

قانون أوم

Ohm's Law

١- الغاية من التجربة:

- التحقق من صحة قانون أوم في حالة التيار المستمر، وتطبيقه على دارة مغلقة.
- تعيين قيمة مقاومة ناقل، ومن ثم إيجاد مقاومة النوعية.

٢- الموجز النظري:

يُعد قانون أوم من أقدم الاكتشافات التجريبية في مجال الدراسات الكهربائية في النواقل، حيث اكتشف العالم الألماني جورج أوم (١٧٨٩-١٨٥٤) وبطريقة تجريبية أن هناك تناسباً طردياً بين شدة التيار المار في ناقل معدني، وبين فرق الكمون المطبق بين طرفيه، ويكتب هذا التناسب بالشكل:

$$V = R \cdot I \quad (1)$$

حيث R : ثابت التناسب، ويمثل مقاومة الناقل، ويتعلق بنوعية مادته، وبأبعاده الهندسية.

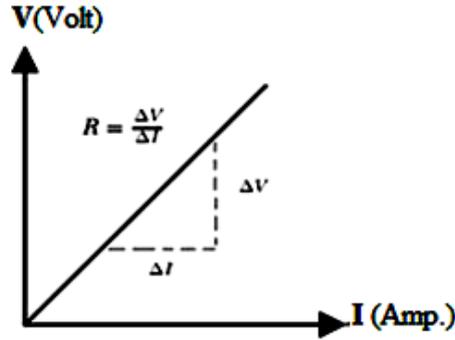
فإذا قسنا التيار الكهربائي المار في المقاومة بمقياس الأمبير وفرق الكمون بين طرفي المقاومة بمقياس الفولط؛ فإن قيمة المقاومة تحسب من العلاقة:

$$\frac{V}{I} = R \quad (2)$$

تعرف العلاقة السابقة بقانون أوم، ويشترط لصحة هذا القانون بقاء درجة حرارة الناقل والشروط الفيزيائية الأخرى ثابتة، وسوف ندرس هذا القانون في حالة التيار المستمر وفي دارة كهربائية تحوي مقاومة صرفة فقط.

تقدر المقاومة R بوحدة الأوم، ويرمز لها بالرمز Ω . ويعرّف الأوم بأنه مقاومة ناقل عندما يمر فيه تيار شدته أمبيراً واحداً كان فرق الكمون بين طرفيه مساوياً فولطاً واحداً.

تسمى النواقل التي يكون فيها التيار تابعاً خطياً للكمون؛ أي تخضع لقانون أوم بالنواقل الخطية، وتشمل مقاومات المعادن (مقاومات سلكية). ويمثل الشكل (١) الخط البياني لتغيرات I بدلالة V، حيث نجد أن R تبقى ثابتة.



الشكل (١): الخط البياني لتغيرات I بدلالة V

وهناك حالة ناقل غير خطي أي R غير ثابتة وتتناقص مع تزايد V ونجد أن هذا صحيح من أجل أنصاف النواقل والصمامات الإلكترونية.

للتحقق من صحة قانون أوم نرجع إلى الدارة المبينة في الشكل التي تحتوي سلكاً مقاوماً يمثل المقاومة الصرفة (R) ومنبع للتيار المستمر ومقياس أمبير موصولة على التسلسل؛ إضافة إلى مقياس فولط يوصل على التفرع مع المقاومة (R).

نقوم بتطبيق فروق كمون متزايدة (V) بين طرفي المقاومة (R) ونقيس التيار المار في الدارة (I) ثم نحسب النسبة $\frac{V}{I}$ في كل مرة.

إن ثبات النسبة $\left(\frac{V}{I}\right)$ دليل على صحة قانون أوم، ويمكن إثبات صحته أيضاً من خلال رسم تحولات (V) بدلالة (I)، حيث إن الحصول على خط مستقيم هو دليل على العلاقة الخطية بين (V) و (I) وميل هذا المستقيم يمثل المقاومة (R).

أما قانون أوم الثاني فيصف مقاومة سلك بدلالة طوله، ومساحة مقطعه، ومادته على النحو:

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (3)$$

حيث ρ المقاومة النوعية للسلك، وتقاس (أوم. متر) في الجملة الدولية، ويمكن تقديرها أيضاً بـ (أوم . سنتيمتر). يتراوح قيمة المقاومة النوعية بين $10^{-8} \Omega.m$ للمواد عالية الناقلية و $10^{18} \Omega.m$ للمواد ذات العازلية الكبيرة.

العوامل المؤثرة في المقاومة النوعية للمعادن هي:

- (١) طبيعة المعدن: تختلف المقاومة النوعية من معدن إلى آخر ويعد معدن الفضة أفضل المعادن من حيث الناقلية، يليه النحاس، ثم الألمنيوم.
- (٢) الشوائب: تزداد المقاومة النوعية للمعدن بشكل عام بوجود الشوائب.
- (٣) درجة الحرارة: تزداد المقاومة النوعية للمعادن بازدياد درجة حرارتها؛ وذلك بسبب زيادة احتمال اصطدام الإلكترونات الحرة بالذرات.

٣- الأجهزة، والأدوات المستخدمة:

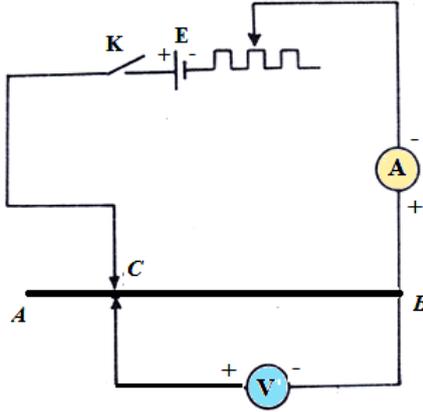
منبع تيار مستمر، لوحة خشبية (أو معدنية) تثبت عليها المقاومات المراد دراستها، وهي عبارة عن أسلاك من خليطة الكونستانتان (40% Cu, 60% Ni) بأقطار مختلفة (0.35-0.5-0.7-1 mm) وبطول ثابت (1m) وسلك من النحاس الأصفر (37% Zn, 63% Cu) بقطر 0.5 mm، أسلاك توصيل، معدّلة، نابعة دانييل، مقياس ملتي ميتر (عدد ٢)، علبة مقاومات، ميكروميتر لقياس قطر سلك.

