إدارة المناهج والكتب المدرسية

الكهرباء

العلوم الصناعية الخاصة والتدريب العملي

الفصل الدراسي الأول

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

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

قررت وزارة التربية والتعليم تدريس هذا الكتاب في مدارس المملكة الأردنية الهاشمية جميعها، بناءً على قرار مجلس التربية والتعليم رقم (2019/135)، تاريخ 2019/12/2م، بدءًا من العام الدراسي 2021/2020م.

الحقوق جميعها محفوظة لوزارة التربية والتعليم

عمّان – الأردن / ص.ب: 1930

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية:
(2020/7/2360)

ISBN : 978-9957-84-951-1

اللجنة الضابطة لتأليف هذا الكتاب

د.أسامة كامل جرادات	م.عادل أحمد ممتاز
د.زبيدة حسن أبو شويمة	م.حمد عزات أحمرو
م.باسل محمود غضية	م.عبد الناصر سعيد حماد
بكر صالح عليان	م.عبد المجيد حسين أبو هنية

م.حماد محمد أبو الرشتة

اللجنة الفنية

د.زايد حسن عكور

التحرير العلمي: م. باسل محمود غضية

التحرير اللغوي: نضال أحمد موسى **التحرير الفني:** نداء فؤاد أبو شنب

التصميم: فخري موسى الشبول **الإنتاج:** سليمان أحمد الخلايلة

دقق الطباعة وراجعها: م. عاهد حامد العطوي

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الطبعة الأولى 1442هـ / 2021م

أعيدت طباعته 2023م

قائمة المحتويات

	الموضوع	
	المقدمة	
	المسوغات	
	إرشادات للطلبة	
	الفصل الدراسي الأول	
	الوحدة الأولى: المادة والكهرباء	
أولًا	النظرية الذرية والكهرباء	21
	التمارين العملية	26
ثانيًا	التيار وفرق الجهد الكهربائي	28
	التمارين العملية	35
ثالثًا	المقاومة الكهربائية	38
رابعًا	أجهزة القياس الكهربائية	49
	التمارين العملية	57
خامسًا	قانون أوم	66
	التمارين العملية	70
سادسًا	المغناطيسية	71
	التمارين العملية	75
	القياس والتقويم	76
	الوحدة الثانية: مبادئ التيار المباشر	
أولًا	التيار المباشر: طرائق توليده، واستخداماته	81
	التمارين العملية	85
ثانيًا	الدارة الكهربائية البسيطة	89
	التمارين العملية	91

منهاجي
متعة التعليم الهادف

	الموضوع	
ثالثًا	توصيل المقاومات الكهربائية	94
	التمارين العملية	101
رابعًا	قانونا كيرشوف	104
	التمارين العملية	108
خامسًا	القدرة والطاقة الكهربائية	112
	التمارين العملية	117
	القياس والتقويم	121
	الوحدة الثالثة: مبادئ التيار المتناوب	
أولًا	القوة الدافعة الكهربائية الحثية	125
	التمارين العملية	130
ثانيًا	التيار المتناوب أحادي الطور	133
ثالثًا	توليد التيار المتناوب	149
	التمارين العملية	153
رابعًا	دارات التيار المتناوب ثلاثي الأطوار	158
	التمارين العملية	166
خامسًا	مكونات التيار المتناوب	173
	التمارين العملية	182
سادسًا	القدرة والطاقة في دارات التيار المتناوب	190
	التمارين العملية	214
	القياس والتقويم	225
	مسرد المصطلحات	228
	قائمة المراجع	232

منهاجي
متعة التعليم الهادف

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين.

فانطلاقًا من رؤية وزارة التربية والتعليم، وانسجامًا مع أهدافها في تطوير التعليم، جاء تطوير منهاج الكهرباء بدعم من الوكالة الكورية للتنمية الدولية (KOICA)، والوكالة الألمانية للتعاون الدولي (GIZ)؛ ليواكب التغير المتسارع والتطور التكنولوجي المستمر. وقد أوكلت مهمة تنفيذ هذا المنهاج إلى مركز هندسة العقول للتدريب والاستشارات، بإشراف مجموعة متخصصة من الخبراء والفنيين التابعين لوزارة التربية والتعليم الأردنية، وفقًا لمنهجية التدريب المبني على أساس وحدة الكفاية (CBT)، وبناءً على استراتيجية الحلقة الخماسية في إعداد المواد التعليمية والتدريبية .بما يحقق حاجات سوق العمل، ويقلل الفجوة بين التدريب والممارسة العملية في مجال الكهرباء؛ بغية إكساب الطلبة جميع المهارات الأدائية والنظرية والاتجاهية المتعلقة بمهنة الكهرباء.

روعي في تأليف هذا الكتاب الاعتماد على المعرفة العلمية والخبرات العملية، ودمج المعرفة النظرية في التطبيق العملي وفق استراتيجيات تعليمية وتدريبية حديثة، والنظر إلى الطالب (المتدرب) بوصفه محورًا للعملية التعلمية؛ لزيادة قدرته على تقصي المعرفة وتحليلها، والتواصل مع الآخرين بطرائق متعددة، ملتزمًا بأخلاقيات العمل الجماعي، وممارسًا التفكير الناقد والتفكير الإبداعي في حل المشكلات بصورة علمية، والإفادة من ذلك في اتخاذ القرارات.

يتكوَّن هذا الكتاب من ثلاث وحدات دراسية؛ الأولى: المادة والكهرباء، والثانية: مبادئ التيار المباشر، والوحدة الثالثة: مبادئ التيار المتناوب، والوحدة الرابعة: إلكترونيات القدرة، والوحدة الخامسة: التمديدات الكهربائية، والوحدة السادسة: تمديدات التيار المنخفض.

تضمَّن الكتاب كثيرًا من الصور، والرسوم التوضيحية، والأشكال، والجداول، والأنشطة، والقضايا البحثية، والزيارات الميدانية؛ لتمكين الطالب من الحصول على المعرفة بطرائق مختلفة ومتنوعة، إضافةً إلى تضمينه ملحقًا للمصطلحات الإنجليزية؛ لتسهيل مهمته، وبخاصة في عمليات البحث.

ونحن إذ نُقدِّم هذا الجهد المتواضع، نأمل أن يُحقِّق أهدافه في أن يكون أحد مصادر المعرفة المتوافرة للطلبة والمعلِّمين، راجين منهم تزويدنا بالملاحظات والمقترحات؛ بغية تطويره وتحسينه.

والله وليّ التوفيق

المسوغات

يُعَدُّ التعليم الثانوي الصناعي أحد فروع التعليم الثانوي الشامل المهني الذي تتبناه وزارة التربية والتعليم؛ لإعداد الكوادر المهنية المدرَّبة الداعمة للاقتصاد الوطني الأردني. وتخصص الكهرباء من التخصصات الضرورية التي تسعى إلى تطوير مهارات التفكير وحل المشكلات لدى الطلبة، وإغناء المعرفة النظرية والمهارات العملية والاتجاهات والقيم الإيجابية لديهم، ما يُمكِّنهم من إيجاد حلول مبتكرة للمشكلات التي تواجههم، واتخاذ القرار الصحيح بشأنها عند مزاولتهم المهنة في الحياة العملية على أسس سليمة.

يسعى هذا التخصص إلى غرس مبادئ العمل وقيمه في أذهان الطلبة، وفقًا لتعاليم العقيدة الإسلامية وقيمها الإنسانية والأخلاق العربية، وإعدادهم للعمل وتوفير الحياة الكريمة لهم؛ مُسلَّحين بكفايات فنية متميزة تُمكِّنهم من مواجهة تحديات العصر.

يُعَدُّ تخصص الكهرباء رافدًا مهمًّا للكوادر الفنية المؤهلة القادرة على التكيف مع متطلبات الحياة الحالية والمستقبلية والحاجات المتغيرة؛ ما يُؤثِّر إيجابًا في سوق العمل، ويُسهِم في إعداد طلبة قادرين على إدارة الوقت واستثماره، وربط المعرفة الفنية والنظرية والمهارات التي تلقوها بحياتهم العملية؛ تحقيقًا لرؤية وزارة التربية والتعليم، وتنفيذًا لأهدافها في مجال الاقتصاد المبني على المعرفة، وإكساب الطلبة المهارات اللازمة للحصول على المعرفة، وتوظيفها، واستثمارها؛ لتكون عونًا لهم في حياتهم العملية.

يُتوقَّع من الطلبة بعد دراسة هذا التخصص اكتساب:

1- المعارف والمهارات الأساسية في مجال الكهرباء.

2- المهارات المتخصصة في علوم الكهرباء، وحسابها، ومعرفة العلوم النظرية الخاصة بالتخصص.

3- المهارات المتخصصة في الطاقة الشمسية، وأنواعها، وطرائق توصيلها بما يتناسب مع الرمز (الكود) الأردني.

4- المهارات المتخصصة في فهم الدارات الإلكترونية، وتمديدات التيار المنخفض.

5- المهارات التخصصية لإجراء التمديدات والتوصيلات الكهربائية، وصيانة الأجهزة والمحركات الكهربائية المنزلية والصناعية، وإعادة لفها بصورة علمية صحيحة، وبحسب معايير سوق العمل.

6- مهارات تركيب دارات التحكم وتشغيلها بحسب معايير سوق العمل.

7- المهارات وقيم العمل الأساسية التي تفضي إلى اتجاهات جديدة في تقدير المهنة وأخلاقياتها، والتعامل مع الآخرين بإيجابية.

8- المهارات والاتجاهات التي تساعدهم على التعلم الذاتي، والتعلم مدى الحياة.

9- مهارات التفكير الإبداعي التي تساعدهم على فهم ما يحيط بهم من تقنيات العصر في مجال الكهرباء، وكيفية التعامل معها.

إرشادات للطلبة

الكفاية التقنية Technical Competence

تركز الكفاية التقنية على فكرة نقل المعرفة عن طريق عمل المشروع. ويعتمد تنفيذ المشاريع عامةً على الخطوات الست الآتية:

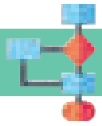
1- الحصول على المعلومات Informing

بناءً على تعريف المشروع؛ يجب أن يتكوَّن لدى الطلبة صورة واضحة عن الحل النهائي، بما في ذلك التفاصيل. ويتحقق ذلك من خلال تحليل منهجي لوثائق المشروع وطرح الأسئلة إذا لزم الأمر.

من الأسئلة المحتملة في هذه المرحلة:

- ماذا يُفترض أن تفعل؟
- هل فهمت المهمة المطلوبة فهمًا دقيقًا؟

2- التخطيط Planning



يُقصَد بالتخطيط إعداد الطالب عقليًّا، وتوقُّع التنفيذ الفعلي، وهو يتطلب الكفاءة في معالجة المشروع، وتنظيم خطواته.

من الأسئلة المحتملة في هذه المرحلة:

- كيف يمكنك المضي قُدُمًا في تحقيق المهمة المطلوبة؟
- ما المعلومات المطلوبة؟
- ما المساعدات المتوافرة؟

3- اتخاذ القرار Deciding

بعد مرحلة التخطيط يقرر الطلبة الوسائل المساعدة الضرورية، مثل: أوراق البيانات اللازمة لمعالجة المشاريع، وكيفية تنفيذ المهمة (فرديًّا، أو جماعيًّا).

من الأسئلة المحتملة في هذه المرحلة؟

– ما الأدوات والمستلزمات التي ستُستخدَم في التمرين؟

– هل ستستخدم مصادر المعلومات المتوافرة جميعها؟

– هل التزمت بقواعد السلامة العامة؟

4- التنفيذ Executing

يجب أن يكون الطلبة قادرين على تنفيذ المهمة المطلوبة من دون مساعدة تقريبًا.

بعد التوصل إلى الحل، يجب إجراء فحص، أو الطعن في النتائج التي تُوصِّل إليها.

من الأسئلة المحتملة في هذه المرحلة:

–هل اخترت التسلسل الصحيح لإنجاز المهمة؟

5- التدقيق Checking

يفحص الطلبة النتائج، ويمكنهم مقارنتها بوثائق الشركة المصنعة. ويجب التحقق من القياسات لمعرفة إذا كانت القراءات واقعية أم لا.

من الأسئلة المحتملة في هذه المرحلة:

– هل أنجزت أهداف المشروع؟

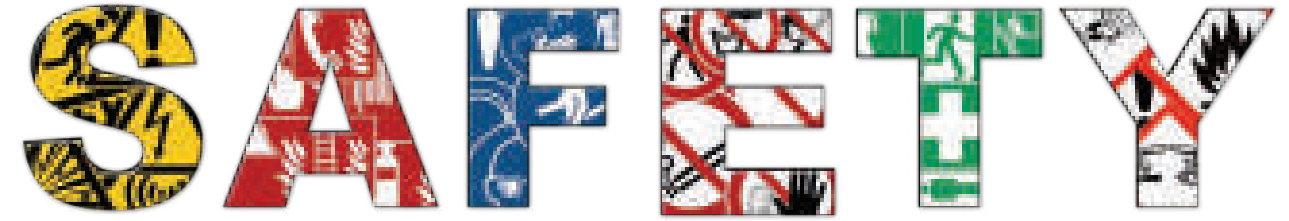
– هل اقتنعت أنت والمعلِّم بالنتائج؟

6- التقييم Evaluation

في مرحلة التقييم النهائية، ينبغي استخدام المقارنة بين وثائق ترتيب المشروع والنتائج العملية من حيث الأداء والقيم؛ بوصف ذلك أساسًا لإجراء تقييم خارجي أو تقييم ذاتي، ويجب تحليل الأخطاء وأسبابها وإمكانية تجنبها في المشاريع المستقبلية. يجب أيضًا أن يتعلم الطالب تقييم مواطن قوته وضعفه، وتطوير معايير الجودة الموضوعية للتطبيق في طريقة عمله التي ستؤدي في نهاية المطاف إلى إتقان العمل.

منهاجي
منصة التعليم الهادف

قواعد السلامة العامة والصحة المهنية



معلومات مهمة

إن توفير بيئة عمل آمنة من المخاطر يؤدي إلى خفض عدد ساعات العمل غير المستفاد منها نتيجة تغيب العاملين عن العمل بسبب المرض أو الإصابة، وكذلك الحد من تكاليف العلاج والتأهيل والتعويض عن الأمراض والإصابات المهنية؛ ما يؤدي إلى تحسين مستوى الإنتاج، والمحافظة على العنصر المادي من التلف، فتقل بذلك الخسائر المادية المباشرة، وغير المباشرة، وتزداد الأرباح؛ لذا يجب توفير بيئة العمل التي تُعْنى بتطبيق أعلى درجات الجودة في مجال السلامة العامة والصحة المهنية وحماية البيئة.

إدارة المخاطر

يُقصَد بها قياس المخاطر المحتملة في بيئة العمل وتقييمها؛ بغية السيطرة عليها، والحد منها ما أمكن، أو منعها تمامًا؛ إذ تتم إدارة المخاطر وفقًا للخطوات الآتية، مرتبة حسب الأولوية:

1- **تحديد المخاطر**: هو تحديد مصادر المخاطر المحتملة، وتحديد الأشخاص المحتمل تعرضهم لهذه المخاطر.

2- **تقييم المخاطر**: تقدير شدة الخطر.

3- **تنفيذ إجراءات الوقاية** من المخاطر وفقًا للتقييم المذكور آنفًا. وبوجه عام، توجد ستة إجراءات للتحكم في المخاطر، هي:

أ- **الإزالة**: إزالة الخطر بشكل كامل ونهائي من بيئة العمل.

ب- **الاستبدال**: في حالة عدم التمكن من إزالة مصدر الخطر نهائيًا، يجب التفكير في أن يُستبدل به مصدر آخر عديم الخطورة به.

جـ- **العزل**: في حال عدم التمكن من إزالة مصدر الخطر أو استبداله، يجب عزل الخطر بعوازل مناسبة تقلل من أضراره، أو تحدّ منه، أو تمنعه.

د - **التصاميم التقنية والهندسية**: تصاميم تحد من مصادر الخطر، أو تمنعها نهائيًا. وقد تكون واقيات عازلة للمعدات الخطرة، أو عازلة لمصادر الخطر.

هـ - **الضوابط الإدارية**: القوانين والإرشادات والقرارات الإدارية التي تحمي العاملين والأشخاص الموجودين في بيئة العمل من التعرض لمخاطر بيئة العمل.

و - **معدات الوقاية الشخصية**: خط الدفاع الأخير لحماية الإنسان من مخاطر بيئة العمل، مثل: واقيات العيون، وواقيات السمع، والأيدي، والأرجل، وملابس العمل.

إجراءات الوقاية

في ما يأتي أهم إجراءات الوقاية من المخاطر المحتملة في بيئة العمل:

1- الوقاية من مخاطر الكهرباء

للوقاية من مخاطر الكهرباء، يجب الالتزام بالإجراءات الآتية:

أ - التدريب الكافي على تطبيق قواعد السلامة العامة والصحة المهنية للوقاية من مخاطر الكهرباء.

ب- توافر لوحات تحذيرية من مخاطر الكهرباء مثبتة في مواقعها المخصصة بشكل واضح للجميع.

جـ- استعمال أجهزة الوقاية الكهربائية من زيادة شدة التيار.

د - توافر العزل الجيد للأرضيات أسفل لوحات الكهرباء.

هـ - جودة التأريض الكهربائي.

و – جودة التمديدات الكهربائية.

ز– العزل الجيد للأسلاك الكهربائية.

ح – عدم تحميل التوصيلات الكهربائية حملًا زائدًا على الحد المسموح به.

2- الوقاية من مخاطر السلالم النقالة

تصنع السلالم النقّالة من الخشب، والفايبرجلاس، والألمنيوم، ويتوافر منها الأنواع الآتية: السلَّم المستقيم **(A Straight Ladder)**، وسلَّم الدرج **(Step Ladder)**، والسلَّم القابل لزيادة الطول **(Extension Ladder)**. عند استخدام السلَّم النقّال يجب معرفة الحد الأقصى للوزن الذي يتحمله السلَّم، والتأكد من أنه يناسب الوزن الكلي (وزن العمل نفسه + وزن المعدات والأدوات اللازمة للعمل) الذي سيتم تحميله عليه.

سلَّم الدرج
(Step Ladder)

السلَّم المستقيم
(Straight Ladder)

السلَّم القابل للزيادة
(Extension Ladder)

للوقاية من مخاطر سلالم الدرج، يجب الالتزام بالإجراءات الآتية:

استخدام السلَّم المناسب لنوع العمل والوزن المسموح به؛ إذ تصنف سلالم الدرج وفقًا للوزن الأقصى الذي تتحمله إلى خمس فئات، هي:

أ – الصنف **(III)** للمهام الخفيفة **(Light Duty)** : يتحمل وزن 90 كغ فأقل.

ب– الصنف **(II)** للمهام المتوسطة **(Medium Duty)** : يتحمل وزن 102 كغ فأقل.

جـ– الصنف **(I)** للمهام الثقيلة **(Heavy Duty)** : يتحمل وزن 113 كغ فأقل.

د – الصنف **(I A)** للمهام فوق الثقيلة **(Extra Heavy Duty)** : يتحمل وزن 136 كغ فأقل.

هـ – الصنف **(I A A)** لمهام خاصة **(Special Duty)** : يتحمل وزن 170 كغ فأقل.

للوقاية من مخاطر السلَّم المستقيم، يجب الالتزام بالإجراءات الآتية:

أ- ضبط درجة ميلان السلَّم وفق قاعدة (1-4)؛ إذ يجب أن تساوي المسافة الأفقية ربع الارتفاع العمودي بين الأرض ونقطة ارتكاز السلَّم على الجدار، أو على السطح؛ أي إن المسافة الأفقية = الارتفاع ÷ 4. ويبين الشكل ضبط درجة ميلان السلَّم العمودي.

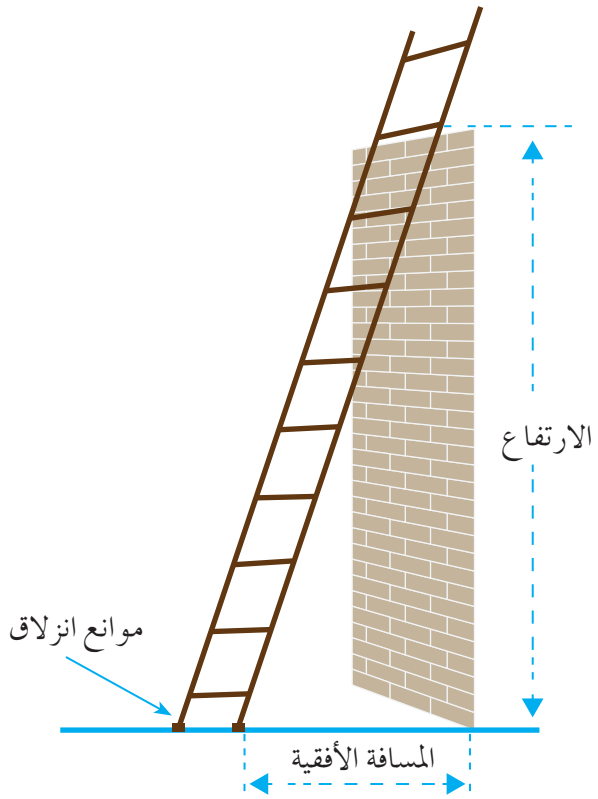
ب- عدم استعمال أكثر من شخص واحد السلَّم في الوقت نفسه.

جـ- تثبيت السلَّم عند نقطة الاستناد العليا على الجدار، وعند نقطة الارتكاز السفلى على الأرض، وتزويده بموانع انزلاق مثبتة بأسفل القائمتين.

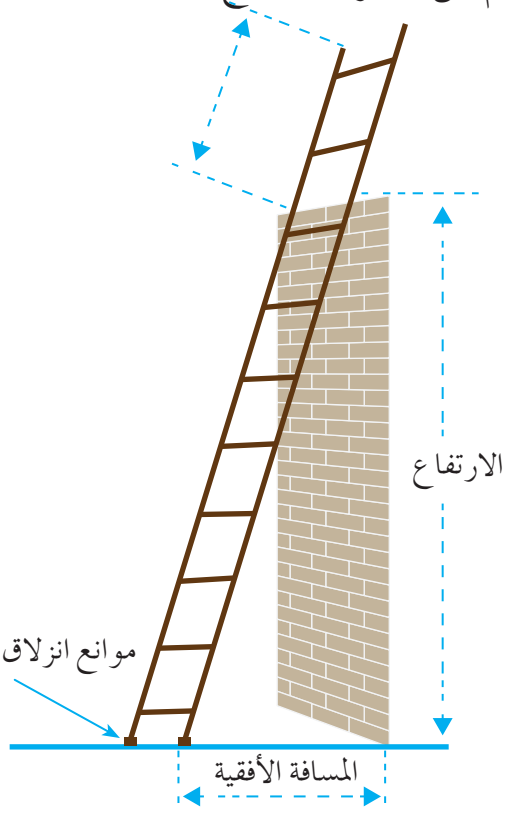
د- مراعاة أن يكون وجه العامل مواجهًا للسلَّم عند الصعود عليه، أو النزول منه.

هـ- عدم الوقوف على الدرجة الأخيرة للسلَّم، وعدم تجاوز الدرجة الثالثة تحت نقطة الارتكاز العليا.

و- إبراز حافة السلَّم العليا مسافة لا تقل عن متر واحد عن السطح عند استعماله للصعود إلى السطح. ويبين الشكل بروز الحافة العليا للسلَّم المستقيم عن مستوى السطح.



ضبط درجة ميلان السلَّم العمودي.



بروز الحافة العليا للسلَّم المستقيم عن مستوى السطح.

منهاجي
منصة التعليم الهادف

ز– المحافظة على استمرار وجود ثلاث نقاط اتصال بين العامل والسلَّم في كل لحظة: اليدين وقدم واحدة، والقدمين ويد واحدة. ويبين الشكل نقاط الاتصال الثلاث بين العامل والسلَّم.

نقاط الاتصال الثلاث بين العامل والسلَّم.

3- الوقاية من مخاطر المناولة اليدوية

أ - الوقاية من مخاطر الرفع: قد يؤدي رفع المواد الثقيلة بصورة غير صحيحة إلى إصابة الفقرات القطنية. ومن أساليب الرفع المريحة للجسم الاحتفاظ بالأحمال قرب الجسم، وقرب مركز ثقل مركز جاذبية الشخص باستعمال أوضاع القدم القطرية، وتحريك الأحمال إلى مستوى ارتفاع الخصر بدلًا من تحريكها مباشرة من الأرض. ويبين الشكل الفرق بين الطريقة الصحيحة والطريقة غير الصحيحة لرفع الحمل.

الشكل (أ): الطريقة غير الصحيحة: ثني الظهر عند رفع الحمل.

الشكل (ب): الطريقة الصحيحة: المحافظة على استقامة الظهر، والاعتماد فقط على الأرجل في الرفع.

الفرق بين الطريقة الصحيحة والطريقة غير الصحيحة لرفع الحمل.

ب- الدفع والسحب: قد تتطلب المناولة اليدوية للمواد الدفع أو السحب وبوجه عام، يكون الدفع أسهل من السحب. ومن المهم استخدام كلتا الذراعين والساقين لتوفير القوة اللازمة لبدء الدفع .

جـ- الدوران: يمكن للعامل تحريك الأحمال بأمان عند لف الكتفين والوركين والقدمين مع المحافظة على بقاء الحمل أمامه في جميع الأوقات بدلًا من ليِّ الظهر. ويبين الشكل الدوران غير الصحيح لجسم العامل في أثناء المناولة اليدوية.

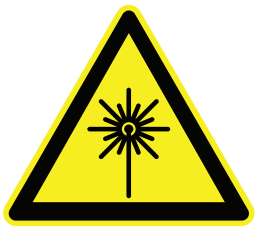
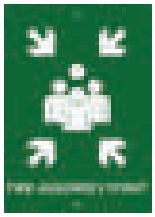
يتسبب الدوران غير الصحيح أثناء تحريك الحمل في كثير من الإصابات، ولا سيما الإصابات العضلية الهيكلية التي تؤدي إلى حدوث التواء ورضوض في الظهر والكتفين والأطراف العليا، وقد تؤدي المناولة اليدوية الطويلة للمواد إلى تلف العضلات والأوتار والأربطة والأعصاب والأوعية الدموية.

الدوران غير الصحيح لجسم العامل في أثناء المناولة اليدوية.

ملاحظات

تحتوي لوحات السلامة العامة والصحة المهنية على رموز ذات دلالات عالمية يمكن لأي عامل أو مهني فهمها ومعرفة المقصود بها. ويبين الجدول الآتي بعض هذه اللوحات.

بعض لوحات السلامة العامة والصحة المهنية.

			
مواد سامة.	خطر إشعاعات الليزر.	مواد سامة ومؤكسدة / ممنوع الدخول.	مواد مشعة.
مادة كيميائية خطرة.	خطر سقوط الأشياء.	مواد قابلة للاشتعال.	مواد ضارة بالبيئة.
خطر الصدمة الكهربائية.	مواد قابلة للانفجار.	خطر الصدمة الكهربائية.	مواد مؤكسدة.
			
مخرج طوارئ.	اتجاه مخرج الطوارئ.	بلل الأرضية (زلقة).	منطقة تجمع عند الإخلاء.

منهاجي
منصة التعليم الهادف

معدات الوقاية الشخصية

هي معدات تقي العمال والمهنيين من مخاطر بيئة العمل، مثل: معدات مكافحة الحريق، والمعدات الهندسية التي تقي العامل من مصدر الخطر مثل: تركيب الحواجز الواقية للأجزاء المتحركة، أو الحواجز الواقية التي تمنع تطاير الأجزاء الدقيقة، مثل البرادة (الرايش)، والذرّات المعدنية والمواد الكيميائية. فإذا تعذَّر عمليًّا تهيئة ظروف عمل آمنة لإزالة المخاطر أو عزلها، فإن الحاجة تتطلب الوقاية بتوفير معدات الوقاية الشخصية الملائمة، وتزويد الأشخاص العاملين والموجودين في بيئة العمل بها، وفرض استخدامها؛ ضمانًا لوقايتهم من الإصابات والمخاطر، ويجب الاستمرار في استخدام هذه المعدات حتى في حال اتخاذ جميع إجراءات عزل المخاطر الهندسية والإدارية وغيرها.

يبين الجدول الآتي بعض معدات الوقاية الشخصية.

بعض معدات الوقاية الشخصية.

اللباس الواقي للجسم.	حزام الأمان.	واقي اليدين.	الحذاء الواقي للقدمين.
واقي السمع.	واقي الرأس.	واقي العينين وجهاز التنفس.	واقي العينين.
واقي الوجه.	حذاء عازل للكهرباء.	كفوف.	مفك فحص كهرباء.

يجب أن تتوافر في معدات الوقاية الشخصية الشروط الآتية:

1- مطابقتها للمواصفات العالمية، ومواكبتها أحدث التطورات التكنولوجية.

2- مناسبتها للجسم، وسهولة استخدامها، وعدم إعاقتها للعمل.

3- صلاحيتها للاستخدام، ودرؤها الخطر عن العامل في أثناء العمل.

4- متانتها وجودتها بحيث تتحمل ظروف العمل.

5- تدريب العامل على الاستخدام الصحيح لها لتكون جزءًا من برنامج عمله اليومي.

6- إلزام العاملين باستخدامها، وتنظيم برامج التوعية بأهميتها.

7- حفظها نظيفة في أكياس مناسبة في حال عدم استخدامها.

أخلاقيات العمل في مهنة الكهرباء

يُقصَد بها مجموعة القواعد والآداب السلوكية والأخلاقية التي يجب أن يتحلّى بها العاملون في مهنة الكهرباء في أثناء تعاملهم مع الزبائن والتجار وزملاء المهنة الآخرين. وفي ما يأتي أبرز أخلاقيات العمل في هذا المجال:

1- احترام المواعيد.

2- المصداقية في تسعير الأجور وأثمان القطع، وعدم المبالغة، ومراعاة حقوق الآخرين وظروفهم المادية والاقتصادية.

3- الصدق والأمانة في تشخيص الأعطال، وتقدير حجم العمل.

4- احترام خصوصيات الزبائن وممتلكاتهم عند العمل في المنازل.

5- تجنب الممارسات الضارة بالبيئة والمجتمع.

6- عدم أداء أعمال بطرائق غير مشروعة، مثل الرشوة، والمنافسة غير الشريفة.

7- عدم أداء أعمال بأجور منخفضة جدًّا بذريعة التنافس؛ ما يؤدي إلى تدني جودة الخدمة المقدمة.

الوحدة الأولى

1

المادة والكهرباء

منهاجي
متعة التعليم الهادف

النتاجات العامة للوحدة

يُتوَّقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتعرَّف تركيب الذرَّة.
- يُميِّز بين المواد الموصلة، والمواد العازلة، والمواد شبه الموصلة.
- يتعرَّف مفهوم المقاومة، ووحدة قياسها.
- يقيس مقاومة المواد باستخدام جهاز الأفوميتر.
- يُميِّز بين أنواع المقاومات الكهربائية الكربونية والسلكية.
- يقيس مقاومات مختلفة باستخدام جهاز الأفوميتر، ويقارنها بالقيم المقروءة باستخدام نظام الألوان.
- يُبيِّن تأثير درجة الحرارة في المقاومة الكهربائية.
- يتعرَّف التيار الكهربائي، ووحدة قياسه، واستخداماته.
- يتعرَّف فرق الجهد، ووحدة قياسه، واستخداماته.
- يقيس قيمة التيار وفرق الجهد لبعض الأحمال باستخدام جهازي الأميتر والفولتميتر.
- يتحقَّق من قانون أوم، والعلاقة بين التيار وفرق الجهد والمقاومة.

الكهرباء اسم يضم مجموعة متنوعة من الظواهر الناجمة عن وجود شحنة كهربائية وتدفقها. وتضم هذه الظواهر البرق والكهرباء الساكنة، ولكنها تحتوي على مفاهيم أقل شيوعًا، مثل: المجال الكهرومغناطيسي، والحث الكهرومغناطيسي.

وفي الاستخدام العام، فإن كلمة (الكهرباء) تشير إلى عدد من التأثيرات الفيزيائية. أمّا في الاستخدام العلمي، فإن هذا المصطلح ما يزال غامضًا. ولهذا، فإن المفاهيم المتعلقة بهذا المصطلح يُفضَّل تعريفها وفقًا لمصطلحات أكثر دقة، وهذا ما سنتعرَّفه في هذه الوحدة.

أولًا: النظرية الذرية والكهرباء

النتاجات

- يُحدِّد العلاقة بين تركيب المادة والكهرباء.
- يُميِّز بين المواد الموصلة، والمواد العازلة، والمواد شبه الموصلة.

انظر.. وتساءل

استكشف

اقرأ.. وتعلم

الإثراء.. والتوسع

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

انظر.. وتساءل

هل سمْعتَ يومًا عن الشحنات الكهربائية المنتجة للبرق؟

البرق هو الضوء الذي يظهر فجأة في قلب السماء، ويحدث هذا الضوء نتيجة تصادم سحابتين؛ إحداهما تحمل شحنة كهربائية سالبة، والأخرى تحمل شحنة كهربائية موجبة، وينتج من التصادم شرارة قوية تكون على صورة الضوء الذي نراه فجأة ثم يختفي، انظر الشكل (1-1).

الشكل (1-1): الشحنات الكهربائية المنتجة للبرق.

استكشف

• هل لتركيب المادة علاقة بالكهرباء؟

اقرأ.. وتعلم

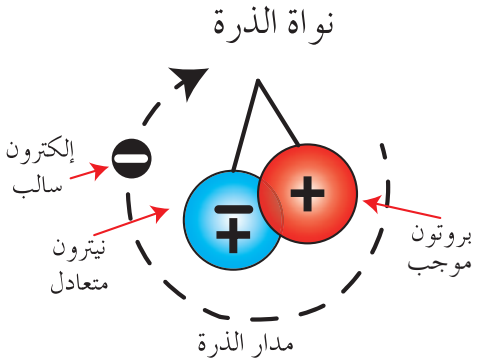
النظرية الذرية (Atomic Theory)

لتركيب المادة ونوعها أهمية خاصة في علم الكهرباء؛ إذ تُستخدَم النظرية الذرية في تفسير الخصائص الكهربائية للمواد من حيث: سريان التيار، وتأثيراته المختلفة.

الذرَّة (Atom)

درست سابقًا أن المادة تتكون من جزيئات، وأن الجزيئات مجموعة من الذرّات المرتبطة التي يرتبط بعضها ببعض، انظر الشكل (1–2). تُعَدُّ الذرَّة وحدة بناء المادة، وأصغر جزء في العنصر، وهي التي تُحدِّد خصائص هذه المادة.

تتكوَّن الذرَّة ممّا يأتي:



الشكل (1–2): مُكوِّنات الذرَّة.

1– **النواة (Nucleus)**: مركز الذرَّة، وهي تحوي نوعين من الجسيمات، هما:

أ – البروتونات (**Protons**): توجد داخل النواة، وتحمل الشحنة الموجبة (+).

ب – النيترونات (**Neutrons**): توجد داخل النواة، وتحمل الشحنة المتعادلة (±).

2– **الإلكترون (Electron)**: تحمل الإلكترونات شحنة سالبة. وتكون الذرَّة متعادلة كهربائيًّا، أي إن عدد الإلكترونات يساوي عدد البروتونات الموجبة داخل النواة من حيث المقدار. وتدور الإلكترونات في مدارها الخارجي حول النواة، وعندما يكتسب أحدها طاقة فإنه يتحرر من

منهاجي
متعة التعليم الهادف

مداره، وينتقل إلى مدار آخر، وتُسمّى الإلكترونات التي تنتقل نتيجة التحرر الإلكترونات الحرة. أمّا عملية انتقال الإلكترونات فتُعرَف بالتيار الكهربائي، وهو حركة الإلكترونات الحرة وانتقالها من نقطة إلى أخرى عبر موصل تحت تأثير فولتية المصدر الكهربائي. والجدير بالذكر أن عدد الإلكترونات الحرة في المادة هو الذي يُحدِّد مدى توصيلها للتيار الكهربائي، فكلما زاد عدد الإلكترونات الحرة في المادة زاد توصيلها للتيار الكهربائي.

تذكَّر

الإلكترونات الحرة هي وحدها التي تنقل التيار الكهربائي.

تأسيسًا على ما سبق؛ هل توجد مواد غير موصلة؟ ما الذي يدفع الإلكترونات إلى التحرك والتنقل من نقطة إلى أخرى؟ هل يُسمَح للإلكترونات الموجودة في ذرّات المواد جميعها بالتحرك والتنقل؟

تُصنَّف المواد من حيث توصيلها للتيار الكهربائي إلى ثلاث مواد، هي:

1 – **المواد الموصلة (Conductive Materials)**: مواد تسمح للتيار الكهربائي بالسريان من خلالها، وتحتوي ذرّاتها على عدد كبير من الإلكترونات الحرة، وتكون مقاومتها منخفضة جدًّا، وتشمل جميع المعادن، مثل: الفضة، والذهب، والألمنيوم، والحديد، والنحاس؛ إذ يُستخدَم النحاس في صنع الأسلاك الكهربائية لنقل الطاقة الكهربائية الداخلية، ويُستخدَم الألمنيوم في خطوط شبكات النقل وتوزيع الكهرباء الخارجية؛ نظرًا إلى جودتهما ورخص ثمنهما مقارنةً بالمواد الموصلة الأخرى.

تذكَّر

من أهم أسباب استخدام الألمنيوم في شبكات النقل انخفاض وزنه مقارنةً بالمواد الموصلة الأخرى.

2 – **المـواد العازلـة (Materials Insulating)**: مـواد لا تسمـح للتيار الكهربائـي بالسريان من خلالهـا؛ لعدم قـدرة الإلكترونات علـى التحرك، بسب احتـواء ذرّاتها على عـدد قليل من الإلكترونـات الحرة (حسب طبيعة تركيبها الذري)؛ إذ تكون مقاومتها عالية، مثل: الخشب، والزجـاج، والبلاستيـك. وللمواد العازلـة أهمية كبيرة في الأنظمة الكهربائيـة؛ إذ تُعَدُّ مادة البـولي فينيل كلوريـد (**Poly Vinyl Chloride: P. V .C**) أكثر المواد الخام استخدامًا في إنتاج المـواد العازلة للكهرباء، ولديها استقرار كيميائي جيد، ومقاومة للتآكل والمياه. أمّا مادة البولي أثيلـين التشابكـي (**Cross linked Polyethylene: XLPE**) فتُستخـدَم في عزل الأسلاك الكهربائية؛ لحماية الإنسان من الصدمات الكهربائية.

3 – **المواد شبه الموصلة (Semi Conductive Materials)**: يُطلَق عليها اسم أنصاف الموصلات؛ وتُعَـدُّ مادتا السليكون والجرمانيوم من أهم المـواد شبه الموصلة، إذ تمتاز هذه المواد بأنها مواد عازلة في حالتها النقية عند درجة حرارة الصفر المطلق، وتصبح موصلة جيدة للكهرباء بإضافة بعض المواد الخاصة إليها بنسب محددة، مثل الفسفور والزرنيخ، وبذلك يمكن استخدامها في صنع القطع الإلكترونية، مثل الثنائيات والترانزستورات وغيرها.

مستعينًا بالمراجع المتوافرة في مكتبة مدرستك، أو المواقع الإلكترونية في الشبكة العنكبوتية، ابحث وأفراد مجموعتك عن معلومات إضافية عن النظرية الذرية، ثم ناقشها مع المعلِّم في المشغل.

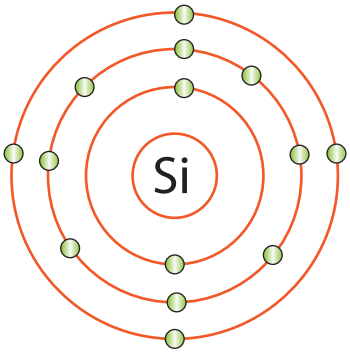
ابحث

ابحث مع زملائك عن المواد المستخدمة في عزل الأسلاك الكهربائية (P.V.C) و(XLPE) من حيث مقدار تحملها لدرجة الحرارة.

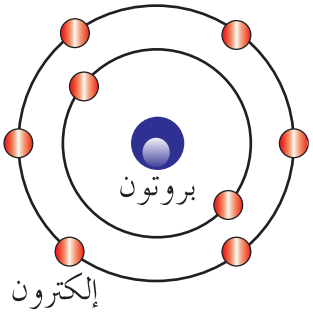
نوع العازل	درجة الحرارة
(P.V.C): البولي فينيل كلوريد.	
(XLPE): البولي إيثلين التشابكي.	

يُمثِّل الشكلان المجاوران التركيب الذري لبعض العناصر (عازلة، شبه موصلة).

– قارِن بين هذه العناصر من حيث توصيلها للتيار الكهربائي، ثم اكتب تقريرًا عن ذلك بإشراف المعلِّم.



التركيب الذري للسليكون.



التركيب الذري للأكسجين.

تذكَّر

قانون توزيع الذرّات على المدارات ($2n^2$)، حيث n رقم المدار.

التمارين العملية (1 – 1)

تعرُّف المواد الموصلة والمواد العازلة.

يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تتعرَّف المواد الموصلة والمواد العازلة.

متطلبات تنفيذ التمرين

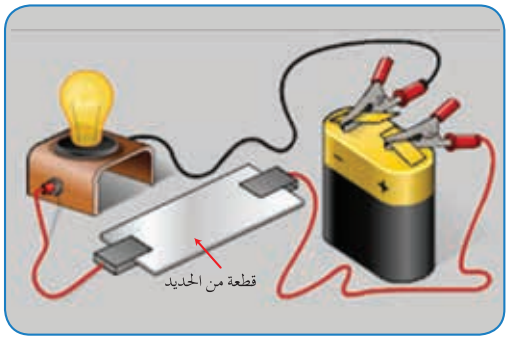
التجهيزات (الأدوات)	المواد الأولية
– بطاريات. – مصباح كهربائي.	– أسلاك وأقطاب توصيل. – قطعة معدنية موصلة للكهرباء. – مادة بلاستيكية. – قطعة خشب. – قطعة زجاج.

خطوات الأداء

1– أحضر مصباحًا كهربائيًّا وبطارية وأسلاكًا، ثم صِلِ الدارة كما هو مبين في الشكل (1).

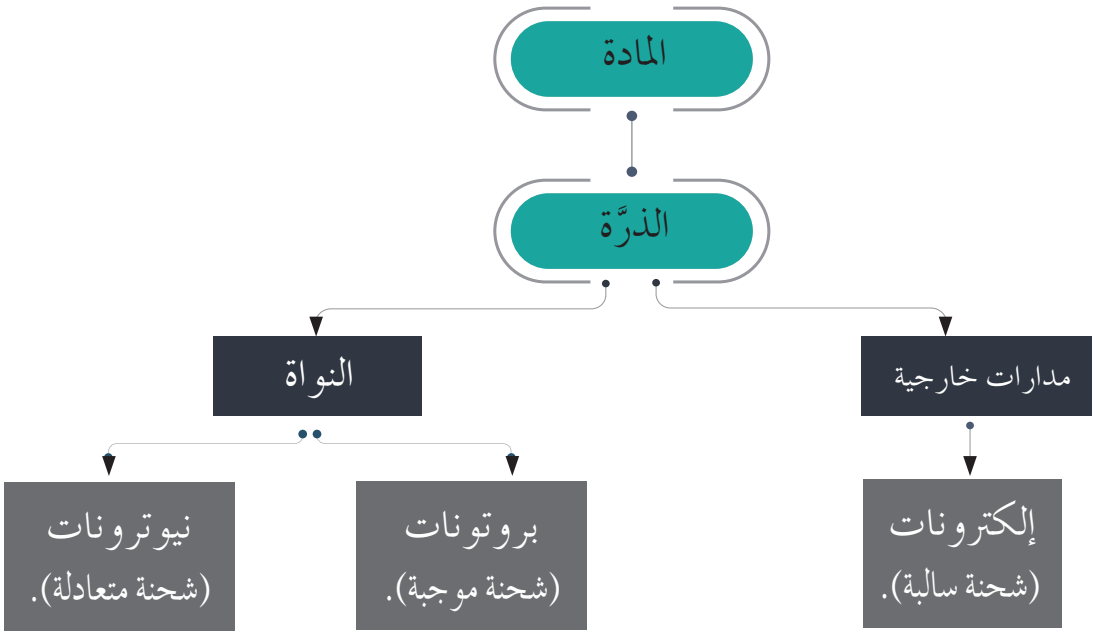
2– لاحظ إضاءة المصباح عند وصل الدارة بالعناصر المختلفة، ثم دَوِّن ملاحظاتك في الجدول.

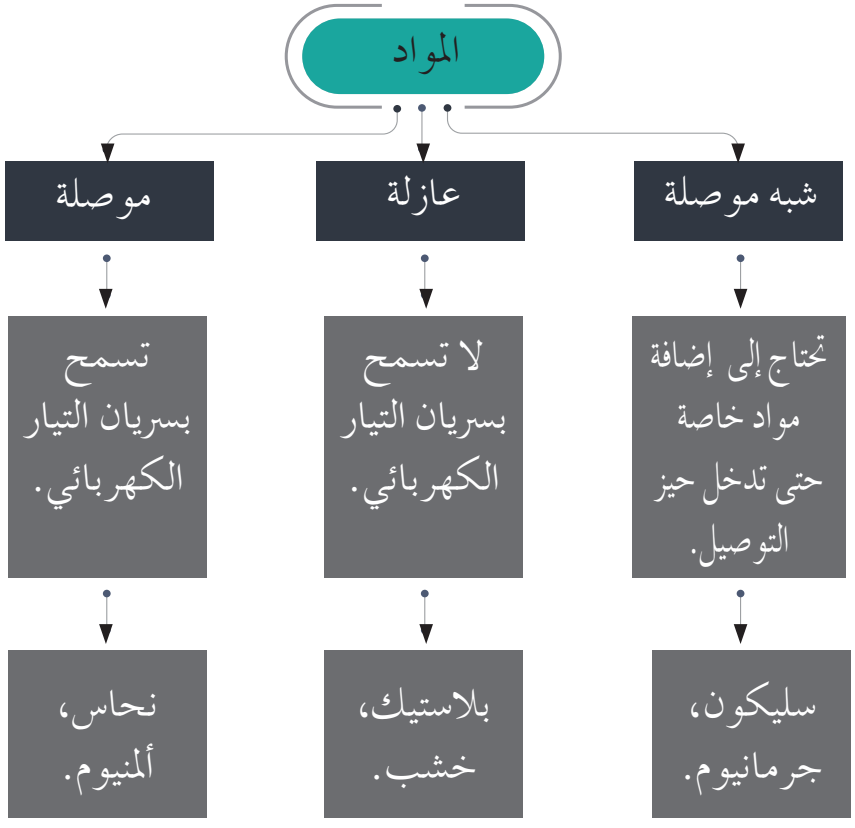
الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

نوع القطعة المستخدمة	إضاءة المصباح
الزجاج	
الخشب	
البلاستيك	
الحديد	
النحاس	
الألمنيوم	


المادة
الذرَّة
مدارات خارجية
النواة
إلكترونات
(شحنة سالبة).
بروتونات
(شحنة موجبة).
نيوترونات
(شحنة متعادلة).


المواد
شبه موصلة
عازلة
موصلة
تحتاج إلى إضافة
مواد خاصة
حتى تدخل حيز
التوصيل.
لا تسمح
بسريان التيار
الكهربائي.
تسمح
بسريان التيار
الكهربائي.
سليكون،
جرمانيوم.
بلاستيك،
خشب.
نحاس،
ألمنيوم.

ثانيًا: التيار وفرق الجهد الكهربائي

النتاجات

- يُحدِّد أنواع التيار الكهربائي واستخداماتها، ويُميِّز بينها.
- يُحدِّد القيمة والنوع لفرق الجهد المُستخدَم في المنازل داخل الأردن.

انظر.. وتساءل

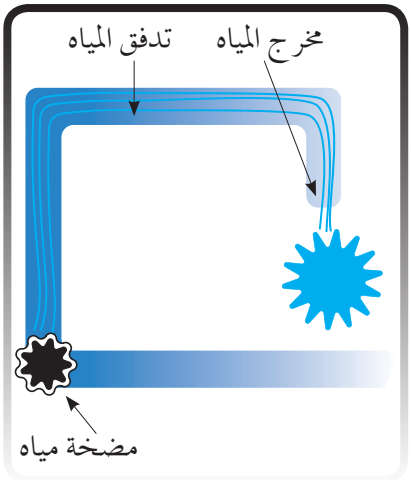
اقرأ.. وتعلم

استكشف

الإثراء.. والتوسع

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية



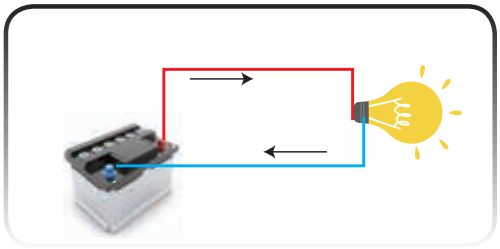
ما الذي يجعل المياه تجري داخل الأنابيب باندفاع؟

توجد مضخة في شبكة خطوط المياه تدفع المياه داخل الأنابيب؛ ما يجعلها تخرج من مخرج المياه بقوة. وفي حال عدم وجود مضخة لا يحدث تدفق للمياه داخل الأنابيب بقوة، فلا تخرج كمية كافية من المياه.

تحتوي البطارية على قطبين؛ أحدهما موجب، والآخر سالب يحمل شحنة الإلكترونات. ونظرًا إلى احتواء الموصل على إلكترونات؛ فإنه عند وصل البطارية يتنافر القطب السالب فيها مع الإلكترونات الموجودة في الموصل، فتبدأ الإلكترونات بالاندفاع باتجاه واحد، وضمن دورة مغلقة، نحو قطب البطارية الموجب، فينتج التيار الكهربائي.

استكشف

- مُستعينًا بالشكل (1–3)، ما الذي يُجبِر الإلكترونات على السريان خلال الموصل ؟

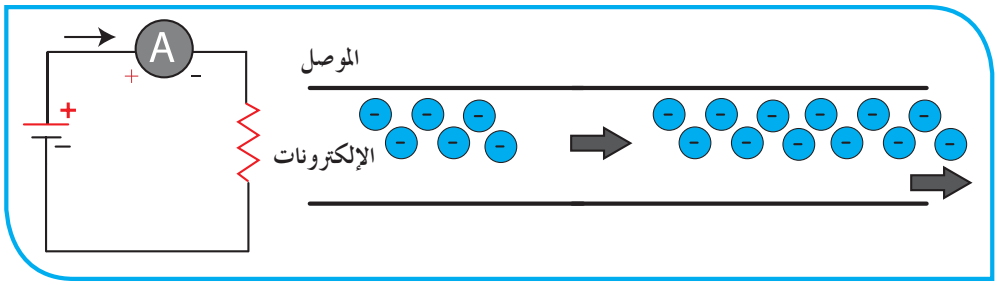


الشكل (1–3): دارة كهربائية بسيطة.

اقرأ.. وتعلم

التيار الكهربائي (Electric Current)

يُقاس التيار الكهربائي بوحدة الأمبير (Ampere)، ويُرمَز إليه بالرمز (I)، ويُعرَّف بأنه عدد الإلكترونات التي تسري داخل الموصل في الثانية الواحدة، وكلما زاد عدد الإلكترونات التي تسري في الموصل زاد التيار في الموصل، كما هو مبين في الشكل (1–4)؛ إذ يجب أن تتناسب مساحة مقطع الموصل مع الزيادة في التيار الذي يسري خلاله؛ خوفًا من عدم تحملها للتيارات المسحوبة، علمًا بأن اتجاه التيار الكهربائي في الدارة يكون من قطب البطارية الموجب باتجاه القطب السالب (عكس اتجاه سريان الإلكترونات)، حين يكون داخل مصدر الجهد (البطارية) من القطب السالب إلى القطب الموجب.



الشكل (1–4): التيار الكهربائي.

يُوضِّح الجدول (1–1) وحدات أجزاء الأمبير ومضاعفاته المستخدمة كثيرًا في الحياة العملية.

الجدول (1–1): وحدات أجزاء الأمبير ومضاعفاته.

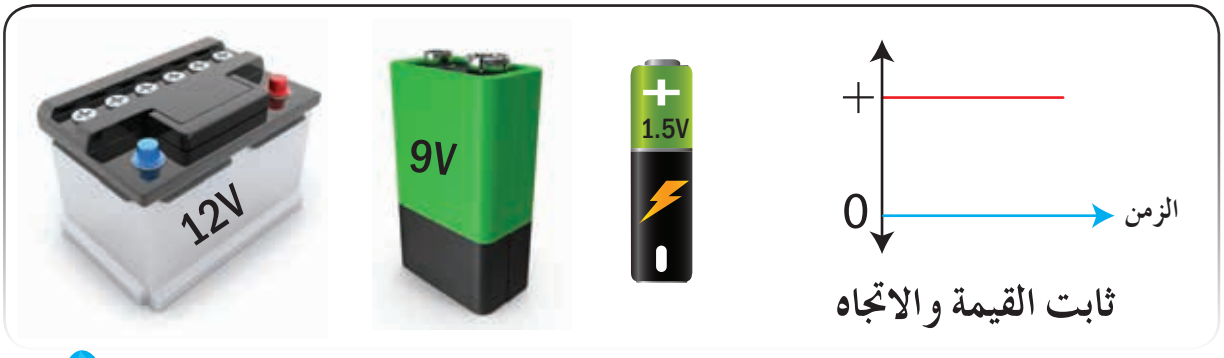
الاسم	الرمز	القيمة الأسية	القيمة العددية
كيلو أمبير (Kilo Ampere)	KA	10^{3}	1000 A
ملي أمبير (Milli Ampere)	mA	10^{-3}	0.001 A
مايكرو أمبير (Micro Ampere)	µA	10^{-6}	0.000001 A

يُستخدَم جهاز الأميتر (Ameter) لقياس شدة التيار، ويوصل على التوالي بالحمل المراد قياس تياره، ويُستخدَم أيضًا جهاز (Clamp meter) لقياس التيار الكهربائي بطريقة التأثير المغناطيسي.

أنواع التيار الكهربائي

يقسم التيار الكهربائي إلى نوعين، هما:

1 – **التيار المباشر (المستمر) (Direct Current):** تيار ثابت القيمة والاتجاه مع الزمن. ويُستخدَم هذا النوع من التيار الكهربائي غالبًا في التطبيقات التي تتطلَّب جهدًا منخفضًا. يُوضِّح الشكل (1–5) موجة التيار المباشر الذي يُرمَز إليه بالحرفين (DC)، ويحوي طرفين؛ أحدهما موجب (+) مُميَّز باللون الأحمر، والآخر سالب (–) مُميَّز باللون الأسود. يجب قراءة لوحة المعلومات الخاصة بالجهاز قبل توصيله بالكهرباء؛ إذ يدل وجود الرمز (⎓)، أو (+ –)، أو حرفي (DC) على أن الجهاز يعمل وفق التيار المباشر، ويجب أيضًا عند استخدام التيار المباشر مراعاة القطبية عند التوصيل.



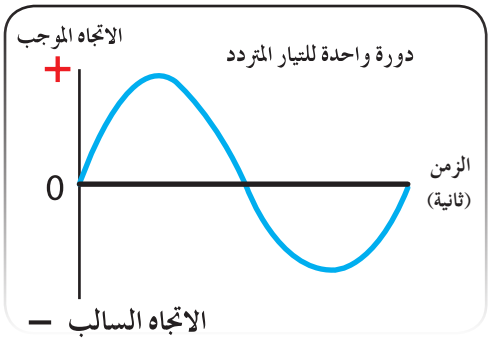
الشكل (1–5): التيار المباشر (المستمر).

2 – **التيار المتناوب (المتردد) (Alternating Current):** تيار متغير القيمة والاتجاه مع الزمن، انظر الشكل (1–6)، يعمل على عكس اتجاهه بشكلٍ متناوب مرة كل (60/50 ثانية)، علمًا بأن التردد في الأردن يساوي (50Hz)، وأن بعض البلدان تستخدم التردد (60Hz) كما هو الحال في الولايات المتحدة الأمريكية والسعودية. للتيار المتناوب أنواع عِدَّة، ولكل نوع منها خصائص، وأشهر أنواعه التيار الجيبي، الذي يمكن الحصول عليه من مولدات التيار المتناوب الخاصة بشركة الكهرباء الأردنية، التي تغذي شبكات النقل والتوزيع، ويُرمَز إليه في الأجهزة الكهربائية بالرمز ⏦، أو (AC).

يُميَّز طرفا هذا التيار كما يأتي:

الرمز (N): يُسمّى الخط المحايد، ويُميَّز باللون الأسود.

الرمز (L) أو (Ph): خط الطور (الفاز)، ويُستدَل عليه باللون (الأحمر). وعودًا على ذي بدء، فإن (50Hz) للجهاز يدل على أنه يعمل وفق التيار المتناوب.



الشكل (1–6): التيار المتناوب (المتردد).

تذكَّر

تعمل الأجهزة الكهربائية في المباني السكنية بجهد مقداره (230v) فولت، وتردد مقداره (50Hz).

فرق الجهد والقوة الدافعة الكهربائية

درسْتَ سابقًا أن أهم متطلبات سريان التيار الكهربائي هو وجود قوة مُؤثِّرة خارجية تُجبِر الإلكترونات الحرة على التحرك عبر الموصل، وأنه يمكن الحصول على هذه القوة من مصادر الطاقة الكهربائية، مثل: البطاريات والمولدات الكهربائية، وأن لهذه القوة أسماء مختلفة، هي: فرق الجهد الكهربائي، والقوة الدافعة الكهربائية، والفولت.

وبالرغم من اختلاف أسماء هذه القوة فإنها تقريبًا متشابهة، وفي ما يأتي بيان كلٍّ منها:

منهاجي
متعة التعليم الهادف

1 – **فرق الجهد الكهربائي (Electrical Voltage)**: ينشأ فرق الجهد الكهربائي عند وجود فرق في كمية الشحنات الكهربائية (الإلكترونات الحرة) بين نقطتين في دارة كهربائية؛ إذ تنقل الإلكترونات الحرة من المنطقة الغنية بها إلى المنطقة التي تعاني نقصًا فيها، فالبطارية لها قطب سالب مليء بالإلكترونات الحرة، وقطب موجب يفتقر إلى هذه الإلكترونات. تسري الإلكترونات الحرة من طرف البطارية السالب إلى الطرف الموجب، وهذا يعني وجود فرق جهد بين الطرف الموجب والطرف السالب. وفي حال تم توصيل طرفي البطارية بسلك من النحاس مثلًا عن طريق حمل كهربائي؛ فإنه يحدث سريان للتيار بين طرفي البطارية عبر الموصل.

