنها، وحافظ على ترتيب مكان العمل لديك لتحقيق نتائج فُضلى.
- حافظ على نظافة المكان الذي تعمل فيه، ولا تُدخل المواد السائلة إلى مشاغل الكهرباء.
- استمع لتعليمات معلمك/مدربك؛ لسلامتك ولتحقيق نتائج جيدة.
- أحسن التصرف مع زملائك في العمل، وتذكر أن العمل الناجح يأتي من فريق ناجح.
- اطلب مساعدة معلمك/ مدربك إذا أردت تعرّف أي جهاز جديد في المختبر، ولا تجربه وحدك.
- التزم الحضور إلى المشغل/المختبر في الوقت المحدد.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– جهاز قياس الجهد والتيار والمقامة الرقمي (AVO meter).	– ترانزستور متوافر في المشغل

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

1 –أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.

2 –أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.

3 –شغل جهاز الأفوميتر (AVO meter)، واضبط المؤشر على تدريج الثنائي، كما في الشكل (1).

الشكل(1)

4 –حدد أطراف الترانزستور، كما مر معك في التمرين السابق.

5 –ضع القطب الموجب من الأفوميتر على قاعدة الترانزستور، وضع القطب السالب من الأفوميتر على أي قطب عشوائي، كما في الشكل (2).

الشكل(2)

هل أعطى الأفوميتر قراءة؟

6 –ضع القطب، السالب من الأفوميتر على قاعدة الترانزستور وضع القطب الموجب من الأفوميتر على أي قطب عشوائي كما في الشكل (3)

الشكل (3)

7 –أنشئ جدولًا في دفترك يبين قراءة الأفوميتر في كل حالة من الترانزستور محددًا نوع ترانزستور(PNP أو NPN).

الأنشطة العملية

أعِد التجربة بوساطة تدريج المقاومة أو جهاز أوميتر.

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	التأكد من بطاريات الجهاز.			
2	اختيار التدريج الثنائي.			
3	توصيل الترانزستور بصورة صحيحة.			
4	تحليل البيانات الناتجة من الأفوميتر.			
5	تحديد نوع الترانزستور.			

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- تتعرف نوع الترانزستور بوساطة جهاز فحص الترانزستور.

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- تقيد بالزي المخصص للتدريب، مثل: حذاء السلامة، والنظارات في أثناء العمل في المشغل أو المختبر.
- رتب الأدوات ثم ضعها في أماكنها، وحافظ على ترتيب مكان العمل لديك لتحقيق نتائج فُضلى.
- حافظ على نظافة المكان الذي تعمل فيه، ولا تُدخل المواد السائلة إلى مشاغل الكهرباء
- استمع لتعليمات معلمك/مدربك؛ لسلامتك ولتحقيق نتائج جيدة.
- أحسن التصرف مع زملائك في العمل، وتذكر أن العمل الناجح يأتي من فريق ناجح.
- اطلب مساعدة معلمك/ مدربك، إذا أردت تعرّف أي جهاز جديد في المختبر، ولا تجربه وحدك.
- التزم الحضور إلى المشغل/المختبر في الوقت المحدد.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– جهاز فحص الترانزستور المتوافر في مشغلك.	– ترانزستورات متوافرة في المشغل.

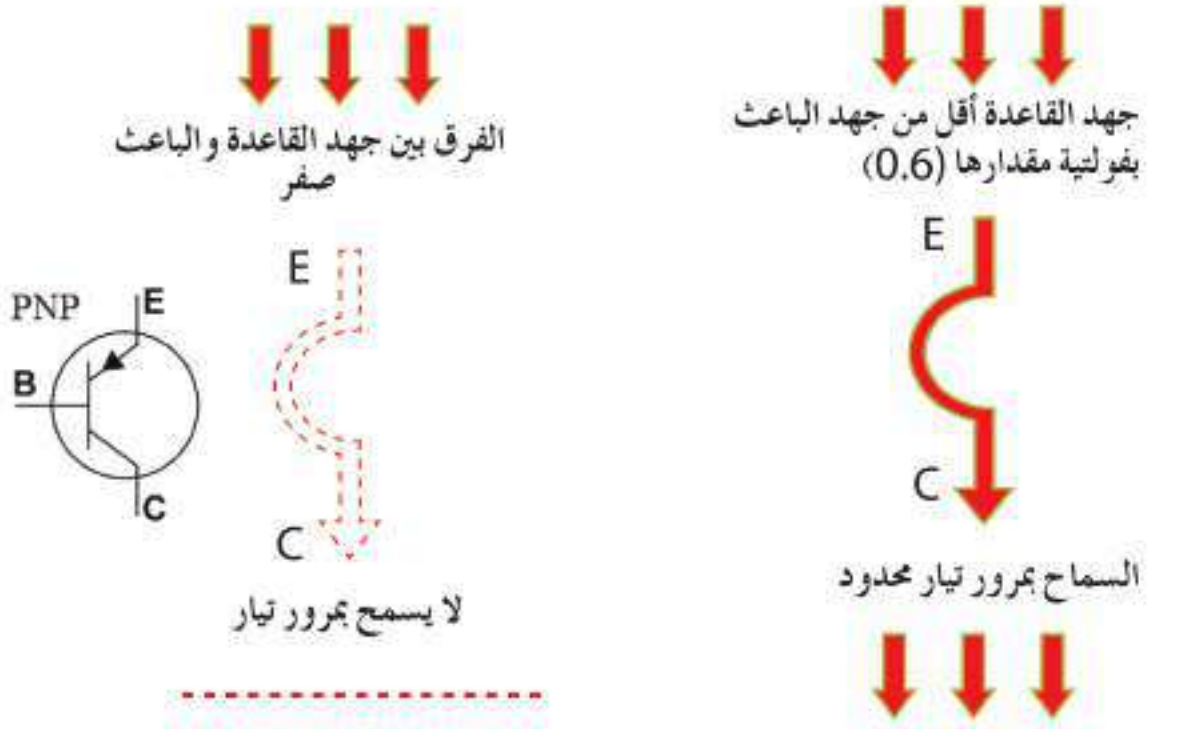
خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1 –أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.	الشكل (1)
2 –أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.	
3 –شغل الجهاز من المفتاح وعايره بتوصيل الأطراف جميعها ببعضها كما في الشكل (1).	
4 –ضع الترانزستور في مكانه المخصص كما في الشكل (2).	الشكل (2)
لاحظ أن الجهاز له القدرة على تحديد نوع الترانزستور NPN أو PNP وخصائصه الفنية مثل تيار القاعدة وغيره.	
5 –دوّن في دفترك النتائج التي حصلت عليها محاولًا استخراج الخصائص التي تعرفها عن الترانزستور.	

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	تشغيل الجهاز من المفتاح ومعايرته بتوصيل الأطراف جميعها ببعضها.			
2	وضع الترانزستور في مكانه المخصص.			

الخريطة المفاهيمية



رابعًا: الثايرستور

النتاجات

يتوقع منك بعد دراستك هذا الدرس أن:

- تتعرّف تركيب الثايرستور.
- تتعرف توصيلات الثايرستور واستعمالاته وطرائق فحصه.

هل استعملت يومًا مصعدًا كهربائيًا؟
هل يجب أن تظل ضاغطًا على زر التشغيل حتى تصل إلى الطابق الذي تريد؟

عند دخول المصعد، يُحدَّد اتجاه الصعود أو النزول ومكانه عن طريق الضغط مرّة واحدة بصورة لحظية فقط، فيتحرك المصعد إلى حين وصول إشارة داخلية تُلزمه بالتوقف في المكان المحدد.

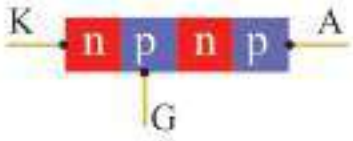
- كيف يمكن التحكم في تشغيل المحركات الكهربائية إلكترونيًا؟

تُستعمل عناصر إلكترونية للتحكم في تشغيل المحركات الكهربائية، بحيث يتم التحكم في هذه العناصر عن طريق أوامر محددة تُرسِلها دارة إلكترونية خاصة، ومن هذه العناصر الثايرستور.

اقرأ.. وتعلم

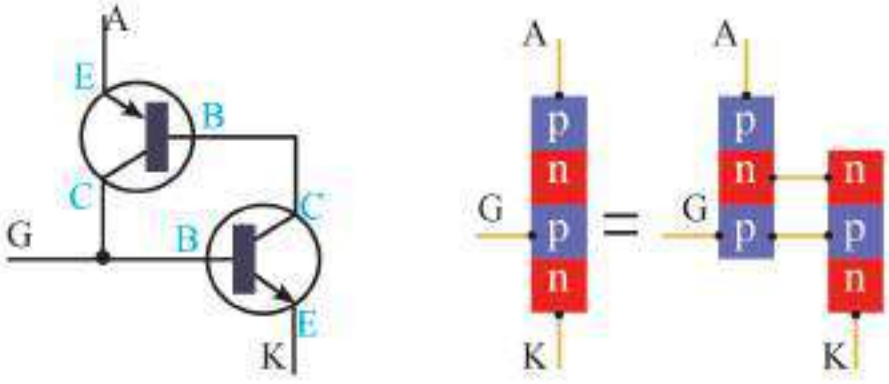
الثايرستور (Thyristor)

الثايرستور هو عنصر إلكتروني مصنوع من مواد شبه موصلة، وتتألف من أربع طبقات، هي على التسلسل: (P_1، N_1، P_2، N_2)، وله ثلاثة أقطاب: البوابة (gate)، المصعد (Anode)، المهبط (Cathode). ويرمز إليه في الدارات الكهربائية بالرمز ( ). انظر إلى الشكل (4–38).



الشكل (4–38): تركيب الثايرستور.

ويُنظَر إلى الثايرستور على أنه ترانزستوران متصلان ببعضهما كما في الشكل (4–39).



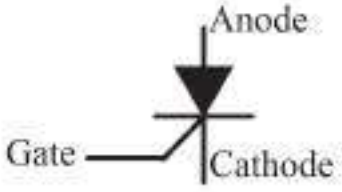
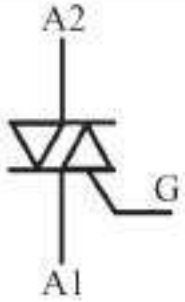
الشكل (4–39): تمثيل الثايرستور كالذين من الترانزستور.

يعمل الثايرستور بوساطة التغذية الراجعة الموجبة، أي أن أحد الترانزستورين يتحكم في الآخر بوساطة تيار مجمع الترانزستور الأول الذي يتحكم في تيار القاعدة في الترانزستور الثاني.

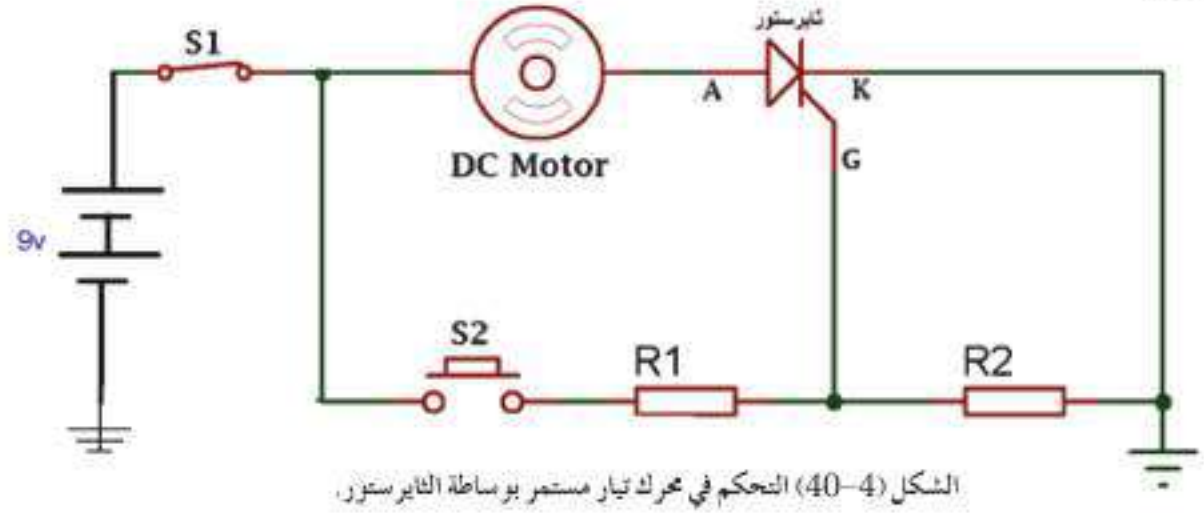
عند مرور تيار في قاعدة الترانزيستور الأول، فإن هذا التيار سيظهر أثره مضخمًا في مجمع الترانزستور الأول الموصول بقاعدة الترانزستور الثاني، ويمرر الترانزستور الثاني التيار من الباعث إلى مجمع الترانزستور نفسه الموصول بقاعدة الترانزستور الأول، فيزداد تيار القاعدة للترانزستور الأول وهكذا. لذلك يستعمل الثايرستور كمفتاح، ويمكن تلخيص عمل الثايرستور عمومًا بأنه يشبه عمل ثنائي شبه الموصل، عندما يكون منحازًا أماميًا وعندما يكون منحازًا عكسيًا، و يكون

في حالة قطع ولا يمرر أي تيار. يتميز الثايرستور من الترانزستور أنه يحتاج إلى تيار بوابة مرة واحدة (قدح) حتى يعمل من دون توقف، على عكس الترانزستور الذي يحتاج إلى تيار مستمر في القاعدة حتى يعمل، وبزواله يتوقف عن العمل، وهذا ما يجعله مستعملاً في دارات محركات التيار المستمر. يبين الجدول (4-3) أنواع الثايرستور.

جدول (4-3): أنواع الثايرستور.

نوع الثايرستور	رمزه
ثنائي شوكلي (Shockley)	
ثنائي الدياك (Diac)	
SCR (Silicon Control) Rectifier المقوم السيلكون المحكوم	
ثنائي الترياك (Traic)	

يتم التحكم في محرك التيار المستمر بتوصيل الثايرستور، كما في الشكل (4–40) على سبيل المثال.



الشكل (4–40) التحكم في محرك تيار مستمر بوساطة الثايرستور.

بإغلاق المفتاح (S1 - S2)، يمر تيار داخل البوابة في الثايرستور، و يجعل الثايرستور يمرر التيار الكهربائي ويغلق الدارة فيعمل المحرك. ومن الجدير بالذكر هنا أن الثايرستور لن يتوقف عن العمل بفتح المفتاح (S2)؛ لأنه يعمل بالتغذية الراجعة ولا يحتاج إلى تيار البوابة إلا مرة واحدة وحتى نتمكن من إيقافه، يجب فتح المفتاح (S1).

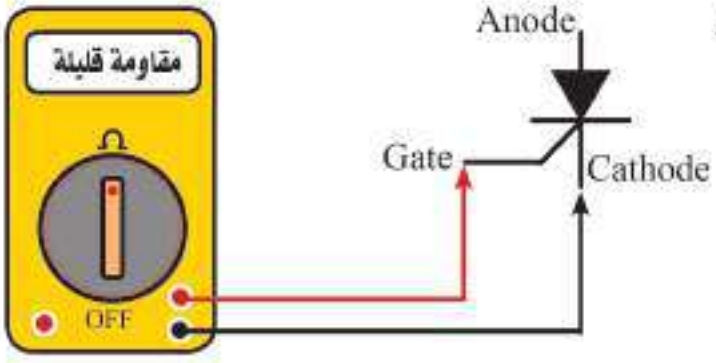
فحص الثايرستور وتحديد صلاحيته

يُفحص الثايرستور وتُحدد أطرافه بجهاز الأفوميتر أو الأوميتر، ويضبط الجهاز على تدريج المقاومة، ويجري القياس بين طرفين عشوائيين بناء على المعلومات الآتية:

1 –المقاومة بين المصعد والمهبط دائمًا عالية حتى عند عكس طرفي جهاز القياس.

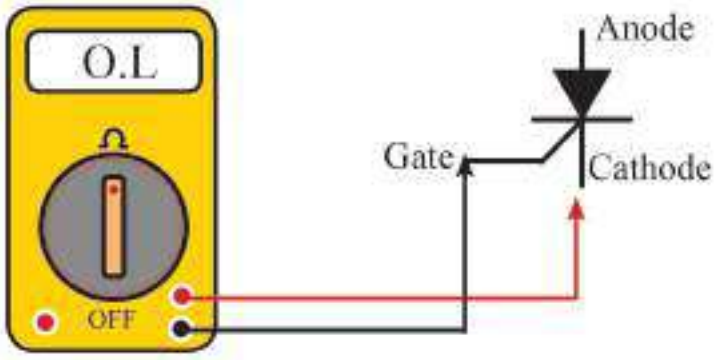
2 –المقاومة بين البوابة والمهبط لها قيمتان:

أ – منخفضة في حالة وضع القطب الموجب للأفوميتر على البوابة والقطب السالب للأفوميتر على المهبط. انظر إلى الشكل (4–41).



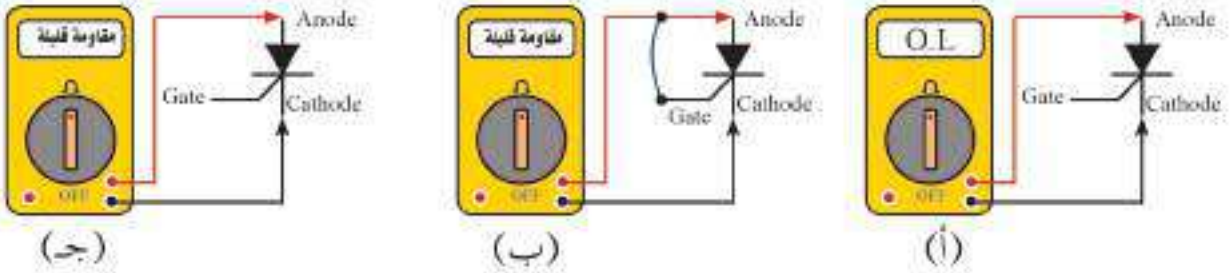
الشكل (4–41) المقاومة المقيسة بين البوابة والمهبط.

ب- مرتفعة في حالة وضع القطب الموجب للأفوميتر على المهبط والقطب السالب للأفوميتر على البوابة. انظر إلى الشكل (4-42).



الشكل (4-42) المقاومة المقيسة بين البوابة والمهبط

جـ- تُحدد صلاحية الثايرستور بوصل الطرف الموجب لجهاز الأو مميتر بالمصعد والطرف السالب بجهاز الأوميتر بالمهبط، في هذه الحالة يجب أن تكون المقاومة مرتفعة جدًّا، انظر إلى الشكل (4-43/أ). وللتأكد من صلاحيته، يتم عمل قصر بسلك نحاسي بين المصعد والبوابة، مع ملاحظة قيمة المقاومة التي يجب أن تنخفض إلى قيمة منخفضة جدًّا، انظر إلى الشكل (4-43/ب) وثباتها على هذه القيمة حتى بعد إزالة السلك النحاسي بين المصعد والبوابة، ما يدل على صلاحية الثايرستور، انظر إلى الشكل (4-43/جـ).



الشكل (4-43): تحديد صلاحية الثيرستور (قدح الثيرستور).

قم بالتعاون مع زملائك بالبحث في شبكة الإنترنت عن أنواع مختلفة من الثايرستور، واكتب تقريرًا عن استخداماتها.

التمارين العملية

التمرين السادس

فحص ثايرستور من نوع (SCR) وتحديد أطرافه

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- تحدد أطراف الثايرستور وتَفحص صلاحيته.

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- تقيد بالزي المخصص للتدريب، مثل: حذاء السلامة، والنظارات في أثناء العمل في المشغل أو المختبر.
- رتب الأدوات ثم ضعها في أماكنها، وحافظ على ترتيب مكان العمل لديك لتحقيق نتائج أفضل.
- حافظ على نظافة المكان الذي تعمل فيه، ولا تُدخل المواد السائلة إلى مشاغل الكهرباء.
- استمع لتعليمات معلمك/مدربك؛ لسلامتك ولتحقيق نتائج جيدة.
- أحسن التصرف مع زملائك في العمل، وتذكر أن العمل الناجح يأتي من فريق ناجح.
- اطلب مساعدة معلمك/ مدربك، إذا أردت تعرّف أي جهاز جديد في المختبر، ولا تجربه وحدك.
- التزم الحضور إلى المشغل/المختبر في الوقت المحدد.
- تأكد من توصيلك الدارة بالصورة الصحيحة.
- نفذ التجربة بإشراف معلمك.

متطلبات تنفيذ التمرين

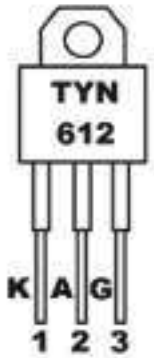
العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– جهاز قياس الجهد والتيار والمقاومة الرقمي (AVometer).	1 – ثايرستور من نوع (SCR TYN612) أو أي نوع متوافر في المشغل. 2 – أسلاك توصيل.

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

1 – أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.

2 – أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.

3 – لاحظ شكل الثايرستور المبين في الشكل (1).



الشكل (1)

4 – شغل جهاز الأفوميتر واضعًا المؤشر على قياس المقاومة.

5 – قس المقاومة بين أي قطبين حتى تظهر مقاومة مرتفعة، كما في الشكل (2)، ثم اعكس أطراف جهاز القياس، يجب ألا تختلف القيمة المقيسة (المقاومة المرتفعة)، عند ظهور هذه القراءة، فهذا يعني أن الطرفين هما المصعد (Anode) والمهبط (Cathode)، والطرف الثالث هو البوابة (Gate).

الشكل (2)

6 – لتحديد أيهما المصعد والمهبط، قس المقاومة بين البوابة وكلا الطرفين، واضعًا القطب الموجب للأفوميتر على البوابة.

- **المهبط هو الذي تكون المقاومة بينه وبين البوابة قليلة، انظر إلى الشكل (3).**

الشكل (3)

7 – ضع قطب الأفوميتر الموجب على المهبط (Cathode) والقطب السالب على البوابة (Gate).

- يجب أن تكون المقاومة هنا مرتفعة.

ارسم في دفترك جدولًا يبين المقاومة المقيسة في كل قطبين في الثايرستور وسجّل ملاحظتك.

الأنشطة العملية

نفّذ التجربة مرة أخرى بوساطة ثايرستور من نوع آخر.

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	التأكد من بطاريات الجهاز.			
2	اختيار تدريج المقاومة.			
3	توصيل الثايرستور بالجهاز بصورة صحيحة.			
4	تحليل بيانات الأفوميتر.			
5	تحديد اقطاب الثايرستور.			

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- تركب دارة كهربائية تحتوي على ثايرستور، وبناء عليها تحدد إذا ما كان الثايرستور يعمل أم لا.

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- تقيد بالزي المخصص للتدريب، مثل: حذاء السلامة، والنظارات في أثناء العمل في المشغل أو المختبر.
- رتب الأدوات ثم ضعها في أماكنها، وحافظ على ترتيب مكان العمل لديك لتحقيق نتائج أفضل.
- حافظ على نظافة المكان الذي تعمل فيه، ولا تُدخل المواد السائلة إلى مشاغل الكهرباء.
- استمع لتعليمات معلمك/مدربك؛ لسلامتك ولتحقيق نتائج جيدة.
- أحسن التصرف مع زملائك في العمل، وتذكر أن العمل الناجح يأتي من فريق ناجح.
- اطلب مساعدة معلمك/ مدربك، إذا أردت تعرُّف أي جهاز جديد في المختبر، ولا تجربه وحدك.
- التزم الحضور إلى المشغل/المختبر في الوقت المحدد.
- تأكد من توصيلك الدارة بالصورة الصحيحة.
- نفذ التجربة بإشراف معلمك.

متطلبات تنفيذ التمرين

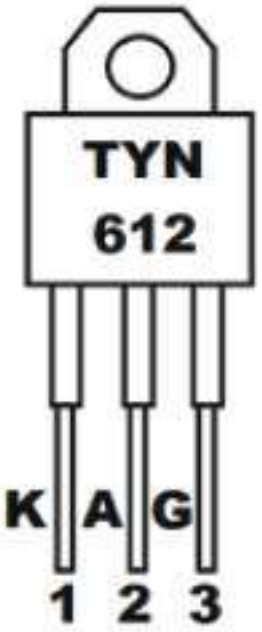
العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
1 – مصدر جهد (1) فولت	1 – ثايرستور من نوع (TYN612)
2 – مفتاحان	2 – ثنائي مشع للضوء (L.E.D)
3 – كاوي لحام	3 – مقاومة (220 اوم و 1k اوم)
4 – صندوق عُدّة	4 – قصدير لحام
	5 – أسلاك توصيل

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

1 –أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.

2 –أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمـــل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.

3 –تأكد من موقع المصعد والمهبط في ثايرستور (TYN612) كما في الشكل (1).



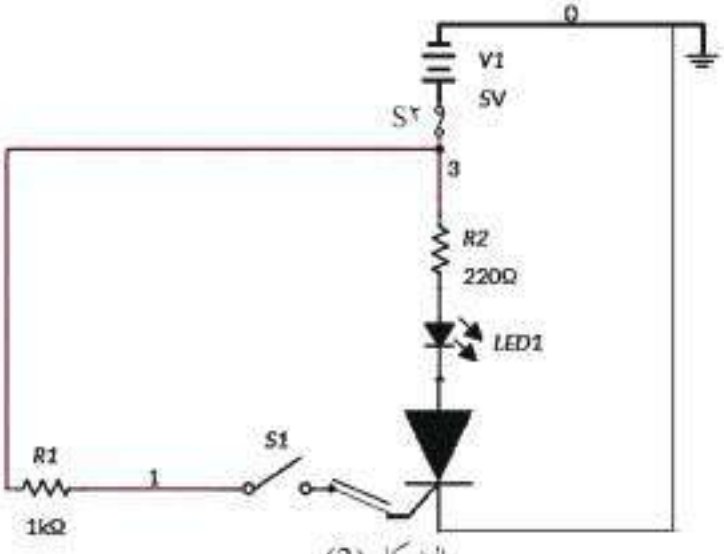
الشكل (1)

4 –صل الدارة الكهربائية الموضحة في المخطط، كما في الشكل (2).

5 –أغلق المفتاح (S1). هل تلاحظ إضاءة الثنائي الباعث للضوء؟

6 –افتح المفتاح (S1). هل حدث تغير في إضاءة الثنائي الباعث للضوء؟

7 –افتح المفتاح (S2). ثم لاحظ انطفاء الثنائي المشع للضوء.



الشكل (2)

الأنشطة العملية

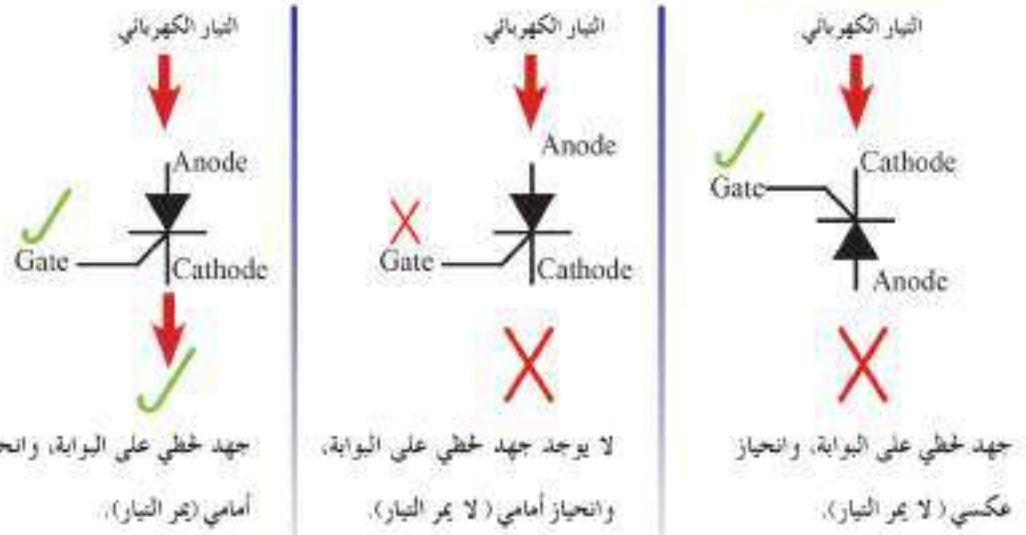
أعِد التجربة مع ثايرستور من نوع آخر موجود في المشغل. ماذا تلاحظ؟

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	التأكد من بطاريات الجهاز.			
2	اختيار تدريج المقاومة.			
3	توصيل الثايرستور بصورة صحيحة.			
4	توصيل الدارة الكهربائية بالصورة الصحيحة.			
5	تحليل بيانات الأفوميتر.			
6	تحديد صلاحية الثايرستور.			

الخريطة المفاهيمية



خامسًا: دارات التقويم والترشيح والتنظيم أحادية الطور

النتاجات

يُتوقع منك بعد دراستك هذا الدرس أن:

- تتعرف مفهوم التردد وأشكال الموجات.
- تتعرف دارات التقويم أحادية الطور، (Single Phase Rectifier) ودارات الترشيح (Filters)، ودارات تنظيم الجهد (Voltage Regulators).

انظر.. وتساءل

هل لاحظت يومًا وصلات كهرباء تحتوي مخرج (USB) داخلها، مثل الموجودة في الشكل(4-44)؟

لعلك لاحظت أن مخرج (USB) هو مخرج للجهد الثابت، إلّا أن وصلة الكهرباء متصلة بمدخل متردد للتيار، فما الأداة الموجودة داخل الوصلة التي تجعل (USB) تعمل؟

الشكل (4-44): وصلة كهربائية.

استكشف

فُكّ وصلة كهربائية تحتوي (USB) بإشراف معلمك، ثم جد المكونات الإلكترونية والكهربائية الموجودة فيها، واقرأها ثم ارسمها على شكل دارة كهربائية.

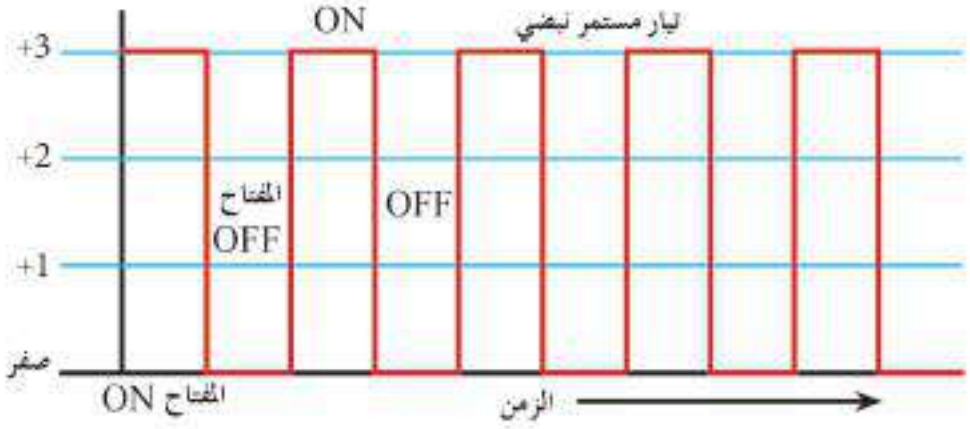
اقرأ.. وتعلم

مفهوم الموجات

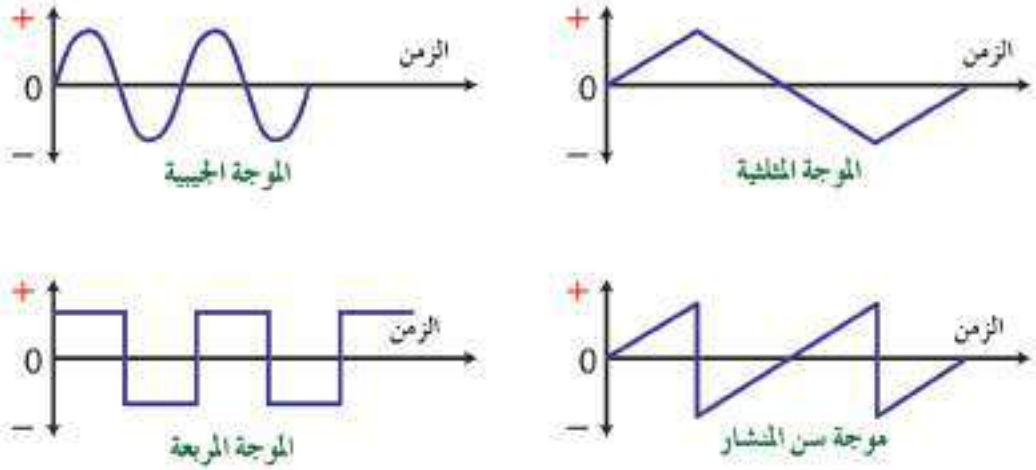
الشكل الموجي هو عبارة عن رسم بياني يبين نمط التغيير في الجهد أو التيار بمرور الزمن. الشكل الموجي للتيار والجهد المستمرين أو الثابتين هو عبارة عن خط مستقيم كما في الشكل (4-45).

الشكل (4-45): تمثيل نمط التغير في الموجة بالنسبة للزمن.

إذا استعملنا مفتاحًا لتقطيع الموجة، فإن الناتج سيكون موجة مترددة على شكل نبضات كما في الشكل (4–46). هناك أشكال متعدّدة من الموجات مثل: الموجة الجيبية، والمثلثية، وأسنان المنشار، وغيرها، انظر إلى الشكل (4–47).



الشكل (4–46): موجة ناتجة عن فتح مفتاح وإغلاقه.



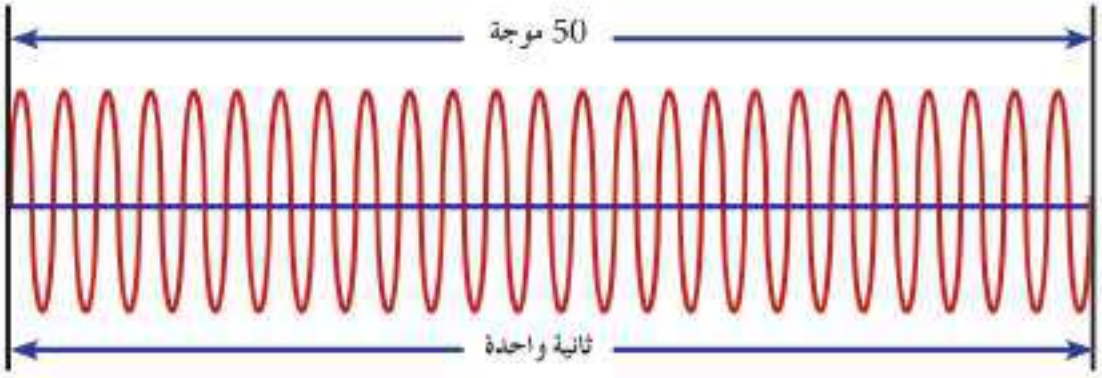
الشكل (4–47): أشكال الموجات.

التردد

تحسب الموجة الكاملة بعد أن تزداد تدريجيًا إلى أقصى قيمة لها، ثم تتناقص لتعود إلى القيمة التي بدأت منها، ثم تتناقص لتبلغ أقصى قيمة سالبة لها، ثم تعود إلى القيمة التي بدأت منها مرة أخرى. يتكرر هذا النمط مع مرور الزمن، ويسمى عدد الموجات المتولدة في ثانية واحدة (تردد الموجة) كما في الشكل (4–48). تكرر نفسها (50) مرة في الثانية الواحدة، أي أن ترددها

(50) هيرتز (وحدة قياس التردد وتساوي عدد الموجات في الثانية الواحدة).

تجدر الإشارة إلى أن التوليد الكهربائي في الدول يتم على قيمتين من التردد (50Hz) أو(60Hz)، في الأردن قيمة التردد (50Hz) .



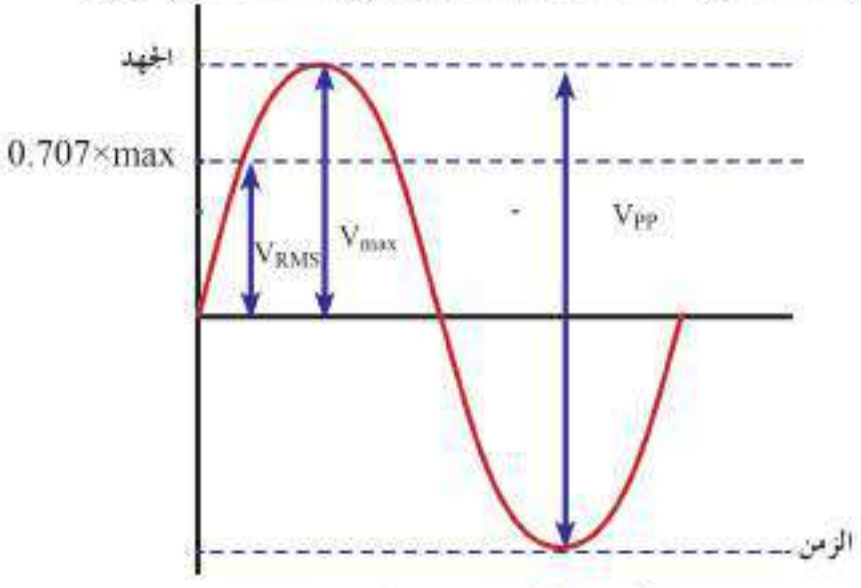
الشكل (4–48): تكرار موجة خلال ثانية.

يمكن أيضًا معرفة التردد بوساطة حساب الزمن الدوري للموجة، حيث إنّ هناك علاقة رياضية تربط التردد بالزمن الدوري (هو الزمن الذي تحتاج إليه الموجة لتعيد نفسها، أيضًا يعرف بالفرق الزمني بين القمتين أو القاعين) وهي: $f=\frac{1}{T}$.

حيث f : التردد ويقاس بوحدة الهيرتز

T : الزمن الدوري، ويقاس بوحدة الثانية.

يمثل الشكل (4–49) الخصائص الخاصة بالموجة الجيبية، ولها الخصائص الآتية.



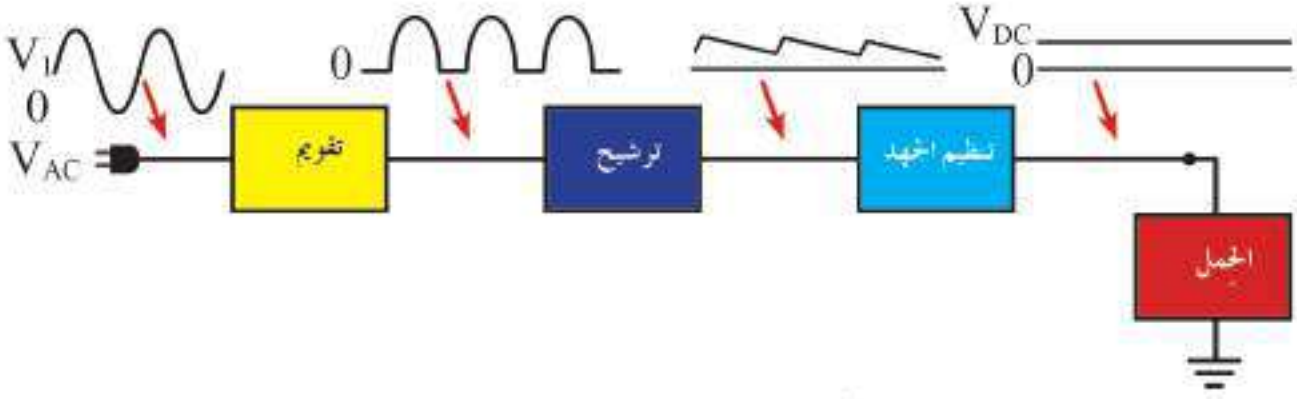
الشكل (4–49): خصائص الموجة.

- القيمة العظمى: هي أعلى قيمة تصل إليها الموجة، وتسمى أيضًا قيمة الذروة، ويرمز إليها بالرمز (V_{max} أو I_{max}).
- من القمة إلى القمة: تُعبّر عن اتساع الموجة الجيبية من القمة الموجبة إلى القمة السالبة، ويرمز إليها (V_{pp} أو I_{p-p})، وهي غالبًا تساوي ضعف القيمة العظمى للموجات المتناظرة حول الصفر ($V_{PP}=2\ V_{MAX}$).
- القيمة الفعالة (V_{rms}): سميت (الفعالة)؛ لأنها تساوي القيمة الدقيقة لمرور هذا التيار في مقاومة حرارية يحسب بناء على العلاقة الآتية:

$$V_{rms}=\frac{V_{MAX}}{\sqrt{2}}=0.707\ V_{max}$$

دارات التقويم

من التطبيقات التي تحتاج إليها الأحمال والأجهزة الكهربائية، تحويل الإشارة المترددة للتيار أو الجهد إلى تيار ثابت، ويتم ذلك عبر سلسلة من العمليات يمكن معرفتها في الشكل (4-50). تعتمد هذه العمليات جميعها على الخصائص المميزة لعناصر الدارات المصنوعة من أشباه الموصلات، حيث تُحول الموجة إلى نصفها الموجب فقط عبر دارات التقويم، ثم ترشحها بوساطة دارات الترشيح (Filters) ومن ثم، عملية تنظيم الجهد لإبقائها على قيمة ثابتة إذا تغيرت قيمة المصدر الأصلي المتردد.

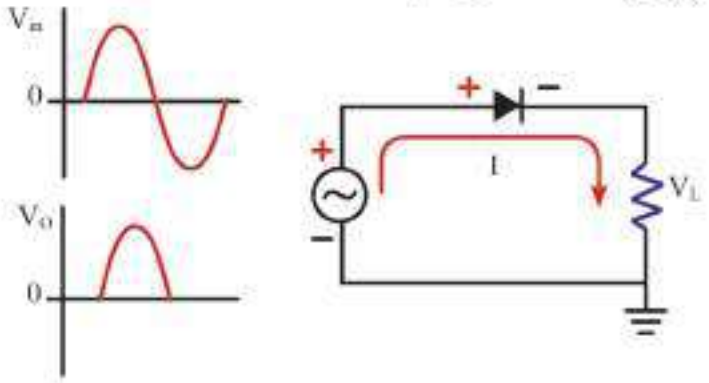


الشكل (4-50): تحويل الموجة المتغيرة إلى ثابتة.

دارات التقويم أحادية الطور

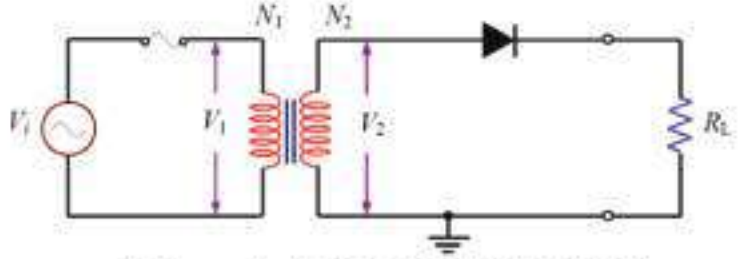
تقسم دارات التقويم قسمين بناء على نوع التحويل الذي يتم فيها:

1 – **دارة تقويم نصف الموجة** (Half Bridge Rectifier): يُستعمل الثنائي في تقويم الإشارة المترددة إلى ثابتة عَبْر مرور التيار في اتجاه واحد. تُقوّم الموجة المترددة إلى موجة ثابتة عبر توصيل مصدر الجهد أو التيار المتردد إلى الثنائي شبه الموصل ثم إلى المقاومة التي تمثل الحمل. انظر إلى الشكل (4–51). في هذا النوع يعمل الثنائي على تمرير نصف الموجة الموجب فقط، حيث يكون فرق الجهد عليه أكبر من (0.7) فولت للسيليكون أو (0.3) فولت للجرمانيوم الذي يجعله في انحياز أمامي. أما في النصف السالب من الموجة، فإن فرق الجهد على الثنائي يكون سالبًا، فهو في حالة انحياز عكسي، يجعل التيار المار يساوي صفرًا. وعليه، فالموجة الناتجة على الحمل هي النصف الموجب فقط.