2 – **القوة الدافعة الكهربائية (Electrical Motive Force)**: يُستخدَم هذا المصطلح للتعبير عن الفولتية أو فرق الجهد بين طرفي مصدر كهربائي من دون وجود حمل خارجي، كما هو الحال في مصدر التيار المباشر؛ تجنبًا لحساب المقاومة الداخلية للبطارية، ويُرمَز إلى هذه القوة باللغة العربية بالأحرف (ق د ك)، وباللاتينية بالأحرف **(E M F)**.

3 – **الفولت (Volt)**: وحدة قياس فرق الجهد أو القوة الدافعة الكهربائية، ويُرمَز إليه بالحرف **(V)**، ويُعرَّف بأنه فرق الجهد اللازم لتحريك تيار شدته **(1)** أمبير عبر موصل مقاومته **(1)** أوم. يُقاس فرق الجهد في الدارات الكهربائية بجهاز خاص يُسمّى الفولتميتر **(Volt Meter)**، ويُرمَز إليه بالحرف **(V)**، ويوصل على التوازي بالحمل أو المصدر المراد قياسه. وتجدر الإشارة إلى أن فرق الجهد المستخدم في المنازل بالأردن هو جهد متغير **(AC)** أحادي الطور **(Single Phase)** يصلها من شركة الكهرباء .بمقدار **(230v)**، وتردده **(50Hz)**. أمّا في المباني السكنية متعددة الطوابق والمنشآت الصناعية الكبيرة فيجب إيصال تيار متناوب (ثلاثي الطور) **(400v) (Three Phase)** إليها. ويُوضِّح الجدول (1–2) بعض وحدات أجزاء الفولت ومضاعفاته المستخدمة كثيرًا في الحياة العملية.

الجدول (1–2): بعض وحدات أجزاء الفولت ومضاعفاته.

الاسم	الرمز	القيمة الأسية	القيمة العددية
كيلو فولت (Kilo Volt)	KV	10^3	1000v
ملي فولت (Milli Volt)	mV	10^{-3}	0.001v

جهد التشغيل

لكل جهاز كهربائي قيمة جهد محددة يجب ألّا يتعداها. وتُدوَّن هذه القيمة على لوحة مواصفات الجهاز، في ما يُعرَف بجهد التشغيل، أو الجهد الاسمي.

أحضر شخص جهازًا من خارج الأردن يعمل بفرق جهد مقداره (110v AC). إذا وصل هذا الجهاز بفرق جهد مقداره (230v AC)، فماذا يحدث؟

يطلب المعلِّم إلى الطلبة قراءة المعلومات الخاصة بالتيار الكهربائي وفرق الجهد الكهربائي المسجلة على الأحمال المنزلية الآتية، ثم تدوينها في الجدول (1–3).

الجدول (1–3): قيمة التيار وفرق الجهد لبعض الأجهزة الكهربائية.

الجهاز	قيمة التيار (بالأمبير)	قيمة فرق الجهد (بالفولت)
1 – الثلاجة الكهربائية	( ) A	( ) V
2 – التلفزيون الكهربائي	( ) A	( ) V
3 – المكواة الكهربائية	( ) A	( ) V
4 – سخان الماء	( ) A	( ) V
5 – المدفأة الكهربائية	( ) A	( ) V

التمارين العملية (1 – 2)

تعرُّف أنواع التيار وفرق الجهد الكهربائي.

يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تُميِّز بين التيار المباشر والتيار المتناوب، وتتعرَّف مجال استخدام كل نوع منهما.
- تُحدِّد النوع والقيمة لفرق الجهد المستخدم في الأردن.

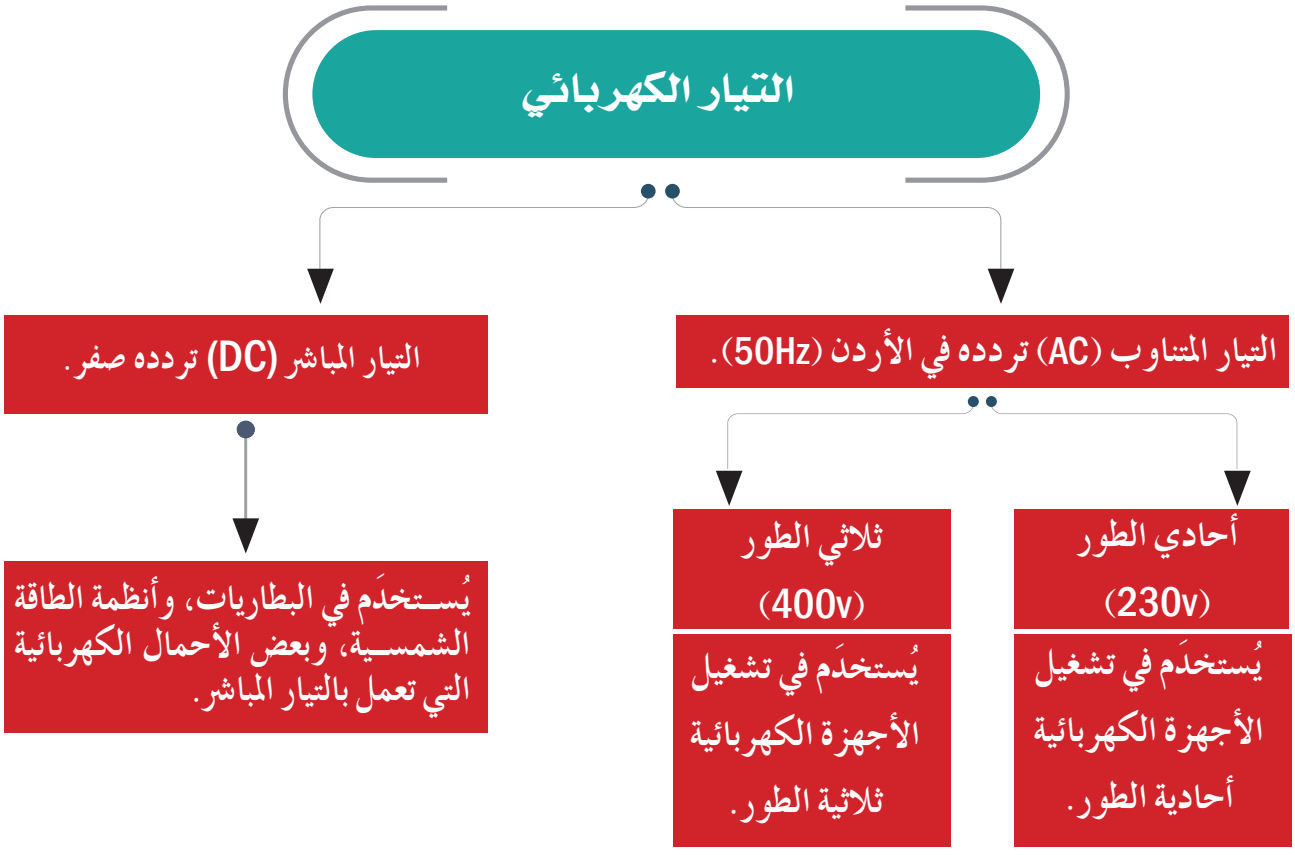
متطلبات تنفيذ التمرين

التجهيزات (الأدوات)	المواد الأولية
– جهاز قياس إلكتروني متعدد الأغراض. – مراكم متنوعة. – مفك فحص. – قابس كهربائي.	– أسلاك توصيل.

خطوات الأداء	الرسوم التوضيحية
1 – يُوضِّح الشكل (1)، جهاز قياس إلكتروني متعدد الأغراض (Digital Multi-Meter)، خاص بالقياسات الكهربائية. بناءً على دراستك أنواع التيار الكهربائي، ضع مفتاح الاختيار على ما يأتي: أ – مجال قياس فرق الجهد المتناوب (AC). ب – مجال قياس فرق الجهد المباشر (DC).	 الشكل (1).

خطوات الأداء	الرسوم التوضيحية
2 – ضـع مفتاح الاختيـار للجهاز متعـدد الاستعمال على مجـال قياس مناسـب لقياس جهـد البطاريات والأعمدة الجافة كما في الشكل (2).	الشكل (2).
3 – ضع مفتاح الاختيـار للجهاز متعدد الاستعمال على مجـال مناسب لقياس فـرق الجهد المستخدم في تشغيل الأجهزة المنزلية داخل الأردن.	

الخريطة المفاهيمية



ثالثًا: المقاومة الكهربائية
(Electrical Resistance)

النتاجات

- يتعرَّف مفهوم المقاومة في الدارات الكهربائية.
- يتعرَّف أنواع المقاومات المستخدمة في الدارات الكهربائية، ويُميِّز بينها.
- يحسب قيمة المقاومة باستخدام نظام الألوان.

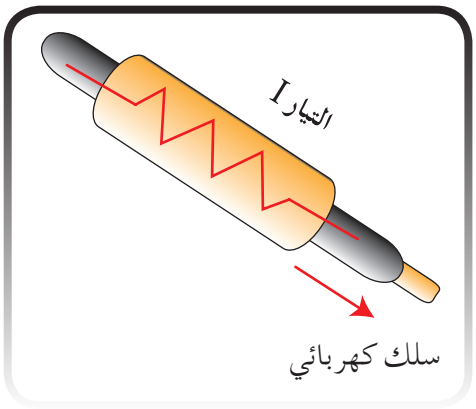
ماذا يحصل لتدفق كمية المياه داخل ماسورة المياه الموضحة في الشكل؟

من المؤكد أن تدفق كمية المياه الذي يصل إلى ماسورة المياه عند المنتصف سيكون أقل منه في بداية الماسورة؛ ما يؤدي إلى تقليل كمية المياه الخارجة في نهاية الخط.

استكشف

- بناءً على الشكل (1–8)، ما الذي يقاوم سريان التيار الكهربائي داخل الموصل؟

من المؤكد أن التيار المار عبر الموصل سيواجه معوقات في أثناء مروره بسبب وجود المقاومة؛ ما يُؤثِّر في كمية التيار الخارج تبعًا لقيمة المقاومة.



الشكل (1–8): سريان التيار الكهربائي داخل الموصل.

اقرأ.. وتعلم

تُعرَّف المقاومة الكهربائية بأنها ممانعة المادة لسريان التيار الكهربائي من خلالها، وهي تُقاس بوحدة الأوم، ويُرمَز إليها بالرمز **(Ω)**. ويُعرَّف الأوم بأنه مقاومة موصل يسري خلاله تيار كهربائي مقداره **(1)** أمبير عندما تكون الفولتية بين طرفيه **(1)** فولت. يُستخدَم الرمز **(R)** أو (R) للدلالة على المقاومة، ويُستخدَم جهاز الأوميتر **(Ohm Meter)** لقياس المقاومة، وهو يوصل على التوازي بالقِطَع المراد قياسها. بالرغم من أن المقاومة الكهربائية تهدر جزءًا من الطاقة، فإنها ضرورية لحماية بعض أجزاء الدارات الكهربائية؛ لذا توضع في بعض أجزاء الدارات الكهربائية حماية لها، وتكمن أهميتها في أنها تتحكم في شدة التيار المار، وفي فرق الجهد بين طرفيها.

يُوضِّح الجدول (1–4) وحدات مضاعفات الأوم المستخدمة كثيرًا في الحياة العملية.

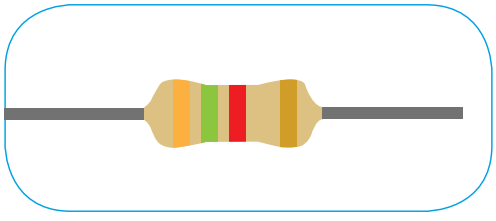
الجدول (1–4): بعض وحدات مضاعفات الأوم.

الاسم	القيمة الأسية	الرمز	القيمة العددية
ميغا أوم (Mega Ohm)	10^6	MΩ	1000,000 Ω
كيلو أوم (Kilo Ohm)	10^3	kΩ	1000 Ω

أنواع المقاومات

تُصنَّف المقاومات وفق مادة صنعها إلى: مقاومات كربونية، وغشائية، وسلكية، وسطحية، وشبكية، ومقاومات خاصة، وسنكتفي فقط بشرح المقاومات الكربونية، والغشائية، والسلكية. تجدر الإشارة إلى أن مقاومة الأسلاك والموصلات الكهربائية غير مرغوب فيها؛ لأنها تُسبِّب هبوطًا في الفولتية على امتداد السلك الناقل؛ لذا تكون الفولتية في نهاية الخط عند الحمل أقل منها في بداية الخط عند المصدر.

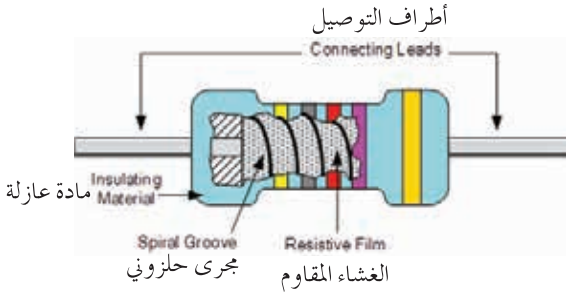
1 – **المقاومات الكربونية (Carbon Resistors):** تُصنَع هذه المقاومات من الكربون، وتكون محاطة بحلقات ملونة بألوان مختلفة، تُمثِّل رمزًا (كود) لتحديد قيمتها، وتوجد جداول خاصة بذلك، انظر الشكل (1–9). يُعَدُّ هذا النوع من أشهر أنواع المقاومات التي تُستخدَم في الدارات الكهربائية، وتكون قيمتها كبيرة تتراوح بين **(10 - 20)MΩ**، وبنسبة تفاوت تتراوح بين **(5 - 20)%**، إلا أن قدرتها صغيرة تتراوح بين **(0.25 - 5)W**، وكلما زاد حجم المقاومة كانت قدرتها أكبر، ومن عيوب المقاومات الكربونية أنها لا تُصنَّع بقدرات كبيرة.



الشكل (1–9): المقاومة الكربونية.

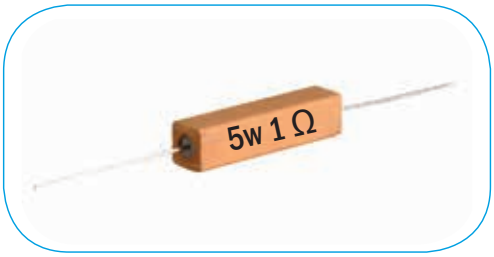
2 – المقاومات الغشائية (Film Resistors):

تتشابه المقاومات الغشائية مع المقاومات الكربونية من حيث الشكل الخارجي، ولكنها تكون أكثر دقة وأعلى تكلفة، انظر الشكل (1–10).



الشكل (1–10): المقاومات الغشائية.

3 – المقاومات السلكية (Wire Wound Resistors):



الشكل (1–11): المقاومات السلكية.

تُصنَع من سلك معدني محاط بمادة عازلة من سبائك النيكل والكروم، التي تستخدم بكثرة بسبب انخفاض قيمة المعامل الحراري لمقاومتها. ولحماية المقاومة، فإنها تُغطى بطبقة واقية من الطلاء الزجاجي، أو بخلطة من الرمل والأسمنت، وبعضها يُغلَّف بمُبدِّد حراري من الألمنيوم. والمقاومات السلكية تكتب قيمتها وقدرتها مباشرة عليها، وتصنع غالبًا بقدرات كبيرة وقيم أومية قليلة، كما هو مبين في الشكل (1–11).

قدرة المقاومات

هي مقدار التيار الذي تتحمله المقاومة دون أن تتعرض للتلف، وفي حالة تلف المقاومة يجب استبدالها بمقاومة مشابهة لها من حيث القدرة والقيمة، وكلما زادت القدرة زاد حجم المقاومة.

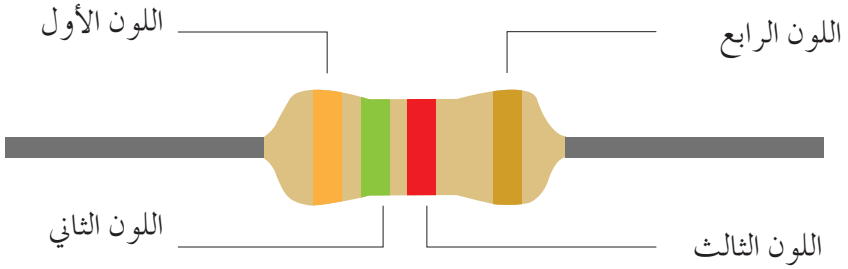
تذكَّر

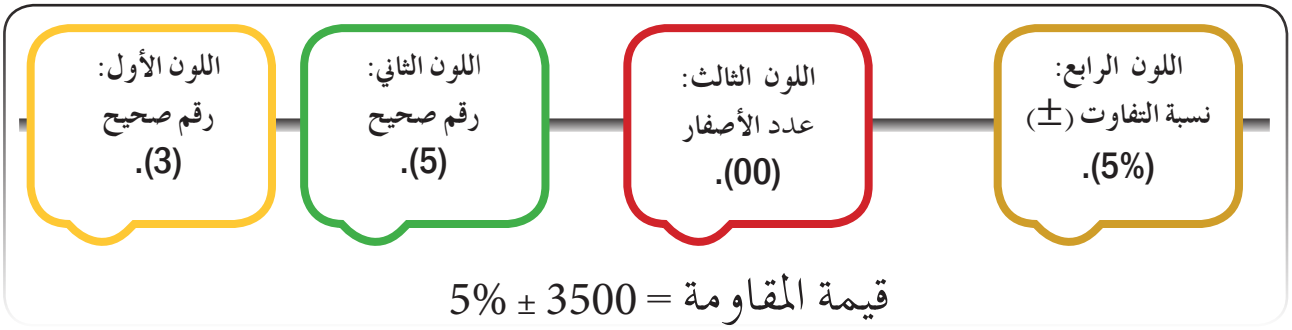
يُسبِّب سريان التيار الكهربائي في المقاومة تولُّد حرارة، وتُصنَع المقاومات بحيث تتحمل درجات معينة من الحرارة.

قراءة قيمة المقاومات

تُصنَع بعض المقاومات بوضع حلقات دائرية ملونة عليها لمعرفة قيمة المقاومة؛ نظرًا إلى صعوبة كتابة قيمة المقاومة الكهربائية عليها لصغر حجمها، ويدل كل لون على قيمة معينة، وتُقرَأ قيمة المقاومة من اليسار إلى اليمين؛ وتُصنَع بِعدَّة ألوان، سنذكر منها نوعين:

1 – **المقاومة ذات الألوان الأربعة:** يدل اللون الأول واللون الثاني في الشكل الآتي على رقم اللون، في حين يدل اللون الثالث على القيمة المضروبة (عدد الأصفار)، ويبعد اللون الرابع عن بقية الألوان ليُعبِّر عن نسبة التفاوت (نسبة الخطأ) في القيمة (±)، كما هو مبين في الشكل (1–12).





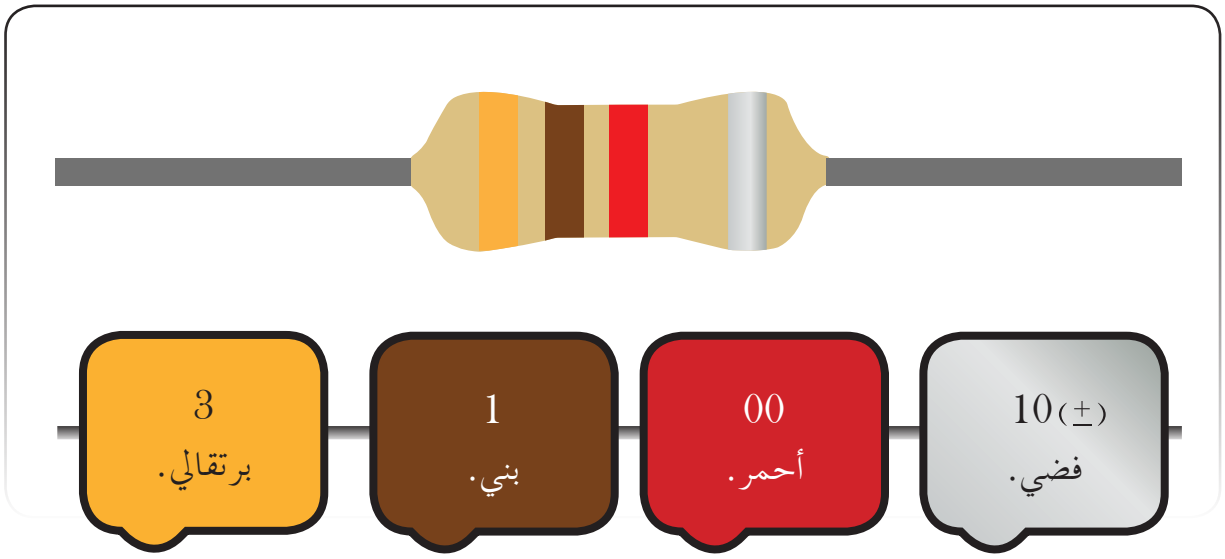
قيمة المقاومة = 3500 ± 5%

النطاق اللوني الرابع		النطاق اللوني الثالث		النطاق اللوني الثاني		النطاق اللوني الأول	
ذهبي	5%	فضي	X0.01	أسود	0	أسود	0
فضي	10%	ذهبي	X0.1	بني	1	بني	1
بني	1%	أسود	X1	أحمر	2	أحمر	2
أحمر	2%	بني	X10	برتقالي	3	برتقالي	3
		أحمر	X100	أصفر	4	أصفر	4
		برتقالي	X1,000	أخضر	5	أخضر	5
		أصفر	X10,000	أزرق	6	أزرق	6
		أخضر	X100,000	بنفسجي	7	بنفسجي	7
		أزرق	X1,000,000	رمادي	8	رمادي	8
				أبيض	9	أبيض	9

الشكل (1–12): النطاق اللوني.

مثال

مقاومة كربونية تتكوَّن من أربعة أرقام، كما في الشكل (1–13)، احسب قيمتها بناءً على اللون.



الشكل (1–13): مقاومة كربونية تتكوَّن من أربعة أرقام.

اللون الأول (برتقالي): (3).	3
اللون الثاني (بني): (1).	1
اللون الثالث (أحمر): ضرب القيمة في 100.	X 100
اللون الرابع (فضي): نسبة الخطأ 10(±).	(±)10

هذا يعني أن المقاومة

$3100 \pm 10\%$

$3100 + 10\ \%\pm = 310\ \Omega$

$3100 + 310 = 3410\ \Omega$

إذن، تكون قيمة المقاومة:

$3100 - 310 = 2790\ \Omega$

أي إن قيمة المقاومة تتراوح بين

(2790 Ω و 3410 Ω).

تذكَّر

يمكن الاستشهاد ببيت الشعر الآتي للدلالة على الألوان:

أسود بني أحمر كالبرتقال الأصفر خضراء أزرق بليلك كالرماد الأبيض

فكِّر

ما الرقم الذي يُدوَّن في حالة وجود اللون الأسود في الخانة الثانية؟

2 – **المقاومة ذات الألوان الخمسة**: وفيها يدل اللون الأول والثاني والثالث على رقم اللون، في حين يدل الرقم الرابع على القيمة المضروبة (عدد الأصفار)، ويبعد اللون الخامس عن بقية الألوان ليُعبِّر عن نسبة التفاوت في القيمة، كما هو مبين في الشكل (1–14).

الشكل (1–14).

مثال

مقاومة كربونية تتكوَّن من خمسة أرقام، كما في الشكل (1–15)، احسب قيمتها بناءً على اللون.

اللون الأول (البني)	1
اللون الثاني (الأخضر)	5
اللون الثالث (الأسود)	0
اللون الرابع (البرتقالي)، وهو معامل الضرب، وقيمته	000
اللون الخامس (الذهبي)، وهو نسبة التفاوت في القيمة	±5%

الشكل (1–15).

$R = 150000 \pm 5\%$

$R = 150k\,\Omega \pm 5\% = 7500\,\Omega$

تذكَّر: ($1K\Omega = 1000\Omega$)

$150000+7500=157500\Omega=157.5k\Omega$

$150000-7500=142500\Omega=142.5k\Omega$

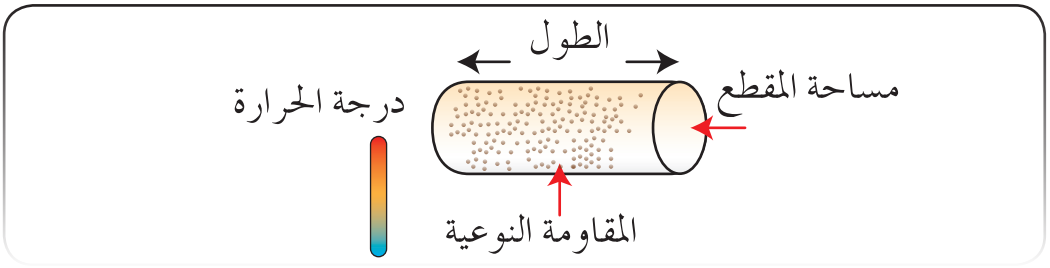
تتراوح قيمة المقاومة ما بين: $157.5k\Omega$ و $142.8k\Omega$

نشاط

ابحث في شبكة الإنترنت عن برنامج خاص لحساب قيمة المقاومات؛ عن طريق الألوان.

العوامل المؤثرة في قيمة مقاومة الموصل

يُوضِّح الشكل (1–16) العوامل المؤثرة في قيمة مقاومة الموصل.



الشكل (1–16): العوامل المؤثرة في اختيار قيمة المقاومة.

تعتمد قيمة المقاومة للمادة على أربعة عوامل، هي:

طول الموصل	تتناسب المقاومة تناسبًا طرديًّا مع طول الموصل؛ فكلما زاد طول الموصل زادت مقاومته.
مساحة مقطع الموصل	تتناسب المقاومة تناسبًا عكسيًّا مع مساحة المقطع ؛ فكلما زادت مساحة مقطع الموصل قلَّت مقاومته.
نوع مادة الموصل	يُقصَد بها المقاومة النوعية للمادة **(Resistivity)**، ووحدة قياسها أوم متر (Ωm)، ويُرمَز إليها بالرمز(ρ).
درجة حرارة الموصل	تتغير مقاومة المادة بتغير درجة حرارة الموصل إليها، ويُعبَّر عن هذا التغير بالمعامل الحراري للمادة. بوجه عام، فإنه كلما زادت درجة حرارة المعادن زادت مقاومتها، وتُعرَف هذه المواد بالمواد ذات المعامل الحراري الموجب.

تذكَّر

يمكن حساب مقاومة الموصل باستخدام القانون الآتي:

$$\text{مقاومة السلك} = \frac{\text{المقاومة النوعية} \times \text{طول السلك}}{\text{مساحة المقطع}}$$

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

مقاومة الموصل (R)	تُقاس بوحدة الأوم (Ω).
المقاومة النوعية (ρ)	تُقاس بوحدة الأوم متر (Ωm).
مساحة مقطع الموصل (A)	تُقاس بوحدة المتر المربع (m^2).
طول الموصل (L)	يُقاس بوحدة المتر (m).

فكِّر

إذا أُحضِر موصل من النحاس مساحة مقطعه ($1.5mm^2$)، وآخر مساحة مقطعه ($2.5mm^2$)، ولهما الطول نفسه، فأيُّهما تكون مقاومته أقل؟

الموصولية (Conductance)

تُعرَّف الموصولية بأنها عكس المقاومة، وتُعبِّر عن قدرة المادة على إمرار التيار الكهربائي، ويُرمَز إليها بالحرف (G)، وتُقاس بوحدة (mho) وهي معكوس كلمة (أوم) (Ohm). وحديثًا اعُتمِدت وحدة (Siemens) لقياس الموصولية حسب النظام العالمي، التي يُرمَز إليها بالرمز (S)، ويمكن حسابها رياضيًّا بالعلاقة: $G = \frac{1}{R}$.

الإثراء والتوسع

ابحث في شبكة الإنترنت عن المقاومة النوعية لبعض المواد الموصلة مثل: (النحاس والألمنيوم)، وبعض المواد غير الموصلة مثل: (الخشب والمطاط)، وقارن بينهما.

الخريطة المفاهيمية

العلاقة بين الموصولية والمقاومة.

رابعًا : أجهزة القياس الكهربائية

النتاجات

- يتعرَّف طرائق ضبط جهاز القياس متعدِّد الأغراض (الأفوميتر).
- يُستخدم جهاز قياس الأفوميتر مُتعدِّد الأغراض التناظري والرقمي وفق تعليمات الشركة الصانعة بدقة.

انظر.. وتساءل

عند شرائك بعض الخضار والفواكه من المحال المخصصة لذلك، هل تُستخدم التقدير العشوائي لوزن الكميات أم توجد أداة دقيقة لقياس هذه الكميات؟

يقيس الميزانان الظاهران جانبًا عددًا من الأوزان المختلفة، وقد يكون الميزان إلكترونيًّا، فتظهر القراءة على شاشته مباشرة، وقد يكون عاديًّا ذا مؤشر يحتاج إلى مهارة أكثر في القراءة.

اقرأ.. وتعلم

استكشف

الإثراء والتوسع

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

استكشف

- مـا الفرق بـين الميزان الأول والميزان الثـاني الظاهرين في الشكل (1–17)؟

توجد أنواع من الأجهزة المستخدمة في الحياة العملية؛ بعضها رقمية تُظهِر قيمة كمية ما مباشرة، وبعضها الآخر تناظرية تتطلَّب قراءتها مهارة. ويوجد في الأنظمة الكهربائية أجهزة تعمل على قياس الكميات الكهربائية الرئيسة الثلاث (الفولت، والتيار، والمقاومة)، بنوعيْها: الرقمي، والتناظري.

الشكل (1–17): أنواع الموازين.

اقرأ.. وتعلم

جهاز القياس التناظري (Analouge Avometer)

يُقاس التيار الكهربائي باستخدام جهاز الأميتر، وتُقاس الفولتية باستخدام جهاز الفولتميتر، وتُقاس المقاومة باستخدام جهاز الأوميتر، ويُعَدُّ جهاز الأفوميتر (Avometer) واحدًا من أهم الأجهزة المستخدمة في مجال الكهرباء؛ إذ يُستخدَم لقياس الكميات الكهربائية الثلاث المشتقة من اسمه (A. V. O.)، وهي:

الفولت (Volt)، والأوم (Ohm)، والأمبير (Ampere)، ويوجد منه جهاز تناظري (مؤشر) (Analogue) وجهاز رقمي (إلكتروني) (Digital).

يُمثِّل الشكل (1–18) جهاز قياس من النوع التناظري مُتعدِّد الاستخدام.

تذكَّر

يجب وضع الجهاز بصورة صحيحة للحصول على قراءة دقيقة، تكون هذه الوضعية موضَّحة على الجهاز:

وضع عمودي 90° ، وضع أفقي ، وضع أفقي مائل بزاوية

وفي حالة عدم وجود ما يدل على وضعية الاستعمال في الجهاز، يكون الجهاز صالحًا للاستخدام في الوضعيات جميعها.

جهاز القياس مُتعدِّد الأغراض الأفوميتر (Avometer).

الشكل (1-18): جهاز القياس مُتعدِّد الأغراض الأفوميتير.

استخدام جهاز الأفوميتر التناظري (Analogue Avometer)

في ما يأتي الخطوات الواجب اتباعها عند استخدام جهاز الأفوميتر التناظري:

1 – وضع أطراف التوصيل في مكانها الصحيح، وحسب الكمية المراد قياسها، ووضع السلك الأسود على المدخل المشترك (COM)، وهو ثابت في الحالات كلها، واستخدام الطرف الموجب الأحمر لقياس المقاومة والفولتية على مدخل (V-Ω)، واستخدام المدخل الثالث عند الحاجة لقياس التيار الكهربائي (A) أو (mA) الذي يوصل على التوالي بالدارة عند قياس التيار، انظر الشكل (1–19).

الشكل (1–19): وضع الأسلاك مكانها الصحيح على جهاز الأفوميتر

2 – يجب وضع مفتاح الاختيار على التدريج، ووضع القيمة المناسبة على مجال القياس المطلوب. وفي حال عدم معرفة قيمة الكمية يوضع مفتاح الاختيار على أعلى تدريج.

3 – يجب وصل طرفي الجهاز على التوازي، أو على التوالي حسب نوع الكمية المراد قياسها، ثم البدء بضبط قيمة تدريج مفتاح الاختيار على قيمة أقل، للحصول على قياس دقيق (بعد خصم نسبة الخطأ في الجهاز إن وُجِدَت).

مع العلم أن القراءة تظهر مباشرة على شاشة الجهاز، ولا تحتاج إلى تحويل.

الشكل (1–20): ملامسة أطراف الجهاز.

4 – ملامسة أطراف الجهاز، والتحقق من وصول المؤشر إلى بداية تدريج المقاومة على (0Ω) للحصول على قياس دقيق، كما هو مبين في الشكل (1–20). وفي حال عدم تحرك المؤشر نهائيًّا يجب التحقق من صلاحية أطراف الجهاز أو بطاريته الداخلية. وفي

الشكل (1–21): ملامسة أطراف الجهاز.

حال تحرك المؤشر، و لم يصل إلى صفر المقاومة، يجب ضبطه (معايرته) باستخدام مفتاح الضبط الخاص لضمان الحصول على قراءة صحيحة.

5 – عودة المؤشر إلى وضعه الطبيعي بعد فصل الأطراف، وملاحظة أن المقاومة تكون عالية جدًّا (∞)؛ أي ما لا نهاية، كما هو مبين في الشكل (1–21).

بناءً على دراستك موضوع المواد العازلة والمواد الموصلة، ما سبب قراءة المؤشر لقيمة عالية عند فصل الأطراف ووضع مفتاح الاختيار على تدريج المقاومة؟

تذكَّر

تحقق دائمًا من صلاحية أطراف الجهاز وبطاريته قبل الفحص.

استخدام جهاز الأفوميتر الرقمي (Digital Avometer)

يُعدُّ جهاز الأفوميتر الرقمي الأكثر استعمالًا وانتشارًا لسهولة القياس به ولدقة قراءته، ويُمثِّل الشكل (1–22) جهاز قياس من النوع الرقمي مُتعدِّد الاستعمال. وفي ما يأتي الخطوات الواجب اتباعها عند استخدام الأفوميتر الرقمي:

1 – يجب إغلاق الجهاز (OFF) عند عدم استخدامه للمحافظة على بطاريته.

2 – عند شراء جهاز قياس أفوميتر رقمي احرص أن يكون من النوعية التي تمتاز بفصل الجهاز ذاتيًّا عند عدم الاستخدام (Auto Power Off).

3 – يجب التحقق من صلاحية الجهاز من خلال ظهور رقم على شاشة الجهاز عند تشغيله.

الشكل (1–22): جهاز قياس من النوع الرقمي.

فكِّر

ما الرقم المتوقع ظهوره قبل عملية القياس في حالة قياس المقاومة، وفي حالة قياس فرق الجهد؟

4 – يجب وضع أطراف الجهاز في أماكنها الصحيحة لقياس الكمية المراد قياسها، انظر الشكل (1-23).

الشكل (1–23).

ما الرقم الذي يظهر على شاشة الجهاز عند قياس فرق الجهد للمصدر الكهربائي أحادي الأطوار في الأردن؟

ناقش زملاءك في وظيفة الضاغط (Hold) في أجهزة القياس الكهربائية.

قياس شدة التيار في الدارة الكهربائية بجهاز الكلامبميتر (Clampmeter)

يُعَدُّ جهاز الكلامبميتر من الأجهزة المهمة في مجال التقنية الكهربائية؛ سواء كانت في المختبرات، أو الورش، أو في مجال الصيانة، أو في محطات القوى الكهربية؛ إذ لا حاجة إلى فصل الدارة الكهربية أو قطعها لتركيب أميتر لقياس التيار. يُستخدَم هذا الجهاز لقياس التيار الكهربائي، وتشخيص الأعطال بطريقة آمنة وسريعة وغير مكلفة، من دون حاجة إلى فصل الدارة أو قطعها، وبطريقة التأثير المغناطيسي. والشكل (1–24) يبين أشكالًا مُتعدِّدة من جهاز الكلامبميتر.

الشكل (1–24): أشكال متعددة لجهاز الكلامبميتر.

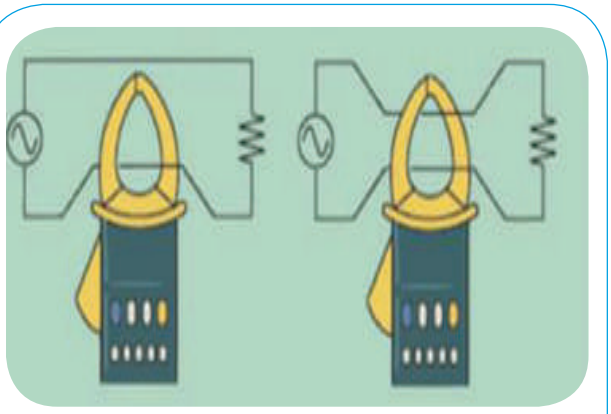
يعتمد جهاز الكلامبميتر في مبدأ عمله

على فكرة محوِّل التيار **(CT)**؛ لتحويل التيار العالي إلى تيار منخفض، تظهر قيمته على شاشة الجهاز. تُمثِّل الدارة المغناطيسية للمحوِّل فكَّي الجهاز، ويُطلَق على السلك الذي يسري خلاله التيار اسم الملف الابتدائي.

يُمثِّل الشكل (1–25) أحد أنواع جهاز الكلامبمتر لقياس التيار، وأسماء أجزائه. ولا تقتصر وظيفة الكلامبمتر على قياس التيار المتناوب فحسب، بل تتعداها إلى قياس الجهد الثابت، والجهد المتناوب، وقياس المقاومة، وسعة المكثف. وفي بعض أنواعه توجد دارات إضافية لقياس التيار الثابت أيضًا، فيصبح بذلك أشبه بجهاز أفوميتر، غير أن الكلامبمتر يمتاز عن الأفوميتر في أنه يقيس التيار من دون حاجة إلى فصل الدارة أو قطعها، وذلك بفتح فكَّي الجهاز، واحتوائه على موصل واحد فقط، واستخدام طريقة التوصيل الصحيحة فيه، انظر الشكل (1–26).

1	فكّا الجهاز .
2	ضاغط لفتح الفكَّين.
3	شاشة العرض **(LCD)**.
4	مفتاح التشغيل.
5	ضاغط لحفظ القراءة على الشاشة.
6	مفتاح اختيار دوار.
7	مدخل الطرف السالب (**COM**) .
8	مدخل الطرف الموجب لقياس الجهد والمقاومة.
9	ضاغط لإظهار أقل قيمة للقراءة وأكثرها.

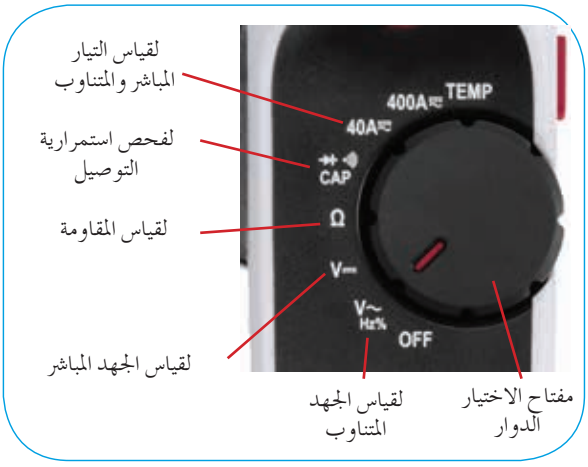
الشكل (1–25): أحد أجهزة الكلامبمتر.



توصيل غير صحيح.　　توصيل صحيح.

الشكل (1-26).

يُمثِّل الشكل (1-27) مفتاح الاختيار الدوّار لجهاز الكلامبميتر الذي يقيس التيار المتناوب، والتيار الثابت، والجهد الثابت، والجهد المتناوب، واستمرارية التوصيل.



الشكل (1-27): مفتاح الاختيار الدوار لجهاز الكلامبميتر.

ابحث في سبب ظهور إشارة السالب -أحيانًا- على طرف القراءة الظاهرة عند قياس التيار المباشر.

التمارين العملية

(3 – 1)

استخدام جهاز الأفوميتر التناظري (Analogue Avometer) لقياس المقاومة.

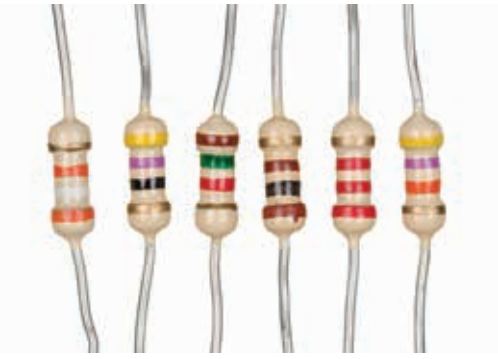
يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تستخدم جهاز الأفوميتر التناظري لقياس المقاومة الكهربائية، ومقارنتها مع القيمة المحسوبة بالألوان.

(تحذير: افصل التيار الكهربائي عن المقاومة، أو عن الجهاز المراد فحصه؛ تجنبًا لتلف جهاز الفحص، وتحقق من عدم ملامسة اليدين للجزء المعدني من أطراف القياس).

متطلبات تنفيذ التمرين

التجهيزات (الأدوات)	المواد الأولية
– جهاز قياس إلكتروني متعدد الأغراض.	– أسلاك توصيل. –مقاومات كربونية متنوعة.

خطوات الأداء	الرسوم التوضيحية
بعد وضع الأطراف في المكان المخصص لقياس المقاومة، وضبط (معايرة) الجهاز، والتحقق من صلاحيته، ووضع مفتاح الاختيار على مجال قياس الأوم، وتنفيذ الخطوات السابقة الخاصة باستخدام جهاز الأفوميتر؛ اتبع ما يأتي:	

خطوات الأداء	الرسوم التوضيحية

1 – ضـع مفتـاح الاختيار على التدريـج، وضع القيمة المناسبـة على مجـال قياس المقاومة كمـا في الشكل المجـاور. وفي حالة عدم معرفة قيمـة المقاومة، ضع مفتاح الاختيار على أعلى تدريج بحيث يوصل طرفا الجهاز على طرفي المقاومة المـراد قياسها بالتوازي. وفي حال لم يتحرك المؤشر، حـرِّك مفتاح الاختيار، واضبطه على قيمة أقل حتى تصل إلى تدريج يتحرك عنده المؤشر، ويعطي دقة أكثر في القراءة، ثم اقرأ قيمة التدريج، ثـم اضربه في القيمة المختارة لمفتاح تدريج الجهاز. كما في الجدول المجاور.

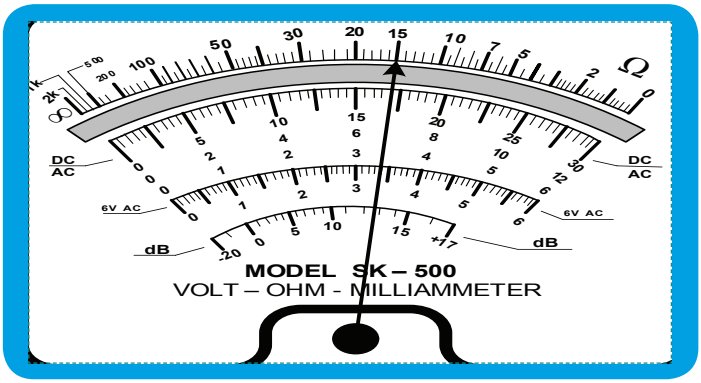
وضع مفتاح الاختيار	قراءة الجهاز	الاختصار
X1	قراءه مباشرة	مباشر
X10	قيمة القراءة 10x	10
X100	قيمة القراءة 100x	100
X1k	قيمة القراءة 1000x	10^3
X10k	قيمة القراءة 10000x	10^4
X100k	قيمة القراءة 100000x	10^5
X1M	قيمة القراءة 1000000x	10^6

2 – اقـرأ قيمـة المقاومـة وقارنهـا بالقيمـة المحسوبة بالألوان.

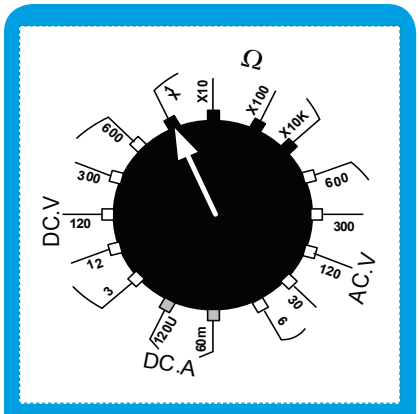
3 – كرّر العملية باستخدام قيم مختلفة للمقاومات.

أعد التمرين العملي لقياس قيمة المقاومة باستخدام جهاز الأفوميتر الرقمي (Digital Avometer) تحت إشراف معلمك.

قراءة قيمة المقاومة عن طريق تغيير مفتاح الاختيار.

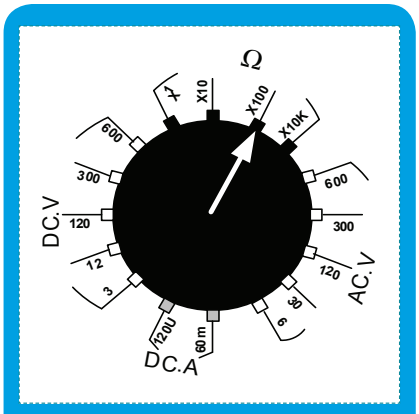


وضع مفتاح الاختيار	قراءة الجهاز	قيمة القراءة
X1	15	15(Ω)
X10	10 X 15	150 (Ω)
X100	100 x 15	1500 (Ω)
X1k	1000 x 15	15 K (Ω) = 15000 (Ω)
X10k	10000 x 15	150 K (Ω) = 150000 (Ω)
X100k	100000 x 15	1500K (Ω) = 1500000 (Ω)
X1M	1000000 x 15	15 M (Ω) =15000000 (Ω)



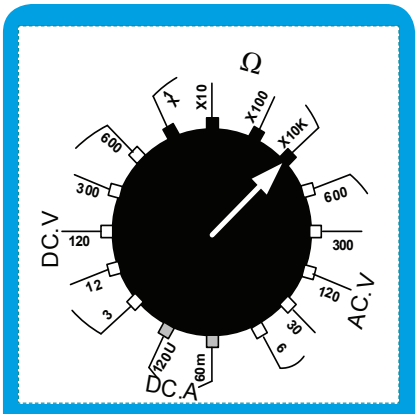
يشير المفتاح إلى وضع (X1)؛ أي إن القيمة المقروءة مضروبة في (1)، فتكون قيمة المقاومة التي نقيسها:

$15 \times 1 = 15\ \Omega$.



يشير المفتاح إلى وضع (X 100)؛ أي إن القيمة المقروءة مضروبة في (100) فتكون قيمة المقاومة التي نقيسها:

$15 \times 100 = 1500\ \Omega$.



يشير المفتاح إلى وضع (X10k)؛ أي إن القيمة المقروءة مضروبة في (10000)، فتكون قيمة المقاومة التي نقيسها:

$15 \times 10000 = 150000\ \Omega$.

فكّر

عند قياس مدى صلاحية المصهر (فيوز) الكهربائي على مجال الأوم، لا يتحرك المؤشر بالرغم من التحقق من صلاحية الجهاز.

التمارين العملية
(4 – 1)

استخدام جهاز الأفوميتر التناظري (Analogue Avometer) لقياس فرق الجهد.

يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تستخدم جهاز الأفوميتر التناظري لقياس فرق الجهد الكهربائي حسب تعليمات المعلِّم بدقة.

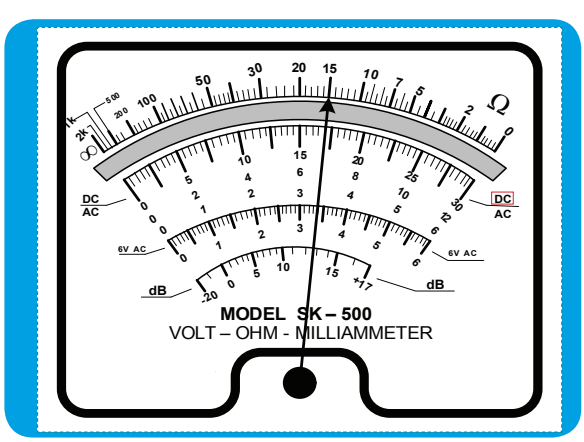
متطلبات تنفيذ التمرين

التجهيزات (الأدوات)	المواد الأولية
– جهاز قياس إلكتروني متعدد الأغراض.	– أسلاك توصيل. – بطاريات متنوعة.

خطوات الأداء	الرسوم التوضيحية
1 – ضع أطرف الجهاز في الأماكن المخصصة لقياس الجهد الكهربائي. 2 – ضع مفتاح الاختيار على نوع فرق الجهد المراد قياس قيمته: (AC)، أو (DC)، كما في الشكل المجاور. 3 – ضع مفتاح الاختيار على الكمية المناسبة للقياس. وفي حال عدم معرفة قيمة فرق الجهد المراد قياسه، ضع مفتاح الاختيار على أعلى قيمة، ثم ابدأ بتقليل القيمة للحصول على قراءة دقيقة. 4 – صِلْ على التوازي أطراف جهاز الأفوميتر بالمصدر المراد قياس فرق جهده (مصدر جهد DC أو بطارية). 5 – تحقَّق عند قياس الجهد المباشر (DC) من مراعاة توصيل الخط الموجب للجهاز بالخط الموجب للمصدر (لون أحمر)، والخط السالب للجهاز بالخط السالب للمصدر (لون أسود)؛ لضمان عدم رجوع المؤشر إلى الخلف (التدريج المعد للقياس عكس صفر الأوم).	

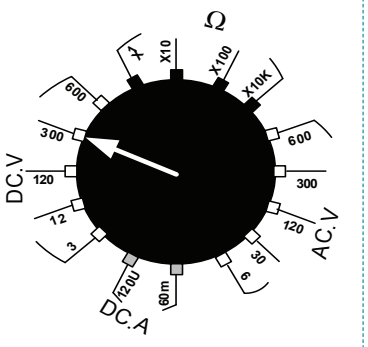
قياس فرق الجهد المباشر (DC) بما في ذلك الأوضاع التي يشير إليها مفتاح التدريج.

يبين الشكل الآتي الواجهة الأمامية لجهاز قياس فرق الجهد المباشر.



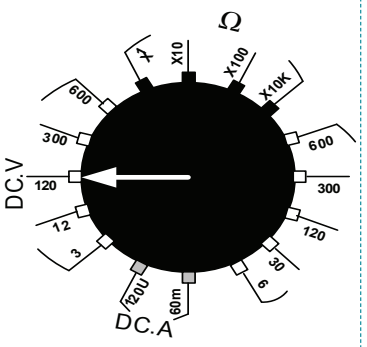
تطبيق القانون الآتي:

$$\text{القيمة المقيسة} = \frac{\text{تدريج مفتاح الاختيار}}{\text{المدى الكلي للمؤشر}} \times \text{انحراف المؤشر (قيمة القراءة)}$$



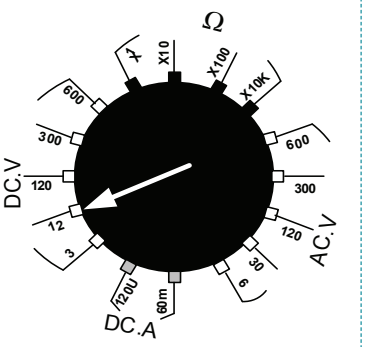
يشير المفتاح إلى وضع (DC 12 -- V).

القيمة المقيسة للجهد $\frac{12}{30} \times 17 = 6.8v$



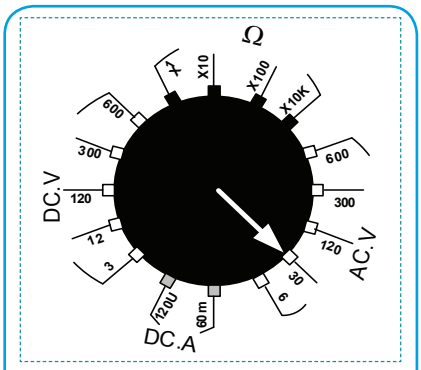
يشير المفتاح إلى وضع (DC 120 -- V).

القيمة المقيسة للجهد $\frac{120}{30} \times 17 = 68v$



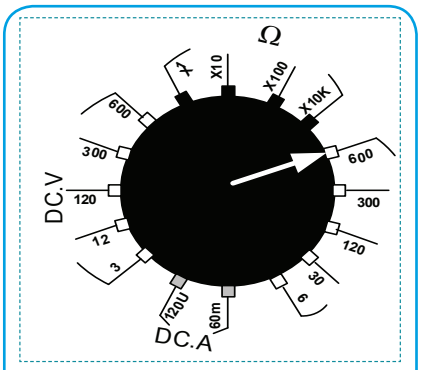
يشير المفتاح إلى وضع (DC 300 -- V).

القيمة المقيسة للجهد $\frac{300}{30} \times 17 = 170v$



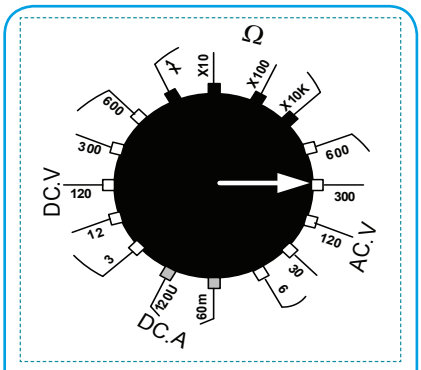
يشير المفتاح إلى وضع (30 AC--- V).

القيمة المقيسة للجهد $\frac{30}{30} \times 17 = 17v$



يشير المفتاح إلى وضع (600 AC--- V).

القيمة المقيسة للجهد $\frac{600}{30} \times 17 = 340v$



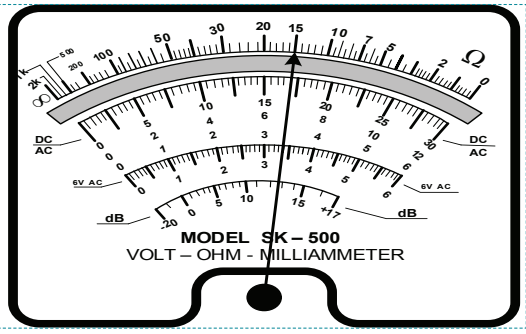
يشير المفتاح إلى وضع (300 DC-- V).

القيمة المقيسة للجهد $\frac{300}{30} \times 17 = 170v$

قياس فرق الجهد (AC)

ـ قياس فرق الجهد المتناوب (AC)، بما في ذلك الأوضاع التي يشير إليها مفتاح التدريج.

يبين الشكل الآتي الواجهة الأمامية لجهاز قياس التيار المتناوب.



تطبيق القانون الآتي:

$$\text{القيمة المقيسة} = \frac{\text{تدريج مفتاح الاختيار}}{\text{المدى الكلي للمؤشر}} \times \text{انحراف المؤشر (قيمة القراءة)}$$

انتبه

إذا تحرك المؤشر إلى الخلف (بعكس حركته الطبيعة) عند استخدام الجهاز ضمن مجال التيار المباشر، فإن ذلك يدل على عكس أطراف الجهاز مع المصدر.

أعد التمرين العملي لقياس فرق الجهد، باستخدام جهاز الأفوميتر الرقمي (Digital Avometer) تحت إشراف معلمك.

التمارين العملية
(5 – 1)

استخدام جهاز الأفوميتر التناظري لقياس التيار (Analogue Ameter).

يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تستخدم جهاز الأفوميتر التناظري لقياس التيار.

متطلبات تنفيذ التمرين

التجهيزات (الأدوات)	المواد الأولية
– جهاز قياس إلكتروني مُتعدِّد الأغراض.	– أسلاك توصيل. – حمل كهربائي.

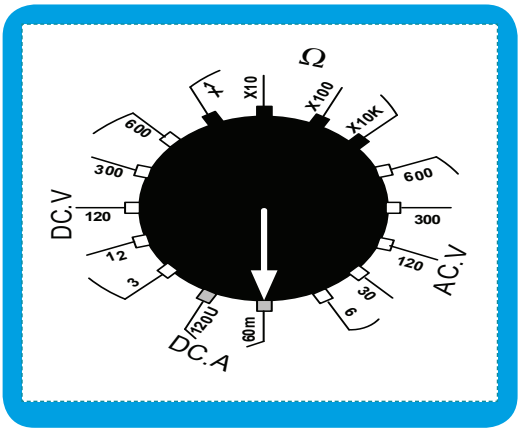
خطوات الأداء	الرسوم التوضيحية
1 – ضع أطراف الجهاز في الأماكن المخصصة لقياس التيار الكهربائي. 2 – ضع مفتاح الاختيار على نوع التيار المراد قياس قيمته: (AC)، أو (DC)، كما في الشكل المجاور. 3 – ضع مفتاح الاختيار على القيمة المناسبة للقياس. وفي حال عدم معرفة قيمة التيار المراد قياسه، ضع مفتاح الاختيار على أعلى قيمة، ثم ابدأ بتقليل القيمة للحصول على قراءة دقيقة. 4 – صِلْ على التوالي أطراف جهاز الأميتر بالحمل المراد قياس تياره. 5 – تحقَّق عند قياس التيار المباشر **(DC)** من مراعاة توصيل الطرف الموجب للجهاز بالخط للمصدر (لون أحمر)، والطرف السالب للجهاز بالخط السالب للمصدر (لون أسود)، وعلى التوالي عن طريق الحمل ؛ لضمان عدم رجوع المؤشر إلى الخلف.	

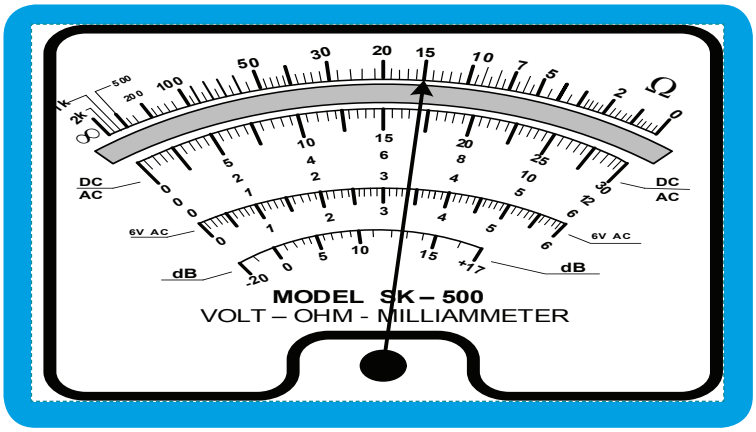
فكّر

هل يمكن معرفة أقطاب المصدر للتيار المباشر؛ عند استخدام جهاز القياس الأميتر للأحمال المختلفة (+ . −)؟

ـ قياس التيار المباشر (DC)، بما في ذلك الأوضاع التي يشير إليها مفتاح التدريج.

يبين الشكل الآتي الواجهة الأمامية لجهاز قياس التيار المباشر.