الشكل(4–51): توصيل دارة تحويل الموجة المترددة إلى ثابتة.

يمكن إجراء هذه العملية بوساطة محول كهربائي، وهو ما يحقق ميزتين؛ حيث يسمح بتغيير مصدر الجهد الداخل إلى الدارة، ما يعطي المرونة في التعامل مع مصادر متعدّدة من التيار أو الجهد، ويحمي من الصدمات المفاجئة الناتجة من وجود مصدر متردد وآخر ثابت، لتصبح الدارة الكهربائية بعد استعمال المحول كما هي في الشكل (4–52).

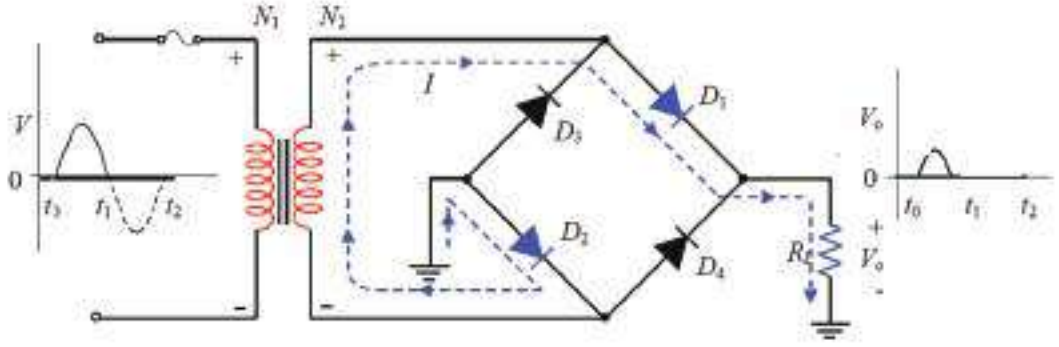


الشكل(4–52): دارة تقويم نصف الموجة مع وجود محول.

تجدر الإشارة هنا إلى أن قيمة الموجة الداخلة إلى دارة التقويم عبر المحول، يتم التحكم فيها بوساطة النسبة بين عدد ملفات الملف الابتدائي والثانوي في المحول، حيث تكون (V1=220v) وتنزل إلى قيمة قليلة على سبيل المثال (V2= 12V).

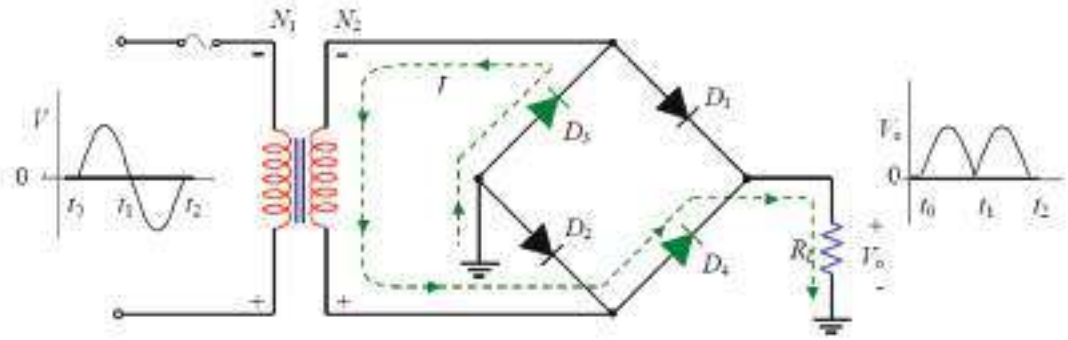
2 – **دارة تقويم موجة كاملة**، وتقسم هذه الدارة قسمين:

أ– دارة تقويم الموجة الكاملة (القنطرة) (Full Bridge Rectifier): في هذا النوع من التقويم تُستعمل أربعة ثنائيات من أشباه الموصلات؛ حيث يشترك اثنان منهما في وضع الانحياز الأمامي في نصف الموجة الموجب، والآخران في الانحياز العكسي، وفي نصف الموجة السالب تعكس الحالة، واللذان كانا في وضع الانحياز العكسي يصبحان في وضع الانحياز الأمامي، لهذا ابتُكر هذا النوع من الدارات لتفادي عيوب دارات تقويم نصف الموجة، حيث تكون الموجة المستغلة هي النصف الموجب فقط من التيار أو الجهد، بينما في دارة التقويم ذات الموجة الكاملة، يُستغل النصفان لإنتاج تيار أو جهد مباشر بشكل كامل. في الشكل (4–53) لاحظ أداء الدارة في النصف الموجب من التيار أو الجهد، يمر التيار عبر الثنائيين (D1) و(D2 (انحياز أمامي) مشكلًا نصفًا موجبًا عند الخرج للدارة؛ حيث يكون (D3وD4) في انحياز عكسي ولا يمرران أي تيار.



الشكل (4–53): أداء الدارة في النصف الموجب.

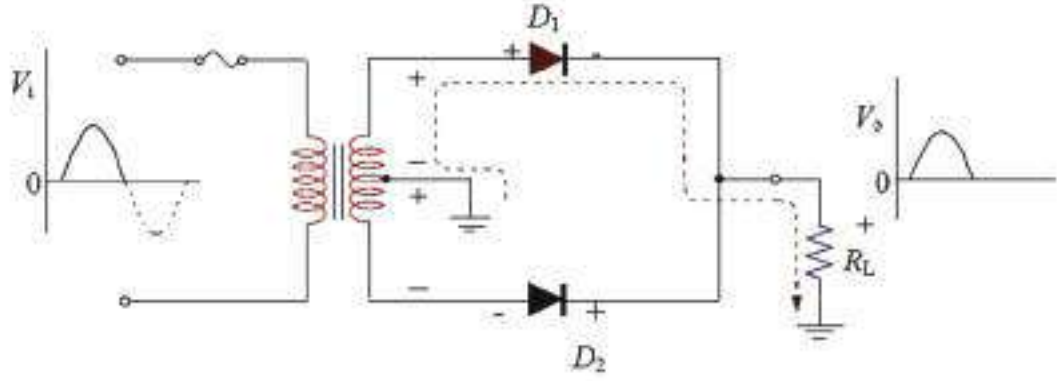
في الشكل (4–54) يحدث التقويم على النصف السالب من الموجة، حيث يكون (D3 وD4) في انحياز أمامي ويمر عَبْرهما التيار إلى الحمل ويكون الثنائيان (D1 و D2) هنا في انحياز عكسي.



الشكل (4–54): أداء الدارة في النصف السالب

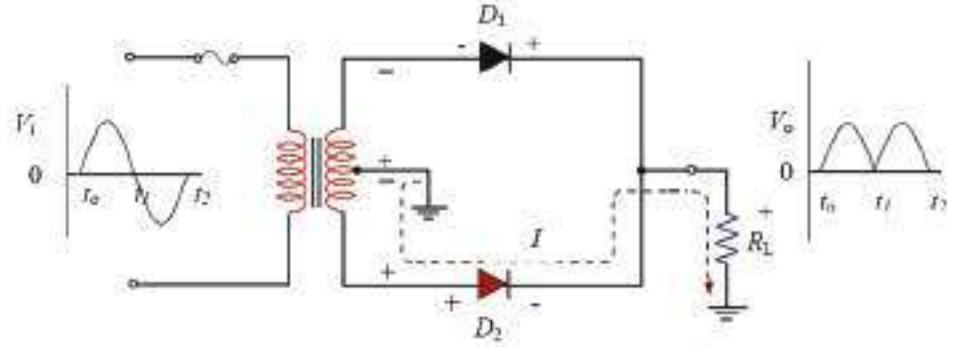
ب– دارة تقويم الموجة الكاملة بوساطة ثنائيين ومحول ذي نقطة وسط: تعمل هذه الدارة بوساطة ثنائيين، يعمل كل منهما على نصف موجة، فينتج تقويمًا كاملاً للموجة. تمر هذه الدارة بمرحلتين:

1. عندما تكون الموجة في نصفها الموجب، يعمل الثنائي (D1) ممرًا لنصف الموجة الأول إلى المخرجات، كما في الشكل (4–55).



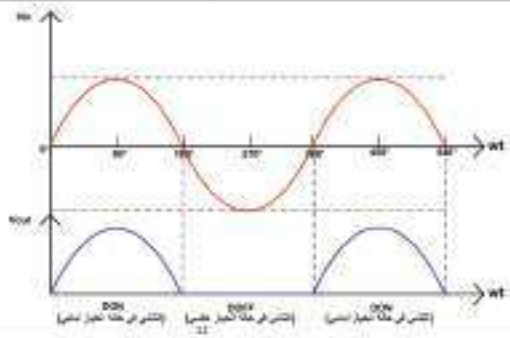
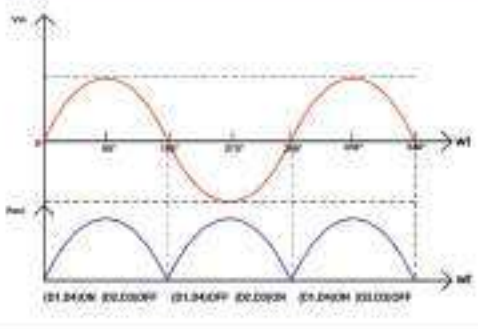
الشكل (4–55): دارة تقويم كاملة في نصفها الموجب.

2. عندما تكون الموجة في نصفها السالب يعمل الثنائي (D2) ممرًا للنصف الآخر إلى الحمل، كما في الشكل (4–56).



الشكل (4–56): دارة التقويم في نصفها السالب.

يبين الجدول (4–4) مقارنة بين الجهد/التيار الناتجين من نصف الموجة والموجة الكاملة.

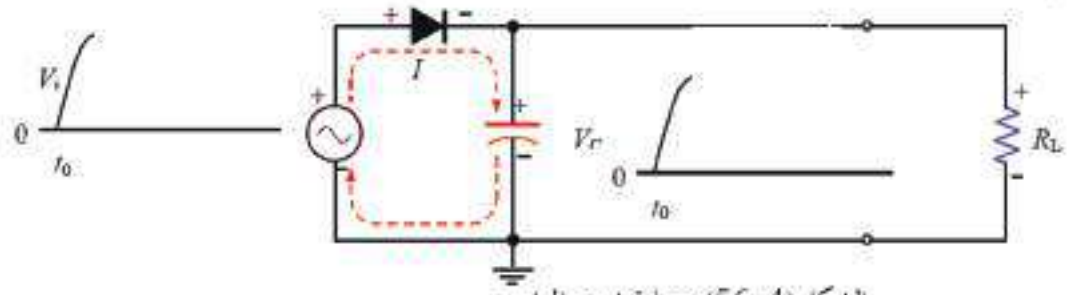
نصف الموجة	الموجة الكاملة
	

دارة الترشيح

هي المرحلة التي تلي دارة التقويم، حيث تجعل الناتج من دارة التقويم أقرب شكلًا من التيار أو الجهد الثابت، تعمل على مبدأ شحن المواسع وتفريغه من الموجة الثابتة الناتجة من دارة التقويم.

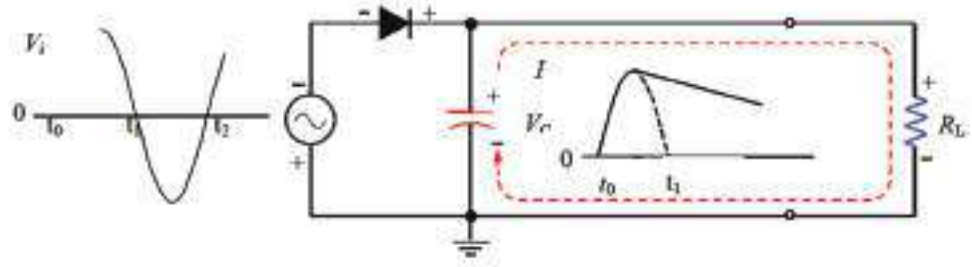
1 –ترشيح الموجة الناتجة من دارة تقويم نصف الموجة، وتقسم الموجة فيها ثلاثة أثلاث:

أ– الثلث الأول: في نصف الموجة الموجب يُشحن المواسع بصورة كاملة حتى يصل إلى قيمته القصوى، وتحدث عملية الشحن لأن الثنائي في حالة انحياز أمامي، انظر إلى الشكل (4–56).



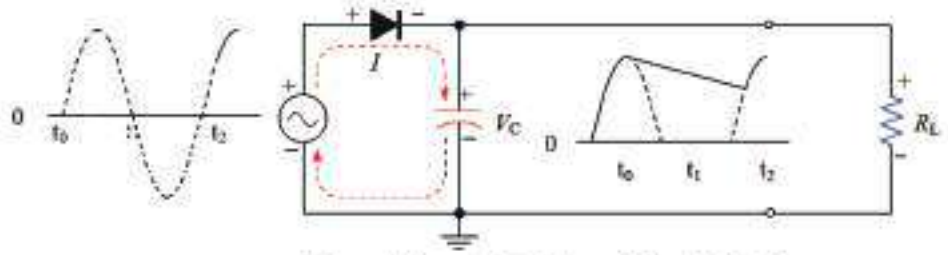
الشكل (4–56): عملية شحن المواسع.

ب– الثلث الثاني: يبدأ نصف الموجة السالب، ويصبح الثنائي في حالة انحياز عكسي، ويصبح عندها المواسع مصدر الجهد ويبدأ بالتفريغ، كما في الشكل (4–57).



الشكل (4–57): عملية تفريغ المواسع.

جـ- الثلث الثالث: تعاود الموجة ارتفاعها، ويبدأ النصف الموجب مرة أخرى مسببة آلية انحياز أمامي في الثنائي وإعادة شحن للمواسع بالمقابل كما في الشكل (4-58).



الشكل (4-58): عملية إعادة شحن المواسع مرة أخرى.

وعليه، فإن النتيجة النهائية تصبح كما في الشكل (4-59).

الشكل (4-59): النتيجة النهائية لتقويم نصف موجة بعد إضافة دارة المرشح

2 - ترشيح الموجة الناتجة من دارة تقويم الموجة الكاملة: في حالة الموجة الكاملة، يُشحن المواسع في النصف السالب من الموجة كما في النصف الموجب، ما يُنتجُ موجة مقوّمة تقويمًا كاملًا، إضافة إلى شحن المواسع وتفريغه كما هو الشكل (4-60).

الشكل (4-60): دارة تقويم الموجة الكاملة مع دارة ترشيح.

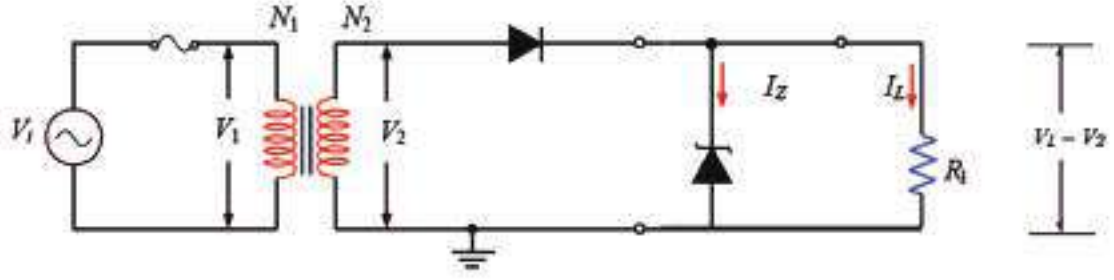
فكر

ارسم في دفترك دارة تقويم موجة كاملة بنوعيها مع دارة ترشيح ودارة تنظيم الجهد.

منظم الجهد

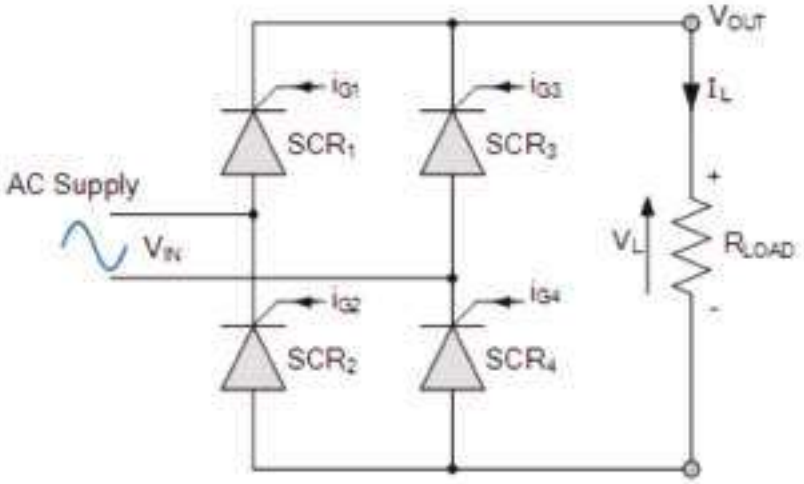
دارات تنظيم الجهد، هي دارات يُراد منها الحصول على جهد ثابت على المخرج، هناك طرائق عديدة يتم عَبْرها الحصول على جهد ثابت على المخرج، منها: الميكانيكي، والكهرومغناطيسي، وهو ما يتصل غالبًا في المركبة بالمولد، وسيُشرح في وحدة المولد، أما الإلكتروني ومنها ثنائي زينر (Zener Diode)، فيستعمل لتنظيم الجهد في الدارات الكهربائية ويوصل على التوازي بالحمل في حالة انحياز عكسي؛حيث يعمل متحكمًا في الجهد المطبق على الحمل، كونه متصلًا به على التوازي. إذا زيدَ في الجهد المطبق على الدارة، فإن الثنائي يحافظ على التيار الداخل إلى الحمل والجهد المطبق عليه عبر انهياره وتمرير التيار الزائد. والجدير بالذكر أن الثنائي يعود لوضعه الطبيعي بعد زوال الجهد العكسي المطبق عليه، أو أن يقل هذا الجهد عن جهد التنظيم جهد الانهيار زينر(Vz).

وهذا النوع من التنظيم يستعمل غالبًا مع دارات تقويم نصف الموجة والموجة الكاملة بنوعيها: القنطرة، والنقطة الوسطية انظر الشكل (4-61).



الشكل (4-61): دارة تقويم نصف موجة مع منظم جهد

بالرجوع إلى شبكة الإنترنت ومصادر المعرفة المتوافرة في مدرستك وبالاستعانة بمعلمك، ما الفائدة من استخدام الثايرستور SCR في دارات التقويم كما في الشكل الآتي؟



التمرين الثامن

استعمال جهاز راسم الإشارة (Oscilloscope)

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- تتعرف كيفية استعمال جهاز راسم الإشارة.
- تستعمل جهاز راسم الإشارة في قياس الفولتية.

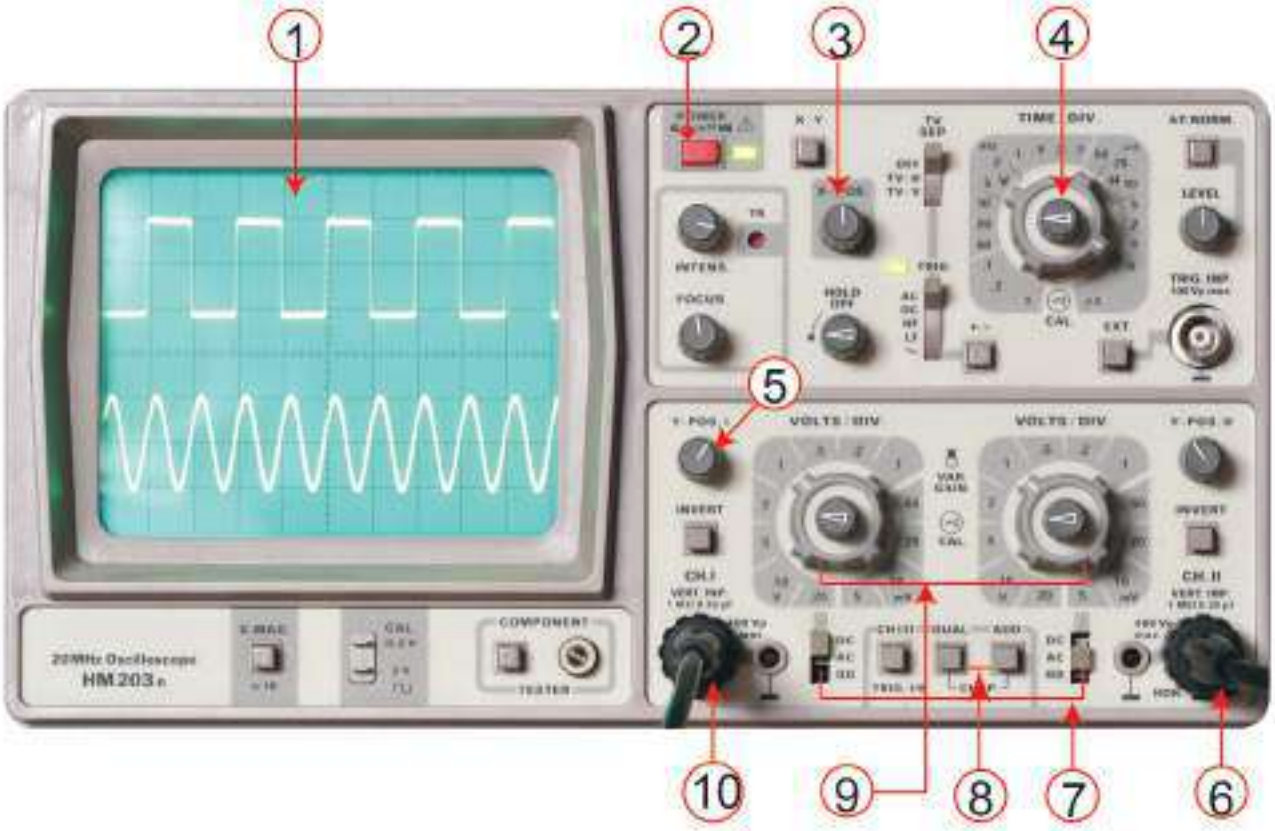
إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- تقيد بالزي المخصص للتدريب، مثل: حذاء السلامة، والنظارات في أثناء العمل في المشغل أو المختبر.
- رتب الأدوات ثم ضعها في أماكنها، وحافظ على ترتيب مكان العمل لديك لتحقيق نتائج أفضل.
- حافظ على نظافة المكان الذي تعمل فيه، ولا تُدخل المواد السائلة إلى مشاغل الكهرباء.
- استمع لتعليمات معلمك/مدربك؛ لسلامتك، ولتحقيق نتائج جيدة.
- أحسن التصرف مع زملائك في العمل، وتذكر أن العمل الناجح يأتي من فريق ناجح.
- اطلب مساعدة معلمك/ مدربك، إذا أردت تعرّف أي جهاز جديد في المختبر، ولا تجربه وحدك.
- التزم الحضور إلى المشغل/المختبر في الوقت المحدد.
- التنبه إلى اختبار جهاز الفحص والتأكد من جاهزيته للعمل.
- توصيل الجهاز بالصورة الصحيحة.
- اختر القناة المناسبة .
- اضبط التدريج المناسب للقراءة.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
1 – جهاز راسم الإشارة 2 – أسلاك	

الرسم التوضيحي



1 – الشاشة (Screen).

2 – مفتاح التشغيل (Power Switch).

3 – مفتاح التحكم في تحريك الإشارة أفقيًا (Horizontal).

4 – مفتاح التحكم في الزمن (Time – Div).

5 – مفتاح التحكم في تحريك الإشارة عموديًا (Vertical).

6 – مدخل القناة الثانية.

7 – مفتاح اختيار نوع الإشارة (DC/AC/GND).

8 – مفتاح اختيار القناة.

9 – مفتاحا التحكم في الجهد.

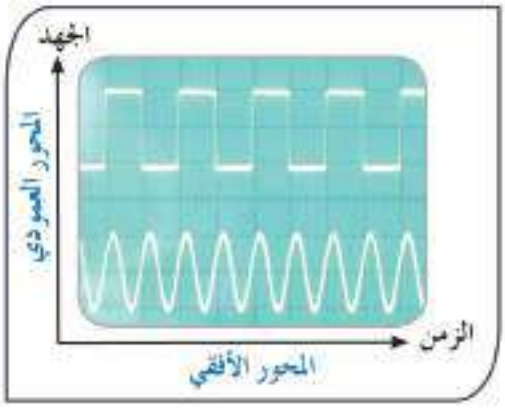
10 – مدخل القناة الأولى.

إذا نظرت إلى واجهة جهاز راسم الإشارة، فستجد أنها تحتوي ما يأتي:

1 – مفتاح التشغيل: هذا الجزء من جهاز راسم الإشارة يزود الجهاز بالطاقة الكهربائية، ويفصلها عن الجهاز، انظر إلى الشكل (1).

الشكل (1): مفتاح التشغيل.

وظيفة جهاز راسم الإشارة هي عمل رسم بياني للجهد والزمن، حيث يُمثَّل الجهد بالمحور العمودي، والزمن بالمحور الأفقي كما هو موضح في الشكل (2)، حيث إنه يُضرب عدد المربعات بمقدار تدريج مفتاح الاختيار للجهد أو الزمن، وبذلك نحصل على القيمة المطلوبة، وتحتوي الشاشة ثمانية مربعات عمودية وعشرة مربعات أفقية، انظر إلى الشكل (2).



الشكل (2): تمثيل الجهد والزمن على جهاز راسم الإشارة.

2 – مدخل القنوات: يتضمن هذا الجزء:

أ – مدخل القناة الأولى (CH1).

ب– مدخل القناة الثانية (CH2)، انظر إلى الشكل (3).

وتستعمل القناتان (أ،ب)، لإدخال الإشارة المراد عرضها بوساطة كابل خاص.

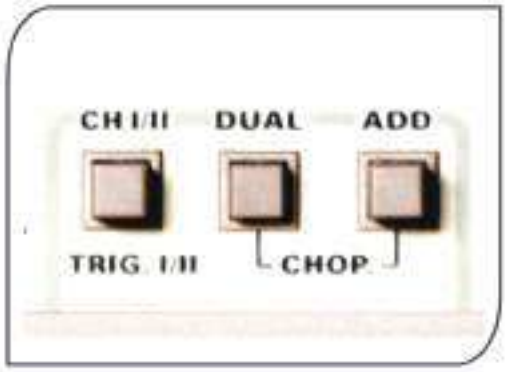
الشكل(3): مدخل القناة الأولى والثانية لراسم الإشارة.

3 – مفاتيح اختيار القنوات:

تتضمن ما يأتي: مفاتيح (DUAL–ADD)(CH1،CH2)، تستعمل هذه المفاتيح لاختيار قناة الإدخال التي ستُعرض على شاشة العرض للجهاز.

أ – مفتاح (CH2)،(CH1): يُستعمل لاختيار إحدى القناتين.

ب– مفتاح الاختيار (DUAL): به يُمكن رؤية الإشارتين على المدخلين: الأول، والثاني معًا،ويستفاد من هذا المفتاح أيضًا في المقارنة بين إشارتي الدخل والخرج.



الشكل (4): مفتاح إدخال الإشارة.

جـ– مفتاح (ADD): يُستعمل لجمع الإشارتين وإظهارهما كإشارة واحدة. انظر إلى الشكل (4).

الشكل (5): مجس التوصيل.

د– مجسات جهاز راسم الإشارة: إذا استُعمل جهاز راسم الإشارة لرؤية الإشارات الصادرة في مواقع معينة من دائرة ما، يستحسن استعمال مجسّ مثل المعروض في الشكل (5).

عند توصيل جهاز راسم الإشارة مع جهاز مولد الذبذبات، فإننا نستعمل المجس ذا الرأسين من نوع (BNC-BNC)، بحيث نربط أحد الأطراف بمدخل الإشارة في جهاز راسم الإشارة، والطرف الآخر بمخرج جهاز مصدر الإشارات كما هو موضح في الشكل (6).

الشكل (6): مجس التوصيل ذو الرأسين (BNC-BNC).

7 – مفاتيح اختيار نوع الإشارة (DC-AC-GND):

يتوافر مفتاح لكل مدخل، يتم اختيار وضع كل منها حسب نوع الفولتية المراد قياسها، كما هو موضح في الشكل المجاور.

أ – مفتاح (DC): يُستعمل لإظهار مركبة الإشارة المباشرة DC.

ب– مفتاح (AC): يُستعمل لإظهار إشارة المركبة AC.

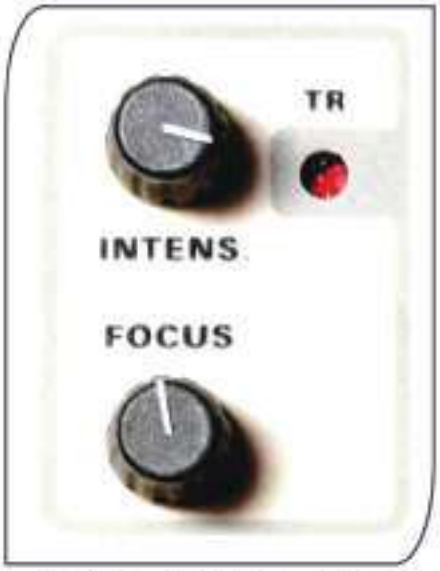
جـ– مفتاح (GND): يُستعمل لاختيار وضع التصفير على الشاشة، انظر إلى الشكل (7) .

الشكل (7): مفتاح اختيار نوع الإشارة.

8 – مفتاح الوضع (Y-Position): يُستعمل لتحريك الخط الأفقي إلى أعلى وأسفل، من أجل ضبطه مع التدريج المرسوم على الشاشة عند استعمال أحد مفاتيح اختيار الإشارة (DC – AC – GND).

الشكل (8): مفتاح الوضع (Position).

9 – مفتاح (X-Position) : يُستعمل لإزاحة الإشارة أفقيًا إلى اليمين أو الشمال.



الشكل(9): مفتاح شدة الإضاءة ومفتاح التركيز.

10 – مفتاح شدة الإضاءة (Intensity): يُستعمل للتحكم في شدة إضاءة الشاشة والخطوط والإشارات.

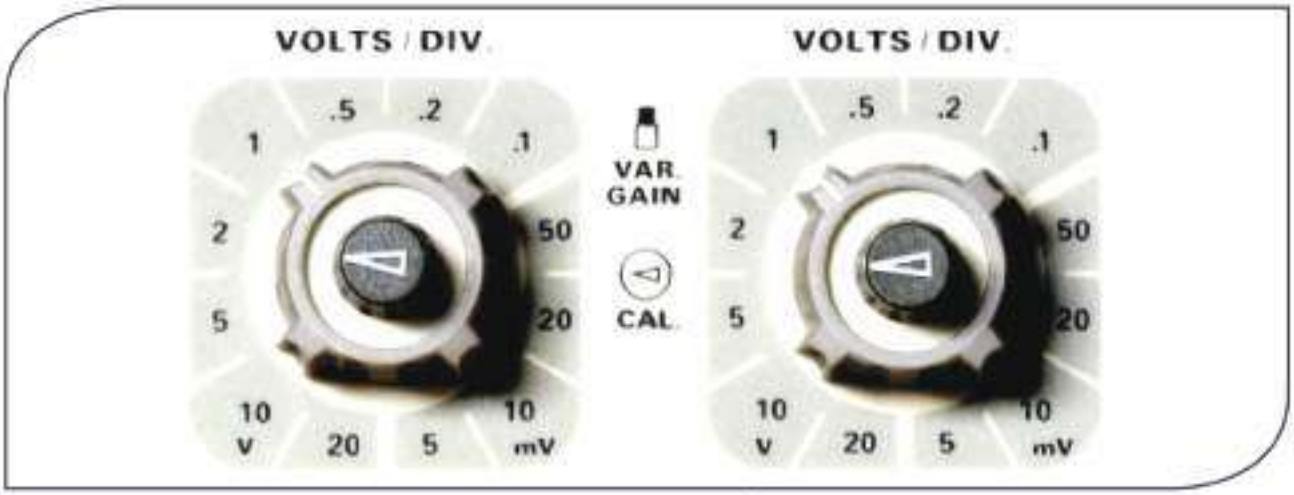
11 – مفتاح التركيز (Focus): يُستعمل لضبط حدة الخط الأفقي أو الإشارة (سُمْك الخط الظاهر على الشاشة).

12 – مفتاح ضبط إشارة المحور (مفتاح الفولتية):

يُستعمل في ضبط قيمة التدريج على المحور العمودي، حيث إنه يُحدد قيمة الفولتية تناسبًا مع قيمة التدريج(Volt–Div).

ولحساب قيمة الفولتية(Vpp)، تُحسب المربعات العمودية، ثم يُضرب عددها بمقدار فولتية كل تدريج (وضع مفتاح الفولتية). يمكنك أن تجعل كل مربع في المحور العمودي يمثل قيمة الجهد الذي تضع المؤشر عليه.

فمثلًا في هذه الصورة وضع المؤشر على فولت (1) ، فيكون كل مربع في المحور العمودي (الجهد) في الشاشة يمثل الفولت (2)، فبذلك يمكننا تحديد جهد الإشارة.



الشكل(10): مفتاح الفولتية.

13 – مفتاح الزمن:

يُستعمل لتحديد امتداد الإشارة على المحور الأفقي لراسم الإشارة، الذي يتضمن تدريج الزمن (Time – Div). فعند حساب قيمة الزمن الدوري للإشارة، تُعدّ المربعات التي تُمثل دورة الإشارة على المحور الأفقي، ثم يُضرب عددها في مقدار زمن كل تدريج (وضع مفتاح الزمن) ملاحظًا أن هذا المفتاح يحتوي ثلاثة تقسيمات، هي: مايكرو ثانية لكل مربع على المحور الأفقي، وميلي ثانية لكل مربع، وأخيرًا ثانية لكل مربع. لاحظ أيضًا أنه يمكنك أن تجعل كل مربع في المحور الأفقي يمثل الزمن الذي تضع المؤشر عليه.

فمثلًا ، لو وُضع المؤشر على (0.2) ثانية، ليمثّل كل مربع في المحور الأفقي في الشاشة (0.2) ثانية، فبذلك يمكننا تحديد زمن الإشارة.

الشكل (11): مفتاح الزمن.

14 – مفتاح (X – Y): يُستعمل لعرض القناتين من أجل رسم منحنيات خصائص العناصر الكهربائية.

15 – مفتاح قدح الإشارة (Trigger): يُستعمل لتثبيت الإشارة على الشاشة من أجل تسهيل قياسها، وهو يتضمن:

أ – مفتاح اتجاه التزامن (Level):يُستعمل لضبط بداية تزامن الإشارة على الشاشة.

ب– مفتاح إشارة التزامن (Hold Off): يُستعمل للتحكم في النقطة التي تبدأ عندها الموجة بالظهور على الشاشة.

ملاحظة

يمكن الحصول على الموجة الجيبية مباشرة عبر أخذ القياسات لدارة عملية باستعمال الأطراف الخاصة، ويمكن استعمال جهاز خاص مثل: (مولد النبضات) (Function Generator) الذي يولد الإشارة (الموجة) بالتردد الذي تطلبه ضمن مجال واسع من الترددات يصل حتى عدة (MHz)، بالجهد الذي تطلبه وبشكل الموجة الذي تطلبه، (جيبية أومربعة أومثلثة).

الأنشطة العملية

غيّر وضعية مفتاح التحكم في الزمن، ومفتاح التحكم في الجهد ملاحظًا التغير في شكل الموجة على شاشة الجهاز.

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	توصيل الجهاز بقابس الكهرباء.			
2	تدوين أجزاء راسم الإشارة جميعها.			

التمرين التاسع

استعمال جهاز مولد الإشارة (Function Generator)

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- تستعمل جهاز توليد الإشارة في إنتاج موجات من أنواع مختلفة وقراءتها بوساطة راسم الإشارة.

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- تقيد بالزي المخصص للتدريب، مثل: حذاء السلامة، والنظارات في أثناء العمل في المشغل أو المختبر.
- رتب الأدوات ثم ضعها في أماكنها، وحافظ على ترتيب مكان العمل لديك لتحقيق نتائج أفضل.
- حافظ على نظافة المكان الذي تعمل فيه، ولا تُدخل المواد السائلة إلى مشاغل الكهرباء.
- استمع لتعليمات معلمك/مدربك؛ لسلامتك، ولتحقيق نتائج جيدة.
- أحسن التصرف مع زملائك في العمل، وتذكر أن العمل الناجح يأتي من فريق ناجح.
- اطلب مساعدة معلمك/ مدربك، إذا أردت تعرّف أي جهاز جديد في المختبر، ولا تجربه وحدك.
- التزم الحضور إلى المشغل/المختبر في الوقت المحدد.
- تنبه إلى اختبار جهاز الفحص والتأكد من جاهزيته للعمل.
- صل الجهاز بالصورة الصحيحة.
- اختر التدريج المناسب.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	
1 – جهاز مولد الإشارة	– أسلاك
2 – جهاز راسم الإشارة	

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

1 –أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.

الشكل (1)

2 –أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.

3 –شغل جهاز مولد الإشارة من مفتاح التشغيل. انظر إلى الشكل (1).

4 –تفقد الأجزاء الخاصة بمولد الإشارة. انظر إلى الشكل (2).

أ – التحكم في التردد.

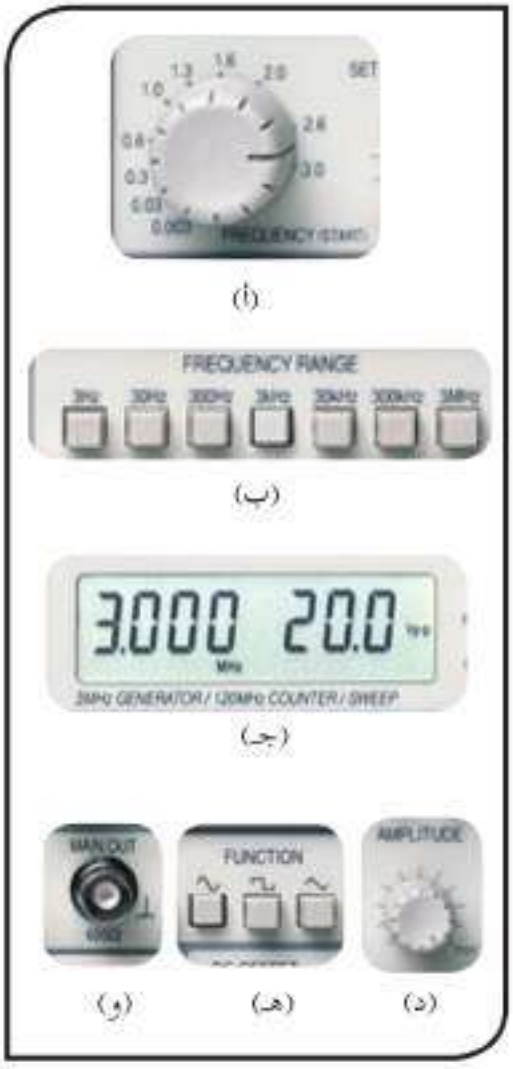
ب– تدريج التردد.

جـ– شاشة عرض التردد وقيمة الموجة.

د– التحكم في قيمة الموجة Vp.

هـ– التحكم في شكل الموجة المنتجة (جيبية أو مثلثة أو مربعة).

و– مخرج الإشارة.



(أ)

(ب)

(جـ)

(د) (هـ) (و)

الشكل (2)

5 –اضبط موجة جيبية ذات تردد 3KHz و(4.4Vp-p) كما في الشكل (3).

الشكل (3)

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

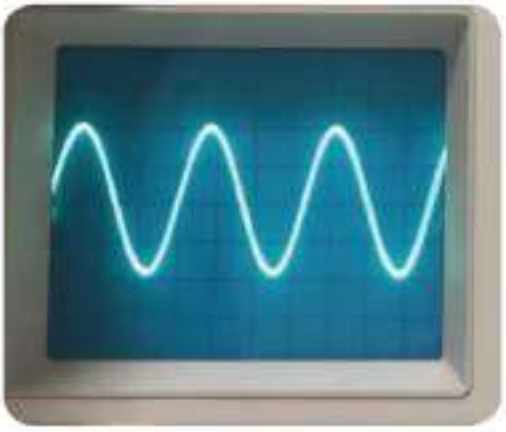
6 –صل مولد الإشارة براسم الإشارة كما في الشكل (4).

7 –اضبط القناة في راسم الشارة، واضبط المفاتيح، بحيث تظهر لديك الإشارة في الشكل (5).

8 –غيّر شكل الإشارة الصادرة من مولد الإشارة ملاحظًا الفرق على راسم الإشارة.

9 –ارسم في دفترك جدولًا يبين نوع الإشارة.

الشكل (4)



الشكل (5)

الأنشطة العملية

احسب الزمن الدوري، والتردد، وقيمة الجهد (V_{p-p})، والجهد (V_{max})، والجهد (V_{rms}).

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	توصيل الأجهزة بقابس الكهرباء.			
2	تحديد قيمة الموجة المناسبة والتردد المناسب.			
3	توصيل الأجهزة ببعضها بصورة صحيحة.			
4	رسم الموجة بصورة صحيحة.			
5	حساب قيمة الموجة والزمن الدوري بصورة صحيحة.			

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- تبني دارة تقويم نصف موجة أحادية الطور.

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- تقيد بالزي المخصص للتدريب، مثل: حذاء السلامة، والنظارات في أثناء العمل في المشغل أو المختبر.
- رتب الأدوات ثم ضعها في أماكنها، وحافظ على ترتيب مكان العمل لديك لتحقيق نتائج أفضل.
- حافظ على نظافة المكان الذي تعمل فيه، ولا تُدخل المواد السائلة إلى مشاغل الكهرباء.
- استمع لتعليمات معلمك/مدربك؛ لسلامتك، ولتحقيق نتائج جيدة.
- أحسن التصرف مع زملائك في العمل، وتذكر أن العمل الناجح يأتي من فريق ناجح.
- اطلب مساعدة معلمك/ مدربك، إذا أردت تعرّف أي جهاز جديد في المختبر، ولا تجربه وحدك.
- التزم الحضور إلى المشغل/المختبر في الوقت المحدد.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
1 – مصدر جهد متردد (12v 50Hz)	1 – ثنائي من نوع (1N4001)
2 – جهاز راسم الإشارة	2 – حمل مقاومته (1k Ω) / 1W)
3 – كاوي لحام	3 – أسلاك توصيل
4 – جهاز أفوميتر	4 – لوح توصيل
5 –صندوق عُدَّة	5 – قصدير لحام

خطوات الأداء

1 –أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.

2 –أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.

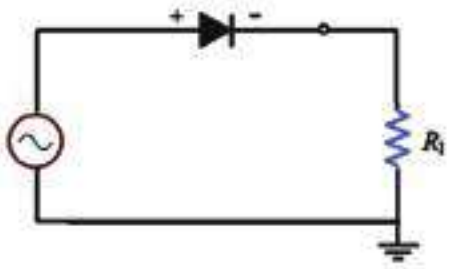
3 –نفذ الدارة المبينة في الشكل (1).

4 – صل طرفي جهاز راسم الإشارة بمدخل الدارة عند النقطتين (1و2) ملاحظًا شكل الإشارة الداخلة. انظر إلى الشكل (2).

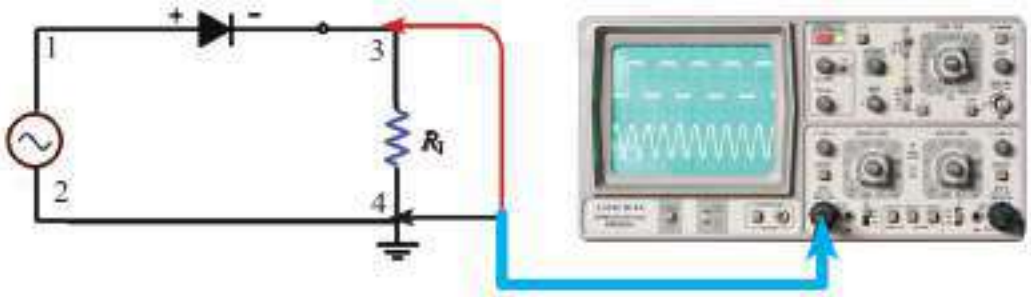
5 –صل طرفي جهاز راسم الشارة بمخرج الدارة (R) بالنقطتين (3و4) ملاحظًا شكل الإشارة الخارجة. انظر إلى الشكل (2).