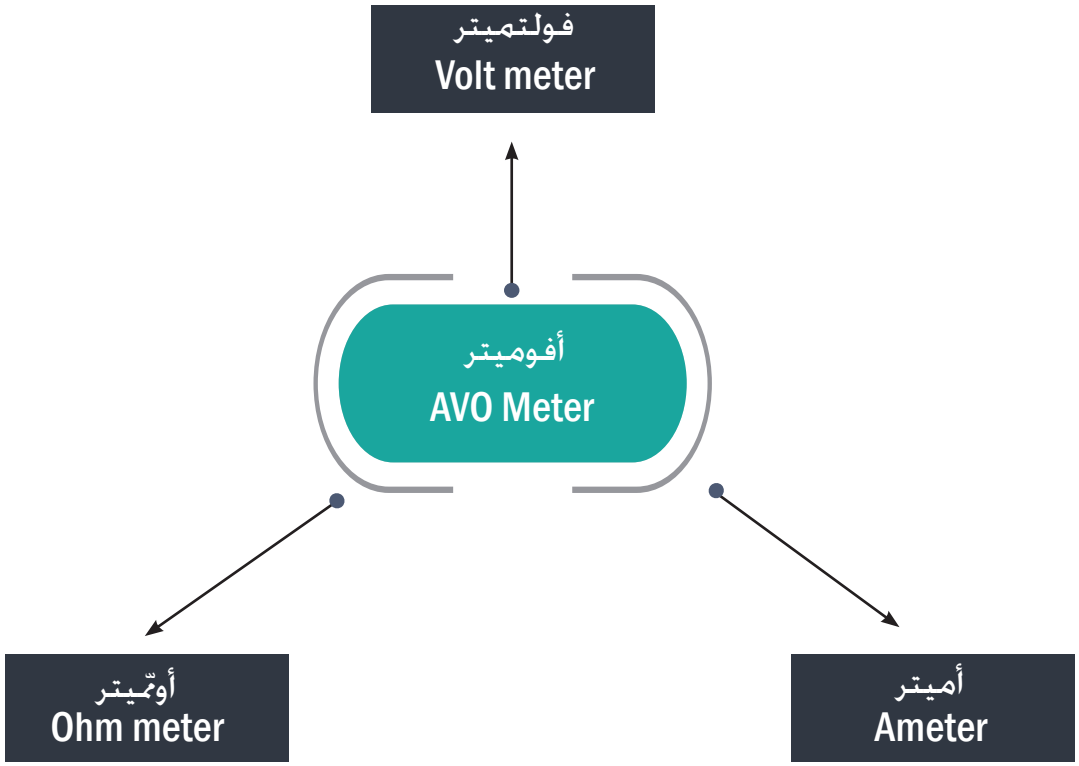
يشير المفتاح إلى وضع (60 mA - DC).

القيمة المقيسة للجهد $\frac{60}{30} \times 17 = 34mA$

تطبيق القانون الآتي:

$$\text{القيمة المقيسة} = \frac{\text{تدريج مفتاح الاختيار}}{\text{المدى الكلي للمؤشر}} \times \text{انحراف المؤشر (قيمة القراءة)}$$

أعد التمرين العملي لقياس التيار الكهربائي باستخدام جهاز الأفوميتر الرقمي (Digital Avometer) تحت إشراف معلمك.


فولتميتر
Volt meter
أفوميتر
AVO Meter
أوميّتر
Ohm meter
أميتر
Ameter

خامسًا : قانون أوم

النتاجات

- يتحقق من قانون أوم.
- يُحدِّد العلاقة بين فرق الجهد والتيار والمقاومة.

القياس والتقويم

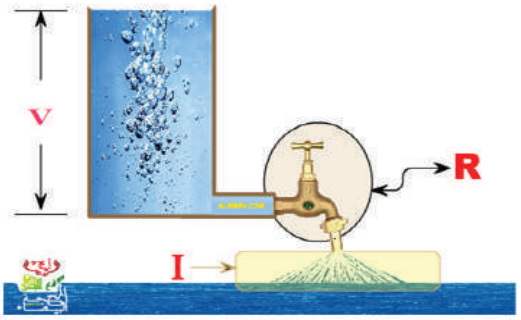
بناءً على الشكل المجاور؛ ما الذي يعيق حركة الصندوق؟

إذا حاولت تحريك جسم ما على طريق مستوٍ، فإنه من السهل تحريك هذا الجسم من دون معوقات كبيرة للمسير.

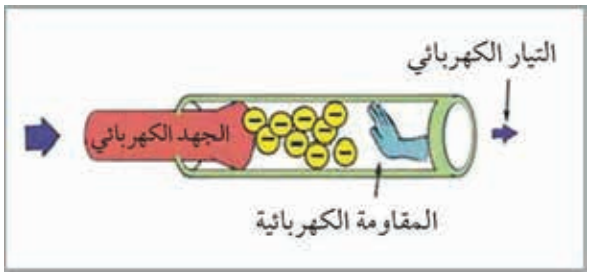
أمّا إذا حاولت تحريك الجسم نفسه على طريق مرتفع، فإنه يصعب عليك تحريكه إلى الأعلى.

استكشف

• على ماذا تعتمد كمية المياه الخارجة من صنبور المياه؟



الشكل (1–28).



الشكل (1–29).

إن ارتفاع منسوب المياه في الخزان له أثر كبير في التحكم في الضغط المؤثِّر في كمية المياه الخارجة، علمًا بأن التحكم في مقبض صنبور المياه أيضًا له أثر واضح في كمية المياه المسموح لها بالخروج من الخزان. هل يوجد تشابه بين الشكلين السابقين (1–28) و (1–29)؟ وضِّح ذلك.

اقرأ.. وتعلم

يُعَدُّ قانون أوم في الكهرباء أحد أهم القوانين المستخدمة في تطبيقات الدارات الكهربائية، انظر الشكل (1–31)؛ إذ استطاع العالم الألماني (جورج سيمون أوم) أن يجد عن طريق التجربة العلاقة بين الجهد والتيار في موصل كهربائي، وقد توصَّل إلى أن التيار الكهربائي الذي يسري في حمل يتناسب طرديًّا مع فرق الجهد بين طرفي الحمل، وعكسيًّا مع مقاومته مع ثبوت درجة الحرارة.

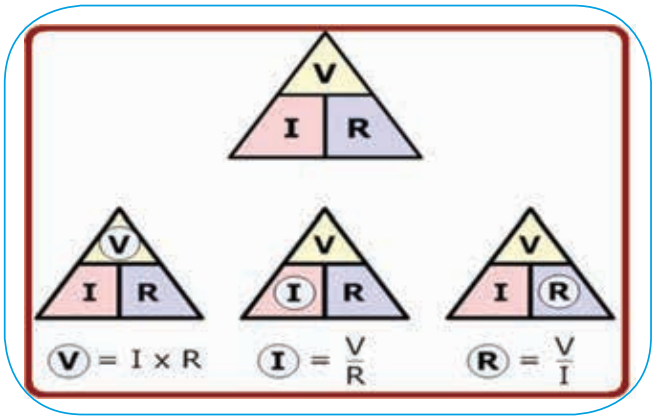
يمكن تمثيل قانون أوم رياضيًّا كما يأتي: $V = I \cdot R$، حيث:

الفولت: وحدة قياس فرق الجهد الكهربائي، ويُرمَز إليها بالحرف (V).

الأمبير: وحدة قياس التيار الكهربائي، ويُرمَز إليها بالحرف (I).

الأوم: وحـدة قياس المقاومـة الكهربائيـة، ويُرمَز إليها بالحرف (R).

وهذا يعنـي أنه إذا سرى تيار كهربائي شدته (1) أمبـير في مقاومـة مقدارهـا (1) أوم، فإن فرق الجهد المطبق على طرفي المقاومة سيكون مقداره (1) فولت.



الشكل (1–30): وحدة قياس المقاومة الكهربائية.

استنادًا إلى معادلة قانون أوم البسيطة، يمكن رسم مخطط كامل لحساب كامل المحددات الأساسية للدارات الكهربائية، انظر الشكل (1–30).

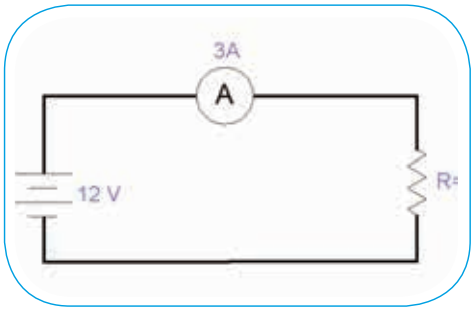
جد قيمة المقاومة في الدارة المبيَّنة في الشكل (1–31).

المعطيات :

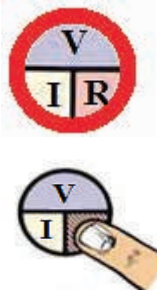
فرق الجهد: 12 فولت.

التيار: 3 أمبير.

المقاومة: (؟).



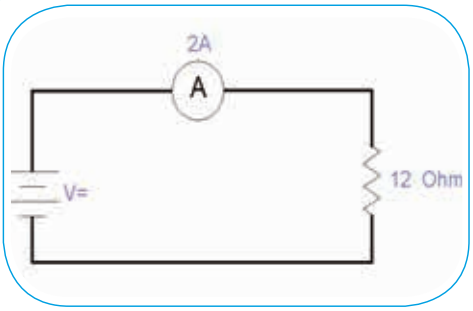
الشكل (1–31).



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

$$R = \frac{12}{3} = 4\Omega$$

جد قيمة فولتية المصدر في الدارة المبيَّنة في الشكل (1–32).



الشكل (1–32).

التمارين العملية
(1 – 6)

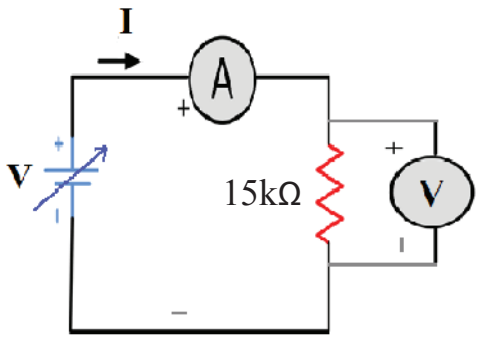
التحقق من قانون أوم عمليًّا.

يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تُحدِّد العلاقة بين فرق الجهد والتيار بثبوت المقاومة.
- تتحقَّق من قانون أوم.

متطلبات تنفيذ التمرين

التجهيزات (الأدوات)	المواد الأولية
– مصدر تيار مباشر (DC) متغير القيمة. – جهاز قياس فرق الجهد الكهربائي (الفولتميتر). – جهاز قياس التيار الكهربائي (الأميتر).	– مقاومة (15kΩ). أسلاك توصيل.

خطوات الأداء	الرسوم التوضيحية
1 – صِلِ الدارة الكهربائية، كما في الشكل المجاور، باستخدام مصدر جهد متغير القيمة. 2 – حدِّد فولتية التشغيل الأولى (30) فولت. 3 – دوِّن قراءات الأميتر والفولت في جدول خاص. 4 – غيِّر الفولتية إلى (15) فولت، ثم إلى (10) فولت، ثم دوِّن ما تتوصل إليه.	

أعد إجراء التمرين بقيم مقاومات مختلفة تحت إشراف معلمك.

رقم المحاولة	(V) v	(I) A	(R) Ω
1	30v		15 kΩ
2	15v		15 kΩ
3	10v		15 kΩ

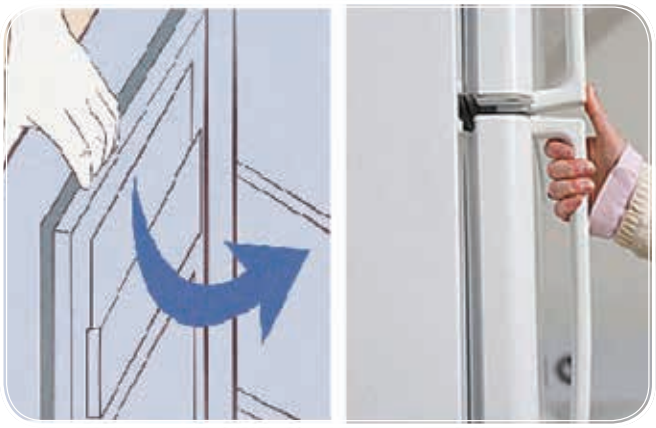
سادسًا : المغناطيسية

النتاجات

- يُوَصِّل دارة كهربائية تُوضِّح أثر التيار الكهربائي في توليد المجال المغناطيسي.
- يُحدِّد اتجاه المجال المغناطيسي في موصل باستخدام قاعدة اليد اليمنى.

انظر.. وتساءل

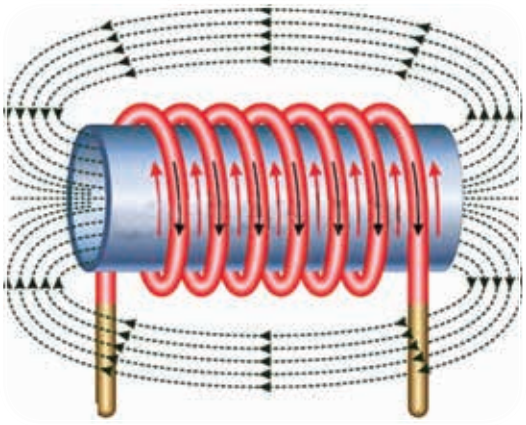
هل أغلقت يومًا باب ثلاجة منزلية؟ هل وجدت ثقلًا عند فتحها مرَّة أخرى؟ هل فكَّرت يومًا في سبب وجود الثقل عند فتح بابها بالرغم من أن إحكام إغلاق الباب يتم عن طريق شريط من البلاستيك؟



استكشف

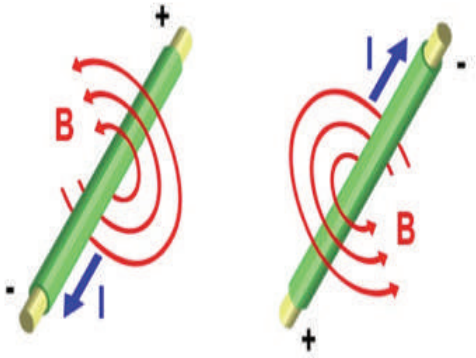
- إذا وضعنا لوحًا من الزجاج على قضيب مغناطيسي مستقيم، ثم نثرنا عليه برادة الحديد، وطرقنا على اللوح عِدَّة طرقات خفيفة، فماذا تلاحظ؟

درست في سنوات سابقة وجود تأثير للمجال المغناطيسي في مادة الحديد، وأن المغناطيس محاط من الجِهات جميعها بمجال مغناطيسي، وأن خطوط المجال هذه تكون مغلقة؛ أي إنها تتابع مسارها خلال المغناطيس نفسه، انظر الشكل (1–33).



الشكل (1–33): خطوط المجال المغناطيسي.

إذا أحضرنا قطعة من الورق المقوى، ثم اخترقناها بموصل كهربائي من النحاس، ثم وضعنا برادة من الحديد الناعم على هذه القطعة، ثم أوصلنا بها تيارًا كهربائيًّا مباشرًا (بطارية) عن طريق مقاومة متغيرة تتحكم في قيمة التيار المار؛ فماذا تلاحظ؟



الشكل (1-34).

إذا زدنا قيمة التيار الكهربائي المار بالموصل، فماذا تلاحظ؟

كلما زادت قيمة التيار زاد المجال المغناطيسي؛ ما يؤدي إلى تكاثف حلقات المجال المغناطيسي حول الموصل، والعكس صحيح، في ما يُعرَف بالتأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي، انظر الشكل (1-34).

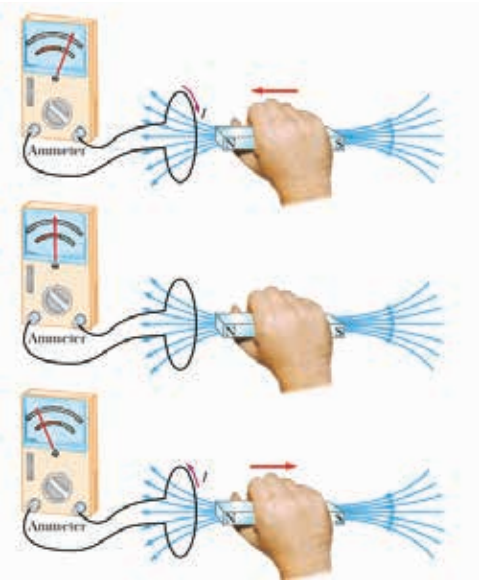
تُستخدَم قاعدة اليد اليمنى في تحديد اتجاه خطوط المجال المغناطيسي المتولدة حول موصل مستقيم يسري فيه تيار كهربائي؛ فحين تقبض على الموصل بيدك اليمنى، وتمد إبهامك باتجاه مرور التيار في الموصل، يكون اتجاه بقية الأصابع الملتفة حول الموصل دالًّا على اتجاه المجال المغناطيسي.

اقرأ.. وتعلم

اكتشف العالِم فارادي الحث المغناطيسي بعد تجربة وضع فيها موصلًا كهربائيًّا داخل مجال مغناطيسي؛ إذا لاحظ عدم تكوُّن تيار كهربائي في السلك عندما يكون ثابتًا أو متحركًا باتجاه يوازي اتجاه المجال المغناطيسي، وأنه يوجد تيار يتكوَّن في الدارة عندما يتحرك السلك في اتجاه الأعلى والأسفل؛ أي عندما يقطع السلك خطوط المجال المغناطيسي في أثناء الحركة. استنتج فارادي من هذه التجربة أنه لتوليد تيار كهربائي في دارة داخل مجال مغناطيسي يجب أن يتحرك السلك؛ ليقطع خطوط المجال، أو يتحرك المجال المغناطيسي بحيث تقطع خطوطه

منهاجي
متعة التعليم الهادف

السلك، وقد سُمِّيت طريقة توليد التيار الكهربائي في دارة مغلقة باستخدام هذه الطريقة الحث المغناطيسي، وسُمِّي التيار المُتكوِّن بهذه الطريقة القوة الدافعة الكهربائية الحثية (Emf)، انظر الشكل (1–35)، ومن الأمثلة على ذلك المحول الكهربائي.



الشكل (1–35): التأثير الكهرومغناطيسي (قانون فارادي).

قانون فارادي للحث الكهرومغناطيسي

تتناسب القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في أيَّة دارة مغلقة التي تتولد في ملفّ أو موصل تناسبًا طرديًّا مع المعدل الزمني في التغير الذي يقطع فيه الموصل خطوط الفيض المغناطيسي. تعتمد القوة الدافعة الكهربائية الناتجة أيضًا على معدل التغير في التدفق المغناطيسي الذي يقطع هذا الموصل. هل تلاحظ اختلافًا في القوة المغناطيسية عند اختلاف الزاوية بين الناقل واتجاه المجال المغناطيسي؟

ابحث في شبكة الإنترنت عن أهمية المغناطيسية وعلاقتها مع علم الكهرباء، واكتب تقريراً بذلك.

التمارين العملية
(1 – 7)

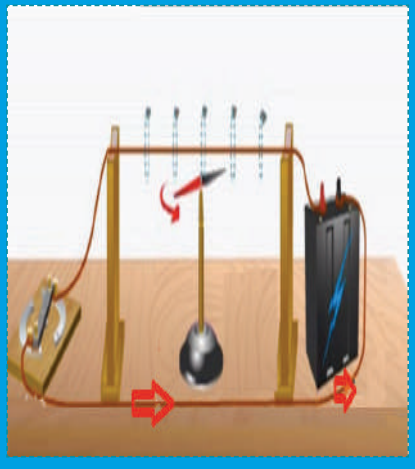
أثر التيار الكهربائي في توليد المجال المغناطيسي.

يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تُحدِّد أثر التيار الكهربائي في توليد المجال المغناطيسي.

متطلبات تنفيذ التمرين

التجهيزات (الأدوات)	المواد الأولية
– مصدر تيار مباشر (بطارية)، بوصلة مغناطيسية.	– أسلاك توصيل، مفتاح تحكم، قاعدة خشبية.

خطوات الأداء	الرسوم التوضيحية
1 – صِل الدارة المبيَّنة في الشكل. 2 – أغلق مفتاح التحكم . 3 – حدِّد اتجاه تولد المجال المغناطيسي باستخدام البوصلة المغناطيسية. 4 – اعكس اتجاه التيار، وذلك بعكس أطراف المصدر الكهربائي. 5 – دوِّن ملاحظاتك. 6 – حدِّد اتجاه التيار والمجال المغناطيسي المتولد باستخدام قاعدة اليد اليمنى.	

القياس والتقويم

1 – أكمل الفراغ بما هو مناسب في ما يأتي:

أ – أصغر جزء في المادة هو .....، وتكون شحنته ..... .

ب – تتناسب شدة التيار تناسبًا..... مع المقاومة بثبوت فرق الجهد.

جـ – تتناسب شدة التيار تناسبًا.....مع فرق الجهد بثبوت المقاومة.

2 – ما المقصود بالمصطلحات الآتية:

أ– المقاومة الكهربائية. ب– المواد الموصلة. جـ– المواد العازلة. د– الموصولية.

3 – عدد نوعين من أنواع المقاومات الكهربائية.

4 – اذكر العوامل المؤثِّرة في اختيار قيمة المقاومة.

5 – عند قياس قيمة مقاومة بنظام الألوان لمقاومة تتكوَّن من أربع حلقات واللون الأخير ذهبي، وُجِد أن قيمتها (100Ω) . ما لون الحلقة الأولى، والثانية، والثالثة؟

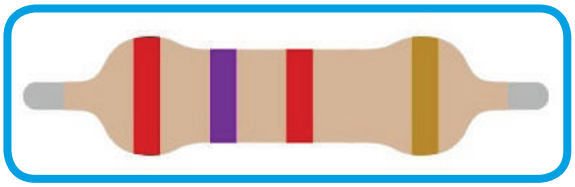
6 – بناءً على تعلمك كيفية لحساب قيمة المقاومة عن طريق الألوان، احسب قيمة المقاومة في الشكل المجاور، علمًا بأن ألوان المقاومة كما يأتي:

اللون الأول: أحمر.

اللون الثاني: بنفسجي.

اللون الثالث: أحمر.

اللون الرابع: ذهبي.



7 – بناءً على دراستك موضوع المواد الموصلة والمواد العازلة؛ فسِّر سبب عدم السماح للإنسان بلمس أسلاك النحاس المكشوفة الخارجة من علب الوصل في المباني السكنية، وأعمدة الشوارع. ماذا تقترح لحل هذه المشكلة ؟

8 – ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل ممّا يأتي:

(1) فرق الجهد الكهربائي للتيار المتناوب (بين خط الفاز والخط المحايد) المستخدم في الأردن هو:

أ – 230v. ب – 110v. جـ – 400v. د – 48v.

(2) تردد المصدر الكهربائي في الأردن هو:

أ – 60Hz. ب – 30Hz. جـ – 40Hz. د – 50Hz.

(3) الرمز المستخدم للدلالة على التيار المتناوب هو:

أ – AC. ب – DC. جـ – CU. د – AL.

(4) وحدة قياس التيار الكهربائي هي:

أ – الأوم. ب – الفولت. جـ – الأمبير. د – وات.

(5) يُقاس فرق الجهد الكهربائي باستخدام جهاز:

أ – الفولتميتر. ب – الأوميتر. جـ – الأميتر. د – اللوكس ميتر.

(6) يوصل جهاز قياس التيار للأحمال الكهربائية:

أ – على التوازي. ب – على التوالي.

جـ – بالحمل. د – بالمصدر مباشرة.

(7) وحدة قياس المقاومة الكهربائية هي:

أ – الأوم. ب– الفولت. جـ– الأمبير. د– الواط.

(8) الرمز المستخدم للدلالة على المقاومة هو:

أ – A. ب– V. جـ– Ω. د– W.

(9) يتناسب طول الموصل مع المقاومة تناسبًا:

أ – طرديًّا. ب– عكسيًّا. جـ– لا تتأثر المقاومة. د – لا توجد علاقة بينهما.

(10) وحدة قياس المقاومة النوعية هي:

أ – Ωmm. ب– Ωmm^2. جـ– Ωm. د – Ω.

9 – ما أثر زيادة التيار الكهربائي في الدارة المغناطيسية؟

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الوحدة الثانية

2

مبادئ التيار المباشر

النتاجات العامة للوحدة

يُتوقَّع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتعرَّف مفهوم التيار المباشر، وطرائق توليده، واستخداماته.
- يُميِّز بين طرائق توصيل المقاومات، ويحسب المقاومة المكافئة لمقاومات موصولة على التوالي، وعلى التوازي، وتوصيلًا مُركَّبًا.
- يتعرَّف عناصر الدارة الكهربائية، ويحسب المتغيرات في الدارة الكهربائية الأساسية باستخدام قانون أوم.
- يقيس قيمة التيار والفولتية لدارة كهربائية باستخدام جهازي الأميتر والفولتميتر.
- يحل مسائل عن التيار المباشر.
- يتعرَّف مفهوم قانوني كيرشوف، ويتحقق منهما عمليًّا.
- يتعرَّف مفهوم القدرة، ومفهوم الطاقة الكهربائية، ويتحقق منهما عمليًّا.

التيار المباشر أو التيار المستمر (يُرمَز إليه بالإنجليزية بالحرفين **(DC)**، وهما اختصار للكلمتين: **(Direct Current)**) هو تدفق ثابت للإلكترونات من منطقة ذات جهد عالٍ إلى منطقة أخرى ذات جهد أقل. يمكن توليد التيار المباشر من البطاريات الكهربائية، والخلايا الشمسية، والمزدوجات الحرارية، والمبادل الكهربائي المستخدم في الآلات الكهربائية. بوجه عام، يسري التيار المباشر في الفلزات مثل الأسلاك الكهربية، ولكنه قد يسري أيضًا خلال أشباه الموصلات، أو العوازل، أو حتى في الفراغ كما في الأشعة الأيونية أو الأشعة الإلكترونية. تتدفق الشحنة الكهربائية من حالة التيار المباشر في الاتجاه نفسه، وهو بذلك يختلف عن التيار المتردد الذي يُرمَز إليه بالإنجليزية بالحرفين**(AC)**. تجدر الإشارة إلى أن التيار المستمر كان يُعرَف سابقًا باسم التيار الجلفاني **(Galvanic Current)**.

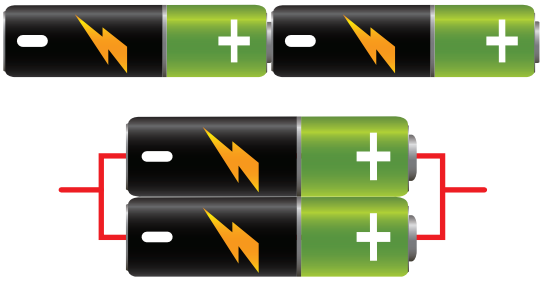
أولاً : التيار المباشر: طرائق توليده، واستخداماته

النتاجات

- يتعرَّف مفهوم التيار المباشر، وطرائق توليده، واستخداماته.

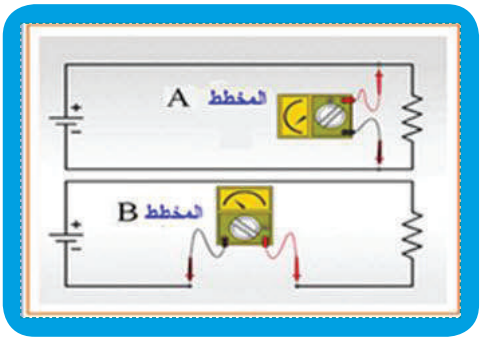
القياس والتقويم

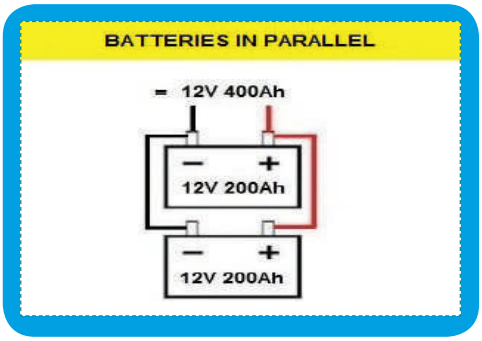
يمثل الشكل المجاور عددًا من البطاريات، ماذا نستفيد من هذه البطاريات؟

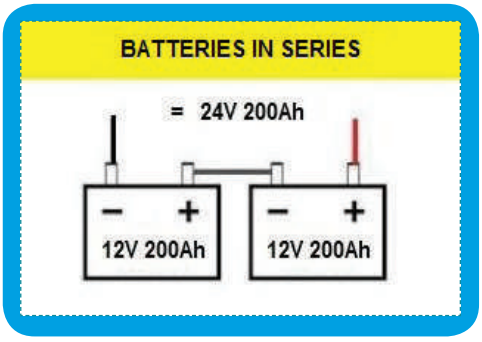


استكشف

هل يمكن الحصول على قيم فولتية ثابتة القيمة فقط، أم نستطيع توصيل مصادر الجهد معًا بطرائق مختلفة للحصول على فولتيات أكبر؟







اقرأ.. وتعلم

درست سابقًا أن التيار المباشر **(Direct Current)** ثابت القيمة، وثابت الاتجاه مع الزمن، وأن أهم مصادره هي المراكم (البطاريات الكهربائية)، ومولدات التيار المباشر .

يمكن الحصول على التيار المباشر بطرائق عِدَّة، منها:

1 – المراكم والأعمدة الكهربائية : تعمل هذه المراكم والأعمدة على تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية.

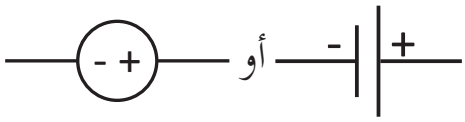
2 – مولدات التيار المباشر **(DC Generators)**: هي آلات تعمل عندما يتحرك موصل ضمن مجال مغناطيسي يُولِّد فولتية مباشرة، وذلك بتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية.

3 – الخلايا الضوئية: تُحوِّل الخلية الضوئية ضوء الشمس الساقط عليها إلى تيار كهربائي مباشر. وتُعَدُّ الخلايا الشمسية مُوفِّرًا أساسيًّا للطاقة؛ إذ لا تحتاج إلى تفاعلات كيميائية أو وقود لإنتاج الطاقة الكهربائية، ولا تملك أيَّة أجزاء متحركة خلافًا للمولدات الكهربائية.

4 – دارات التقويم: يتم تحويل التيار المتناوب **(AC)** إلى تيار مباشر بوساطة دارات التقويم المختلفة **(Rectification)**.

فكِّر

ابحث في شبكة الإنترنت عن كيفية استخدام التيار الكهربائي المباشر **(DC)** الناتج من الخلايا الضوئية في تشغيل الأحمال الكهربائية التي تعمل بالتيار المتناوب **(AC)**.

رمز مصدر الجهد DC: 

مجالات استخدام التيار المباشر

1 – تشغيل المحركات الكهربائية التي تعمل بالتيار المباشر.

2 – التحليل الكهربائي (الطلاء الكهربائي)، وعمليات اللحام.

3 – الصناعة، مثل: صنع ورق الصنفرة، وتنقية المعادن، وتنقية المصانع من الغبار.

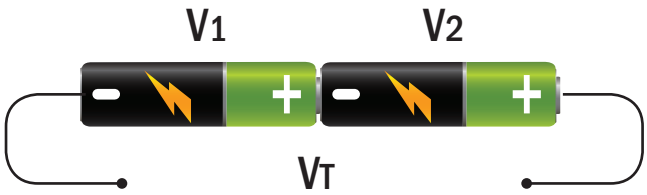
4 – آلات العرض السينمائي.

5 – تغذية وسائل الحماية الكهربائية، مثل مرحلات الحماية.

6 – وحدات إنارة مصابيح الطوارئ التي تُستخدَم في حالة انقطاع التيار الكهربائي.

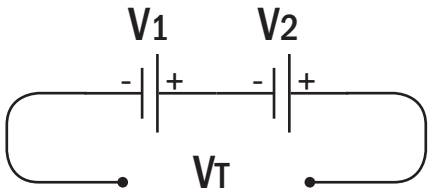
توصيل مصادر التيار المباشر

التوصيل على التوالي: وفيه يزيد الجهد، وتبقى شدة التيار كما هي. ففي حالة وجود بطاريتين، قيمة كلٍّ منهما (1.5v) و (0.5A) ينتج عند توصيلهما على التوالي فرق جهد مقداره (3) فولت، وتبقى شدة التيار ثابتة (0.5A).



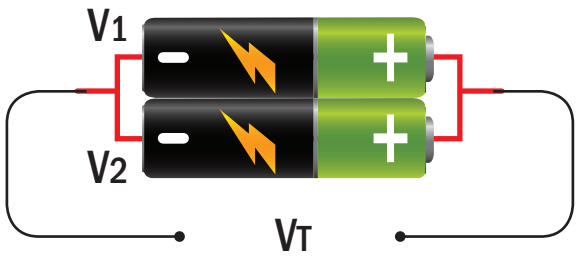
$V_T = V_1 + V_2$

$I_T = I_1 = I_2$



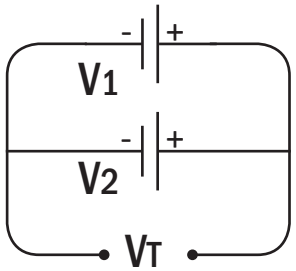
توصيل على التوالي

التوصيل على التوازي: وفيه يبقى الجهد ثابتًا، وتزيد شدة التيار نتيجة هذا التوصيل. ففي حالة وجود بطاريتين، قيمة كلٍّ منهما (1.5v) و (0.5A)، يبقى فرق الجهد ثابتًا عند التوصيل على التوازي (1.5v)، وتزيد شدة التيار لتصبح (1A).



$V_T = V_1 = V_2$

$I_T = I_1 + I_2$



توصيل على التوازي

التمارين العملية (1 – 2)

قياس فرق الجهد لمجموعة من البطاريات.

يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تقيس قياسًا دقيقًا فرق الجهد للتيار المباشر باستخدام جهاز الأفوميتر.

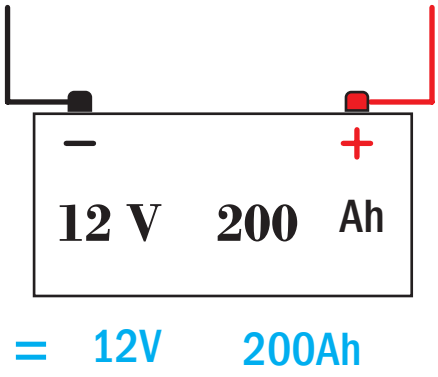
متطلبات تنفيذ التمرين

التجهيزات (الأدوات)	المواد الأولية
– جهاز أفوميتر رقمي، صندوق عُدَد كهربائية كاملة.	– بطاريتان، قيمة كلٍّ منهما (12Ω) فولت (200 Ah). – أسلاك، قطبا توصيل.

خطوات الأداء	الرسوم التوضيحية

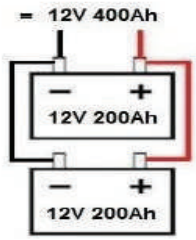
القيمة المكتوبة على البطارية	ملاحظات	قراءة الجهاز
12 V 200 Ah	قياس الجهد للبطارية	
12 V 200 Ah	عند توصيل البطارية على التوازي	
12 V 200 Ah	عند توصيل البطارية على التوالي	

1 – قِس الفولتية على طرفي قطبي البطارية، ثم دوِّن القيمة في الجدول.



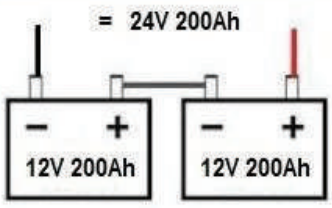
2 – قِس الفولتية عند توصيل البطارية على التوازي، كما في الشكل المجاور، ثم دوِّن القيمة في الجدول.

البطاريات على التوازي



3 – قِس الفولتية عند توصيل البطارية على التوالي، كما في الشكل المجاور، ثم دوِّن القيمة في الجدول.

البطاريات على التوالي



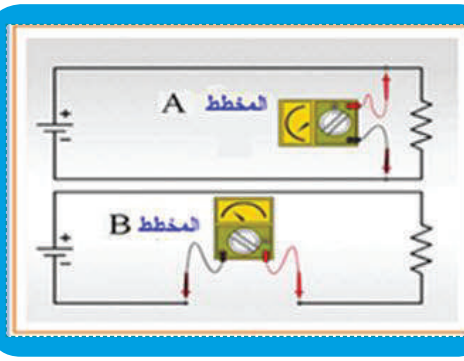
4 – مُستعينًا بالشكل المجاور، أكمل الفراغ بما يناسبه في ما يأتي:

أ– الرمز (A) هو الطريقة الصحيحة لقياس ..... .

البطارية، وذلك باستخدام جهاز ..... .

ب– الرمز (B) هو الطريقة الصحيحة لقياس ..... .

البطارية، وذلك باستخدام جهاز ..... .



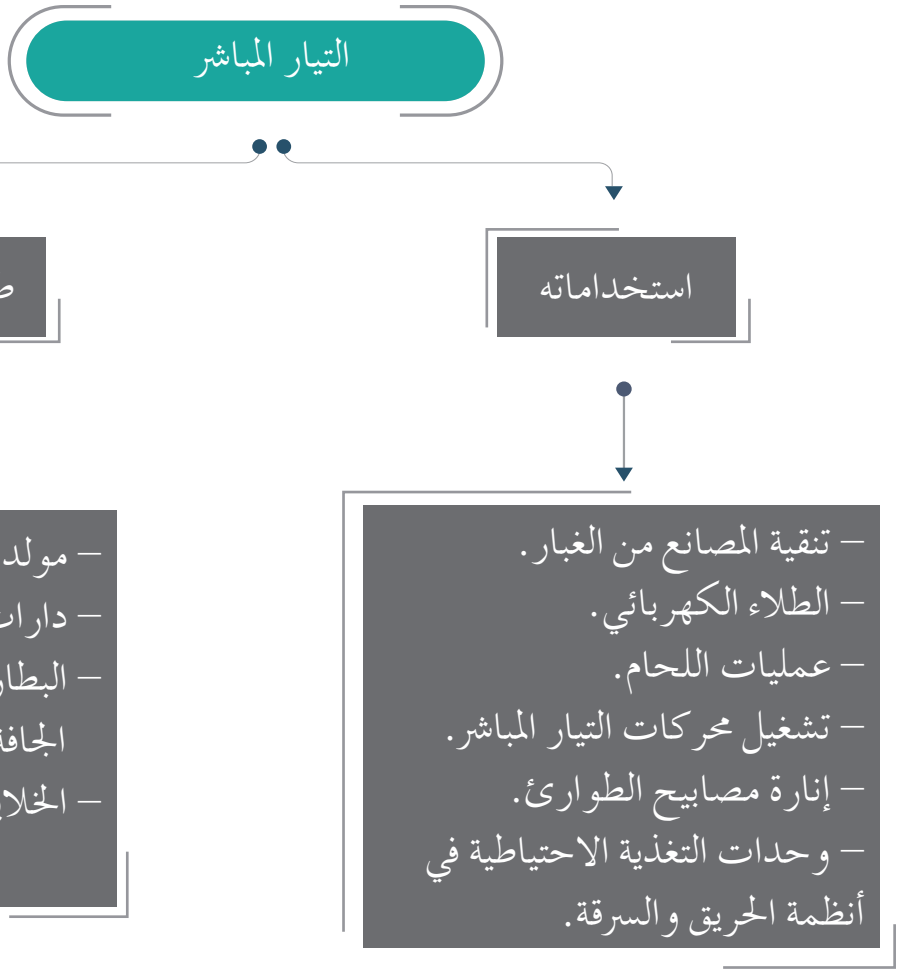
5 – أحضر مجموعة من البطاريات المختلفة، ثم قِس فولتية كلٍّ منها باستخدام جهاز الأفوميتر، ثم قارن القيم بالقيمة المكتوبة عليها للتحقق من صلاحيتها، ثم دوِّن ذلك في جدول خاص.

تذكَّر

في أثناء توصيل التيار المباشر في الدارة الكهربائية، يجب توصيل القطبين (+/ –) توصيلًا صحيحًا.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الخريطة المفاهيمية



الوحدة الثانية
مبادئ التيار المباشر

ثانيًا : الدارة الكهربائية البسيطة

النتاجات

- يُحدِّد استخدامات كل عنصر من عناصر الدارة الكهربائية ومواصفاته، ويحسب كلًّا منها حسابًا دقيقًا.

انظر.. وتساءل

– **هل شاهدت يومًا الكشاف الكهربائي اليدوي؟**

– **إذا كنت قد شاهدته، فما أهم أجزائه؟**

يتكوَّن الكشاف الكهربائي من بطارية، وأسلاك توصيل، وفيوز حماية داخلي، ومفتاح تحكم، ومصباح كهربائي كما هو موضح في الشكل المجاور.

انظر.. وتساءل

اقرأ.. وتعلم

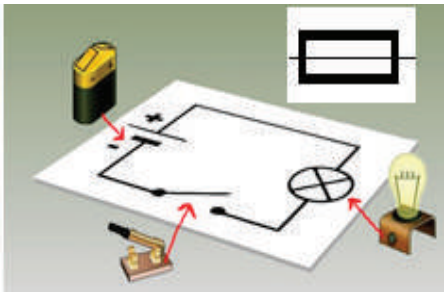
استكشف

الإثراء.. والتوسع

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

استكشف

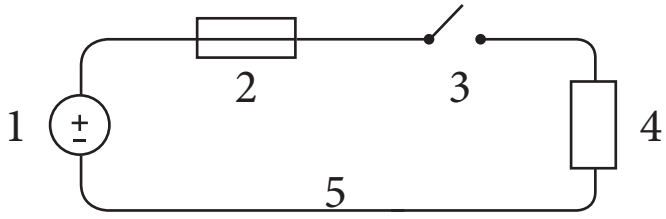


- هل يوجد تشابه بين أجزاء الدارة الكهربائية للكشاف اليدوي وأجزاء الدارة الكهربائية البسيطة؟

تتشابه الدارة الكهربائية في معظم الأجهزة الكهربائية من حيث المكونات الأساسية.

اقرأ.. وتعلم

تُعَدُّ الدارة الكهربائية البسيطة **(Simple Electrical Circuit)** أساسًا لفهم معظم الدارات الكهربائية للأحمال المختلفة، مع اختلاف قيم الأجزاء المكونة لها وأنواعها، وفي ما يأتي أهم مكونات الدارة الكهربائية:



1- مصادر الطاقة الكهربائية (Electrical Source):	تختلف هذه المصادر من حيث نوع التيار المستخدم فيها.
2- وسائل الحماية الكهربائية:	تُختار بدقة لحماية عناصر الدارة الكهربائية عند ارتفاع التيار عن الحد المطلوب، و في حالات القصر.
3- وسيلة التحكم الكهربائي (Switch):	يتم عن طريقها التحكم في تشغيل الدارة وفصلها (On , Off).
4- الحمل الكهربائي (Electrical load):	أيُّ جهاز يعمل بالتيار الكهربائي، ويستهلك طاقة كهربائية (المصباح الكهربائي).
5- النواقل (Conductors) والأسلاك الكهربائية (Wire):	تُصنَع من النحاس أو الألمنيوم، وتكون معزولة، وتُعَدُّ طريقة لسريان التيار الكهربائي خلالها لتوصيل عناصر الدارة الكهربائية معًا.

تذكَّر

من الضروري وجود توافق بين جميع عناصر الدارة الكهربائية؛ لتعمل بصورة صحيحة.

تُعرَّف الدارة الكهربائية المغلقة (**Closed Circuit**) بأنها دارة تُمثِّل مسارًا مغلقًا، يبدأ بأحد طرفي مصدر الطاقة، وينتهي بطرفه الآخر؛ ليسري التيار الكهربائي خلاله. وفي حالة انقطاع هذا المسار يتوقف سريان التيار الكهربائي، وعندئذٍ تُسمّى الدارة الكهربائية الدارة المفتوحة (**Open Circuit**).

ابحث في الأسباب التي تؤدي إلى فتح الدارة الكهربائية، ثم دوِّنها في جدول خاص.

التمارين العملية
(2 – 2)

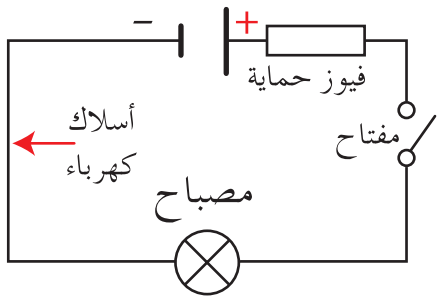
توصيل الدارة الكهربائية البسيطة، وتعرُّف مكوناتها، وتوصيل أجهزة القياس.

يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تُوصِّل دارة كهربائية بسيطة، وتتعرَّف مكوناتها، وتوصل أجهزة القياس توصيلًا دقيقًا.

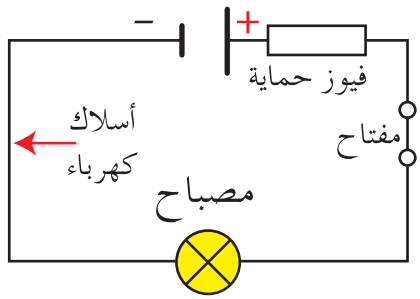
متطلبات تنفيذ التمرين

التجهيزات (الأدوات)	المواد الأولية
– جهاز أفوميتر رقمي، أميتر رقمي، صندوق عُدَد كهربائي كامل.	– بطارية، أسلاك، مصباح، فيوز حماية، مفتاح تحكم.

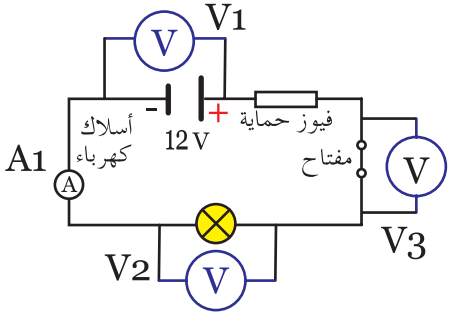
خطوات الأداء	الرسوم التوضيحية
1 – صِلِ الدارة الكهربائية كما هو موضح في الشكل المجاور. هل يضيء المصباح في هذه الحالة؟	

خطوات الأداء	الرسوم التوضيحية

2 – أغلق وسيلة التحكم، ماذا تلاحظ؟

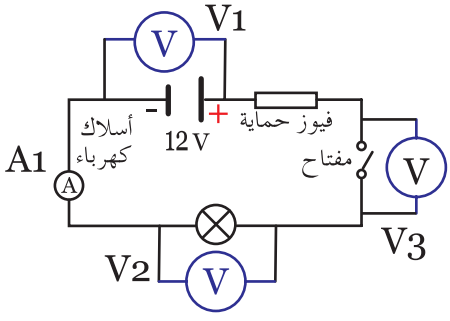


3 – صِلْ جهازي القياس، ثم دوِّن القراءات في الجدول.



وضع المفتاح	V1	V2	V3	A1
(ON)				

4 – افصل وسيلة التحكم، ماذا تلاحظ؟ دوِّن القراءات في الجدول الآتي:

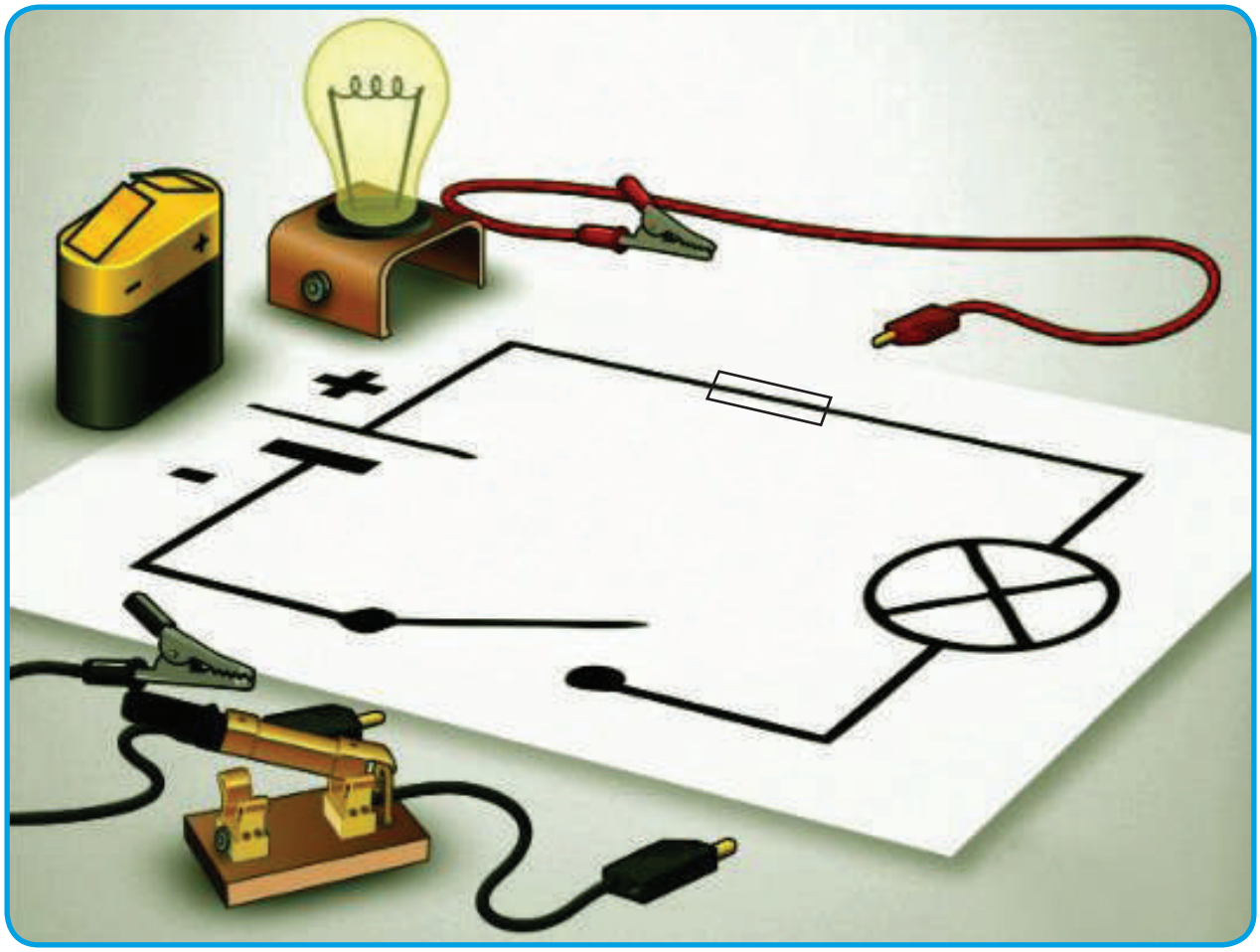


وضع المفتاح	V1	V2	V3	A1
(OFF)				

تذكَّر

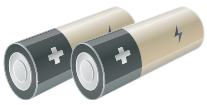
لا يسري التيار الكهربائي في الدارة عند وجود فتح فيها.

الخريطة المفاهيمية



(1) حمل كهربائي.

(2) مصدر كهربائي.

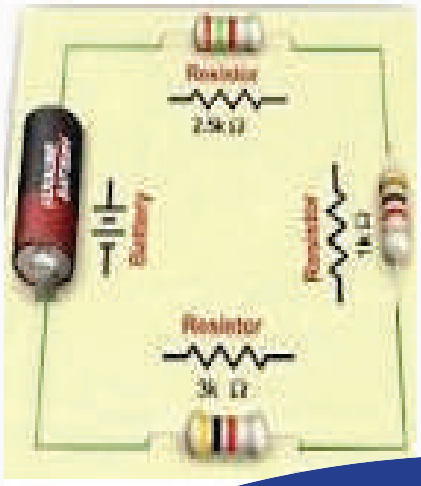


(3) أسلاك كهرباء.

(4) وسيلة تحكم.

(5) فيوز حماية.

ثالثًا: توصيل المقاومات الكهربائية

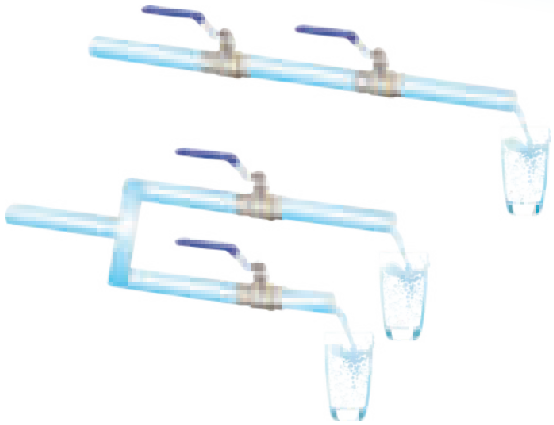


النتاجات

- يحسب المقاومة المكافئة لمجموعة من المقاومات الموصولة على التوالي، وعلى التوازي، وتوصيلًا مُركَّبًا، ويتحقق من ذلك عمليًّا باستخدام أجهزة القياس بطريقة صحيحة.

انظر.. وتساءل

ماذا تلاحظ عند فتح محبس المياه في الشكل الآتي؟



ماذا يحدث عند إغلاق أحد محبسَي المياه في الحالتين؟

اقرأ.. وتعلم

استكشف

الإثراء والتوسع

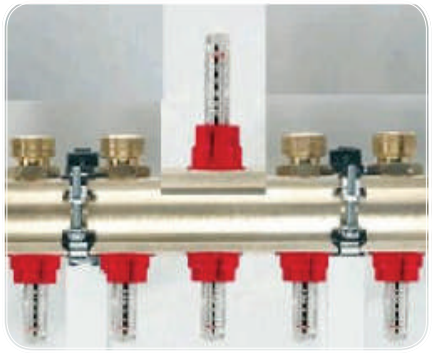
القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

استكشف

- ماذا يحدث عند مرور المياه بالخط الرئيس؛ كما هو مبين في الشكل (2–1)؟

عند خروج المياه من المحبس الرئيس فإنها تتوزع بين المحابس الفرعية بالتساوي.



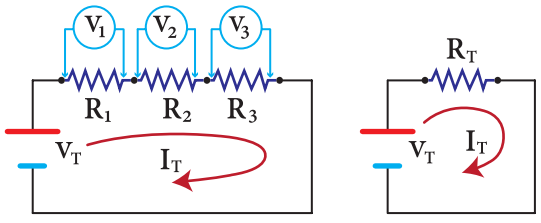
الشكل (2–1).

اقرأ.. وتعلم

توصل المقاومات الكهربائية في الدرات الكهربائية بثلاث طرائق، هي:

1 – توصيل المقاومات على التوالي (Resistors In – Series)

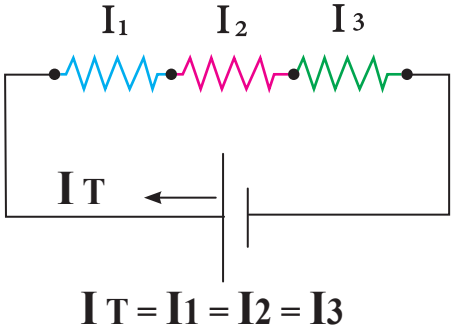
يُقصَد بالتوصيل على التوالي توصيل بداية المقاومة الأولى بالمصدر، وتوصيل نهاية المقاومة الأولى ببداية المقاومة الثانية، وتوصيل نهاية المقاومة الثانية ببداية المقاومة الثالثة، وهكذا حتى نهاية المقاومة الأخيرة التي توصل مرة أخرى بالطرف الثاني للمصدر. ويمكن أن تحل مقاومة واحدة محل مجموعة المقاومات، ويُطلَق عليها اسم المقاومة الكلية (RT)، انظر الشكل (2–2).



الشكل (2–2).

خصائص توصيل المقاومات على التوالي

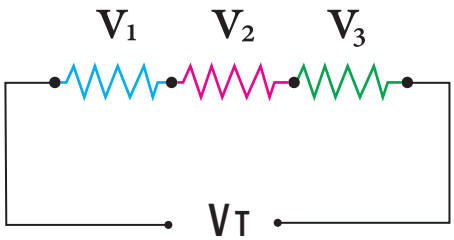
أ– **التيار**: سريان التيار نفسه في المقاومات جميعها، كما هو مبين في الشكل (2–3).



$$I_T = I_1 = I_2 = I_3$$

الشكل (2–3).

ب- **الجهد**: مساواة الفولتية المكافئة لمجموع الفولتيات بين طرفي كل مقاومة، بحيث تتناسب هذه الفولتيات بين طرفي مقاومة تناسبًا طرديًّا مع قيمة كلٍّ منها، كما هو مبين في الشكل (2-4).



$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

الشكل (2-4).

جـ- **المقاومة الكلية**: تكون المقاومة الكلية عند توصيل المقاومات على التوالي (R_T) مساوية لمجموع قيم تلك المقاومات، وهي بذلك تكون أكبر من أكبر مقاومة في الدارة، كما هو مبين في الشكل (2-5).

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

الشكل (2-5).

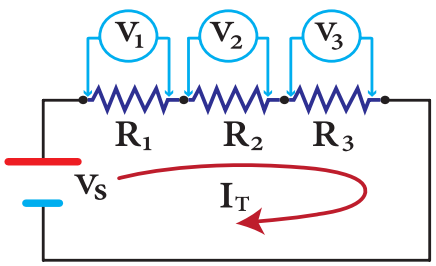
د - **الأعطال**: إذا حدث عطل أو قطع في المقاومات، فإن الدارة الكهربائية تتوقف كاملة.

هـ- **الاستخدام**: يُستخدَم التوصيل على التوالي بصورة محدودة.

قانون تقسيم الجهد

لإيجاد فرق الجهد على المقاومة المطلوبة من دون معرفة قيمة التيار، كما هو مبين في الشكل (2-6)، يُستخدَم القانون الآتي:

$$V_{R1} = V_S \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3}$$

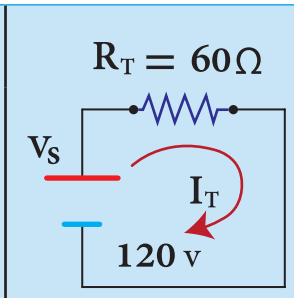
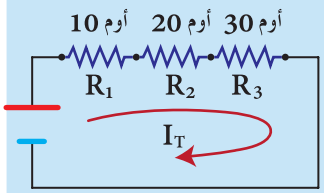


الشكل (2-6).

في ما يخص دارات التوصيل على التوالي، فإن قيمة فرق الجهد الأكبر تكون للمقاومة الكبرى في الدارة، وتستهلك المقاومة الكبرى قدرة أكبر من المقاومة ذات القيمة الصغيرة.

مثال

وُصِّلت ثلاث مقاومات على التوالي، كما هو مُوضَّح في الشكل الآتي. جد المقاومة الكلية للدارة.

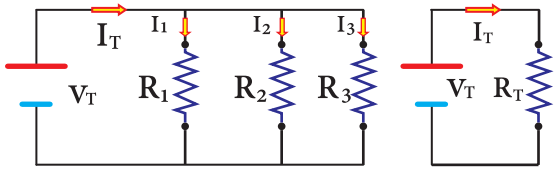
المعطيات	القانون		
$R_1 = 10\ \Omega$ $R_2 = 20\ \Omega$ $R_3 = 30\ \Omega$ المطلوب: إيجاد R_T	$R_T = R_1 + R_2 + R_3$ $R_T = 10 + 20 + 30$ $= 60\ \Omega$		

نشاط

إذا علمت أن قيمة فرق الجهد للمصدر في المثال السابق هي (120) فولت، فجد قيمة تيار الدارة، ثم جد فرق الجهد على كل مقاومة من المقاومات فيها.

2 – توصيل المقاومات على التوازي (Resistors In – Parallel)

يُقصَد بالتوصيل على التوازي توصيل بداية المقاومة ببداية المقاومة التي تليها، وتوصيل نهاية المقاومة بنهاية المقاومة التي تليها، وتوصيل بدايات المقاومات المتصلة معًا بأحد أطراف المصدر الكهربائي، وتوصيل نهايات المقاومات المتصلة معًا بالطرف الآخر للمصدر الكهربائي، كما في الشكل (2–7).

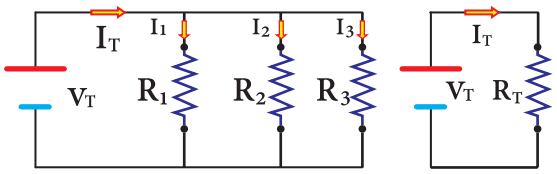


الدارة الكهربائية　　الدارة المكافئة

الشكل (2–7): التوصيل على التوازي.

خصائص توصيل المقاومات على التوازي

أ – **التيار**: التيار الكلي يساوي مجموع التيارات المارة بكل مقاومة، كما في الشكل (2–8).

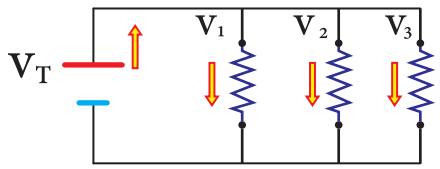


الدارة الكهربائية　　الدارة المكافئة

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

الشكل (2–8).

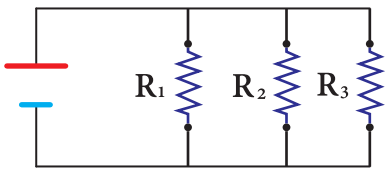
ب– **الجهد**: تساوي الفولتية في المقاومات جميعها، ويكون مساويًا لجهد المصدر، كما في الشكل (2–9).



$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

الشكل (2–9).

جـ– **المقاومة**: تكون المقاومة الكلية أصغر من أصغر مقاومة في الدارة، كما في الشكل (2–10).



$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

الشكل (2–10).

تذكَّر

في حال وجود مقاومتين على التوازي فقط

$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

في حال وجود أكثر من مقاومة متساوية على التوازي

$$R_T = \frac{R}{n}$$

R = قيمة المقاومة الواحدة
n = عدد المقاومات

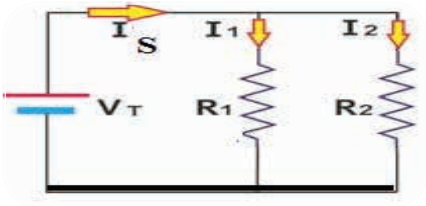
د – **الأعطال**: إذا حدث عطل أو قطع في أي من دارات المقاومات الموصولة على التوازي، فإن ذلك لا يؤدي إلى توقف كل دارة موصولة على التوازي، وإنما يؤدي إلى توقف الجزء الذي حدث فيه القطع فقط.

هـ– **الاستخدام**: يُستخدَم التوصيل على التوازي بصورة كبيرة، وهو المستخدَم في توصيل الأحمال في التمديدات الكهربائية المنزلية.

قانون تقسيم التيار

لإيجاد قيمة التيار المار بالمقاومة الموصولة على التوازي، يُستخدَم القانون المجاور:

$$I_{R1} = I_S \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

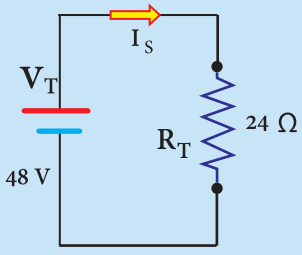
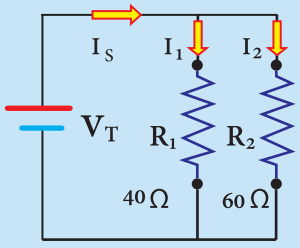


الشكل (2–11).

في حالة توصيل المقاومات على التوازي، كما في الشكل (2–11)، يسري التيار الأعلى في المقاومة ذات القيمة الصغيرة، والتيار الأقل يسري في المقاومة ذات القيمة الكبيرة، والمقاومة الصغرى تستهلك أكبر قدرة، وأن المقاومة الكبرى تستهلك قدرة أقل.

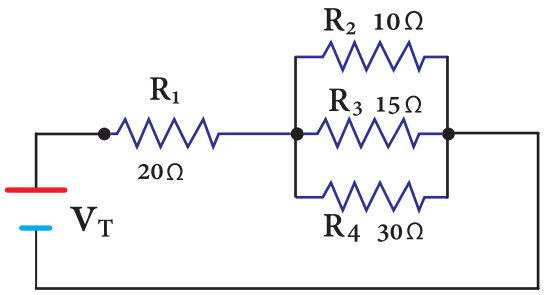
مثال

في الدارة المُوضَّحة في الشكل، احسب قيمة المقاومة الكلية للدارة.

المعطيات	الحل: القانون		
$R_1 = 40\ \Omega$ $R_2 = 60\ \Omega$ $P_T = ?$	$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$ $\frac{40 \times 60}{40 + 60}$ $= 24\Omega$		

3 – التوصيل المركب (Resistors In – Compound).

يُقصَـد بذلـك توصيل مقاومات علـى التوالي، وتوصيـل مقاومـات علـى التـوازي في دارة كهربائية واحدة، كما في الشكل (2–12).



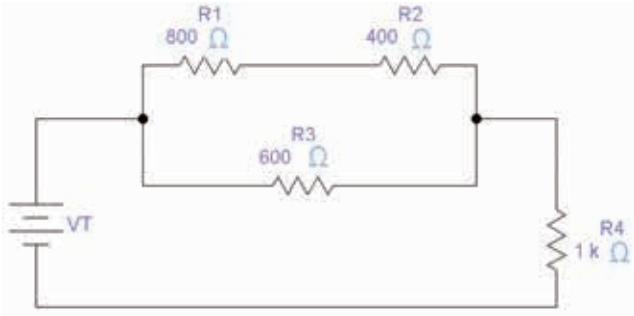
الشكل (2–12).

نشاط

جد قيمة المقاومة الكلية في الدارة المجاورة.

مثال

احسب المقاومـة المكافئة للمقاومات في الدارة المبينة في الشكل الآتي:



$R_{T1} = R_1 + R_2$

$= 800+400 = 1200\Omega$

$\frac{1}{R_{T2}} = \frac{1}{R_{T1}} + \frac{1}{R_3}$

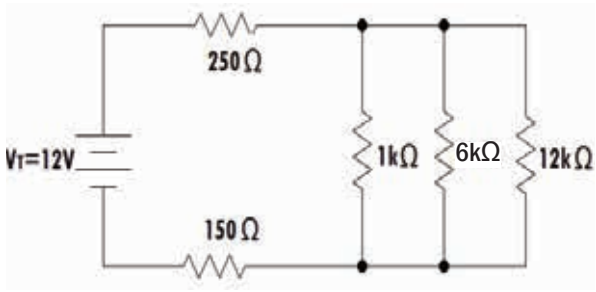
$= \frac{1}{1200} + \frac{1}{600} = \frac{3}{1200}$

$R_{T2} = 400\Omega$

$R_T = 1000+400 = 1400\Omega = 1.4k\Omega$

مثال

احسـب التيار الكلي المار في الدارة المبينة في الشكل الآتي:



$\frac{1}{R_{T1}} = \frac{1}{1} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12}$

$= \frac{12+2+1}{12} = \frac{15}{12}$

$= 0.8k\Omega = 800\Omega$

$R_T = 250 + 800 + 150 = 1200\ \Omega$

$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{12}{1200} = 0.01A = 10mA$

الإثراء والتوسع

إذا علمت أن قيمة فرق الجهد (48) فولت؛ فجد تيار الدارة الكلي، وقيمة التيار المار بكل مقاومة من المقاومات بحسب قانون تقسيم التيار.

التمارين العملية
(3 – 2)

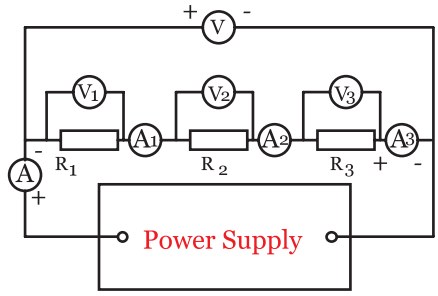
توصيل مجموعة من المقاومات معًا على التوالي والتوازي

يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تقيس قيمة الفولت والتيار لكل مقاومة من المقاومات الموصولة على التوالي والتوازي باستخدام أجهزة القياس الصحيحة، وتُدوِّنها في جدول خاص.

متطلبات تنفيذ التمرين

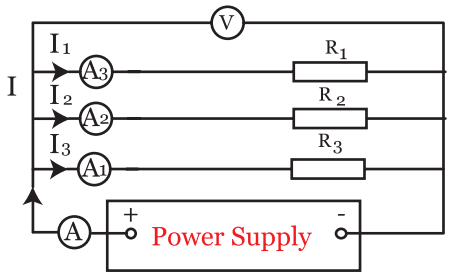
التجهيزات (الأدوات)	المواد الأولية
– (4) أجهزة أوميتر رقمية، (4) أجهزة أميتر رقمي. صندوق عُدَد كهربائي كامل، مصدر تيار كهربائي متغير القيمة (24 V - 0).	– بطارية، أسلاك، مصباح، فيوز (مادة حماية)، مفتاح تحكم، مقاومات كهربائية (1K Ω، 2K Ω، 3K Ω).

خطوات الأداء	الرسوم التوضيحية
1 – صِل الدارة كما هو مُوضَّح في الشكل المجاور. 2 – دوِّن قراءات كل جهاز من أجهزة الفولتميتر والأميتر في الجدول الآتي، ثم اكتب ملاحظاتك.	

الجهد الكلي للمصدر V_T	0v	12v	24v
الجهد على المقاومة الأولى V_1:			
الجهد على المقاومة الثانية V_2:			
الجهد على المقاومة الثالثة V_3:			
شدة التيار الكلي للمصدر I_T:			
شدة التيار الكلي للمقاومة R_1:			
شدة التيار الكلي للمقاومة R_2:			
شدة التيار الكلي للمقاومة R_3:			

خطوات الأداء	الرسوم التوضيحية

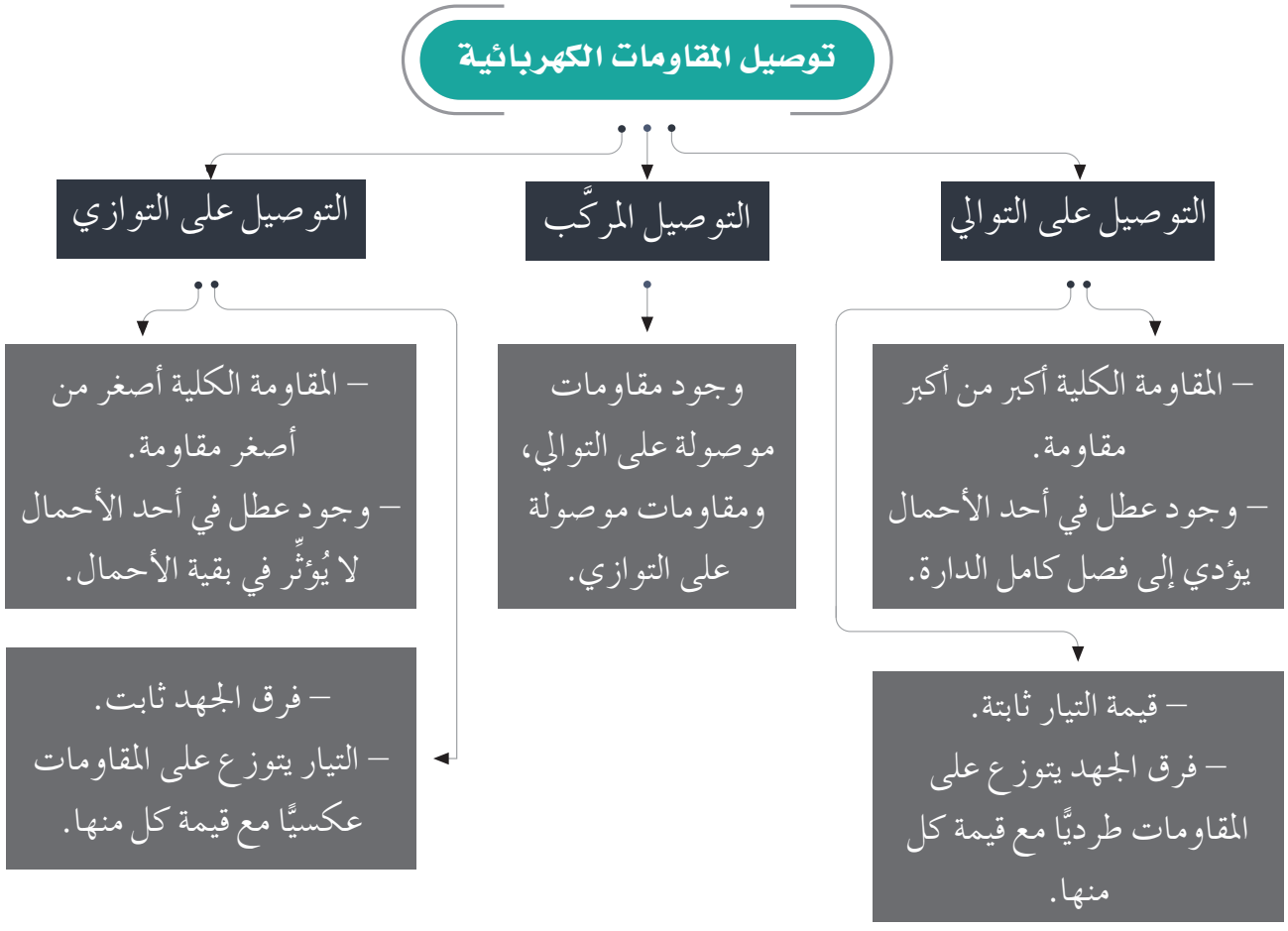
3 – صِلِ الدارة كما هو مُوضَّح في الشكل المجاور.



4 – دوِّن قراءات جهازي الفولتميتر والأميتر في الجدول الآتي، ثم اكتب ملاحظاتك.

الجهد الكلي للمصدر V_T	0v	12v	24v
الجهد على المقاومة الأولى V_1:			
الجهد على المقاومة الثانية V_2:			
الجهد على المقاومة الثالثة V_3:			
شدة التيار الكلي للمصدر I_T:			
شدة التيار للمقاومة R_1:			
شدة التيار للمقاومة R_2:			
شدة التيار للمقاومة R_3:			

الخريطة المفاهيمية



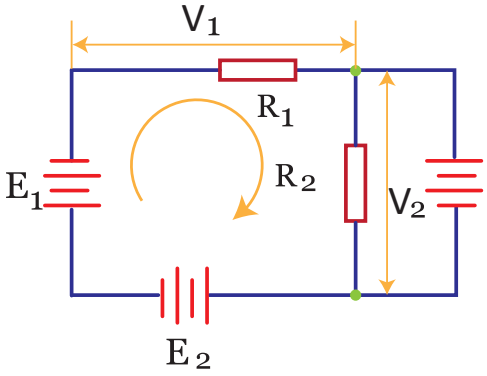
رابعًا: قانونا كيرشوف

النتاجات

- يحسب المتغيرات في الدارة الكهربائية باستخدام قانوني كيرشوف، ويتحقق منها عمليًّا.

بناءً على دراستك السابقة لقانون أوم؛ هل تستطيع حل الدارة الآتية؟

نظرًا إلى وجود مصدرين للجهد الكهربائي في الدارة نفسها؛ يجب تَعرُّف قوانين حل هذه الدارة وأمثالها.

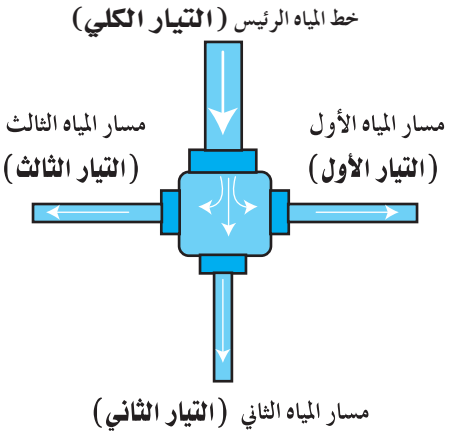


استكشف

- مُستعينًا بالشكل (2–13)، ماذا يحدث عند مرور تيار المياه في الخط الرئيس؟

تتوزع كمية المياه الداخلة في الخطوط الثلاثة؛ أي إن معدل جريان المياه الداخلة = معدل جريان المياه في الفرع الأول + معدل جريان المياه في الفرع الثاني + معدل جريان المياه في الفرع الثالث.

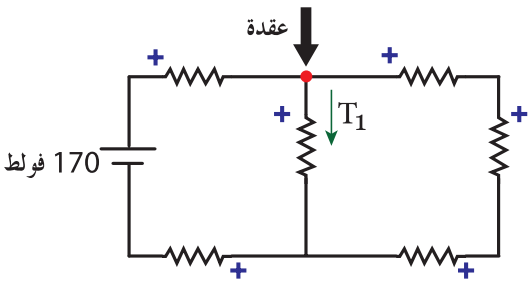
ويمكن القياس على ذلك بالقول: التيار الكلي الداخل = التيار الأول + التيار الثاني + التيار الثالث.



الشكل (2–13).

اقرأ.. وتعلم

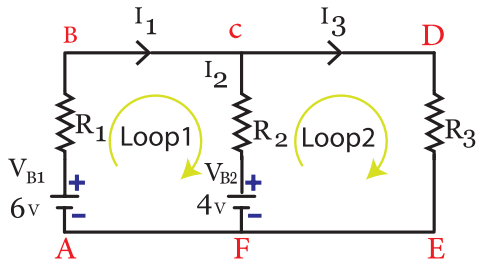
درست سابقًا قانون أوم لحساب الدارات الكهربائية البسيطة التي تتكوَّن من حلقة واحدة، حيث يسري التيار نفسه في عناصر الدارة الكهربائية جميعها. ولكن إذا كانت الدارة الكهربائية تتكوَّن من أكثر من مصدر جهد للحلقة نفسها، أو تتكوَّن من أكثر من حلقة لسريان التيار الكهربائي فيها، فماذا سيحدث؟ قبل دراسة قانوني كيرشوف، يجب التوقف عند بعض المصطلحات الخاصة بالدارات الكهربائية، مثل:



الشكل (2–14/ أ).

1 – **العقدة (Node):** نقطة في الدارة تُمثِّل التقاء عنصرين فيها، انظر الشكل (2–14/ أ).

2 – **الحلقة (Loop):** مسار مغلق في الدارة؛ بأن تكون عقدة بداية الحركة هي العقدة التي تنتهي عندها، انظر الشكل (2–14/ ب).



الشكل (2–14 / ب).

توصَّل العالِم كيرشوف إلى قانونين عُرِفا باسمه لحل مثل هذه الدارات، هما:

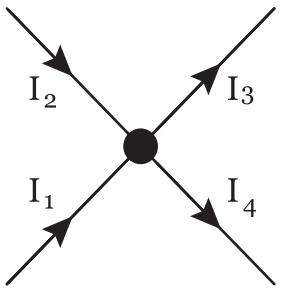
القانون الأول لكيرشوف (Kirchhoff's Current Law)

يُعرَّف هذا القانون باسم حفظ الشحنة الكهربائية، وينص على أن المجموع الجبري للتيارات الكهربائية في أيَّة عقدة (نقطة توصيل في الدارة الكهربائية أو تفرع فيها) يساوي صفرًا، انظر الشكل (2–15)؛ أي إن المجموع الجبري للتيارات التي تدخل العقدة يساوي المجموع الجبري للتيارات الخارجة منها:

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

$$\Sigma I = 0$$

عند نقطة تفرع

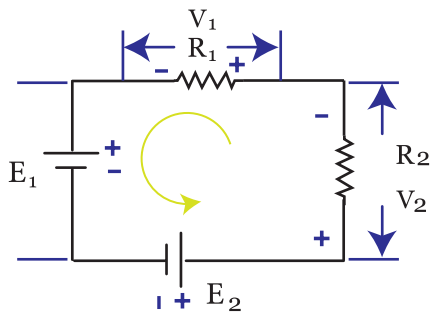


$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$

الشكل (2–15).

القانون الثاني لكيرشوف (Kirchhoff's Volt Law)

يُعرَف هذا القانون باسم بقانون حفظ الطاقة، وينص على أن المجموع الجبري للفولتية في مسار مغلق بدارة كهربائية يساوي صفرًا. ويمكن صياغته بطريقة أسهل تتمثَّل في أن المجموع الجبري لهبوط الفولتيات على المقاومات يساوي المجموع الجبري للقوة الدافعة الكهربائية للبطاريات؛ أي إن:



الشكل (2–16).

$$\sum (E_1 + E_2) = \sum (V_1 + V_2)$$

عند تطبيق قانون كيرشوف للجهد يجب الانتباه إلى الإشارات الجبرية لهبوطات الجهد والقوة الدافعة الكهربائية، ويمكن القول إن الارتفاع في الجهد يعطي إشارة موجبة، وإن الهبوط في الجهد يعطي إشارة سالبة (أو العكس). وبناءً على ذلك، إذا سرنا من طرف البطارية السالب (في الحلقة) إلى طرفها الموجب؛ فإننا نلحظ ارتفاعًا في الجهد يعطي إشارة موجبة. وفي المقابل، إذا سرنا من الطرف الموجب إلى الطرف السالب؛ فإننا نلحظ هبوطًا في الجهد؛ لذا، فإن هذا الجهد يعطي إشارة سالبة. وبتطبيق القانون على الحلقة الموضحة في الشكل (2–16)، فإن:

$V_2 = I_2 X R_2$	$V_1 = I_1 X R_1$	$E_2 - E_1 = V_2 + V_1$	$E_2 - E_1 - V_2 - V_1 = 0$

خطوات الحل باستخدام قانوني كيرشوف:

1 – تحديد رموز التيارات واتجاهاتها في فروع الدارة كلها (إذ يمكن فرض أيِّ اتجاه للتيار في كل فرع من فروع الدارة).

2 – تحديد العقد في الدارة، وكتابة معادلات حسب القانون الأول لكيرشوف عددها يكون مساويًا لعدد العقد ناقص واحد.

3 – اختيار حلقات في الشبكة لتطبيق القانون الثاني لكيرشوف، ووجوب تحديد اتجاه السير في الحلقات، ومراعاة المرور على فروع الدارة جميعها، عدا الفروع التي تحتوي على مصادر التيار.

4 – وجوب أن يكون عدد المعادلات التي كُتِبت حسب قانوني كيرشوف مساويًا لعدد التيارات المجهولة المفروضة.

5 – إذا كانت إشارة أيٍّ من التيارات سالبة، فإن ذلك يدل على أن الاتجاه الحقيقي لسريان التيار في ذلك الفرع هو عكس الاتجاه المفروض.

تذكَّر

قوانين تقسيم التيار والجهد عند حل الدارات الكهربائية؛ باستخدام قانوني كيرشوف.

ابحث في شبكة الإنترنت عن دارات كهربائية مختلفة، وأجر حساب قيم الفولتية والتيار؛ باستخدام قانوني كيرشوف.

التمارين العملية
(4 – 2)

التحقق من قانون كيرشوف للتيار عمليًّا.

يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

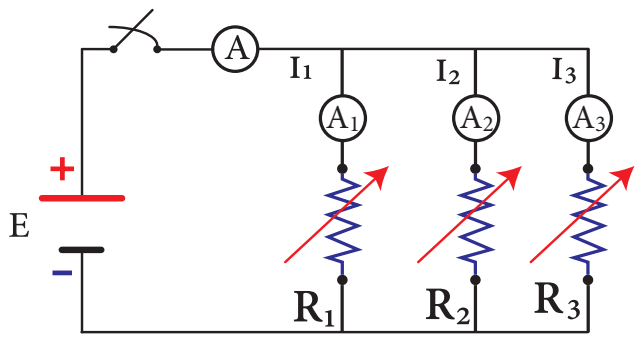
- تقيس قيمة الفولت والتيار لكل مقاومة من المقاومات الموصولة على التوالي باستخدام أجهزة القياس الصحيحة، ثم تُدوِّنها في جدول خاص .

متطلبات تنفيذ التمرين

التجهيزات (الأدوات)	المواد الأولية
– (4) أجهزة أميتر رقمية، صندوق عُدَد كهربائية كاملة، مصدر فولتية، جهاز فولتميتر، بطارية.	– أسلاك، مفتاح تحكم. – (3) مقاومات كهربائية متغيرة. – (3) مقاومات ثابتة.

خطوات الأداء	الرسوم التوضيحية

1 – صِلِ الدارة الكهربائية كما في الشكل المجاور.



2 – أغلق الدارة، ثم دوِّن قراءة كل أميتر $(A_1، A_2، A_3، A)$.

رقم جهاز الأميتر:	A_1	A_2	A_3	A
قراءة الجهاز:				

خطوات الأداء	الرسوم التوضيحية

3 – غيِّر قيم المقاومات، ثم دوِّن قراءة كل أميتر $(R_1 ،R_2 ،R_3)$.

رقم المقاومة:	R_1	R_2	R_3
قيمة المقاومة قبل التغير:			
قيمة المقاومة بعد التغير:			

ما العلاقة بين قراءة جهاز الأميتر **(A)** ومجموع القراءات الأخرى $(A_1 ،A_2 ،A_3)$ ؟ دوِّن النتائج التي تتوصَّل إليها في دفتر التدريب العملي.

رقم جهاز الأميتر:	A_1	A_2	A_3	A
قراءة جهاز الأميتر قبل تغير المقاومة:				
قراءة جهاز الأميتر بعد تغير قيمة المقاومة:				

في حالة زيادة قيمة مصدر القوة الدافعة الكهربائية **(E)** في التمرين ، هل تتوقع تغير النتيجة التي توصَّلت إليها ؟ جرِّب ذلك عمليًّا، ثم اكتب تقريرًا مفصلًا عن ذلك.

التمارين العملية
(2 – 5)

التحقق من قانون كيرشوف للجهد عمليًّا.

يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

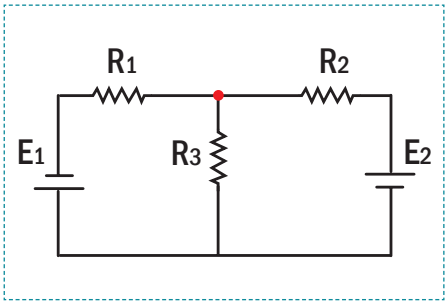
- تقيس الفولتيات المختلفة.

متطلبات تنفيذ التمرين

التجهيزات (الأدوات)	المواد الأولية
– مصدرا تيار مباشر. – 5 أجهزة أفوميتر.	– أسلاك توصيل، مفتاح تحكم، مقاومات كربونية.

خطوات الأداء	الرسوم التوضيحية

1 – صِلِ الدارة الكهربائية كما في الشكل المجاور.

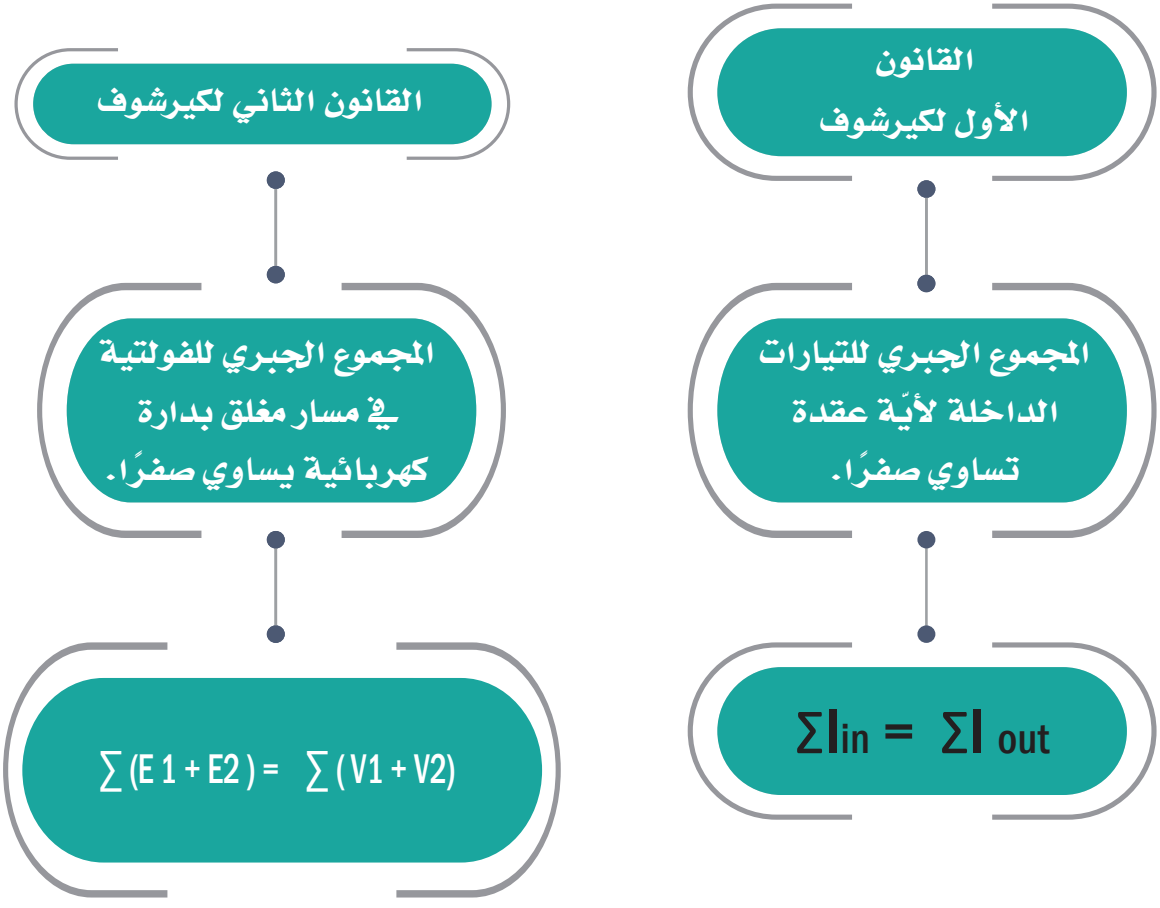


2– قِس الفولتية بين طرفي كلٍّ من المصدر **(E1)**، والمصدر **(E2)**، والمقاومات **(R1 ،R2 ،R3)**، ثم دوِّن النتائج التي تتوصَّل إليها.

رقم جهاز الفولتميتر:	E1	E2	R1	R2	R3
قراءة الجهاز:					

3– جد مجموع الفولتيات بين أطراف جميع عناصر كل مسار مغلق (لاحِظ وجود ثلاثة مسارات مغلقة)، مراعيًا الحركة في ترتيب دوري واحد، ثم حدِّد الطرف الموجب في كل قياس (أي الطرف المتصل بالقطب الأحمر للفولتميتر)، ثم دوِّن النتائج التي تتوصَّل إليها، وأعد صياغة قانونَيْ كيرشوف بعبارتك الخاصة.

الخريطة المفاهيمية

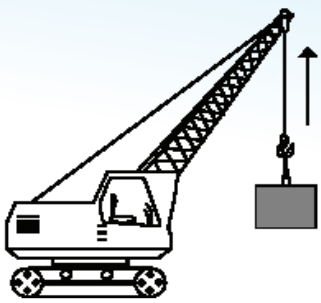


خامسًا : القدرة والطاقة الكهربائية

النتاجات

- يتعـرَّف مفهوم القدرة ومفهـوم الطاقـة الكهربائية، وطريقة حسابهما، ويتحقق من ذلك عمليًّا.

هل تستطيع الآلة التي يُمثِّلها الشكل الآتي رفع الصندوق إلى الأعلى؟



لا شك في أن لكل آلة قدرة معينة على إنتاج شغل مُحدَّد للحصول على جودة إنتاج عالية.

استكشف

- كيف يمكن حساب قيمة فاتورة الكهرباء ؟

تُستخدَم أجهزة قياس خاصة في معرفة قيمة الاستهلاك للأحمال الكهربائية خلال زمن محدد؛ لتقدير تكلفة استهلاك الطاقة الكهربائية، انظر الشكل (2–17).

القراءة السابقة		القراءة الحالية		كمية الاستهلاك
********		********		********

البيان	فلس	دينار
قيمة الإستهلاك	***	**
فرق اسعار الوقود	***	**
اجرة العداد	***	**
فلس الريف	***	**
رسم التلفزيون	***	**
رسم النفايات	***	**
قيمة الفاتورة	***	**
حساب الشهرية	***	**
القيمة المطلوبة	***	**

تفاصيل الذمم السابقة

رقم الفاتورة	فلس	دينار
20100700	785	118
********	***	**
********	***	**
********	***	**
********	***	**
********	***	**
رصيد سابق	000	0
مجموع قيمة الذمم	785	118

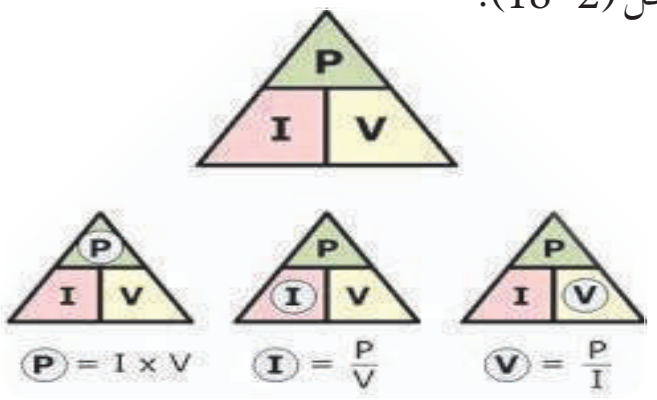
الشكل (2–17): فاتورة كهرباء.

اقرأ.. وتعلم

القدرة الكهربائية (Electrical Power).

تُعرَّف القدرة الكهربائية بأنها حاصل شدة التيار الكهربائي مضروبًا في فرق الجهد الكهربائي، ويُرمَز إليها بالرمز **(P)**، ووحدة قياسها الواط **(Watt)**. ويُعَدُّ الكيلو واط من أهم مضاعفات الواط في الدارات الكهربائية، حيث: $1kw = 1000w = 1x10^3w$.

يُستخدَم جهاز الواطميتر **(Wattmeter)** لقياس القدرة في الدارات الكهربائية، ويمكن حسابها باستخدام القانون الآتي: $P=V \times I$، انظر الشكل (2–18).



الشكل (2–18).

نشاط

ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن قوانين أخرى لحساب القدرة الكهربائية.

مثال

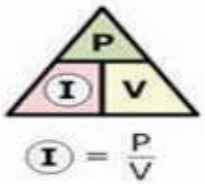
سخّان كهربائي يعمل بفرق جهد كهربائي مقداره (230) فولت. إذا كانت قدرة هذا السخان (2300) واط؛ فجد قيمة التيار المار بالدائرة.

المعطيات :

فرق الجهد: (230) فولت.

قدرة الجهاز: (2300) واط.

التيار الكهربائي: ؟



القانون المطلوب

$$I = \frac{P}{V} = \frac{2300}{230} = 10\ A$$

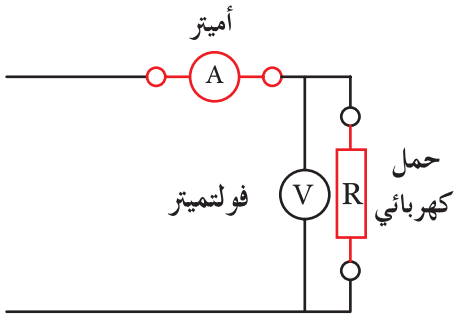
يُمثِّل الشكل (2–19)، القانون المستخدم في الحل.

الشكل (2–19).

قياس القدرة الكهربائية.

يمكن قياس القدرة الكهربائية بطريقة مباشرة، وطريقة وغير مباشرة.

١– **الطريقة غير المباشرة**: درست سابقًا أن إيجاد قدرة الحِمْل الكهربائي يتطلَّب توافر معلومتين رئيستين، هما: قيمة الفولت، والتيار للحِمْل المراد قياس قدرته. إذ ينتج من ضربهما مقدار القدرة التي يستهلكها هذا الحِمْل. وبناءً على ذلك، فإن قياس قدرة حمل ما يتطلَّب توافر جهاز قياس للتيار، وجهاز قياس لفرق الجهد الكهربائي، علمًا بأن جهاز قياس التيار يوصَل على التوالي بالحِمْل (لأن التيار ثابت على التوالي كما درست سابقًا)، وأن جهاز قياس فرق الجهد يوصَل على التوازي بالحِمْل المراد قياس فرق جهده (لأن فرق الجهد ثابت على التوازي كما درست سابقًا). وعند الحاجة إلى قياس قدرة حِمْل ما، فإنه يمكن إيجاد حاصل ضرب التيار في فرق الجهد الناتج من الجهازين السابقين، انظر الشكل (2–20).



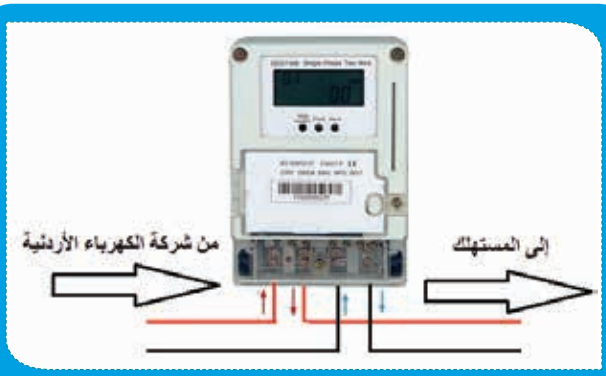
الشكل (2–20).

2 – **الطريقة المباشرة:** يُستخدَم جهاز الواطميتر لقياس قدرة الأحمال الكهربائية، ويحتوي من الداخل على ملفين؛ أحدهما يُسمّى ملف التيار، ويوصَل بالحِمْل على التوالي، والآخر يُسمّى ملف الجهد، ويوصَل بالحِمْل على التوازي. وعند تشغيل الدارة يسري تيار كهربائي، فينتج من الملفين السابقين فيضانان مغناطيسيان يخترقان القرص الدوار المصنوع من الألمنيوم، وينتج بالحث المتبادل مجال مغناطيسي دوار يُؤثِّر في تحريك المؤشر. يوصَل هذا الجهاز بالدارة، ثم يقيس القدرة بعد تشغيل الحِمْل، وسريان التيار في الدارة، انظر الشكل (2–21).

الشكل (2–21).

الطاقة الكهربائية (Electrical Energy).

تُعرَّف الطاقة الكهربائية بأنها مقدار الشغل المبذول خلال زمن معين. ولقياس الطاقة الكهربائية المستهلكة، نجد حاصل ضرب القدرة في الزمن الذي استُهلِكت هذه القدرة خلاله؛ إذ تُقاس هذه الطاقة بوحدة الجول الذي يساوي واط. ثانية، وتُقاس الكميات الكبيرة منه بالكيلو واط. ساعة (k w h). يستفاد من هذه العملية في حساب الكميات المستهلكة من الكهرباء؛ لتسديد قيم الكميات الكهربائية المستهلكة لشركات الكهرباء. وحساب استهلاك الطاقة الكهربائية في فواتير الكهرباء يكون على أساس كل كيلو واط استهلاك في الساعة وفق تسعيرات وتعريفات كهربائية تعتمد عليها شركة الكهرباء. وتختلف الأسعار من بلد إلى آخر، ويُعَدُّ العداد الكهربائي المستخدَم في المنازل جهازًا لقياس الطاقة الكهربائية، ويوجد منه نوعان: عداد الطاقة الإلكتروني، وعداد الطاقة الكهروديناميكي (القرص)، انظر الشكل (2–22).



جهاز قياس الطاقة الكهربائية (الإلكتروني)

الشكل (2–22).

قانون حساب الطاقة الكهربائية (E) = القدرة (P) X الزمن (T)

لحساب التكلفة (الثمن) = الطاقة (E) X السعر (واط/ ساعة، كيلو واط/ساعة)

حساب الطاقة الكهربائية المستهلكة.

لحساب الطاقة الكهربائية المستهلكة في المنازل، يجب أولًا حساب قدرة الأحمال العاملة، وزمن التشغيل لكل حِمْل. والجدول (2–1) يُوضِّح بعض الأحمال في منزل، وعدد ساعات العمل لكل حِمْل:

الجدول (2–1): بعض الأحمال في المنزل.

الرقم	الحِمْل	قدرة الحِمْل بالواط	ساعات العمل في اليوم الواحد	الطاقة الكلية بالواط	الطاقة الكلية بالكيلو واط
1	سخان كهربائي	2 000 w	5	10 000 W	10 kwh
2	مدفأة كهربائية	2 400 w	10	24000 W	24 kwh
3	وحدات إنارة مختلفة	600 w	10	6 000 W	6 kwh

المجموع الكلي للطاقة المستهلكة خلال اليوم الواحد: **(40) kwh**.

إذا افترضنا أن سعر الكيلو واط/ساعة = **100** فلس، فإن التكلفة الكلية هي مجموع الكيلو واط المُستهلَك مضروبًا في سعر الكيلو واط الواحد، وتساوي :

100x40 = 4000 فلس = **4** دنانير يوميًّا.

من خلال ساعة الكهرباء في منزلك، اقرأ قيمة استهلاك المنزل بشكل يومي، ودوّن ذلك في جدول. ثم احسب استهلاك هذه الأحمال خلال شهر.

التمارين العملية (2 – 6)

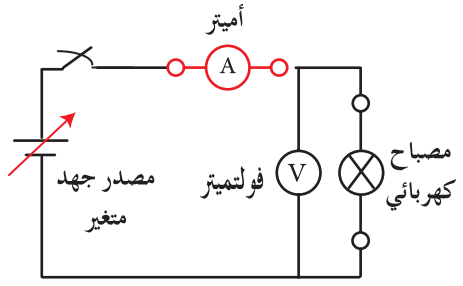
حساب القدرة الكهربائية بطريقة غير مباشرة.

يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تَستخدم جهازي الفولتميتر والأميتر في إيجاد قيمة القدرة الكهربائية.

متطلبات تنفيذ التمرين

التجهيزات (الأدوات)	المواد الأولية
– جهاز أميتر، صندوق عُدَد كهربائية كاملة، مصدر تيار مباشر (12) فولت (متغير القيمة)، جهاز فولتميتر.	–أسلاك، مفتاح تحكم ، مصباحان (3) واط، لوحة تجارب.

خطوات الأداء	الرسوم التوضيحية
1 – صِل الدارة الكهربائية كما في الشكل المجاور. 2 – شغِّل مصدر التغذية، ثم أغلق المفتاح الكهربائي. 3 – غيِّر قيمة الجهد الكهربائي بالتدريج حسب الجدول المرفق. 4 – لاحِظ إضاءة المصباح، علِّل ذلك. 5 – لاحِظ تغير قراءة جهاز الأميتر. 6 – دوِّن قيم الجهد والتيار في الجدول التالي. 7 – جد القدرة حسب قانون القدرة المناسب. 8 – افصل مصدر الكهرباء، ثم دوِّن النتائج في دفتر التدريب العملي.	

القيمة المحسوبة رياضيًّا: P = I X V	قيمة التيار المقيس (ملي أمبير)	الفولت (من المصدر متغير القيمة)
		2
		4
		6
		8
		10
		12

التمارين العملية (2 – 7)

حساب القدرة الكهربائية بطريقة مباشرة.

يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تستخدم أجهزة الواطميتر والفولتميتر والأميتر في إيجاد قيمة القدرة الكهربائية، والتحقق منها رياضيًّا.

متطلبات تنفيذ التمرين

التجهيزات (الأدوات)	المواد الأولية
– جهاز أميتر، صندوق عُدَد كهربائية كاملة، مصدر تيار متناوب (230) فولت (متغير القيمة)، جهاز فولتميتر، جهاز واطميتر.	– أسلاك، مفتاح تحكم ، مصباح كهربائي (100) w، لوحة تجارب.

خطوات الأداء	الرسوم التوضيحية

1 – صِل الدارة الكهربائية كما في الشكل المجاور.

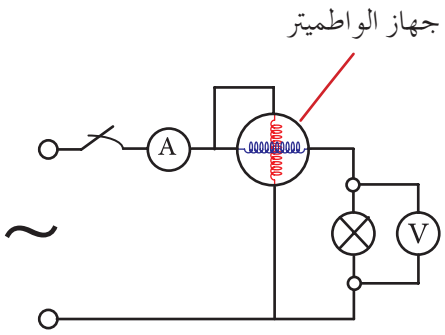
2 – دَوِّن قراءة جهاز الواطميتر في الجدول أدناه.

3 – دوِّن قراءة قياس جهاز الأميتر في الجدول أدناه.

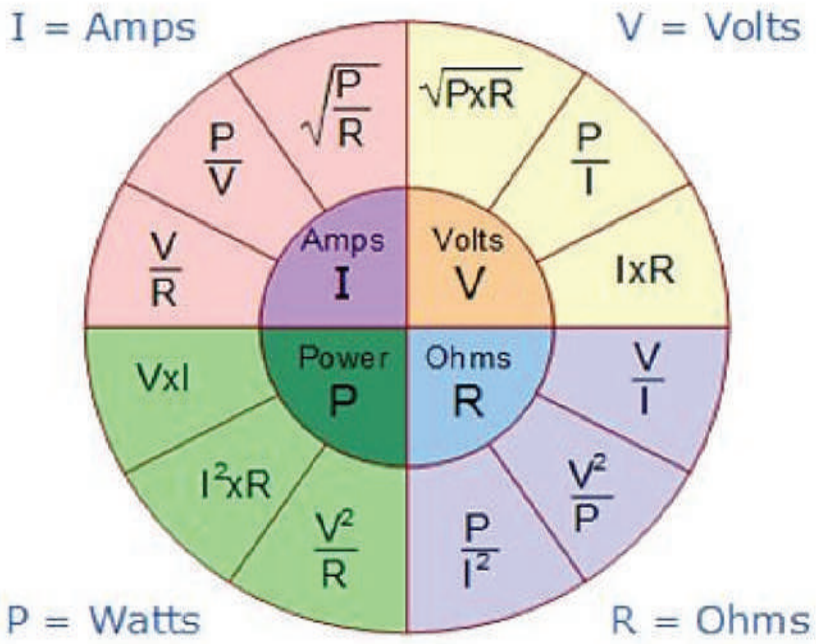
4 – دوِّن قراءة قياس جهاز الفولتميتر في الجدول أدناه.

5 – احسب القدرة حسب قانون القدرة المناسب.

6 – افصل الدارة ومصدر الكهرباء، ثم دوِّن النتائج في دفتر التدريب العملي.



فولتية المصدر الكهربائي	قراءة جهاز الأميتر	قراءة جهاز الفولتميتر	قراءة جهاز الواطميتر	حساب القدرة رياضيًّا P = v x I
100v				
150v				
230v				



قوانين حسابات التيار الكهربائي				
القيمة المعروفة	Resistance (R)	Current (I)	Voltage (V)	Power (P)
التيار والمقاومة	---	---	$V = IxR$	$P = I^2xR$
الفولت والتيار	$R = \frac{V}{I}$	---	---	$P = VxI$
القدرة والتيار	$R = \frac{P}{I^2}$	---	$V = \frac{P}{I}$	---
الفولتية والمقاومة	---	$I = \frac{V}{R}$	---	$P = \frac{V^2}{R}$
القدرة والمقاومة	---	$I = \sqrt{\frac{P}{R}}$	$V = \sqrt{PxR}$	---
الفولت والقدرة	$R = \frac{V^2}{P}$	$I = \frac{P}{V}$	---	---

القياس والتقويم

★★★★★

1 – عدِّد مجالات استخدام التيار المباشر في الحياة العملية.

2 – ما طرائق توليد التيار المباشر؟

3 – كيف يمكن تحويل التيار المباشر إلى تيار متناوب؟

4 – كيف يمكن معرفة أن الجهاز يعمل بالتيار المباشر عن طريق لوحة معلوماته؟

5 – ماذا تعني الأحرف الآتية المدوَّنة على الأعمدة الجافة والبطاريات؟

أ) A ب) mA ج) AH د) DCV

6 – بطاريتان، قيمة كلٍّ منهما (6) فولت. وضِّح بالرسم كيف يمكن توصيلهما معًا للحصول على (12) فولت.

7 – بطاريات، تيار الواحدة منها (2) أمبير،وقيمتها (12 VDC) فولت، يراد توصيلها للحصول على مصدر جهد مباشر (24v)، وتيار (4A).

8 – ما مكونات الدارة الكهربائية البسيطة، مُحدِّدًا وظيفة كل جزء منها؟

9 – عرِّف الدارة الكهربائية المفتوحة.

10 – ما أسباب فتح الدارة الكهربائية؟

11 - عرِّف الدارة الكهربائية المغلقة.

12 - ما المقصود بتوافق عناصر الدارة الكهربائية بعضها مع بعض.

13 – اذكر نص القانون الأول ونص القانون الثاني لكيرشوف.

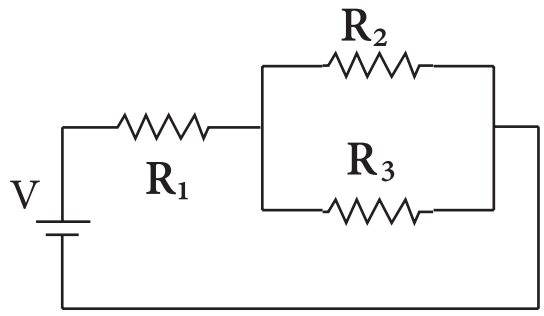
14- جد قيمة المقاومة المكافئة للدارة الآتية، ثم جد قيمة التيار الكلي للدارة، علمًا بأن:

$R_1 = 10\ \Omega$

$R_2 = 20\ \Omega$

$R_3 = 40\ \Omega$

$V = 10V$



15 – حِمْل كهربائي يعمل بفرق جهد (200v) ، ويستهلك تيارًا مقداره (10A). احسب قدرة هذا الحِمْل، ثم احسب تكلفة تشغيله مدَّة (30) يومًا؛ إذا علمت أنه يعمل مدَّة ساعات يوميًّا وسعر الكيلو واط / ساعة (100) فلس.

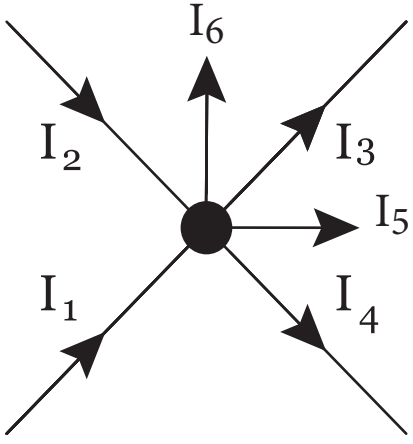
16 – بناءً على دراستك موضوع توصيل المقاومات، قارن (باستخدام جدول) بين التوصيل على التوالي والتوصيل على التوازي من حيث: الفولت، والتيار، والمقاومة الكلية، والأعطال، والاستخدام.

17 – كيف تُقاس القدرة للأحمال الكهربائية؟

18 – ما اسم الجهاز المستخدم لقياس الطاقة الكهربائية؟

19 – حِمْل كهربائي قدرته (2000w) ، كم تساوي هذه القدرة بالكيلو واط؟

20 – بناءً على دراستك القانون الأول لكيرشوف؛ اكتب المعادلة الرياضية للشكل الآتي:



الوحدة الثالثة

3

مبادئ التيار المتناوب

النتاجات العامة للوحدة

يُتوَّقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتعرَّف مفهوم القوة الدافعة الكهربائية الحثية.
- يتعـرَّف مفهوم التيار المتنـاوب أحادي الطور، وثلاثي الطور، وطرائق توليده، ومجالات استخدامه.
- يُحدِّد شكل الإشارة أحادية الطور وثلاثية الطور بجهاز راسم الإشارة.
- يتعرَّف مفهوم التردُّد.
- يتعرَّف مكونات دارات التيار المتناوب.
- يتعرَّف أنواع توصيلات التيار ثلاثي الطور (المثلث، والنجمة).
- يتعرَّف مفهوم القدرة الظاهرية الفاعلة وغير الفاعلة.
- يتعرَّف مفهوم القدرة والطاقة الكهربائية، ويتحقق منهما عمليًّا.
- يتعـرَّف مفهوم عامل القدرة، وطرائـق تحسينه، ومسببات زيادة عامل القدرة أو خفضه.

أولًا: القوة الدافعة الكهربائية الحثية.

النتاجات

- يتعرَّف الطرائق المستخدمة في توليد القوة الدافعة الكهربائية الحثية.

القياس والتقويم

كيف يحدث توليد التيار الكهربائي الحثي؟

تعرفت سابقًا كيف يتكون تيار كهربائي مباشر في دارة كهربائية مغلقة، وما يتطلبه ذلك من وجود مصدر قوة دافعة كهربائية فيها (بطارية مثلاً). فكيف يحدث توليد التيار الكهربائي الحثي؟

استكشف

درست سابقًا أنه يمكن الحصول على مجال مغناطيسي من تيار يسري في موصل. فهل يمكن الحصول على تيار كهربائي من المجال المغناطيسي؟

أجاب مايكل فارادي وجوزيف هنري على هذا السؤال، وذلك بعد أن نفَّذا تجارب تبيِّن أن تغير المجال المغناطيسي يولد تيارًا كهربائيًّا، وقد خَلَصَ فارادي من ذلك إلى وضع قانون مهم وأساسي، عُرِف بقانون فارادي للحث (Faradays Law Of Induction).

اقرأ.. وتعلم

يحدث توليد التيار الكهربائي الحثي في الملف في أثناء حركة المغناطيس داخل الملف، ولا يتولد تيار حثي في حال بقي كل من الملف والمغناطيس في موضعه، وهذا هو المبدأ الأساسي لتوليد التيار المتناوب، في حين يخترق الملف – في حال الثبات – عددًا ثابتًا من خطوط المجال. أمّا عند تقريب المغناطيس من الملف فإن عدد خطوط المجال التي تخترق الملف يزداد، ويقل عددها عند إبعاد المغناطيس عن الملفات. إذن، يتولد التيار الحثي عندما يتغير عدد خطوط المجال التي تخترق الملف مع الزمن. تجدر الإشارة إلى أن مفهوم التدفق المغناطيسي يُستعمَل للتعبير عن عدد خطوط المجال التي تخترق الملف.

تذكَّر

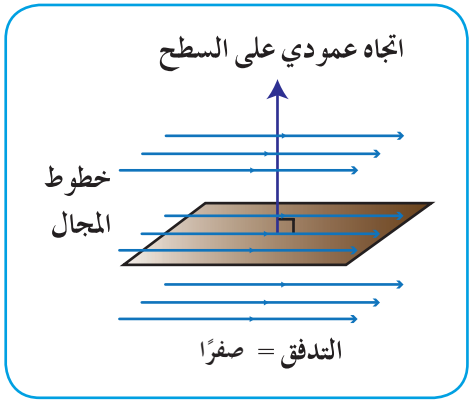
الجلفانومتر (Galvanometer): جهاز يُستخدَم للكشف عن وجود التيار الكهربائي، وذلك بانحراف مؤشره.

الملف: عدد لفات سلك نحاسي معزول (كلما زاد عدد لفات الملف زادت القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة).

منهاجي
متعة التعليم الهادف

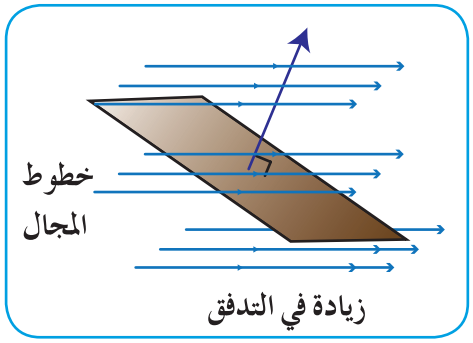
ماذا يحصل في حال سريان خطوط المجال المغناطيسي في اتجاه عمودي على سطح الملف؟

يكون التدفق المغناطيسي داخل الملف صفرًا؛ لأن خطوط المجال لا تخترق السطح، انظر الشكل (3–1).



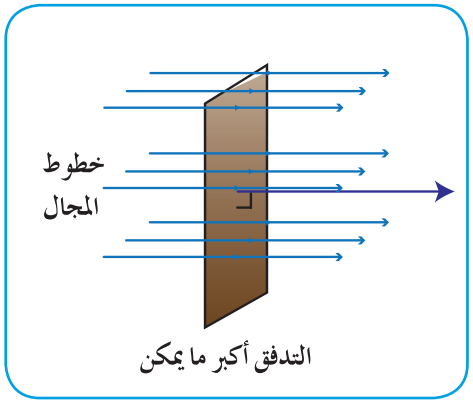
الشكل (3–1): اتجاه خطوط المجال عمودي على السطح.

ويزداد التدفق إذا حُرِّك سطح الملف؛ إذ يخترق جزء من خطوط المجال هذا السطح، انظر الشكل (3–2).



الشكل (3–2): ازدياد تأثير المجال في السطح.

عندما يصبح مستوى الملف متعامدًا مع خطوط المجال يكون التدفق داخل الملف أكبر ما يمكن نتيجة اختراق خطوط المجال كلها لهذا السطح. ولهذا فإن تغير التدفق المغناطيسي (زيادةً، أو نقصانًا في عدد خطوط المجال) يؤدي إلى توليد التيار الحثي في الملف، انظر الشكل (3–3).



الشكل (3–3): نقاط مستوى الملف مع خطوط المجال.

أمّا إذا كان التدفق المغناطيسي ثابتًا مع الزمن فلا ينشأ تيار حثي، ويُولِّد تغير التدفق مع الزمن قوةً دافعةً كهربائيةً في الملف، فينشأ تيار حثي. وهذه القوة الدافعة الكهربائية الناجمة عن حث المجال المغناطيسي تُسمّى القوة الدافعة الكهربائية الحثية. يُطلَق على ظاهرة تولد تيار حثي من قوة دافعة كهربائية حثية (Induced Electromotive Force) اسم الحث الكهرومغناطيسي (Electromagnetic Induction) الذي يحدث نتيجة لتغير التدفق المغناطيسي.