6 –ارسم في دفترك شكل موجة الدخل، ثم احسب قيمتها وترددها، وارسم شكل موجة الخرج محددًا قيمتها وترددها.

الرسم التوضيحي



الشكل (1)



الشكل (2)

الأنشطة العملية

اعكس الثنائي في الشكل (1) ملاحظًا تغير شكل الموجة الخارجة.

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	توصيل الأجهزة بقابس الكهرباء.			
2	اختيار القيم المناسبة لكل المواد.			
3	توصيل راسم الإشارة ومولد الإشارة بالدارة.			
4	تحليل بيانات راسم الإشارة.			
5	تحديد نوع المقوم بناء على نوع الإشارة الناتجة.			
6	تحديد تأثير الثنائي في المقوم.			

التمرين الحادي عشر

بناء دارة تقويم نصف موجة أحادية الطور مع دارة ترشيح

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- تبني دارة تقويم نصف موجة أحادية الطور مع دارة ترشيح.

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- تقيد بالزي المخصص للتدريب، مثل: حذاء السلامة، والنظارات في أثناء العمل في المشغل أو المختبر.
- رتب الأدوات ثم ضعها في أماكنها، وحافظ على ترتيب مكان العمل لديك لتحقيق نتائج فُضلى.
- حافظ على نظافة المكان الذي تعمل فيه، ولا تُدخل المواد السائلة إلى مشاغل الكهرباء.
- استمع لتعليمات معلمك/مدربك؛ لسلامتك، ولتحقيق نتائج جيدة.
- أحسن التصرف مع زملائك في العمل، وتذكر أن العمل الناجح يأتي من فريق ناجح.
- اطلب مساعدة معلمك/ مدربك، إذا أردت تعرّف أي جهاز جديد في المختبر، ولا تجربه وحدك.
- التزم الحضور إلى المشغل/المختبر في الوقت المحدد.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
1 – مصدر جهد متردد (12v 50Hz)	1 – ثنائي من نوع (1N4001)
2 – جهاز راسم الإشارة	2 – حمل مقاومته 1KΩ
3 – كاوي لحام (٤٠ وات)	3 – مواسع ذو قيمة (47µF)
4 – جهاز أفوميتر	4 – أسلاك توصيل
5 – صندوق عُدّة	5 – لوح توصيل
	6 – قصدير لحام

خطوات الأداء

1 – أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.

2 – أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.

3 – نفذ الدارة المبينة في الشكل (1).

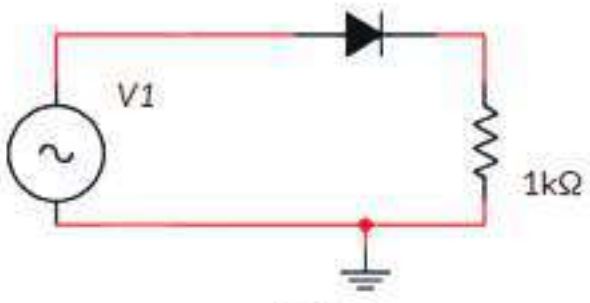
4 – أضف المواسع كما في الشكل (2).

5 – صل طرفي القناة الأولى (CH1) لجهاز راسم الشارة بالمدخل عند النقطتين 1 و2 كما في الشكل (3).

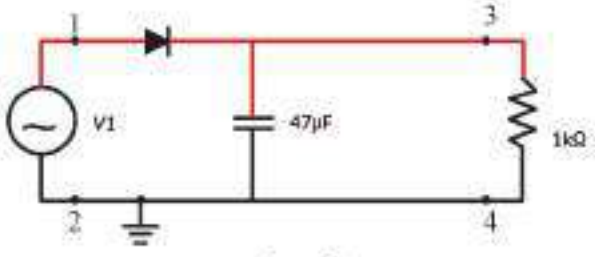
6 – صل طرفي القناة الثانية (CH2) لجهاز راسم الشارة، بالمقاومة عند النقطتين3 و4 كما في الشكل (3).

7 – ارسم في دفترك شكل موجة الدخل، واحسب قيمتها وترددها، وارسم شكل موجة الخرج،محددًا قيمتها وترددها.

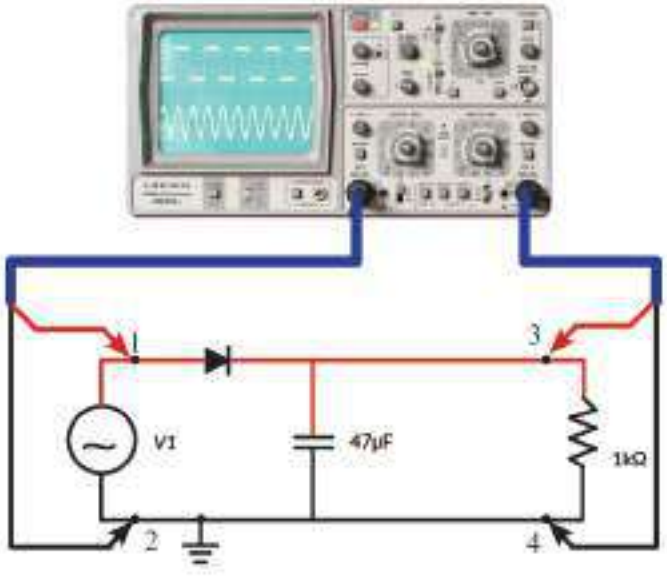
الرسم التوضيحي



الشكل (1)



الشكل (2)



الشكل (3)

الأنشطة العملية

اعكس اتجاه الثنائي في الشكل (1)، ثم ارسم شكل الإشارة مفسرًا كيفية تكوّن هذه الإشارة.

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	توصيل الأجهزة بقابس الكهرباء.			
2	اختيار القيم المناسبة لكل العناصر.			
3	توصيل راسم الإشارة ومصدر الجهد في الدارة.			
4	تحليل بيانات راسم الإشارة.			
5	تحديد نوع المقوم بناء على نوع الإشارة الناتجة.			
6	تفسير سبب وجود الثنائي بهذه الطريقة.			

التمارين العملية

التمرين الثاني عشر

بناء دارة تقويم نصف موجة أحادية الطور مع دارة ترشيح ومنظم جهد

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- تبني دارة تقويم نصف موجة أحادية الطور مع دارة ترشيح ومنظم جهد.

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- تقيد بالزي المخصص للتدريب، مثل: حذاء السلامة، والنظارات في أثناء العمل في المشغل أو المختبر.
- رتب الأدوات ثم ضعها في أماكنها، وحافظ على ترتيب مكان العمل لديك لتحقيق نتائج أفضل.
- حافظ على نظافة المكان الذي تعمل فيه، ولا تُدخل المواد السائلة إلى مشاغل الكهرباء.
- استمع لتعليمات معلمك/مدربك؛ لسلامتك، ولتحقيق نتائج جيدة.
- أحسن التصرف مع زملائك في العمل، وتذكر أن العمل الناجح يأتي من فريق ناجح.
- اطلب مساعدة معلمك/ مدربك، إذا أردت تعرّف أي جهاز جديد في المختبر ولا تجربه وحدك.
- التزم الحضور إلى المشغل/المختبر في الوقت المحدد.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	
1 – مصدر جهد متردد (12v 50Hz)	1 – ثنائي من نوع (1N4001)
2 – جهاز راسم الإشارة	2 – حمل مقاومته 1KΩ
3 – كاوي لحام	3 – مواسع ذو قيمة (47μF)
4 – جهاز أفوميتر	4 – أسلاك توصيل
5 – صندوق عدة	5 – ثنائي زينر
	6 – لوح توصيل
	7 – قصدير لحام

خطوات الأداء

1 – أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.

2 – أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.

3 – نفذ الدارة المبينة في الشكل (1).

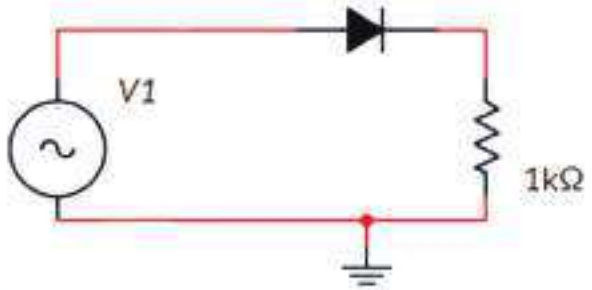
4 – أضف المواسع وثنائي زينر كما في الشكل (2).

5 – صل طرفي القناة الأولى (CH1) لجهاز راسم الشارة بالمدخل عند النقطتين 1 و2 كما في الشكل (3).

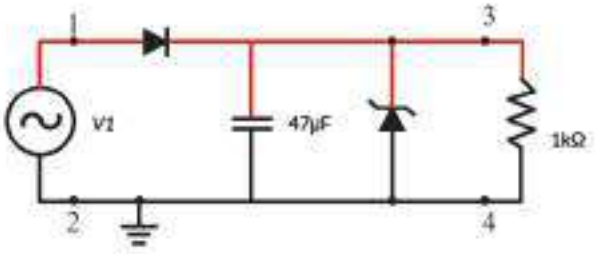
6 – صل طرفي القناة الثانية (CH2) لجهاز راسم الشارة بالمقاومة عند النقطتين3 و4 كما في الشكل (3).

7 – ارسم في دفترك شكل موجة الدخل، واحسب قيمتها وترددها، وارسم شكل موجة الخرج، محددًا قيمتها وترددها.

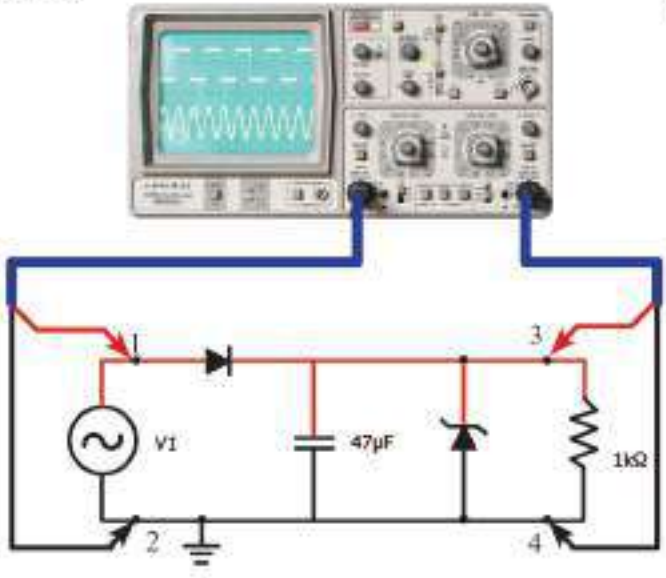
الرسم التوضيحي



الشكل (1)



الشكل (2)



الشكل (3)

الأنشطة العملية

اعكس الثنائي في الشكل (1) ملاحظًا تغير شكل الموجة الخارجة.

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	توصيل الأجهزة بقابس الكهرباء.			
2	اختيار القيم المناسبة لكل المواد.			
3	توصيل راسم الإشارة ومصدر الجهد بالدارة.			
4	تحليل بيانات راسم الإشارة.			
5	تحديد نوع المقوم بناء على نوع الإشارة الناتجة.			
6	تحديد تأثير الثنائي في المقوم.			

التمرين الثالث عشر

بناء دارة تقويم موجة كاملة بوساطة القنطرة

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- تبني دارة تقويم موجة كاملة بوساطة القنطرة متصلة بدارة ترشيح ومنظم جهد.

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- تقيد بالزي المخصص للتدريب، مثل: حذاء السلامة، والنظارات في أثناء العمل في المشغل أو المختبر.
- رتب الأدوات ثم ضعها في أماكنها، وحافظ على ترتيب مكان العمل لديك لتحقيق نتائج فُضلى.
- حافظ على نظافة المكان الذي تعمل فيه، ولا تُدخل المواد السائلة إلى مشاغل الكهرباء.
- استمع لتعليمات معلمك/مدربك؛ لسلامتك، ولتحقيق نتائج جيدة.
- أحسن التصرف مع زملائك في العمل، وتذكر أن العمل الناجح يأتي من فريق ناجح.
- اطلب مساعدة معلمك/ مدربك، إذا أردت تعرّف أي جهاز جديد في المختبر ولا تجربه وحدك.
- التزم الحضور إلى المشغل/المختبر في الوقت المحدد.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
1 – مصدر جهد متردد (12v 50Hz)	1 – أربع ثنائيات (1N4001)
2 – جهاز راسم الإشارة	2 – حمل مقاومته 1KΩ
3 – كاوي لحام	3 – مواسع ذو قيمة (47µF)
4 – جهاز أفوميتر	4 – أسلاك توصيل
5 – صندوق عُدة	5 – ثنائي زينر
	6 – لوح توصيل
	7 – قصدير لحام

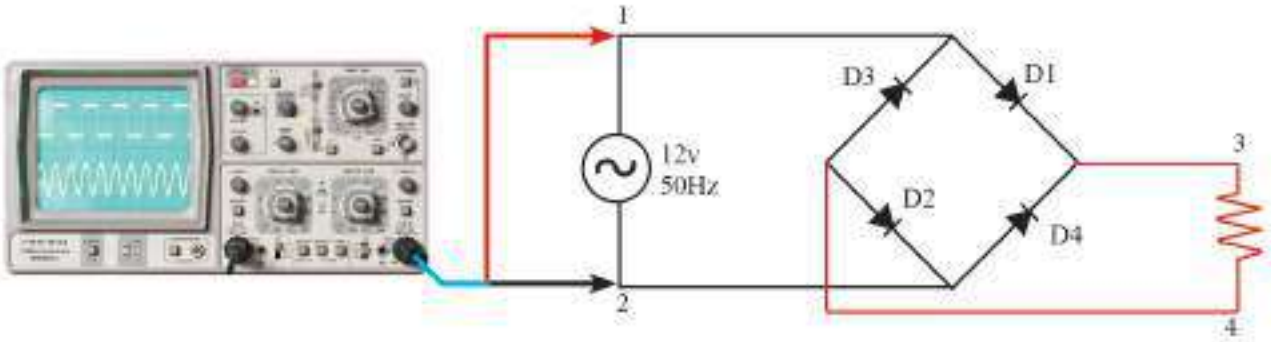
خطوات الأداء و الرسوم التوضيحية

1 –أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.

2 –أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.

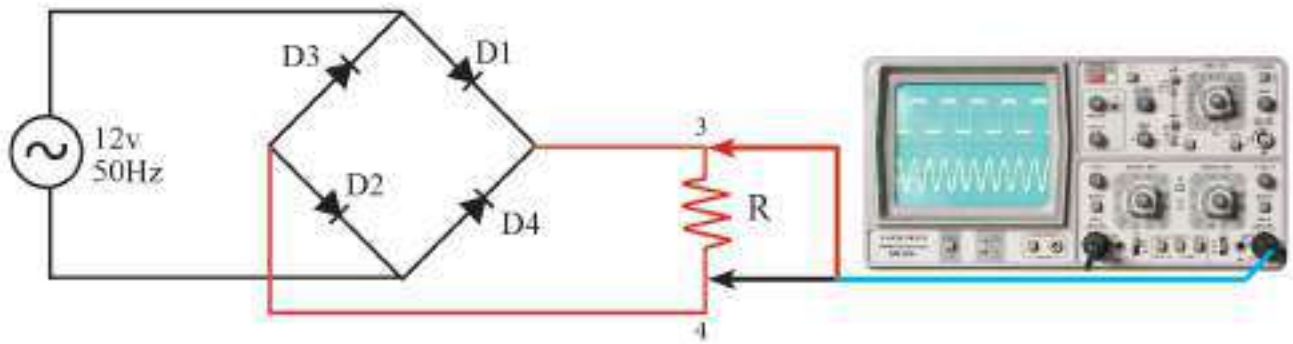
3 –نفّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

4 –صل طرفي القناة الأولى (CH1) لجهاز راسم الشارة بالمدخل عند النقطتين 1 و2 كما في الشكل (1).



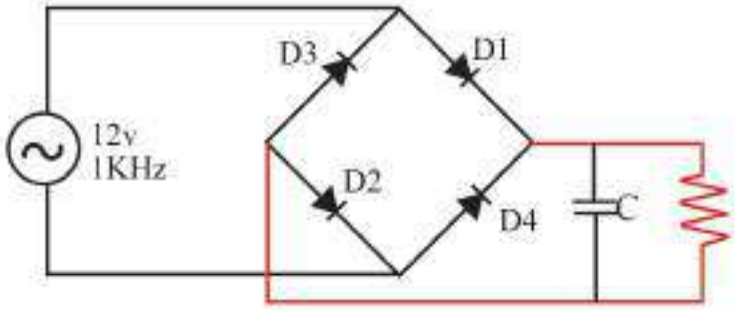
الشكل (1)

5 –صل طرفي القناة الثانية (CH2) لجهاز راسم الشارة بمخرج الدارة عند النقطتين 3 و4 كما في الشكل (2).



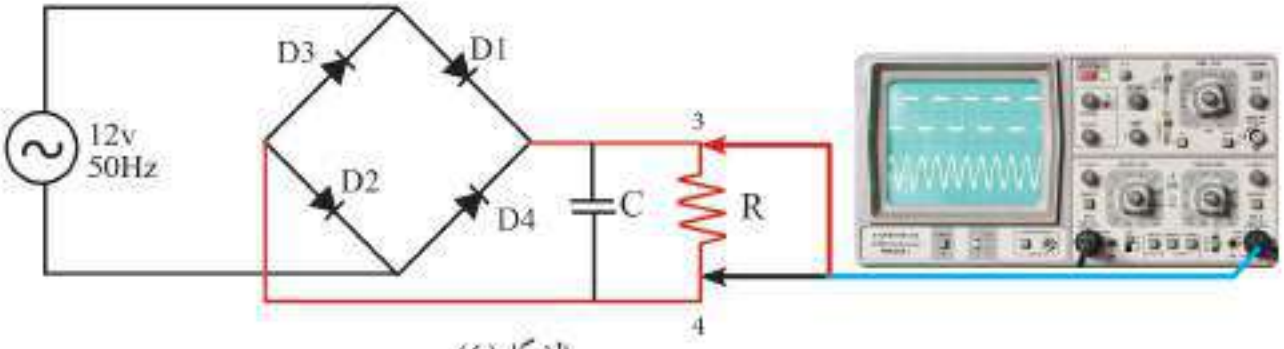
الشكل (2)

6 – أضف المواسع لمخرج الدارة كما في الشكل(3).



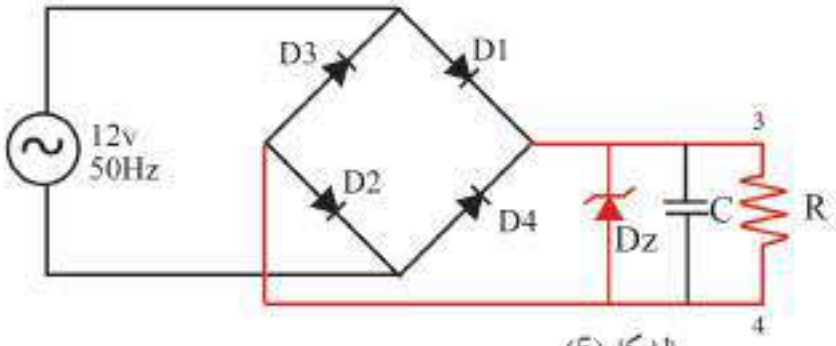
الشكل (3)

7 – صل طرفي القناة الثانية (CH2) لجهاز راسم الشارة، بمخرج الدارة عند النقطتين 3 و4 كما في الشكل (4).



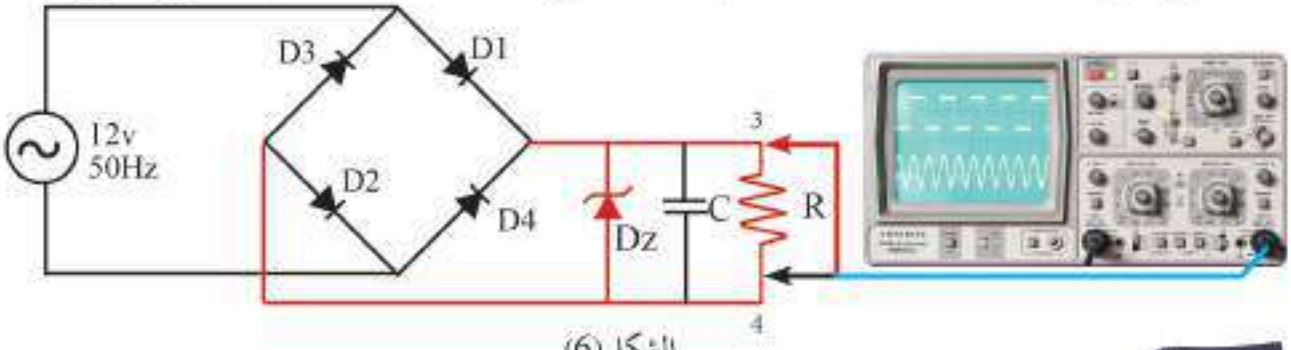
الشكل (٤)

8 – أضف ثنائي زينر لمخرج الدارة كما في الشكل(5).



الشكل (5)

9 – صل طرفي القناة الثانية (CH2) لجهاز راسم الشارة بمخرج الدارة عند النقطتين 3 و4 كما في الشكل (6).



الشكل (6)

الأنشطة العملية

قارن بين موجات الخرج في الخطوات السابقة (5و7و9)، مفسرًا سبب تكوّن كل منها في الشكل الذي ظهرت عليه.

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	توصيل الأجهزة بقابس الكهرباء.			
2	اختيار القيم المناسبة لكل المواد.			
3	التأكد من توصيل راسم الإشارة ومصدر الجهد بالدارة.			
4	تحليل بيانات راسم الإشارة.			
5	تحديد نوع المقوم بناء على نوع الإشارة الناتجة.			
6	تفسير سبب وجود ثنائي زينر والمواسع بهذه الطريقة.			

التمارين العملية

التمرين الرابع عشر

بناء دارة تقويم موجة كاملة بوساطة محول ذي نقطة وسط

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- تبني دارة تقويم موجة كاملة بوساطة نقطة وسط مع دارة ترشيح ومنظم جهد.

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- تقيد بالزي المخصص للتدريب، مثل: حذاء السلامة، والنظارات في أثناء العمل في المشغل أو المختبر.
- رتب الأدوات ثم ضعها في أماكنها، وحافظ على ترتيب مكان العمل لديك لتحقيق نتائج أفضل.
- حافظ على نظافة المكان الذي تعمل فيه، ولا تُدخل المواد السائلة إلى مشاغل الكهرباء.
- استمع لتعليمات معلمك /مدربك؛ لسلامتك، ولتحقيق نتائج جيدة.
- أحسن التصرف مع زملائك في العمل، وتذكر أن العمل الناجح يأتي من فريق ناجح.
- اطلب مساعدة معلمك / مدربك، إذا أردت تعرّف أي جهاز جديد في المختبر ولا تجربه وحدك.
- التزم الحضور إلى المشغل/المختبر في الوقت المحدد.

متطلبات تنفيذ التمرين

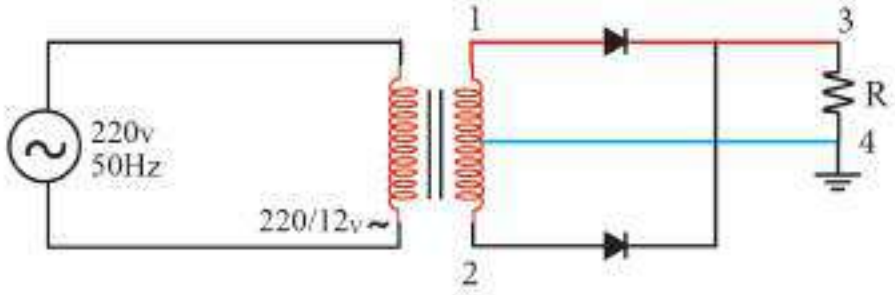
العُدد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
1 – محول ذو نقطة وسط (~220/12v)	1 – ثنائيان نوعهما (1N4001)
2 – جهاز راسم الإشارة	2 – حمل مقاومته 1kΩ
3 – كاوي لحام	3 – أسلاك توصيل
4 – جهاز أفوميتر	4 – لوح توصيل
5 – صندوق عُدَدَ	5 – قصدير لحام

خطوات الأداء و الرسوم التوضيحية

1 –أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.

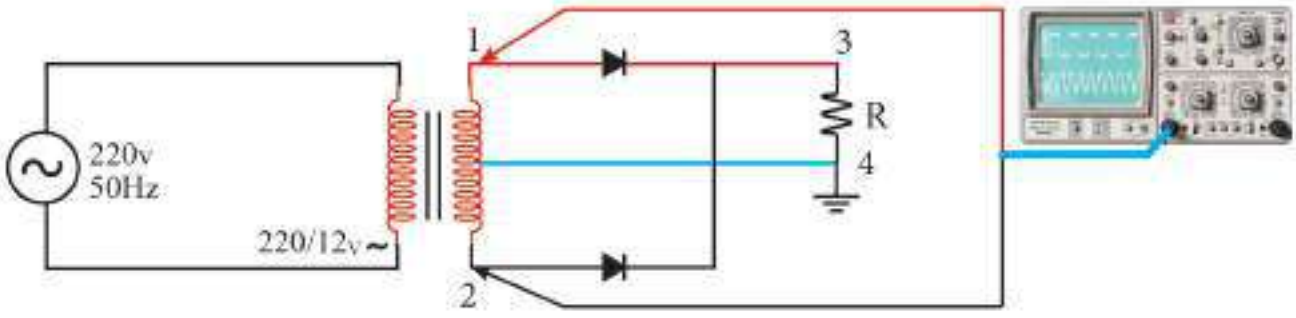
2 –أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.

3 –نفذ الدارة المبينة في الشكل (1).



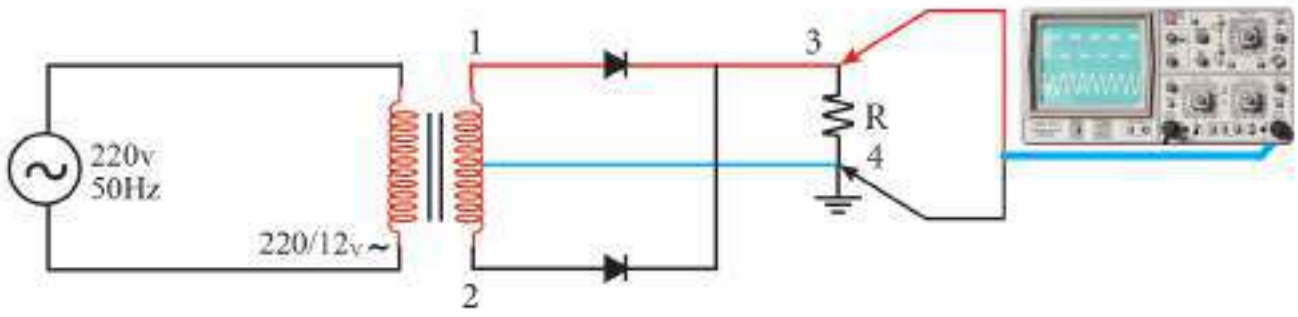
الشكل (1)

4 – صل طرفي القناة الأولى (CH1) لجهاز راسم الشارة بالمدخل عند النقطتين 1 و2 كما في الشكل (2).



الشكل (2)

5 – صل طرفي القناة الثانية (CH2) لجهاز راسم الشارة بمخرج الدارة عند النقطتين 3 و4 كما في الشكل (3).



الشكل (3)

6 –ارسم في دفترك شكل موجة الخرج، ثم احسب قيمتها وترددها، ثم ارسم شكل موجة الدخل محددًا قيمتها وترددها.

الأنشطة العملية

أضف إلى الدارة دارة ترشيح، ودارة تنظيم الجهد، ثم احسب قيمة الموجة الناتجة وترددها، ثم ارسمها في دفترك.

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	توصيل الأجهزة بقابس الكهرباء.			
2	اختيار القيم المناسبة لكل المواد.			
3	التأكد من توصيل راسم الإشارة ومولد الإشارة بالدارة.			
4	تحليل بيانات راسم الإشارة.			
5	تحديد نوع المقوم بناء على نوع الإشارة الناتجة.			

الخريطة المفاهيمية

القياس والتقويم

★★★★

1- عرف ما يأتي:

أ . عملية التطعيم.

ب. التردد.

جـ. الجهد.

د. مقوّم نصف الموجة.

2- أ- أكمل الفراغ في ما يأتي:

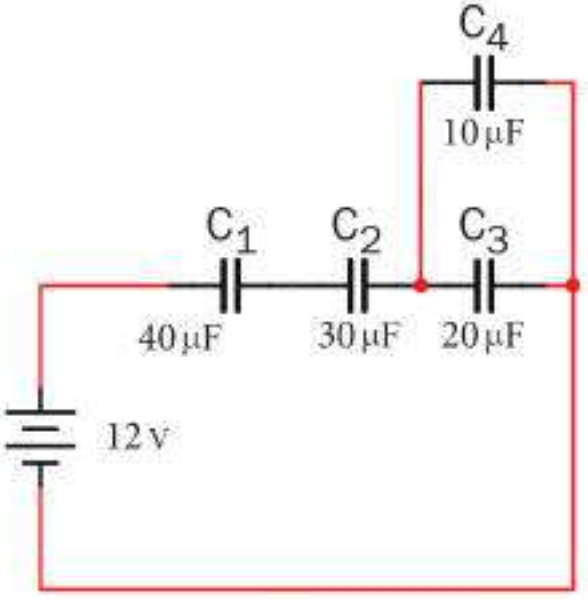
1. تعتمد قيمة المواسع على .....

2. عند توصيل المواسعات على التوالي و التوازي، تتغير قيمة الجهد والشحنة على المواسع المكافئ، فعند التوصيل على التوالي تزداد قيمة .....، وعند التوصيل على التوازي تزداد قيمة .....

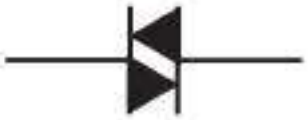
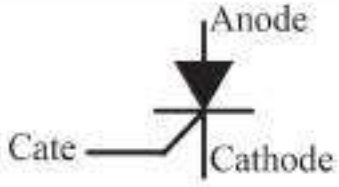
3. يعمل ثنائي زينر في وضع الانحياز العكسي على جهد يسمى .....

4. يتميز الترانزستور عن المرحل عند استعماله كمفتاح بـ .....

ب- احسب قيمة المواسع المكافئ للدارة المبينة في الشكل الآتي:



جـ- املأ الجدول الآتي بأسماء العناصر الإلكترونية أو رسم رمزها.

اسم العنصر	رمزه
	
	
ثنائي زينر	

3- اشرح ما يأتي:

أ - منحنى الخصائص للثنائي شبه الموصل في منطقتي الانحياز الأمامي والعكسي.

ب- كيفية عمل مقوّم الموجة الأحادية مع محول ذي نقطة وسط.

جـ- مبدأ عمل الثايرستور.

5 الوحدة الخامسة

أنظمة محركات بدء الحركة (السلف)

المحاور الفرعية:

أولًا: أنواع محركات بدء الحركة.
ثانيًا: توصيلات محركات بدء الحركة.
ثالثًا: أجزاء محركات بدء الحركة.
رابعًا: طرائق فحص محركات بدء الحركة وصيانتها.

النتاجات

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتعرّف أنواع محركات بدء الحركة.
- يتعرّف أجزاء محركات بدء الحركة.
- يتعرّف مبدأ عمل محرك بدء الحركة.
- يتعرّف الرموز والمصطلحات الخاصة بالدارات الكهربائية لأنظمة بدء الحركة.
- يتتبّع توصيلات محركات بدء الحركة.
- يرسم الدارات الكهربائية الخاصة بأنظمة بدء الحركة.
- يحلّل أعطال محركات بدء الحركة، ومسبباتها وطرائق تصليحها.
- يستعمل تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في استقصاء المعرفة في مجال الدارات الكهربائية لأنظمة بدء الحركة.

الأنشطة والتمارين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء تمارين الوحدة أن:

- يحدّد موقع عناصر الدائرة الكهربائية لنظام بدء الحركة وتوصيلاتها.
- ينزع محرك بدء الحركة عن المحرك، ويعيد تركيبه.
- يفكّ محرّك بدء الحركة إلى أجزائه، ويعيد تجميعه.
- يفحص أجزاء محرّك بدء الحركة بالأجهزة الخاصة، ويحدد التالف منها.
- يجري أعمال الصيانة، ويغيّر القطع التالفة.
- يوصل دارات محرّك بدء الحركة.
- يفحص محرّك بدء الحركة في المركبة على طاولة العمل (الحمل واللاحمل).
- يشخّص أعطال دارات محركات بدء الحركة ويصلحها.
- يلتزم قواعد الأمن والسلامة المهنية.

أولًا: محركات بدء الحركة.

النتاجات

يتوقع منك بعد دراستك هذا الدرس أن:

- تتعرّف أهمية محركات بدء الحركة ووظيفتها.
- تتعرّف أنواع محركات بدء الحركة من حيث مبدأ العمل.
- تتعرّف مكونات أنظمة بدء الحركة.

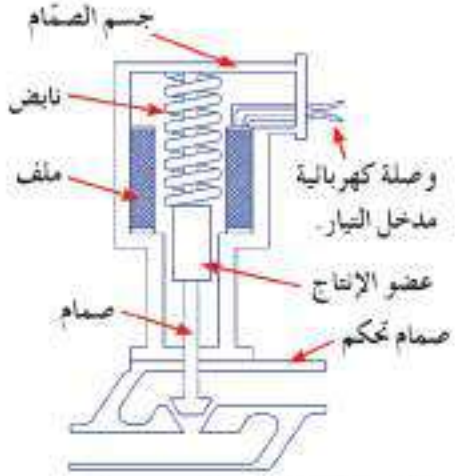
القياس والتقويم

محركات بدء الحركة

صممت محركات بدء الحركة بأشكال مختلفة ومتُعدّدة، تتناسب مع حجم محرك الاحتراق الداخلي وقدرته، كما أنها صممت لتعمل مُددًا زمنية لا تتعدى ثلاث ثوانٍ، ولا يجب الاستمرار في التشغيل مدة طويلة؛ للمحافظة على سلامة الملفات من التلف نتيجة ارتفاع درجة حرارتها بسبب مرور تيار عالٍ فيها (100 – 300) أمبير والقوة الطاردة المركزية، وتعتمد نظرية عمل محركات البدء على تحويل الطاقة الكهربائية المستمدة من البطارية (البطارية) إلى طاقة ميكانيكية، وتولد عزم دوران كبيرًا في مدة زمنية قليلة وحجم صغير، بحيث تكون قادرة على التغلب على قوى الاحتكاك بين الأجزاء المتحركة في محرك الاحتراق الداخلي وقوة الضغط داخل الأسطوانات، وينقل عزم الدوران إلى عجلة الموازنة (الحذافة) المثبتة على عمود المرفق إلى أن يدور محرك الاحتراق الداخلي.

تستعمل في المنازل والمصانع والشركات والمستشفيات وغيرها من المؤسسات أبوابٌ تفتح بالتحكم عن بعد بوساطة الكهرباء. هل فكرت في طريقة عملها؟

يبين الشكل (5–1)، طريقة عمل صمام كهرومغناطيسي يتحكم في فتح ممر الهواء الداخل إلى محرك الاحتراق الداخلي وإغلاقه. كيف يمكن الاستفادة من المجال المغناطيسي للتحكم في حركة بعض الأجزاء الميكانيكية في الأجهزة الكهربائية؟



الشكل (5–1): صمام كهرومغناطيسي.

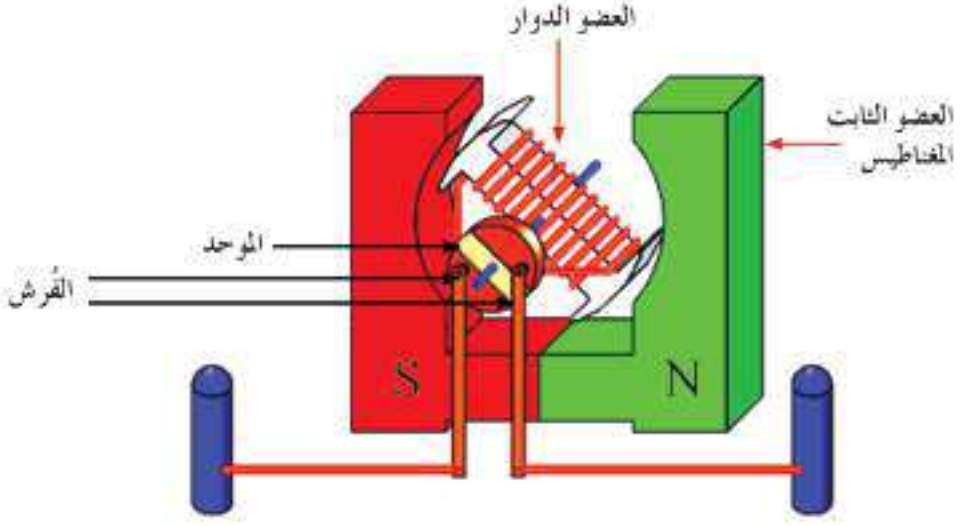
عندما يتدفق التيار عبر الملف، يتشكل مجال مغناطيسي حول الملف، المجال المغناطيسي يجذب الصمام باتجاه مركز الملف إلى أعلى ويفتح الصمام، عند فتح الدائرة وتوقف التيار عن التدفق إلى الملف، ينهار الحقل المغناطيسي، هذا يسمح للنابض (الزنبرك) بالتمدد وإغلاق الصمام.

استكشف

تستعمل الحركة الدورانية في كثير من الأجهزة الكهربائية التي تستخدم بكثرة في مشاغل الصيانة، مثل: المثقب الكهربائي، وجهاز القص الكهربائي، والمكنسة الكهربائية وغيرها من الأجهزة الكهربائية. تعتمد هذه الأجهزة في عملها على المجال المغناطيسي والنظريات الخاصة بالمجال المغناطيسي.

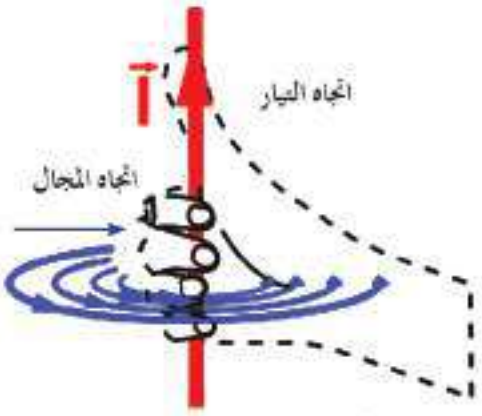
النظرية الأولى تنص على أنه: (عند مرور تيار كهربائي في موصل ما، تتشكل دوائر مغناطيسية حول الموصل مركزها الموصل نفسه، عندما نلف الموصل حلقات عدة لتشكيل ملف، فإن ذلك يتسبب في زيادة شدة المجال المغناطيسي الناشئ رغم ثبات شدة التيار الكهربائي المار في الملف، وتزداد شدة المجال المغناطيسي الناشئ بزيادة عدد اللفات.

والنظرية الثانية تنص على أن: (الأقطاب المغناطيسية المتشابهة في النوع تتنافر، والأقطاب المغناطيسية المختلفة في النوع تتجاذب) بتطبيق النظريتين السابقتين داخل المشغل. وبوساطة الشبكة العنكبوتية ومساعدة معلم المشغل، اصنع محركًا كهربائيًا كما في الشكل (5-2).



الشكل (5-2): مبدأ عمل المحرك الكهربائي.

إحدى الطرائق التي توضح العلاقة بين اتجاه التيار في سلك، واتجاه المجال المغناطيسي الناشئ هي قاعدة اليد اليمنى، كما في الشكل (5–3).



الشكل (5–3): قاعدة اليد اليمنى.

اقرأ.. وتعلم

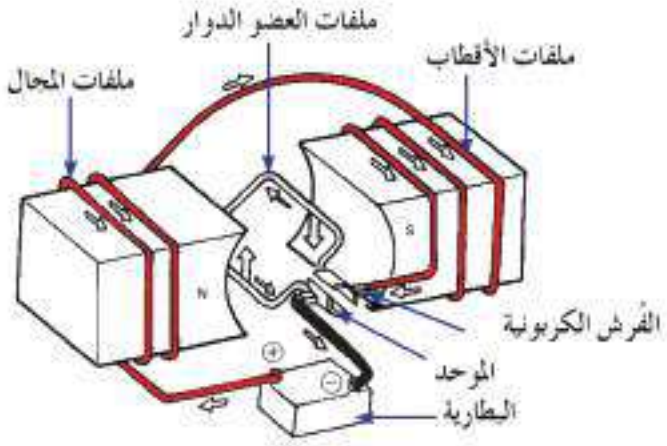
مبدأ عمل محركات التيار المباشر

يتكون المحرك الكهربائي أساسًا من مغناطيس ثابت، أو ملفات أقطاب وموصل متحرك يسمى العضو الدوار، وتتشكل خطوط القوى المغناطيسية بين أقطاب المغناطيس، وعندما يمر تيار كهربائي خلال الموصل يصبح الموصل مغناطيسيًا، ويتنافر المجالان المغناطيسيان، ويؤدي هذا التنافر إلى دوران العضو الدوار.

يعتمد تشغيل المحرك الكهربائي المستعمل في المركبات على النظريات الآتية:

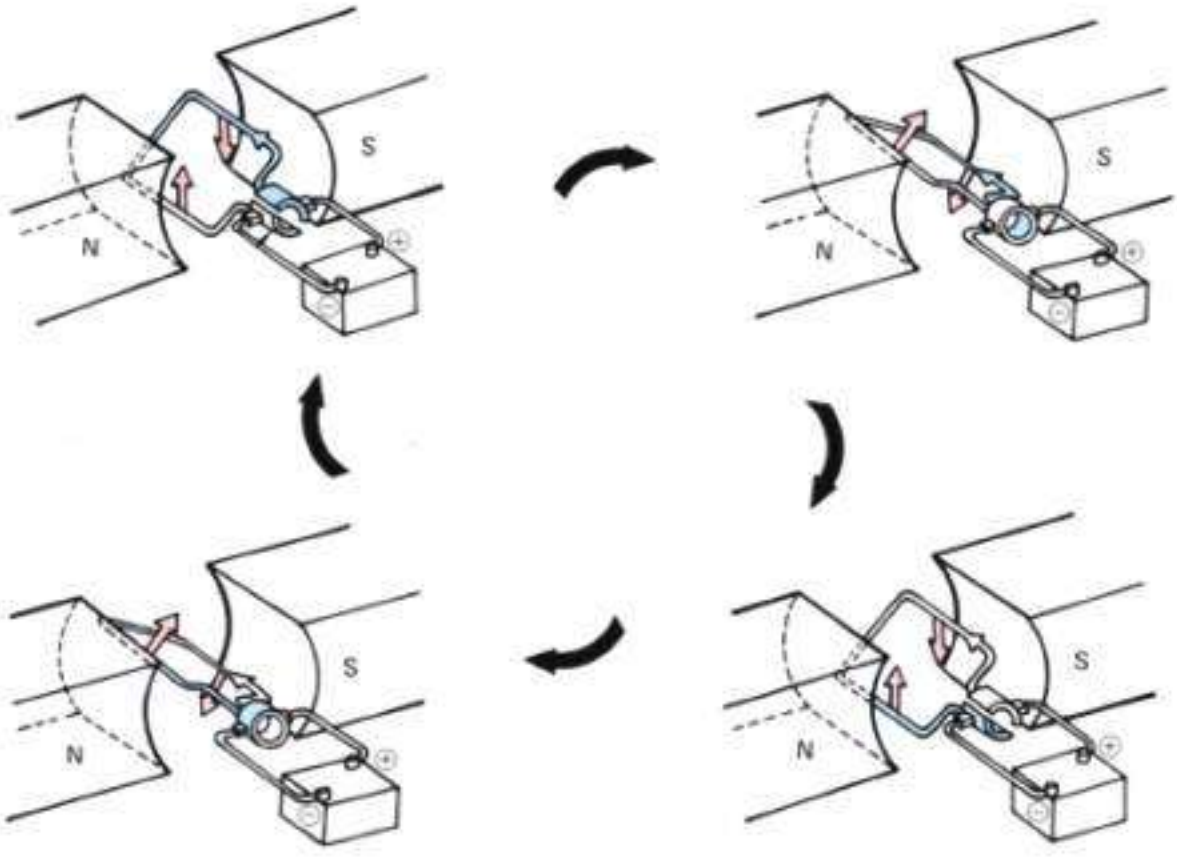
1. يولّد تيار كهربائي مجالًا مغناطيسيًا في العضو الثابت (ملفات المجال).
2. يولّد تيار كهربائي آخر مجالًا مغناطيسيًا في ملفات العضو الدوار (عضو الإنتاج)، يصل التيار الكهربائي الثاني إلى ملفات العضو الدوار بوساطة الموحد ليوزع التيار المستمر.
3. يتجاذب المجالان المغناطيسيان أو يتنافران، فتحدث حركة العضو الدوار، ويدور مسنن محرك البدء، ويُعشّق مع مسنن عجلة الموازنة (الحذافة)، فيدور محرك الاحتراق الداخلي.