العوامل التي تعتمد عليها القوة الدافعة الكهربائية الحثية

توصل العالم فارادي إلى أن القوة الدافعة الكهربائية الحثية تعتمد على تغيُّر العوامل الآتية:

1 – المجال المغناطيسي، كلّما زادت عدد خطوط المجال المغناطيسي زادت قيمة (ق.د.ك) الحثية.

2 – مساحة سطح الملف، كلّما زادت مساحة سطح القلب المغناطيسي، وزادت عدد لفات الملفّ زادت قيمة (ق.د.ك) الحثية.

3 – الزاوية بين المجال ومستوى الملف، تكون أكبر قيمة (ق.د.ك) الحثية عندما يكون مستوى الملفّ متعامدًا مع خطوط المجال.

تُسبِّب هذه العوامل تغيُّرًا في التدفق المغناطيسي الذي يُولِّد قوة دافعة كهربائية حثية، تزداد بزيادة معدل التغير في التدفق، وعدد اللفات.

تذكَّر

التدفق المغناطيسي: عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تقطع سطحًا معينًا في اتجاه عمودي على هذا السطح، ووحدة قياسه تسلا . م^2، وهي تكافئ ويبر.

تُعبِّر العلاقة الرياضية الآتية عن كمية التدفق المغناطيسي: $\phi = BA\cos\theta$

حيث: (ϕ): **التدفق المغناطيسي** (و يبر).

(B): **شدة المجال المغناطيسي** (تسلا).

(A): **مساحة الملف** (م^2).

(cos): **جيب تمام الزاوية**.

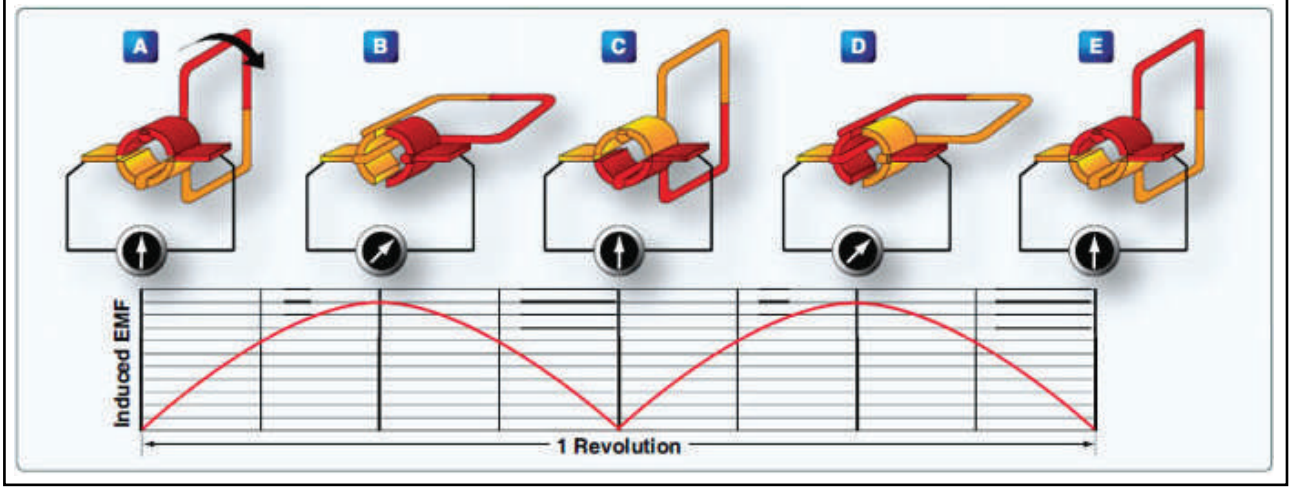
(θ): **الزاوية بين** (B) **والعمود المقام في الملف** (θ).

تذكّر

الجدول (3–1): العلاقات الرياضية للزوايا.

اسم الدالة	الاسم المختصر (بالعربية)	الاسم المختصر (بالإنجليزية)	الزاوية 0°	الزاوية 90°	الزاوية 180°	الزاوية 270°	الزاوية 360°
جيب التمام	جتا	COS	1	0	-1	0	1
الجيب	جا	Sin	0	1	0	-1	0

أيُّ الأوضاع الظاهرة في الشكل الآتي يكون فيها تدفق خطوط المجال أكبر ما يمكن؟ لماذا؟



الشكل (3–4): تدفق خطوط المجال.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

التمارين العملية
(3 – 1)

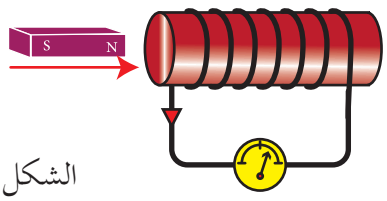
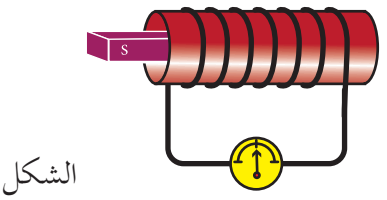
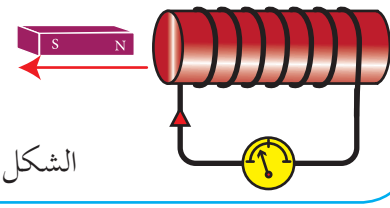
توليد التيار المتناوب الحثي.

يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تتحقق من أثر المجال المغناطيسي في توليد التيار الحثي.

متطلبات تنفيذ التمرين

المواد الأولية	الأدوات والتجهيزات
– سلك نحاسي معزول ملفوف حول قلب حديدي.	– ملف موصول بجلفانوميتر Galvanometer (G)، مغناطيس دائم.

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1 – قرِّب القطب الشمالي للمغناطيس (N) من الملف باتجاه خط محوره، مُلاحظًا حركة مؤشر الجهاز التي تدل على تولد قوة دافعة كهربائية، انظر الشكل (1).	 الشكل (1).
2 – ثبِّت المغناطيس الدائم والملف، مُلاحظًا حركة المؤشر، انظر الشكل (2).	 الشكل (2).
3 – أبعد المغناطيس نحو الاتجاه المعاكس، مُلاحظًا اتجاه انحراف مؤشر جهاز الجلفانومتر، انظر الشكل (3).	 الشكل (3).

لعلك لاحظت أنه عند تقريب قطب المغناطيس الشمالي (N) من الملف في اتجاه خط محوره، فإن مؤشر جهاز الجلفانومتر يتحرك، ثم يعود إلى الصفر عند توقف حركة المغناطيس؛ ما يدل على تولد قوة دافعة كهربائية لحظية في الملف. أمّا عند إبعاد المغناطيس أو تحريكه إلى الاتجاه المعاكس خارج الملف، فإن مؤشر الجلفانومتر يتحرك في الاتجاه المعاكس؛ ما يدل على تولد قوة دافعة كهربائية ذات قطبية معكوسة.

التمارين العملية
(2 – 3)

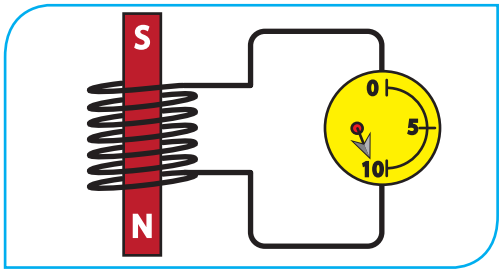
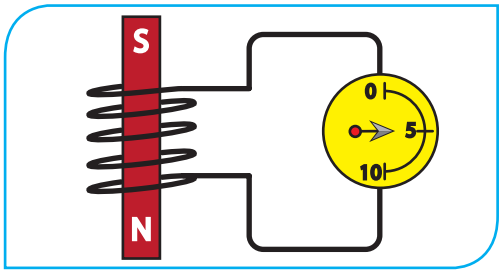
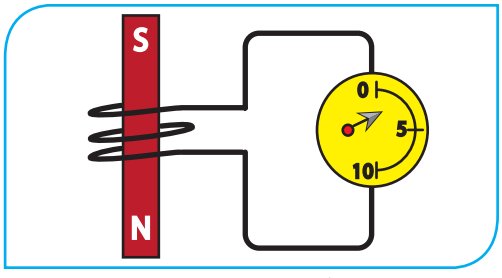
علاقة زيادة عدد لفات الملف بكمية القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة.

يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

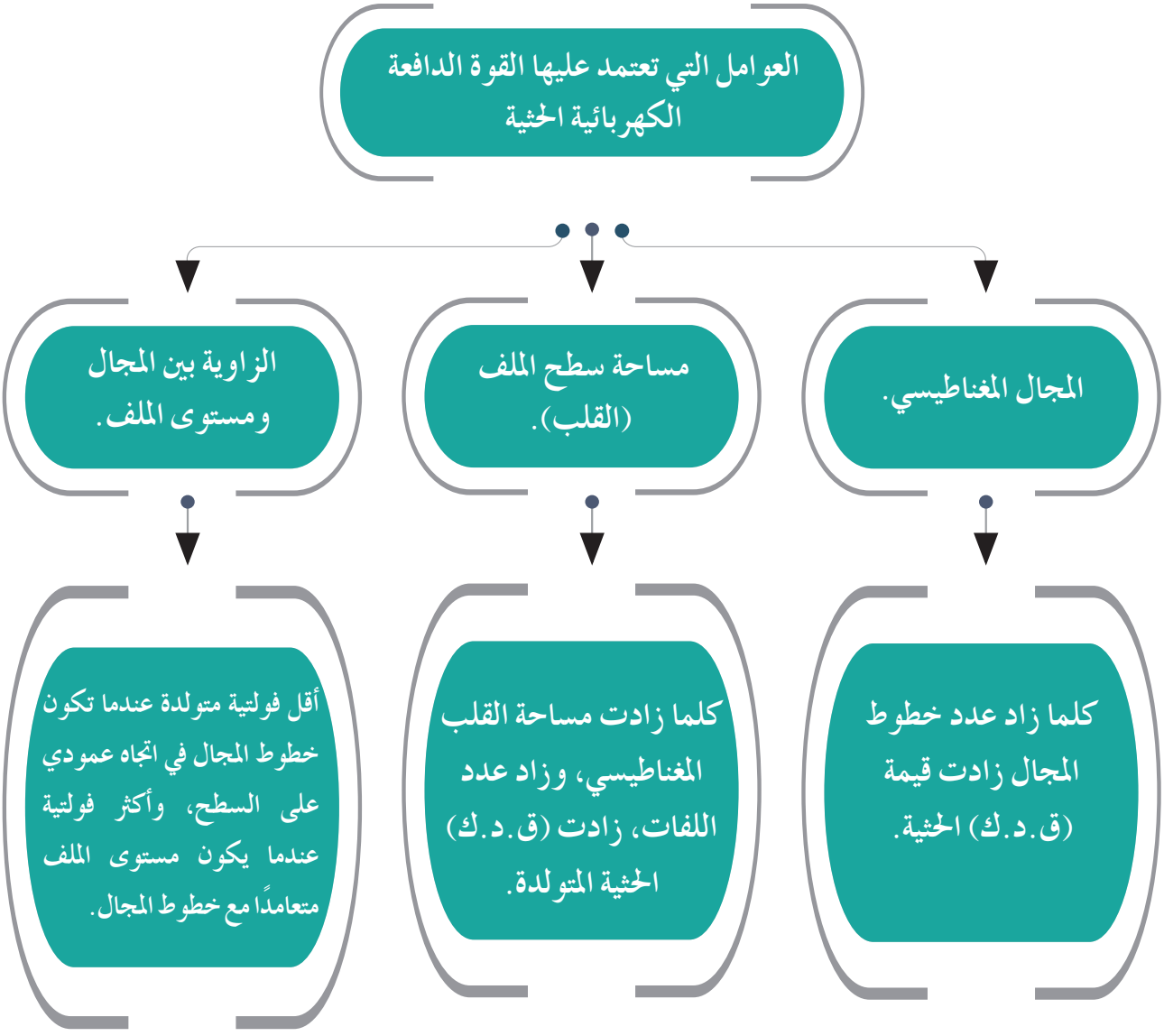
- تتحقق من العوامل التي تعتمد عليها القوة الدافعة الكهربائية الحثية.

متطلبات تنفيذ التمرين

المواد الأولية	الأدوات والتجهيزات
– سلك نحاسي معزول ملفوف حول قلب حديدي.	– ملف موصول بجلفانوميتر Galvanometer (G)، مغناطيس دائم.

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1 – أدخل المغناطيس إلى قلب الملفّ، مُلاحِظًا ارتفاع قيمة مؤشر الجهاز، انظر الشكل (4).	 الشكل (4).
2 – قلِّل عدد لفّات الملفّ، مُلاحِظًا حركة المؤشر، انظر الشكل (5).	 الشكل (5).
3 – قلِّل عدد اللفّات أكثر من السابق، مُلاحِظًا حركة مؤشر الجهاز، انظر الشكل (6)، ماذا تستنتج؟	 الشكل (6).

الخريطة المفاهيمية



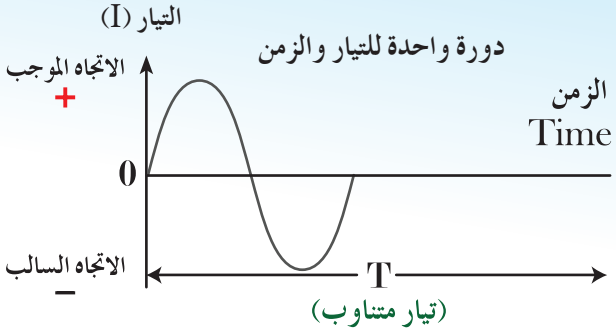
منهاجي
متعة التعليم الهادف

ثانيًا: التيار المتناوب أحادي الطور (Single Phase Alternating Current).

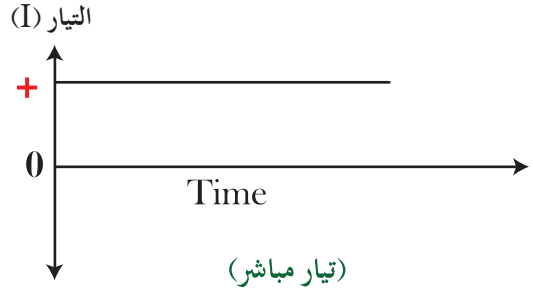
النتاجات

- يتعرَّف مفهوم التيار المتناوب أحادي الطور، وطرائق توليده، واستخداماته.

ما الذي يُميِّز التيار المتناوب من التيار المباشر؟ انظر الشكل (3–5)، والشكل (3–6).



الشكل (3–5): تيار متغير القيمة والاتجاه مع الزمن.



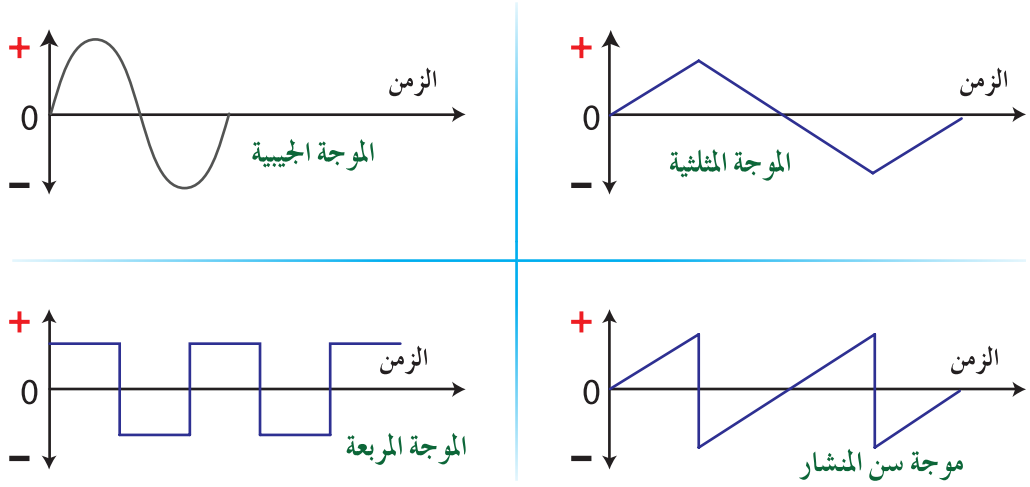
الشكل (3–6): تيار ثابت القيمة والاتجاه مع الزمن.

استكشف

- ما نوع التيار الذي يُغذّي الأجهزة المنزلية والصناعية؟
- من أين نحصل على التيار الكهربائي المغذي للمنشآت المنزلية والصناعية؟

اقرأ.. وتعلم

درست سابقًا أن التيار المتناوب (Alternating Current) هو تيار متغير القيمة والاتجاه مع الزمن، ويمكن اختصار اسم هذا التيار بـ (AC)، وهو تيار شائع الاستعمال في المباني السكنية والمنشآت الصناعية، ونحصل عليه من مولدات التيار المتناوب الخاصة بشركة الكهرباء؛ نظرًا لسهولة التوليد، والنقل، والتحويل باستخدام المحولات الكهرومغناطيسية لرفع الجهد المتناوب أو حفظه بسهولة، من دون أيِّ فقد في القدرة. ولذلك فإن آلات التيار المتناوب أقل تعقيدًا من آلات التيار المباشر. يمكن تمثيل التيار المتناوب والجهد المتناوب بموجة دورية، وهي الموجة التي تُكرِّر نفسها كل مدة زمنية محددة. ومن الأمثلة على هذا النوع من الموجات: الموجة الجيبية (Sine Wave)، والموجة المربعة، وموجة سن المنشار، والموجة المثلثية، انظر الأشكال (3–7).



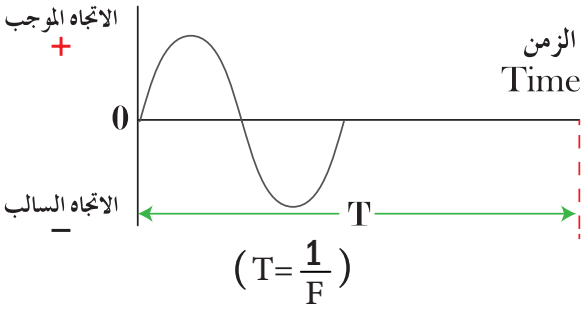
الشكل (3–7): موجات متعددة الأشكال.

مـن أهـم هذه الموجات الموجة الجيبية التي تتغير قيمتها على شكل دالـة جيبية؛ إذ تبدأ بالتزايد من الصفـر إلـى أن تبلغ الحد الأعلـى الموجب، ثم تتناقص إلـى أن تعود إلى الصفـر. بعد ذلك، تبدأ بالتزايـد في الاتجاه المعاكس حتى تبلغ حدها الأعلى السالب، ثم تتناقص في الاتجاه السالب حتى تصل إلى الصفر مرة أخرى، ويتكرر هذا النمط بصورة منتظمة مع الزمن.

معالم الموجة الجيبية

1 – الزمن الدوري (T)(T-Period)

الزمـن اللازم لإتمـام دورة واحدة كاملة للموجة لتبدأ بعده بتكـرار نفسها مرة أخرى، وهو يُقاس بوحدة الزمن (الثانية S)، ويُرمَز إليه بالحرف (T)، انظر الشكل (3–8).



الشكل (3–8): الزمن الدوري.

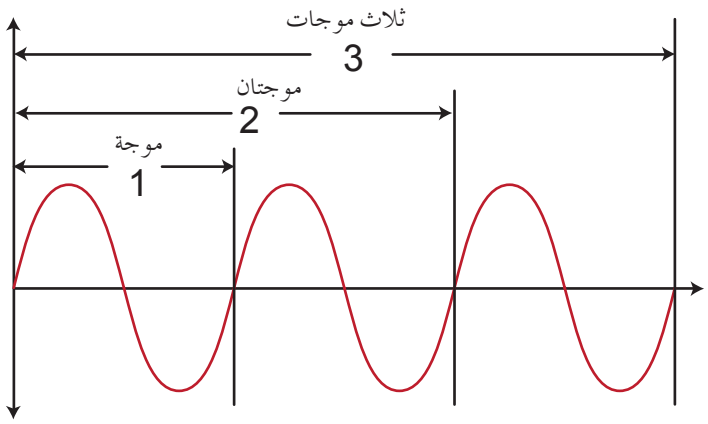
2 – التردُّد (Frequency)

يُعـرَّف التردُّد بأنه عـدد مرات تكرار الموجة (عـدد الذبذبات) في وحـدة الزمن؛ أي عدد الموجات الكاملة المتولدة في زمن مقداره ثانية واحدة. يُرمَز إلى التردُّد بالحرف (F)، ويُقاس بوحـدة الهيرتز (Hertz) التي يُرمَـز إليها بالرمز (Hz). والعلاقة بين الـتردُّد والزمن الدوري عكسية؛ إذ يُعطى بالعلاقة الرياضية الآتية:

$$F = \frac{1}{T} \Longrightarrow T = \frac{1}{F}$$

نشاط

إذا كان تردُّد التيار المتناوب من شركة الكهرباء هو (50Hz)، فما الزمن الدوري لموجة هذا التيار؟ انظر الشكل (3–9).



الشكل (3–9): الزمن الدوري لموجة جيبية.

لاحظ أن الموجة تكرر نفسها ثلاث مرات؛ ما يعني أنه يمكن حساب التردُّد عن طريق عدد الموجات الكاملة.

3 – السرعة الزاوية (التردُّد الزاوي) (Angular Freguency)

يُرمَز إلى هذه السرعة بالرمز (ω)، ويُقصَد بها الزاويا التي يدورها الملف في الثانية الواحدة، والزوايا المقطوعة مقيسة بالتقدير الدائري، وليس بالدرجات، وتعطى بالعلاقة:

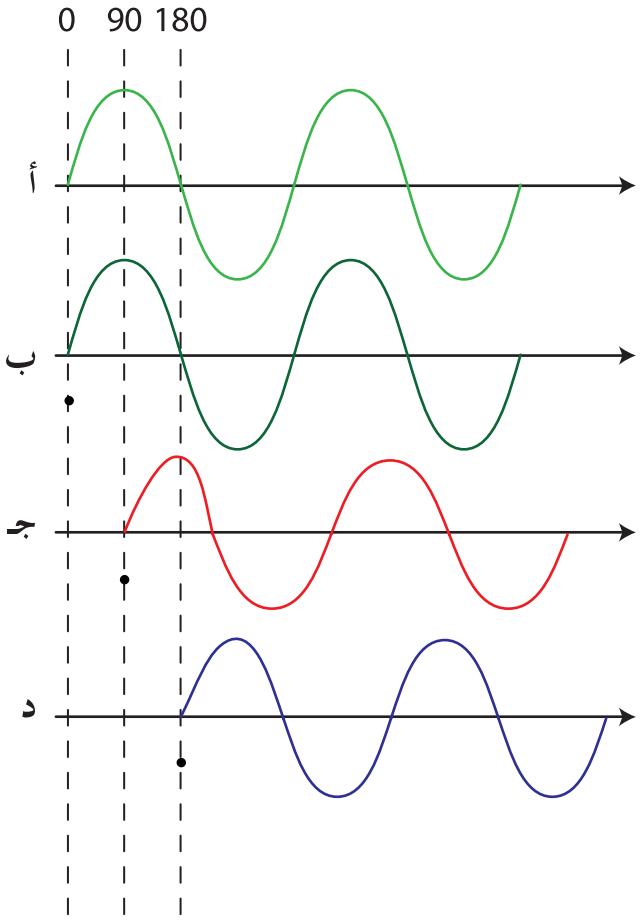
$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

نشاط

كيف اشتُقَّ القانون الآتي ليصبح رياضيًّا: $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$ ؟

4 – فرق الطور (الزاوية) (Phase Shift)

مقـدار إزاحـة الإشارة عن نقطـة الأصل، انظر الشـكل (3–10). إذا كانت الإشارة متقدمة (Leading) على الإشارة الأصلية، فإن فرق الزاوية يكون موجبًا. أمّا إذا كانت متأخرة (Lagging) عن الإشارة الأصلية، فإن فرق الزاوية يكـون سالبًا. وعندما تبدأ الإشارتـان معًا بالزاوية نفسها وتنتهيان معًا يكـون فرق الطور بينهما صفـرًا. وبمقارنة الموجـة (أ) بالموجات الأخرى، فإن الموجة (ب) تُماثِلها في الطور تمامًا.



الشكل (3–10): فرق الطور للموجات الجيبية.

أمّـا الموجـة (جـ) فتقطع خط الصفر متأخرة عن الموجة (أ) بمقدار (90) درجة؛ لذا يقال إن الموجة (جـ) تتأخر عـن الموجة (أ) بزاوية مقدارها (90) درجة، في حين تقطـع الموجة (د) خط الصفر بعد الموجـة (أ) بزاويـة مقدارهـا (180) درجة؛ لـذا يقال إن الموجـة (د) متأخرة عن الموجـة (أ) بزاوية مقدارهـا (180) درجة، ويمكن القـول إن الموجـة (د) تتعاكـس تمامًـا في الطـور مـع الموجـة (أ).

قياس الموجة الجيبية للتيار المتناوب

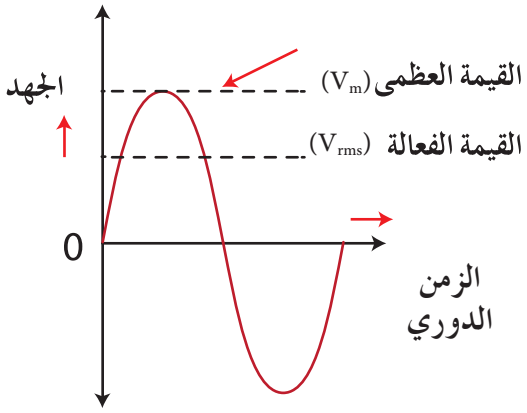
1 - القيمة العظمى (Maximum Value)

يُطلَق على القيمة العظمى اسم القيمة الذروة (Peake Value)، وهي أقصى قيمة ممكنة للفولتية، أو التيـار المتناوب، ويُرمَز إليها بالرمز (V_m) أو (V_p) في حالة الفولتية، وبالرمز (I_m)، أو (I_p) في حالة التيار، انظر الشكل (3–11).

2 – القيمة الفعالة (Effective Value)

يُرمَز إلى القيمة الفعالة بالأحرف (V_{rms})، وتُعرَّف بأنها قيمة التيار المتناوب الذي يمر بمقاومة ما، في أثناء مدة زمنية معينة، وتُستهلَك طاقة كهربائية مساوية لتلك الناتجة من مرور تيار مباشر (DC) بالمقاومة نفسها، في المادة نفسها.

يُعَدُّ فرق الجهد المستخدم في المنازل (230 فولت) قيمة فعالة للجهد، ويُعبَّر عن العلاقة بين القيمة العظمى والقيمة الفعالة للتيار (أو فرق الجهد) رياضيًّا بالقانون الآتي المُبيَّن في الشكل (3–12):



الشكل (3–12): القيمة العظمى والقيمة الفعالة للموجة الجيبية.

ملحوظة: هذا القانون للموجة الجيبية فقط.

$$V_{r.m.s} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = V_{r.m.s} = 0.707 \times V_m$$

تذكَّر

القيمة التي تُقاس بجهاز الفولتميتر في المنازل هي قيمة الفولتية الفعّالة.

نشاط

إذا أشار جهاز الفولتميتر إلى فرق جهد مقداره (110) فولت، فما القيمة العظمى للجهد الكهربائي؟

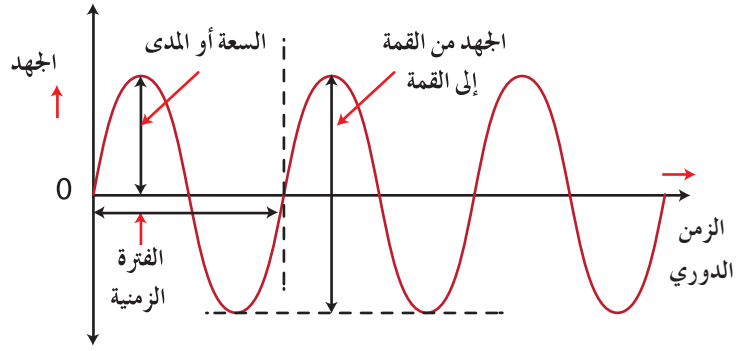
3 – القيمة اللحظية (Instantaneous Value)

مقدار الفولتية أو التيار في أيِّ لحظة زمنية، ويُرمَز إليها بالرمز (V t) في حالة الفولتية، وبالرمز (It) في حالة التيار. ويمكن حساب الفولتية اللحظية في أيَّة لحظة بالعلاقة الآتية:

$$Vt = Vm \sin \theta$$

4 – القيمة بين القمة الموجبة والقمة السالبة (Peak To Peak Value)

تُعـرَّف هذه القيمة بأنها قيمــة الفولتية (أو التيار) بين القمة الموجبة والقمــة السالبة، ويُرمَز إليها بالرمز (V_{p-p}) في حالة الفولتية، وبالرمز (I_{p-p}) في حالة التيار، انظر الشكل (3–13).



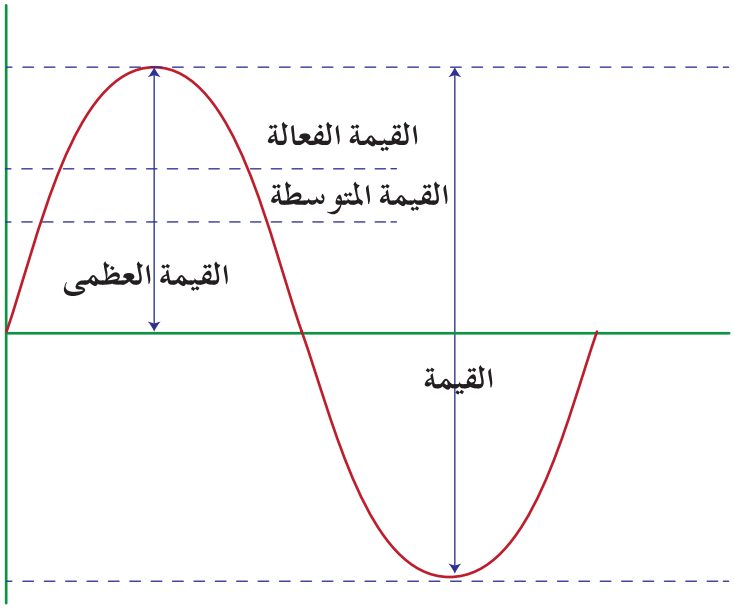
الشكل (3–13): القيمة بين القمة الموجبة والقمة السالبة.

5 – القيمة المتوسطة (Average Value)

تُحسَب القيمة المتوسطة للموجة الجيبية بدلالة قيمتها العظمى باستخدام العلاقة الآتية:

القيمة المتوسطة = (0.637) القيمة العظمى (V_{max}).

يُرمَز إلى القيمة المتوسطة للجهد بالأحرف (V_{ave})، وللتيار بالأحرف (I_{ave})، انظر الشكل (3–14).



الشكل (3–14): القيمة المتوسطة.

تُوفِّر مولـدات شركـة الكهرباء جهدًا متناوبًـا جيبيًّا، وقد سُمِّي بهـذا الاسم لأن تغيُّر الجهد بالنسبة إلى الزمن يتبع من حيث الشكل منحنى جيب الزاوية، ويظهر في صورة موجة جيبية؛ لذا يمكن التعبير عن قيمة الفولتية في أيِّ لحظة بالصيغة العامة للموجة الجيبية:

$$V(t) = V_m \, Sin \, (\omega t \pm \theta)$$

حيث:

(Vt): القيمة اللحظية للفولتية، وهي غير ثابتة؛ إذ تعتمد على الزمن.

(Vm): القيمة العظمى للفولتية، وهي ثابتة.

(ω) : السرعة الزاوية (التردُّد الزاوي).

(t): الزمن.

(θ) : زاوية الدوران مقيسة بالنسبة إلى الإشارة المرجعية.

تذكَّر

تدل الإشارة الموجبة على تقدم **(Sin θ)** (جيب الزاوية **θ**)، وتدل الإشارة السالبة على تأخر **(Sin θ)**.

يُعبَّر عن قيمة الفولتية في أيّة لحظة زمنية للموجة الجيبية بدلالة زاوية الدوران **(θ)** بالمعادلة الآتية:

$V(\theta) = V_m \, Sin\theta$، حيث:

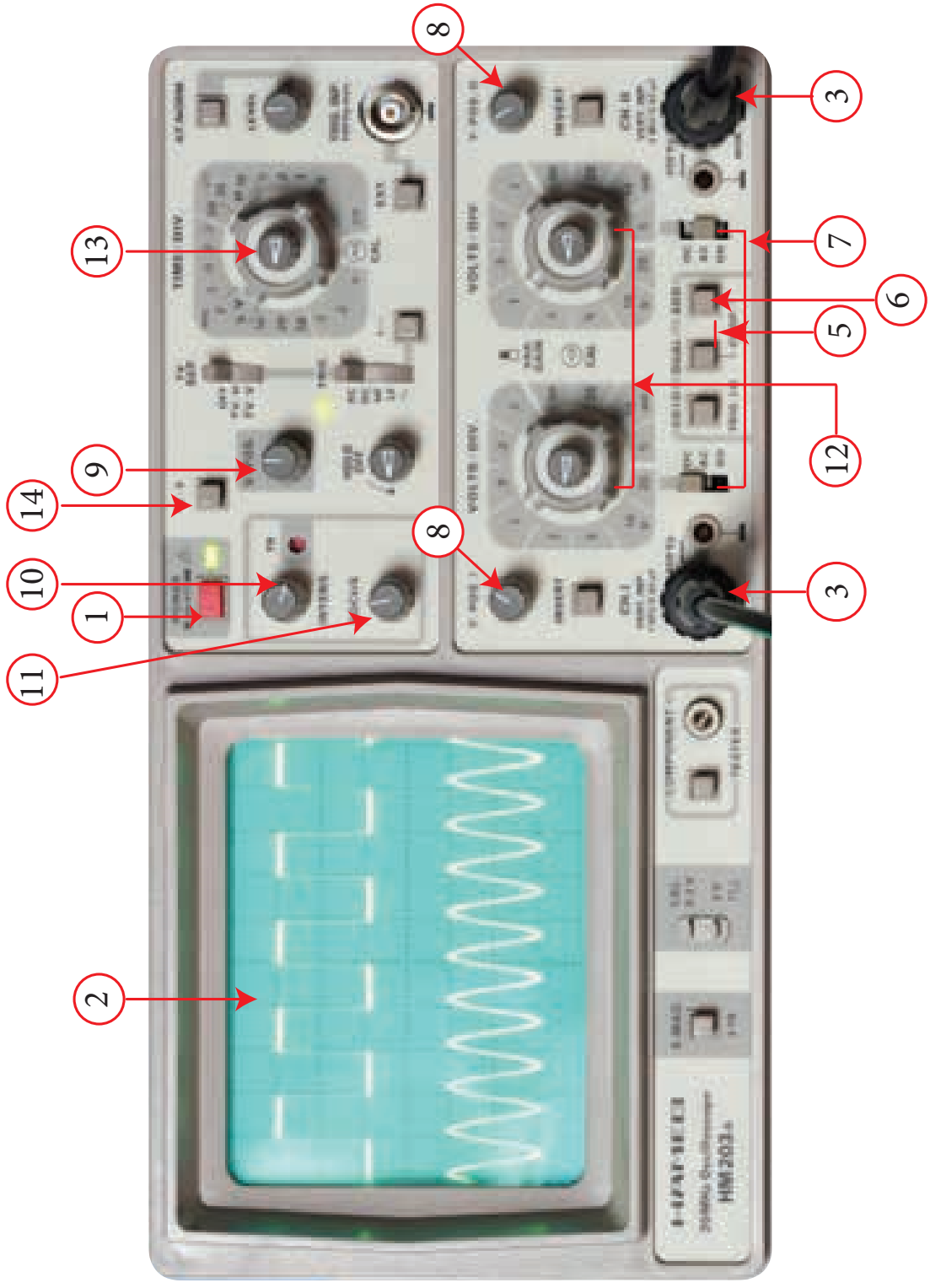
V (θ): القيمة اللحظية للفولتية عند زاوية دوران **(θ)**.

تشـير هـذه المعادلة إلى أن القيمة العظمـى للفولتية الموجة **(V_m)** تكون أكـبر ما يمكن عندما **(θ)** تسـاوي **(90°)**؛ أي عندما تسـاوي **(Sin θ)** واحدًا. وتبلغ قيمة الفولتيـة صفرًا عندما تكون **(Sin θ)** صفـرًا؛ أي عندمـا تساوي **(θ)** صفـرًا، أو **(180°)**، في حين تكـون القيمة العظمى السالبـة للفولتيـة أكبر ما يمكن عندما تسـاوي $Sin\,\theta = -1$؛ أي عندما تصل **(θ)** إلى **(270°)**.

يمكن أيضًا التعبير عن قيمة الفولتية في أيِّ لحظة زمنية بدلالة سرعة دوران الزاوية **(ω)** والزمن **(t)** بالعلاقة الآتية: $V(t) = V_m \, Sin \, \omega \, t$

جهاز راسم الإشارة (Oscilloscope)

يبيّن الشكل (3–15) الواجهة الأمامية لجهاز راسم الإشارة (Oscilloscop).

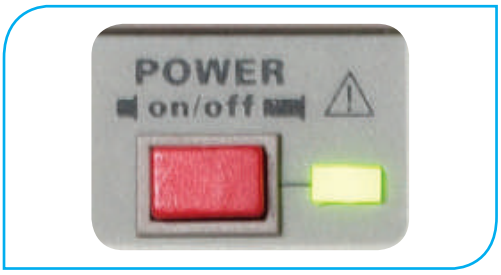


الشكل (3–15): جهاز راسم الإشارة.

مكونات واجهة جهاز راسم الإشارة

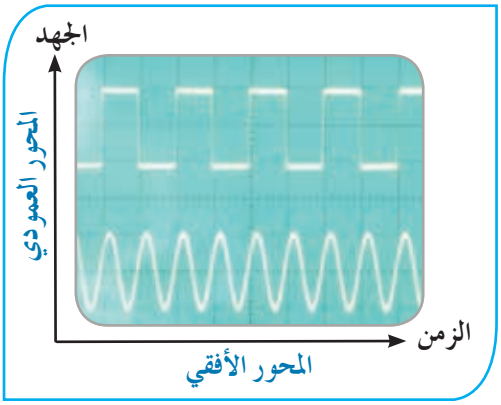
1 – التشغيل (Power)

يحتوي هذا الجزء على مفتاح التشغيل (Power)، ومفتاح التحكم في إضاءة الشاشة، وكذلك مفتاح التحكم في وضوح الصورة، انظر الشكل (3–16).



الشكل (3–16): مفتاح التشغيل.

يُستخدَم جهاز راسم الإشارة في عمل رسم بياني للجهد والزمن؛ إذ يُمثَّل الجهد بالمحور العمودي، ويُمثَّل الزمن بالمحور الأفقي، انظر الشكل (3–17). ولإيجاد القيمة المطلوبة، يُضرَب عدد المربعات في مقدار تدريج مفتاح الاختيار للجهد أو الزمن.



الشكل (3–17): الزمن والجهد في جهاز راسم الإشارة.

2 – الشاشة (Screen)

تستعمل الشاشة لعرض شكل الإشارة، ويمكن عرض إشارتين معًا للمقارنة بينهما، انظر الشكل (3–17).

3 – مدخل القنوات

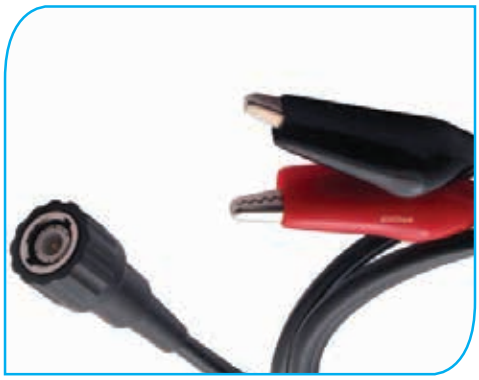
يحتوي هذا الجزء على مدخلين، هما:

أ – مدخل القناة الأولى (CH1).

ب– مدخل القناة الثانية (CH2)، انظر الشكل (3–18).

الشكل (3–18): مدخل القناة الأولى ومدخل القناة الثانية لراسم الإشارة.

إذا كان جهاز راسم الإشارة يُستعمَل لرؤية الإشارات الصادرة في مواقع معينة من دارة ما، فيفضل استخدام مجس، انظر الشكل (3–19).



الشكل (3–19): مجس التوصيل.

عند توصيل جهاز راسم الإشارة بجهاز مولد الذبذبات، يجب استخدام المجس ذي الرأسين من نوع **(BNC-BNC)**، وذلك بربط أحد الطرفين بمدخل الإشارة في جهاز راسم الإشارة، وربط الطرف الآخر بمخرج جهاز مصدر الإشارات، انظر الشكل (3–20).

الشكل (3–20): مجس التوصيل ذو الرأسين (BNC–BNC).

4 – مفتاحا القنوات (CH2)،(CH1)

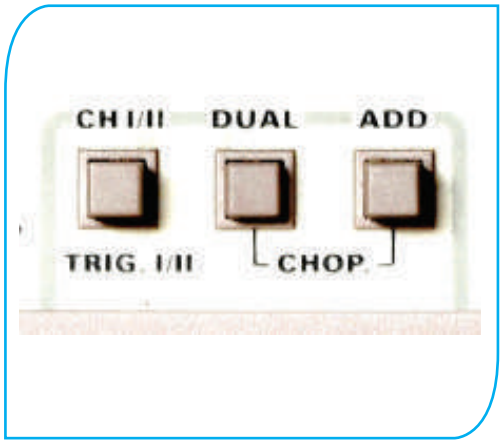
يُستعمَل هذان المفتاحان لاختيار إحدى القناتين.

5 – مفتاح الاختيار (DUAL)

يُستعمَل هذا المفتاح للمقارنة بين إشارتي الدخل والخرج، ويمكن به رؤية الإشارتين على المدخل الأول والمدخل الثاني معًا، انظر الشكل (3–21).

6 – مفتاح (ADD)

يُستعمَل هذا المفتاح لجمع الإشارتين وإظهارهما في إشارة واحدة.



الشكل (3–21): مفتاح الاختيار .

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

يوجد مفتاح لكل مدخل، ويُختار وضع كل منها بحسب نوع الفولتية المراد قياسها، انظر الشكل (3–22):

أ – مفتاح (**DC**): يُستعمَل هذا المفتاح لإظهار مركبة الإشارة المباشرة (**DC**).

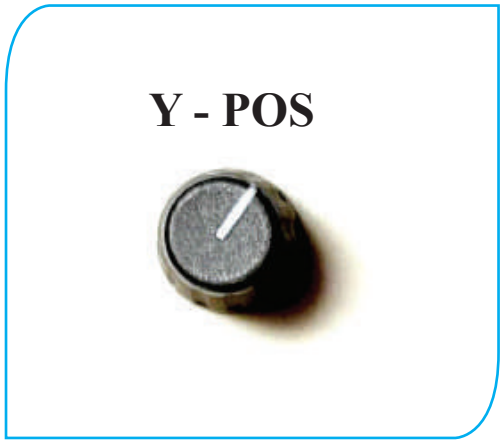
ب– مفتاح (**A C**): يُستعمَل هذا المفتاح لإظهار إشارة المركبة (**AC**).

جـ– مفتاح (**GND**): يُستعمَل هذا المفتاح لاختيار وضع التصفير في الشاشة.

الشكل (3–22): مفتاح اختيار نوع الإشارة.

8 – **مفتاح الوضع (Position)**

يُستعمَل هذا المفتاح لتحريك الخط الأفقي إلى أعلى وأسفل؛ بُغيةَ ضبطه مع التدريج المرسوم على الشاشة عند استعمال أحد مفاتيح اختيار الإشارة (**DC – AC – GND**)، انظر الشكل (3–23).



الشكل (3–23): مفتاح الوضع (Position).

9 – **مفتاح الإزاحة (X-Position)**

يُستعمَل هذا المفتاح لإزاحة الإشارة أفقيًّا إلى اليمين أو اليسار.

10 – مفتاح شدة الإضاءة (Intensity)

يُستعمَل هذا المفتاح للتحكم في شدة إضاءة الشاشة، والخطوط، والإشارات، انظر الشكل (3–24).

11 – مفتاح التركيز (Focus)

يُستعمَل هذا المفتاح لضبط حدَّة الخط الأفقي أو الإشارة (سُمْك الخط الظاهر على الشاشة)، انظر الشكل (3–24).

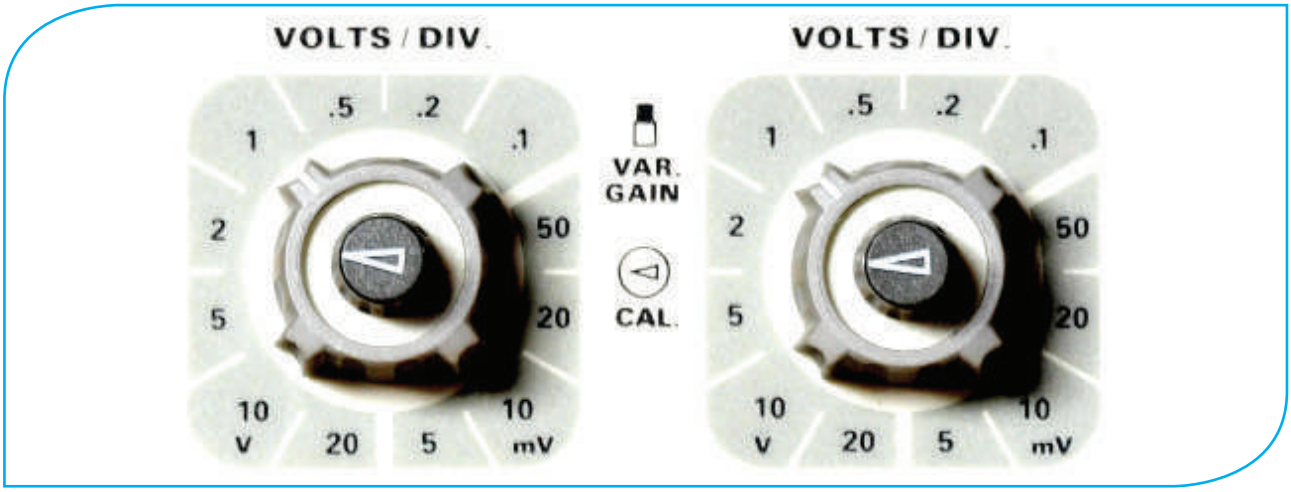
الشكل (3–24): مفتاح شدة الإضاءة، ومفتاح التركيز.

12 – مفتاح ضبط إشارة المحور (مفتاح الفولتية)

يُستعمَل هذا المفتاح لضبط قيمة التدريج على المحور العمودي؛ إذ إنه يُحدِّد قيمة الفولتية بحيث تتناسب مع قيمة التدريج (Volt – Div).

لحساب قيمة الفولتية (Vpp)، يجب تحديد عدد المربعات العمودية، ثم ضرب عددها في مقدار فولتية كل تدريج (وضع مفتاح الفولتية)، علمًا بأن كل مربع في المحور العمودي يُمثِّل قيمة الجهد عند ضبط المؤشر عليه.

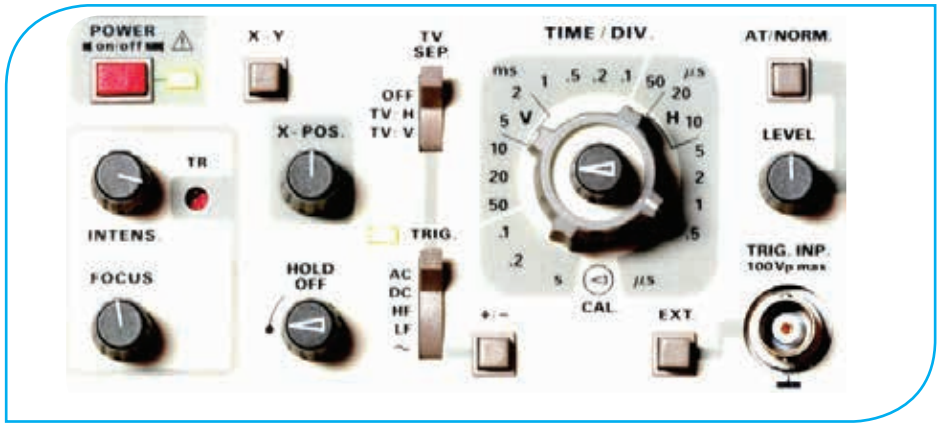
ففي الشكل (3–25)، ضُبِطَ المؤشر على (1) فولت، فمَثَّل كل مربع في المحور العمودي (الجهد) على الشاشة (1) فولت، وبذلك يمكن تحديد جهد الإشارة.



الشكل (3–25): مفتاح الفولتية.

13 – **مفتاح الزمن**

يُستعمَل هذا المفتاح لتحديد امتداد الإشارة على المحور الأفقي لراسم الإشارة، الذي يتضمن تدريج الزمن (**Time - Div**). فعند حساب قيمة الزمن الدوري للإشارة، تُعَدُّ المربعات التي تُمثِّل دورة الإشارة على المحور الأفقي، ثم يُضرَب عددها في مقدار زمن كل تدريج (وضع مفتاح الزمن). يحتوي هذا المفتاح على ثلاثة تقسيمات، هي: المايكرو ثانية لكل مربع على المحور الأفقي، والميلي ثانية لكل مربع، والثانية لكل مربع، علمًا بأنه يمكن لكل مربع في المحور الأفقي أن يُمثِّل الزمن عند ضبط المؤشر عليه. فمثلًا، عند وضع المؤشر على (0.2) ثانية في الشكل (3–26)، فإن كل مربع في المحور الأفقي على الشاشة يُمثِّل (**0.2**) ثانية، وبذلك يمكن تحديد زمن الإشارة.



الشكل (3–26): مفتاح الزمن.

14 – **مفتاح** (X – Y)

يُستعمَل هذا المفتاح لعرض القناتين؛ بغية رسم منحنيات خصائص العناصر الكهربائية.

15 – **مفتاح قدح الإشارة** (Trigger)

يُستعمَل هذا المفتاح لتثبيت الإشارة في الشاشة؛ بغية تسهيل قياسها، وهو يتضمن:

أ – مفتاح اتجاه التزامن (**Level**): يُستعمَل هذا المفتاح لضبط بداية تزامن الإشارة في الشاشة.

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

- يمكن إيجاد الموجة الجيبية مباشرة عن طريق رصد القياسات لدارة عملية باستخدام الأطراف الخاصة، ويُستعمَل جهاز خاص، مثل مولد النبضات (Function Generator) الذي يولد الإشارة (الموجة) بالتردد اللازم ضمن مجال واسع من الترددات.
- ابحث في شبكة الإنترنت عن أنواع حديثة من جهاز راسم الإشارة، واكتب تقريرًا مفصلًا عنه، وقارن بينه وبين الجهاز الذي تم شرحه سابقاً.

أهم القوانين الرياضية المتعلقة براسم الإشارة

عدد المربعات العمودية X تدريج مفتاح الجهد = Vp.p

$$Vm(Vp) = \frac{V\,p.p}{2}$$

$$Vrms = \frac{Vm}{\sqrt{2}} = 0.707\ Vm$$

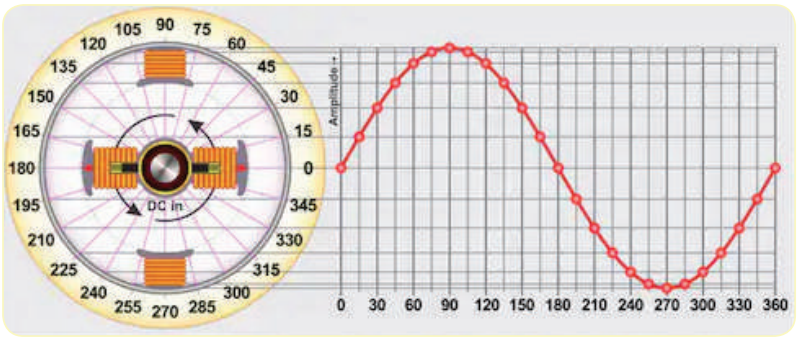
القيمة المتوسطة :

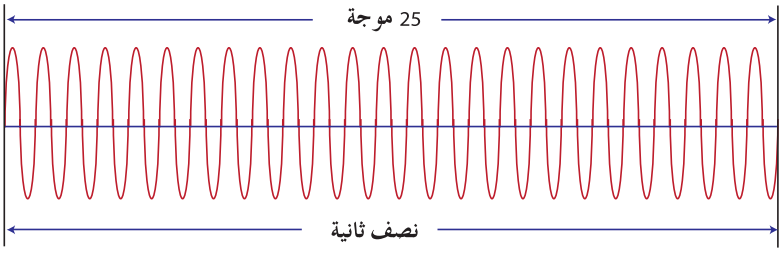
يستفاد من القيمة المتوسطة في تقدير قيم التيار المباشر، عن طريق تقويمه بالدارات الخاصة بالتيار المتناوب.

$$V_{ave} = \frac{2VP}{\pi} = 0.637Vp$$

عدد المربعات الأفقية X تدريج مفتاح الزمن = T

$$f\ (\text{التردد}) = \frac{1}{T}$$





الشكل (3–27): شكل الموجة في جهاز راسم الإشارة.

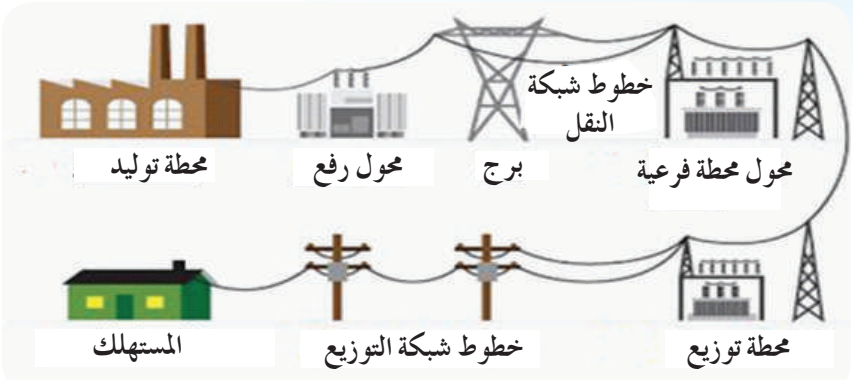
ثالثًا: توليد التيار المتناوب

القياس والتقويم

النتاجات

- يتعرَّف طريقة توليد التيار المتناوب.

مستعينًا بالشكل (3-28)، ما نوع التيار الكهربائي الذي يمكن توليده في محطات التوليد؟



الشكل (3-28): مسار التيار الكهربائي من محطة التوليد إلى المستهلك.

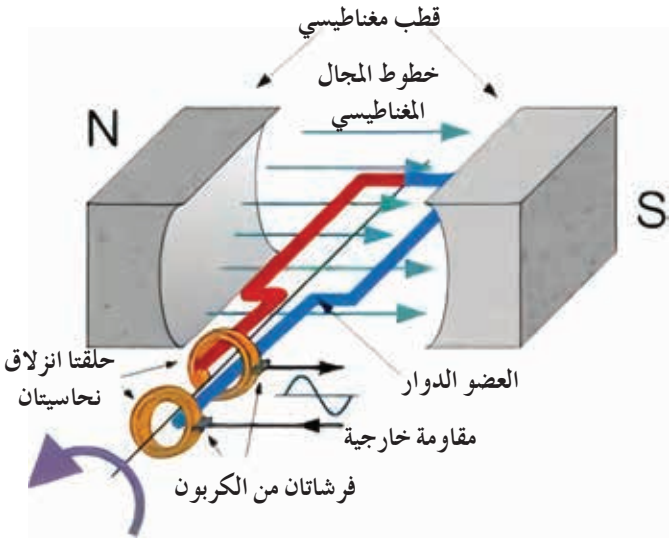
استكشف

- يتولد التيار المتناوب في المحطات الكهربائية التابعة لشركات توليد الكهرباء، وذلك باستخدام مولدات كهربائية خاصة، فكيف يمكن توليد التيار المتناوب في هذه المولدات؟

اقرأ.. وتعلم

توليد التيار المتناوب أحادي الطور

يعتمد مولد التيار المتناوب في مبدأ عمله على ظاهرة توليد القوة الدافعة الكهربائية التأثيرية الناتجة في موصل يتحرك في مجال مغناطيسي، ويبين الشكل (3–29) مولد تيار متناوب بسيط.



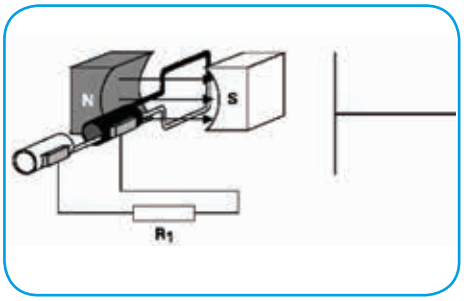
الشكل (3–29): توليد التيار المتناوب أحادي الطور.

يدور الملف بسرعة ثابتة حول محور بين قطبين مغناطيسيين، وُصِلت نهايته بحلقتي انزلاق نحاسيتين (Slip Ring)، عليهما فرشاتان من الكربون (Brush) تنزلقان على هاتين الحلقتين بحيث لا يسببان إعاقة للدوران، وكذلك وُصِلت مقاومة خارجية (R1) بالفرشاتين لتشكل حملًا للدارة. عندما يدور الملف في اتجاه عقارب الساعة، يتحرك نصفه الأول إلى الأسفل (في المجال) قرب القطب الجنوبي، في حين يتحرك نصفه الآخر إلى الأعلى قرب القطب الشمالي. وبذلك فإن الجهد المتولد بالتأثير في أحد النصفين يدعم الجهد المتولد بالتأثير في النصف الآخر، كما هو

الحال عند وصل بطاريتين على التوالي. وهذا الجهد يؤدي إلى تدفق تيار كهربائي في مقاومة الحمل داخل حلقتي الانزلاق والفرشاتين الكربونيتين. ولتعرف كيف يتولد هذا الجهد؛ يجب تَتبُّع حركة الملف وهو يُكمِل دورة كاملة في أوضاعه الآتية:

1 – الوضع (0°)

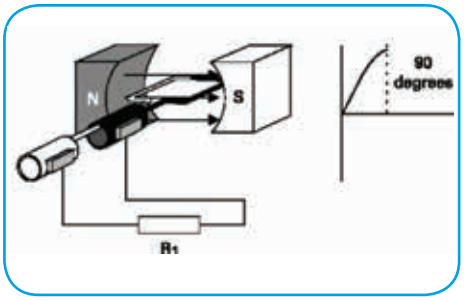
إذا كانت الزاوية صفرًا بين مستوى الملف وخطوط المجال، فإن حركة أطراف الملف توازي خطوط المجال المغناطيسي (لا تقطعها)؛ لذا لا يوجد أيُّ جهد تأثيري في هذه اللحظة، كما هو الحال في وضع عدم التشغيل (Off)، انظر الشكل (3–30).



الشكل (3–30): الزاوية صفر بين مستوى الملف وخطوط المجال.