للحصول على حركة دورانية، يلف السلك على شكل حرف (U)، ويثبت على طرفيه نصفا حلقة نحاسية، تلامس كل منهما فرشة كربونية متصلة بأحد قطبي البطارية، ما يؤدي إلى دوران السلك الموصل، هذا هو مبدأ عمل محركات بدء الحركة، كما في الشكل (5–4).



الشكل (5-4): مبدأ عمل نظام بدء الحركة.

يبين الشكل (5-5) عمل محرك بدء الحركة البسيط، في أثناء الدوران دورة واحدة، ومراحل حركة الموصل بين الأقطاب المغناطيسية.

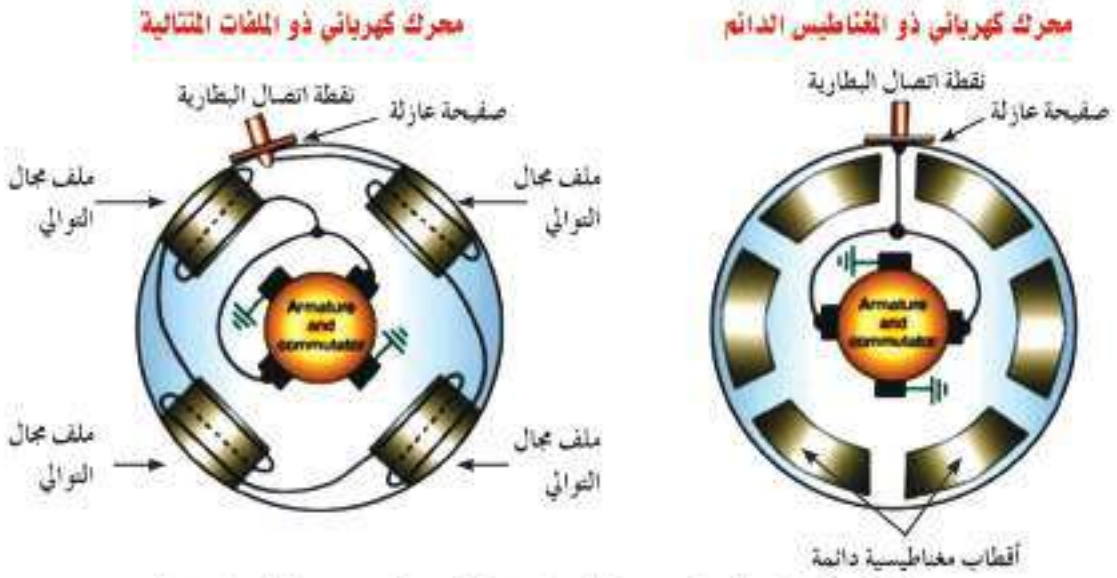


الشكل (5-5): مبدأ عمل محرك بدء الحركة البسيط.

أنواع محركات بدء الحركة في المركبات من حيث مبدأ العمل

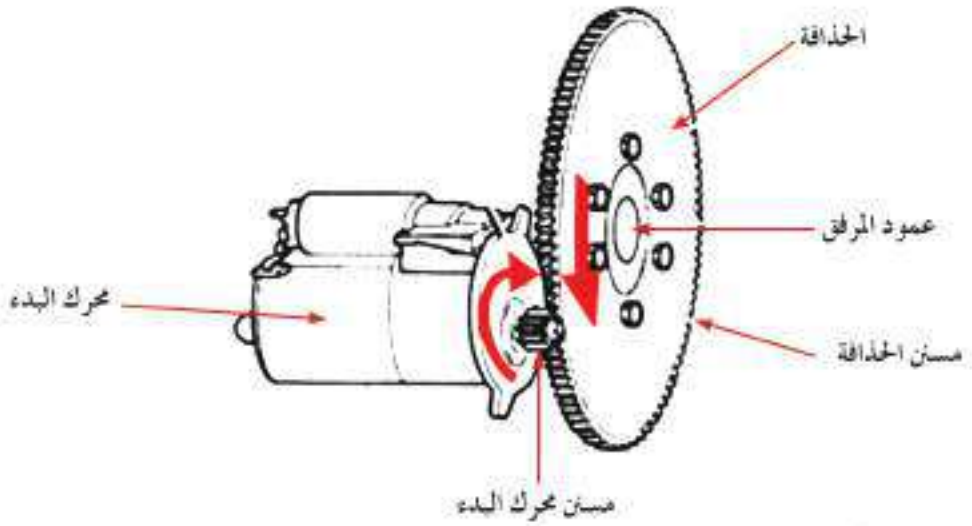
1 – **محركات بدء الحركة ذوات المغناطيس الدائم (Permanent-Magnet Motor)**: استعملت محركات بدء الحركة ذوات المغناطيس الدائم في أواخر الثمانينيّات، تتشابه محركات بدء الحركة ذوات المغناطيس الدائم من حيث مبدأ العمل ومحركات بدء الحركة التقليدية، حيث استبدل بملفات المجال، وبالأقطاب الحديدية مغناطيس دائم عالي الجودة، ما خفض من الوزن حوالي (15%)، ومن قطر جسم محرك البدء (15%)، وتمتاز بأنها أقل وزنًا وحجمًا من محركات بدء الحركة التقليدية، وأصبحت أكثر استعمالًا في المركبات التي تصل سعة محركاتها إلى (2000) سم^3، حيث لا تشغل حيزًا كبيرًا عند التركيب. مع التطور في صناعة الفُرش الكربونية أصبحت تستعمل حاليًا في محركات بدء الحركة ذوات المسننات الكوكبية، حيث تدور بسرعة وكفاءة عالية في أثناء توليد عزم الدوران، وطُوّرت لكي تناسب المركبات التي تصل سعة محركاتها إلى (5000) سم^3، مع توفير في الوزن وصل إلى حوالي (40%) مقارنة مع محركات بدء الحركة التقليدية. يبين الشكل (5–6) الفرق بين محرك البدء ذي المغناطيس الدائم ومحرك البدء ذي ملفات المجال.

2 – **محركات بدء الحركة ذوات الملفات المتتالية (Series -Wound Motor)**، كما هو موضح في الشكل (5–6)، تستعمل ملفات المجال بدلًا من المغناطيس الدائم، وتوصل ملفات المجال مع ملفات عضو الإنتاج على التوالي وهي أكبر حجمًا ووزنًا من محركات بدء الحركة ذوات المغناطيس الدائم.



الشكل (5–6): الفرق بين محرك البدء ذي المغناطيس الدائم ومحرك البدء ذي الملفات.

وتستعمل محركات بدء الحركة الكهربائية لبدء تشغيل (تدوير) عمود المرفق لمحركات الاحتراق الداخلي، بوساطة تعشيق مسنن محرّك البدء مع مسنن الحذافة، ثم يُفصل محرّك البدء عن المحرّك بمجرد أن يدور محرك الاحتراق الداخلي بقدرته الذاتية، كما هو مبين في الشكل (5–7).



الشكل (5–7): تعشيق مسنن محرك البدء مع مسنن عجلة الموازنة (الحذافة).

مكونات نظام بدء الحركة

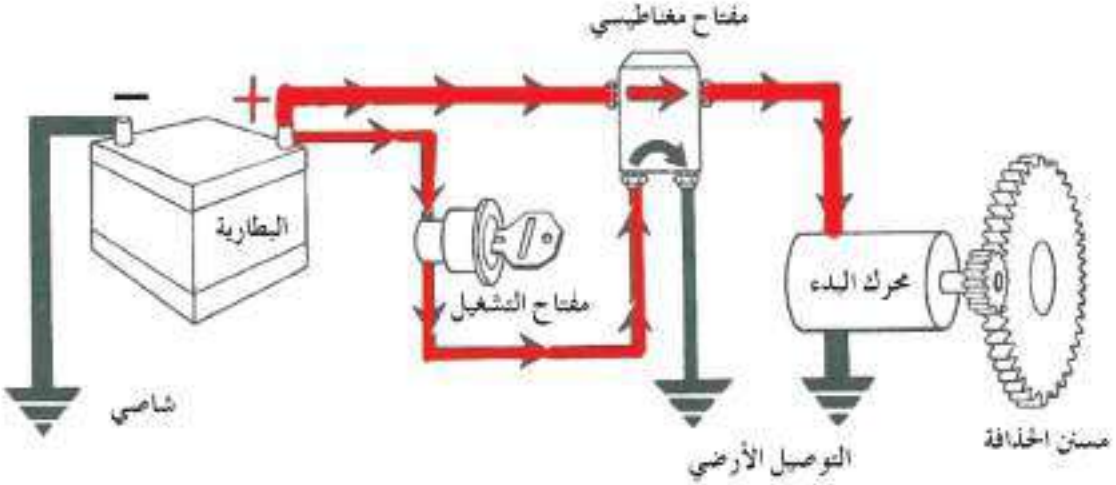
1 –محرك بدء الحركة.

2 –المفتاح المغناطيسي.

3 –البطارية.

4 –مفتاح التشغيل.

5 –التوصيلات والأسلاك الكهربائية.



الشكل (5–8): مكونات نظام بدء الحركة.

التمارين العملية

التمرين الأول

تحديد موقع عناصر الدارة الكهربائية لنظام بدء الحركة

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- تحدد موقع عناصر دارة بدء الحركة.

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- التزام تعليمات السلامة والصحة المهنية وارتداء ملابس العمل المناسبة والعازلة للتيار الكهربائي.
- ارتداء القفافيز العازلة عند العمل بالدارات الكهربائية.
- استعمال العُدَد والأدوات المناسبة للعمل.
- فصل القطب السالب للبطارية، قبل فَكّ الأجزاء الكهربائية من المركبة ونزعها.
- توخي الحذر عند العمل مع الدارات الكهربائية.
- التأكد من صلاحية أجهزة الفحص قبل استعمالها.
- تأمين وقوف المركبة بالصورة الصحيحة.
- وضع طفايات الحريق المناسبة في مكان قريب من طاولة العمل.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
1 – مركبة عاملة	
2 – رافعه كهروهيدروليكية	
3 – كشاف إنارة	
4 – صندوق عُدَد يدوية	

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1 –أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.	الشكل (1)
2 –أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.	الشكل (2)
3 – انظر إلى جوانب محرك الاحتراق الداخلي، ثم حدد مكان محرك بدء الحركة على المحرك. انظر إلى الشكل (1).	الشكل (3)
4 – انظر إلى براغي التثبيت، والتوصيلات الكهربائية. انظر إلى الشكل (2).	الشكل (4)
5 – تفقد الوصلات الكهربائية من البطارية إلى محرك بدء الحركة، كما في الشكل (3).	
6 – تأكد من موقع البطارية في المركبة، كما في الشكل (4).	
7 – تأكد من موقع مفتاح التشغيل داخل مقصورة القيادة، كما في الشكل (5).	الشكل (5)

الأنشطة العملية

حدد موقع عناصر دارة بدء الحركة لمركبة مختلفة، واكتب تقريرًا عن ذلك وشارك زملائك فيه، ثم اعرضه على مدربك.

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	تحديد محرك بدء الحركة على محرك المركبة.			
2	تفقد الوصلات الكهربائية من البطارية إلى محرك بدء الحركة.			
3	التأكد من موقع البطارية في المركبة.			
4	التأكد من مفتاح التشغيل داخل مقصورة القيادة.			

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- تنزع محرك بدء الحركة عن المركبة وتعيد تركيبه.

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- التزام تعليمات السلامة والصحة المهنية، وارتداء ملابس العمل المناسبة والعازلة للتيار الكهربائي.
- ارتداء القفافيز العازلة عند العمل بالدارات الكهربائية.
- استعمال العُدَد والأدوات المناسبة للعمل.
- فصل القطب السالب للبطارية، قبل فَكّ الأجزاء الكهربائية من المركبة ونزعها.
- توخي الحذر عند العمل مع الدارات الكهربائية.
- التأكد من صلاحية أجهزة الفحص قبل استعمالها.
- تأمين وقوف المركبة بالصورة الصحيحة.
- وضع طفايات الحريق المناسبة في مكان قريب من طاولة العمل.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
1 – مركبة عاملة	
2 – صندوق عُدَد يدوية	
3 – قفافيز عمل	
4 – شريط عازل للكهرباء	
5 – روافع حديدية	

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

1 –أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.

2 –أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.

3 – حدد مكان محرك بدء الحركة على المركبة.

4 – جهز العُدَد المناسبة للفَكّ.

5 – افصل كابل البطارية السالب المبين في الشكل (1).

6 – افصل كابل البطارية الموجب عن طرف التوصيل (**30**) على محرك بدء الحركة، كما في الشكل (2).

7 –افصل سلك مفتاح الإشعال عن طرف التوصيل (**50**) على محرك بدء الحركة، كما في الشكل (3).

8 – فُكّ براغي تثبيت محرك بدء الحركة عن جسم المحرك، كما في الشكل (4).

9 – انزع محرك بدء الحركة عن المحرك، كما في الشكل (5).

10 –أعِد تركيب محرك البدء على المركبة بعكس خطوات الفَكّ السابقة.

الشكل (1)

الشكل (2)

الشكل (3)

الشكل (4)

الشكل (5)

الأنشطة العملية

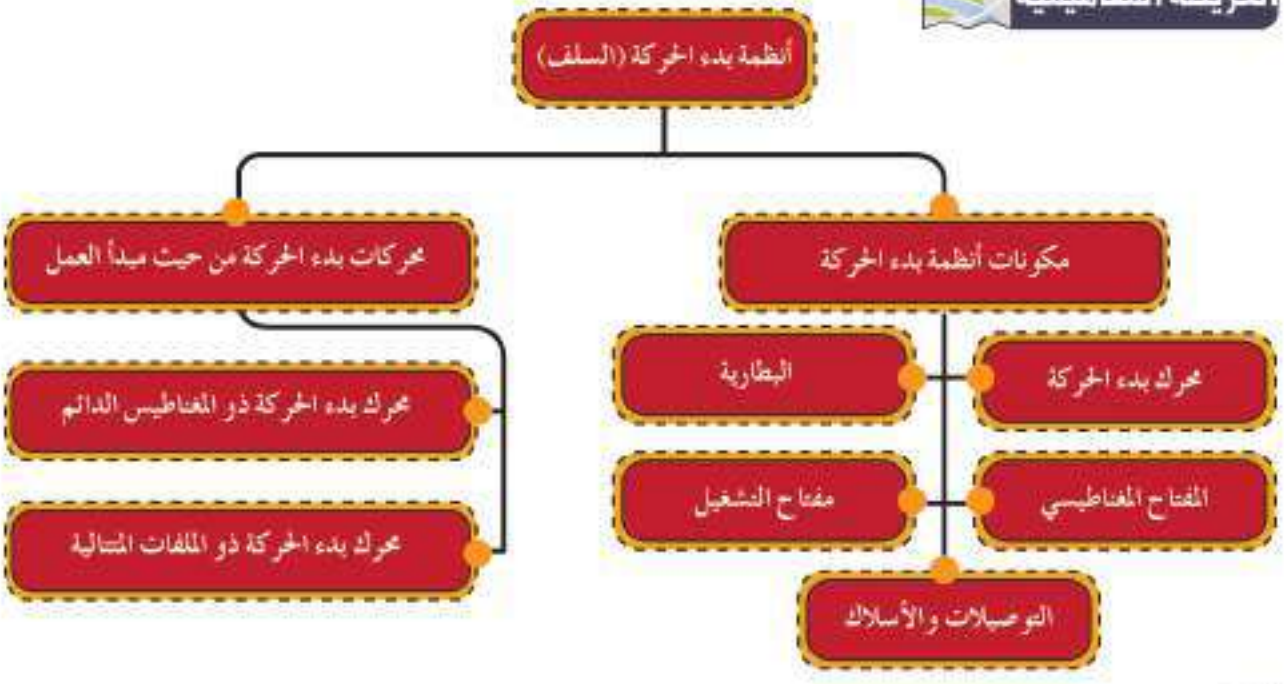
فُكّ محرك بدء الحركة عن المركبة من نوع مختلف، ثم أعد تركيبه.

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	تحديد مكان محرك بدء الحركة على المركبة.			
2	فصل سلك مفتاح الإشعال عن محرك بدء الحركة.			
3	فَكّ براغي تثبيت محرك بدء الحركة عن جسم المحرك.			
4	نزع محرك بدء الحركة عن المحرك.			
5	إعادة تركيب محرك بدء الحركة على المركبة.			

الخريطة المفاهيمية



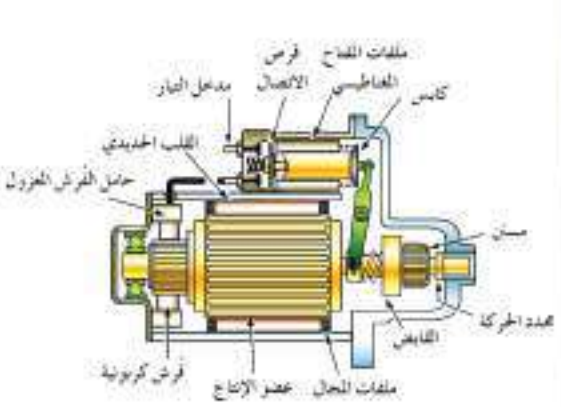
ثانيا: أنواع محركات بدء الحركة.

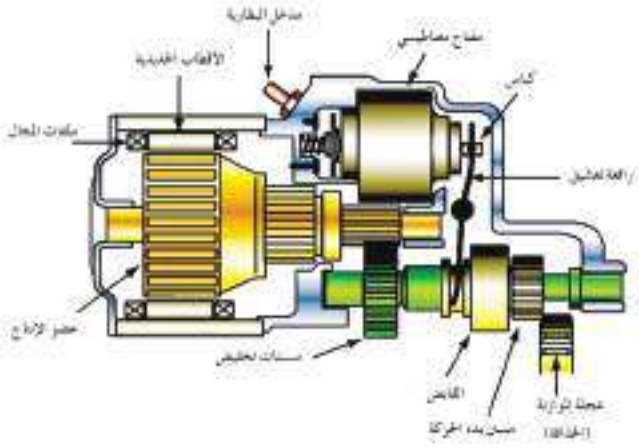
النتاجات

يتوقع منك بعد دراستك هذا الدرس أن:

- تتعرف أنواع محركات بدء الحركة من حيث التركيب.
- تتعرف أجزاء محركات بدء الحركة.
- تتعرف مبدأ عمل محركات بدء الحركة.

- هل سألت يومًا عن سبب اختلاف حجم محرك بدء الحركة من نوع لآخر؟
- ما الفرق بين محركي بدء الحركة في الشكلين الآتيين من حيث التركيب؟

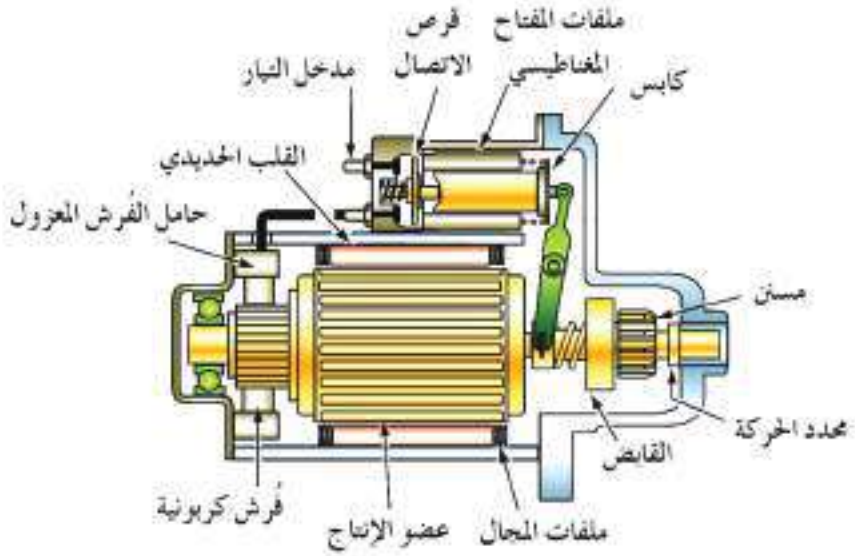




ابحث عَبْر محركات البحث (الإنترنت) عن أنواع محركات بدء الحركة المستعملة في مركبات الشحن، واكتب تقريرًا عن ذلك، ثم شارك زملائك فيه، ثم اعرضه على معلمك.

أنواع محركات بدء الحركة من حيث التركيب

1 – محرك بدء الحركة ذو المفتاح المغناطيسي (**Starter Motor with Solenoid**): يسمى محرك بدء التعشيق غير المسبق (pre-engaged starter motor)، ويتكون من الأجزاء المبينة في الشكل (5–9).



الشكل (5-9): أجزاء محرك بدء الحركة.

أجزاء محرك بدء الحركة ذي المفتاح المغناطيسي

أ- **جسم المحرك** (Yoke): يصنع من الحديد ذي الحبيبات الناعمة، وهو عبارة عن تجويف أسطواني مفتوح من الطرفين، يركب داخلة قلب الأقطاب الحديدية بوساطة براغ خاصة داخل التجويف الأسطواني، يلف حول قلب الأقطاب ملفات المجال وتوصل على التوالي ببعضها، وتتحول إلى مغناطيس عند مرور التيار بالملفات المثبتة عليها، كما هو مبين في الشكل (5-10).

الشكل (5-10): جسم محرك البدء.

ب- ملفات المجال (Field Coils): تصنع من أسلاك نحاسية سميكة نسبيًا، أو شرائط معدنية وتُعزل عن بعضها جيدًا، وتلف داخل جسم محرك البدء حول الأقطاب الحديدية، وتلف بطريقة نحصل عَبْرها على أقطاب سالبة وأقطاب موجبة، اعتمادًا على اتجاه لف السلك حول الأقطاب، يتدفق التيار الكهربائي من المفتاح المغناطيسي عبر ملفات المجال وتولد المجال المغناطيسي المطلوب لتدوير عضو الإنتاج كما في الشكل (5-11).

شكل (5-11): ملفات المجال

جـ- الفُرش الكربونية (Brushes Carbon): الفُرش الكربونية السالبة والموجبة تركب على حامل معدني يحتوي حواضن معدنية تثبت داخلها الفُرش الكربونية، كما هو مبين في الشكل (6-12)، وتتصل الفُرش الكربونية مع الموحد (Commutator)، بوساطة نوابض، لضمان التلامس الدائم بين الفُرش والموحد، وتسمح للتيار بالمرور من ملفات المجال إلى ملفات عضو الإنتاج، حيث تعزل الفُرش الكربونية الموجبة عن الحامل، وتركب الفُرش السالبة مباشرة من دون عزل على الحامل، حيث ضعف نوابض (زنبركات) الفُرش الكربونية، قد يؤدي إلى عدم كفاية الاتصال الكهربائي بين الفُرش الكربونية وشرائح الموحد، والنتيجة مقاومة كهربائية عالية في نقاط الاتصال، تؤدي إلى ضعف عزم الدوران لمحرك البدء.

الشكل (5-12): الفُرش الكربونية.

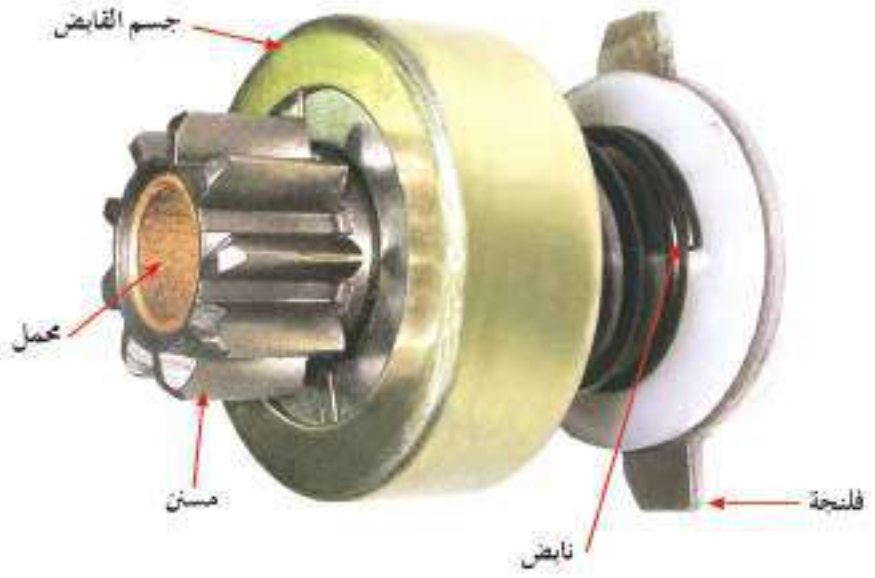
د - عضو الإنتاج (Armature): عضو الإنتاج هو الجزء المتحرك في محرك البدء، يدور نتيجة للتفاعل بين الحقول المغناطيسية الناتجة عن ملفات عضو الإنتاج وملفات المجال، ويتكون من القلب المصنوع من الحديد الناعم، يحتوي عمود عضو الإنتاج مجاري طولية، وتركب عليه صفائح معدنية مشقوقة من الداخل والخارج ومعزولة جيدًا، لتشكل مجاري طولية مع اتجاه محور عمود عضو الإنتاج لتثبيت الملفات، ويركب على أحد أطراف عمود عضو الإنتاج الموحد والطرف الآخر، يركب عليه مجموعة مسنن محرك البدء، كما هو مبين في الشكل (5-13).

الشكل (5-13): العضو الدوار (عضو الإنتاج).

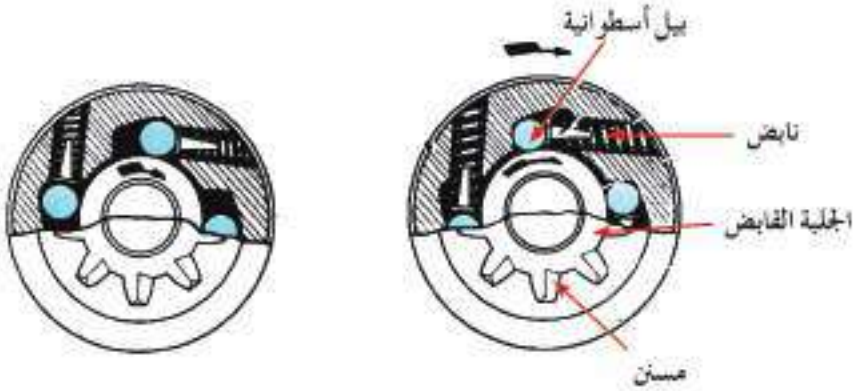
هـ - الموحد (Commutator): يتكون من شرائح نحاسية معزولة عن بعضها و مضغوطة، كما في الشكل (5-14)، ومركبة على محور الدوران للعضو الدوار، وتتصل مع ملفات العضو الدوار، وتكون ملامسة الفُرش الكربونية التي تعمل على نقل التيار الكهربائي من ملفات الأقطاب إلى ملفات العضو الدوار بوساطة الموحد، وتتصل الشرائح النحاسية بأطراف ملفات عضو الإنتاج.

الشكل (5-14): الموحد النحاسي.

و- **القابض** (Starter Clutch): يبين الشكل (5-15)، القابض، كما يسمى قابض السرعة الزائدة، وهو مدمج مع جلبة مسنن محرك البدء. يشغل محرك البدء عمود المرفق للمحرك حتى يدور المحرك، ويبدأ التشغيل من تلقاء نفسه، ثم ينفصل مسنن محرك البدء عن مسنن الحذافة، فور بدء تشغيل المحرك، سيجبر مسنن محرك البدء على الدوران بسرعة أعلى من السرعة المصممة له، ما يسبب تلفًا في محرك البدء، القابض: هو قابض أحادي الاتجاه يحمي محرك البدء من التلف نتيجة الدوران بسرعة عالية، يتكون القابض من جلبتين: جلبة القابض وتحتوي أسطوانات معدنية دحرجية، تتحرك داخل تجويف غير منتظم (شبه مخروطي) ونوابض (زنبركات) ضاغطة، وتتحرك الجلبة على مجارٍ حلزونية لعمود عضو الإنتاج، والجلبة الثانية جلبة مسنن محرك البدء، وتكون محصورة بين جسم عمود مسنن محرك البدء وجلبة القابض، فعند دوران عمود الإنتاج، تتحرك الكرات إلى الحيز الضيق من المجرى، وبسبب الاحتكاك بينها وبين جلبة المسنن وجلبة القابض، يدور القابض والمسنن في نفس اتجاه دوران العمود ويندفع إلى الأمام ويعشق مع مسنن الحذافة، وبعد دوران محرك الاحتراق بقدرته الذاتية، تزداد سرعة مسنن محرك البدء، وتتولد قوة دافعة مركزية تؤدي إلى حركة الكرات المعدنية إلى الجزء الواسع من المجرى الحلزوني، ويفصل مسنن بدء الحركة عن عمود عضو الإنتاج، كما هو مبين في الشكل (5-16).



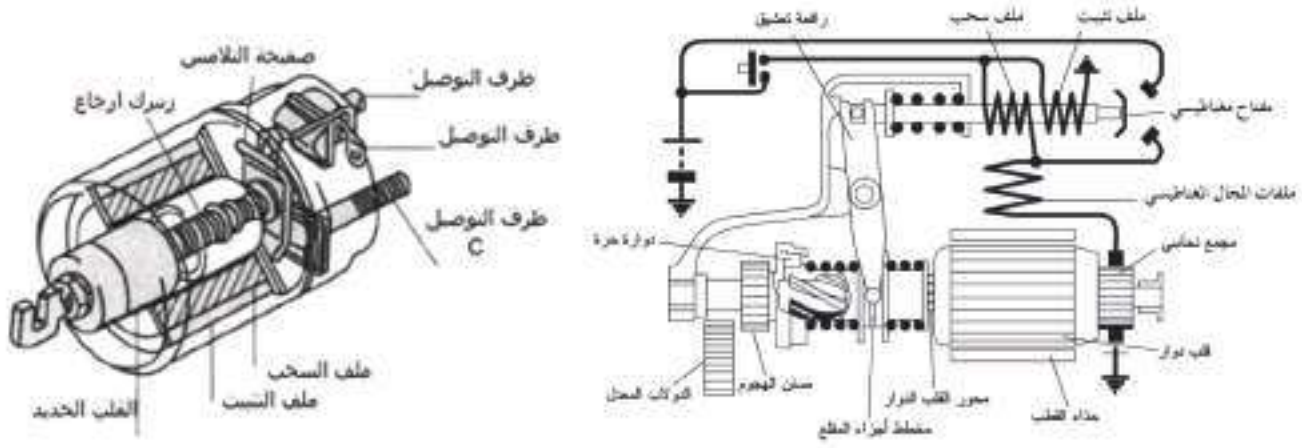
الشكل (5-15): مجموعة التعشيق والقابض.



الشكل (5-16): فصل مسنن بدء الحركة عن عمود عضو الإنتاج ووصله.

ي - **المفتاح المغناطيسي**: يتكون المفتاح المغناطيسي من القلب الحديدي، وأسطوانة القلب الحديدي، وملف السحب، وملف التثبيت، ونابض الإرجاع، وصفيحة التلامس، ويثبت على جسم محرك البدء، ويعمل على ربط البطارية بمحرك البدء مباشرة للحصول على تيار تشغيل عالٍ للحصول على عزم دوران كبير، قادرٍ على تشغيل محرك الاحتراق الداخلي أو إدارته. عند وضع مفتاح التشغيل على وضعية (start)، يتدفق تيار كهربائي من البطارية إلى ملف السحب الذي يسحب القلب الحديدي باتجاه نقاط الاتصال، ويمر التيار إلى ملفات عضو الإنتاج بوساطة الموحد ثم إلى التوصيل الأرضي، التيار المار بملف التثبيت الذي يثبت القلب الحديدي في مكانه، ثم إلى التوصيل الأرضي، كما هو مبين في الشكل (5-17).

يمتاز ملف السحب أنه ذو سلك سميك، ولفاته قليلة، ومقاومته قليلة، ويسمى ملف التيار، أما ملف التثبيت، فيمتاز بلفاته الكثيرة، وقطر سلكه الرفيع، ومقاومته العالية، ويسمى ملف الجهد.



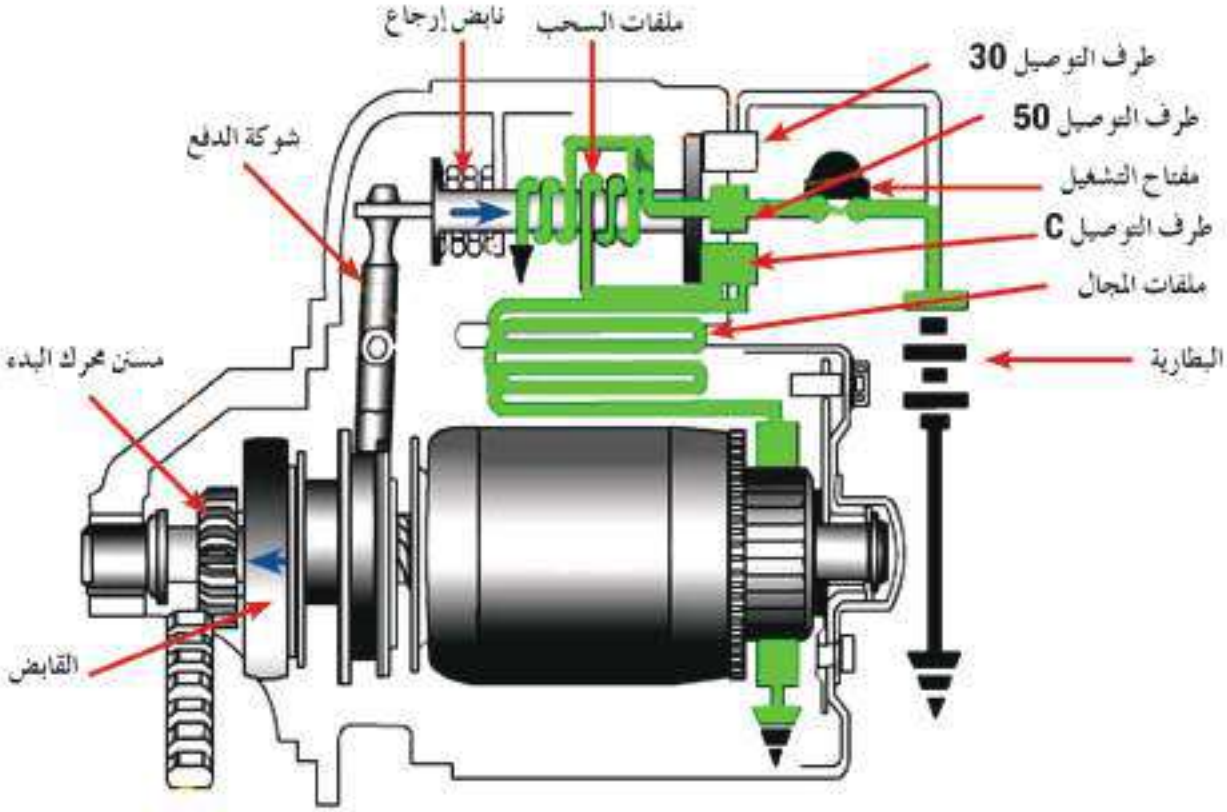
الشكل (5-17): المفتاح المغناطيسي.

مبدأ عمل محرك بدء الحركة ذي المفتاح المغناطيسي

عند إغلاق مفتاح التشغيل، يسير التيار الكهربائي من البطارية إلى طرف التوصيل (**50**) في المفتاح المغناطيسي (بداية ملف السحب وملف التثبيت)، يمر التيار عبر ملف التثبيت إلى الأرضي مباشرة عبر جسم المفتاح المغناطيسي أما ملف السحب، فيمر فيه التيار ثم إلى ملفات المجال (ملفات الأقطاب) ومنها إلى عضو الإنتاج (العضو الدوار)، ثم عبر الفُرش السالبة إلى الأرضي، كلا الملفين يكوّن مجالًا مغناطيسيًا فيسحب ملف السحب القلب الحديدي إلى الخلف، دافعًا صفيحة التلامس باتجاه الطرفي (**30**)و (C) ومحركًا عتلة التعشيق حول محورها، دافعة مسنن التعشيق إلى الأمام ليعشق جزئيًا مع مسنن الحذافة. انظر إلى الشكل (5-18).

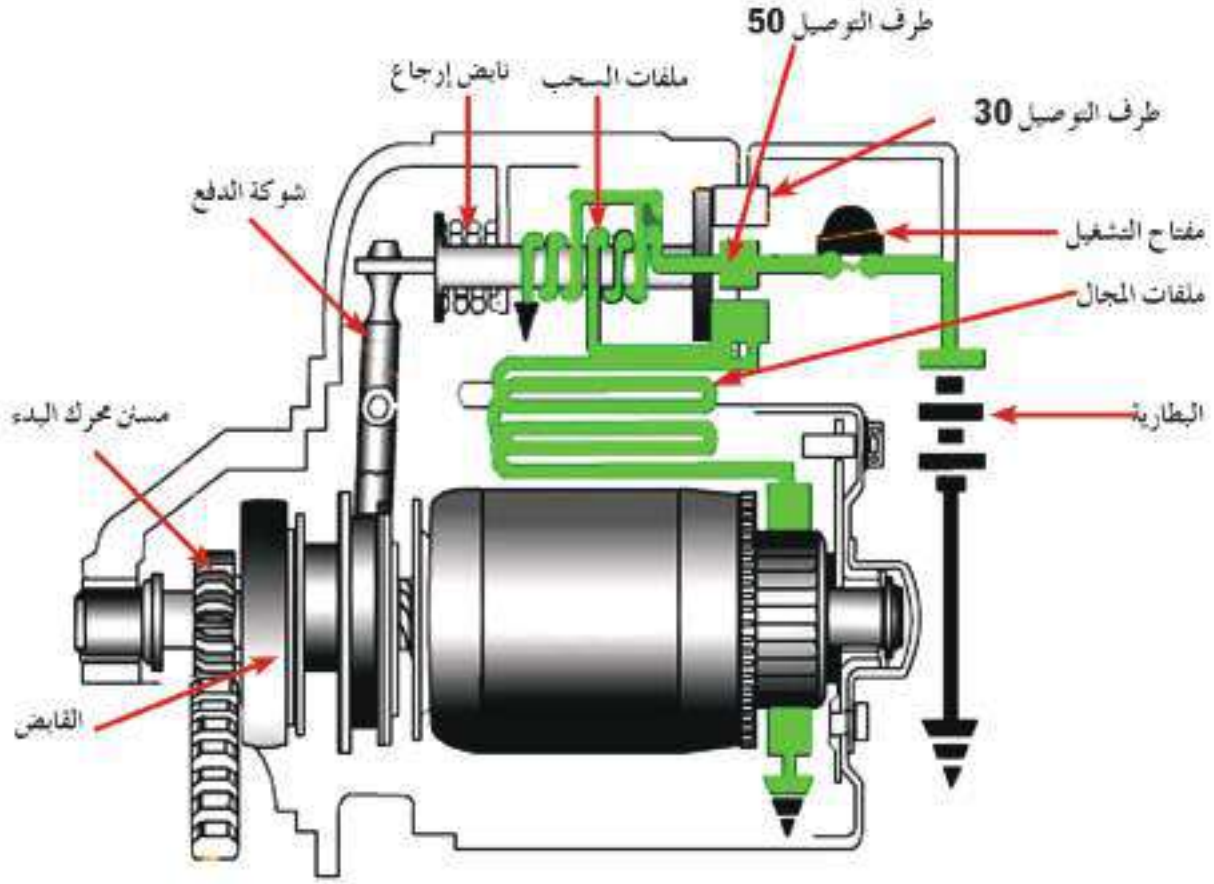
دلالة أطراف توصيل محرك بدء الحركة:

- طرف التوصيل **30**، يوصل مباشرة بالبطارية ويكون ذا قطر سميك.
- طرف التوصيل **50** بداية ملفات السحب والتثبيت، يوصل بمفتاح التشغيل.
- طرف التوصيل **C** بداية ملفات الأقطاب، ونهاية ملفات السحب.

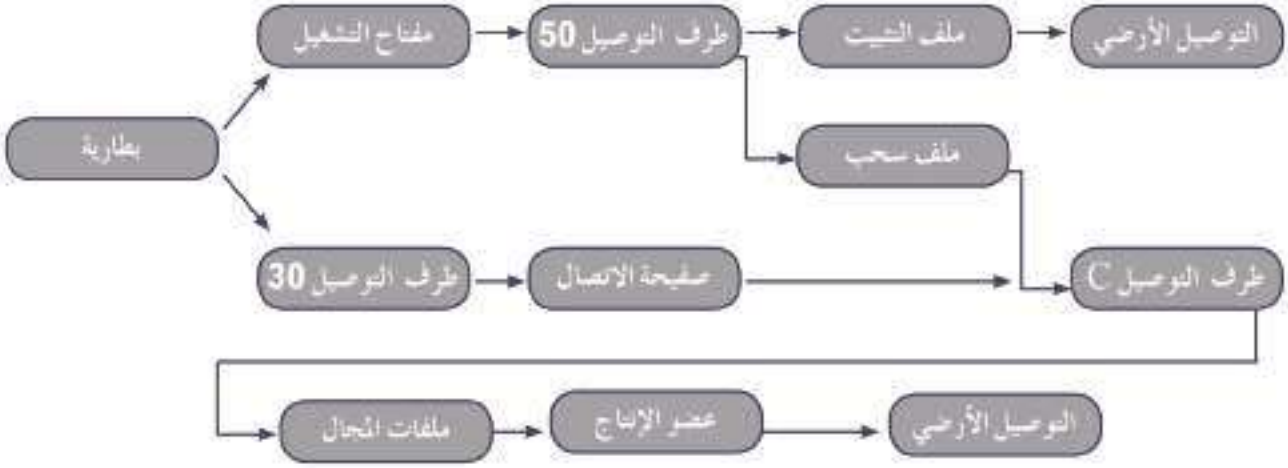


الشكل (5-18): دارة محرك بدء الحركة عند بداية التشغيل.