2 – الوضع (0°-90°)

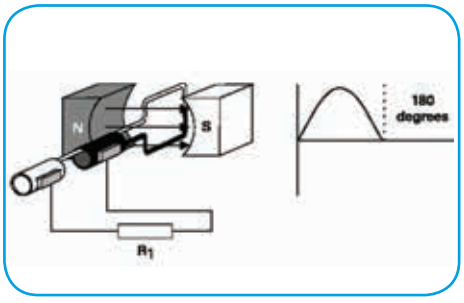
يقطع الملف خطوط المجال المغناطيسي لحظة دورانه، فيتولد فيه جهد تأثيري. ويبدأ هذا الجهد بالارتفاع حتى يصل إلى قيمته العظمى عند زاوية (90°)، في الاتجاه الموجب، بحيث يقطع الملف أكبر عدد من خطوط المجال بشكل عمودي، انظر الشكل (3–31).



الشكل (3–31): الوضع (90° – 0°).

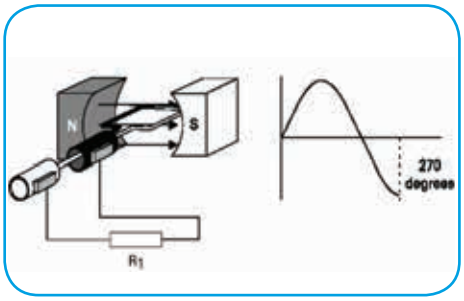
3 – الوضع (90°-180°)

عندما تزيد زاوية الدوران على (90°) يبدأ الجهد بالانخفاض؛ لأن الملف يقطع عددًا أقل من خطوط المجال. وعندما يصل إلى الزاوية (180°) يصبح الجهد التأثيري المتولد صفرًا، لأن الملف يتحرك بموازاة خطوط المجال المغناطيسي، انظر الشكل (3–32).



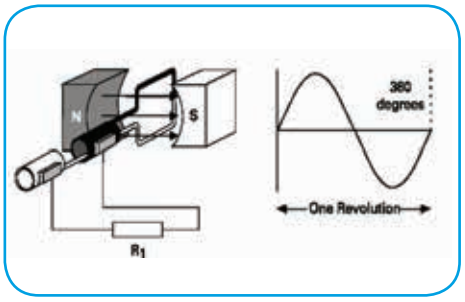
الشكل (3–32): الوضع (180° – 90°).

4 – **الوضع (180°-270°)**: عندما تزيد زاوية الدوران على (**180°**) يبدأ الجهد بالارتفاع؛ لأنه يقطع خطوط المجال مرة لكل ثانية، ولكن قطبية الملف تنعكس بسبب انعكاس اتجاه طرفيه إلى خطوط المجال المغناطيسي. يتشكل الجهد السالب الأعظم عند زاوية (**270°**)؛ لأن الملف في هذه النقطة يقطع خطوط المجال بشكل عمودي، انظر الشكل (3–33).



الشكل (3–33): الوضع (180°–270°).

5 – **الوضع (270° - 360°)**: عندما يتجه الملف إلى النقطة التي بدأ فيها الدوران يبدأ الجهد بالانخفاض نحو الصفر، ويظهر منحنى الجهد الذي يعرف بالموجة الجيبية، انظر الشكل (3–34).

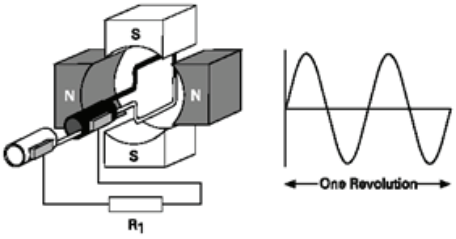


الشكل (3–34): الوضع (270°–360°).

درست سابقًا أن التيار الكهربائي المتوافر في المباني السكنية تيار متغير القيمة والاتجاه، وأنه يُولَّد عن طريق مولدات كهربائية كبيرة، وبتردُّد (**50Hz**) موجة جيبية في كل ثانية. يُولَّد التيار المتناوب في محطات الطاقة الكهربائية باستخدام المولدات المتزامنة (**Synchronous Generators**) ثلاثية الطور التي تحوي عددًا أكبر من الملفات، وفيها يُستعمَل المغناطيس الكهربائي بدلًا من المغناطيس الدائم.

الإثراء والتوسع

ابحث أنت وزملاؤك في مصادر المعرفة المتوافرة عن أثر زيادة عدد الأقطاب في عملية التوليد، انظر الشكل (3–35).



الشكل (3–35): زيادة عدد الأقطاب في عملية التوليد.

التمارين العملية
(3 – 3)

توليد التيار المتناوب.

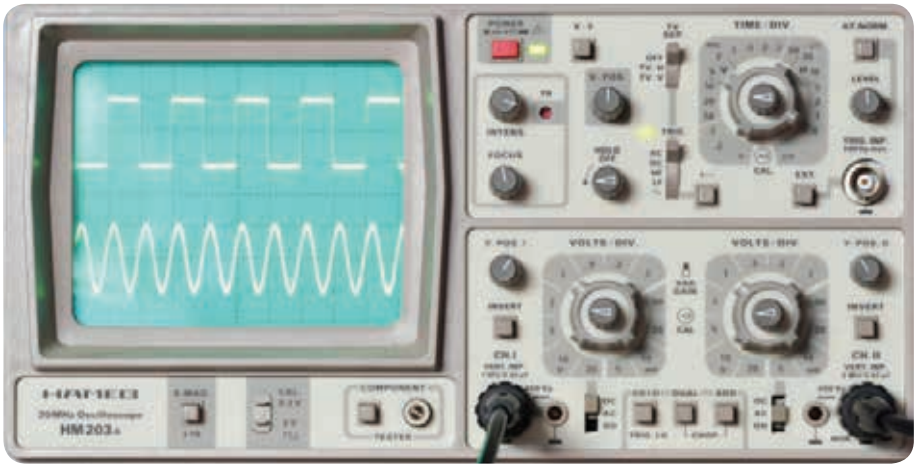
يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تولد تيارًا متناوبًا متغير القيمة والتردُّد،باستخدام مغناطيس وملف.
- تستخدم جهاز راسم الإشارة في إظهار شكل الموجة الخارجة استخدامًا صحيحًا.

متطلبات تنفيذ التمرين

المواد الأولية	الأدوات والتجهيزات
– أسلاك توصيل، ملف (100) لفة، ملف (200) لفة، قلب ملف مفرغ من الداخل.	– جهاز راسم إشارة ثنائي القناة، مغناطيس ثابت.

الرسم التوضيحي



الشكل (1): الأدوات والتجهيزات.

خطوات الأداء

1 – جهِّز الأدوات والمواد اللازمة لتنفيذ التمرين.

2 – صِلِ الدارة التي مكوناتها موجودة في الشكل السابق.

3 – حرِّك المغناطيس في اتجاه عقارب الساعة، مُلاحِظًا الإشارة على الجهاز.

4 – غيِّر وضع مفتاح الزمن لجهاز راسم الإشارة؛ حتى تحصل على موجة كاملة.

5 – غيِّر وضع مفتاح الفولتية لجهاز راسم الإشارة؛ حتى تحصل على الإشارة ضمن الشاشة.

6 – دوِّر المغناطيس بسرعة أكبر، ماذا تلاحظ؟ فسِّر ذلك.

7 – اعكس دوران المغناطيس إلى عكس اتجاه عقارب الساعة.

8 – كرِّر الخطوات (4–6)، ماذا تستنتج؟

9 – استعمل ملفًّا (200) لفة بدلًا من الملف الذي يحوي (100) لفة.

10 – كرِّر الخطوات (4–8).

11 – اكتب تقريرًا مفصلًا عن التجربة.

التمارين العملية
(3 – 4)

قياس القيم الأساسية للموجة الجيبية للتيار المتناوب أحادي الطور.

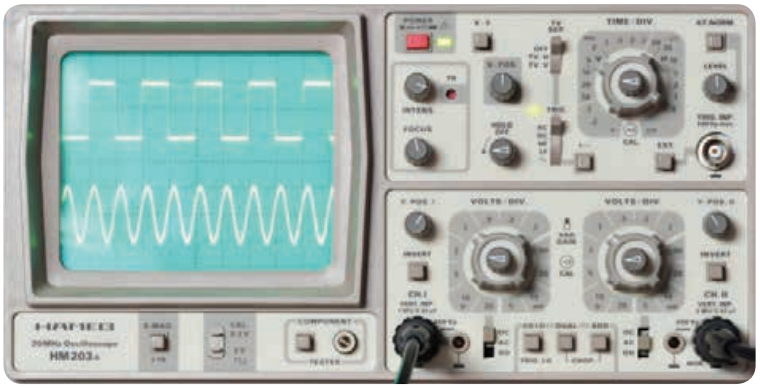
يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تجد بالتجربة العملية القيم الأساسية للموجة الجيبية باستعمال جهاز راسم الإشارة.
- تظهر الموجة الجيبية في جهاز راسم الإشارة.

متطلبات تنفيذ التمرين

المواد الأولية	الأدوات والتجهيزات
– أسلاك توصيل، مقاومة كربونية (**1k Ω**).	– جهاز راسم إشارة تناظري ثنائي القناة، وحدة تغذية تيار متناوب (**0-30**) فولت، جهاز أفوميتر.

الرسم التوضيحي



الشكل (2): جهاز راسم الإشارة.

خطوات الأداء

1 – جهِّز الأدوات والمواد اللازمة لتنفيذ التمرين.

2 – صِل الدارة التي مكوناتها موجودة في الشكل السابق.

3 – اضبط مصدر التغذية للتيار المتناوب على (15) فولت، وتحقَّق من ذلك باستعمال جهاز الأفومتر.

4 – غيِّر وضع مفتاح الزمن لجهاز راسم الإشارة؛ حتى تحصل على موجة كاملة.

5 – غيِّر وضع مفتاح الفولتية لجهاز راسم الإشارة؛ حتى تحصل على الإشارة في الشاشة.

6 – احسب الزمن (T) بضرب عدد المربعات الأفقية في قيمة مفتاح اختيار الزمن على جهاز راسم الإشارة.

7 – احسب التردُّد عن طريق القانون.

8 – احسب السرعة الزاوية باستعمال القانون: ($\omega = 2\ \pi\ f$).

9 – احسب فولتية الإشارة القيمة العظمى (V_{max}) بضرب عدد المربعات العمودية في ثابت مفتاح الفولتية في جهاز راسم الإشارة.

10 – احسب القيمة المتوسطة (V_{ave}) للفولتية باستعمال القانون: ($V_{ave} = V_{max} \times 0.637$).

11 – احسب القيمة الفعالة للفولتية باستعمال القانون: ($V_{rms} = V_m \times 0.707$) أو القانون:

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

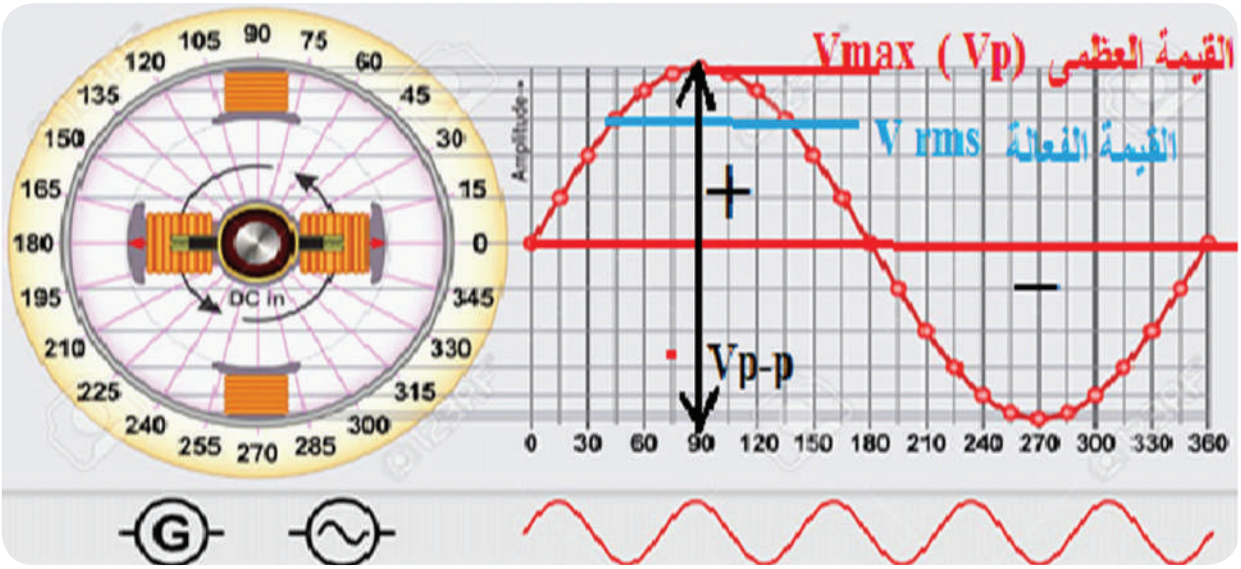
12 – احسب القيمة الفعالة للفولتية باستعمال جهاز قياس الأفومتر.

13 – احسب التيار الذي يسري في المقاومة باستعمال القانون: $I = \frac{V}{R}$.

14 – دوِّن النتائج في الجدول المرفق، ثم اكتبها في دفتر التدريب العملي، ثم اكتب تقريرًا مفصلًا عن التجربة.

الجدول (3–2): القيم الأساسية للموجة الجيبية.

تيار الدارة (I) (A)	القيمة الفعالة V rms (V)	القيمة المتوسطة للفولتية Vavg (V)	القيمة العظمى للفولتية Vmax (V)	التردد (f) (Hz)	الزمن (T) (Sec)


القيمة العظمى Vmax (Vp)
القيمة الفعالة V rms
Vp-p
Amplitude
DC in
0 30 60 90 120 150 180 210 240 270 300 330 360
G

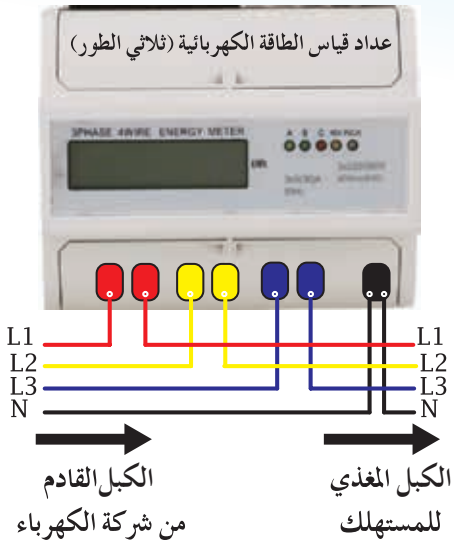
رابعًا: دارات التيار المتناوب ثلاثي الطور
Three-phase) (alternating current

النتاجات

- يتعرَّف التيار المتناوب ثلاثي الطور المستخدم في الأردن.
- يُميِّز التيار المتناوب أحادي الطور من التيار المتناوب ثلاثي الطور، ويحدد أسماء أطراف التيار ثلاثي الطور وألوانه المستخدمة عالميًّا.
- يقيس فولتية الخط وفولتية الموجة باستعمال جهاز الأفومتر بدقة.

القياس والتقويم

كيف تُغذّى المباني السكنية ذات الطوابق المتعددة والمنشآت الصناعية الكبيرة بالتيار الكهربائي؟

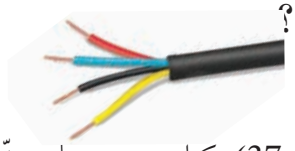


الشكل (3–36):عداد قياس الطاقة ثلاثي الطور.

استكشف

- درست سابقًا أن التيار المتناوب أحادي الطور يُستخدَم فيه سلكان فقط، فما سبب احتواء بعض الأكبال على مجموعة أكثر من الأسلاك الكهربائية المعزولة؟

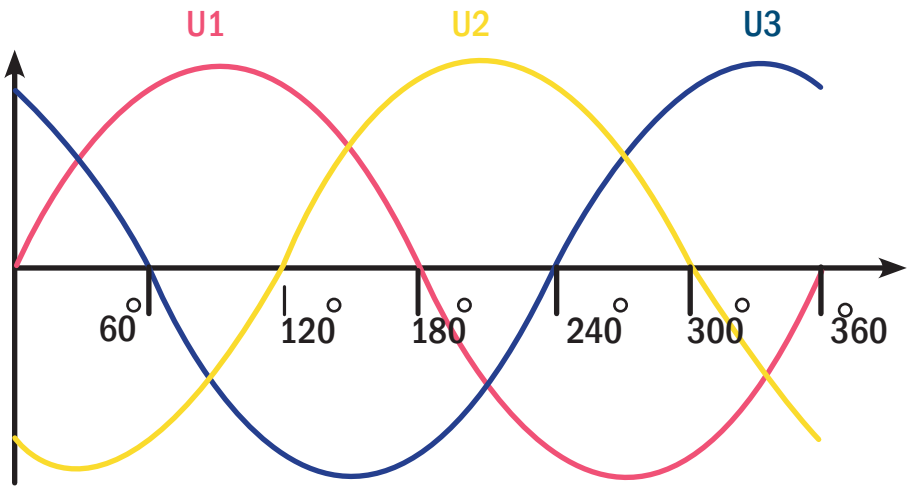
انظر الشكل (3–37)



الشكل (3–37): كبل يحتوي على عدّة أسلاك.

اقرأ.. وتعلم

درست سابقًا التيار المتناوب للطور الواحد، وعلمت أن الخطوط الرئيسة في حالة الطور الواحد هي خطّان: خط الطور (Phase)، والخط المحايد (Neutral). أمّا التيار المتناوب ثلاثي الطور فهو مجموعة من التيارات المتناوبة المترابطة مع بعضها، ومُزاحة عن بعض بزاوية مقدارها (120°)، في مجال مغناطيسي منتظم، انظر الشكل (3–38).



الشكل (3–38): موجة التيار المتناوب ثلاثي الطور.

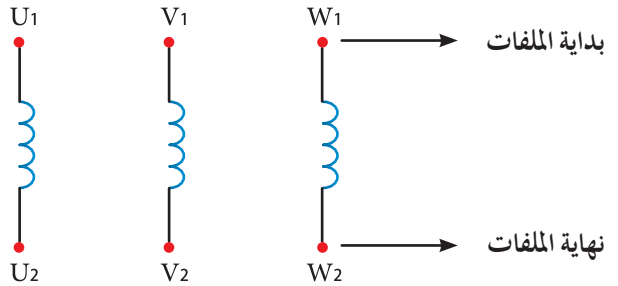
ومن الجدير ذكره أن قيمة جهد المصدر من الشبكة الرئيسة داخل الأردن للتيار المتناوب ثلاثي الطورهي (400V)، وأن قيمة التردد هي (50Hz)، وأن عدد خطوط الطور ثلاثة خطوط تُسمّى (L_1–L_2–L_3)، وتُغذّى الأحمال البسيطة، مثل الإنارة، بتيار متناوب أحادي الطور (Single Phase) مقداره (230V)، (أحد الأطوار الرئيسة والخط المحايد)، في حين تُغذّى الأحمال الصناعية ثلاثية الطور بتيار متناوب ثلاثي الطور (Three Phase) مقداره (400V).

يوضح الجدول (3–3) أسماء الأطوار وألوانها المستخدمة في التيار المتناوب ثلاثي الطور.

الجدول (3–3): أسماء ألوان الأطوار المستخدمة في التيار المتناوب.

اسم الخط	حسب المواصفات العالمية	اللون حسب المواصفات العالمية	الرمز حسب المواصفات البريطانية	اللون حسب المواصفات البريطانية
الطور الأول	L_1	بني	R	أحمر
الطور الثاني	L_2	أسود	S	أصفر
الطور الثالث	L_3	سكني	T	أزرق
الخط المحايد	N	أزرق	MP	أسود
خط التأريض	E/PE	أخضر موشح مع أصفر	E/PE	أخضر موشح مع أصفر
طور واحد	L	بني	L	أحمر

يمكن الحصول على التيار المتناوب ثلاثي الطور في حال احتوى المولد على ثلاثة ملفات منفصلة ومتشابهة بدلًا من ملف واحد، علمًا بأنه يُرمَز إلى بدايات هذه الملفات بالرموز ($U_1 . V_1 . W_1$)، ويُرمَز إلى نهاياتها بالرموز ($U_2 . V_2 . W_2$) كما هو موضح في الشكل الآتي:



عندمـا يـدور العضو الدوار يتولد في كل ملف جهد متردد. ولأن الملفات متشابهة (بالطول، وعـدد اللفات، ومساحة مقطع السلك)، ومُزاحة عـن بعضها بزاوية (120°) داخل المولد؛ فإن ثلاثـة جهود متساويـة تتولد. وعنـد دوران هذه الملفات بـين قطبي المغناطيـس المنتظم بسرعة منتظمـة، تتولـد قوة دافعة كهربائية في كل ملف من الملفـات وفقًا لقاعدة فارادي. ولأن درجة الإزاحة تختلف من ملف إلى آخر بزاوية مقدارها (120°)؛فإن القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في كل ملف تتأخر = زاوية مقدارها (120°) عن الملف الذي يليه، وتعطى تلك القوة بالمعادلات الآتية:

$$V_{L1} = V_{max} \sin(\theta)$$

$$V_{L2} = V_{max} \sin(\theta - 120)$$

$$V_{L3} = V_{max} \sin(\theta - 240)$$

$$V_{max} = V_L \sqrt{2}$$

حيث (V_{max}) القيمة العظمى، و(V) القيمة الفعالة للجهود، وهي تتساوى في الملفات الثلاثة:

$$V_{L1} = V \angle 0^0$$

$$V_{L2} = V \angle -120^0$$

$$V_{L3} = V \angle -240^0$$

التوصيلات الخاصة بالتيار المتناوب ثلاثي الطور

توجد طريقتان لوصل أطراف ملفات المولدات ببعضها، هما:

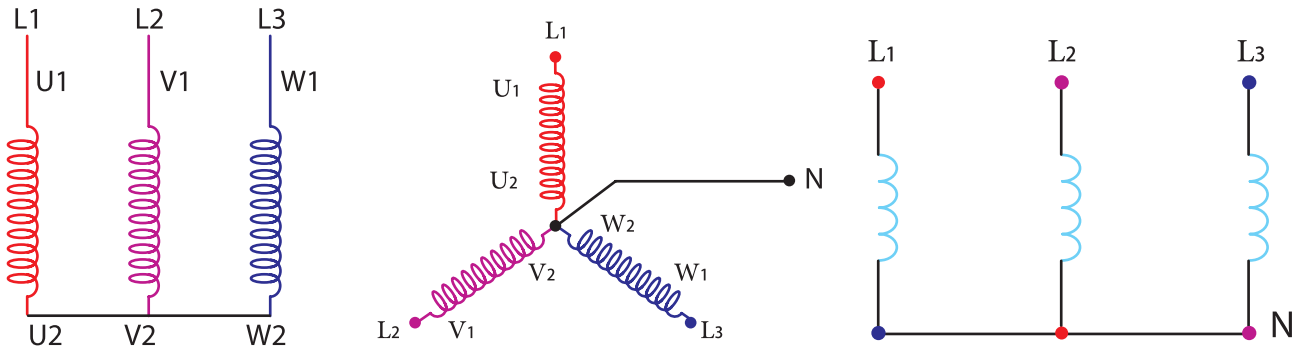
توصـيلة النجمـة (Star connection)، **وتوصـيلة المثلـث** (Delta Connection)، وتُستعمَـل كلتـا التوصيلتين لربط الأحمال ثلاثية الطور أيضًا، ويجب فهم ما يأتي قبل البدء بشرح هذه التوصيلات:

منهاجي
متعة التعليم الهادف

- **فولتيـة الخـط (Line Voltage :VL)**: فرق الجهد ما بين أيِّ خطين من الخطوط الرئيسة (**الطور**): $(L_1 - L_2)(L_2 - L_3)(L_3 - L_1)$.
- **فولتيـة الطور (Phase Voltage: V Ph)**: فرق الجهد مـا بين أحد الخطوط الرئيسة (أحد **الأطوار**) والخط المحايد (**Neutral**): $(L_1\text{-}N)\ (L_2\text{-}N)\ (L_3 - N)$.
- **تيار الخط (Line Current: IL)**: التيار الذي يسري في أيِّ خط من الخطوط الرئيسة (**الطور**): $(L_1 - L_2)(L_2 - L_3)(L_3 - L_1)$.
- **تيار الطور (Line Phase: IPh)**: التيار الذي يسري بين أحد الخطوط الرئيسة والخط المحايد: $(L_1\text{-}N)\ (L_2\text{-}N)\ (L_3 - N)$.

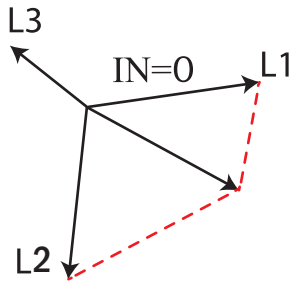
1 – توصيلة النجمة (Star – Connection) في حالة الاتزان

يُرمَـز إليها بالرمـز (Y)؛ إذ تتكون المولدات والأحمال الكهربائيـة ثلاثية الطور من ثلاث مجموعـات من الملفات، وتوصل أطـراف بدايات هذه المجموعـات ونهاياتها (عددها ستة أطـراف) بلوحـة التوصيـل الخارجيـة للمولد أو الحمل ثلاثـي الطور؛ إذ تكـون الأطراف جميعها معزولة عن بعضها، وفي توصيلة النجمة (**Star**) تُغذّى بدايات الملفات الثلاثة بالتيار الكهربائـي، في حين توصل النهايات المشتركة معًا، فينتج منها ما يُسمّى الطرف المحايد، أو الطـرف المتعـادل (**Neutral**)، ويُرمَـز إليهـا بالحـرف (**N**)، انظـر الشـكل (3–39).



الشكل (3–39): توصيلة النجمة.

يوجد تيار رابع في توصيلة النجمة يُسمّى (I_N)، وهو يتضمن ثلاثة تيارات خطية متساوية في المقدار (في حالة الاتزان): ($IL_1 / IL_2 / IL_3$)؛ إذ إن الزاوية الكهربائية بين أيِّ خطين هي (120) درجة كهربائية، في حين أن محصلة التيارات الثلاثة عند النقطة (N) صفر، وهي تمثل التيار المحايد (I_N). أما في حالة عدم الاتزان، فإن (I_N) لا يساوي صفرًا، انظر الشكل(3–40).



الشكل (3–40): الزاوية الكهربائية.

في توصيلة النجمة: $V_L = \sqrt{3}\ V_{Ph}$

حيث:

(V_L) : فولتية الخط.

(V_{ph}) : فولتية الطور.

$$I_L = I_{Ph}$$

حيث:

(I_L) : تيار الخط.

(I_{ph}) : تيار الطور.

فكِّر

احسب قيمة (V_{ph})، إذا كانت قيمة فولتية الخط ($V_L = 400V$).

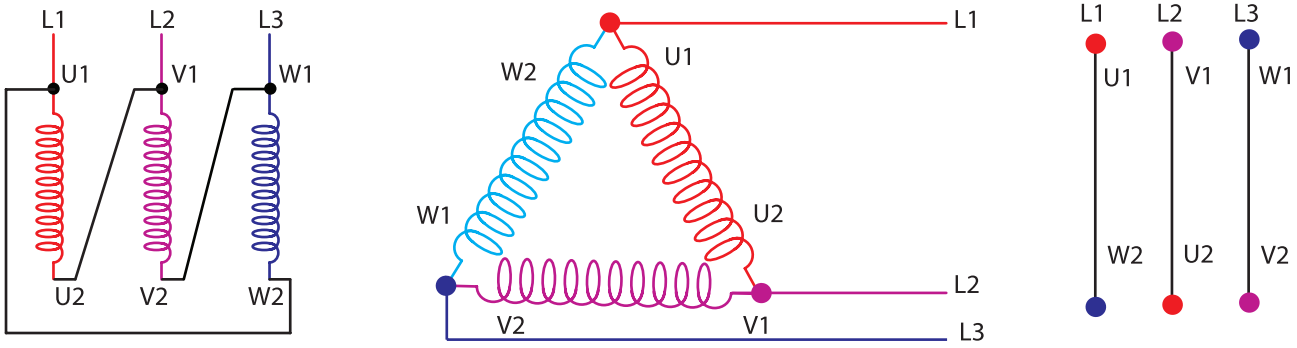
نشاط

ارسم توصيلة النجمة (في حالة الاتزان)، وضع عليها فولتية الخط، وفولتية الطور، وتيار الخط، وتيار الطور.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

2 – توصيلة المثلث (الدلتا) (Delta Connection) في حالة الاتزان

يُرمَـز إليها بالرمز ( ), ولا تحتوي توصيلـة (Delta) على طرف محايد، ويجـب الانتباه إلى طريقـة التوصيـل؛ إذ توصَل كل بداية طـور بنهاية طور آخر، ولهذا يوجـد في الملف نفسه طوران مختلفان، انظر الشكل (3–41).



الشكل (3–41): توصيلة المثلث.

فتتساوى فولتية الطور (V_{Ph}) مع فولتية الخط (V_L)؛ أي إن:

$$V_L = V_{Ph}$$

أمّا العلاقة بين تيارات الطور الثلاثة فيمكن تمثيلها بالمعادلة الآتية:

$$I_L = \sqrt{3}\ I_{Ph}$$

فكّر

احسب قيمة I_{Ph} ، إذا كانت قيمة تيار الخط $I_L = 20A$.

نشاط

ارسـم توصيلة المثلث (Delta) (في حالة الاتزان)، مُحـدِّدًا عليها فولتية الخط، وفولتية الطور، وتيار الخط، وتيار الطور.

توصيل الأحمال في الشبكة ثلاثية الطور

يمكـن وصـل العناصر الثلاثة الممثلة للحمل بصورة نجمة (Y)، أو مثلث (Δ). ولتحقيق الاتزان، يجـب أن تكون أحمال الفروع الثلاثـة متساوية. وفي ما يخص توصيلة النجمة، فإن التيار الذي يسـري في الخط المحايد يكون معدومًا (صفرًا) في حالة الاتـزان؛ لأنه يساوي المجموع الجبري لتيارات الخطوط المتزنة الثلاثة التي تكون متساوية؛ أي إنه يساوي في حالة الاتزان:

$$I_N = \sum I_{L1} + I_{L2} + I_{L3} = 0$$

وبذلـك يمكـن إزالة الخط المحايـد بلا أيِّ تأثير في النظام، فتُستعمَـل أكبال تحوي ثلاثة أسلاك عوضًا عن أربعة. وفي هذه الحالة، تكون الأحمال كثيرة وغير متزنة؛ فيُستعان بالموصل الحيادي، وهـذا يعني أن توصيلة النجمة قـد تحتوي على أكبال فيها أربعة أسلاك عندما تكون الأحمال غير متزنة مثل أحمال الشبكة العامة، خلافًا لتوصيلة الدلتا (المثلث) التي توصل من غير الخط المحايد.

دوِّن في دفتر التدريب العملي المعادلات الرياضية الخاصة بفولتية الخط، وفولتية الطور، وتيار الخط، وتيار الطور، لحالتي التوصيل: النجمة، والمثلث، وقارن بينها.

الجدول (3–4): المعادلات الرياضية لحالتي توصيل النجمة والمثلث.

نوع التوصيل	قانون فولتية الطور	قانون فولتية الخط	قانون تيار الطور	قانون تيار الخط
نجمة				
مثلث				

التمارين العملية
(5 – 3)

التيار المتناوب ثلاثي الطور
(Three- Phase Alternating Current).

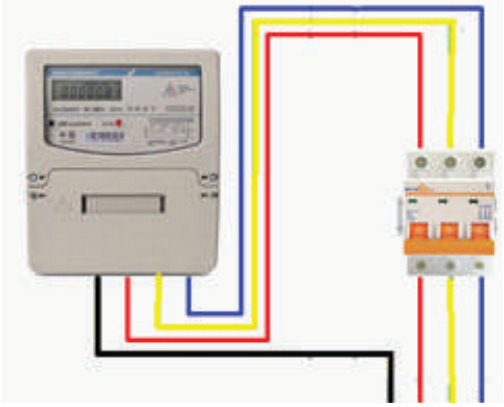
يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تتعرَّف التيار المتناوب ثلاثي الطور المستخدم في الأردن.
- تميِّز التيار المتناوب أحادي الطور من التيار المتناوب ثلاثي الطور.
- تحدِّد أسماء أطراف التيار ثلاثي الطور وألوانها المستخدمة عالميًّا.
- تقيس فولتية الخط وفولتية الطور باستعمال جهاز الأفومتر بدقة.

متطلبات تنفيذ التمرين

المواد الأولية	الأدوات والتجهيزات
– قفافيز.	– جهاز أفومتر، مصدر تيار كهربائي متناوب ثلاثي الطور مع الخط المحايد (N)، قاطع كهربائي.

الرسم التوضيحي



الشكل (1): ألوان التيار المتناوب ثلاثي الطور.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

خطوات الأداء

1 – تحقَّق من وضع مفتاح الاختيار لجهاز الأفومتر على التدريج، والكمية المناسبة للقياس المطلوب بإشراف المعلِّم، وذلك قبل بدء الاستخدام؛ خوفًا من تلف الجهاز.

2 – ارتدِ معدات السلامة اللازمة قبل إجراء القياس.

3 – اضبط القاطع الكهربائي على وضع التشغيل (ON).

4 – اضبط مفتاح الاختيار على النوع والكمية الصحيحة للفولتية، ثم قس الفولتية بين خطوط الكهرباء الرئيسة (الطور): $(L_1 - L_2)$ $(L_1 - L_3)$ $(L_2 - L_3)$.

5 – قس الفولتية بين خطوط الكهرباء الرئيسة (الطور) والخط المحايد، ثم دوِّنها في الجدول

(L_1-N) (L_2-N) (L_3-N).

6 – افصل الكهرباء بتحريك القاطع إلى وضع الإغلاق (OFF).

7 – رتِّب العُدَد والأدوات، ثم أعدها إلى أماكنها.

8 – اذكر ألوان أسلاك الطور الرئيسة المستخدمة في الأردن، وسلك الخط المحايد، ثم دوِّنها في الجدول (1).

الجدول (1): ألوان أسلاك الطور الرئيسة.

الفاز الأول (L1)	الفاز الثاني (L2)	الفاز الثالث (L3)	الخط المحايد	الخط الأرضي (E)

9 – دوِّن نتائج القياس المطلوبة في البندين (4) و(5) من خطوات العمل في الجدول، وحدِّد فولتية الخط (V_L)، وفولتية الطور (V_{ph}).

الجدول (2): تحديد فولتية الخط والطور وألوانها.

	L_1-L_3	L_3-L_2	L_1-L_2	L_1-N	L_2-N	L_3-N
فولتية الخط وفولتية الطور						
ألوان الأسلاك						

– ما التدريج المناسب لجهاز الأفومتر لإجراء قياس الفولتية للتيار المتناوب ثلاثي الطور (داخل الأردن)؟

– ما قراءة جهاز الأفومتر عند القياس بين أحد خطوط الطور الرئيسة والخط الأرضي؟

التمارين العملية
(6 – 3)

توصيل مجموعة من المصـابيح الكهربائية (بحسب توصيلة النجمة) والتحقق من صحة القوانين الخاصة بتوصيلة النجمة عمليًّا.

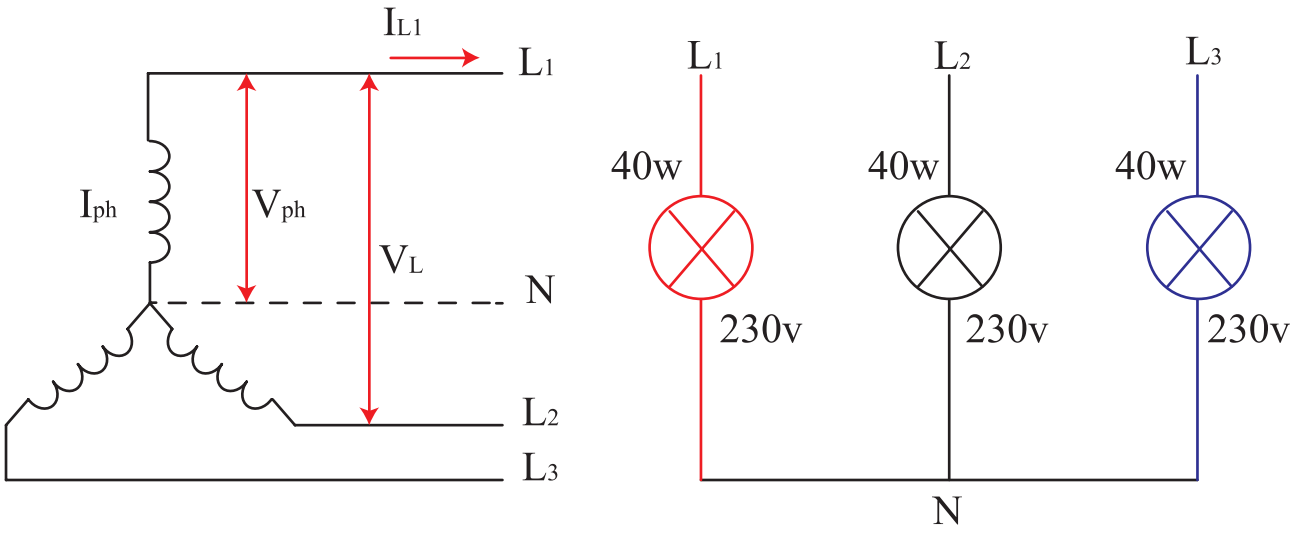
يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تُوصِّل الأحمال الكهربائية بحسب توصيلة النجمة، وتتحقَّق من صحة القوانين عمليًّا.

متطلبات تنفيذ التمرين

المواد الأولية	الأدوات والتجهيزات
– أسـلاك كهربائيـة ($1,5mm^2$) متعـددة الألـوان: (أحمر، أصفر، أزرق، أسود)، قفافيز، كبل كهربائي (4×1.5) mm، 3 مصابيـح كهربائيـة ((40W) ، (230V))، مصبـاح كهربائي (100W) ، 3 قواعد مصابيح (E27).	– مصدر كهرباء ثلاثي الطور، 3 أجهزة أميتر، فولتميتر.

الرسم التوضيحي



الشكل (1): توصيل أحمال كهربائية (بحسب توصيلة النجمة).

خطوات الأداء

1 – نفِّذ الدارة الكهربائية بإشراف المعلِّم، وارتدِ القفازين العازلين قبل القياس.

2 – وصِّـل التيـار الكهربائي ثلاثي الطور (400) فولت بإشراف المعلِّم بأطراف الأحمال الثلاثة كما هو موضح في الرسم.

3 – وصِّـل جهـاز قياس الفولتمتر على التـوازي بالدارة بإشراف المعلِّم، ثـم دوِّن قيمة الفولتية بـين الأطراف كلهـا: ($L_1 - L_2$) ($L_2 - L_3$) ($L_3 - L_1$)، ودوِّن القراءات في جدول في دفتر التدريب العملي.

4 – وصِّـل جهاز الأميتر على التوالي بالـدارة بإشراف المعلِّم، ثم دوِّن قيمة التيار ما بين (($L_1 - N$) ($L_2 - N$) ($L_3 - N$))، ودوِّن القراءات في جدول في دفتر التدريب العملي.

5 – وصِّل جهاز الأميتر بكل طور منفردًا بإشراف المعلِّم، ثم دوِّن قيمة التيار ($L_1 - L_2 - L_3$).

6 – افصـل بإشـراف المعلِّم أحـد المصابيح يدويًّا (بتدويـره عكس تركيبه)، ثـم نفِّذ الخطوات السابقة، ودوِّن النتيجة في دفتر التدريب العملي. ماذا تلاحظ؟

7 – استعمـل مصباحًا قدرته (100W) بدلًا من أحد المصابيح (40W)، ثم نفِّذ الخطوات السابقة، ودوِّن القراءات في جدول في دفتر التدريب العملي. ماذا تلاحظ؟

8 – افصل التيار الكهربائي عن الأحمال بإشراف المعلِّم.

9 – رتِّب العُدَد والأدوات، ثم أعدها إلى أماكنها.

10 – اكتب تقريرًا مفصلًا عن النتائج التي توصَّلت إليها في دفتر التدريب العملي.

التمارين العملية
(7 – 3)

توصيل مجموعة من المصابيح الكهربائية (بحسب توصيلة المثلث)، والتحقق من صحة القوانين الخاصة بتوصيلة المثلث عمليًّا.

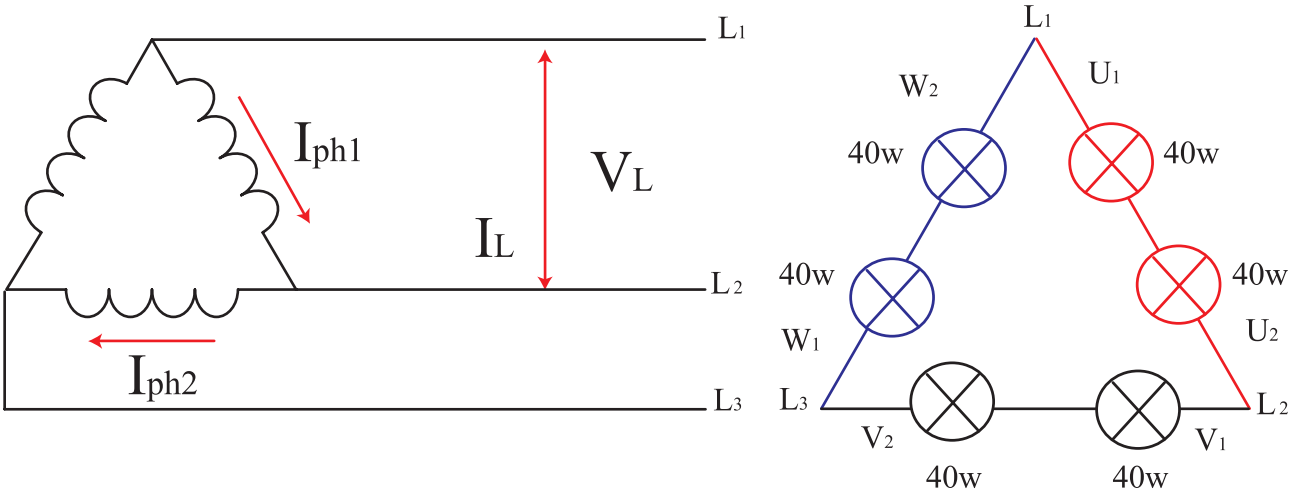
يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تُوصِّل الأحمال الكهربائية بحسب توصيلة المثلث، وتتحقَّق من صحة القوانين عمليًّا.

متطلبات تنفيذ التمرين

المواد الأولية	الأدوات والتجهيزات
– أسلاك كهربائية (1.5mm) متعددة الألوان: (أحمر، أصفر، أزرق، أسود)، قفافيز، كبل كهربائي (4×1.5mm)، (6) مصابيح كهربائية ((230) فولت (40) واط)، مصباحان كهربائيان (100 واط)، قواعد مصابيح (E27).	– مصدر كهرباء ثلاثي الطور، (3) أجهزة أميتر، (3) أجهزة فولتمتر.

الرسم التوضيحي



الشكل (1): توصيل أحمال كهربائية (بحسب توصيلة المثلث).

نفِّذ الدارة الكهربائية بإشراف المعلِّم، وارتدِ القفازين العازلين قبل القياس .

1 – وصِّـل التيـار الكهربائي ثلاثي الطـور (400) فولت ببداية الطور بإشـراف المعلِّم، كما هو موضح في الرسم.

فكِّر

لماذا لم تتأثر المصابيح عند تشغيلها على فولتية (400) فولت، مع أن فرق الجهد الذي صممت لتعمل عليه (230) فولت؟

2 – وصِّـل جهـاز قياس الفولتمتر على التوازي بالدارة بإشراف المعلِّم، ثم دوِّن قيمة الفولتية ما بين (L_3 -L_1) (L_2-L_3) (L_1 -L_2)، ودوِّن القراءات في جدول في دفتر التدريب العملي.

3 – وصِّـل جهـاز قياس التيار (الأميتر على التوالي) بالـدارة بإشراف المعلِّم، ثم دوِّن قيمة التيار مـا بـين (L_3- N) (L_2- N) (L_1 – N)، ودوِّن القـراءات في جدول في دفـتر التدريب العملي.

تذكَّر

يمكن أيضًا استعمال جهاز الكلامبميتر لقياس التيار الكهربائي في هذه الحالة.

4 – وصِّـل جهـاز قياس التيـار بـكل طـور منفـردًا بإشـراف المعلِّـم، ثـم دوِّن قيمـة التيار (L_1 - L_2 -L_3).

5 – افصـل بإشـراف المعلِّم أحـد المصابيح يدويًّا (بتدويـره عكس تركيبه)، ثـم نفِّذ الخطوات السابقة، ودوِّن القراءات في جدول في دفتر التدريب العملي. ماذا تلاحظ؟

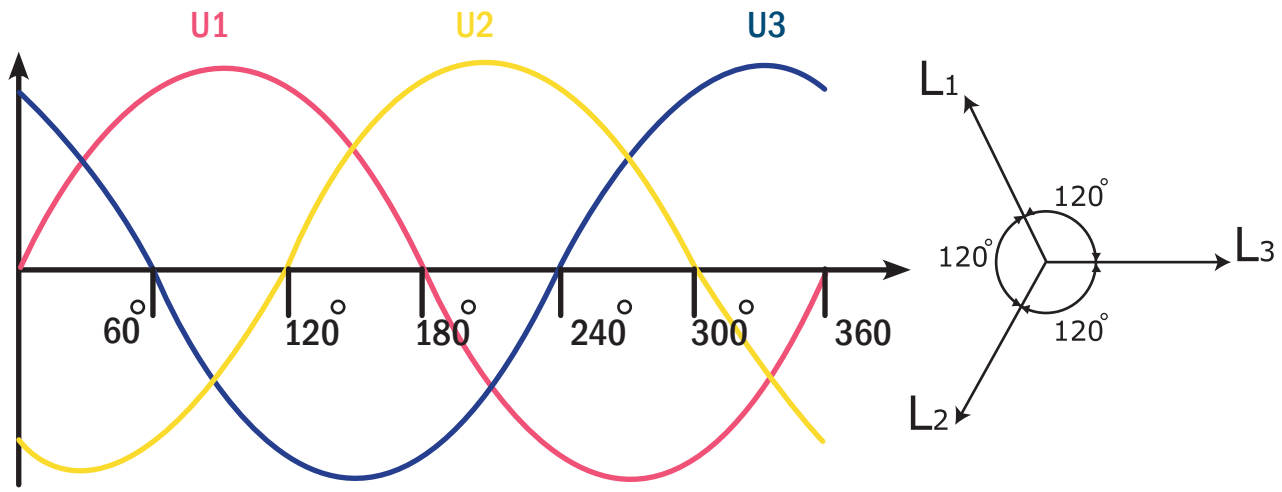
6 – استعمـل مصباحين قدرة كل منهما (100 واط) بـدلاً من المصباحين على أحد الأطوار، ثم نفِّذ الخطوات السابقة، ودوِّن القراءات في جدول في دفتر التدريب العملي. ماذا تلاحظ؟

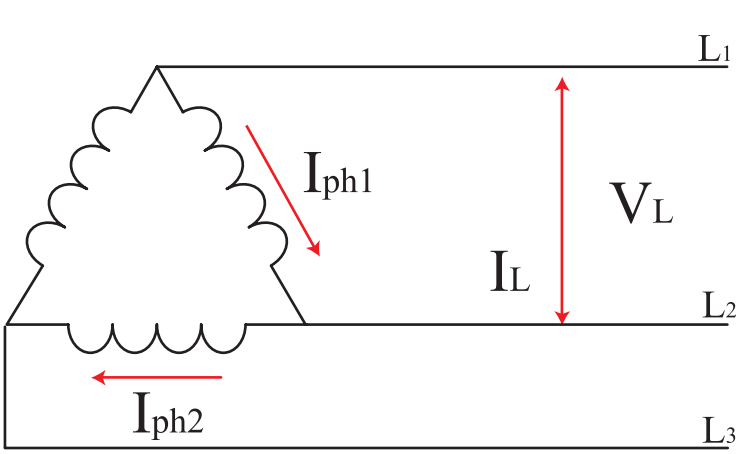
7 – افصل التيار الكهربائي عن الأحمال بإشراف المعلِّم.

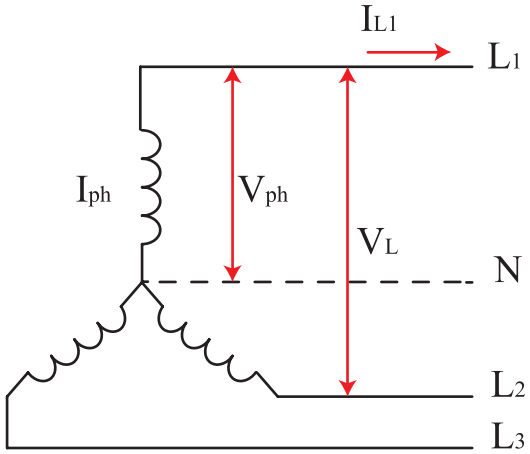
8 – رتِّب العُدَد والأدوات، ثم أعدها إلى أماكنها.

9 – اكتب تقريرًا مفصلًا عن النتائج التي توصَّلت إليها في دفتر التدريب العملي.

الخريطة المفاهيمية







خامسًا : مكونات دارات التيار المتناوب.

النتاجات

- يتعرَّف طبيعة الأحمال في دارات التيار المتناوب.
- يُحدِّد العلاقة بين الفولت والتيار في الدارات الكهربائية التي تتكون من مقاومات مادية، وأحمال حثية، وسعوية.
- يُميِّز قيمة معامل القدرة وطبيعته في الأحمال الكهربائية المستخدمة في دارات التيار المتناوب.

القياس والتقويم

ما أنواع الأحمال الكهربائية للتيار المتناوب المستخدمة في الحياة العملية؟ انظر الشكل (3–42).

سخان كهربائي
حِمْل مادي

ملفّ كهربائي
حِمْل حثّي

مواسع حِمْل سعودي

الشكل (3–42): أحمال كهربائية مختلفة.

استكشف

- هل توجد علاقة بين فولتية الحمل وتيار الحمل المسحوب من المصدر؟
- ما دور المواسع والملفّ والمقاومة في دارات التيار المتناوب؟

الأحمال في دارات التيار المتناوب

تقسم الأحمال في دارات التيار المتناوب إلى ثلاثة أنواع، هي:

1 – الأحمال المادية (Active Resistance).

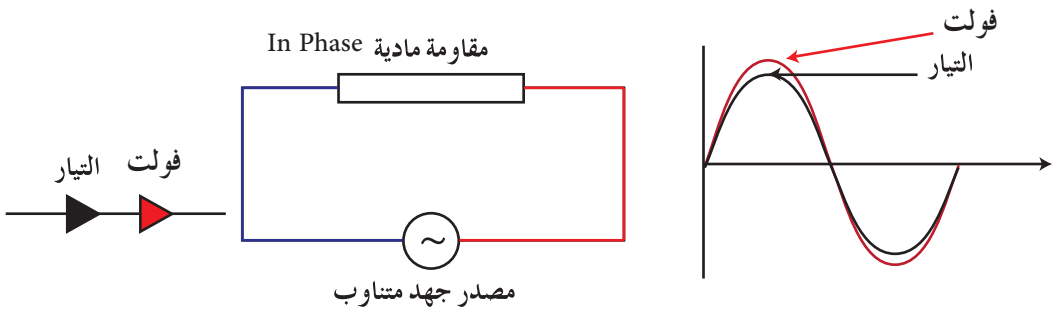
2 – الأحمال الحثية (Inductive Resistance).

3 – الأحمال السعوية (Capacitive Resistance).

تختلف علاقة الجهد بالتيار باختلاف نوع الحمل على النحو الآتي:

علاقة الفولتية بالتيار في دارة تحوي حملًا ماديًّا (مقاومة مادية) (Resistive load).

يكون متجها الجهد والتيار للحمل المادي منطبقين معًا (متحدا الطور In Phase)، انظر الشكل (3–43)؛ أي إن الزاوية بينهما تساوي صفرًا؛ لذا فإن معامل القدرة لهذا الحمل يساوي واحدًا صحيحًا (COSΦ =1)، كما هو الحال في مقاومات التسخين ومصابيح الإضاءة المتوهجة ذات فتيل التنجستون.



الشكل (3–43): الحمل المادي.

علاقة الفولتية بالتيار في دارة تحوي حملًا حثيًّا (ملف) (Inductive Load).

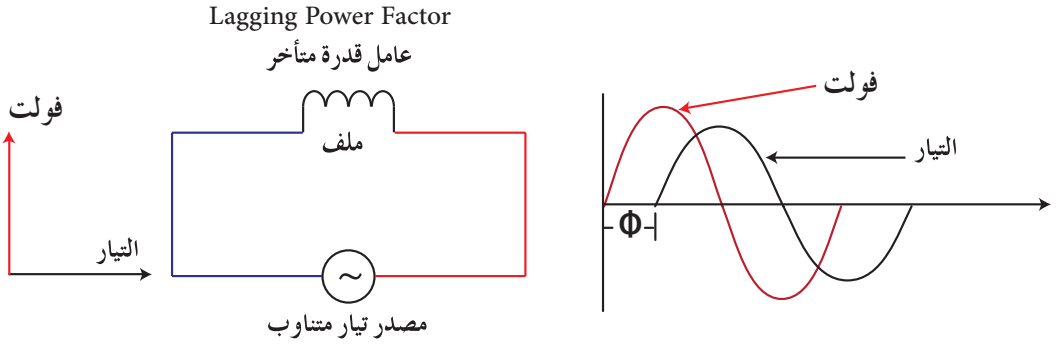
الملف (Coil) هو عنصر كهربائي يتألف من سلك معزول ملفوف، حول قلب هوائي، أو حول قلب معدني، أو غير ذلك حسب الحاجة.

يُرمَز إلى الملف الكهربائي بالرمز ( )، ويُقاس بوحدة هنري (Henry)، ويُرمَز إلى وحدة قياسه بالحرف (H)، وتُقاس القيمة الحثية للملف بالملي هنري (mH) أو النانو هنري (nH) أو الميكرو هنري (μH)، وتعتمد أساسًا على أبعاد الملفّ وعدد لفاته، ونوع السلك وقطره المستخدم، ومادة القلب الداخلي للملف.

فكِّر

ما قيمة الأرقام الرياضية الخاصة بأجزاء وحدة قياس الملف الكهربائي (Henry):

mH - 1 nH - 2 μH - 3 ؟ دوِّنها في جدول خاص.



الشكل (3–44): الحمل الحثي.

الحث الذاتي للملف يمانع التغيُّر في قيمة تياره، في دارة التيار المتناوب التي تحتوي على حمل حثي (ملف)؛ لذا يُولِّد هذا التغيُّر في الفولتية ممانعة لسريان التيار، ويُؤخِّر مواكبة التيار له، انظر الشكل (3–44).

إذا كانــت مقاومة الملفّ المادية صفرًا (بافتراضــ أن الملف مثالي)، فإن التيار يتأخر (Lagging) عن الفولتية بمقدار ربع دورة؛ أي بزاوية (90°). وفي حال وجود فولتية بين طرفي الملف، فإن الملف يمانع سريان التيار، في ما يُعرَف بالإعاقة أو المعاوقة المحثية للملف (XL: Inductive Reactance)، وقد وُجِـد أن هذه الممانعة تتناسب مــع السرعة الزاوية (ω)، ومعامل الحث الذاتي للملف(L)؛ فإذا كان الحث الذاتي بالهنري، فإن:

$$(X_L = \omega L)$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$X_L = 2\pi FL$$

حيث:

(XL): المعاوقة المحثية بالأوم.

(f): التردد بالهيرتز (دورة / ثانية).

(L): حث الملف بالهنري.

علمًا بأن معامل القدرة الذي يُرمَز إليه بالرمز ($\cos\Phi$) يتأخر دائمًا بوجود الملفات مثل المحركات الحثية.

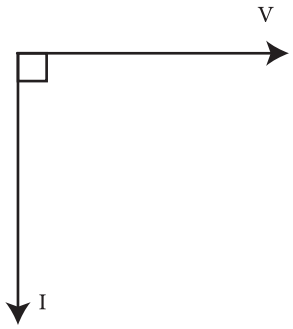
تذكّر

يُرمَز إلــى السرعة الزاوية أو التردُّد الــزاويّ (Angular Freguency) بالرمز (ω)، وهي الزاوية التي يدورها الملف في الثانية الواحدة والزوايا المقطوعة مقيسة بالتقدير الدائري (rad) وليس بالدرجات، وتعطى بالعلاقة: $\omega = 2\pi f$.

مثال

ملـف مثالي، مقاومته المادية صفر ، ومقدار حثـه (0.2H) ، وُصل بمصدر فولتية (220V)، وكان تردُّده (50Hz). جد قيمة التيار الذي يسري فيه، ثم ارسم شكلًا لمتجه الفولتية والتيار.

الحل:



$$X_L = 2\pi FL$$

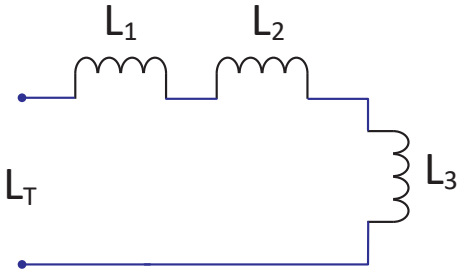
$$X_L = 2 \times 3.14 \times 50 \times 0.2 = 62.8\,\Omega$$

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

$$= \frac{220}{62.8} = 3.54\,A$$

توصيل الملفات:

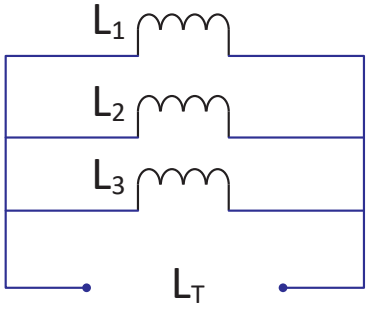
يبين الشكل (3–45 / أ) توصيل ثلاثة ملفات على التوالي:



الشكل (3–45 / أ)

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3$$

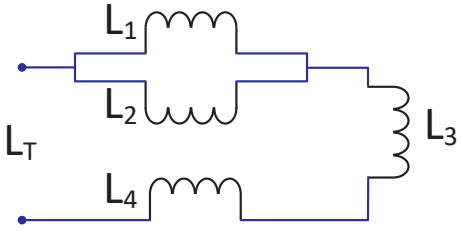
يبين الشكل (3–45/ ب) توصيل ثلاثة ملفات على التوازي:



الشكل (3–45 / ب)

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$

يبين الشكل (3–45/ ج) توصيل بعض الملفات توصيلًا مركبًا:



الشكل (3–45 / ج)

مثال

بالاعتماد على الشكل (3–45/ ج) إذا كانت قيمة كل من:

$L_1 = 12mH , L_2 = 4mH , L_3 = 7mH , L_4 = 5mH$

احسب L_T.

$$L_{T1} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} = \frac{1}{12} + \frac{1}{4} = \frac{1}{3} \Rightarrow L_{T1} = 3mH$$

$$L_T = L_{T1} + L_3 + L_4$$

$$= 3 + 7 + 5 = 15mH$$

نشاط

عـد إلى كتاب العلوم الصناعيّة الخاصة والتدريب العملي الفصل الدراسي الأول لتخصصك، وقارن بين كيفية حساب توصيل المقاومات وتوصيل الملفات.