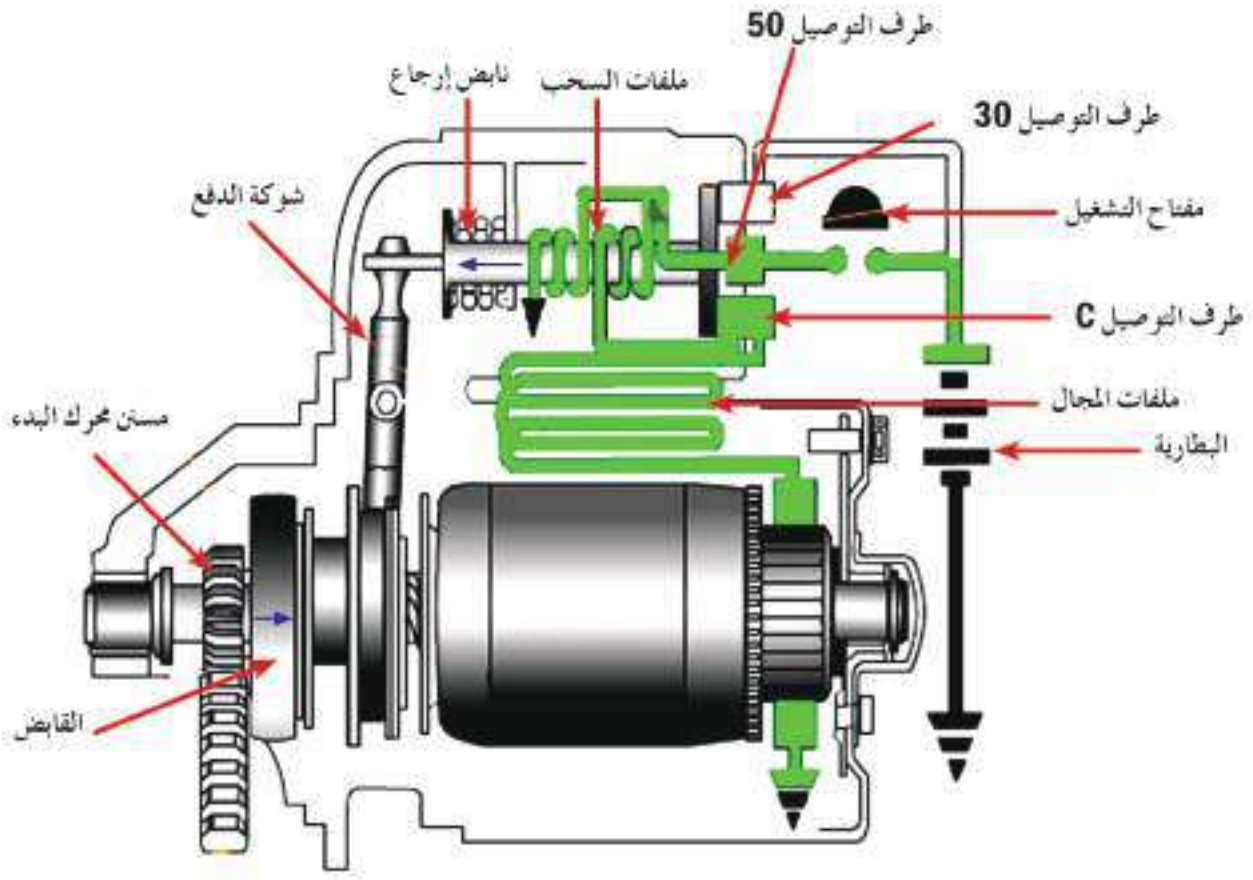
عند استمرار حركة القلب الحديدي إلى الخلف باتجاه نقاط الاتصال، يوصل القلب الحديدي الكهرباء مباشرة من البطارية إلى ملفات المجال وملفات عضو الإنتاج بوساطة صفيحة الاتصال، وتدفع شوكة التشغيل مجموعة المسنن إلى الأمام، ويعشق مع مسنن الحذافة، كما في الشكل (5–19).



الشكل (5–19): دارة محرك بدء الحركة عند التعشيق.



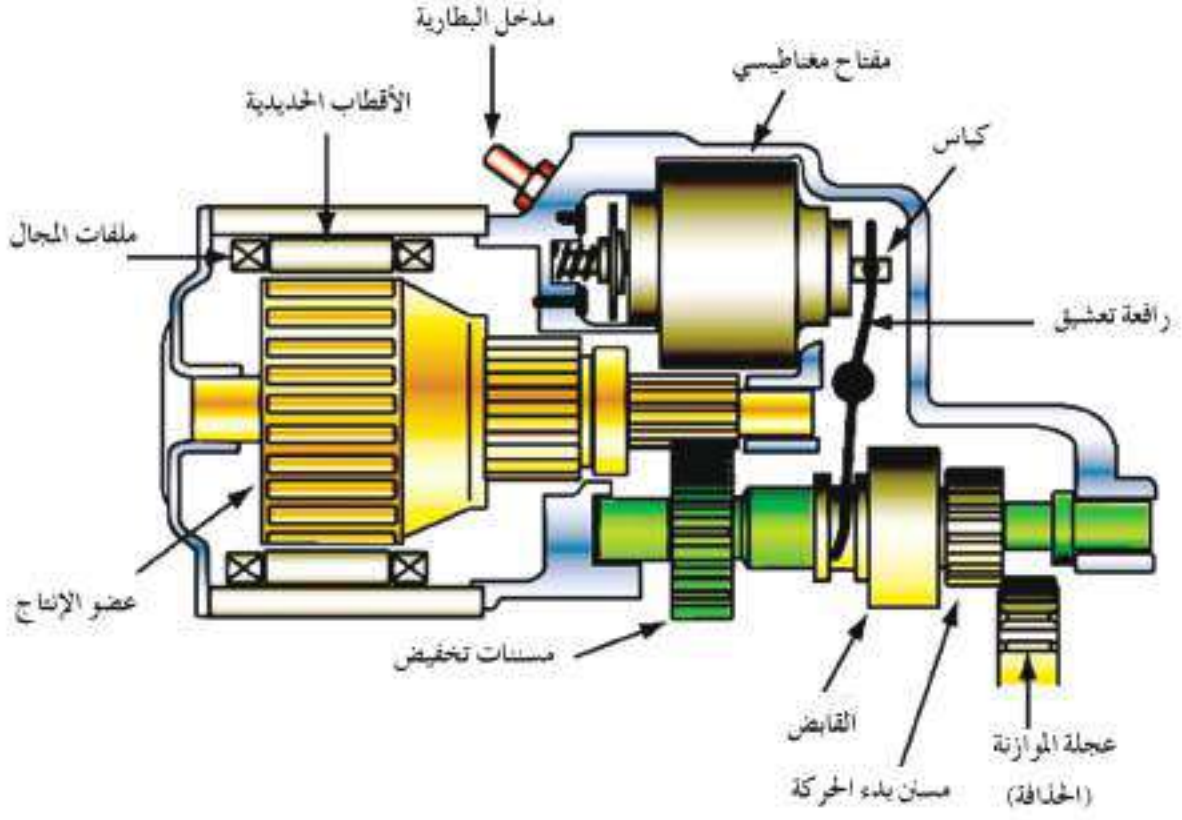
عند دوران محرك الاحتراق الداخلي بقوته الذاتية، يدور مسنن محرك البدء بسرعة عالية، وتتحرك الكرات المعدنية للقابض في اتجاه الحيز الواسع من المجرى المخروطي، فيتحرر مسنن بدء الحركة عن جلبة القابض، ويفصل الحركة ويعود إلى مكانه الأصلي بفعل زنبرك الإرجاع. انظر إلى الشكل (5–20)



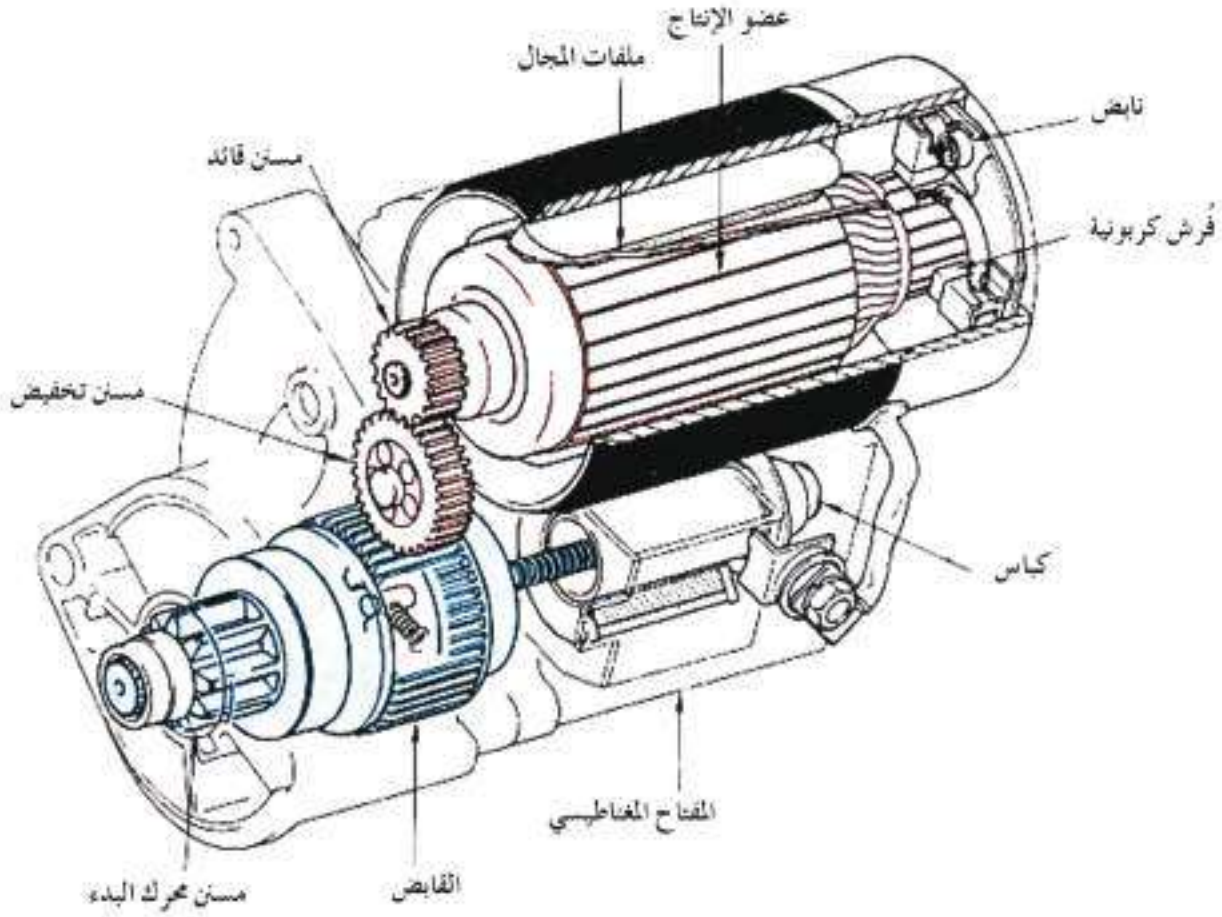
الشكل (5–20): دارة محرك بدء الحركة عند الفصل.

2 – محرّك بدء الحركة ذو مسننات التخفيض (Reduction Gears Starter Motor):

يحتوي هذا النوع من محركات بدء الحركة مفتاحًا مغناطيسيًا، ومحركًا كهربائيًا عالي السرعة، ومجموعة مسننات تخفيض، تقلل مسننات التخفيض من سرعة محرك بدء الحركة بعامل واحد إلى ثلاثة أو واحد إلى أربعة، يدفع القلب الحديدي للمفتاح المغناطيسي المسنن مباشرة، ما يسبب تعشيقه مع مسنن الحذافة، يولد هذا النوع من محركات بدء الحركة عزم دوران كبير يتناسب مع حجم محرك الاحتراق الداخلي ووزنه، انظر إلى الشكل (5–21) الذي يبين أجزاء محرك البدء ذي مسننات التخفيض.



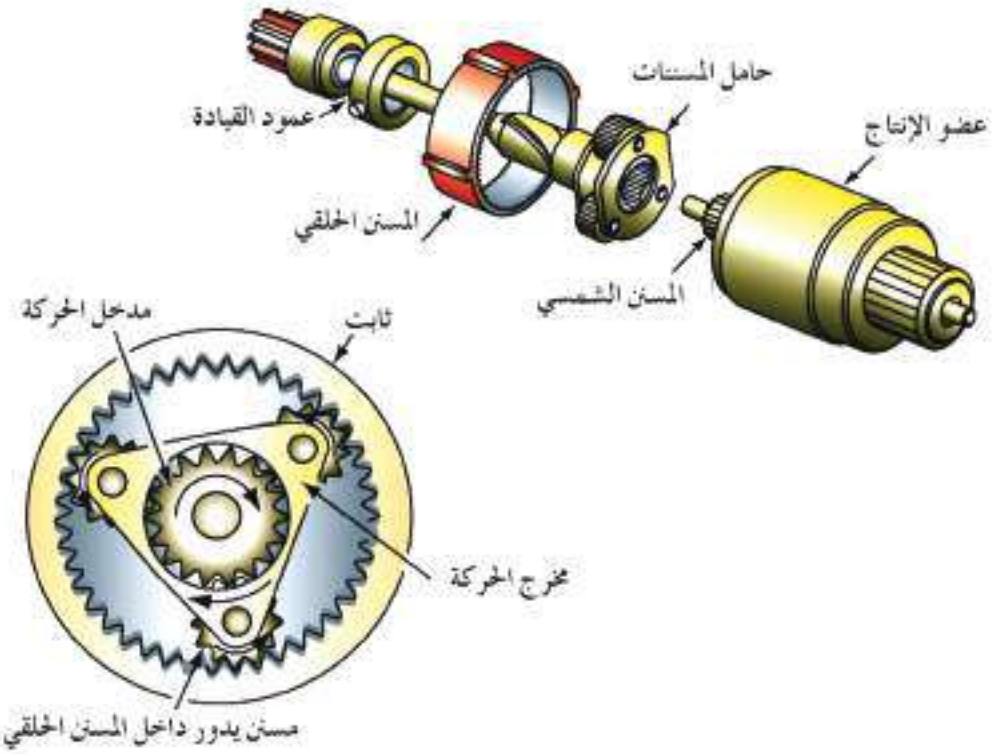
الشكل (5–21): أجزاء محرك بدء الحركة ذي مسننات التخفيض.



الشكل (5-22): طريقة عمل مسننات التخفيض.

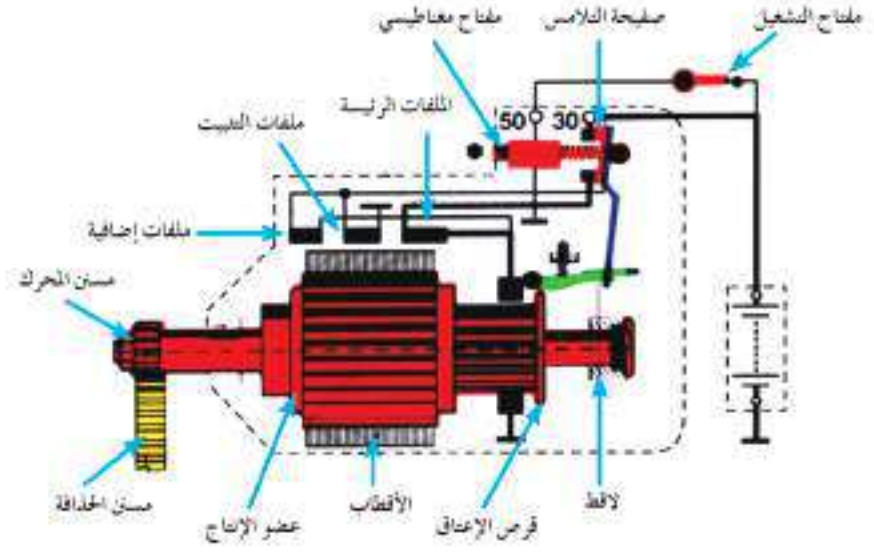
عند تحويل مفتاح الإشعال إلى وضع البدء (start)، يمر التيار الكهربائي من البطارية إلى ملفات السحب وملفات التثبيت، و يتدفق التيار من ملف السحب إلى ملفات المجال وملفات عضو الإنتاج، يدور المحرك بسرعة أقل في هذه المرحلة، حيث إن ملف السحب يسبب انخفاض الجهد، ما يحد من تزويد التيار إلى ملفات المجال وملفات عضو الإنتاج، في الوقت نفسه، المجال المغناطيسي المتشكل في المفتاح المغناطيسي نتيجة مرور التيار في ملفات السحب وملفات التثبيت يدفع المكبس باتجاه مسنن الحذافة، فتوصل الصفيحة التيار مباشرة من البطارية إلى ملفات المجال، ليبدأ دوران المحرك، فتنخفض سرعة المحرك نتيجة وجود مسنن وسيط بين مسنن عمود الإنتاج ومسنن محرك البدء، حيث يستعمل هذا النوع من محركات البدء لإدارة محركات المركبات الكبيرة التي تحتاج إلى عزم بدء كبير لإدارتها.

3 – **محرك بدء الحركة ذو التروس الكوكبية (Planetary Type Starter Motor)**: في هذا النوع من المحركات، تستعمل مسننات كوكبية لتخفيض سرعة دوران عضو الإنتاج كما هو الحال في محركات البدء ذوات مسننات التخفيض، وتتكون من ثلاثة مسننات كوكبية ومسنن داخلي، ويتصل مسنن محرك بدء الحركة بالمسننات الكوكبية بوساطة ذراع التشغيل (الجلبة). تُقلل سرعة عمود عضو الإنتاج بوساطة ثلاثة مسننات كوكبية ومسنن حلقي، عندما يتحرك عمود الإدارة، تتحرك المسننات الكوكبية في الاتجاه المعاكس، بما أن المسنن الحلقي ثابت، فإن المسننات الكوكبية نفسها مجبرة على الدوران داخل المسنن الحلقي. وبما أن المسننات الكوكبية مركبة على حامل المسننات الكوكبية فإن دوران المسننات الكوكبية يؤدي إلى دوران حامل المسننات الكوكبي أيضًا، وينقل الحركة إلى مسنن محرك بدء الحركة بوساطة ذراع التشغيل وتخفيض السرعة الدورانية لمسنن محرك بدء الحركة إلى ما يقرب من (1/5) من سرعة عمود عضو الإنتاج. انظر إلى الشكل (5–23).



الشكل (5–23): مجموعة مسننات تقليل السرعة.

4 – محرّك بدء الحركة ذو عضو الإنتاج المنزلق (Sliding Armature Starter Motor): من أهم مزايا هذا النوع من محركات بدء الحركة، حجمها الكبير، ومتانتها، والبناء القوي، تستعمل لتعشيق مسنن محرك البدأ مع مسنن الحذافة في محركات الاحتراق الداخلي كبيرة الحجم، تنزلق مجموعة عضو الإنتاج كاملة محوريًّا عَبْر جسم (غلاف) محرك بدء الحركة، يُثبّت عضو الإنتاج بوساطة نابض (زنبرك) عوضًا عن ملفات الأقطاب، وعند مرور التيار في ملفات المجال، تتشكل خطوط مجال مغناطيسي تسحب عضو الإنتاج نحو الحذافة كما هو مبين في الشكل (24)، لتكتمل عملية تعشيق مسنن محرك بدء الحركة مع مسنن الحذافة. تتكون الدارة الكهربائية لمحرك بدء الحركة من ثلاثة ملفات مجال، الملفات الرئيسة مصنوعة من سلك قطره كبير نسبيًّا ذي مقاومة منخفضة، تتصل ملفاته بملفات عضو الإنتاج على التوالي، الملفات المساعدة أو الإضافية (ملفات الدفع) تصنع من أسلاك رفيعة ذوات مقاومة عالية، تتصل الملفات المساعدة بالتوالي مع ملفات عضو الإنتاج وبالتوازي مع الملفات الرئيسة، وتدفع العمود المنزلق باتجاه الحذافة عند مرور التيار الكهربائي فيها، ملفات التثبيت ذوات مقاومة عالية تتصل على التوازي بملفات عضو الإنتاج، تعمل على تثبيت دفع العمود المنزلق باتجاه الحذافة عند مرور التيار الكهربائي فيها، المفتاح المغناطيسي ذو المرحلتين مثبت على جسم محرك بدء الحركة، ويعمل عند بداية إدارة مفتاح التشغيل. انظر إلى الشكل (5–24).



الشكل (5–24): الدارة الكهربائية لمحرك بدء الحركة ذي عضو الإنتاج المنزلق.

التمارين العملية

التمرين الثالث

فكّ أجزاء محرك بدء الحركة ذي المفتاح المغناطيسي وإعادة تجميعها

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- **تفك أجزاء محرك بدء الحركة ذي المفتاح المغناطيسي وتعيد تركيبها.**

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- التزام تعليمات السلامة والصحة المهنية وارتداء ملابس العمل المناسبة والعازلة للتيار الكهربائي.
- ارتداء القفافيز العازلة عند العمل بالدارات الكهربائية.
- استعمال العُدَد والأدوات المناسبة للعمل.
- فصل القطب السالب للبطارية، قبل فَكّ الأجزاء الكهربائية من المركبة ونزعها.
- توخي الحذر عند العمل مع الدارات الكهربائية.
- التأكد من صلاحية أجهزة الفحص قبل استعمالها.
- تأمين وقوف المركبة بالصورة الصحيحة.
- وضع طفايات الحريق المناسبة في مكان قريب من طاولة العمل.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
1 – طاولة عمل	
2 – محرك بدء الحركة ذي مفتاح مغناطيسي.	
3 – وصلات كهربائية	
4 – صندوق عُدّة	
5 – بطارية (12) فولت	

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

1 –أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.

الشكل (1)

2 –أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.

الشكل (2)

3 – ثبت محرك بدء الحركة على الملزمة كما في الشكل (1).

الشكل (3)

4 – فكّ براغي غطاء محرك بدء الحركة الخلفي، وانزع الغطاء كما في الشكل (2).

5 – انزع الكبشاية والنابض كما في الشكل (3).

الشكل (4)

6 – فكّ براغي القاعدة الخلفية، وانزع القاعدة كما في الشكل (4).

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
7 – فكّ برغي تثبيت ملفات المجال عن النقطة (C) على المفتاح المغناطيسي.	الشكل (5)
8 – انزع قاعدة تثبيت الفُرش الكربونية كما في الشكل (5).	
9 – انزع أسطوانة محرك بدء الحركة، كما في الشكل (6).	الشكل (6)
10 – فكّ براغي تثبيت المفتاح المغناطيسي كما في الشكل (7).	الشكل (7)
11 – فكّ برغي تثبيت شوكة تعشيق المسنن كما في الشكل (8).	الشكل (8)

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
12 – انزع شوكة التعشيق كما في الشكل (9).	الشكل (9)
13 – انزع المفتاح المغناطيسي من مكانه كما في الشكل (10).	الشكل (10)
14 – انزع مجموعة التعشيق من مكانها.	
15 – اسحب عضو الإنتاج (العضو الدوار)، كما في الشكل (11).	الشكل (11)
16 – انزع مجموعة التعشيق من مكانها على العضو الدوار كما في الشكل (12).	الشكل (12)
17 – أعد تركيب القطع بالتسلسل بعكس خطوات الفَكّ السابقة.	

الأنشطة العملية

فُكّ أجزاء محرك بدء حركة آخر، ثم أعد تركيبها.

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	فكّ براغي غطاء محرك بدء الحركة الخلفي ونزع الغطاء.			
2	نزع الكبشاية والزنبرك.			
3	فكّ براغي القاعدة الخلفية ونزع القاعدة.			
4	فكّ برغي تثبيت ملفات المجال عن المفتاح المغناطيسي.			
5	نزع قاعدة تثبيت الفُرش الكربونية.			
6	نزع أسطوانة محرك بدء الحركة إلى الخارج.			
7	فكّ براغي تثبيت المفتاح المغناطيسي.			
8	فكّ برغي تثبيت شوكة المسنن.			
9	نزع شوكة التعشيق.			
10	نزع المفتاح المغناطيسي من مكانه.			
11	سحب عضو الإنتاج.			
12	إعادة تركيب القطع بالتسلسل.			

التمرين الرابع

فَكّ أجزاء محرك بدء الحركة ذي مسنن تخفيض السرعة، وإعادة تجميعها

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- **تفكّ أجزاء محرك بدء الحركة ذي مسنن تخفيض السرعة، وتعيد تجميع أجزائه .**

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- التزام تعليمات السلامة والصحة المهنية وارتداء ملابس العمل المناسبة والعازلة للتيار الكهربائي.
- ارتداء القفافيز العازلة عند العمل بالدارات الكهربائية.
- استعمال العُدَد والأدوات المناسبة للعمل.
- فصل القطب السالب للبطارية قبل فَكّ الأجزاء الكهربائية من المركبة ونزعها.
- توخي الحذر عند العمل مع الدارات الكهربائية.
- التأكد من صلاحية أجهزة الفحص قبل استعمالها.
- تأمين وقوف المركبة بالصورة الصحيحة.
- وضع طفايات الحريق المناسبة في مكان قريب من طاولة العمل.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
1 – محرك بدء الحركة ذو مسنن تخفيض السرعة	
2 – صندوق عُدَد يدوية	
3 – جهاز القياس المتعدّد (أفوميتر)	

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

1 –أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.

الشكل (1)

2 –أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.

3 – ثبّت محرك بدء الحركة على الملزمة كما هو مبين في الشكل (1).

الشكل (2)

4 – فُكّ صامولة سلك التوصيل (c) على المفتاح المغناطيسي كما هو مبين في الشكل (2).

الشكل (3)

5 –فُكّ براغي تثبيت قاعدة الفُرش الكربونية مع الغطاء الخلفي كما هو مبين في الشكل (3).

الشكل (4)

6 – فُكّ براغي تثبيت القاعدة الخلفية كما هو مبين في الشكل (4).

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
7 – انزع القاعدة الخلفية كما هو مبين في الشكل (5).	الشكل (5)
8 – انزع عضو الإنتاج مع الفُرش الكربونية ثم انزع الفُرش الكربونية من عمود عضو الإنتاج كما هو مبين في الشكل (6).	الشكل (6)
9 – فكّ براغي غلاف مسنن التخفيض وانزع الغلاف من القاعدة الأمامية كما هو مبين في الشكل (7).	الشكل (7)
10 – انزع مسنن تخفيض السرعة من مكانه كما هو مبين في الشكل (8).	الشكل (8)

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
11 – فكّ براغي تثبيت المفتاح المغناطيسي ثم انزع المفتاح من مكانه كما هو مبين في الشكل (9).	الشكل (9)
12 – انزع عتلة التعشيق من مكانها كما هو مبين في الشكل (10).	الشكل (10)
13 – ضع القطع جميعها على طاولة العمل كما هو مبين في الشكل (11)، ثم ابدأ بفحص الأجزاء واستبدل التالف إذا لزم الأمر.	الشكل (11)
14 –أعد تركيب أجزاء محرك بدء الحركة وتجميعها بعكس الخطوات السابقة.	
15 – افحص عمل محرك بدء الحركة.	

الأنشطة العملية

أجرِ الصيانة اللازمة لمحرك بدء الحركة ذي مسنن تخفيض السرعة.

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	فَكّ أجزاء محرك بدء الحركة.			
2	إجراء الفحوصات اللازمة لمحرك بدء الحركة والتأكد من صلاحيتها.			
3	تغيير الأجزاء التالفة.			
4	إعادة تركيب أجزاء محرك بدء الحركة وتجميعها.			
5	فحص محرك بدء الحركة والتأكد من عمله.			

التمارين العملية

التمرين الخامس

فحص أجزاء محرك بدء الحركة بالأجهزة الخاصة وتحديد التالف منها.

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- **تفحص أجزاء محرك بدء الحركة بالأجهزة الخاصة وتحدد التالف منها.**

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- التزام تعليمات السلامة والصحة المهنية وارتداء ملابس العمل المناسبة والعازلة للتيار الكهربائي.
- ارتداء القفافيز العازلة عند العمل بالدارات الكهربائية.
- استعمال العُدَد والأدوات المناسبة للعمل.
- فصل القطب السالب للبطارية، قبل فَكّ الأجزاء الكهربائية من المركبة ونزعها.
- توخي الحذر عند العمل مع الدارات الكهربائية.
- التأكد من صلاحية أجهزة الفحص قبل استعمالها.
- تأمين وقوف المركبة بالصورة الصحيحة.
- وضع طفايات الحريق المناسبة في مكان قريب من طاولة العمل.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
1 –حرك بدء الحركة	
2 –جهاز فحص أفوميتر	
3 –صندوق عُدَد يدوية	
4 –جهاز فحص العضو الدوار (الزوام)	

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

1 –أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.

2 –أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.

3 – ضع مفتاح الاختيار في جهاز الفحص على وضع المقاومة.

أولًا: فحص موصلية ملفّات المجال (العضو الثابت)

أ – افحص موصلية ملفّات المجال للتأكد من عدم وجود قَطْع في الملفات.

ب – ضع مؤشر جهاز الفحص على قياس المقاومة.

جـ – ضع طرف جهاز الفحص على أحد أطراف ملفات المجال كما هو مبين في الشكل (1).

د – ضع طرف جهاز الفحص الآخر على الطرف الثاني لملفات المجال.

هـ– لاحظ قراءة الجهاز.

ثانيًا: فحص عازلية ملفات المجال مع جسم المحرك.

أ – ضع طرف سلك جهاز الفحص على بداية ملفات المجال.

الشكل (1)

الشكل (2)

الشكل (3)

الشكل (4)

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

ب – ضع الطرف الآخر لجهاز الفحص على جسم محرك البدء كما هو مبين في الشكل(2).

ثالثًا: فحص موصلية ملفات عضو الإنتاج (العضو الدوار).

ضع طرفي جهاز الفحص على نحاسات الموحد كما هو مبين في الشكل (3)، وتأكد من وجود اتصال بين أطراف الموحد.

الشكل (5)

رابعًا: فحص عازلية ملفات عضو الإنتاج.

ضع أحد طرفي جهاز الفحص على نحاسات الموحد، والطرف الآخر على جسم عمود عضو الإنتاج، كما هو مبين في الشكل (4)، وتأكد من عدم وجود اتصال.

الشكل (6)

خامسًا: فحص عازلية الفُرش الكربونية الموجبة.

أ – ضع أحد طرفي جهاز الفحص على جسم حاضن الفُرش الكربونية الموجبة كما هو مبين في الشكل (5).

ب – ضع الطرف الآخر للجهاز على جسم حامل الفرش، وتأكد من عدم وجود اتصال.

سادسًا: فحص العضو الدوار بوساطة جهاز الفحص (الزوام).

أ – صل الجهاز بمصدر الطاقة الكهربائية، كما في الشكل (6).

ب – ضع العضو الدوار على الجهاز كما هو مبين في الشكل (7).

الشكل (7)

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

جـ – ضع شريحة معدنية على جسم العضو الدوار كما هو مبين في الشكل (7).

د – حرك العضو الدوار باليد، فإذا اهتزت الشريحة المعدنية فيدل ذلك على وجود دارة القصر في الملفات.

الشكل (8)

فحص صفيحة التلامس

ضع طرفي جهاز الفحص على نقاط الاتصال الكهربائية لمحرك البدء (**30**) والنقطة (C) كما هو موضح في الشكل (8)، ثم اضغط على كباس المفتاح باتجاه السهم، ملاحظًا قراءة الجهاز.

فحص ملفات السحب والتثبيت

أ – ضع أحد طرفي جهاز الفحص على نقطة التوصيل (**50**) والطرف الآخر للجهاز على نقطة التوصيل (C)، للتأكد من توصيل ملف السحب.

ب – ضع أحد أطراف جهاز الفحص على نقطة التوصيل (**50**) والطرف الآخر لجهاز الفحص على جسم المفتاح لفحص توصيل ملف التثبيت. انظر إلى الشكل (9).

الشكل (9)

الأنشطة العملية

افحص موصلية ملفّات المجال لمحرك بدء حركة آخر.

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	فحص موصلية ملفّات المجال وعازليتها.			
2	فحص موصلية ملفّات العضو الدوار وعازليتها.			
3	فحص موصلية الفُرش الكربونية وعازليتها.			
4	فحص موصلية المفتاح المغناطيسي وعازليتها.			

التمارين العملية

التمرين السادس

فحص عمل محرك بدء الحركة (حمل، من دون حمل).

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- تفحص عمل محرك بدء الحركة (حمل، من دون حمل).

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- التزام تعليمات السلامة والصحة المهنية وارتداء ملابس العمل المناسبة والعازلة للتيار الكهربائي.
- ارتداء القفافيز العازلة عند العمل بالدارات الكهربائية.
- استعمال العُدَد والأدوات المناسبة للعمل.
- فصل القطب السالب للبطارية قبل فَكّ الأجزاء الكهربائية من المركبة ونزعها.
- توخي الحذر عند العمل مع الدارات الكهربائية.
- التأكد من صلاحية أجهزة الفحص قبل استعمالها.
- تأمين وقوف المركبة بالصورة الصحيحة.
- وضع طفايات الحريق المناسبة في مكان قريب من طاولة العمل.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
1 – محرك بدء الحركة	
2 – جهاز فحص أفوميتر	
3 – وصلات كهربائية خاصة	
4 – صندوق عُدَد يدوية	
5 – جهاز فولتميتر	
6 – جهاز أميتر	

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

1 – أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.

2 – أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.

3 – صل الطرف الموجب للبطارية بطرف التوصيل على محرك بدء الحركة (**30**) كما في الشكل (1).

4 – صل الطرف الموجب للبطارية بطرف التوصيل على محرك بدء الحركة (**50**) الخاصة بملفات السحب وملفات التثبيت كما في الشكل (1).

5 – صل الطرف السالب للبطارية بجسم محرك البدء كما في الشكل (2).

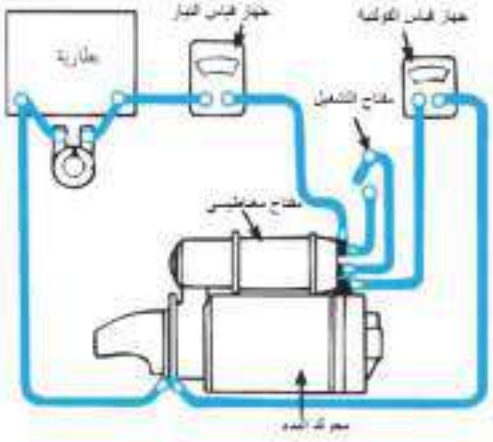
6 – لاحظ دوران مسنن محرك بدء الحركة واندفاعه إلى الأمام بقوة وعزم دوران عالٍ.

7 – سجل قراءة جهاز فحص الفولتية وجهاز فحص التيار بعد توصيلها بالدارة كما في الشكل (3).

8 – ضع أمام مسنن محرك بدء الحركة وتدًا مطاطيًا أو خشبيًا، ثم أعد توصيل البطارية بمحرك بدء الحركة كما شُرح سابقًا، ولاحظ التشغيل، ثم سجل قراءة جهاز فحص الفولتية وجهاز فحص التيار، وقارن القراءات في الحالتين.

الشكل (1)

الشكل (2)



الشكل (3)

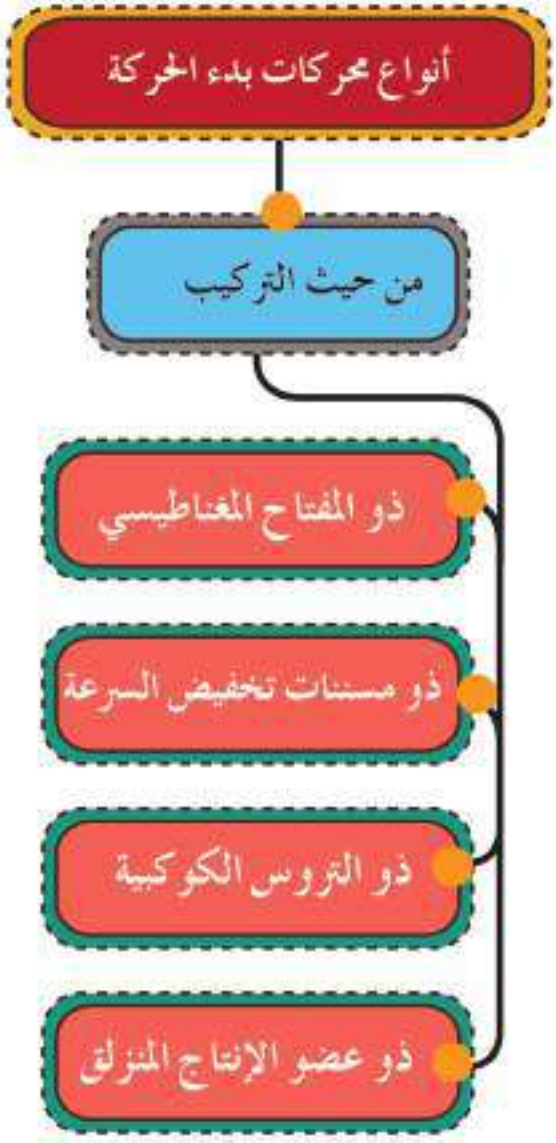
الأنشطة العملية

افحص عمل محرك بدء الحركة آخر على الطاولة (حمل، من دون حمل)، وافحص صفيحة التلامس في المفتاح المغناطيسي، وملف السحب.

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	توصيل الطرف الموجب للبطارية بطرف التوصيل على محرك بدء الحركة (50).			
2	توصيل الطرف الموجب للبطارية بطرف التوصيل على محرك بدء الحركة (50) الخاصة بملفات السحب وملفات التثبيت.			
3	توصيل الطرف السالب للبطارية بجسم محرك بدء الحركة.			
4	وضع وتد مطاطي أو خشبي أمام مسنن محرك بدء الحركة، ثم إعادة توصيل البطارية بمحرك بدء الحركة كما شرح سابقًا، ولاحظ التشغيل.			
5	توصيل أجهزة القياس بالدارة، وأخذ القياسات ومقارنتها في الحالتين (حمل، لاحمل).			


أنواع محركات بدء الحركة
من حيث التركيب
ذو المفتاح المغناطيسي
ذو مسننات تخفيض السرعة
ذو التروس الكوكبية
ذو عضو الإنتاج المنزلق

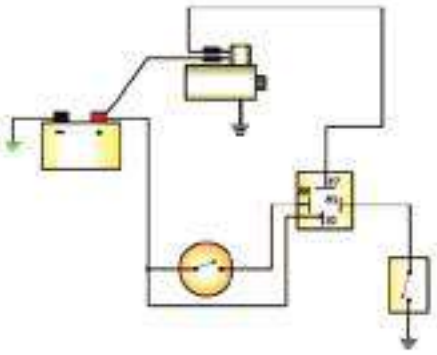
ثالثًا: الدارات الكهربائية الخاصة بأنظمة بدء الحركة

النتاجات

يتوقع منك بعد دراستك هذا الدرس أن:

- تتبع توصيلات أنظمة محركات بدء الحركة.
- ترسم الدارات الكهربائية الخاصة بأنظمة بدء الحركة.
- تحلل أعطال أنظمة بدء الحركة ومسبباتها وطرائق تصليحها.

انظر.. وتساءل



يُستعمل في الدارات الكهربائية لأنظمة بدء الحركة مفتاح أمان، هل تساءلت يومًا عن سبب منع محرك بدء الحركة من العمل إذا كانت عصا مُبدل السرعات على وضعية القيادة، أو الرجوع إلى الخلف؟ ماذا يحدث لو عَمِلَ محرك بدء الحركة وعصا مُبدل السرعات في وضعية القيادة (**D**)؟

استكشف

ابحث عَبْرَ محركات البحث (الإنترنت) عن أنواع مفاتيح الأمان المستعملة في أنظمة محركات بدء الحركة، واكتب تقريرًا عن ذلك، ثم شاركه مع زملائك، وناقش فيه مدرّبك.

عَبْرَ نشاط البحث، لابد أنك توصلت إلى أن مفتاح الأمان يُستعمل لحماية مُبدل السرعات ومحرك بدء الحركة من التلف في حال عَمِلَ محرك بدء الحركة وعصا مبدل السرعات في وضعية القيادة إلى الأمام ، أو الرجوع إلى الخلف.

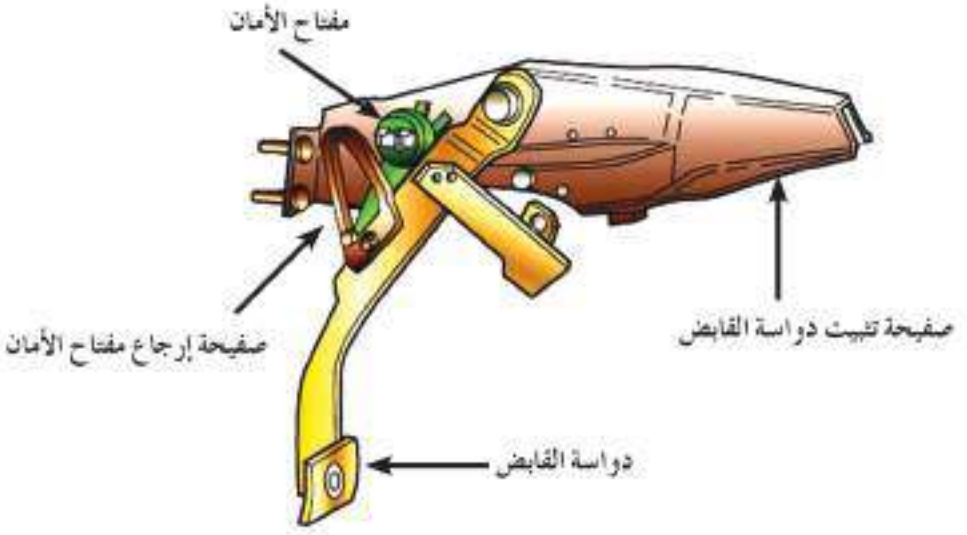
اقرأ.. وتعلم

الدارات الكهربائية الخاصة لأنظمة بدء الحركة

تتكون دارة بدء الحركة من: محرك بدء الحركة، والبطارية، ومفتاح التشغيل، والمرحل، والأسلاك والموصلات الكهربائية، ومفتاح الأمان الذي يؤكد عدم عمل نظام بدء الحركة في حال تعشيق محرك المركبة مع صندوق السرعات، حتى لا يؤدي إلى تلف في صندوق السرعات أو

محرك بدء الحركة. يمكن تصنيف الدارة الكهربائية لنظام بدء الحركة تبعًا لنوع صندوق السرعات المستعمل في المركبة، إلى نوعين، هما:

1 – الدارة الكهربائية لنظام بدء الحركة في المركبات ذات صندوق السرعات اليدوي: تستعمل عديد من المركبات المزودة بصندوق سرعات اليدوي، مفتاح أمان يسمى مفتاح التعشيق (Clutch Pedal Position)، يوضع على دواسة القابض، غالبًا ما تُشغّل مفتاح التعشيق عَبْر حركة دواسة القابض، عندما يُضغط على دواسة القابض نحو الأسفل، يُغلق المفتاح ويمكن أن يتدفق التيار عبر دائرة التشغيل لمحرك بدء الحركة، إذا تُركت دواسة القابض لأعلى، يصبح المفتاح مفتوحًا، ولا يمكن أن يتدفق التيار إلى دائرة محرك بدء الحركة، الشكل (5–25) يبين موقع مفتاح التعشيق في المركبة.



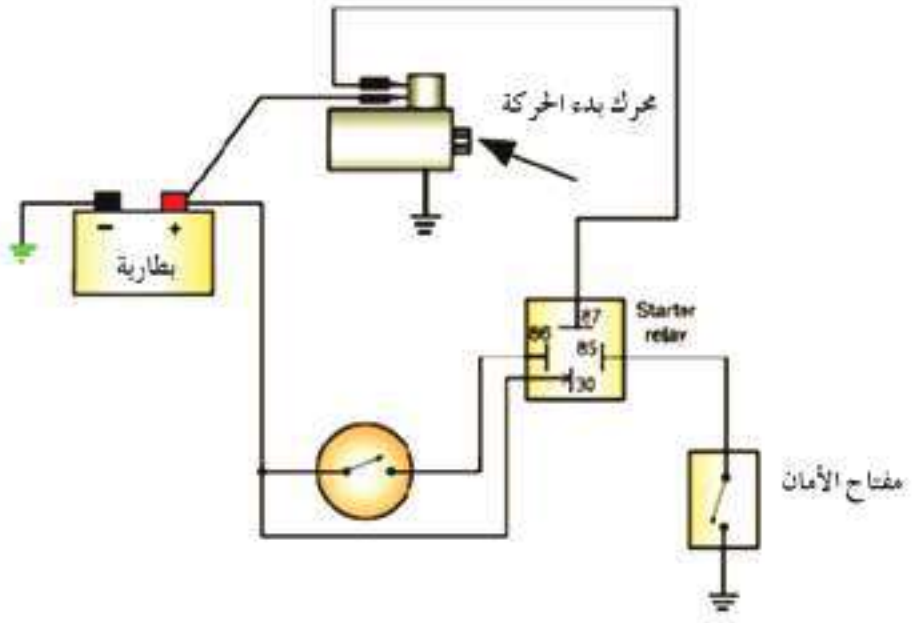
الشكل (5–25): مفتاح الأمان على دواسة القابض.

2 – الدارة الكهربائية لنظام بدء الحركة في المركبات ذات صندوق السرعات الآلي: يُستعمل مفتاح الأمان المحايد (neutral safety switch) في المركبات المزودة بنظام بصندوق سرعات أوتوماتيكي، يغلق دارة التحكم في بداية التشغيل عندما يكون ذراع تحويل

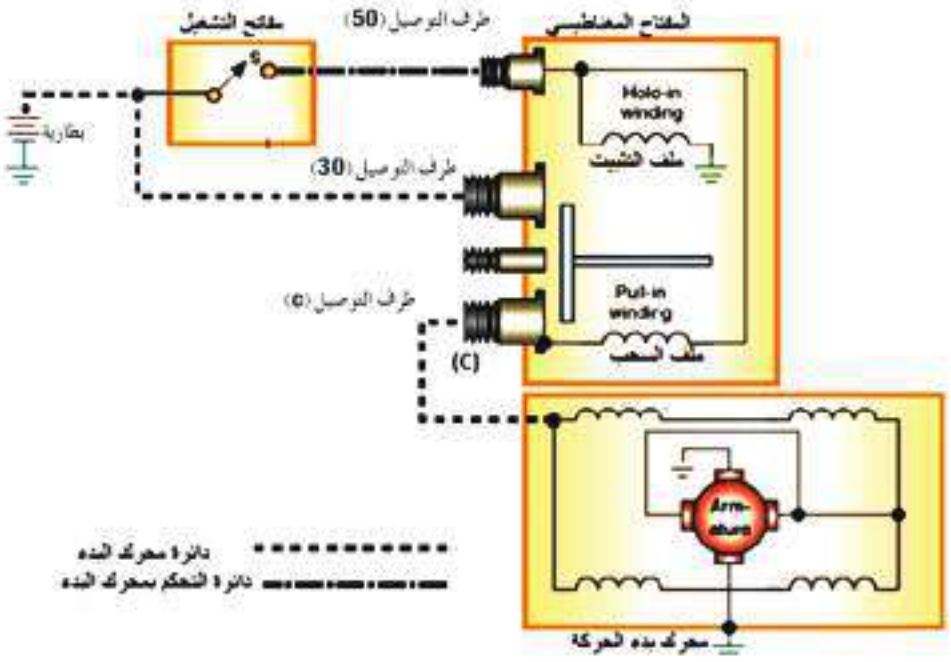
السرعات في وضع الوقوف (PARK) أو المحايد (NEUTRAL)، ما يسمح للتيار بالتدفق إلى دارة نظام بدء الحركة، ويفصل المفتاح دارة نظام بدء الحركة إذا كان ذراع تحويل السرعات على وضعية القيادة (D) أو الرجوع إلى الخلف (R). يعتمد الموقع الفعلي لمفتاح الأمان المحايد على نوع صندوق السرعات وموقع ذراع التحويل، تضع بعض الشركات المصنعة المفتاح داخل ناقل الحركة، يبين الشكل (5–26) مفتاح الأمان المحايد في المركبات المزودة بصندوق سرعات الآلي.

الشكل (5–26): مفتاح الأمان المحايد للمركبات المزودة بصندوق السرعات الآلي.

المخططات الكهربائية لأنظمة بدء الحركة

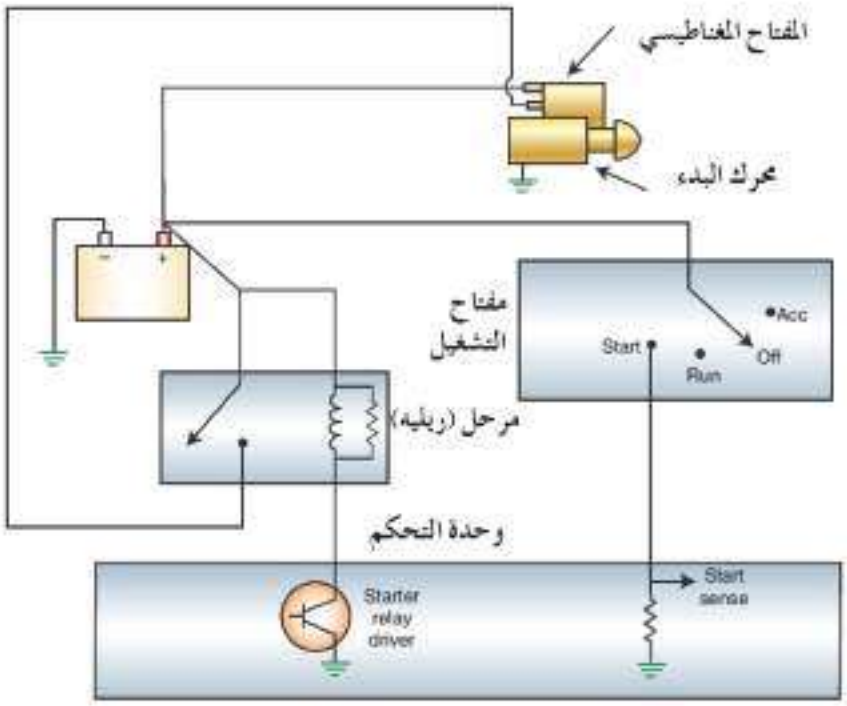


الشكل (5–27): مخطط دارة كهربائية لنظام بدء الحركة مع مفتاح أمان.



الشكل (5-28): المخطط الكهربائي لدارة نظام بدء الحركة مستعملاً محركًا ذا مفتاح مغناطيسي.

تستعمل المركبات الحديثة مرحلًا مع المفتاح المغناطيسي للتحكم في تشغيل محرك البدء. يمكن التحكم في (المرحل) بمفتاح الإشعال أو بوساطة وحدة التحكم في توليد القدرة (PCM).



الشكل (5-29): التحكم في تشغيل محرك البدء بوساطة وحدة التحكم في توليد القدرة (PCM).

تحليل أعطال أنظمة محركات بدء الحركة ومسبباتها وطرائق تصليحها

في ما يأتي الأمور الواجب مراعتها عند فحص نظام بدء الحركة:

- ضعف شحن البطارية، لا يوفر التيار الكافي لمحرك البدء لتوفير عزم دوران كاف لتدوير محرك الاحتراق الداخلي.
- الحرارة الزائدة، عند تشغيل محرك البدء أوقاتًا طويلة، ترتفع درجة حرارة الأجزاء الداخلية وخاصة الملفات، ما يؤدي إلى تلف الملفات، يجب ألا تزيد مدة تشغيل محرك البدء عن (30) ثانية، ثم يترك مدة زمنية وإعادة المحاولة مرة أخرى.
- الأوساخ والأتربة المترسبة على الوصلات، تسبب تآكل الوصلات نتيجة عدم ربطها جيدًا، ويؤثر ذلك في عمل محركات بدء الحركة، يجب التأكد من نظافة الوصلات الكهربائية والأسلاك، وإعادة التأكد من شد البراغي جيدًا.
- اهتزاز محرك البدء نتيجة عدم تثبيته مع جسم محرك الاحتراق الداخلي، يتلف الأجزاء الداخلية لمحرك البدء، يجب التأكد من شد البراغي باستمرار.
- عطب الفُرش الكربونية وتآكلها، يضعف توصيل التيار الكهربائي إلى ملفات محرك البدء.
- ضعف نوابض الفُرش الكربونية يضعف التلامس بين الفُرش الكربونية والموحد.
- عطب محامل عمود عضو الإنتاج وتآكلها، يصعّب دوران عمود عضو الإنتاج.
- إن وجود قطع أو ضعف اتصال في ملفات السحب والتثبيت يمنع تشغيل المفتاح المغناطيسي.
- عطب صفيحة الاتصال في المفتاح المغناطيسي وتآكلها، يفشل توصيل البطارية بملفات محرك البدء، ويعطل القدرة على الدوران.
- اهتراء نحاسات التوصيل الداخلية لمفتاح التشغيل لا يوصل التيار إلى المفتاح المغناطيسي، ويعطل عمل النظام.
- اهتراء نقاط الاتصال لمفتاح الأمان لا يشغل المفتاح المغناطيسي.

الجدول (5–1) يُبيِّن أكثر الأعطال شيوعًا في محركات بدء الحركة والأسباب المحتملة لها وطرائق تصليحها.

جدول (5–1) أعطال محركات بدء الحركة، أسبابها، وطرائق تصليحها.

العطل	الأسباب المحتملة للعطل	التصليحات
المحرك لا يدور.	– تلف البطارية. – عطل المصهر. – ارتخاء التوصيلات. – عطل مفتاح التشغيل. – عطل المفتاح المغناطيسي.	– تفقد حالة شحن البطارية، واستبداله إذا لزم الأمر. – غيّر المصهر. – نظف التوصيلات ثم أعد شدها. – تأكد من عمل مفتاح التشغيل وغيّره إذا لزم الأمر. – غيّر المفتاح المغناطيسي.
المحرك يدور ببطء.	– ضعف البطارية. – ارتخاء في التوصيلات أو تلفها. – عطل محرك بدء الحركة. – عطل ميكانيكي في محرك الاحتراق أو محرك البدء.	– تفقد البطارية وأعد الشحن. – تأكد من إعادة شد التوصيلات. – افحص عمل محرك بدء الحركة وأجرِ عمليات الصيانة اللازمة. – استبدل القطع التالفة وأجر عمليات الصيانة اللازمة.
محرك البدء مستمر بالدوران.	– تلف القابض (مجموعة التعشيق). – عطل الكباس في المفتاح المغناطيسي. – عطل في مفتاح التشغيل أو دائرة التحكم.	– افحص ثم غيّر إذا لزم الأمر. – افحص ثم غيّر إذا لزم الأمر. – افحص المفتاح وتأكد من عمل الدائرة.
يدور محرك البدء، ولكن محرك الاحتراق لا يدور.	– عطل القابض (مجموعة التعشيق). – عطل مسنن محرك البدء أو مسنن الحذافة.	– غيّر القابض. – غيّر مسنن محرك البدء أو مسنن الحذافة.
مسنن محرك البدء لا يعشق ولا يفصل فصلًا صحيحًا.	– عطل المفتاح المغناطيسي. – عطل مسنن محرك البدء أو مسنن الحذافة.	– افحص ثم غيّر المفتاح المغناطيسي إذا لزم الأمر. – غيّر المسننات.

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- توصل الدارة الكهربائية لنظام بدء الحركة.

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- التزام تعليمات السلامة والصحة المهنية وارتداء ملابس العمل المناسبة والعازلة للتيار الكهربائي.
- ارتداء القفافيز العازلة عند العمل بالدارات الكهربائية.
- استعمال العُدَد والأدوات المناسبة للعمل.
- فصل القطب السالب للبطارية، قبل فَكّ الأجزاء الكهربائية من المركبة ونزعها.
- توخي الحذر عند العمل مع الدارات الكهربائية.
- التأكد من صلاحية أجهزة الفحص قبل استعمالها.
- تأمين وقوف المركبة بالصورة الصحيحة.
- وضع طفايات الحريق المناسبة في مكان قريب من طاولة العمل.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
1 – محرك بدء الحركة	1 – أسلاك ذوات أقطار متنوعة
2 – بطارية (بطارية)	2 – طرفيات (رأسيات) أسلاك
3 – مفتاح تشغيل	
4 – مرحل	
5 – قاطع تيار (فيوز)	
6 – صندوق عُدَد يدوية	

خطوات الأداء

1 – أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.

2 – أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.

3 – ثبّت عناصر دارات نظام بدء الحركة على طاولة العمل.

2 – اقطع الأسلاك بالطول المناسب.

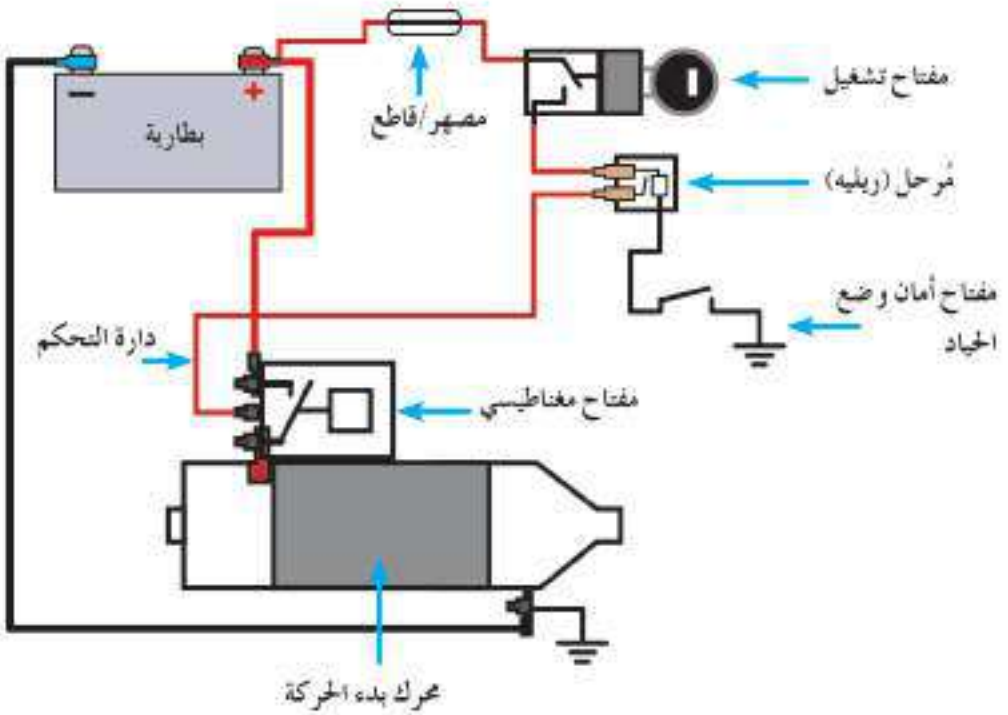
3 – عرّ الأسلاك من أطرافها.

4 – ركب رأسيات نحاسية مناسبة على أطراف الأسلاك.

5 – صل محرك البدء والبطارية والأجزاء الأخرى، كما هو مبين في الشكل الآتي، مراعيًا قُطْر السلك الواصل بين البطارية ومحرك البدء على أن يكون سميكًا وذلك لمرور تيار عالٍ عَبْره.

6 – شغّل الدارة وتأكد من عملها.

الرسم التوضيحي



الأنشطة العملية

توصيل الدارة الكهربائية لنظام بدء الحركة مستعملًا محركًا ذا عضو دوار منزلق.

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	تثبيت عناصر دارة نظام بدء الحركة على طاولة العمل.			
2	قَطْع الأسلاك بالطول المناسب.			
3	تعرية الأسلاك من أطرافها.			
4	تركيب طرفيات (رأسيات) نحاسية مناسبة على أطراف الأسلاك.			
5	وَصْل محرك البدء والبطارية والأجزاء الأخرى، مراعيًا قطر السلك الواصل بين البطارية ومحرك البدء.			
6	التأكد من تشغيل محرك بدء الحركة ودورانه.			

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- تجري صيانة لمحركات بدء الحركة.

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- التزام تعليمات السلامة والصحة المهنية وارتداء ملابس العمل المناسبة والعازلة للتيار الكهربائي.
- ارتداء القفافيز العازلة عند العمل بالدارات الكهربائية.
- استعمال العُدَد والأدوات المناسبة للعمل.
- فصل القطب السالب للبطارية، قبل فَكّ الأجزاء الكهربائية من المركبة ونزعها.
- توخي الحذر عند العمل مع الدارات الكهربائية.
- التأكد من صلاحية أجهزة الفحص قبل استعمالها.
- تأمين وقوف المركبة بالصورة الصحيحة.
- وضع طفايات الحريق المناسبة في مكان قريب من طاولة العمل.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	
1 – محرك بدء الحركة	– مواد تنظيف
2 – صندوق عُدَد يدوية	
3 – جهاز القياس المُتعدّد (أفوميتر)	
4 – قطع غيار متنوعة (فرش كربونية، بوكسات جرافيت، مجموعة التعشيق، مفتاح مغناطيسي)	

خطوات الأداء

1 –أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.

2 –أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.

3 – ضع محرك بدء الحركة على طاولة العمل.

4 – نظف محرك بدء الحركة من الخارج.

5 – ثبت محرك بدء الحركة على الملزمة.

6 – صِل محرك بدء الحركة بالبطارية وتأكد من عمله، وعمل المفتاح المغناطيسي على طاولة العمل.

7 – فُكّ أجزاء محرك البدء كما تعلمت سابقًا وضعها على طاولة العمل كما هو مبين في الشكل (1).

8 – افحص توصيل ملفات المجال.

9 – افحص عضو الإنتاج بالنظر انظر إلى الشكل (2).

10 – نظف الموحد بورق صنفرة ناعم كما في الشكل (3).

11 – نظف المجاري الطولية للموحد كما هو مبين في الشكل (4).

الرسم التوضيحي

الشكل (1)

الشكل (2)

الشكل (3)

الشكل (4)

خطوات الأداء

12 –افحص العازلية بين نقاط الموحد وجسم عضو الإنتاج، ثم تأكد من وجود توصيل نقاط الموحد بملفات عضو الإنتاج بوساطة جهاز الأفوميتر بعد وضعه على تدريج المقاومة. انظر الشكل (5)

13 – افحص عازلية الفُرش الكربونية الموجبة، انظر الشكل (6).

14 – افحص الفُرش الكربونية السالبة والموجبة من التآكل، غيّرها إذا لزم الأمر كما هو مبين في الشكل (6).

15 – افحص نوابض (زنبركات) الفُرش الكربونية.

16 – افحص محامل عمود عضو الإنتاج، غيّرها إذا لزم الأمر، مراعيًا تزييت المحامل قبل التركيب. كما هو مبين في الشكل (7) بوساطة العُدَد الخاصة.

17 – تأكد من جودة لحام الفُرش الكربونية مع ملفات المجال عند استبدالها إذا لزم الأمر.

18 – أعد تجميع أجزاء محرك بدء الحركة.

19 – ثبت محرك بدء الحركة على الملزمة.

20 – افحص عمل محرك بدء الحركة.

الرسم التوضيحي

الشكل (5)

الشكل (6)

الشكل (7)

الشكل (8)

الأنشطة العملية

أجرِ الصيانة لمحرك بدء الحركة من نوع آخر بإشراف المدرب.

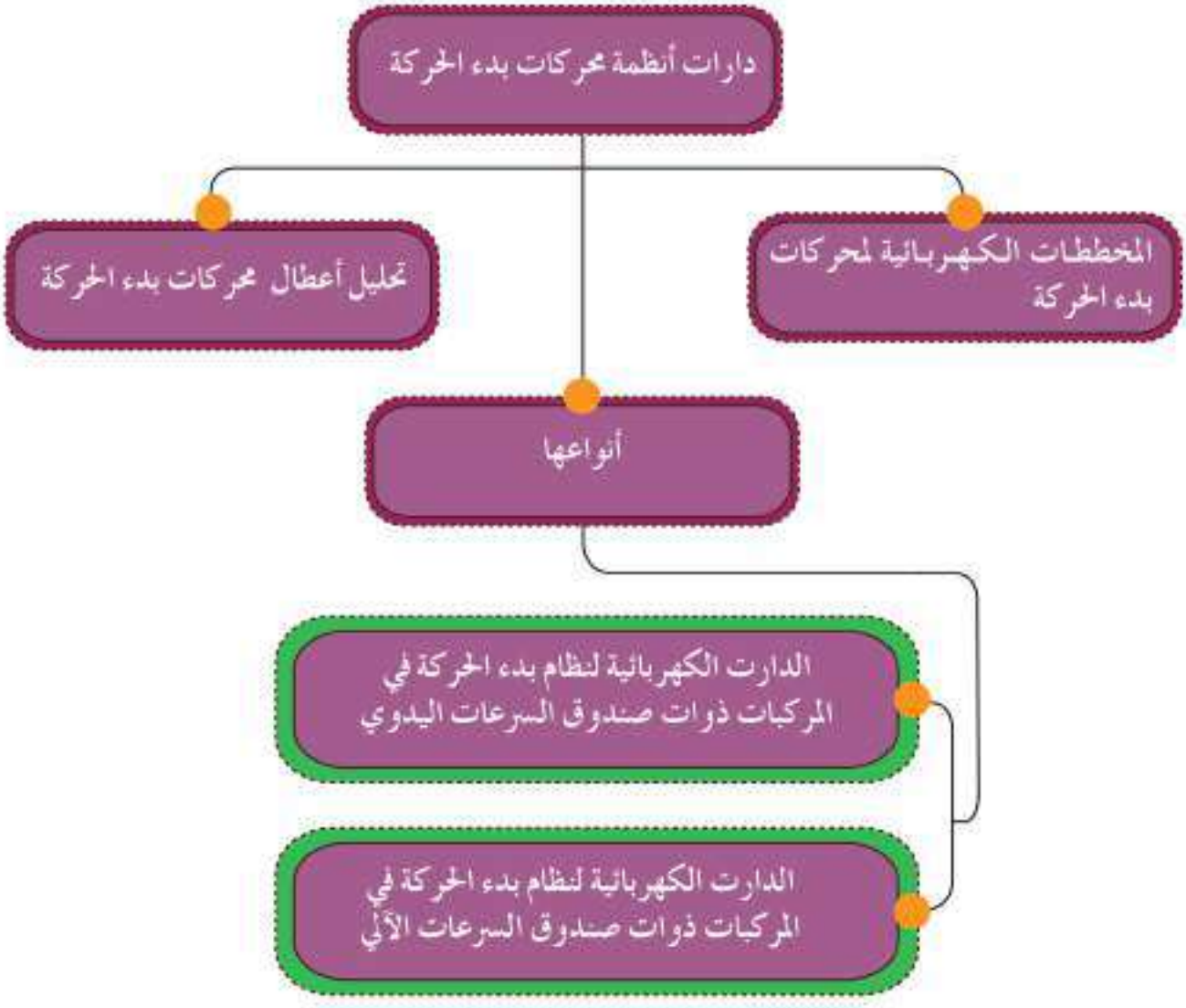
التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	فَكّ أجزاء محرك بدء الحركة ووضعها على طاولة العمل.			
2	فحص أجزاء محرك بدء الحركة والتأكد من صلاحيتها.			
3	إجراء أعمال الصيانة اللازمة للقطع المعطلة وتغيير التالف منها.			
4	إعادة تجميع أجزاء محرك بدء الحركة والتأكد من عمله.			

تحت إشراف المعلم، قم بزيارة إلى إحدى شركات صيانة المركبات القريبة من مدرستك وتعرّف على أنواع محركات بدء الحركة وكيفية فحصها وصيانتها، وما الأجهزة الحديثة المستخدمة في ذلك.
اكتب تقريرًا مفصلًا عن ذلك وناقشه مع زملائك.

الخريطة المفاهيمية



أسئلة الدرس النظرية

1- ما أهمية محركات بدء الحركة المستعملة في المركبات؟

2- عدد أهم أنواع محركات بدء الحركة المستعملة في المركبات.

3- عدد أجزاء محرك بدء الحركة ذي المفتاح المغناطيسي.

4- ما وظيفة ملفات السحب وملفات التثبيت الكهربائية في المفتاح المغناطيسي؟

5- ارسم الدائرة الكهربائية لملفات السحب وملفات التثبيت في المفتاح المغناطيسي.

6- كيف توصل ملفات المجال بملفات عضو الإنتاج ؟

7- ما وظيفة الفُرش الكربونية ؟ اذكر أنواعها.

8- ارسم الدائرة الكهربائية للتوصيلات بين أجزاء محرك بدء الحركة ذي المفتاح المغناطيسي.

9- اشرح مبدأ عمل المفتاح المغناطيسي.

10- اشرح مبدأ عمل محرك بدء الحركة في أثناء التشغيل.

11- كيف يُفحص عمل محرك بدء الحركة على طاولة العمل ؟

12- ما أهم أعطال محركات بدء الحركة ؟

13- ما العوامل المؤثرة في عمل محرك بدء الحركة ؟

14- ما الأسباب التي تفشل محرك البدء عند الانطلاق ؟

15- عدد أجزاء محرك بدء الحركة ذي مسننات التخفيض.

16- اشرح مبدأ عمل محرك بدء الحركة ذي مسننات التخفيض.

17- اشرح كيفية تخفيض السرعة في محرك البدء ذي المسننات الكوكبية.

18- اشرح عمل محرك بدء الحركة ذي عضو الإنتاج المنزلق.

19- اشرح الدارة الكهربائية لنظام بدء الحركة في المركبات ذوات صندوق السرعات الآلي.

20- ما وظيفة مفتاح الأمان في نظام بدء الحركة ؟

6 الوحدة السادسة

أنظمة التوليد والشحن

المحاور الفرعية:

أولًا: أنواع المولدات.

ثانيًا: أجزاء المولدات.

ثالثًا: طرائق فحص المولدات وصيانتها.

النتاجات

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يميّز أنواع المولّدات (AC/DC).
- يتعرّف أجزاء المولّد، وخصائصه، ومبدأ عمله.
- يتعرّف أنواع منظمات الشحن واستعمالاتها.
- يتعرف أطراف المولدات، ويتتبع توصيلاتها.
- يتعرف المصطلحات والرموز الخاصة بالدارات الكهربائية لأنظمة التوليد والشحن.
- يرسم الدارات الكهربائية الخاصة بأنظمة التوليد والشحن.
- يحلل أعطال المولّدات ومسبباتها، ويبين طرائق تصليحها.
- يستعمل تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في استقصاء المعرفة.

الأنشطة والتمارين

يتوقع من الطالب بعد إنهاء تمارين الوحدة أن:

- يحدّد مواقع عناصر الدارة الكهربائية لنظام التوليد والشحن وتوصيلاتها.
- ينزع المولّد عن المحرك، ويعيد تركيبه.
- يفك المولّد إلى أجزائه، ثم يجمّعها.
- يفحص أجزاء المولّد، ويحدد التالف منها.
- يوصل دارات التوليد والشحن كلها.
- يجري أعمال الصيانة، ويستبدل القطع التالفة.
- يفحص شحن المولّد في المركبة على طاولة العمل.
- يشخص أعطال المولدات، ويصلحها.
- يستعمل جهاز قراءة البيانات الفنية للمركبة، ويقارن النتائج مع (Auto data).

أولا: أنواع المولّدات (AC/DC)

النتاجات

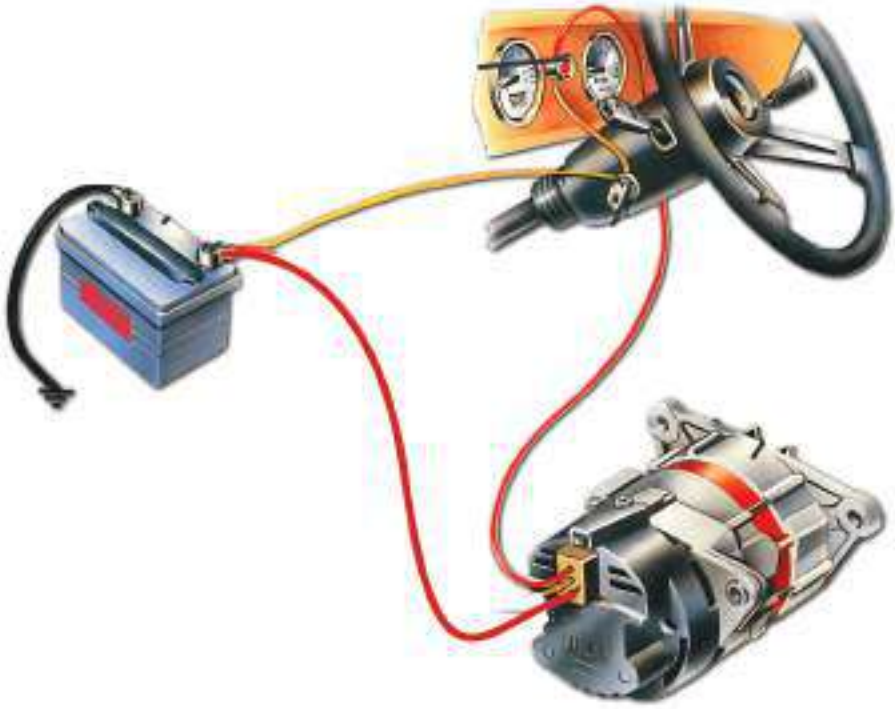
يُتوقع منك بعد دراستك هذا الدرس أن:

- تتعرف أنواع المولّدات (AC/DC).
- تتعرف أجزاء المولدات.
- تتعرف مبدأ عمل المولد.

بعد تشغيل المركبة بوساطة البطارية ونظام التشغيل، يجب علينا إعادة البطارية إلى حالة الشحن الكامل، استعدادًا لبدء التشغيل التالي. بالإضافة إلى ذلك، يجب أن يتوافر المصدر الكهربائي؛ ليغذي الأنظمة التي تحتاج إلى الطاقة الكهربائية في المركبة. هاتان الوظيفتان: إبقاء البطارية مشحونة كلها وتزويد التيار للحفاظ على تشغيل المركبة، هما مهمتا نظام التوليد والشحن.

الغرض من نظام الشحن، تحويل الحركة الميكانيكية للمحرك إلى طاقة كهربائية؛ لإعادة شحن البطارية وتشغيل المركبة. يعتمد نظام التوليد على مبدأ فاراداي، إنتاج الجهد الكهربائي في حالة حدوث حركة بين الموصل، والمجال المغناطيسي، يقطع الموصل خطوط المجال المغناطيسي، ويعتمد مقدار الجهد الناتج على: سرعة الموصل، والزاوية بين الموصل، وخطوط المجال المغناطيسي، وكثافة خطوط المجال المغناطيسي.

في هذه الوحدة، سندرس نظام التوليد والشحن بالتفصيل، وكيفية تركيبه والأجزاء المكونة له، وأنواع المولدات المستعملة في نظام التوليد في المركبة، وآلية توليد التيار الكهربائي.



الشكل(6-1): مكونات دارة التوليد والشحن.

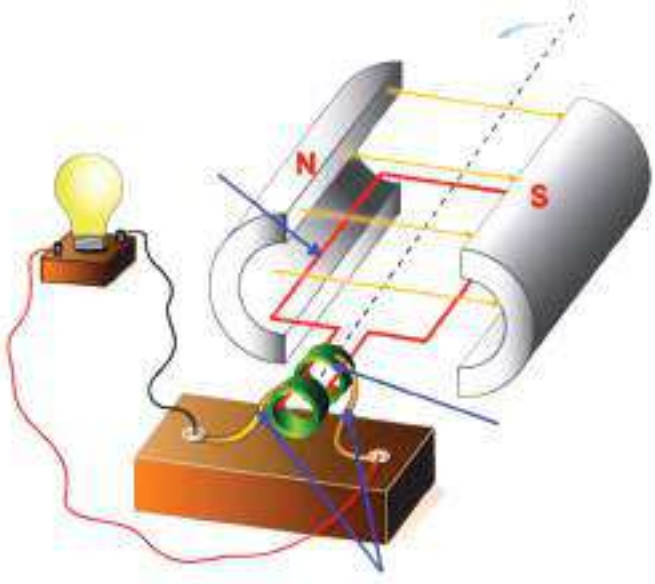
هل تساءلت يومًا عن سبب مرور تيار خلال دارة كهربائية (أسلاك ومصباح) عند وصلها بملف متحرك بين قطبي مغناطيس؟ ماذا تتوقع أن يحدث لو توقف الملف عن الحركة؟

هل سيستمر التيار بالمرور خلال الدارة الكهربائية؟ ولماذا؟

هَبْ أن سرعة دوران الملف ازدادت، هل ستتغير قيمة التيار الكهربائي؟ لماذا؟

نفّذ هذه التجربة بإشراف المعلم

لابد أنك لاحظت أن سبب مرور التيار هو قطع خطوط المجال المغناطيسي، ما أدى إلى تكوّن تيار كهربائي، ثم إضاءة المصباح. يعتمد توليد التيار الكهربائي بهذه الطريقة على قطع خطوط المجال من قبل حركة الموصل ضمن هذه الخطوط، ما يؤدي إلى توليد تيار كهربائي في الموصل، حيث تعتمد قيمة الجهد الكهربائي الناتج على قوة المجال المغناطيسي وسرعة الحركة، انظر إلى الشكل (6-2).



الشكل(6-2):مبدأ عمل المولد.

استكشف

يُعدّ نظام التوليد والشحن في المركبة من أهم الأنظمة الرئيسة لعمل المركبة، ويحتوي هذا النظام جزءًا يسمى المولّد. هَبْ أن مركبتك تستعمل مولّد التيار المتناوب. هل يمكنك أن تستبدل بهذا المولّد نوعًا آخر من مولّدات التيار المستمر لتوليد الكهرباء عند القدرة نفسها؟

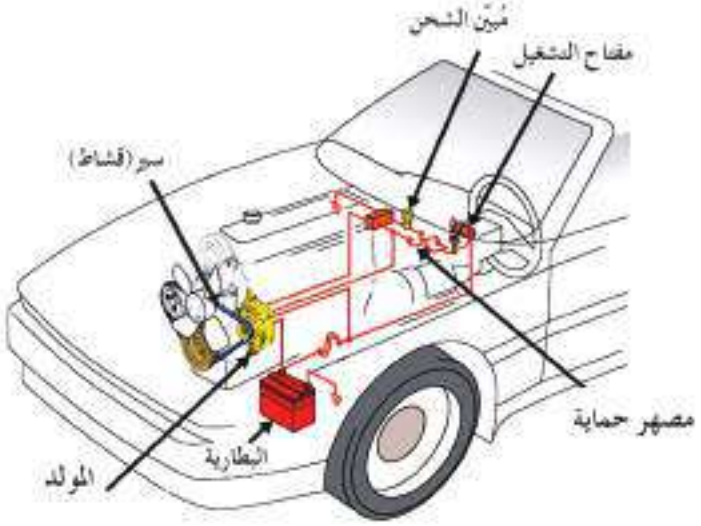
ما التغيير المتوقع على أداء المركبة؟

هل هناك فرق بين النوعين المذكورين من المولّدات؟

هل حدث أي تغيير في نظام التوليد والشحن من حيث التركيب والأجزاء؟

لعلك لاحظت بعد البحث والمقارنة بين هذه الأنواع من المولّدات أنه يمكن استعمال مولّد التيار المستمر في المركبات التي تستعمل مولّدات التيار المتناوب، إلّا أنه لا يفضل استعمال مولّد التيار المستمر لأسباب عدة، أهمها حاجة مولّدات التيار المستمر إلى صيانة بصورة دائمة ومتكررة، فسر ذلك. مضيفًا أسبابًا أخرى. سيُوضح الفرق بين مولدات التيار المتناوب، ومولدات التيار المستمر لاحقًا خلال هذه الوحدة.

اقرأ.. وتعلم



الشكل (6-3): مكونات نظام التوليد والشحن وأماكن وجودها في المركبة.

مكونات نظام التوليد والشحن

يحتوي نظام التوليد والشحن مجموعة من العناصر التي تزود المركبة بالتيار الكهربائي اللازم لضمان سير بقية الأنظمة الكهربائية الموجودة في المركبة كما يجب.

1 - **البطارية (Battery)**: يُعدّ البطارية المصدر الرئيس للطاقة الكهربائية في المركبة، حيث يحول الطاقة الكيميائية إلى كهربائية في أثناء عملية التفريغ، ويحول الطاقة الكهربائية إلى كيميائية في أثناء عملية الشحن. انظر إلى الشكل (6-3) حيث يوضح موقع البطارية في دارة التوليد والشحن.

2 - **مفتاح التشغيل (Ignition Switch)**: يسمى أيضًا مفتاح الإشعال، عند إغلاقه يوصل التيار إلى الأحمال ونظام الإشعال في المركبة. انظر إلى الشكل (6-3) حيث يوضح موقع مفتاح التشغيل في دارة التوليد والشحن في المركبة.

3 - **مؤشر حالة الشحن (Charge indicator light)**: مصباح يضيء عند بدء التشغيل لبيان حالة شحن المولّد، وكذلك يوضح وجود عطل في نظام التوليد إذا أضاء في أثناء عمل المحرك في المركبة، حيث يفترض به أن ينطفئ بعد بدء عمل محرك المركبة.

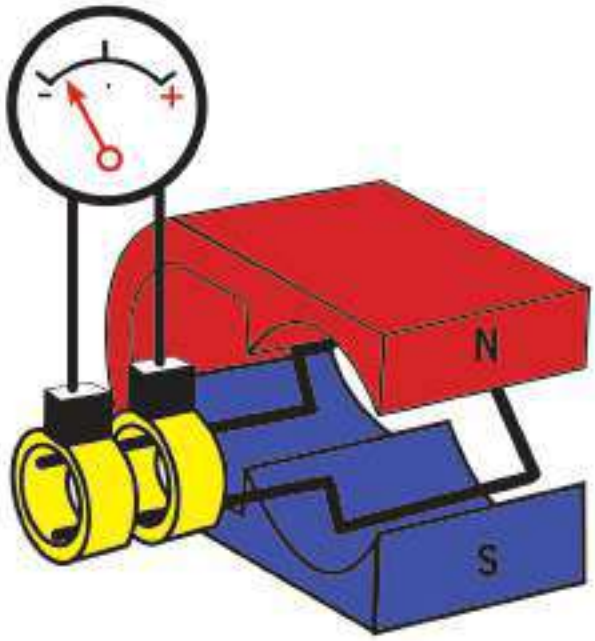
4 - **المولّد (Alternator)**: هو العنصر الذي يشحن البطارية في أثناء عمل محرك المركبة. انظر إلى الشكل (5-3) حيث يوضح موقع المولد في دارة التوليد والشحن.

5 - **منظم الجهد (Voltage regulator)**: هو العنصر الذي ينظّم عملية شحن البطارية، وذلك عَبْر تنظيم فولتية المولّد.

6 - **الوصلات والأسلاك للدارة الكهربائية (Cable)**: هي الأسلاك والوصلات التي تربط بين الأجزاء المكونة نظام التوليد والشحن.

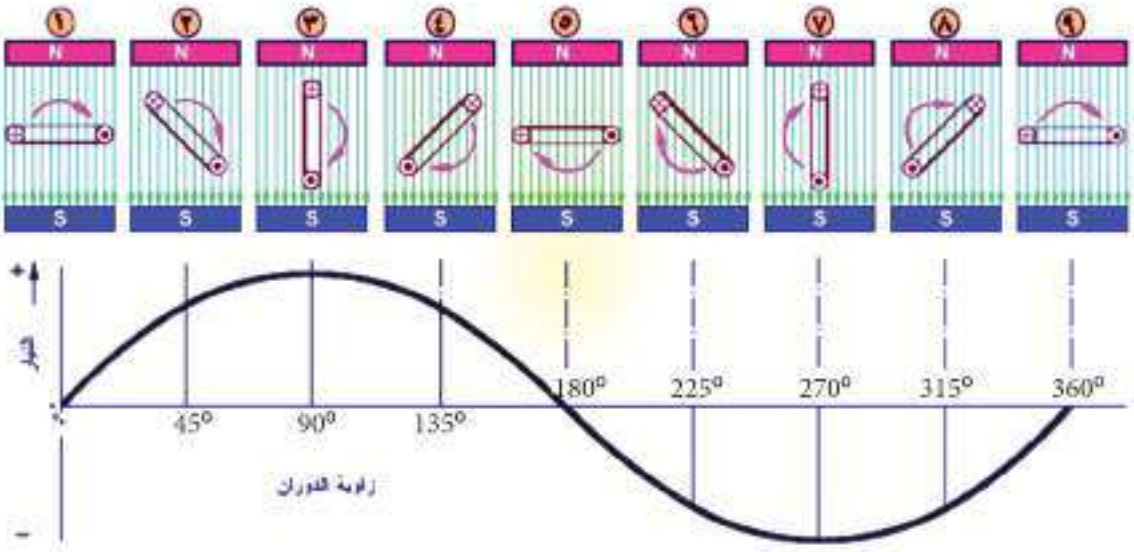
مبدأ عمل نظام التوليد والشحن

يقوم أساسًا على مبدأ فاراداي، الذي ينص على توليد قوة دافعة كهربائية، عند قطع موصل لخطوط المجال المغناطيسي، انظر إلى الشكل (6–4) الذي يوضح وجود موصل ضمن مجال مغناطيسي تم توصيل أطراف الموصل بحلقتين معدنيتين، تُصنعان غالبًا من النحاس الموصل للتيار الكهربائي، حيث يتصل كل من تلك الحلقات بفُرشاة كربونية موصولة بجهاز فولتميتر تماثلي. لو طُبّقت هذه التوصيلة على أرض الواقع، لرأينا حركة مؤشر الفولتميتر بالاتجاهين من اليمين إلى الشمال والعكس، وهذا دليل على أن التيار المتولد هو تيار متناوب.



الشكل (6–4): مبدأ فاراداي لتوليد التيار الكهربائي.

يوضح الشكل (6-5) التيار الناتج حسب زوايا دوران الموصل خلال خطوط المجال المغناطيسي.



الشكل (6-5): التيار الناتج، وزوايا الدوران للموصل ضمن مجال مغناطيسي.

نلاحظ من الشكل (6-5)، التيار الناتج حسب زوايا دوران الموصل، حيث يتغير مقدار التيار الناتج بتغير موقع الموصل خلال المجال المغناطيسي، و يتغير مقدار الزوايا المحصورة بين خطوط المجال والعمود على سطح الموصل.

نلاحظ أن القيمة العظمى التي يصل إليها التيار تكون عند الزاوية (90) بين العمود على سطح الموصل وخطوط المجال، كذلك عند الزاوية (270) يصل التيار إلى قيمة العظمى لكن بعكس إشارته؛ وذلك بسبب قطع أكبر عدد من خطوط المجال المغناطيسي في هذه الحالة، في حين يكون مقدار التيار أقل ما يمكن عند الزاوية (180)، أي صفر بين خطوط المجال والموصل، وكذلك في حال كانت الزاوية (360)، حيث لا يكون هناك قطع لخطوط المجال المغناطيسي.

بناءً على ما سبق توضيحه، وكيفية إنتاج تيار كهربائي، يقوم مبدأ عمل المولد في المركبة على مبدأ فاراداي، ولكن بوساطة تقنيات حديثة تنظم عمل نظام التوليد والشحن في المركبة، حيث يبدأ عمل نظام التوليد والشحن في المركبة عند فتح مفتاح الإشعال، ينتقل التيار الكهربائي من البطارية إلى مصباح بيان الشحن فيضيء للدلالة على عدم الشحن للبطارية، ثم ينتقل عبر منظم

الشحن، ثم إلى العضو الدوار في المولّد حتى يصل إلى الخط السالب، لكن عند تشغيل محرك المركبة، يدور المولد مسببًا توليد تيار في العضو الساكن، نتيجة لحركة العضو الدوار ضمن خطوط المجال المغناطيسي، وينتقل هذا التيار عَبْر مقومات الموجة، حيث يُحول هذا التيار من تيار متناوب إلى تيار مستمر، ثم إلى منظمات الجهد ليصل إلى البطارية لتتم عملية الشحن، ونتيجة لذلك تصبح الفولتية على طرفي مصباح بيان الشحن مساوية للصفر؛ وانطفاء مصباح بيان الشحن دليل على بدء عملية شحن البطارية. بعد مدة وجيزة يُشحن البطارية وتبدأ منظمات الشحن بتنظيم عملية شحن البطارية، حسب وضع المركبة التشغيلي وسرعتها.