علاقة الفولتية بالتيار في دارة تحوي حملًا سعويًّا (مواسع) (Capacitive Load)

المواسع/المكثف (Capacitor) عنصر يُخزِّن الطاقة الكهربائية أو الشحنة الكهربائية من الزمن في صورة مجـال كهربائـي، ويُطلَق عليـه أحيانًا اسم (المكثف)، ويُرمَز إليه بالرمز (—| |—)، ويمكن أن يُشبَّه بالبطارية التي تُخزِّن الطاقة الكهربائية إلى حين الحاجة إليها، وما يُميِّزه من البطارية أنه لا يُخزِّن الطاقة كيميائيًّا، بل يُخزِّنها في صورة كهربائية ليُفرِّغ الطاقة المختزنة فيه أثناء أجزاء من الثانية.

يتكون المواسع الكهربائي من لوحين من مادة موصلة، يحمل كل منهما شحنة كهربائية متساوية في مقدارها ومختلفة في إشارتها (+ / –)، ويُفصَل بين هذين اللوحين بمادة عازلة قد تكون الهواء، أو البلاستيـك، أو السيراميـك، أو الورق، أو قد تُستخدَم لذلك محاليـل كيميائية عازلة، ويسمّى المواسـع الكهربائـي تبعًا لنوع المادة العازلـة التي توضع بين اللوحين الموصلـين، فيسمّى المواسع البلاستيكي، أو السيراميكي، أو الهوائي، أو الكيميائي، أو الورقي.

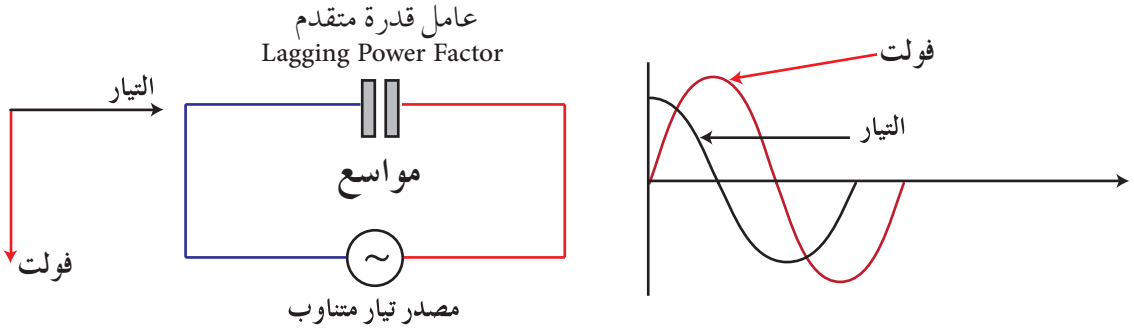
مبدأ عمل المواسع الكهربائي

عنـد تسليط مصدر للتيار الكهربائي على طرفي المواسـع الكهربائي، فإن الشحنات الكهربائية السالبـة (الإلكترونـات) تخترق المواسع من إحدى جهتيه ثم تتوقـف بسبب وجود المادة العازلة التـي تفصل بين اللوحـين الموصلين اللذين يقعان ضمن الـدارة الكهربائية ويوجدان في المواسع. ونتيجـة لذلك؛ فـإن الإلكترونات تتراكم على الجهة المقابلة للطـرف السالب، ثم يقل عددها في الطرف الآخر، وبسبب تراكم الشحنات بهذه الطريقة يصبح أحد اللوحين موجبًا والآخر سالبًا. بعـد أن تتراكم الشحنات الموجبة والسالبة على طـرفي المواسع الكهربائي فإنه يتحول إلى مصدر لفرق الجهد الكهربائي، في ما يشبه البطارية، وعندما يصل المواسع إلى الحد الأعلى من قدرته على تخزين الشحنات الكهربائية على طرفيه فإنه يصل إلى السعة القصوى، التي تسمى سعة المواسع. وبالوصـول إلى السعة القصوى يصبح المواسع مشحونًا بالطاقـة الكهربائية التي يمكن الاستفادة منهـا لاحقًا. تُقاس سعـة المواسع بوحدة الفـاراد (F)، والفاراد الواحد يكـون ضخمًا جدًّا؛ لذا تستعمل وحدات أجزاء الفاراد في التطبيقات العملية، علمًا بأن:

الميكروفاراد (μF) = 1×10^{-6} فاراد.

النانوفاراد (nF) = 1×10^{-9} فاراد.

البيكوفاراد (pF) = 1×10^{-12} فاراد.



الشكل (3–46): الحمل السعوي.

عنـد وصل مواسع بمصدر للتيار المتناوب، انظر الشكل (3–46)، فإن قيمة الفولتية على طرفي المواسع تتغير حسب المنحنى الجيبي، ويتغير التيار المندفع إلى المواسع تبعًا لذلك، لكن اندفاع التيار يسبق ازدياد الفولتية، فيقال إن التيار يتقدم (Leading) على الفولتية بربع دورة؛ أي بزاوية (90°)

خلافًا للملف، وتُسمّى الزاوية بين التيار والفولتية زاوية الطور. وفي حال تطبيق الفولتية على طرفي الموسع، فإنه يقاوم سريان التيار الكهربائي، وتُسمّى هذه المقاومة المعاوقة المواسعية للمواسع (Xc:Capacitive Reactanc)، وتتناسب هذه الممانعة عكسيًّا مع السرعة الزاوية (ω)، وسعة المواسع (C)؛ أي إن:

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$$

حيث:

(Xc): المعاوقة المواسعية بالأوم.

(F): التردُّد بالهيرتز (دورة / ثانية).

(C): سعة المواسع بالفاراد.

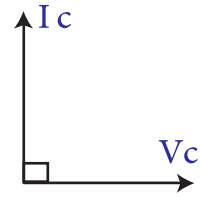
مثال

صِل مواسعًا مثاليًّا سعته (10μF) بمصدر للتيار المتناوب، فولتيته (220V)، وتردُّده (50HZ)، ثم جد ممانعة المواسع وتياره، ثم ارسم شكل متجه الفولتيه والتيار.

الحل

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi FC} \qquad \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50 \times 10 \times 10^{-6}} = 318.3\,\Omega$$

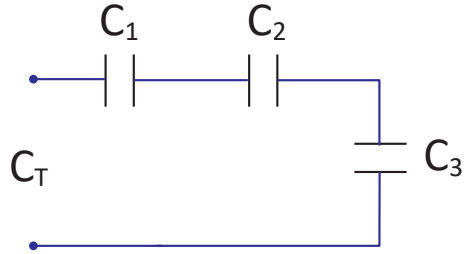
$$I = \frac{V}{X_c} = \frac{220}{318.3} = 0.69\,A$$



توصيل المواسعات

يبين الشكل (3–47 أ) توصيل ثلاثة مواسعات على التوالي:

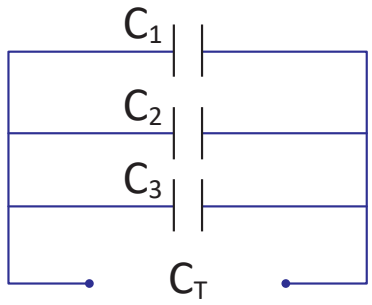
$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$



الشكل (3–47 أ)

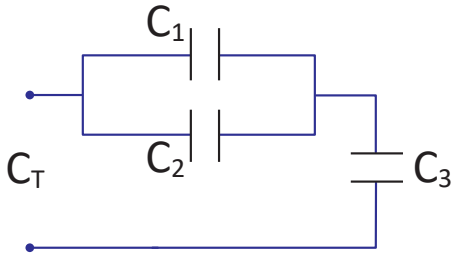
يبين الشكل (3–47 ب) توصيل ثلاثة مواسعات على التوازي:

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3$$



الشكل (3–47 ب)

يبين الشكل (3–47 ج) توصيل بعض المواسعات توصيلًا مركبًا:



الشكل (3–47 ج)

مثال

بالاعتماد على الشكل (3–47 ج) إذا كانت قيمة كل من:

$C_1 = 5\mu F$, $C_2 = 7\mu F$, $C_3 = 6\mu F$

احسب C_T.

$$C_{T1} = C_1 + C_3 = 5 + 7 \quad 12\mu F$$

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_{T1}} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{12} + \frac{1}{6} \Rightarrow C_T = 4\mu F$$

نشاط

ما العلاقة بين كيفية حساب توصيل المواسعات وتوصيل الملفات والمقاومات.

مُستعينًا بالمراجع المتوافرة في مكتبة مدرستك، أو المواقع الإلكترونية المتاحة، ابحث وأفراد مجموعتك عن مجالات استخدام المواسعات بالدارت والملفّات الكهربائية، وطرائق توصيلها على التوالي، وعلى التوازي وتوصيلًا مركبًا.

التمارين العملية
(3 – 8)

تأثير التردد في المقاومة المادية في دارات التيار المتناوب.

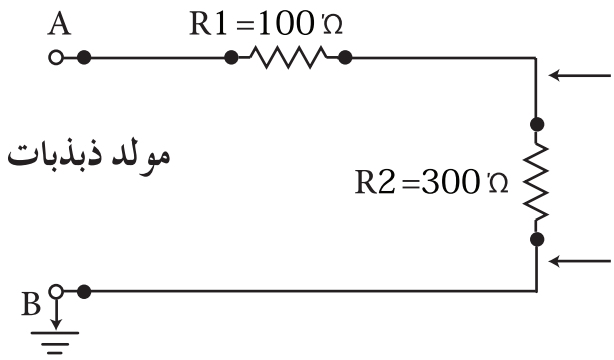
يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تتعرَّف تأثير التردد في المقاومة المادية في دارات التيار المتناوب.

متطلبات تنفيذ التمرين

المواد الأولية	الأدوات والتجهيزات
– مقاومة كربونية: R1=100Ω-R2=300Ω.	– جهاز راسم إشارة، جهاز مولد ذبذبات، جهاز فولتميتر إلكتروني، جهاز أميتر.

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1 – نفِّذ الدارة الكهربائية بتوصيل جهاز راسم الإشارة بالتوازي بالمقاومة (100Ω)، وجهاز مولد الذبذبات بأطراف المصدر (A/B)، انظر الشكل (1).	
2 – اضبط الفولتية في جهاز راسم الإشارة (p–p) لتكون (4V).	
3 – اضبط جهاز مولد الذبذبات على التردُّد (100Hz).	
4 – دوِّن القيم الظاهرة في الجدول على التردُّد (100Hz).	



الشكل (1): تأثير التردُّد في المقاومة المادية.

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

5 – غـيِّر تـردُّد الإشارة من مولـد الذبذبات إلى (200Hz–500Hz–1kHz–2KHz)، ثم دوِّن القراءات حسب الجدول المجاور.

6 – افصـل الـدارة الكهربائية،ثـم رتِّـب العُدَد والمواد في أماكنها.

7 – احسـب النتائـج مـرة أخـرى باستخـدام المعادلات الرياضية لإيجـاد التيار والفولتية على المقاومة (R1).

الجدول (1): تأثير التردد في المقاومة المادية.

Frequency	R1	V R1 (p-p)v	rms. I R1 mA
100 Hz	100 Ω		
200 Hz	100 Ω		
500 Hz	100 Ω		
1000 Hz	100 Ω		
2000 Hz	100 Ω		

استنتج

- عن طريق إجراء الحسابات الرياضية، ما تأثير التردُّد في المقاومة المادية؟
- عـن طريق النتائج العملية التي توصَّلت إليها في التجربـة؛ ما تأثير زيادة التردُّد في المقاومة R1؟

فكِّر

كيف يمكن قياس فولتية (V_{rms}) للمقاومة؟

التمارين العملية
(3 – 9)

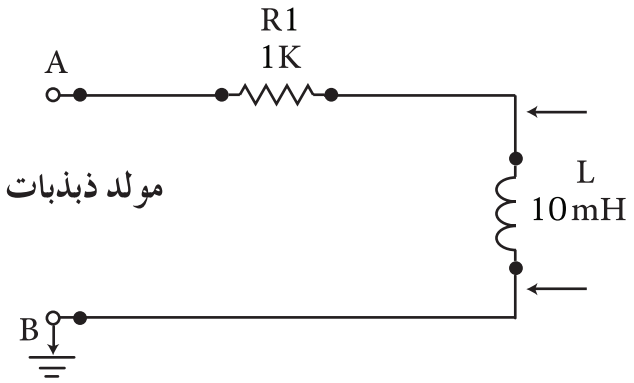
تأثير التردُّد في الملف في دارات التيار المتناوب.

يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تتعرَّف تأثير التردُّد في الملف في دارات التيار المتناوب.

متطلبات تنفيذ التمرين

المواد الأولية	الأدوات والتجهيزات
– مقاومة كربونية (1kΩ)، ملف (10mH)	– جهاز راسم إشارة، جهاز مولد ذبذبات، جهاز فولتميتر إلكتروني، جهاز أميتر.

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1 – نفِّذ الدارة الكهربائية بتوصيل الملفّ والمقاومة على التوالي، ثم توصيل جهاز راسم الإشارة بالتوازي بالملف، وجهاز مولد الذبذبات بأطراف المصدر (A/B)، انظر الشكل (1). 2 – اضبط الفولتية على جهاز راسم الإشارة (p-p) لتكون 4V. 3 – اضبط جهاز مولد الذبذبات على التردُّد (1KHz). 4 – دوِّن القيم الظاهرة في الجدول على التردُّد (1KHz).	

الشكل (1): تأثير التردُّد في الحمل الحثيّ.

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

5 – غيِّر تردُّد الإشـارة من مولد الذبذبات إلى (5KHz -4KHz-3KHz-2KHz-1KHz)،

ثم دوِّن القراءات حسب الجدول المجاور.

الجدول (1): تأثير التردُّد في الملفّ.

Frequency	VL (P-P)	I (P-P)
1 kHz		
2 kHz		
3 kHz		
4 kHz		
6 kHz		
12 kHz		

6 – افصـل الدارة الكهربائية، ثـم رتِّب العُدَد والمواد في أماكنها.

7 – احسـب النتائـج مـرة أخـرى باستخـدام المعـادلات الرياضية لإيجـاد الممانعة الحثية (XL).

استنتج

- عن طريق إجراء الحسابات الرياضية، ما تأثير التردُّد في الممانعة الحثية (XL)؟
- عن طريق النتائج العملية التي توصَّلت إليها في التجربة؛ ما تأثير زيادة التردُّد في الملف؟

فكِّر

ما قيمة (Vrms) للمصدر؟

التمارين العملية (3 – 10)

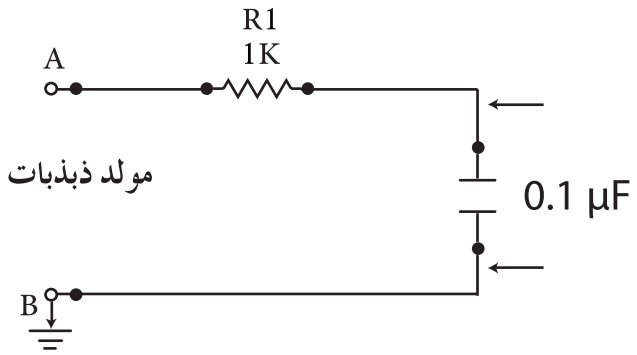
تأثير التردُّد في المواسع في دارات التيار المتناوب.

يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تتعرَّف تأثير التردُّد في المواسع في دارات التيار المتناوب.

متطلبات تنفيذ التمرين

المواد الأولية	الأدوات والتجهيزات
– مقاومة كربونية (1kΩ)، ملفّ (10mH)	– جهاز راسم إشارة، جهاز مولد ذبذبات، جهاز فولتمتر إلكتروني، جهاز أميتر.

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1 – نفِّذ الدارة الكهربائية بتوصيل المواسع والمقاومة على التوالي، ثم توصيل جهاز راسم الإشارة بالتوازي بالمواسع، وجهاز مولد الذبذبات بأطراف المصدر (A/B)، انظر الشكل (1). 2 – اضبط الفولتية على جهاز راسم الإشارة (p-p) لتكون 4V. 3 – اضبط جهاز مولد الذبذبات على التردُّد (1KHz). 4 – دوِّن القيم الظاهرة في الجدول على التردُّد (1KHz).	

الشكل (1): تأثير التردُّد في الحمل السعوي.

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

5 – غيِّر تردُّد الإشـارة من مولد الذبذبات إلى (5KHz -4KHz-3KHz-2KHz-1KHz)،

ثم دوِّن القراءات حسب الجدول المجاور.

الجدول (1): تأثير التردُّد في المواسع.

Frequency	Vc (P-P)	I (P-P)
1 kHz		
2 kHz		
3 kHz		
4 kHz		
6 kHz		
12 kHz		

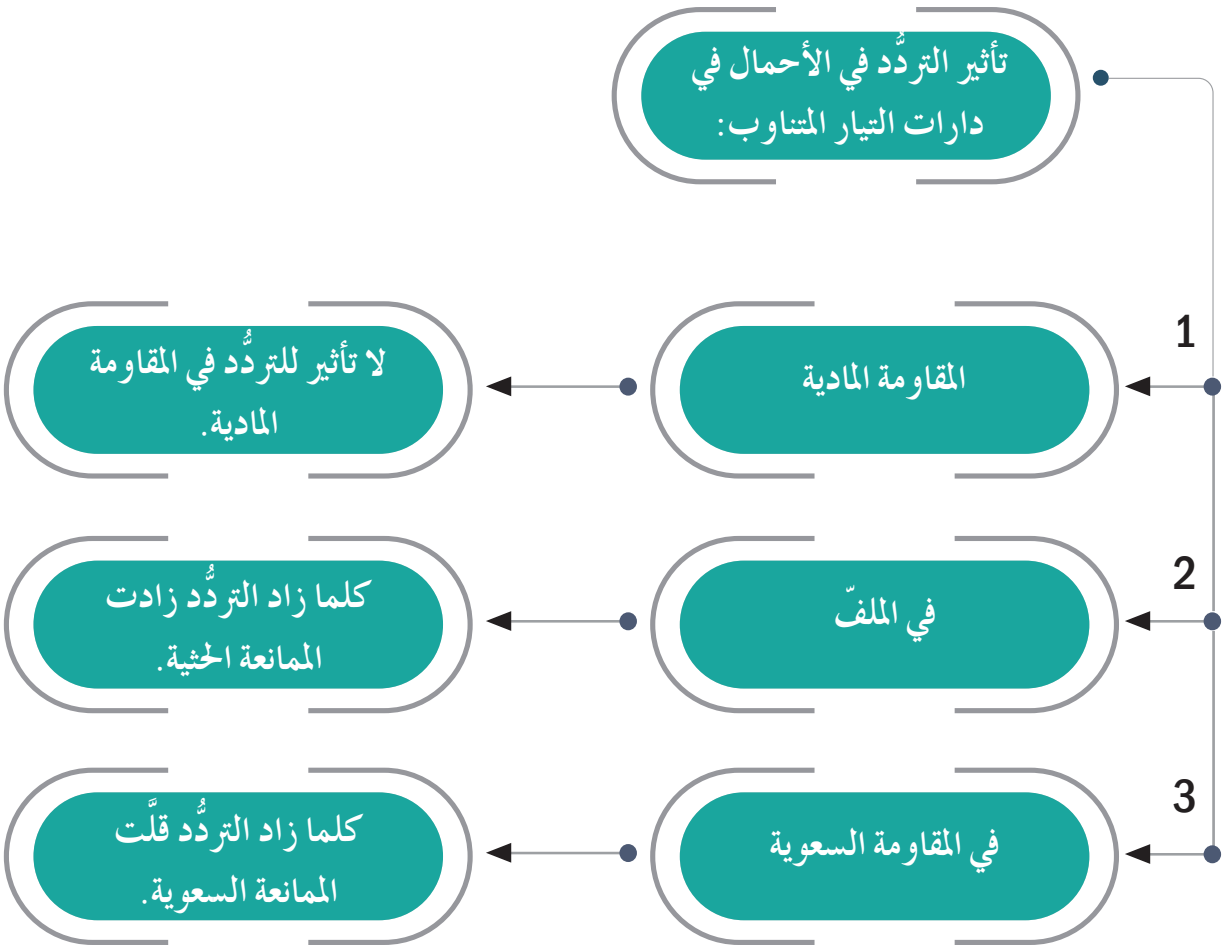
6 – افصـل الدارة الكهربائية، ثـم رتِّب العُدَد والمواد في أماكنها.

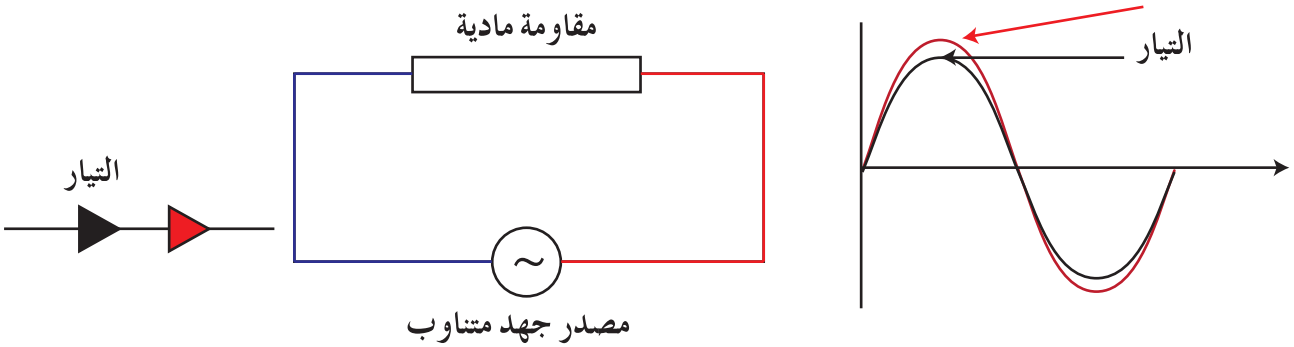
7 – استخدم المعادلات الرياضية لإيجاد الممانعة السعوية (Xc).

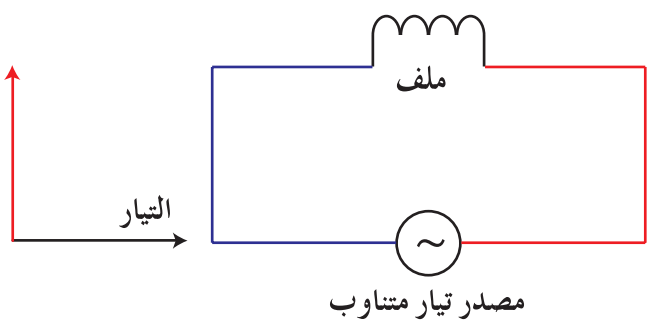
استنتج

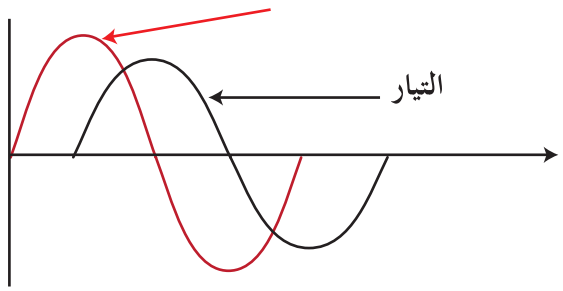
- عن طريق إجراء الحسابات الرياضية، ما تأثير التردُّد في الممانعة السعوية (Xc)؟
- عن طريق النتائج العملية التي توصَّلت إليها في التجربة؛ ما تأثير زيادة التردُّد في المواسع؟

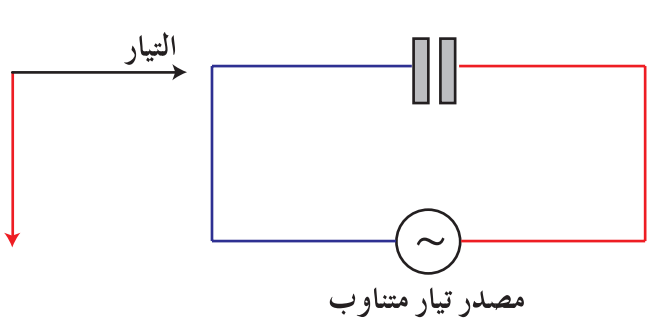
الخريطة المفاهيمية

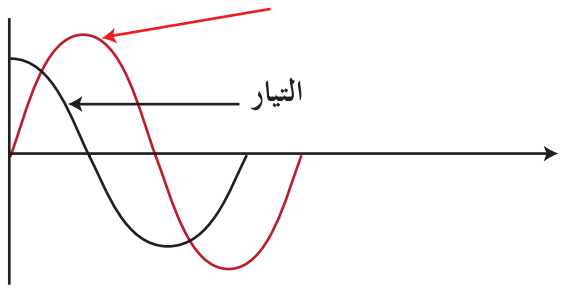



مقاومة مادية
التيار
التيار
مصدر جهد متناوب


ملف
التيار
مصدر تيار متناوب


التيار


التيار
مصدر تيار متناوب


التيار

سادسًا: القدرة والطاقة في دارات التيار المتناوب

النتاجات

- يتعرَّف كيفية قياس الطاقة الكهربائية للتيار المتناوب أحادي الطور بعداد الطاقة الكهربائي في المباني السكنية.
- يقيس القدرة الكهربائية للأحمال المختلفة.

ما وظيفة عداد الطاقة الكهربائي في المنزل؟ كيف يمكن تحديد قيمة الطاقة المستهلكة في المنازل والمباني الصناعية؟

درست سابقًا أن الطاقة الكهربائية تُقاس بجهاز قياس الطاقة (العداد الكهربائي) بوحدة (كيلو واط/ ساعة)، وأن جابي شركة الكهرباء يحسب الاستهلاك بقراءة القيم الخاصة بالاستهلاك، انظر الشكل (3–48).

الشكل (3–48): أشكال لعداد الطاقة.

استكشف

- كيف تُقاس القدرة الكهربائية للأحمال المختلفة (المنزلية والصناعية)؟

يُستخدَم جهاز الواطميتر لقياس القدرة الكهربائية للأحمال المختلفة في المباني السكنية المنزلية والصناعية.

اقرأ.. وتعلم

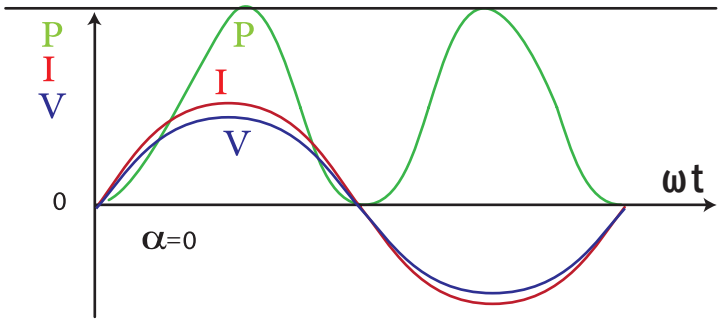
تعرفت سابقًا أن القدرة في دارات التيار المباشر تساوي حاصل ضرب الفولتية في التيار. أمّا التيار المتناوب، ففي أثناء سريانه في الدارة الكهربائية، فإن استهلاكًا في طاقة المصدر المغذي لهذه الدارة يصاحب سريان التيار، ويُعبَّر عن استهلاك الطاقة بالقدرة التي تتغير قيمتها من لحظة إلى أخرى مع الزمن، وتُسمّى هذه القدرة القدرة اللحظية، ويُقصَد بها قيمة القدرة في أيَّة لحظة زمنية، وتساوي حاصل ضرب القيمة اللحظية لموجة الفولتية في القيمة اللحظية لموجة التيار، علمًا بأن هذه القيم تتغير باستمرار بحسب المنحنى الجيبي لها، بمعدل يساوي تردد التيار. ومن الناحية العملية، فإن أجهزة قياس القدرة الشائعة الاستعمال تقيس القيمة الفعالة للقدرة. أما الطاقة المخزنة على شكل مجال مغناطيسي في ملف، أو مجال كهربائي على صفائح المواسع، فتعود إلى المصدر عندما يغير التيار اتجاهه، وتُسمّى هذه الطاقة القدرة غير الفعالة (المراكسة) (Reactive Power)، ويُرمَز إليها بالرمز (Q). تُعرَّف القدرة الكلية بأنها محصلة القدرة الفعالة (P)، وغير الفعالة (المراكسة) (Q)، وتُسمّى القدرة الظاهرية (Apparent Power)، ويُرمَز إليها بالرمز (S).

القدرة في دارات التيار المتناوب

تنقسم القدرة في دارات التيار المتناوب إلى ثلاثة أنواع، هي:

1 – القدرة في المقاومة المادية (P)

هي قدرة لحظية في دارة تيار متناوب تحوي مقاومة مادية. ولأن موجة التيار والفولتية تتحدان في الطور، ولهما التردد نفسه؛ فإن حاصل ضرب القيمة اللحظية للفولتية في القيمة اللحظية للتيار يساوي موجة القدرة، انظر الشكل (3–49).



الشكل (3–49): القدرة في المقاومة المادية.

إن موجة القدرة موجبة في الحالات جميعها، وهذا يعني أن القدرة تكون مستهلكة دائمًا عند وجود حمل مادي (مقاومة)، وأن تردد موجة القدرة يكون ضعف تردُّد موجة التيار أو الفولتية. ولذلك، فإن متوسط القدرة في هذه الحالة يساوي حاصل ضرب القيمة الفعالة للفولتية في القيمة الفعالة للتيار، كما هو الحال في التيار المباشر. والجدير بالذكر أن القدرة المستهلكة في أي مقاومة مادية تتحول إلى طاقة حرارية في الحمل المادي (المقاومة)، ولا ترجع إلى المصدر. من الأمثلة على الحمل المادي: المكواة الكهربائية، والسخان الكهربائي، والمصابيح الكهربائية التوهجية، ويمكن القول إن القدرة الفعالة المستهلكة التي تحولت إلى حرارة في الحمل المادي تساوي:

$$P = IV$$

حيث:

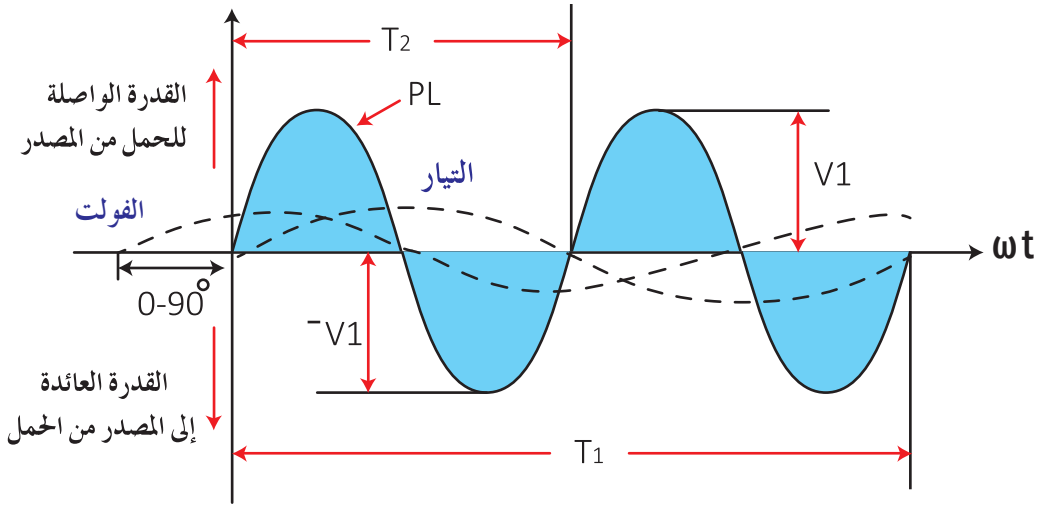
V: القيمة الفعالة لفولتية المصدر.

I: القيمة الفعالة للتيار الذي يسري في الحمل.

P: القدرة الفعالة، ووحدة قياسها الواط (Watt).

2 – القدرة في الممانعة الحثية

إذ وُصِـل ملف (مثالي) مقاومته المادية قلية جدًّا (يمكن إهمالها) بمصدر للتيار المتناوب، فإن التيـار في هذا الملف يتأخـر عن الفولتية بزاوية مقدراها (**90°**)، ويُمثِّل حاصل ضرب القيم اللحظيـة للتيـار في القيم اللحظية للفولتية موجة القـدرة، إذ إن الطاقة التي يستمدها الملف مـن المصدر تُخزَّن في المجال المغناطيسي للملف في الربع الأول من الدورة (الجزء الموجب من موجة القدرة).



الشكل (3–50): القدرة في الممانعة الحثية.

وترجـع بالقـدر نفسه إلى المصدر في الربع الثاني منها (الجـزء السالب من موجة القدرة)؛ أي إن محصلـة القدرة المستهلكة في الحمـل تساوي صفرًا. يتضح من الشكل أن تردُّد موجة القدرة هـو ضعف تردُّد موجة التيار أو الفولتيـة، ويُسمّى حاصل ضرب قيمتي الفولتية والتيار في هذه الحالة القدرة غير الفعالة (المراكسة)، ويُرمَز إليها بالرمز (**Q**)، وتُقاس بالفولت– أمبير غير الفعال (**VAR**). يمكن حساب قدرة الملف غير الفعالة بالعلاقة الآتية:

$$Q_L = V_L \quad I_L = I^2 \times X_L = \frac{V^2}{X_L}$$

حيث:

Q_L: القدرة غير الفعالة (المراكسة) عندما يكون الحمل حثيًّا.

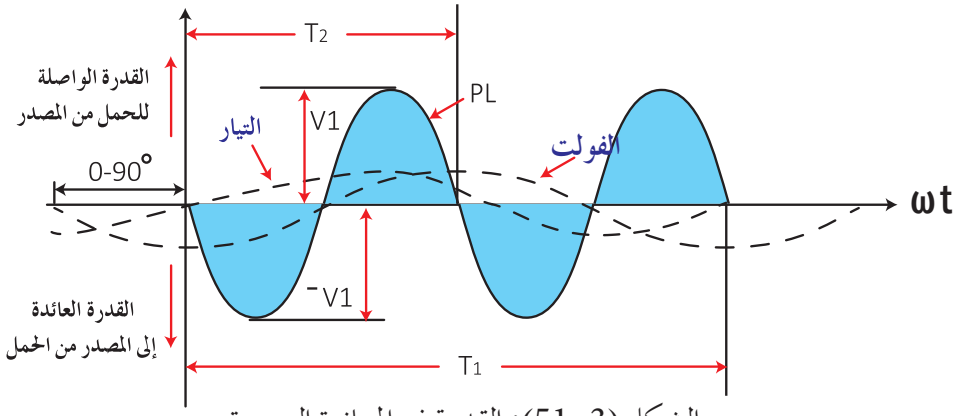
V_L: الجهد الفعال للمصدر.

I_L: قيمة التيار الذي يسري في الملف (الحمل).

X_L: الممانعة (المراكسة) الحثية للملف.

3 – القدرة في الممانعة السعوية

إذا وُصِـل مواسـع (مثالي) بمصدر للتيار المتناوب، فإن التيـار في المواسع يسبق الفولتية بزاوية مقدارهـا (90°)، ويُمثِّل حاصل ضرب القيم اللحظيـة للفولتية في القيم اللحظية للتيار موجة القدرة، انظر الشكل (3–51).



الشكل (3–51): القدرة في الممانعة السعوية.

إن الطاقـة التـي يُخزِّنهـا المواسع في مجالـه الكهربائي في الربع الأول من الـدورة يُرجِعها بالقـدر نفسـه إلى المصـدر في الربع الثاني منهـا؛ أي إن محصلة القـدرة المستهلكة في الحمل تسـاوي صفرًا. يتضح مـن الشكل أن تردُّد موجة القدرة يسـاوي ضعف تردُّد موجة التيار أو الفولتيـة، لذلك فإن حاصل ضرب قيمتي الفولتية والتيار في هذه الحالة يُسمّى القدرة غير الفعالة (المراكسة). يمكن حساب القدرة غير الفعالة للمواسع بالعلاقة الآتية:

$$Q_C = V_C \times I_C = I^2 \times X_C = \frac{V^2}{X_C}$$

حيث:

Q_C: القدرة غير الفعالة (المراكسة) عندما يكون الحمل سعويًّا.

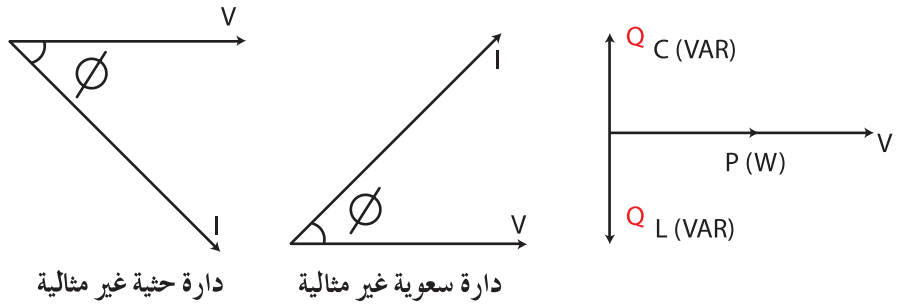
V: القيمة الفعالة لفولتية المصدر.

I_C: قيمة التيار الذي يسري في المواسع.

X_C: الممانعة السعوية (المراكسة).

مفهوم عامل القدرة في دارات التيار المتناوب

يُعرَّف عامل القدرة بأنه النسبة بين القدرة الفعالة التي تُستهلَك فعلًا بالأحمال والقدرة الكلية التي تُسمّى القدرة الظاهرية. فالقدرة الفعالة هي التي تُنجِز العمل الحقيقي، مثل: إنتاج الحرارة، والضوء، والحركة، أو تتحول إلى شكل آخر من أشكال الطاقة المفيدة. أمّا القدرة غير الفعالة فتُمثِّل الطاقة المختزنة في الملف أو المواسع، التي تساعد على وجود مجال مغناطيسي أو مجال كهربائي، فلا يستفاد منها في أيِّ عمل، ولا تتحول إلى شكل آخر من أشكال الطاقة، وتُقاس بالكيلو فولت أمبير (KVAR). يُعرَّف عامل القدرة (COS Ø) أيضًا بجيب تمام الزاوية المحصورة بين متجه الفولتية ومتجه التيار. فإذا كانت (Ø) هي الزاوية بين فولتية المصدر والتيار الكلي للدارة، فإن قيمة هذه الزاوية تعتمد على مكونات الدارة الكهربائية، انظر الشكل (3–52). ففي حالة المقاومة المادية؛ إذ (Ø)تساوي صفرًا، فإن (I) تساوي (COS Ø)، وتكون القدرة الفعالة: $P = V \times I = I^2 \times R = \frac{V^2}{R}$.



الشكل (3–52): مفهوم عامل القدرة.

في حالة الملف المثالي:	تكون القدرة الفعالة صفرًا	$Ø = -90^o$، فإن $COS\ Ø = 0$
في حالة المواسع المثالي:	تكون القدرة الفعالة صفرًا	$Ø = +90^o$، فإن $COS\ Ø = 0$

أمّا بالنسبة إلى الدارات المركبة غير المثالية التي تحتوي على مقاومة وملف، أو على مواسع وملف، فإن قيمة عامل القدرة تتراوح بين الصفر والواحد الصحيح، ويُعَدُّ هذا العامل مُتقدِّمًا إذا كانت الدارة سعوية، ومُتأخِّرًا إذ كانت الدارة حثية. والشكل السابق يوضح ذلك.

تأثيرات عامل القدرة

من التأثيرات الناجمة عن زيادة عامل القدرة:

1 – **زيادة سعة النظام الكهربائي**

كلما زاد عامل القدرة زادت القدرة الفعالة، وهي تُعطى بالمعادلة الآتية:

$$P = V \times I \times \cos \varnothing$$

إذ يشير عامل القدرة المرتفع إلى زيادة سعة النظام الكهربائي المتاح. ومع زيادة سعة النظام، تصبح الفولتية أكثر استقرارًا عند وصل الأحمال الكهربائية وفصلها؛ ما يتيح إضافة أحمال أكثر إلى النظام الكهربائي عند الحاجة إليه.

2 – **تقليل الفاقد في النظام الكهربائي**

في حالة زيادة عامل القدرة، تصبح شدة التيار الكهربائي المسحوب من المصدر إلى الحمل أقل؛ ما يُقلِّل من القدرة المفقودة (I^2R)، ومن الارتفاع في درجة حرارة الأجهزة والأكبال والمحولات وقضبان التوزيع وغيرها، ويزيد الزمن التشغيلي (العمر الافتراضي) للأجهزة.

3 – **تقليل تكاليف الطاقة الكهربائية**

يجب أن يكون عامل القدرة الخاص بنظام التوزيع الكهربائي عاليًا، وذلك لزيادة كفاءة هذا النظام والاستفادة القصوى من القدرة المولدة. فإذا كان عامل القدرة منخفضًا، فإن شركة الكهرباء تفرض غرامات على المصانع والمنشآت الكبيرة، وتُطالِب القائمين عليها بالمحافظة على مستوى عالٍ من عامل القدرة؛ تجنبًا لفرض غرامات عليهم.

4 – **انخفاض الفاقد من خطوط النقل الكهربائي، وتخفيض تكاليفه**

كلما زاد عامل القدرة انخفضت شدة التيار الذي يسري في خط النقل الكهربائي، وذلك عند ثبات القدرة الكهربائية الفعالة المنقولة في الخط الكهربائي؛ ما يسمح بتقليل مساحة مقطع موصلات خط النقل، فتنخفض تكاليف هذا الخط. وبانخفاض شدة التيار الكهربائي يقل الفاقد من خط النقل الكهربائي؛ ما يزيد من كفاءة هذا الخط.

5 – **التأثير في القواطع وقضبان التوزيع**

عنـد زيادة عامـل القدرة يصبح ممكنًـا تقليل مساحة مقطع قضبـان التوزيع، ومساحة سطح تلامس القواطع الكهربائية عند قيمة القدرة الكهربائية المنقولة نفسها.

6 – **التأثير في المولدات الكهربائية**

يزيـد عامل القدرة المرتفع القدرة الفعالة للمولد، ويقلـل الفاقد في ملفاته النحاسية؛ ما يزيد كفاءة عمل المولد.

القدرة في الدارات المركبة غير المثالية

توجد ثلاثة أنواع من القدرات في الدارات المركبة غير المثالية:

1 – **القدرة الظاهرية (Transparent Power)**

في الحالة العامة لا يمكن التحقق من أن القدرة الحقيقية التي يستهلكها الحمل تساوي حاصل ضـرب قيمة الفولتيـة المصدر في تيار الحمل؛ فقد يحوي الحمل مواسعًـا، أو ملفًّا، أو الاثنين معًا. وفي حالة ضرب التيار الكلي الذي يسري في الحمل في فولتية المصدر، فإن الناتج يساوي القدرة المستهلكة ظاهريًّا في الحمل، التي تُقاس بوحدة فولت/أمبير، ويُرمَز إليها بالرمز (**S**)، وتُحسَب بالعلاقة الآتية: $S = V_T \times I_T$

حيث:

V_T: الفولتية الفعالة الكلية (فولتية المصدر).

I_T: التيار الفعال الكلي (التيار الذي يسحبه الحمل).

2 – **القدرة الفعالة**

هـي الجزء الموجب من موجة القدرة، الذي يُمثِّل القدرة المستهلكة في الحمل المادي، المتحولة إلى طاقة، وتُحسَب بالعلاقة الآتية:

$$P = S \cos \emptyset = V_T \, I_T \cos \emptyset$$

حيث:

P: القدرة الفعالة.

S : القدرة الظاهرية.

$\cos \emptyset$: عامل القدرة.

V_T : الفولتية الفعالة الكلية.

I_T : التيار الفعال الكلي.

يتضح من المعادلة السابقة أنه كلما زاد عامل القدرة زادت القدرة الفعالة، وكلما قل هذا العامل قلت القدرة الفعالة. وللحفاظ على قيمة القدرة الفعالة نفسها عند تقليل عامل القدرة، يجب زيادة التيار؛ أي زيادة حجوم وحدات التوليد، وزيادة الفاقد من عناصر الدارات الكهربائية.

3 – **القدرة غير الفعالة (المراكسة)**

هـي القدرة المخزَّنة في المجال المغناطيسي للملف، أو المجـال الكهربائي للمواسع، وتُحسَب بالعلاقة الآتية:

$$Q = S. \sin \emptyset = V_T \, I_T \sin \emptyset$$

حيث:

Q: القدرة غير الفعالة (المراكسة).

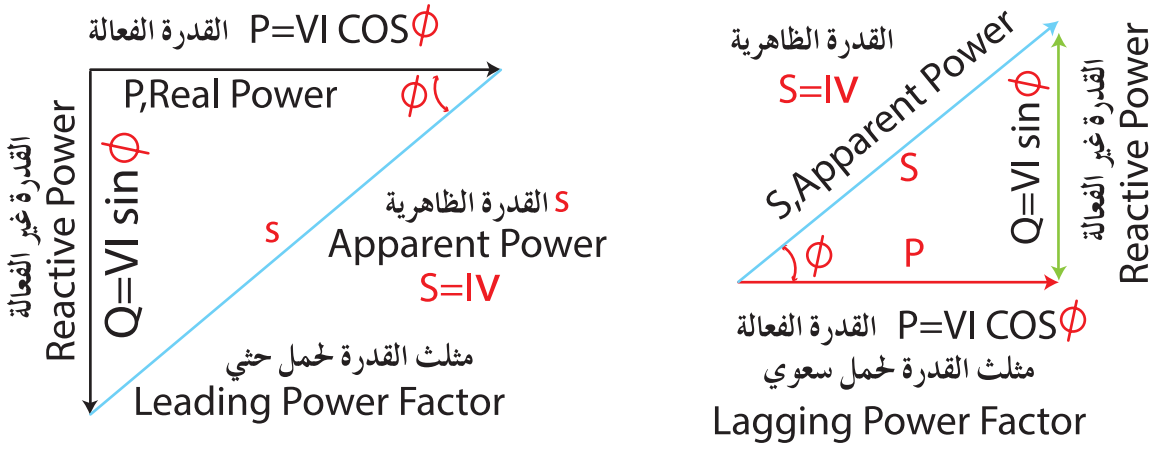
S: القدرة الظاهرية.

$\sin \emptyset$: جيب الزاوية $\emptyset$ المحصورة بين التيار والفولتية.

V_T: الفولتية الفعالة الكلية.

I_T: التيار الفعال الكلي.

والجديـر بالذكر أن هذه القدرات ترتبط بمثلث يُعرَف بمثلث القدرة، كما هو مبين في الشكل (3–53).



الشكل (3–53): القدرة في الدارات الكهربائية.

العلاقة التي تربط بين هذه الأنواع الثلاثة للقدرة هي : $S=\sqrt{P^2+Q^2}$

القدرة في دارات التيار المتناوب ثلاثي الطور

تنقسم القدرة في دارات هذا التيار إلى فعالة، وغير فعالة، وظاهرية، شأنها في ذلك شأن القدرة في دارات التيـار المتناوب أحادي الطـور؛ علمًا بأن القدرة الفعالة الكليـة التي يستهلكها الحمل الثلاثـي تُمثِّل مجموع القدرات الفعالة التي تستهلكها الأطـوار الثلاثة، وكذلك الحال بالنسبة إلى القدرة الفعالة، والقدرة الظاهرية. تُحسَب هذه القدرات جميعها على النحو الآتي:

1– القدرة الفعالة الكلية لحمل ثلاثي الطور

تُحسَب هذه القدرة بالعلاقة الآتية:

$$PT = P1 + P2 + P3$$

حيث:

PT: القدرة الكلية للحمل.

P1: القدرة المستهلكة في الطور الأول.

P2: القدرة المستهلكة في الطور الثاني.

P3: القدرة المستهلكة في الطور الثالث.

وفي حال كان الحمل متزنًا، فإن القدرة الكلية للمصادر تساوي (1200w)، وهذا يعني أن كل حمل يُغذّى (400w). لذلك، فإن القدرة الكلية تساوي ثلاثة أمثال قدرة أحد الأطوار الثلاثة:

$$P_T = 3\,P$$

القدرة الفعالة التي يستهلكها طور واحد من الأطوار الثلاثة تُحسَب بالعلاقة الآتية:

$$P = V_{Ph}\ I_{ph}\ COS\ Ø$$

القدرة الفعالة الكلية لحمل ثلاثي الطور في حالة الاتزان تُحسَب بالعلاقتين الآتيتين:

بدلالة تيار الطور وفولتية الطور

$$P\,T = 3V_{Ph}\ I_{Ph}\ COS\ Ø$$

بدلالة تيار الخط وفولتية الخط

$$PT = \sqrt{3}\ V_L\ I_L\ COS\ Ø$$

إذن: (Ø) هي الزاوية بين تيار الطور(I_{Ph})، وفولتية الطور (V_{ph}) ،وفولتية الخط (V_L)، وتيار الخط (I_L).

2 – **القدرة غير الفعالة (المراكسة)**

تُحسَب القدرة المراكسة الكلية لحمل ثلاثي الطور في حالة الاتزان بالعلاقتين الآتيتين:

بدلالة تيار الطور وفولتية الطور: $Q_T = 3V_{Ph}\ I_{ph}\ \sin Ø$

بدلالة تيار الخط وفولتية الخط: $Q_T = \sqrt{3}\ V_L\ I_L\ \sin Ø$

3 – **القدرة الظاهرية**

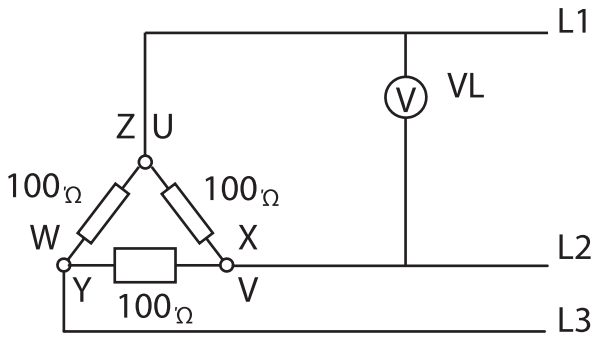
تُحسَب القدرة الظاهرية الكلية لحمل ثلاثي الطور في حالة الاتزان بالعلاقتين الآتيتين:

بدلالة تيار الطور وفولتية الطور: $S_T = 3V_{ph}\ I_{ph}$

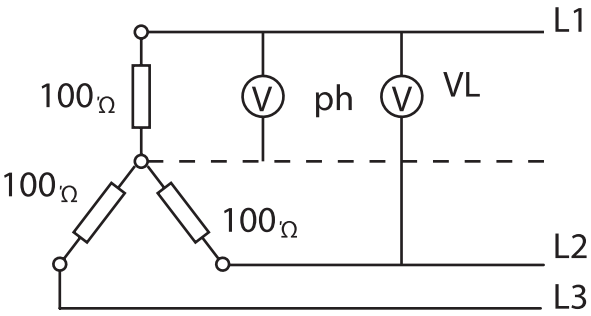
بدلالة تيار الخط وفولتية الخط: $S_T = \sqrt{3}\ \ V_L\ I_L$

مثال

ثـلاث مقاومـات مادية متساوية، قيمة كل منهـا (R =100Ω). إذا وُصِلت في المرة الأولى على شـكل نجمة كما في الشـكل (3-55)، وفي المرة الثانية على شكل مثلث كما في الشكل (3-54) بفولتية ثلاثية الطور مقدارها (380) فولت، فاحسب القدرة المستهلكة في كل حالة.



الشكل (3–54): توصيلة المثلث.



الشكل (3–55): توصيلة النجمة.

في حالة النجمة (Y):

$$V_{Ph} = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = (220)\ V$$

$$I_L = I_{Ph} = \frac{V_{Ph}}{R}$$

$$V_{Ph} = \frac{220}{100} = (2.2)\ A$$

$$P_{Ph} = I_{Ph}^2 R = (2.2)^2 \times 100 = (484) W$$

$$P = 3P_{Ph} = 3 \times 484 = (1452)\ w = 1.452\ kw$$

في حالة المثلث ( ):

$$I_{Ph} = \frac{VL}{R} = \frac{380}{100} = (3.8)\ A$$

$$P_{Ph} = (I_{ph})^2 \times R = (3.8)^2 \times 100 = 1444\ W = 1.444\ K\ W$$

$$P = 3p_{ph} = 3 \times (1444) = 4332\ w = 4.332\ kw$$

تحسين معامل القدرة (Power – Factor Correction)

يُسهِم تحسين عامل القدرة في زيادة القدرة الفعالة للمولدات الكهربائية، ومضاعفة كفاءة الوحدات الكهربائية المتصلة بالشبكة، فضلاً عن الحد من تكاليف نقل الطاقة الكهربائية. يتضح من معادلة القدرة الفعالة ($P= S \cos \varnothing = VT\ I\ T \cos \varnothing$) أنه كلما زاد عامل القدرة زادت القدرة الفعالة، وكلما انخفض عامل القدرة قلَّت القدرة الفعالة. وللحفاظ على قيمة القدرة الفعالة نفسها عند انخفاض عامل القدرة، يجب زيادة التيار؛ أي زيادة قدرة وحدات التوليد، وهذا يؤدي إلى ارتفاع تكلفة المنشأة.

يُمثِّل الشكل العلاقة الاتجاهية المبينة؛ إذ إن القدرة غير الفعالة في المواسع تعاكس القدرة غير الفعالة في الملف، ويمكن التخلص بسهولة من قدرة الملف غير الفعالة في الدارة بإضافة مواسع إليها، والاقتراب به من الواحد الصحيح، وهذا يُسمّى تحسين معامل القدرة. فإذا أُريد تحسين عامل القدرة لدارة تيار متناوب، فلا بد من ربط مواسع على التوازي بالدارة؛ إذ يؤدي ذلك إلى التقليل من الفاقد، وهبوط الفولتية، ويحد من تكاليف استهلاك الطاقة في الآلات، والعناصر الكهربائية، والمحركات الحثية كلها، التي تُمثِّل معظم الأحمال الصناعية والأفران الحثية، والملفات الخانقة، والأنظمة المغناطيسية، والكشافات الفلورية. والجدير بالذكر أن المواسعات تُعَدُّ من أكثر الأجهزة استخدامًا في تحسين عامل القدرة، وتُصنَع مواسعات القدرة حاليًّا بأشكال وحجوم مختلفة.

طرائق تحسين معامل القدرة

يمكن تحسين معامل القدرة بإحدى الطريقتين الآتيتين:

1 – تثبيت القدرة الفعالة (**constant kW correction**) باستخدام المواسعات.

2 – تثبيت القدرة الظاهرية (**constant kVA correction**) باستخدام محركات تزامنية.

والمثال الآتي يبين العلاقة بين القدرة في حالة التوصيل على شكل نجمة، والتوصيل على شكل مثلث.

مثال

محرك أحادي الطور، قدرته (**6Kw**)، يعمل بفولتية (**240V**)، وتردُّده (**50Hz**)، وعامل قدرته (**0.5**).

جد قيمة ما يأتي:

1 – التيار الذي يسحبه المحرك.

2 – القدرة الظاهرية للمحرك.

3 – القدرة المراكسة.

الحل

نجد القدرة الفعالة للدارة (p).

القدرة الفعالة للدارة **P = V X I X COS Ø =**

1 – لإيجاد التيار، نستخدم القانون الآتي:

$$I = \frac{P}{V \times \cos \varnothing} = \frac{6000}{240 \times 0.5} = 50\ A$$

2 – لإيجاد القدرة الظاهرة **(2)**، نستخدم القانون الآتي:

S = V x I = 240 x 50 = 12 KVA

3 – لإيجاد القدرة المراكسة (**Q**)، نستخدم القانون الآتي:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

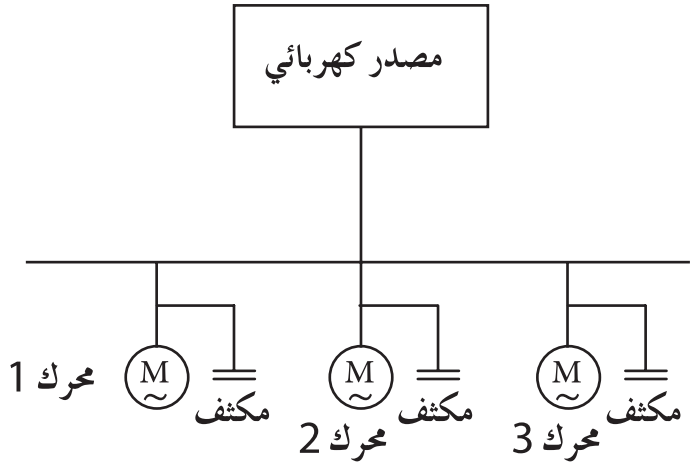
$$= \sqrt{(12)^2-(6)^2} = \sqrt{144-36} = 10.4\ KAR$$

طرائق ربط المواسعات لتحسين معامل القدرة

توجد طرائق لربط المواسعات التي تتوافر منها أنواع وأشكال مختلفة؛ اعتمادًا على الشركات المصنعة لها، وهذه الطرائق هي:

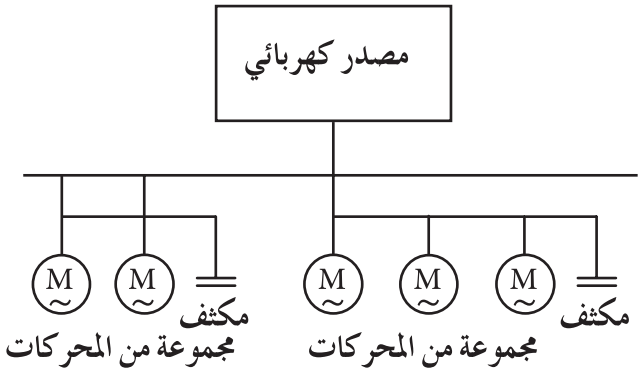
1 – **الربط المباشر (الثابت) بالحمل**

توصل المواسعات مباشرة على التوازي بالحمل توصيلًا منفصلًا. وللحصول على أفضل كفاءة ممكنة، يجب أن يكون المواسع أقرب ما يمكن من الحمل، علمًا بأنه يمكن تشغيل المواسعات وفصلها بصفتها وحدة واحدة، انظر الشكل (3–56).



الشكل (3–56): الربط المباشر.