أنواع المولدات

يُعدّ المولّد من أهم العناصر المكونة نظام التوليد والشحن. وتُصنّف المولّدات من حيث نوع التيار الناتج إلى مولدات تيار مستمر ومولّدات تيار متناوب. سيُخصص الحديث عن مولّدات التيار المتناوب، حيث تُعدّ النوع الأكثر استعمالًا في المركبات في الوقت الحاضر.

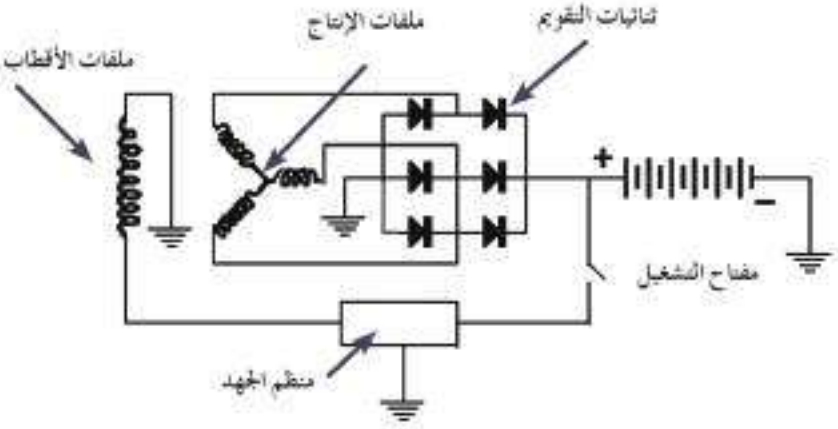
1 -**مولدات التيار المستمر**: استعملت مولدات التيار المستمر سابقًا في أنظمة التوليد وشحن المركبات، لتوليد الطاقة الكهربائية والقيام بدور مولدات التيار المتناوب الحالية نفسها، لتزويد المركبة بالطاقة الكهربائية اللازمة لضمان عمل المركبة بالصورة المناسبة، واستعمل في هذا النوع من مولدات التيار المستمر مبدأ ميكانيكي بحت يسمى (العاكس الكهربائي أو عضو التوحيد)، حيث يُعكس القطب السالب والقطب الموجب. عندما يغير التيار اتجاهه بسبب قطبية المجال المغناطيسي. كذلك استعملت المنظمات الكهرومغناطيسية لتنظيم الجهد، وللتحكم في عملية شحن البطارية وتفادي الشحن المفرط للبطارية.

نظرًا لوجود العناصر الميكانيكية بكثرة وكثرة أعطالها في مولدات التيار المستمر، أصبحت هذه التقنية غير مستعملة حاليًا في أنظمة التوليد والشحن في المركبات، وغيّرت حديثًا إلى مولدات التيار المتناوب؛ لارتفاع مستوى أدائها.

2 -**مولّدات التيار المتناوب**: يعد نظام التغذية أو التزويد للمولد واحدًا من أهم الأمور التي تضمن عمل المولد بالصورة المناسبة. إن الجهد المتولد في ملفات المنتج هو المسؤول عن توليد المجال

المغناطيسي في المولد. يمكن تزويد هذا المولد بجهد بصورة منفصلة، أو يمكن إنتاجه من المغناطيسية المتبقية في قلب الأقطاب، وتسمى هذه الآلية نظام التغذية أو التزويد، وتُصّنف المولدات بناءً على نظام التغذية إلى صنفين: نظام التغذية المنفصل، ونظام التغذية الذاتية.

أ- **مولّد ذو التغذية المنفصلة (Separately Excited Alternator)**: في هذا النوع من المولدات يُزود المولد بجهد من مصدر خارجي، حتى يبدأ المولد بالعمل والوصول إلى الجهد الكهربائي المناسب، لشحن البطارية في المركبة وبدء عمل نظام التوليد والشحن بالصورة المطلوبة، وهذه المولدات لا تحتوي ثنائيات تغذية. انظر إلى الشكل (6-6).



الشكل (6-6): مخطط مولد تيار متردد ذي تغذية منفصلة.

ب- **مولّد التيار المتناوب ذو التغذية الذاتية (Self-Excited Alternator)**: يعتمد هذا المولّد على المغناطيسية المتبقية في قلب الأقطاب؛ للإسهام في بدء عمل المولد بالصورة المناسبة وذلك عَبْر توليد فولتية معتمدة على المغناطيسية المتبقية في قلوب الأقطاب، ونتيجة للفولتية القليلة المتولدة، يمر تيار في ملف الأقطاب، ما يؤدي إلى زيادة قيمة الفولتية فيعمل المولد على إنتاج الفولتية في ملف الإنتاج وبدء عمل نظام التوليد والشحن، لذلك سمي المولّد ذا التغذية الذاتية، لأنه لا يعتمد على مصدر خارجي لتزويده بالفولتية اللازمة لبدء العمل.

تصنيف مولدات التغذية الذاتية

تُصنّف مولدات التيار المتناوب ذوات التغذية الذاتية بناءً على تركيب العضو الدوار إلى ثلاثة تصنيفات:

1 -**مولّد القطب المشطور وحلقتا الانزلاق:** سمي هذا النوع مولد القطب المشطور؛ بسبب طريقة تصنيع العضو الدوار، حيث يتكون العضو الدوار من قطبين مفصولين عن بعضهما إلّا أنهما متداخلان، و يحتوي هذا النوع حلقتي الانزلاق اللتين تتصلان بالفُرش الكربونية. انظر الشكل (6-7).

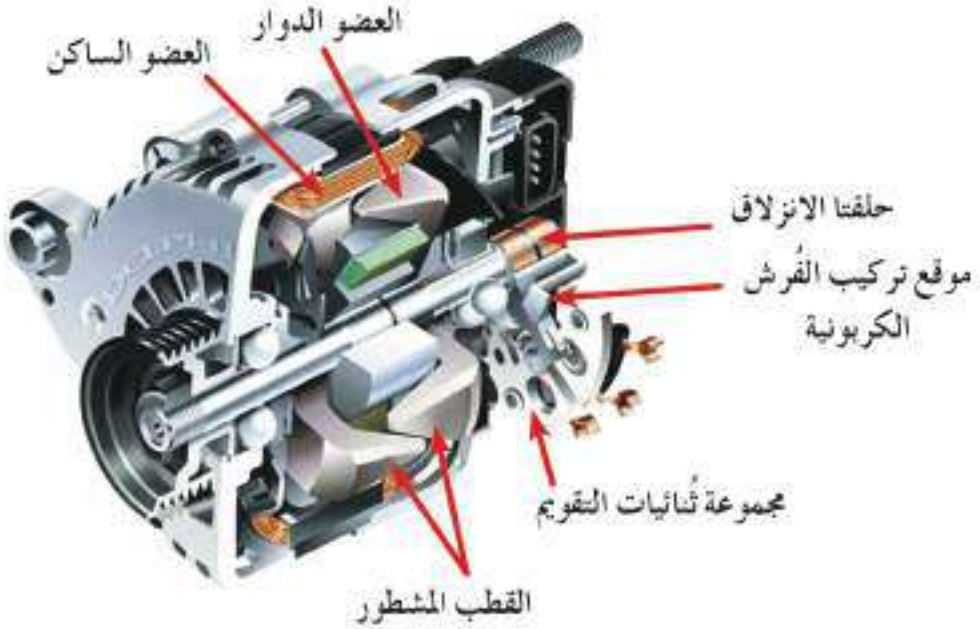
الشكل(6-7): مولد تيار متناوب ذو قطب مشطور.

2 -**مولّد القطب المفرد وحلقتا الانزلاق:** يُصنع هذا النوع من المولدات بعضو دوار قطب واحد يحتوي (6) ملفات أقطاب منفصلة، ويحتوي هذا النوع حلقتي انزلاق تتصلان بالفُرش الكربونية.

3 -**مولّد القطب المشطور والمغذي:** في هذا النوع من المولدات، لا توجد حلقتا الانزلاق، حيث تستعمل ثلاث مجموعات من الملفات الثلاثية الطور الموجودة مع العضو الدوار، وملف مركب مع العضو الساكن، لتحل محل حلقتي الانزلاق، ويتميز هذا النوع من المولدات بعدم الحاجة إلى عمليات الصيانة المتكررة؛ بسبب عدم وجود فرش كربونية.

تركيب مولّد التيار المتناوب

يتكون المولّد من الأجزاء والقطع التي تُركّب معًا، وفي ما يأتي توضيح العناصر جميعها التي تتكون منها مولدات التيار المتناوب.



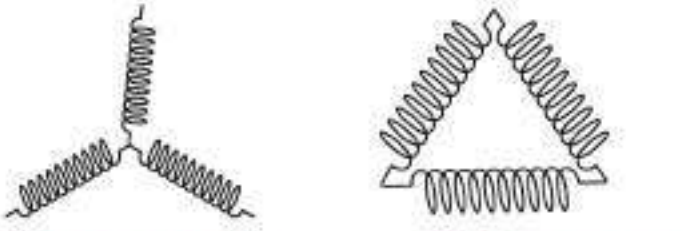
الشكل (6-8): أجزاء المولّد.

1 – **العضو الدوار**(Armature): يتكون العضو الدوار من (ملف الأقطاب) الذي يتحكم في كثافة خطوط المجال المغناطيسي، وهو مجموعة الأسلاك النحاسية المعزولة التي تُلف على قلب منفصل إلى جزأين من المعدن (قلب الأقطاب)، و توجد حلقتا الانزلاق النحاسيتان المعزولتان متصلتين نهاية ملف الأقطاب. تُثبّت الأجزاء المذكورة كلها مسبقًا على عمود المولّد (محور الدوران). انظر إلى الشكل (6–9).

الشكل(6–9): العضو الدوار في المولّد.

2 – **العضو الساكن** (Stator): عبارة عن طبقات رقيقة من الفولاذ، يحتوي ثلاث مجموعات من الملفات، توصل هذه الملفات على التوالي، وتوصل المجموعات معًا بطريقة النجمة، أو طريقة المثلث. انظر إلى الشكل (6–10)، بهذا الجزء يتولد تيار متناوب ينتقل إلى الثنائيات لتحويله إلى تيار مستمر.

الشكل (6–10): العضو الثابت (الساكن) في المولّد.



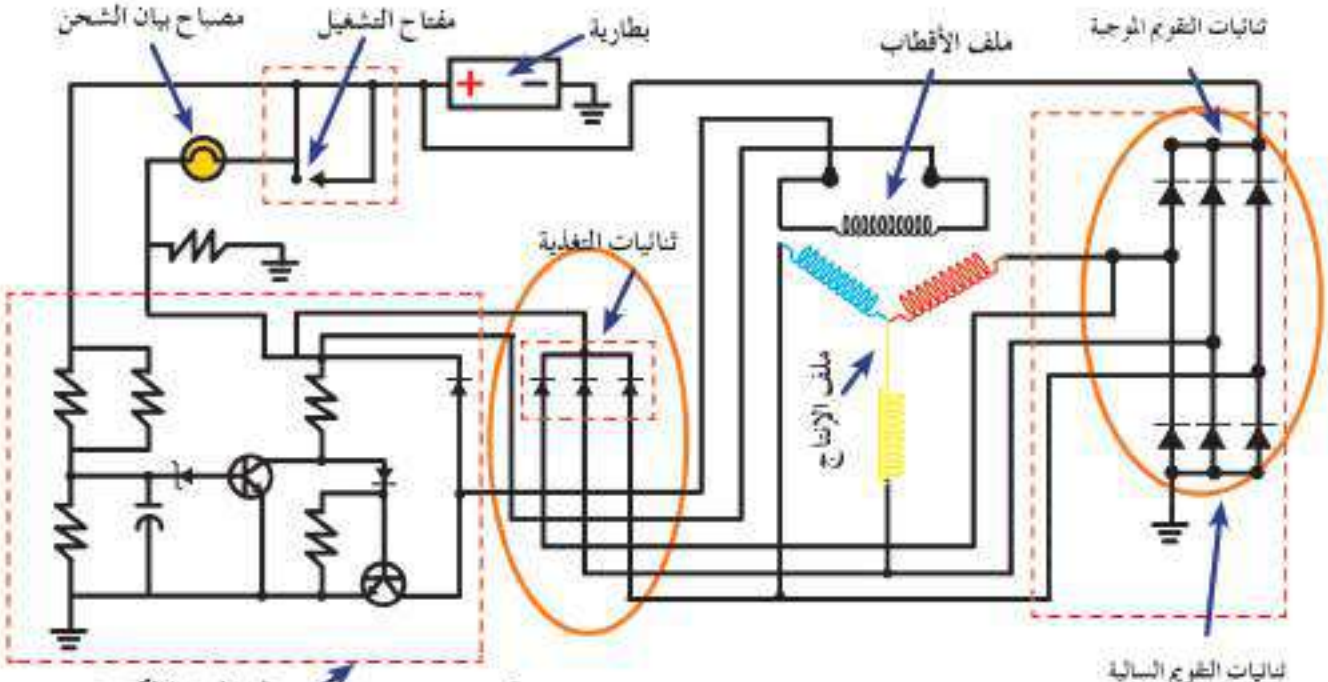
طريقة توصيل ملفات الإنتاج بطريقة المثلث وطريقة النجمة بالترتيب.

3 – مجموعة ثنائيات التقويم (Rectifier Diodes):

أ – تُقوّم الفولتية المتولدة ثلاثية الطور إلى فولتية مستمرة، عَبْر مجموعة ثنائيات التقويم، إذ تتألف هذه المجموعة من ستة ثنائيات، ثلاث منها موجبة، وثلاث سالبة متصلة بملفات الإنتاج، بحيث يتصل كل ملف بثنائي موجب وثنائي سالب، وتُركّب الثنائيات على قاعده تسمى الحامل، حيث يؤدي الحامل دوره في تشتيت الحرارة الناشئة عن عمل الثنائيات في أثناء التقويم.

ب– من أهم وظائف دارات تقويم الموجة، تحويل موجة التيار السالبة إلى موجة موجبة، وتحويل الموجة الجيبية المتناوبة للجهد إلى موجات بصورة (pulses) لجهد مباشر.

جـ– المخطط الموضح في الشكل (6–11) يحتوي دارة المقوم التي تتألف من ثلاثة ثنائيات موجبة وأخرى سالبة، وثلاثة ثنائيات تغذية.



الشكل (6–11): المخطط الكهربائي لدارات التقويم لمولّد التيار المتناوب.

وقنطرة الثنائيات عبارة عن قطعتين من الألمنيوم مفصولتين عن بعض، تشكل كل منهما نصف دائرة تقريبًا. وتحمل كل قطعة 3 ثنائيات. انظر إلى الشكل (6–12).

الشكل (6–12): ألواح قنطرة التقويم.

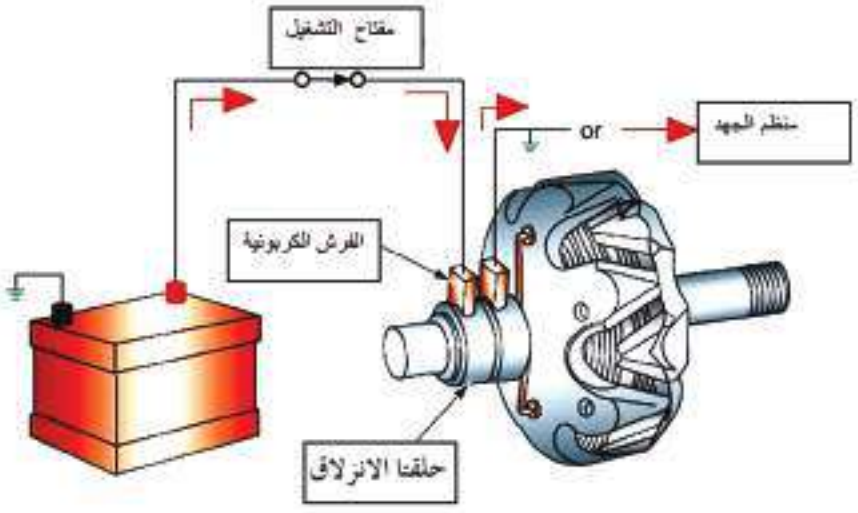
تحتوي بعض المولدات ثنائيات إضافية تسمى ثنائيات التغذية، وغالبًا تكون ثلاثة ثنائيات، ويقوم مبدأ عملها على تحويل التيار المتناوب المتولد من ملفات الإنتاج إلى تيار مستمر، لتغذية ملفات الأقطاب.

فـكر

ما سبب وجود ثنائيات التغذية في بعض المولّدات ؟ هل يمكن الاستغناء عن وجودها في المولّد؟

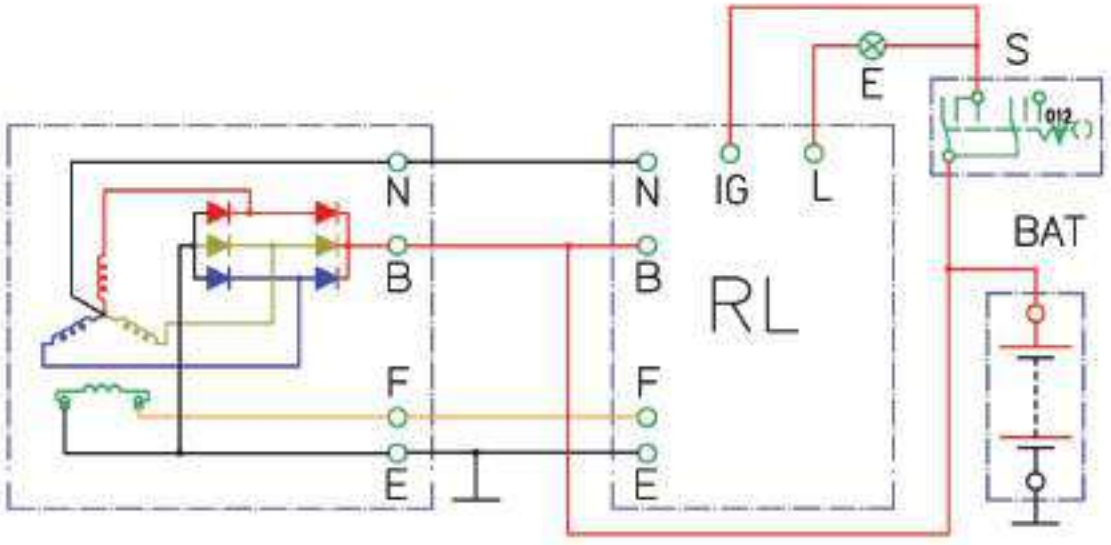
4 – **الفُرش الكربونية (Carbon Brushes)**: الفُرش الكربونية تصنع من الكربون، ويمكن أن تضاف إليها موادّ أخرى لمنحها الصلابة المناسبة لطبيعة عملها، انظر إلى الشكل (6–13). والسبب في استعمال مادة الكربون في صناعة الفُرش الكربونية، قدرته الجيدة على توصيل الكهرباء من جهة، وحتى لا يتعرض للانصهار بسبب الحرارة التي يتعرض لها في أثناء التوصيل من جهة أخرى، بالإضافة إلى سهولة تشكيله. وتصنع الفُرش الكربونية بأحجام مختلفة بناءً على حجم المحرك وقدرته الذي تُركّب معه وهذه الأحجام قياسية، وفي الأنواع الجيدة منها يُكتب (رقم المقاس) على سطح الفُرشة، وتُثبّت بالحامل، حيث تتصل بنوابض (زنبركات) تدفعها نحو حلقتي الانزلاق. و تعمل الفُرش على توصيل التيار الكهربائي من المنظم إلى ملف الأقطاب في العضو الدوار للمولّد عند ملامستها حلقات الانزلاق. انظر إلى الشكل (6–14) طريقة توصيل الفُرش الكربونية في دارة التوليد والشحن.

الشكل (6–13): الفُرش الكربونية.



الشكل (6–14): مخطط توصيل الفُرش الكربونية في نظام التوليد والشحن.

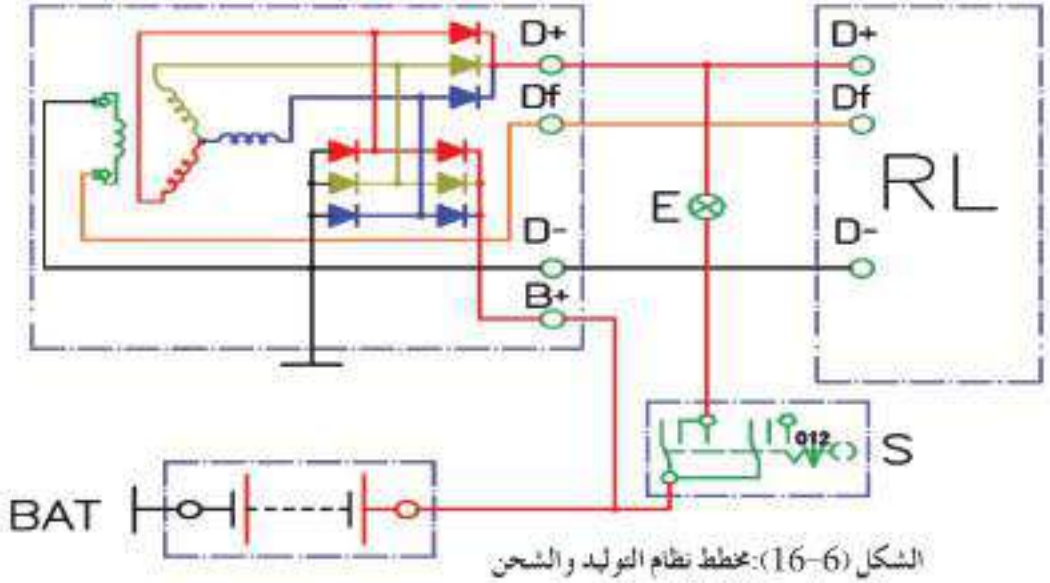
5 – أطراف التوصيل(Connection Terminals): حُددت أطراف التوصيل للمولّد بوساطة أحرف متعارف عليها من قبل الشركات جميعها المصنعة للمولّدات. وتعتمد كل شركة نقاط التوصيل الخاصة لها، مثال على ذلك، الشركات اليابانية التي تعتمد للمولّد ست نقاط هي: (B,IG,L,F,N,E). انظر إلى الشكل (6–15) الذي يبين مخطط نظام التوليد والشحن المستعمل في النظام الياباني للتوصيل.



الشكل (6–15): مخطط نظام التوليد والشحن المستعمل في النظام الياباني للتوصيل.

أما الشركات الأمريكية، فتعتمد ثلاث نقاط هي: (B,1,2)، والشركات الألمانية تعتمد أربع نقاط: (DF,D-B,D+)

انظر إلى الشكل (5–16) مخطط نظام التوليد والشحن المستعمل في النظام الألماني للتوصيل.



الشكل (6–16):مخطط نظام التوليد والشحن المستعمل في النظام الألماني للتوصيل.

الجدول (6–1) يوضح دلالات نقاط التوصيل ورموزها في أنظمة التوليد والشحن.

جدول (6–1) يوضح دلالات نقاط التوصيل ورموزها في أنظمة التوليد والشحن.

الرمز	دلالة الرمز
B	الخط الموجب للبطارية
D+	الخط الموجب لمنظم الجهد
D-	الخط السالب لمنظم الجهد
DF	خط تيار تغذية ملف الأقطاب
E	الشاصي (التأريض)
IG	مفتاح الإشعال
L	الحمل الكهربائي
F	خط تيار تغذية ملف الأقطاب
N	الخط المحايد

6 –**المروحة والبكرة وسير المولّد:** توجد المروحة والبكرة على محور الدوران أو عمود المولد. تتحرك بكرة المولد نتيجة حركة عمود المرفق وتنتقل الحركة من بكرة عمود المرفق بوساطة سير الحركة. وتقوم المروحة نتيجة لتحريكها بتبريد المولد والمحافظة على عدم ارتفاع درجة حرارته، نتيجة التيار المتولد من ملفات الإنتاج. انظر إلى الشكل (6–17) يُبيّن سير المولّد والبكرة ومروحة التبريد.

الشكل(6–17): سير المولد، والبكرة ومروحة المولد.

7 – **الغلاف الخارجي** (Cover): يُصنع الغلاف من معدن الألمنيوم، كما يتكون الغلاف من غطاء أمامي، وغطاء خلفي، و يستعمل لربط أجزاء المولد الداخلية، وحمل العضو الدوار. انظر إلى الشكل (6–18) الذي يُبيّن الغلاف الخارجي والغطاء الخلفي والأمامي للمولّد.

الشكل (6–18): الغلاف الخارجي والغطاء الخلفي والغطاء الأمامي للمولد.

يوضح الجدول (6–2) مقارنة بين مولّدات التيار المستمر ومولّدات التيار المتناوب المستعملة في أنظمة التوليد والشحن.

جدول (6–2): مقارنة بين مولدات التيار المتناوب المستعملة في أنظمة التوليد والشحن.

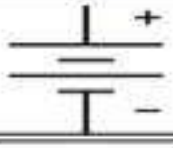
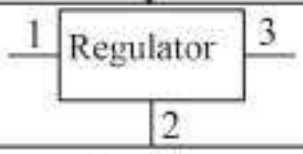
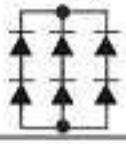
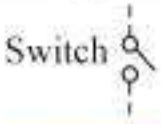
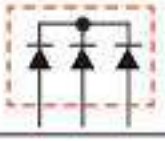
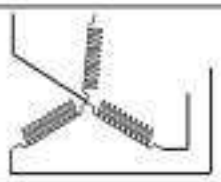
المقارنة من حيث	مولّدات التيار المستمر (DC)	مولّدات التيار المتناوب (AC)
الحجم والوزن (للقدرة نفسها):	أكبر وزنًا وحجمًا.	أصغر حجمًا ووزنًا.
الشحن في أثناء السرعات البطيئة:	غير ممكن.	ممكن.
سرعة الدوران:	سرعة الدوران تؤدي إلى تلفه.	إمكانية الدوران السريع.
تكاليف الصيانة:	مرتفعة.	منخفضة.
قاطع تيار:	يحتاج إلى قاطع تيار.	لا يحتاج إلى قاطع تيار بسبب وجود الثنائيات.
سعة البطارية:	يناسب البطاريات ذوات السعة القليلة فقط.	يناسب البطاريات ذوات سعات مختلفة.
سهولة التركيب:	صعوبة التركيب مع محرك المركبة.	سهولة التركيب مع محرك المركبة.
مساحة التركيب:	يشغل مساحة أكبر عند التثبيت في المركبة.	يشغل مساحة أصغر عند التثبيت في المركبة.
الأجزاء المتحركة والميكانيكية:	كثرة الأجزاء المتحركة فيه.	الأجزاء المتحركة قليلة.
العمر التشغيلي للمولد:	عمر تشغيلي أقصر مقارنة مع مولد التيار المتناوب.	عمر تشغيلي أطول مقارنة مع مولد التيار المستمر.

ابحث في مصادر المعرفة المتوافرة لديك في مدرستك عن إجابات للأسئلة الآتية :

- لماذا يُصنع العضو الساكن من رقائق الفولاذ. هل يمكن صنعه من قطعة مصمتة من الفولاذ؟
- ما مميزات توصيل مجموعات الملفات بطريقة النجمة أو طريقة المثلث؟

يبين الجدول (6–3) المصطلحات والرموز الخاصة بمخطط الدارات الكهربائية لنظام التوليد والشحن، ابحث عن مصطلحات ورموز أخرى خاصة بأنظمة التوليد والشحن.

الجدول (6–3) المصطلحات والرموز الخاصة بأنظمة التوليد والشحن.

المصطلح العربي	المصطلح الإنجليزي	الرمز
البطارية	Battery	
منظم الجهد	Voltage regulator	
ثنائيات التقويم	Rectifier bridge	
مفتاح التشغيل	Ignition Switch	
ثنائيات التغذية	Diode trio	
مصباح بيان الشحن	Charge indicator light	
ملفات الأقطاب	Rotor coil	
ملفات الإنتاج	Stator coil	

التمارين العملية

التمرين الأول

تحديد أماكن العناصر المكونة نظام التوليد والشحن

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- تحدد أماكن العناصر المكونة لنظام التوليد والشحن.

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- التزام تعليمات السلامة والصحة المهنية، وارتداء الملابس الخاصة بالعمل داخل المشغل.
- معرفة مكان خزانة الإسعافات الأولية في المشغل، وجهاز إطفاء الحريق إن وجد.
- تنفيذ الإرشادات الموجودة على اللوحات الإرشادية داخل المشغل.
- التأكد من جفاف أرضية المشغل وجاهزيته للعمل.
- تأريض الأجهزة التي تحتاج إلى ذلك.
- توخي الحذر عند التعامل مع مصدر للتيار الكهربائي داخل المشغل إن وجد.
- عدم لمس أي جزء من الأجزاء الساخنة أو المتحركة في أثناء إجراء التجربة.
- تنفيذ الإرشادات والتعليمات التي يمليها عليك المدرب.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– مركبة عاملة	

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

1 –أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والعناصر اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.

2 –أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.

3 –شغّل المركبة وحدد موقع مؤشر بيان الشحن في المركبة. انظر إلى الشكل (1).

4 –حدد موقع مفتاح التشغيل في المركبة. انظر إلى الشكل (2).

5 –حدد موقع البطارية في المركبة. انظر إلى الشكل (3).

6 –حدد موقع المولد في المركبة. انظر إلى الشكل (4).

الشكل (1)

الشكل (2)

الشكل (3)

الشكل (4)

الأنشطة العملية

حدد مواقع عناصر نظام التوليد والشحن في مركبة أخرى، إذا كانت متوافرة في المشغل.

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	تحديد موقع مصباح بيان الشحن.			
2	تحديد موقع المولد.			
3	تحديد موقع مفتاح تشغيل المركبة.			
4	تحديد موقع البطارية في المركبة.			

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- تنزع المولّد عن محرك المركبة وتعيد تركيبه.

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- التزام تعليمات السلامة والصحة المهنية، وارتداء الملابس الخاصة بالعمل داخل المشغل.
- معرفة مكان خزانة الإسعافات الأولية في المشغل وجهاز إطفاء الحريق إن وجد.
- تنفيذ الإرشادات الموجودة على اللوحات الإرشادية داخل المشغل.
- التأكد من جفاف أرضية المشغل وجاهزيته للعمل.
- تأريض الأجهزة التي تحتاج إلى ذلك.
- توخي الحذر عند التعامل مع مصدر للتيار الكهربائي داخل المشغل إن وجد.
- عدم لمس أي جزء من الأجزاء الساخنة أو المتحركة في أثناء إجراء التجربة.
- تنفيذ الإرشادات والتعليمات التي يمليها عليك المدرب.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
1 – مركبة عاملة	
2 – صندوق عُدَد	

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1 –أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.	الشكل (1)
2 –أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.	الشكل (2)
3 –فُكّ أطراف توصيل البطارية، مراعيًا فَكّ المربط السالب أولًا.	
4 –فُكّ أطراف التوصيل الكهربائية للمولّد. انظر إلى الشكل (1).	
5 –فُكّ البرغي الخاص بمعايرة شد سير الحركة (القشاط). انظر إلى الشكل (2).	الشكل (3)
6 –حرك المولد بعكس تجاه الشد لسير نقل الحركة، حتى يرتخي، ثم انزع القشاط. انظر إلى الشكل (3).	

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

7 – انزع البرغي الذي يثبت المولد بمحرك المركبة، انظر إلى الشكل (4)

8 – ارفع المولد عن المحرك، انظر إلى الشكل (5)

9 – لإعادة تركيب المولد في المركبة، ركبه عكس طريقة الفكّ السابقة كما يأتي:

أ – ركب البرغي الذي يثبّت المولّد مع محرك المركبة.

ب – ركب القشاط، ثم شُدَّ برغي القشاط بعد معايرته.

جـ – صل الأطراف الكهربائية للمولد و أقطاب البطارية.

د – وأخيرًا شغل المركبة وتأكد من انطفاء مصباح مبين الشحن.

الشكل (4)

الشكل (5)

الأنشطة العملية

انزع مولّد عن محرك مركبة أُخرى وأعد تركيبه.

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	تفكيك أقطاب البطارية بدءًا من القطب السالب.			
2	تفكيك أقطاب التوصيل الكهربائية للمولد.			
3	تفكيك البرغي الخاص بمعايرة شد سير الحركة (القشاط).			
4	تحريك المولد بعكس اتجاه الشد لسير نقل الحركة حتى يرتخي.			
5	نزع البرغي الذي يثبت المولد بمحرك المركبة.			

التمارين العملية

التمرين الثالث

فكّ المولد إلى أجزاء وإعادة تجميعه.

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- تفك أجزاء المولد، ثم تجمعها.

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- التزام تعليمات السلامة والصحة المهنية، وارتداء الملابس الخاصة بالعمل داخل المشغل.
- معرفة مكان خزانة الإسعافات الأولية في المشغل، وجهاز إطفاء الحريق إن وجد.
- تنفيذ الإرشادات الموجودة على اللوحات الإرشادية داخل المشغل.
- التأكد من جفاف أرضية المشغل وجاهزيته للعمل.
- تأريض الأجهزة التي تحتاج إلى ذلك.
- توخي الحذر عند التعامل مع مصدر للتيار الكهربائي داخل المشغل إن وجد.
- عدم لمس أي جزء من الأجزاء الساخنة أو المتحركة في أثناء إجراء التجربة.
- تنفيذ الإرشادات والتعليمات التي يمليها عليك المدرب.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات

1 – مولد تيار متناوب

2 – صندوق عُدّة

3 – ساحية (بريصة)

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

1 –أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.

الشكل (1)

2 –أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.

3 –ثبت المولد على طاولة العمل، ثم حدد علامات التطابق على جسم المولد والغطاء الخلفي والأمامي. انظر إلى الشكل (1).

الشكل (2)

4 –فكّ البراغي التي تثبت الغطاءين الأمامي والخلفي بجسم المولد، انظر إلى الشكل (2).

5 –لإخراج العضو الدوار، فكّ البكرة والمروحة ثم أخرج العضو الدوار من الغطاء الأمامي، انظر إلى الشكل (3).

الشكل (3)

6 – فكّ البراغي التي تثبت قاعدة الثنائيات بالغطاء الخلفي، ثم انزع الغطاء الخلفي للمولد، أنزع أطراف الملفات المتصلة بالثنائيات. انظر إلى الشكل (4).

الشكل (4)

7 –جمع أجزاء المولد، بعكس الخطوات السابقة.

الأنشطة العملية

فكّ أجزاء مولد تيار متناوب من نوع آخر،ثم اجمعها مرة أخرى.

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	تحديد علامات التطابق على جسم المولد والغطاء الخلفي والأمامي.			
2	فك البراغي التي تثبت الغطاءين الأمامي والخلفي بجسم المولد، ثم إخراج العضو الدوار.			
3	فك البراغي التي تثبت قاعدة الثنائيات في الغطاء الخلفي للمولد.			

التمارين العملية

التمرين الرابع

فحص أجزاء المولد وتحديد التالف منها بجهاز الأوميتر

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- تفحص أجزاء المولد لتعرف على مدى صلاحيتها للعمل بجهاز الأوميتر.

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- التزام تعليمات السلامة والصحة المهنية، وارتداء الملابس الخاصة بالعمل داخل المشغل.
- معرفة مكان خزانة الإسعافات الأولية في المشغل، وجهاز إطفاء الحريق إن وجد.
- تنفيذ الإرشادات الموجودة على اللوحات الإرشادية داخل المشغل.
- التأكد من جفاف أرضية المشغل وجاهزيته للعمل.
- تأريض الأجهزة التي تحتاج لذلك.
- توخي الحذر عند التعامل مع مصدر للتيار الكهربائي داخل المشغل إن وجد.
- عدم لمس أي جزء من الأجزاء الساخنة أو المتحركة في أثناء إجراء التجربة.
- تنفيذ الإرشادات والتعليمات التي يمليها عليك المدرب.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
1 – جهاز أوميتر 2 – صندوق عُدّة 3 – مولد تيار متناوب	

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

1 –أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.

الشكل (1)

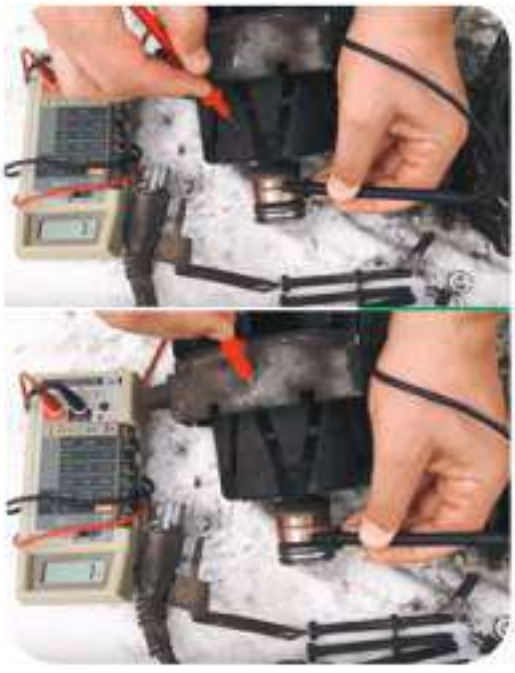
2 –أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.

الشكل (2)

3 –افحص ملفات الإنتاج للتأكد من عدم وجود فصل أو قطع فيها، بوساطة جهاز الأوميتر، اختبر جهاز الأوميتر قبل البدء بالفحص. انظر إلى الشكل (1).

4 –افحص ملفات الإنتاج للتأكد من عدم وجود تماس بينها وبين جسم المولد، بوساطة جهاز الأوميتر. انظر إلى الشكل (2).

5 –افحص ملفات الأقطاب للتأكد من عدم وجود قصر بين الملفات وقلبها بوساطة جهاز الأوميتر، كما في الشكل (3).



الشكل (3)

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
6 – افحص ملفات الأقطاب للتأكد من عدم وجود فصل أو قطع فيها، بوساطة جهاز الأوميتر، كما في الشكل (4).	الشكل (4)
7 – افحص حلقات الانزلاق للتأكد من عدم وجود تآكل فيها، كما في الشكل (5).	الشكل (5)
8 – افحص الثنائيات في دارة التقويم بوساطة جهاز الأوميتر. إذا بيّن الفحص أن الثنائيات تمرر تيارًا في الاتجاهين، أو أنها لا تمرر تيارًا أبدًا، فهي معطلة، كما في الشكل (6).	الشكل (6)
9 – افحص الفُرش الكربونية للتأكد من عدم وجود تآكل فيها، يجب أن تكون بالطول المناسب، كما في الشكل (7).	الشكل (7)
10 – افحص كراسي المحور بوساطة تدويرها باليد، يجب التنبه إلى عدم وجود أصوات عند محاولة تدويرها، كما في الشكل (8).	الشكل (8)

الأنشطة العملية

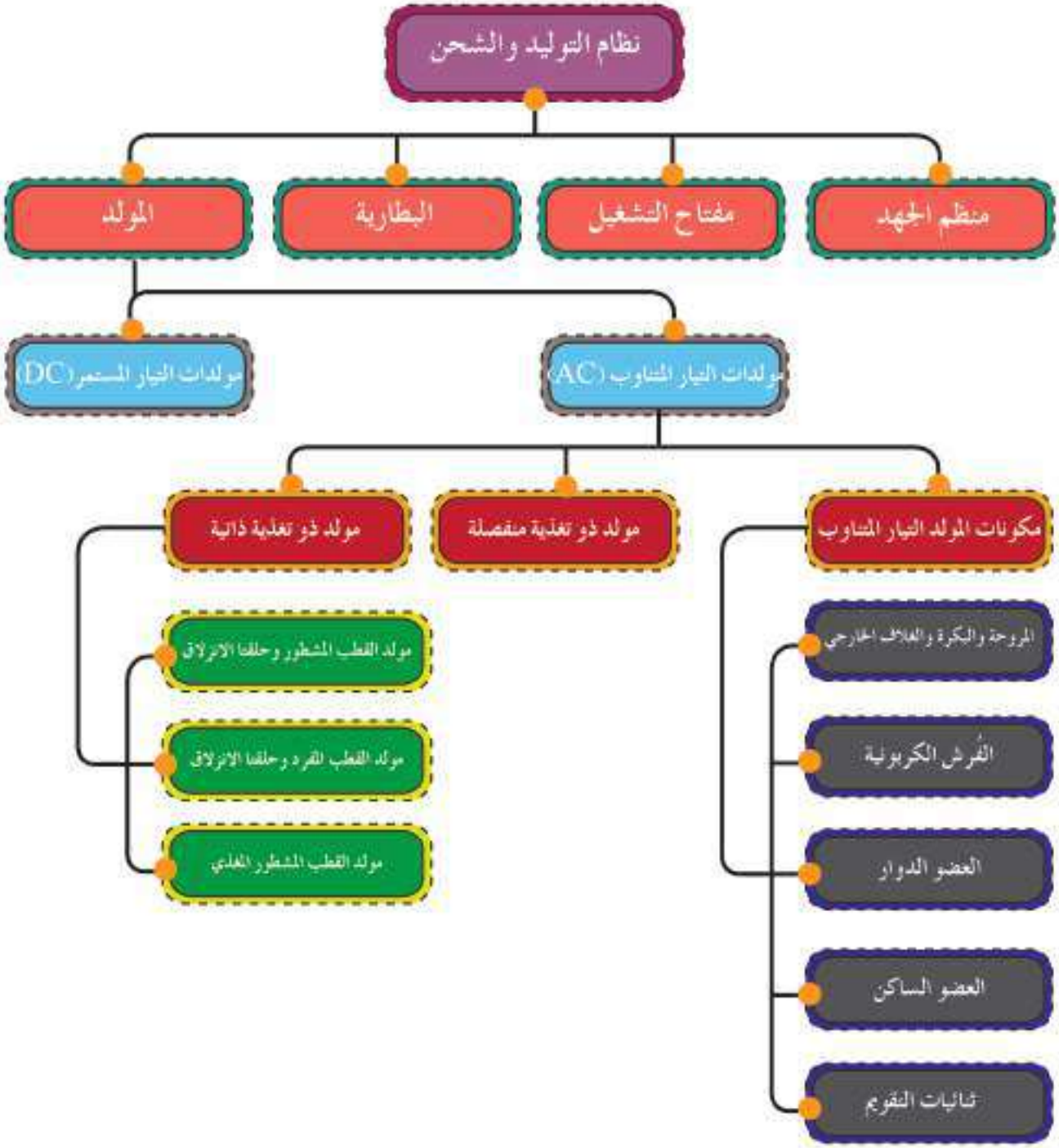
أجرِ الصيانة اللازمة للأعطال التي اكتشفت عند فحص أجزاء المولد.

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	فحص ملفات الإنتاج.			
2	فحص ملفات الأقطاب.			
3	فحص الثنائيات في دارة التقويم.			
4	فحص كراسي المحور بتدويرها باليد.			
5	فحص كراسي المحور للمولد بتدويرها باليد.			

الخريطة المفاهيمية



ثانيا : منظمات الجهد

النتاجات

يُتوقعّ منك بعد دراستك هذا الدرس أن:

- تتعرف أنواع منظمات الشحن واستعمالاتها.
- تتعرف أجزاء منظمات الشحن وتوصيلاتها.

منظمات الجهد

الشكل (6-19): منظمات نظام التوليد والشحن.

إن وجود عنصر لتنظيم الجهد في نظام التوليد والشحن مهم للغاية لأسباب عدة. منها إبقاء البطارية مشحونًا بالكامل. إذا كان تيار الشحن أقل من مقدار التيار اللازم لتشغيل المركبة، سيُفرّغ البطارية تدريجيًا، لذلك يجب أن يُزود نظام التوليد الشحن بالتيار الكافي لتشغيل المركبة، بما في ذلك الملحقات، وشحن البطارية .بمجرد أن يكون البطارية مشحونًا بالكامل، يجب أن ينخفض معدل الشحن إلى مستوى منخفض .بما يكفي لعدم زيادة شحن البطارية.

بالإضافة إلى ذلك، فإن وجود الملحقات الإلكترونية في السيارة، جعل تنظيم مستوى جهد الشحن مهمًا للغاية. يمكن أن تتلف الأجهزة والملحقات وغيرها من المعدات الرقمية إذا كان نظام الشحن يسمح برفع جهد النظام عاليًا جدًا.

انظر.. وتساءل

● هل تساءلت يومًا عن سبب ثبات جهد شحن البطارية في المركبة على قيمة (12 فولتًا)؟ كيف تُشحن البطارية من المولد عند هذه القيمة؟ ماذا تتوقع أن يحدث إذا لم يُنظَّم الشحن في المولد؟ هل سيستمر عمل نظام التوليد والشحن دون أية أعطال؟ لماذا؟

لابد أنك لاحظت أن سبب ثبات الجهد هو وجود جزء مع المولد يسمى منظم الجهد، كيف يعمل هذا المنظم؟

استكشف

يعمل المولد على شحن البطارية داخل المركبة بالإضافة إلى تزويد الأحمال الكهربائية بالفولتية المناسبة بوساطة منظمات الشحن، هَبْ أن مركبة ما تستعمل منظم جهد كهرومغناطيسي، هل يمكنك تغيير هذا المنظم إلى نوع آخر من المنظمات الإلكترونية؟

● ما التغيير المتوقع على أداء المولد؟

● هل هناك فرق بين النوعين المذكورين من المنظمات؟

● هل يحصل أي تغيير على نظام التوليد والشحن من حيث التركيب والأجزاء؟

لعلك لاحظت بعد البحث والمقارنة بين هذه الأنواع من المنظمات، أنه يمكن استعمال منظم إلكتروني بدلًا من المنظم الكهرومغناطيسي، إلّا أنه يجب التنبه إلى نوع مولّد التيار المتناوب، ونوع التغذية إذا كان مولدًا ذا تغذية ذاتية، أو مولدًا ذا تغذية منفصلة، والتنبه إلى سرعة المولد. فسر ذلك.

اقرأ.. وتعلم

منظم الجهد (Voltage regulator): يوضح الشكل (6–20) منظم الجهد في المركبة، الذي ينظم شحن البطارية؛ بحيث يتحكم في الحد الأعلى للفولتية الصادرة من المولد وشدة التيار الكهربائي، حيث يقطع التيار عن العضو الدوار أو يقلله، فيقل المجال المغناطيسى المتقاطع مع العضو الثابت، ما يؤدى إلى تقليل تيار الشحن الصادر من المولد أو قطعه.

الشكل (6–20): منظم الجهد في المركبة.

العوامل المؤثرة في فولتية المولد

1 –سرعة دوران المولد: يعتمد المولد على سرعة دوران المحرك في المركبة، حيث تتغير قيمة الفولتية للمولد بتغير السرعة، تزداد الفولتية بزيادة السرعة وتنخفض بانخفاضها.

2 –شدة المجال المغناطيسي: يتحكم تيار تغذية الأقطاب في العضو الدوار للمولد بشدة المجال المغناطيسي، كلما ازداد التيار ازداد المجال المغناطيسي، فتزداد الفولتية، والعكس صحيح.

تُصنف منظمات الجهد من حيث مبدأ العمل إلى ما يأتي:

1 – **المنظمات الكهرومغناطيسية:** تتكون المنظمات الكهرومغناطيسية في أبسط صورها من: ملف رفيع حول قلب من الحديد المطاوع، وعدستي تماس ثابت ومتحرك، وشريط زنبركي، ومقاومة تنظيم، وتصنف المرحلات حسب ملفات المنظم (الخلية) ونقاط التماس إلى:

أ – منظمات ذوات خلية واحدة (ملفات منظم ذي تماس منفرد).

ب– منظمات ذوات خلية واحدة ذوات تماس مزدوج.

جـ– منظمات ذوات خليتين وتستعمل في المولدات ذوات التغذية المنفصلة.

2 – **المنظمات الإلكترونية:** تعمل المنظمات الإلكترونية بمبدأ المنظمات الكهرومغناطيسية نفسه، حيث تنظم عمليتي التوليد والشحن في المركبة، لكن تختلف بتركيبها الداخلي، حيث تحتوي عناصر مصنعة من مواد شبه موصلة تعمل كمفاتيح كهربائية. عند بدء التشغيل المركبة وقبل تشغيل المحرك، يضيء مصباح مبين الشحن المتصل بالبطارية، بمجرد تشغيل المحرك، فتكون دارة قصر في المنظم لتصل بين البطارية والمولد فينطفيء المصباح. انظر إلى الشكل (6–21).

الشكل (6–21): المنظمات الإلكترونية.

تركيب المنظمات الإلكترونية

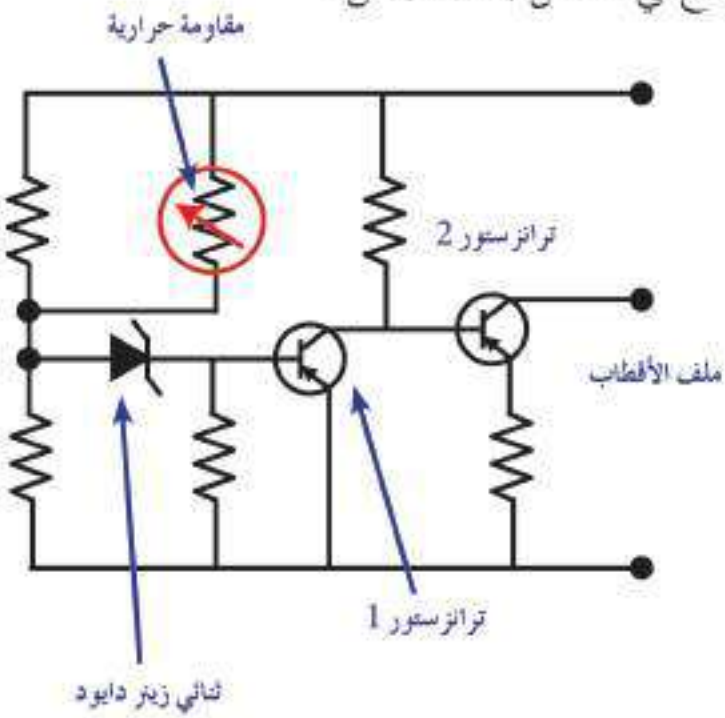
تتكون المنظمات الإلكترونية كما هو موضح في الشكل (6–22) من:

1 – ترانزستورين .

2 – ثنائي زينر.

3 – مقاومة حرارية.

4 – مقاومات ثابتة.



الشكل (6-22): دارة كهربائية لمنظم شحن إلكتروني.

مميزات المنظمات الإلكترونية

من مميزات المنظمات الإلكترونية:

1 – لا تحتاج إلى الصيانة الدورية.

2 – طول العمر الافتراضي.

3 – دقة ضبط الفولتية للمولد.

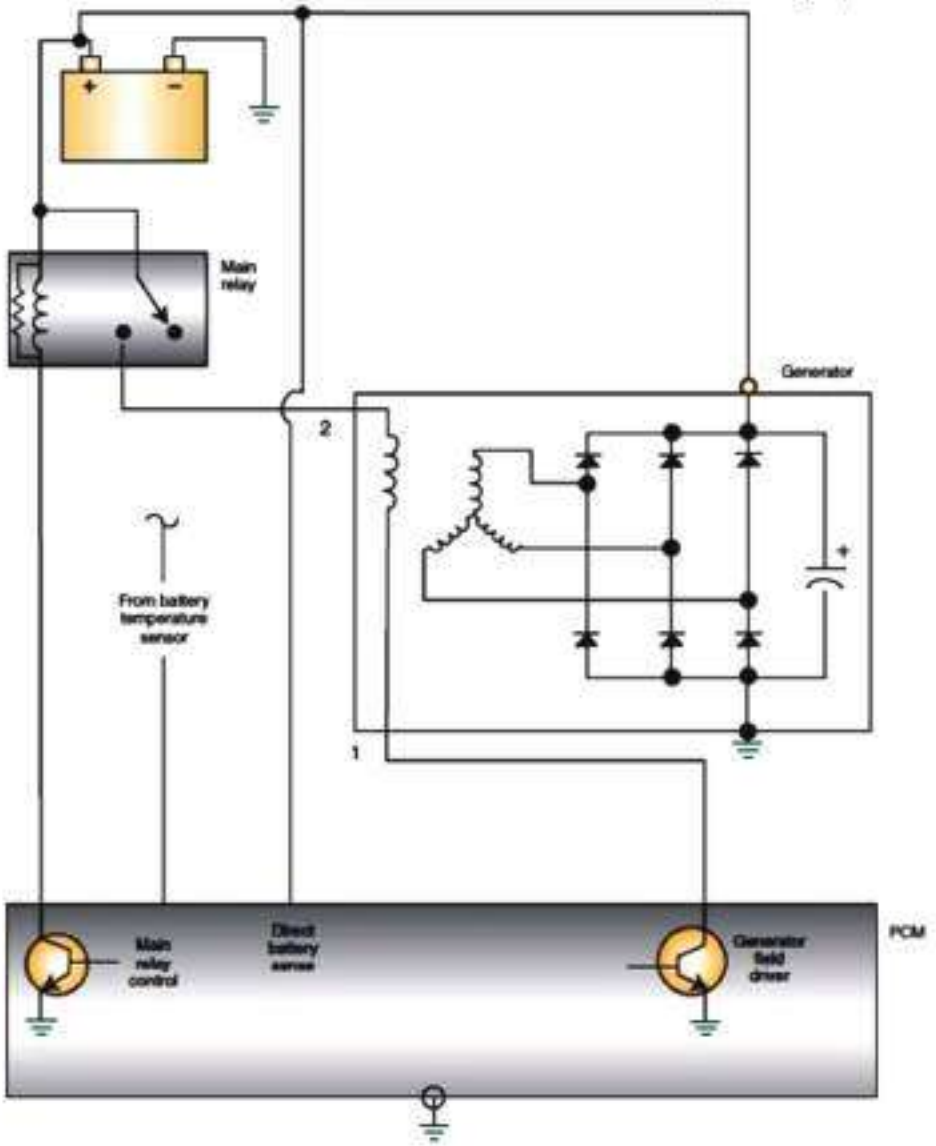
4 – لا تحتوي تماسات ميكانيكية.

فكر

- ما سبب وجود المقاومات في تركيب المنظم الإلكتروني؟
- ما سبب الدقة اللامتناهية في ضبط الفولتية بوساطة المنظمات الإلكترونية؟
- هل يضعف وجود أجزاء ميكانيكية في المنظم من أدائه؟ فسر ذلك.
- ما وظيفة ديود زنير في المنظم الإلكتروني؟

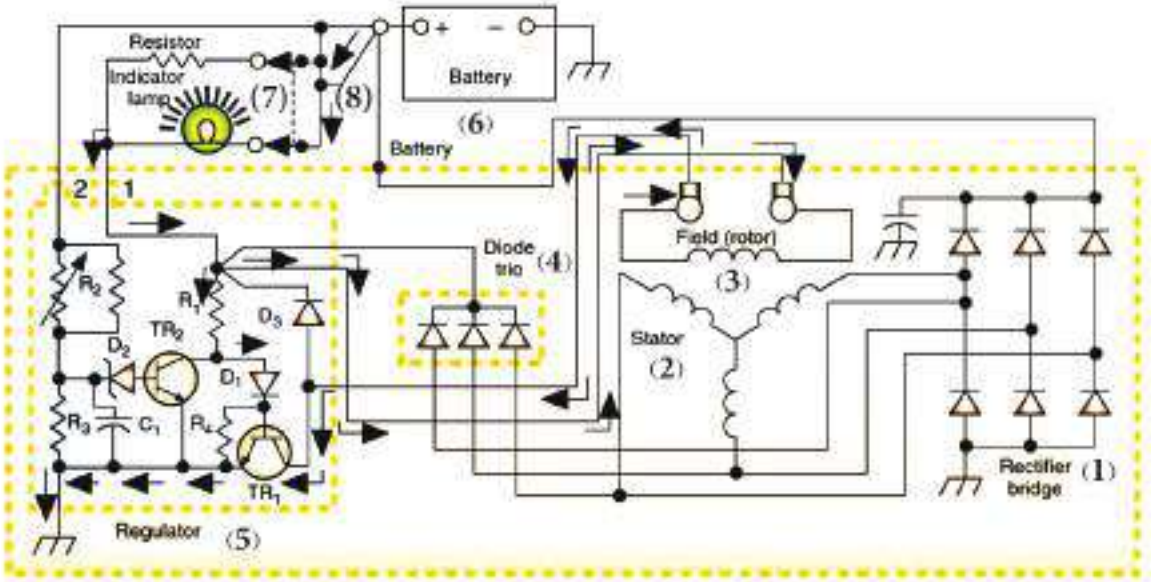
التحكم في تنظيم الجهد بالحاسوب (computer –controlled regulation)

استعملت هذه التقنية في العديد من المركبات بعد العام 1980. ويتم التحكم في الفولتية الناتجة من نظام التوليد والشحن بوساطة وحدة التحكم في توليد القوة (Power train control) PCM (module)، ويشبه مبدأ عملها مبدأ عمل المنظم الإلكتروني الذي يتحكم في تيار ملفات الأقطاب بوساطة التحكم بفصل الخط الأرضي ووصله، وتعتمد وحدة (PCM) عند وصل تيار ملفات الأقطاب وفصلها على عوامل عدة، أهمها: درجة حرارة البطارية، وحاجة الأحمال الكهربائية للتيار، وحساس السرعة، وإشارة مكيف الهواء، وحساس زاوية الخانق. انظر إلى الشكل (6–23) الذي يبين دارة التحكم في تنظيم الجهد بالحاسوب.



الشكل (6–23) دارة التحكم في تنظيم الجهد بالحاسوب.

ابحث في شبكة الإنترنت عن مراحل التغذية للمنظم الإلكتروني مرحلة التغذية الكاملة، مرحلة اللاتغذية. واكتب تقريرًا عنها. استعن بالشكل الآتي الذي يبين مرحلة التغذية الكاملة بوساطة المنظم الإلكتروني.



1	ثنائيات التقويم	2	ملفات الإنتاج	3	ملف الأقطاب	4	ثنائيات التغذية
5	المنظم	6	المركم	7	مصباح الشحن	8	مفتاح التشغيل

التمرين الخامس

توصيل دارة نظام التوليد والشحن

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- توصل عناصر نظام التوليد والشحن لمولد التغذية الذاتية بمنظم إلكتروني.

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- التزام تعليمات السلامة والصحة المهنية، وارتداء الملابس الخاصة بالعمل داخل المشغل.
- معرفة مكان خزانة الإسعافات الأولية في المشغل، وجهاز إطفاء الحريق إن وجد.
- تنفيذ الإرشادات الموجودة على اللوحات الإرشادية داخل المشغل.
- التأكد من جفاف أرضية المشغل وجاهزيته للعمل.
- تأريض الأجهزة التي تحتاج إلى ذلك.
- توخي الحذر عند التعامل مع مصدر للتيار الكهربائي داخل المشغل إن وجد.
- عدم لمس أي جزء من الأجزاء الساخنة أو المتحركة في أثناء إجراء التجربة.
- تنفيذ الإرشادات والتعليمات التي يمليها عليك المدرب.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
1 – بطارية	1 – أسلاك توصيل
2 – مفتاح تشغيل	2 – مصباحا بيان
3 – مولد تغذية ذاتية	
4 – منظم إلكتروني	
5 – مؤشر مبين شحن	
6 – صندوق مصهرات (فيوزات)	
7 – صندوق عُدّة	

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

1 – أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.

2 – أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.

3 – حدد مواقع الأجهزة المكونة لنظام التوليد والشحن جميعها، مثل: البطارية، والمولد، ومؤشر بيان الشحن، مفتاح التشغيل، ثم ثبتها جيدًا على طاولة العمل. انظر إلى الشكل(2).

4 – اقطع الأسلاك المراد استعمالها للربط بين العناصر، متأكدًا من اختيار مقاطع الأسلاك المناسبة وقطع الأسلاك بالأطوال المناسبة بين العناصر.

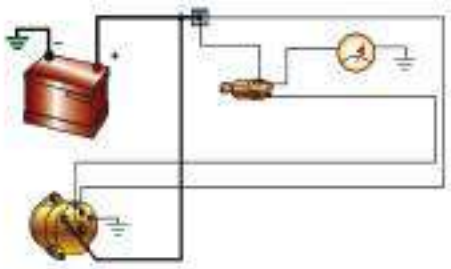
5 – عرّ الأسلاك ثم وصّلها ببعضها البعض. مستعينًا بالشكل (1).

6 – تأكد من دقة توصيل الدارة.

7 – شغل النظام، وتحقق من عمله.

8 – قبل تشغيل النظام سوف يضيء المصباح كما في الشكل (3).

9 – عند تشغيل النظام سوف ينطفئ المصباح الدال على عدم الشحن، وسوف يضيء المصباح الدال على عملية الشحن، انظر إلى الشكل (4).



الشكل (1)

الشكل (2)

الشكل (3)

الشكل (4)

الأنشطة العملية

أعد توصيل عناصر نظام التوليد والشحن في المركبة.

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	تثبيت جميع عناصر النظام جيدًا.			
2	اختيار الأطوال المناسبة للمسافة بين العناصر المراد توصيلها.			
3	التأكد من دقة التوصيل قبل تشغيل النظام.			

التمرين السادس

فحص شحن المولد في المركبة وعلى طاولة العمل.

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- تتحقق من شحن المولد في المركبة.
- تتحقق من شحن المولد على طاولة العمل.

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- التزام تعليمات السلامة والصحة المهنية، وارتداء الملابس الخاصة بالعمل داخل المشغل.
- معرفة مكان خزانة الإسعافات الأولية في المشغل، وجهاز إطفاء الحريق إن وجد.
- تنفيذ الإرشادات الموجودة على اللوحات الإرشادية داخل المشغل.
- التأكد من جفاف أرضية المشغل وجاهزيته للعمل.
- تأريض الأجهزة التي تحتاج إلى ذلك.
- توخي الحذر عند التعامل مع مصدر للتيار الكهربائي داخل المشغل إن وجد.
- عدم لمس أي جزء من الأجزاء الساخنة أو المتحركة في أثناء إجراء التجربة.
- تنفيذ الإرشادات والتعليمات التي يمليها عليك المدرب.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات

1 – مركبة عاملة

2 – صندوق عُدَة

3 – جهاز فولتميتر

خطوات الأداء

1 – أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.

2 – أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.

3 – أغلق مفتاح المركبة ملاحظًا إضاءة مصباح مبين الشحن أو عدم تحرك مؤشر الشحن إذا لم يكن المبين رقميًا. انظر إلى الشكل (1).

4 – شغل محرك المركبة، ملاحظًا انطفاء مصباح مبين الشحن أو تحرك مؤشر الشحن إلى جهة الشحن، إذا لم ينطفئ مصباح مبين الشحن، فهذا يدل على وجود عطل في نظام التوليد والشحن. انظر إلى الشكل (2).

5 – تحقق من شحن المولد في المركبة، بالفولتميتر عبر وصل الطرف السالب للبطارية بالسلك الأسود للجهاز، ووصل الطرف الموجب للبطارية بالسلك الأحمر للجهاز. انظر إلى الشكل (3).

6 – شغل محرك المركبة، واضبط الجهاز على وضع الجهد الثابت. انظر إلى الشكل (4).

الرسم التوضيحي

الشكل (1)

الشكل (2)

الشكل (3)

الشكل (4)

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

7 –لاحظ أن جهاز القياس تتغير قراءته بعد تشغيل المحرك، ويعطي قراءة 14 فولتًا تقريبًا، على طرفي البطارية وعلى طرفي المولد، وهذا دليل على أن نظام التوليد والشحن يعمل. انظر إلى الشكل (5).

الشكل (5)

8 –شغل الأحمال داخل المركبة ملاحظًا التغير في قيمة الفولتية على جهاز الفحص. انظر إلى الشكل (6).

الشكل (6)

9 –فكّ المولد عن المركبة وثبته على طاولة العمل كما تعلمت سابقًا وافحص المولد بجهاز الفحص المناسب لذلك وتحديد الأعطال وإصلاحها.

الأنشطة العملية

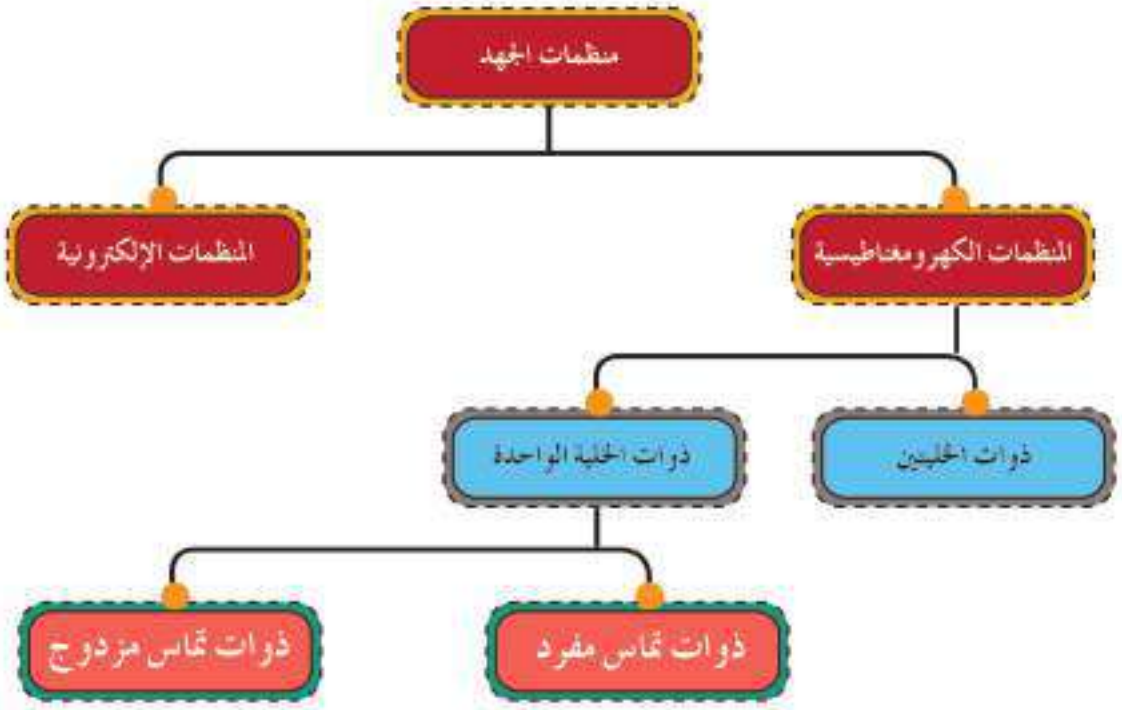
فكّ المولد عن المركبة وافحصه على طاولة العمل.

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	تشغيل المركبة وملاحظة التغير بقيمة الفولتية للبطارية والمولد معًا.			
2	استعمال جهاز الفحص عبر وصل الطرف السالب للبطارية بالسلك الأسود للجهاز، ووصل الطرف الموجب للبطارية بالسلك الأحمر للجهاز.			
3	فحص جاهزية أجهزة الفحص قبل البدء بعملية فحص نظام التوليد والشحن.			

الخريطة المفاهيمية



ثالثًا: تشخيص أعطال أنظمة التوليد والشحن، وبيان أسبابها، وطرائق تصليحها

النتاجات

يُتوقّع منك بعد دراستك هذا الدرس أن:

- تحلل أعطال المولّدات ومسبباتها، وتبين طرائق تصليحها.
- تفحص دارات المولد بجهاز قراءة البيانات الفنية للمركبة.

تشخيص أعطال أنظمة التوليد والشحن، وبيان أسبابها، وطرائق تصليحها

انظر.. وتساءل

قد تواجه مشكلة عند تشغيل المركبة بظهور مصباح شحن المركبة عند بدء التشغيل كما في الشكل (6-24)، ويستمر هذا المؤشر مضاءً حتى بعد تشغيل المحرك. ما الإجراءات الواجب اتخاذها في هذه الحالة؟ ما الدلائل التي تشير إليها هذه الإشارة؟ وفي أي نظام يوجد العطل؟ هل يمكننا تجاهل هذه المشكلة في المركبة؟

الشكل (6-24): إضاءة مصباح بيان عدم شحن البطارية.

استكشف

ابحث عبر محركات البحث (الإنترنت)، عن الأعطال المحتملة لأنظمة التوليد والشحن، واكتب تقريرًا عن ذلك مشاركًا فيه زملائك، ومناقشًا مدربك في المشغل.

اقرأ.. وتعلم

أعطال أنظمة التوليد والشحن

منظومة التوليد والشحن في المركبة مثل أي منظومة أخرى تحدث فيها الأعطال، فيجب تشخيص هذه الأعطال ومعالجتها، من أهم هذه الأعطال:

1 - أعطال المولد

نوع العطل	تشخيص العطل	الصيانة
كهربائي	- تلف ملفات الإنتاج: (حرق، فصل، تماس). - تلف ملفات الأقطاب: (حرق، فصل، تماس).	- غالبًا يستبدل العضو الدوار لصعوبة إجراء الصيانة اللازمة له. - وصل القِطَع. - عزل التماس. - تغيير الملفات المحروقة.
	- عطب الفُرش الكربونية.	- تغيير الفُرش الكربونية.
	- عطب حلقتي الانزلاق.	- تنظيفها بورق زجاج ناعم، أو استبدالها إذا لزم الأمر.
	- حدوث فصل أو تماس في الثنائيات.	- تغيير الثنائي التالف.
ميكانيكي	- تلف كراسي التحميل.	- تغيير كراسي التحميل.
	- كسر الغلاف.	- تغيير الغلاف.
	- كسر براغي التثبيت.	- تغيير البراغي.
	- كسر مروحة المولد.	- تغيير المروحة.

2 - أعطال المنظم

تشخيص العطل	الصيانة
– عطل الملفات في دائرة المنظم: (حرق، فصل، التماس).	– تغيير المنظم. – وصل القطع. – عزل التماس، تغيير الملفات المحروقة.
– حدوث قصر أو تماس في دائرة المنظم.	– عزل التماس.
– حدوث عطل في التلامسات في المنظم نتيجة الاتساخ أو الصدأ أو الاهتراء من شرارة بينها.	– تغيير العنصر التالف داخل المنظم. – تنظيف التلامسات. – تغيير المنظم إذا تعذر تصليح العطل.
– حدوث عطل في مقاومة التنظيم، نتيجة الصهر أو القطع.	– تغيير العنصر التالف داخل المنظم أو تغيير المنظم.
– حدوث عطل في النوابض نتيجة ارتخائها وبالتالي اختلاف معايرتها.	– تغيير النوابض. – تصليح العطل في النوابض ومعايرتها.
– تلف المنظم الإلكتروني.	– تغيير المنظم الإلكتروني.

قم بزيارة إلى محطة صيانة للمركبات قريبة من مدرستك، وتعرّف أعطالًا أخرى للمنظم والمولد في المركبات، واكتب تقريرًا عنها وناقشه مع زملائك.

التمارين العملية

التمرين السابع

تنفيذ أعمال الصيانة وتغيير القطع التالفة لمولد التيار المتناوب.

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- تغير الفُرش الكربونية
- تغير كراسي التحميل
- تغير الثنائيات
- تجري صيانة حلقتي الانزلاق

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- توصيل القطع الجديدة بالصورة الصحيحة.
- التنبه إلى اختيار أنواع القطع اختيارًا دقيقًا مطابقًا للأجزاء المراد صيانتها.
- التزام تعليمات السلامة والصحة المهنية، والملابس الخاصة بالعمل داخل المشغل.
- معرفة مكان خزانة الإسعافات الأولية في المشغل وجهاز إطفاء الحريق إن وجد.
- تنفيذ الإرشادات الموجودة على اللوحات الإرشادية داخل المشغل.
- التأكد من جفاف أرضية المشغل وجاهزيته للعمل.
- تأريض الأجهزة التي تحتاج لذلك.
- توخي الحذر عند التعامل مع مصدر تيار كهربائي داخل المشغل إن وجد.
- عدم لمس أي جزء من الأجزاء الساخنة أو المتحركة في أثناء إجراء التجربة.
- تنفيذ الإرشادات و التعليمات التي يمليها عليك المدرب.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
1 – مولد تيار متناوب	1 – فرش كربونية
2 – شفاط لحام	2 – كراسي تحميل
3 – كاوي لحام	3 – ورق زجاج ناعم
4 – صندوق عُدَة	4 – قصدير لحام
	5 – ثنائيات

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

1 –أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.

الشكل (1)

2 –أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.

3 –افصل الفُرش الكربونية ونوابضها عن القاعدة بوساطة كاوي اللحام لصهر مادة اللحام، وساحبة لشفط اللحام، انظر إلى الشكل (1).

4 –أدخِل سلك الفُرش الجديدة من النابض الموجود على القاعدة.

5 –الحم طرف سلك الفرشة الجديدة بالقاعدة، إذا كان هناك زيادة في السلك فاقطعه. انظر إلى الشكل (2).

الشكل (2)

6 –فكّ براغي الغطاء الأمامي لكراسي التحميل، ثم أخرج كرسي التحميل القديم، وغيره.

7 –فكّ كرسي التحميل الخلفي، وغيّرهُ. انظر إلى الشكل (3).

الشكل (3)

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

8 –فكّ أطراف توصيل الثنائيات عن بعضها بوساطة الكاوي، ثم انزع الثنائي.

9 –ركب الثنائي الجديد وثبته باللحام، انظر إلى الشكل (4).

الشكل (4)

10 – استعمل ورق الصنفرة الناعم، ثم نظف حلقات الانزلاق بالهواء المضغوط. انظر إلى الشكل (5).

الشكل (5)

الأنشطة العملية

غيّر الفُرش الكربونية، وكراسي التحميل، والثنائيات. أجرِ صيانة حلقتي الانزلاق لمولّد آخر.

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفْقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	فصل الفُرش الكربونية ونوابضها عن القاعدة بوساطة كاوي اللحام لصهر مادة اللحام، وساحبة لشفط اللحام.			
2	فَكّ براغي الغطاء الأمامي لكراسي التحميل، ثم إخراج كرسي التحميل القديم، وتغييره.			
3	تركيب الثنائي الجديد وتثبيته باللحام.			

يتوقع منك بعد إنهاء هذا التمرين أن:

- تفحص المولد بقارئ البيانات.

إرشادات الصحة والسلامة المهنية:

- التنبه إلى اختبار جهاز الفحص والتأكد من جاهزيته للعمل.
- توصيل الجهاز بالصورة الصحيحة.
- التنبه إلى اختيار النوع والطراز الصحيح للمركبة المراد فحصها.
- التزام تعليمات السلامة والصحة المهنية، وارتداء الملابس الخاصة بالعمل داخل المشغل.
- معرفة مكان خزانة الإسعافات الأولية في المشغل وجهاز إطفاء الحريق إن وجد.
- تنفيذ الإرشادات الموجودة على اللوحات الإرشادية داخل المشغل.
- التأكد من جفاف أرضية المشغل وجاهزيته للعمل.
- تأريض الأجهزة التي تحتاج إلى ذلك.
- توخي الحذر عند التعامل مع مصدر للتيار الكهربائي داخل المشغل إن وجد.
- عدم لمس أي جزء من الأجزاء الساخنة أو المتحركة في أثناء إجراء التجربة.
- تنفيذ الإرشادات والتعليمات التي يمليها عليك المدرب.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
1 – قارئ البيانات الفنية للمركبة	
2 – مركبة	
3 – قفافيز	

خطوات الأداء

1 – أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها.

2 – أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر.

3 – صِل جهاز الفحص للمركبة في المكان المخصص لذلك في المركبة بوصلة (OBD)، انظر إلى الشكل (1).

4 – شغل قارئ البيانات الفنية، بالنقر على مفتاح (ON). ثم شغّل المركبة، واختَر نوع المركبة. انظر إلى الشكل (2).

5 – اضبط المفتاح لوصلة (OBD) على جهاز الفحص، حسب نوع المركبة. انظر إلى الشكل (3).

6 – اختر النظام المراد فحصه في المركبة، اختر نظام التوليد، انظر إلى الشكل (4).

7 – اختر رمز نظام التوليد على الجهاز، تظهر معلومات عن عناصر نظام التوليد في المركبة، وهي البيانات التشغيلية للمركبة وذلك بعد تشغيل محرك المركبة. انظر إلى الشكل (5).

الرسم التوضيحي

الشكل (1)

الشكل (2)

الشكل (3)

الشكل (4)

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
8 –اختر بدء فحص نظام التوليد، يظهر لك كود الأعطال الخاصة بالمولد أو البطارية أو الثنائيات. إذا لم تجد أية أعطال، فستخلو الشاشة من بيانات أعطال المركبة كما في الشكل (6).	الشكل (5)

الشكل (6)

الأنشطة العملية

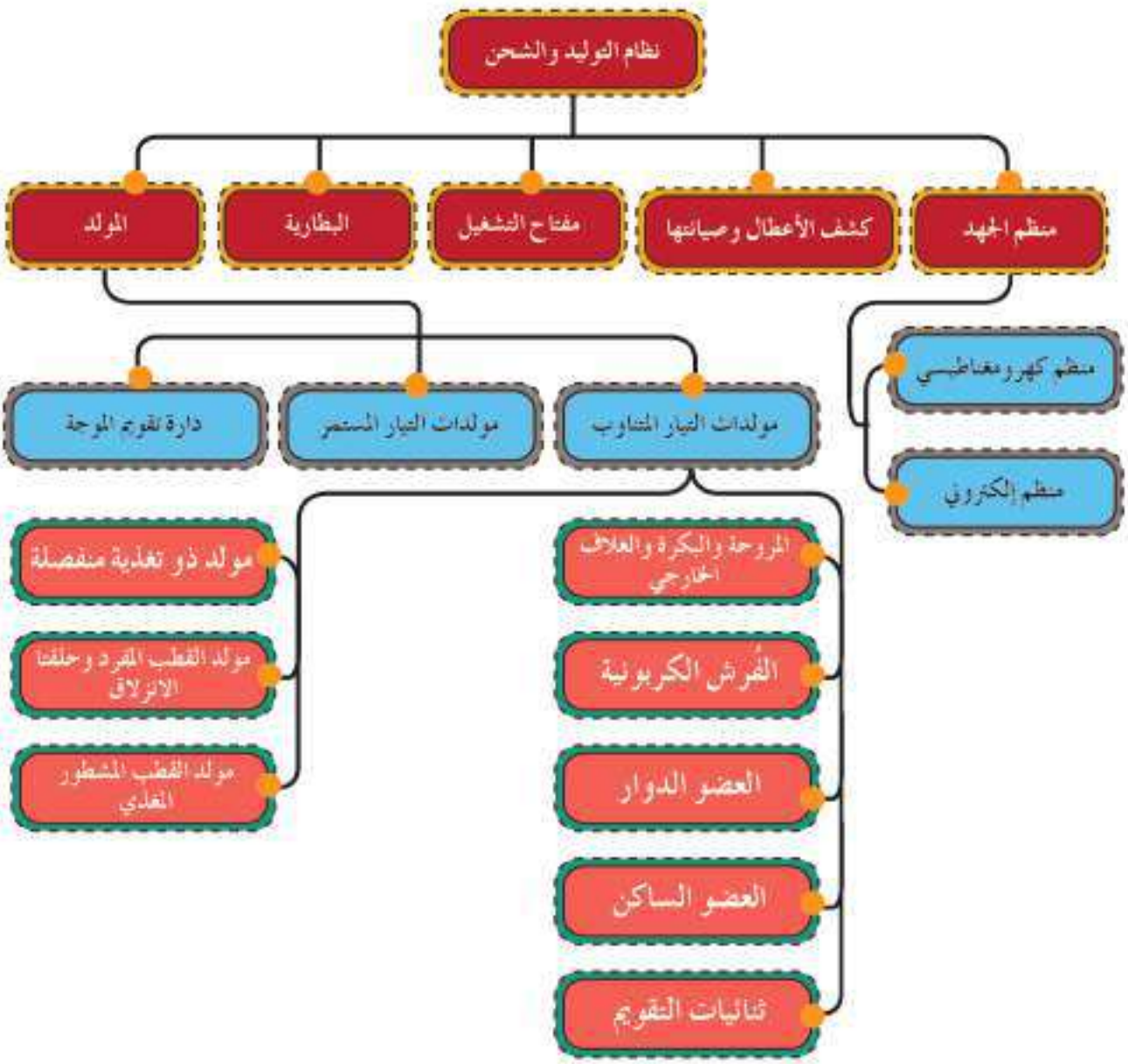
استعن بقارئ البيانات لفحص نظام التوليد والشحن في مركبة أُخرى.

التقويم الذاتي

دوّن خطوات العمل التي نفذتها عَبْر التمرين في المشغل، محددًا مستوى الأداء لكل من الخطوات التي نفذتها في أثناء التمرين، وَفقًا للجدول الآتي:

الرقم	خطوات العمل	ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	توصيل جهاز الفحص في المكان المخصص لذلك في المركبة بوصلة (OBD).			
2	تشغيل جهاز قارئ البيانات الفنية، بالنقر على مفتاح (ON). ثم تشغيل المركبة، واختيار نوع المركبة.			
3	اختيار النظام المراد فحصه في المركبة.			
4	اختيار رمز نظام التوليد على جهاز الفحص.			
5	اختيار بدء فحص نظام التوليد.			

الخريطة المفاهيمية



القياس والتقويم

1- أكمل الفراغ في ما يأتي:

أ – تقسم المولدات ذوات التيار المتناوب قسمين هما: 1. ..... 2. .....

ب– عدد الثنائيات الموجودة في مولد التيار المتناوب ذي تغذية منفصلة: .....

جـ– وظيفة الفُرش الكربونية الموجودة في المولد: .....

د– وظيفة حلقتي الانزلاق في المولد: .....

هـ– الهدف من وجود المنظم في المولد: .....

و– يصنع الغلاف الخارجي للمولد والغطاء العلوي من مادة: .....

ز– يعمل المولد على تزويد المركبة بـ .....

حـ–من مميزات المنظم الإلكتروني: 1. ..... 2. .....

ط– من أسباب وجود دارة التقويم في المولد: .....

2- ما مبدأ عمل المنظم الكهرومغناطيسي؟

3- ما وظيفة العضو الساكن في المولد؟

4- ما أهمية وجود المروحة ضمن أجزاء المولد؟

5- ما وظيفة الثنائي الزينر في المنظم الإلكتروني؟

6- اذكر العوامل المؤثرة في فولتية المولد.

7- ما أهم الإجراءات الواجب اتباعها عند البدء بعملية صيانة المولد؟

8- ما أكثر الأعطال شيوعًا في نظام التوليد والشحن؟

9- لماذا سمي تيار التغذية بهذا الاسم؟

مسرد المصطلحات:

Alternator	مولد تيار متناوب
Alternator speed	سرعة المولد
Anode	مصعد
Armature	الجزء الدوار
AVO meter	جهاز قياس الجهد، والتيار، والمقاومة
Base	قاعدة
Battery	البطارية
Bearings	البوكسات
Breaker cam	حدبات القطع (الكامات)
Brush plate	قاعدة الفُرش الكهربائية
Capacitor	المواسع الكهربائي (المكثف)
Carbon brushes	الفُرش الكربونية
Cathode	مهبط
Ceramic Capacitor	مواسع سيراميك
Chemical Capacitor	مواسع كيميائي
Claw-pole alternator with slip rings	مولد القطب المشطور وحلقتا الانزلاق
Claw-pole alternator without exciter slip rings	مولد القطب المشطور والمغذي من دون حلقتي الانزلاق
Collector	مجمع
Commutator	الموحد النحاسي
Compound regulator	المنظمات المركبة

Connecting terminals	أطراف التوصيل
Cover	الغطاء العلوي / الغلاف
Cutoff Region	منطقة القطع
Delta correction	التوصيل بطريقة المثلث
Diac	ثنائي الدياك
Diode	ثنائي شبه موصل
Doping	تطعيم
Drive end housing	الغطاء الأمامي
Electrical regulators	المنظم الإلكتروني
Electronic control unit	وحدة التحكم الإلكتروني
Emitter	باعث
Field	ملف الأقطاب
Filter	ترشيح
Flywheel	عجلة الموازنة (الحذافة)
Forward Bias	انحياز أمامي
Frequency	تردد
Full field current condition	مرحلة التغذية الكاملة
Full wave rectifier	تقويم الموجة الكاملة
Function Generator	جهاز توليد الإشارة
Fuses	المصهرات
Gate	بوابة
Half wave rectifier	تقويم نصف الموجة

High voltage cables	أكبال الفولتية العالية
Hole	فجوة
Light Emitting Diode	الثنائي المشع للضوء
Light indicator	مصباح مبين
Load	الحمل الكهربائي
Magnetic switch	المفتاح المغناطيسي
Mica Capacitor	مواسع المايكا
Motor frame	جسم المحرك
N-Type	النوع السالب
Oscilloscope	جهاز راسم الإشارة
Over running clutch	قابض السرعة الزائدة
P- type	النوع الموجب
Paper Capacitor	مواسع ورقي
Plastic Capacitor	مواسع بلاستيكي
Polarity	قطبية
Pole shoe	قلب الأقطاب
Quantum	الشحنة
Rectifier	دارة تقويم
Reverse Switch	مفتاح الرجوع إلى الخلف
Reduction gears	مسننات التخفيض
Reverse Bulbs	مصابيح الرجوع إلى الخلف
Reverse Bias	انحياز عكسي

Rotor	العضو الدوار
SCR (Silicon Control Rectifier)	ثايرستور
Self-excited alternator	مولد التيار المتناوب ذو التغذية الذاتية
Separately - excited alternator	مولد تيار متناوب ذو تغذيه منفصله
Separators	الألواح العازلة
Series	توالي
Shaft	محور الدوران
Single Phase rectifier	دارة تقويم أحادية الطور
Sliding rod starter motor	محرك بدء الحركة ذو العمود المنزلق
Solenoid starter motor	محرك البدء ذو المفتاح المغناطيسي
Star connection	التوصيل بطريقة النجمة
Starting motor	محرك بدء الحركة
Stator	العضو الساكن
Transistor	ترانزستور
Triac Diode	ثنائي الترياك
Variable capacitor	مواسع متغير القيمة
Voltage regulator	منظم الجهد/منظم الجهد
Vrms	القيمة الفعالة للجهد
Wave	موجة
Wavelength	طول موجي
Winding	الملفات
Zener Diode	ثنائي زينر

قائمة المراجع

أولًا: المراجع العربية

1- سليمان قاسم أبو عين ومحمد نور صبح، **كهرباء وإلكترونيات المركبات**، مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع 2010.

ثانيًا: المراجع الإنجليزية

1- Automotive Electricity and Electronics-Cengage Learning, Al Santini, Inc. (2003)
2- Thomas P J Crompton MBBS BSc MRCS - Battery Reference Book-Newnes (2000)
3- Dale R. Patrick Stephen W. Fardo, Electricity and Electronics Fundamentals, CRC Press (2008)
4- R. Mohan Mathur, Rajiv K. Varma, Thyristor-Based FACTS Controllers for Electrical Transmission Systems, Wiley-IEEE Press, 2002
5- Auto motoive Technology,Jack Erja vec 4th Edition (2005).

تم بحمد الله