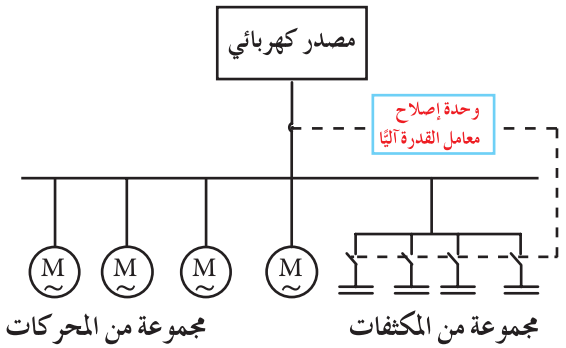
من مزايا هذه الطريقة إمكانية ربطها على شكل مجموعات، وعمل المجموعات معًا، انظر الشكل (3–57).



الشكل (3–57): الربط في صورة مجموعات.

2 – الربط الأوتوماتيكي

في هذه الحالة يفضل وجود جهاز (Automatic Reactive Power Control Relays)، وتربط المواسعات مركزيًّا عند لوحة التوزيع الرئيسة لتحسين عامل القدرة على أحمال المنشأة الصناعية جميعها، انظر الشكل (3–58) والشكل (3–59).

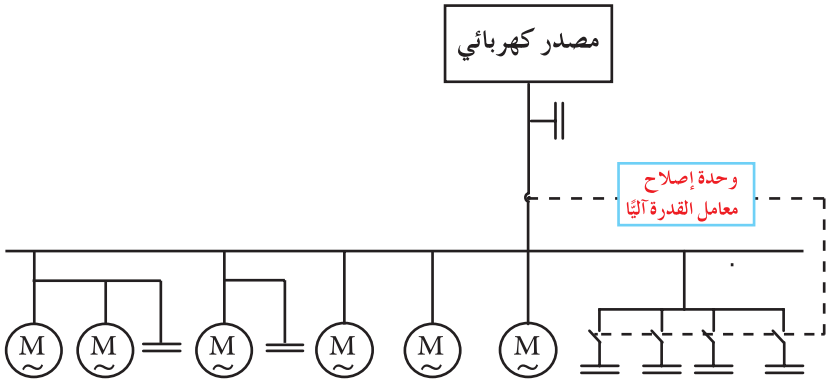


الشكل (3–58): الربط الأوتوماتيكي.

الشكل (3–59): مواسعات تحسين معامل القدرة.

3 – الربط الأوتوماتيكي بالمباشر (المركب)

يُعَدُّ الجمع بين هاتين الطريقتين مجديًا اقتصاديًّا، ويجمع مزايا كل منهما، انظر الشكل (3–60).



الشكل (3–60): الربط المركب.

سؤال: ما أثر تحسين معامل القدرة (زيادة معامل القدرة) في كل مما يأتي:

– القدرة الظاهرية المستهلكة؟

– التيار المستهلك من الشبكة؟

نستنتج مما سبق أن تحسين معامل القدرة يُسهِم في:

1 – تقليل كمية التيار المسحوبة من المصدر؛ ما يؤدي إلى تخفيض نسبة الفاقد من الفولتية والقدرة، ويقلل من التكاليف باستخدام موصلات ذات مساحة مقطع أقل.

2 – تقليل القدرة الظاهرية للمولدات والمحولات.

3 – تخفيض تكاليف المنشآت، وتكاليف الطاقة عن طريق تخفيض قيمة استهلاك الطاقة الكهربائية، فتنخفض قيمة فاتورة الكهرباء الشهرية المدفوعة؛ ما يؤدي إلى انخفاض تكاليف الإنتاج في المصانع والشركات.

ما أجهزة قياس الطاقة للأحمال الكهربائية المختلفة؟ كيف يمكن حسابها؟

ملاحظة: في ما يأتي توضيح لأجهزة قياس القدرة والطاقة أحادية الطور وثلاثية الطور الأكثر استخدامًا، وطرائق توصيلها.

أجهزة قياس القدرة الكهربائية

درست سابقًا أن جهاز الواطميتر يُستعمَل لقياس القدرة الكهربائية الفعالة في دارات التيار المباشر والمتناوب، وأنه توجد أنواع عِدَّة من أجهزة قياس القدرة، أبرزها جهاز قياس القدرة الكهروديناميكي الأكثر انتشارًا في التطبيقات الكهربائية القياسية، وهو يتكون من ملفين، هما:

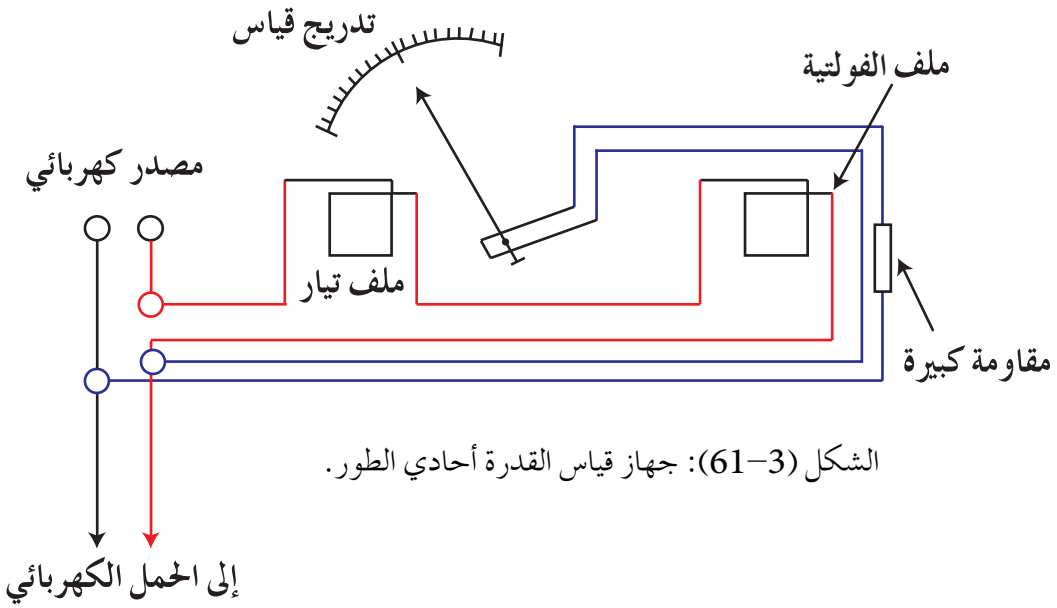
1 – **ملف التيار أو ملف التوالي**

يكون قطر سلكه كبيرًا، وعدد لفاته قليلة، ويُربَط على التوالي بالحمل، وتُميَّز أطرافه بعلامة خاصة، وهذا الملف ثابت لا يتحرك.

2 – **ملف الفولتية أو ملف التوازي**

يكون عدد لفاته كثيرًا، ولفاته ذات قطر قليل، ويوصل على التوازي بالمصدر الكهربائي عن طريق مقاومة كبيرة بالنسبة إلى ممانعة الملف، ويُثبَّت به مؤشر يتحرك أمام تدريج مدرج

بالواط أو الكيلواط، ولطرفي هذا الملف علامة محددة أيضًا، ويكون هذا الملف حر الحركة. ويوضح الشكل (3–61) جهاز قياس القدرة أحادي الطور.



الشكل (3–61): جهاز قياس القدرة أحادي الطور.

طرائق توصيل جهاز الواطميتر لقياس القدرة المستهلكة

توجد طريقتان لتوصيل جهاز الواطميتر الخاص بقياس القدرة المستهلكة في الحمل، هما:

1 – **طريقة الفولتميتر – أميتر**

وفيها توصل أطراف الواطميتر على نحوٍ يُسهِّل قياس القدرة الحقيقية للحمل، إضافةً إلى القدرة المبذولة في ملف التيار.

2 – **طريقة الأميتر – فولتميتر**

وفيها توصل أطراف الواطميتر على نحوٍ يُسهِّل قياس القدرة الحقيقية للحمل، إضافةً إلى القدرة المبذولة في ملف الفولتية.

سؤال: هل تتغير القدرة المبذولة في الحمل عند توصيل جهاز الواطميتر باستخدام أيٍّ من الطريقتين السابقتين؟ وضِّح ذلك.

طرائق قياس القدرة الكهربائية

توجد طرائق عدة لقياس القدرة الكهربائية، أهمها:

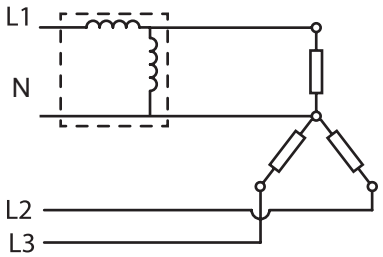
1 – **جهاز القدرة باستعمال جهاز واطميتر واحد**

تُستخدَم هذه الطريقة لقياس القدرة في الدارات أحادية الطور، والدارات ثلاثية الطور المتزنة.

أ – قياس القدرة في دارة أحادية الطور: تُمثِّل قراءة الواطميتر القدرة الفعالة التي وُضِّحَت سابقًا بالقانون الآتي:

القدرة الفعالة (P)= التيار (I) × الفولت (V) × معامل القدرة (COS Ø)

ب– قياس القدرة في دارة ثلاثية الطور رباعية الأسلاك: إذا كان الحمل كهربائيًّا متزنًا تُستعمَل توصيلة النجمة لاحتوائها على خط محايد (N)، إضافةً إلى خطوط المصدر الثلاثة (L_1-L_2 -L_3)، فتبلغ القدرة المستهلكة في الدارة ثلاثية الطور ثلاثة أمثال قراءة الواطميتر، انظر الشكل (3–62).



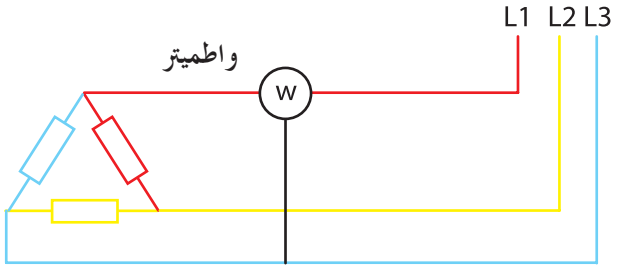
الشكل (3–62): دارة ثلاثية الطور رباعية الأسلاك.

فكِّر

عند قياس قدرة أحد أفرع حمل متزن رباعي الأسلاك بجهاز واطميتر واحد كانت قراءة الجهاز (500) واط، ما قدرة الحمل الكلية؟

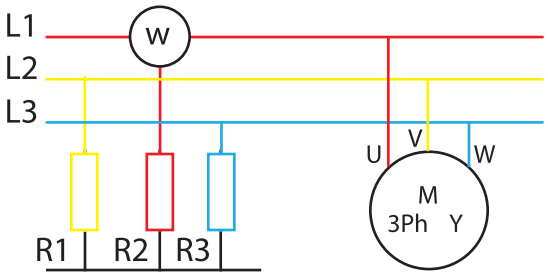
جـ – قياس القدرة في دارة ثلاثية الطور ثلاثية الأسلاك: تُقاس القدرة في هذه الدارة بإحدى الطريقتين الآتيتين:

1. **الطريقة الأولى**: قياس القدرة باستعمال واطميتر واحد في دارة ثلاثية الأسلاك، والحمل فيها موصول على شكل مثلث بمصدر كهربائي ثلاثي الطور، انظر الشكل (3–63).



الشكل (3–63): قياس القدرة باستخدام جهاز واطميتر واحد.

2. **الطريقة الثانية**: قد لا تتوافر أحيانًا النقطة المحايدة (**Neutral**) في بعض الأحمال الموصولة على شكل نجمة، وقد يتعذر توافر نقطة محايدة في توصيلة المثلث؛ ما يستدعي الحصول على نقطة محايدة صناعية باستخدام ثلاث مقاومات متساوية في المقدار. وفي هذه الحالة، يجب أن تكون مقاومة ملف الفولتية في جهاز الواطميتر، ومقاومة (**R2**) مساوية تمامًا لمقاومة (**R1**) و (**R3**)، انظر الشكل (3–64).

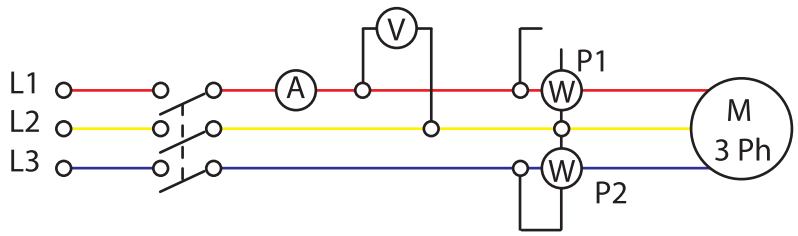


الشكل (3–64): قياس القدرة باستخدام جهاز الواطميتر وثلاث مقاومات.

يمكن حساب قدرة التيار الثلاثي في الحمل المتوازن بإيجاد حاصل ضرب القدرة المقيسة بالواطميتر لطور واحد (**Pph**) في العدد (**3**)؛ أي ($P = 3 . P_{ph}$)، علمًا بأنه توجد أجهزة واطميتر ذات تدريجات مرقمة، يمكنها قراءة قدرة التيار ثلاثي الطور مباشرة.

قياس القدرة باستعمال جهازي واطميتر

تُستعمَل هذه الطريقة لقياس القدرة الفعالة في الدارات ثلاثية الطور وثلاثية الأسلاك، وذات الأحمال المتزنة أو غير المتزنة، انظر الشكل (3–65):



الشكل (3–65): قياس القدرة باستخدام جهاز الواطميتر.

يمكن في حالة الأحمال المتزنة إيجاد القدرة غير الفعالة ومعامل القدرة من قراءة الجهازين بالعلاقة الآتية:

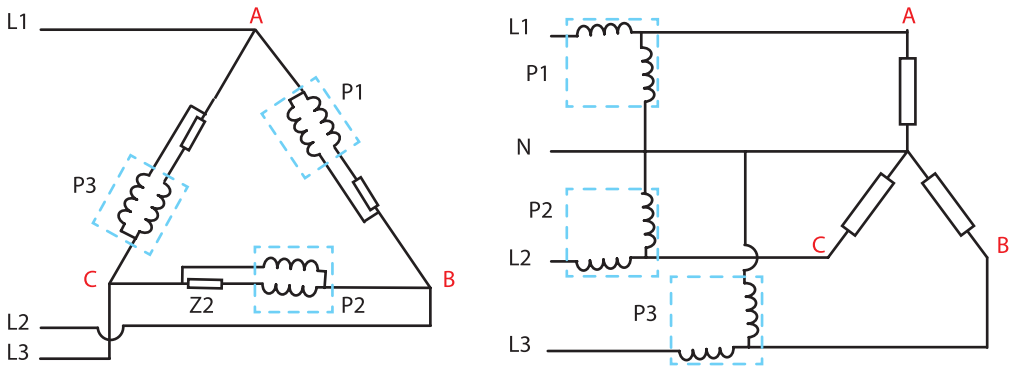
$$Q = 3 \quad (P_1 - P_2)$$

$$(\qquad \varnothing)$$

$$W_1 + W_2 = 3 \; VL \; IL \; Cos\varnothing$$

قياس القدرة باستعمال ثلاثة أجهزة واطميتر

تُقاس القدرة الفعالة في الدارات ثلاثية الطور بوساطة ثلاثة أجهزة واطميتر؛ إذ توصل هذه الأجهزة بطريقة تسمح لكل منها قراءة قدرة طور واحد، ثم تُجمَع القراءات الثلاث التي تعرَّفنا طريقة حسابها سابقًا، انظر الشكل (3–66).



الشكل (3–66): قياس القدرة باستخدام ثلاثة أجهزة واطميتر.

نشاط

قِس أحمالًا ثلاثية الطور (متزنة وغير متزنة) باستعمال ثلاثة أجهزة واطميتر، ثم اكتب تقريرًا عن النتائج التي توصلت إليها، وناقشها مع المعلِّم.

قياس الطاقة الكهربائية المستهلكة في الدارات أحادية الطور

درست سابقًا أن الجهاز المستخدم لقياس الطاقة الكهربائية هو عداد الطاقة الكهربائي؛ إذ تُقاس القدرة الكهربائية المستهلكة في مدة زمنية معينة، وتكون وحدة القياس المستخدمة هي واط/ ساعة، أو كيلو واط/ ساعة. والجدير بالذكر أن شركات الكهرباء في مختلف أنحاء العالم تعتمد قراءة هذا الجهاز في تحصيل أثمان كمية الطاقة المستهلكة؛ لذا يجب أن تتوافر في الجهاز المواصفات القياسية المطلوبة، من حيث: المتانة في الصنع، والدقة في القراءة، وثباتها، وموثوقيتها مع مرور الزمن، ومع تغير الظروف المحيطة. ويُستخدَم جهاز قياس الطاقة الحثي وجهاز قياس الطاقة الإلكتروني على نطاق واسع.

في ما يأتي شرح لكل نوع من هذه الأنواع:

جهاز قياس الطاقة الحثي أحادي الطور (عداد الطاقة الحثي)

يُستخدَم هذا الجهاز في دارات التيار المتناوب الأحادية الطور، انظر الشكل (4–78). ولأن الطاقة المستهلكة تتناسب مع عدد دورات القرص لهذا العداد؛ فإنه يمكن فحص صلاحيته بفصل الأحمال الكهربائية جميعها، وتوصيل حمل مادي معلوم قدرته (1000w)، وذلك بعد (10) دورات للقرص مثلًا، وتدوين الزمن الذي استغرقته هذه الدورات بالساعة، ثم حساب الطاقة المستهلكة للحمل بحسب العلاقة الآتية:

$$E = P \times t$$

$$E = n \times k$$

حيث:

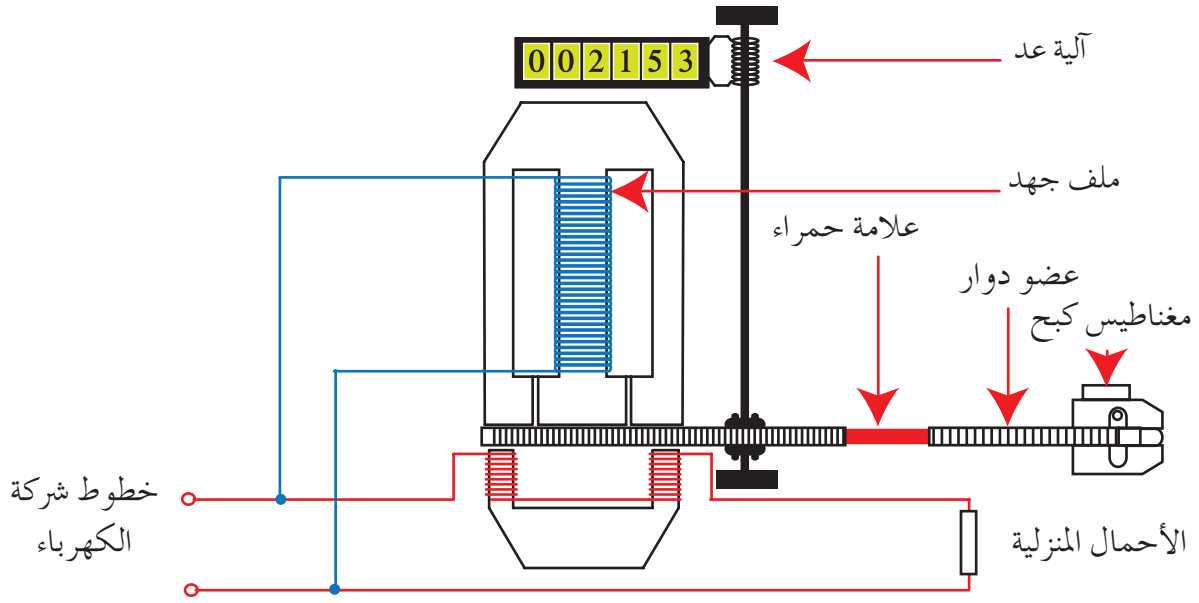
E: الطاقة المستهلكة بالكيلواط/ ساعة (**Kwh**).

n: عدد دورات القرص (**rev**).

k: ثابت العدد (دورة / كيلواط/ ساعة) (**rev/Kwh**).

P: قدرة الحمل بالكيلواط (**Kw**).

t: زمن دوران القرص بالساعة (**Hour**).



الشكل (3–67): جهاز قياس الطاقة الحثي أحادي الطور.

يتبين ممّا سبق أنه في حال تساوى الزمن (بالساعات) الذي استغرقته دورات القرص في القياس مع الزمن الذي حُسِب سابقًا، فإن ذلك يؤكد صلاحية العداد للاستخدام.

جهاز قياس الطاقة الإلكتروني أحادي الطور

أخذ هذا النوع من أجهزة قياس الطاقة يُستخدَم حديثًا، ويتوقع انتشاره انتشارًا واسعًا في السنوات القادمة، انظر الشكل (3–68).

الشكل(3–68): جهاز قياس الطاقة الإلكتروني.

يمتاز هذا النوع بأنه يُستخدَم في حسابات أنظمة الطاقة الشمسية، ويمكن استعماله بواسطة التطبيقات الذكية الحديثة، ويتوقع تفعيل هذه الخدمة في السنوات القادمة. يمكن أيضًا فصل هذا العداد عن الخدمة آليًّا عن طريق مركز تحكم خاص في شركة الكهرباء.

في بعض البلدان المجاورة يُشحَن العداد ببطاقات شحن خاصة كما هو الحال في الهواتف الخلوية، وقبل انتهاء رصيد الشحن يُرسِل العداد إشارة إلى المشترك تُنبِّهه إلى ضرورة إعادة شحنه.

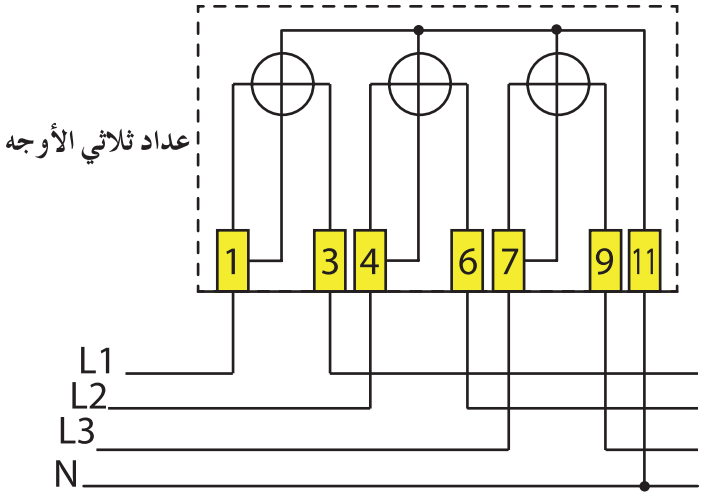
قياس الطاقة الكهربائية المستهلكة في دارات ثلاثية الطور

تُقاس الطاقة الكهربائية المستهلكة في الدارات ثلاثية الطور بعداد ثلاثي الطور إلكتروني، أو حثي.

عداد قياس الطاقة الحثي ثلاثي الطور

يتكون هذا العداد من ثلاث مجموعات من الملفات أحادية الطور، وكل مجموعة تتكون من ملف فولتية وملف تيار يتغذيان بفولتية وتيار أحادي الطور، أو يتكون من مجموعتين من الملفات تتغذى كل منهما بفولتية وتيار خط. تُصمَّم هذه الأجهزة على نحوٍ يكون فيه محور الدوران مشتركًا بين مجموعتي الملفات، بحيث يدور هذا المحور بسرعة تتناسب مع القدرة المستهلكة في الحمل ثلاثي الطور، ويتصل بالمحور عداد ميكانيكي يُدوِّن الطاقة المستهلكة في الحمل مباشرة بالكيلواط/ساعة. ويبين الشكل الآتي طريقة توصيل عداد ثلاثي الطور ذي ثلاث مجموعات من الملفات، وهو يُستخدَم غالبًا في الدارات ثلاثية الطور الرباعية الأسلاك.

أمّا العداد ثلاثي الطور ذي مجموعتين من الملفات فيُستخدَم في الدارات ثلاثية الطور ثلاثية الأسلاك، انظر الشكل (3–69).



الشكل (3–69): جهاز قياس الطاقة الحثي ثلاثي الطور.

مستعينًا بالمراجع في مكتبة مدرستك، ابحث أنت وزملاؤك عن التأثيرات الأخرى لعامل القدرة، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم اعرضه على المعلِّم.

التمارين العملية (3 – 11)

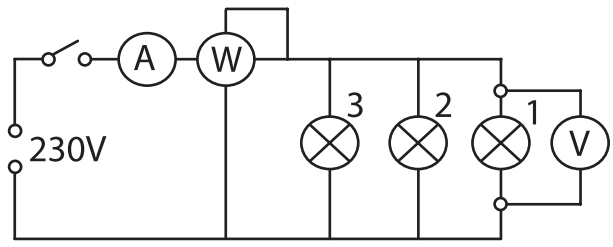
قياس القدرة الكهربائية في الدارات الكهربائية الأحادية الطور

يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تقيس القدرة الكهربائية لحمل مادي أحادي الطور.

متطلبات تنفيذ التمرين

المواد الأولية	الأدوات والتجهيزات
– أسلاك توصيل، (3) مصابيح كهربائية توهجية (230V/60W)، مصباح كهربائي توهجي (230V/100W)، مصباح كهربائي توهجي (230V/40W)، مفتاح أحادي القطب.	– مصدر للتيار المتناوب أحادي الطور متغير القيمة، محول ذاتي (250V-0)، جهاز واطميتر، جهاز أميتر لقياس التيار المتناوب (20A-0)، جهاز فولتمتر لقياس الجهد المتناوب (250V-0).

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1 – صِل الدارة التي تحتوي على ثلاثة مصابيح، قدرة كل منها (60W)، واستخدم الجدول المرفق في تسجيل نتائج قراءات أجهزة القياس، انظر الشكل (81). 2 – اضبط مصدر الجهد على فولتية (230V). 3 – أغلق المفتاح لتضيء المصابيح الثلاثة، ثم دوِّن قراءات أجهزة القياس (التيار، الفولت، القدرة) في الجدول .	

الشكل (1): قياس القدرة في الدارات الكهربائية أحادية الطور.

4 – افصل المصباح (2)، ثم دوِّن قراءات أجهزة القياس في الجدول.

5 – افصل المصباح (3)، ثم دوِّن قراءات أجهزة القياس في الجدول.

6 – احسب القدرة المستهلكة في كل حالة.

7 – قارن بين قيمة القدرة المقيسة بجهاز الواطميتر وقيمة القدرة المقيسة بجهازَي الفولت والتيار.

8 – افصل الدارة الكهربائية.

9 – استعمل مصباحين، قدرة أحدهما (100W)، وقدرة الآخر(40W) بدلًا من المصباحين (60W).

10 – أغلق المفتاح مرة أخرى، ماذا تلاحظ؟ دوِّن قراءات أجهزة القياس (التيار، الفولت، القدرة) في الجدول.

11 – افصل المصباح ذا القدرة (60W)، ثم دوِّن قراءات أجهزة القياس في الجدول.

12 – افصل المصباح ذا القدرة (40W)، ثم دوِّن قراءات أجهزة القياس في الجدول.

13 – احسب القدرة المستهلكة في كل حالة.

14 – اكتب تقريرًا مفصلًا عن الإجراءات التي نفّذتها في دفتر التدريب العملي.

الجدول (1): قياس القدرة في الدارات الكهربائية أحادية الطور.

الرقم	الكمية المقيسة	القدرة (P)	الفولت (V)	التيار (I)	القدرة = الفولت X التيار
1	ثلاثة مصابيح قدرة كل منها (60W).				
2	مصباحان قدرتهما (60W) .				
3	مصباح واحد قدرته (60W) .				
4	ثلاثة مصابيح قدرة كل منها (40W)، (60W)، (100W)				
5	مصباحان قدرتهما (100W) ،(40W).				
6	مصباح واحد قدرته (100W).				

التمارين العملية (12 – 3)

قياس الطاقة الكهربائية لحمل أحادي الطور بعداد طاقة أحادي الطور.

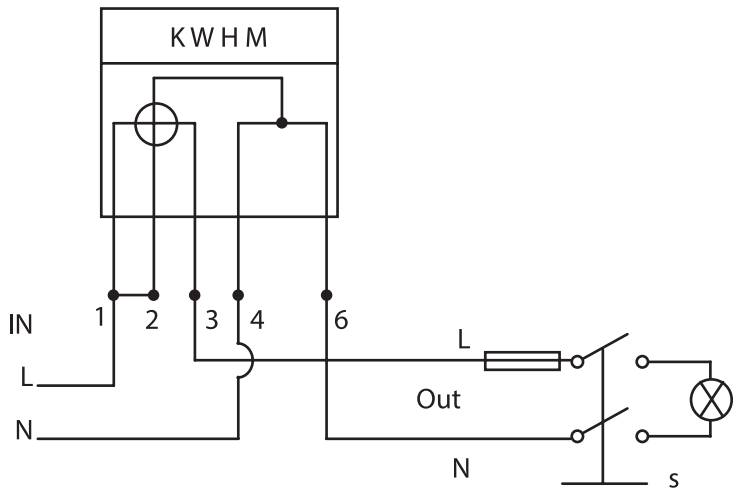
يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تقيس الطاقة الكهربائية للدارات الأحادية الطور.

متطلبات تنفيذ التمرين

المواد الأولية	الأدوات والتجهيزات
– أسلاك توصيل، مصباحان كهربائيان توهجيان (230V/100W)، مفتاح ثنائي القطب، قاطع أحادي الطور.	– مصدر تيار متناوب أحادي الطور، عداد طاقة أحادي الطور.

الرسم التوضيحي



الشكل (82): قياس الطاقة الكهربائية لحمل أحادي الطور.

خطوات الأداء

1 – صِلِ الدارة الكهربائية كما في الشكل (82).

2 – دوِّن قراءة عداد الطاقة قبل تشغيل الدارة في الجدول المرفق.

3 – أغلق المفتاح (S) مدة خمس دقائق.

4 – دوِّن قراءة عداد الطاقة في الجدول.

5 – افصل الدارة الكهربائية.

6 – صِلِ المصباح الأول بمصباح آخر قدرتــه (100W) على التوازي بإشراف المعلِّم، ثم أعد تشغيل الدارة الكهربائية.

7 – أغلق المفتاح (S) مدة خمس دقائق أخرى.

8 – دوِّن قراءة عداد الطاقة في الجدول.

9 – افصل الدارة الكهربائية.

10 – صل المصباحين على التوالي بإشراف المعلِّم، ثم أعد تشغيل الدارة الكهربائية مرة أخرى.

11 – أغلق المفتاح (S) مدة خمس دقائق.

12 – دوِّن قراءة عداد الطاقة في الجدول.

13 – افصل الدارة الكهربائية .

14 – احسب الطاقة الكهربائية المستهلكة في كل مدة زمنية من المراحل الثلاث.

15 – اكتب تقريرًا مفصلًا عن الإجراءات التي قمت بها في دفتر التدريب العملي.

الجدول (11): قياس الطاقة الكهربائية لأحمال أحادية الطور.

الرقم	البيانات	قراءة العداد / الطاقة المستهلكة
1	قراءة عداد الطاقة قبل وصل الدارة.	
2	قراءة عداد الطاقة في حال وصل مصباح واحد.	
3	قراءة عداد الطاقة في حال وصل مصباحين على التوازي.	
4	قراءة عداد الطاقة في حالة وصل مصباحين على التوالي.	
5	الطاقة المستهلكة في حال وصل مصباح واحد (الفرق بين القراءتين: السابقة، واللاحقة).	
6	الطاقة المستهلكة في حال وصل مصباحين على التوازي.	
7	الطاقة المستهلكة في حالة وصل مصباحين على التوالي.	

التمارين العملية
(13 – 3)

قياس الطاقة الكهربائية لحمل ثلاثي الطور بعداد ثلاثي الطور.

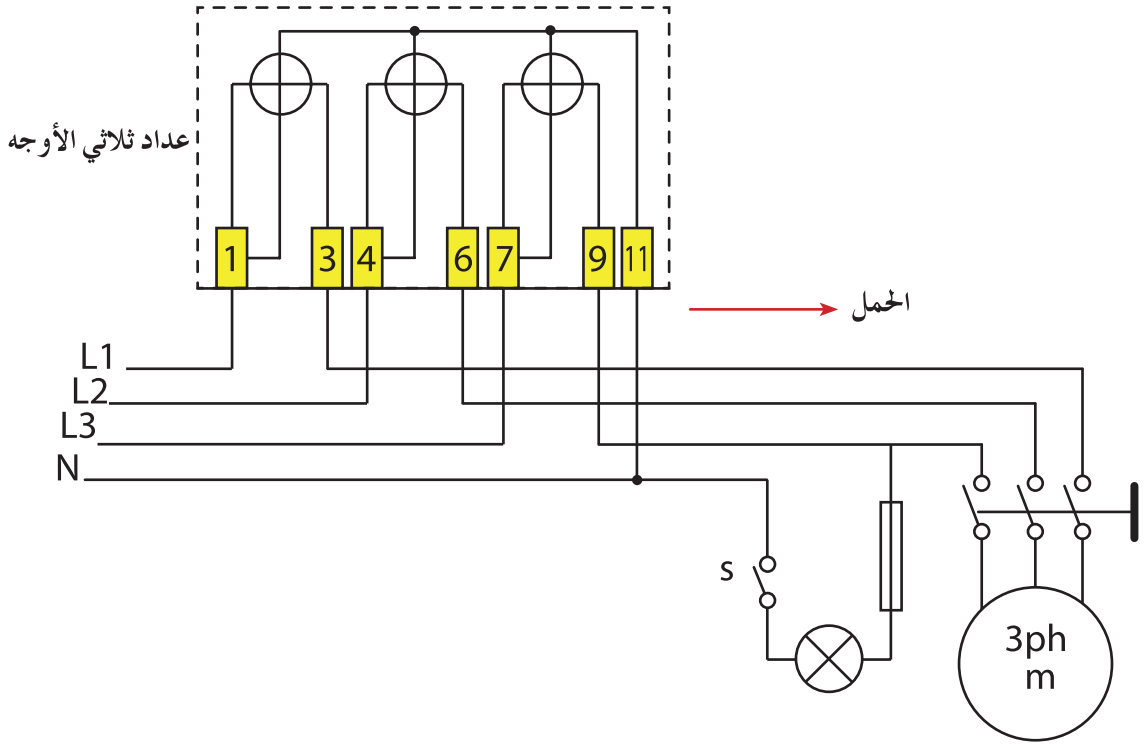
يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تقيس الطاقة الكهربائية لحمل ثلاثي الطور بعداد ثلاثي الطور.

متطلبات تنفيذ التمرين

المواد الأولية	الأدوات والتجهيزات
– عداد طاقة ثلاثي الطور، مفتاح يدوي ثلاثي الطور، مصباح متوهج قدرته (100W)، أسلاك توصيل.	– مصدر جهد ثلاثي الطور، مصهر أو قاطع حماية، محرك ثلاثي الطور قدرته (1000W).

الرسم التوضيحي



الشكل (1): قياس الطاقة الكهربائية لحمل ثلاثي الطور.

خطوات الأداء

1 – صِل الدارة كما في الشكل (4–83).

2 – دوِّن قراءة العداد قبل وصل الدارة الكهربائية.

3 – صِل الدارة الكهربائية بإغلاق المفتاح ثلاثي الطور مدة خمس دقائق، ثم افصل الدارة.

4 – دوِّن قراءة العداد في الجدول.

5 – أغلق المفتاح أحادي الطور (S) مدة خمس دقائق، ثم افصل الدارة.

6 – دوِّن قراءة العداد في الجدول.

7 – أغلق المفتاحين (الأحادي الطور، والثلاثي الطور) مدة خمس دقائق، ثم افصل الدارة.

8 – دوِّن قراءة العداد في الجدول.

9 – افصل الدارة الكهربائية.

10 – جد مقدار الطاقة الكهربائية المستهلكة في الأحمال الكهربائية في كل حالة من الحالات السابقة.

11 – اكتب تقريرًا مفصلًا عن الإجراءات التي قمت بها في دفتر التدريب العملي.

الجدول (1): قياس الطاقة الكهربائية لحمل ثلاثي الطور.

الرقم	الكمية المقيسة	حمل حثي ثلاثي الطور (محرك)	حمل مادي أحادي الطور (مصباح)	حمل مادي وحمل حثي
1	قراءة العداد قبل وصل الدارة .			
2	قراءة العداد بعد تشغيل المفتاح ثلاثي الطور.			
3	قراءة العداد بعد تشغيل المفتاح أحادي الطور.			
4	قراءة العداد بعد تشغيل المفتاحين أحادي الطور وثلاثي الطور.			
5	الطاقة المستهلكة في حالة توصيل حمل ثلاثي الطور (الفرق بين القراءتين: السابقة، واللاحقة).			
6	الطاقة المستهلكة في حال توصيل حمل أحادي الطور.			
7	الطاقة المستهلكة في حال توصيل الحملين معًا.			

التمارين العملية
(14 – 3)

قياس معامل القدرة لحمل مادي وآخر حثي ثلاثي الطور.

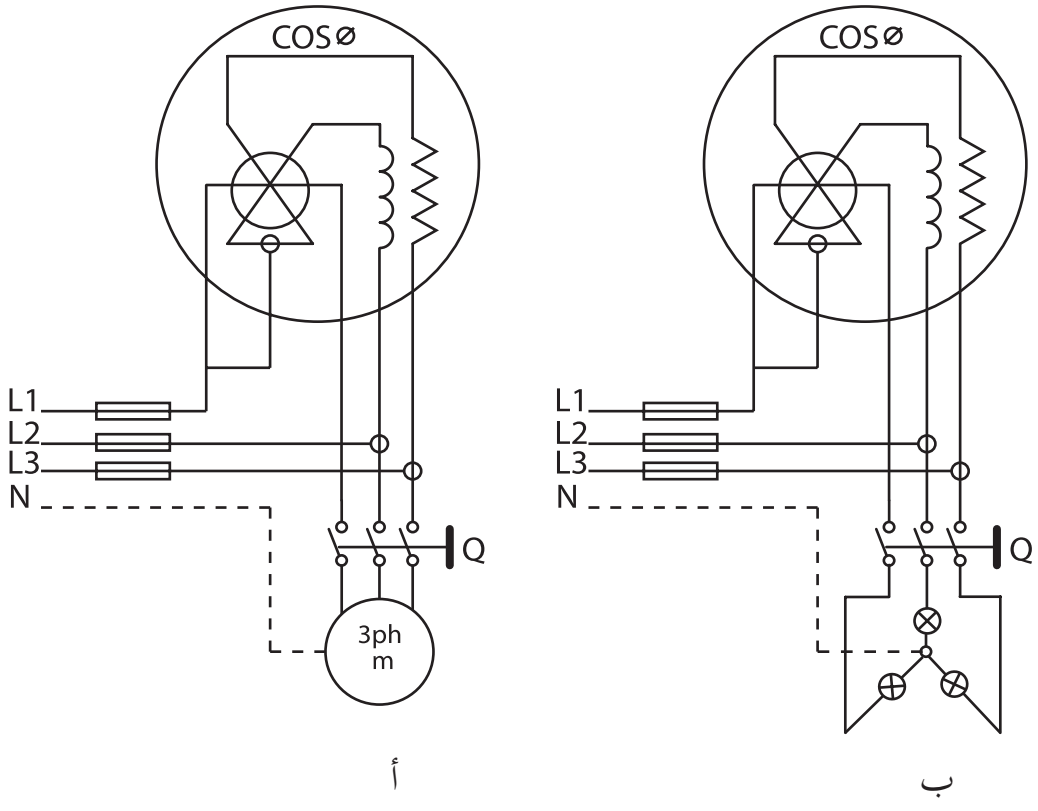
يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تقيس معامل القدرة لحمل مادي وآخر حثي ثلاثي الطور.

متطلبات تنفيذ التمرين

المواد الأولية	الأدوات والتجهيزات
– مصدر جهد ثلاثي الطور، جهاز قياس معامل القدرة (COSØ) ثلاثي الطور.	– مفتاح ثلاثي الطور، محرك ثلاثي الطور(380V Y)، 3 مصابيح متوهجة، أسلاك توصيل، قاطع أو مصهر ثلاثي الطور.

الرسم التوضيحي



الشكل (1): قياس معامل القدرة لأحمال ثلاثية الطور.

خطوات الأداء

1 – صِلِ الدارة كما في الشكل (A).

2 – اضبط فولتية المصدر على تدريج (380V).

3 – اضغط على مفتاح الإغلاق، ثم دوِّن قراءة الجهاز في الجدول التالي.

4 – افصل الدارة الكهربائية.

5 – استبدل بالمحرك في الدارة ثلاثة مصابيح موصولة على شكل نجمة، انظر الشكل (1/ب).

6 – اضغط على مفتاح الإغلاق، ثم دوِّن قراءة الجهاز في الجدول.

7 – افصل الدارة الكهربائية.

8 – اكتب تقريرًا مفصلًا عن الإجراءات التي نفَّذتها في دفتر التدريب العملي.

الجدول (1): قياس معامل القدرة لأحمال ثلاثية الطور.

الرقم	قراءة جهاز قياس معامل القدرة	حمل حثي (محرك)	حمل مادي (مصابيح)	ملحوظات
1				

التمارين العملية (3 – 15)

قياس معامل القدرة لحمل مادي وآخر حثي أحادي الطور.

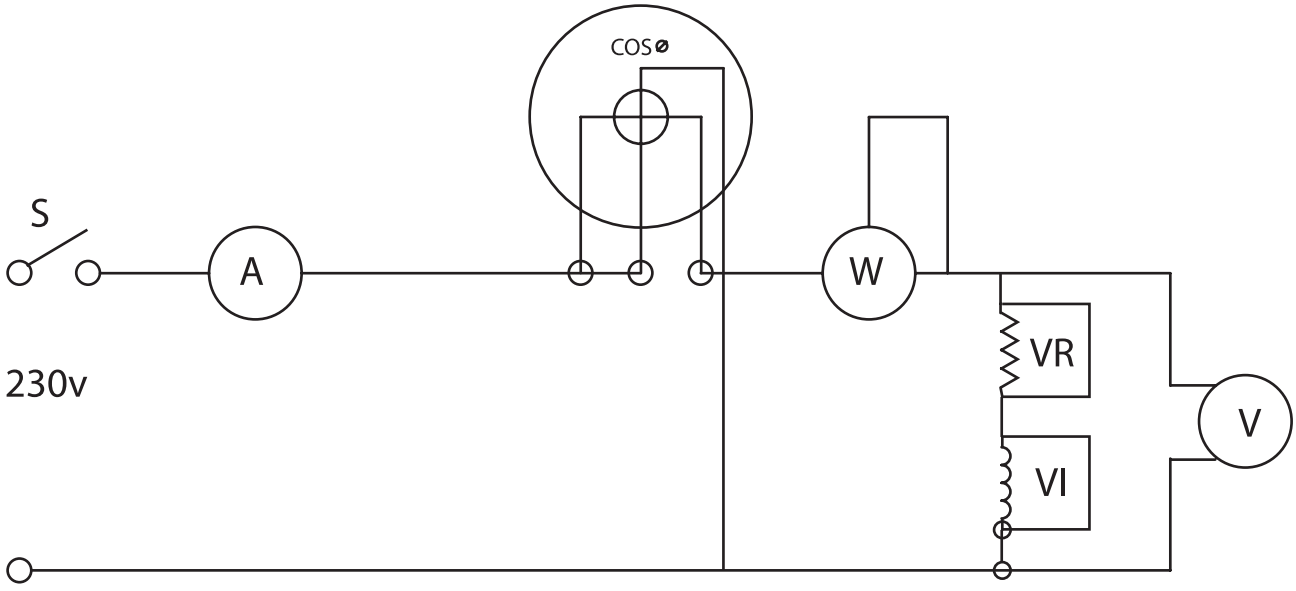
يُتوقَّع منك بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

- تقيس القدرة الفعالة، ومعامل القدرة، والفولتية (VR,VL)، والتيار الكلي لحملين أحاديي الطور موصولين على التوالي.

متطلبات تنفيذ التمرين

المواد الأولية	الأدوات والتجهيزات
– جهاز واطميتر أحادي الطور، جهاز قياس معامل القدرة (COSØ) أحادي الطور، جهاز أمبيرمتر لقياس التيار المتناوب، 3 أجهزة فولتمتر لقياس الفولتية المتناوبة، مصدر جهد (230V-0).	– مفتاح أحادي القطب (S)، ملف خانق (40W-50 HZ)، مقاومة مادية (400Ω).

الرسم التوضيحي



الشكل (1): قياس معامل القدرة لأحمال أحادية الطور.

خطوات الأداء

1 – صِلِ الدارة الكهربائية كما في الشكل (85).

2 – اضبط مصدر الفولتية على تدريج (230V).

3 – اضغط على مفتاح الإغلاق، ثم دوِّن قراءات أجهزة القياس في الجدول التالي.

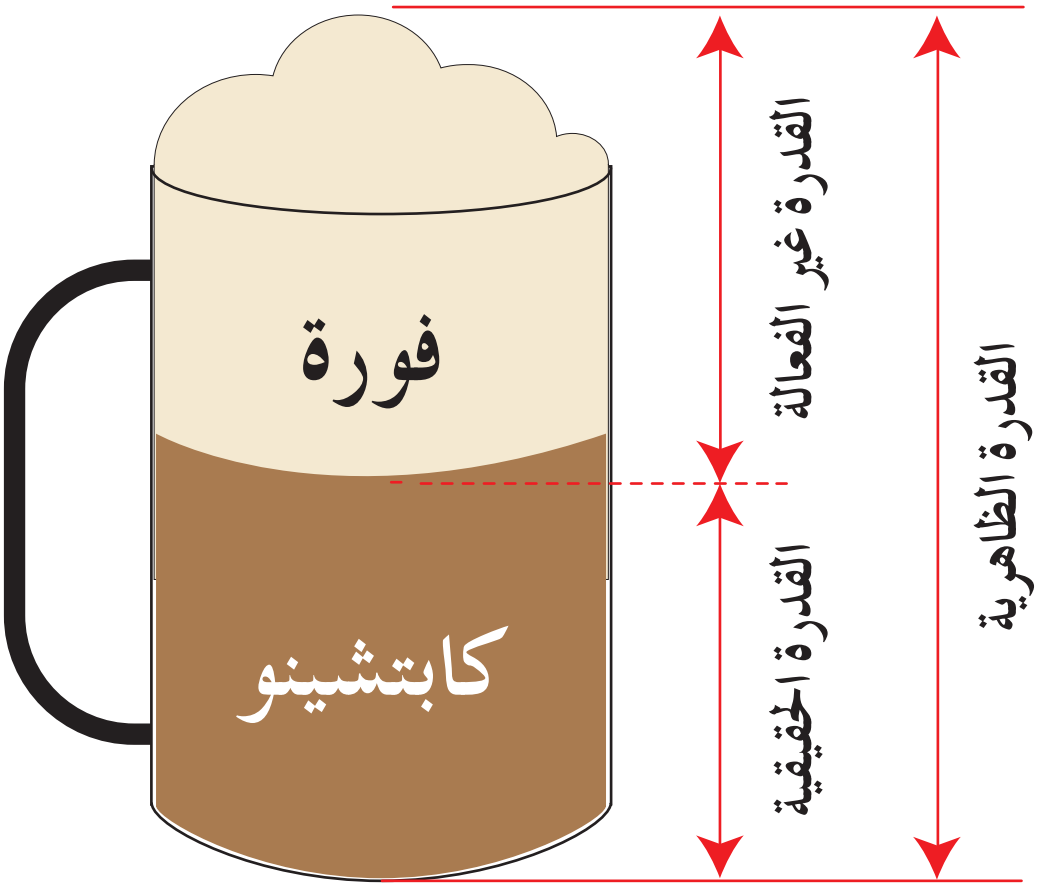
4 – احسب القدرة الفعالة، والقدرة الظاهرية، ومعامل القدرة.

5 – اكتب تقريرًا مفصلًا عن الإجراءات التي قمت بها في دفتر التدريب العملي.

الجدول (1): قياس معامل القدرة لأحمال أحادية الطور.

الرقم	الكمية المقيسة	القيمة	الوحدة	ملحوظات
1	الفولتية الكلية (v) بالقياس.			
2	فولتية الحمل المادي (V_R) بالقياس.			
3	فولتية الحمل الحثي (V_L) بالقياس.			
4	التيار الكلي (I) بالقياس.			
5	القدرة الفعالة (P) بالقياس.			
6	معامل القدرة (COS Ø) بالقياس.			
7	القدرة الظاهرية (S) بالحساب.			
8	القدرة الفعالة (P) بالحساب.			
9	معامل القدرة (COS Ø) بالحساب.			

الخريطة المفاهيمية



القياس والتقويم

1 – ما العوامل التي تعتمد عليها القوة الدافعة الكهربائية الحثية؟

2 – بناءً على دراستك موضوع التيار المتناوب أحادي الطور؛ وضِّح المقصود بما يأتي:

أ – الموجة الدورية.

ب– الزمن الدوري للموجة.

جـ– التردُّد .

د– القيمة العظمى للموجة (V max).

هـ– القيمة الفعالة للموجة (V RMs).

3 – أشار جهاز قياس الفولتمتر عند قياس الفولتية إلى قيمة (230V):

أ – احسب القيمة العظمى.

ب– احسب القيمة الفعالة.

4 – بناءً على دراستك موضوع التيار المتناوب ثلاثي الطور؛ املأ الفراغ بما هو مناسب في ما يأتي:

أ– قيمة جهد المصدر بين خط الطور والطور الآخر في الشبكة الرئيسة داخل الأردن هي .....، وقيمة التمارين العملية هي .....

ب– يُرمَز إلى خط الطور الأول بالحرف ..... ، ويُميَّز باللون .....

جـ– يُرمَز إلى خط الطور الثاني بالحرف ..... ، ويُميَّز باللون .....

د– يُرمَز إلى خط الطور الثالث بالحرف ..... ، ويُميَّز باللون .....

هـ– يُرمَز إلى الخط المحايد بالحرف ..... ، ويُميَّز باللون .....

و– يُرمَز إلى خط التأريض بالحرف ..... ، ويُميَّز باللون ..... ، أو.....

ز– الأحرف التي تدل على بدايات الملفات الرئيسة للمحرك ثلاثي الطور، هي: ..... ، و..... ، و.....

ح– الأحرف التي تدل على نهايات الملفات الرئيسة للمحرك ثلاثي الطور، هي: ..... و.....

5 – تُستخدَم في أنظمة التوليد الثلاثي الطور توصيلة المثلث، وتوصيلة النجمة. بناءً على دراستك لهذه التوصيلات:

(1)– ارسم توصيلة المثلث، مُبيِّنًا عليها:

أ– فولتية الخط. ب – فولتية الطور. جـ– تيار الخط. د – تيار الطور.

(2) – ارسم توصيلة النجمة، مُبيِّنًا عليها:

أ– فولتية الخط. ب – فولتية الطور. جـ– تيار الخط. د – تيار الطور.

6 – تُقسَّم الأحمال الكهربائية في التيار المتناوب إلى ثلاثة أنواع، اذكرها.

7 – حدِّد شكل علاقة الفولت بالتيار في كل نوع من هذه الأنواع، وارسمها على شكل متجهات.

8 – اختر رمز الإجابة الصحيحة لكل ممّا يأتي:

(1) الرمز (**COS Ø**) يدل على:

أ– معامل الشكل. ب – معامل القدرة. جـ – معامل الموجة. د – معامل التيار.

(2) الجهاز المُستخدَم لقياس القدرة الكهربائية هو:

أ– الواطميتر. ب – الفولتمتر. جـ – الأمبير متر. د – النانو متر.

(3) وحدة قياس الطاقة الكهربائية هي:

أ– نانو واط/ ساعة. ب – كيلو فولت/ ساعة. جـ – كيلو امبير/ ساعة.

د – كيلو واط/ ساعة.

(4) تتناسب قيمة التردُّد (**F**) مع الممانعة الحثية (**XL**) تناسبًا:

أ– طرديًّا . ب – عكسيًّا. جـ – لا تتأثر الممانعة الحثية بالتردُّد.

د – لا علاقة بينهما.

(5) – إحدى الآتية تُستعمَل لتحسين معامل القدرة في الدارات الكهربائية:

أ– الملفات. ب – المقاومات. جـ – المواسعات. د– المحركات الحثية.

(6) وحدة قياس حثية الملف هي:

أ– الهنري. ب – الفولت. جـ – الفاراد. د – الواط.

(7) في النظام ثلاثي الطور تكون الزاوية الكهربائية بين خطوط الطور:

أ– **90°** ب – **60°** جـ – **75°** د – **120°**

9 – سخّان كهربائي يعمل بفرق جهد (230) فولت؛ إذا علمت أنه يستهلك تيارًا مقداره (10) أمبير، فجد القدرة الفعالة لهذا السخان.

10 – محرك كهربائي ثلاثي الطور يعمل بفرق جهد (380) فولت، ويستهلك تيارًا مقداره (15) أمبير. إذا علمت أن معامل القدرة لهذا المحرك (0.8)؛ فجد القدرة الحقيقية لهذا المحرك.

11 – فيمَ يستفاد من تحسين معامل القدرة؟

12 – ضع إشارة (✓) إزاء العبارة الصحيحة، وإشارة (X) إزاء العبارة غير الصحيحة في ما يأتي:

أ – القيمة التي تُقاس بجهاز الفولتمتر هي القيمة الفعالة. ( )

ب– تحتوي توصلية الدلتا في حالة الاتزان على خط محايد. ( )

جـ– في حالة الأحمال المادية يكون متجها الجهد والتيار منطبقين. ( )

د – تُقاس سعة المواسعات الكهربائية بوحدة هنري. ( )

هـ– التيار المستمر (DC) هو تيار متغير القيمة والاتجاه. ( )

مسرد المصطلحات	
Adequateness	ملاءمة
Analog Input	مدخل تشابهي
Analog Output	مخرج تشابهي
Arc Welding Transformer	محول لحام
Arcing Time	زمن دوام القوس الكهربائي
Arithmetic Operations	عمليات حسابية
Autotransformer	محول ذاتي
Auxiliary Relay	مرحل مساعد
Cartridge Type Fuse	مصهر خرطوشي
Circuit Breaker	قاطع كهربائي
Consistency	متانة
Contactor	مفتاح تلامسي
Control Circuit	دارة تحكم
Control Device	جهاز تحكم
Core Type	نوع القلب
Counting	عَدٌّ
Current Transformer	محول تيار
Cut off Current	تيار قطع
Data	بيانات
Delta – Delta Connection	توصيلة (مثلث – مثلث)
Delta – Star Connection	توصيلة (مثلث – نجمة)
Digital Input	مدخل رقمي
Digital Output	مخرج رقمي
Down-counter	عداد تنازلي
Drop Out Current	تيار إرجاع

Dynamic Braking	كبح دينامي
Electrical Sensor	مجس كهربائي
Float Switch	طافية كهربائية
Function Block Diagram	مخطط صندوقي وظيفي
Fuse	مصهر
Fuse Link	وصلة مصهر
Fusing Current	تيار صهر
Fusing Factor	معامل انصهار المصهر
Graphical Language	لغة رسومية
Hardware	مكونات صُلْبة
High Frequency Transformers	محولات التردد العالي
Input Scan	فحص حالة المداخل
Inputs Module	وحدات إدخال
Instantaneous Relay	مرحل لحظي
Instruction List	لائحة التعليمات
Instrument Transformer	محول قياس
Inverse Time Relay	مرحل ذو زمن عكسي
Iron Losses	مفاقيد حديدية
kinetic Energy	طاقة حركية
KVA Rating	مقرر المحول
Ladder Diagram	مخطط سلمي
Limit Switch	مفتاح حدّي
Locked Rotor	حشر العضو الدوّار
Logic	منطق
Magnetic and Thermal Breaker	قاطع حراري مغناطيسي
Magnetic Breaker	قاطع مغناطيسي
Main Relay	مرحل أساسي

Measuring Relay	مرحل قياس
Melting Time	زمن الصهر
Memory	ذاكرة
Microprocessor	معالج دقيق
Mutual Induction	حثّ متبادل
Nameplate	لوحة اسمية
(Normally Closed contact (NCC	ملامس مغلق في الوضع الطبيعي
(Normally Open contact (NOC	ملامس مفتوح في الوضع الطبيعي
Off Delay Timer	مؤقتات تأخير الفصل
On Delay Timer	مؤقتات تأخير الوصل
On/Off Delay Timer	مؤقتات تأخير الوصل والفصل
Open Circuit Test	فحص الدارة المفتوحة
Output Scan	فحص حالة المخارج
Output Module	وحدات الخرج
Over Current	فرط التيار
Over Current Protection Relay	مرحل حماية من ارتفاع التيار
Overload	زيادة الحمل
Phase Failure Protection	حماية من انقطاع الطور
Photo Electric Sensor	مجس كهروضوئي
Photocell	خلية ضوئية
Power Losses in Transformers	مفاقيد القدرة في المحولات الكهربائية
Power Rating	مقرر القدرة
Power Transformer	محول قدرة
Preset Value	قيمة الضبط المسبقة
Pressure Switch	مفتاح التحكم في الضغط
Pressure Transmitter	مجس التحكم في الضغط
Primary Relay	مرحل أولي

Programmable Logic Controller (PLC)	الحاكم المنطقي المبرمج
Programming device	جهاز البرمجة
Prospective Current	التيار المتوقع
Protective Relay	مرحل حماية
Proximity Sensor	مجس اقترابي
Push Button	ضواغط التشغيل والإيقاف
RAM – Random Access Memory	الذاكرة المتطايرة
Rated Carrying Current	التيار المقرر للكبل
Rated Current	التيار المقنن
(Read Only Memory (ROM	ذاكرة القراءة فقط
Recovery Voltage	فولتية الاستعادة
Relay	مرحل
Reliability	اعتمادية
Retentive On Delay Timers	مؤقتات تأخير الوصل الاحتفاظية
Rung	درجة
Scanning	مسح
Secondary Relay	مرحل ثانوي
Selection of Fuses	اختيار المصهرات
Selectivity	الانتقائية
Self-diagnostic	تشخيص ذاتي
Semi – Enclosed Rewireable Fuse	مصهر شبه مغلق قابل للتغيير
Semiconductors	أشباه الموصلات
sensitivity	حساسية
Sequence	تتابع
Shell type	نوع هيكلي
Short Circuit	دارة قصر
Short Circuit Current	تيار قصر

قائمة المراجع

أولًا: المراجع العربية

1 – أحمد عبد المتعال، **الأسس العملية في التركيبات الكهربائية**، دار النشر للجامعات، 2000م.

2 – محمد المعاني، **محمد بني ياسين. الدارات الكهربائية**، دار الأمل للنشر والتوزيع، 2002م.

3 – ياسين الشبول، **الإلكترونيات المعاصرة**، مكتبة المجتمع العربي، 2009م.

ثانيًا: المراجع الأجنبية

1- BIRD, **J. Electrical Circuit Theory and Technology**. Routledge. 2013.

2- HUGHES, E., HILEY, J., BROWN. **Electrical and Electronic Technology**. 2012.

3- Giorgio Rizzoni. **Principles and Applications of Electrical Engineering**. 2014.

4- Theraja. **A Textbook of Electrical Technology**. S. CHAND. 2008

تم بحمد اللّٰه تعالى