٤- مراحل العمل، والنتائج:

أولاً- التحقق من قانون أوم:

- ١- صل الدارة المبينة في الشكل (٢) مستخدماً أحد الأسلاك (المقاومات).

- ٢- تأكد قبل إغلاق الدارة من صحة وصل المقاييس من حيث القطبية تقادياً لأي عطب، وتأكد من أن مقاييس الفولط والأمبير تعمل ضمن المجالات المناسبة.
- ٣- باستخدام مفتاح التحكم الموجود في علبة التغذية قم بتمرير تيارات متزايدة في الدارة (مثلاً 0.1A, 0.2 A, ...) ، وفس فرق الكمون المقابل بين طرفي المقاومة R.



الشكل (٢): الدارة المستخدمة للتحقق من قانون أوم.

ملاحظة:

- استخدم تيارات صغيرة في البداية من أجل تجنب الأخطاء الناتجة عن التسخين الكهربائي، ولا تستخدم تيارات عالية مباشرة وإنما زد شدة التيار بالتدرج.
- يمكن استخدام معدلة؛ وبالتالي الحصول على تيارات كهربائية مختلفة.

٤- سجّل النتائج التي تحصل عليها في الجدول (١) الآتي:

الجدول (١):

رقم التجربة	I (mA)	V (mv)	$R = \frac{V}{I}$ (Ω)	\bar{R}	الانحراف $E_i = \bar{R} - R_i $
١					
٢					
٣					
٤					
٥					
٦					

- ٦- احسب وسطي R للتجارب المقبولة، وسجّله في الجدول.
- ٧- ارسم على ورقة ميليمترية، الخط البياني لتغيرات V بدلالة I ، واحسب الميل. ماذا تستنتج؟
- ٨- قارن قيمة R من المنحني مع القيمة المحسوبة من الجدول (١) ومع القيمة المتوسطة \bar{R} .
- ٩- ضع النتيجة بالشكل:

$$R = \left(\bar{R} \pm \Delta R \right) (\Omega)$$

ملاحظة:

- يمكنك استخدام برنامج إكسل لإنشاء التمثيل البياني السابق، ثم قارن المعادلة التي حصلت عليها بواسطة الحاسب مع المعادلة المستنتجة من الرسم البياني اليدوي.
- ٥- عيّن كلاً من $\Delta I, \Delta V$ من المقاييس المستخدمة، ثم احسب الخطأ في R لإحدى تجاربك بطريقة التفاضل اللوغاريتمي، ثم قارن الانحراف $E_i = |\bar{R} - R_i|$ لكل من التجارب بالخطأ ΔR الذي حسبته.

ملاحظة:

- في حال $E_i \leq \Delta R$ تكون التجربة مقبولة، وفي حال عكس ذلك تكون التجربة مرفوضة.

ثانياً- التحقق من قانون المقاطع:

- (١) اختر من اللوحة الخشبية (أو المعدنية) سلكين أو ثلاثة أسلاك من مادة واحدة لها الطول نفسه، ولكن مقاطعها مختلفة.
- (٢) قس مقاومة كل سلك من أسلاك الكونستانتان ثلاث مرات من أجل تيارات مختلفة.
- (٣) احسب القيمة الوسطى لمقاومة كل سلك منها والخطأ المرتكب.
- (٤) سجّل النتائج في الجدول (٢).

٥) مثل بيانياً على ورقة لوغاريتمية تغيرات المقاومة بدلالة قطر السلك. واحسب ميل المستقيم الذي حصلت عليه.

٦) استنتج العلاقة بين المقاومة وقطر السلك.

٧) مثل بيانياً على ورقة ميليمترية تغيرات المقاومة بدلالة $1/r^2$ حيث r نصف قطر السلك، ما شكل المنحني البياني الناتج؟

الجدول (٢):

قطر السلك mm	I(mA)	V(mV)	$R(\Omega) = \frac{V}{I}$	$\bar{R}(\Omega)$	$\Delta R(\Omega)$
0.35					
٠,٧					
1.0					

ثالثاً- التحقق من قانون الأطوال:

١) اختر من اللوحة الخشبية (أو المعدنية) سلكين أو ثلاثة أسلاك من مادة واحدة لها المقطع نفسه، وأطوالها مختلفة (المادة: كونستانتان، مقطعها 0.7 mm).

٢) قس مقاومة سلكي الكونستانتان ذوي الطولين 100cm و 200cm ثلاث مرات في حالة تيارات مختلفة، ثم احسب الوسطي.

٣) سجّل النتائج في الجدول (٣).

٤) مثل بيانياً على ورقة ميليمترية تغيرات R بدلالة طول السلك L ، وتحقق من أن العلاقة خطية.

الجدول (٣):

طول السلك cm	I (mA)	V (mV)	$R(\Omega) = \frac{V}{I}$	$\bar{R}(\Omega)$	$\Delta R(\Omega)$
100					
200					

ملاحظة:

للحصول على سلك بطول 200 cm استخدم سلك التوصيل الصغير الموجود لديك على الطاولة في وصل سلكين على التسلسل مع مراعاة نصف القطر.

رابعاً- التحقق من قانون نوع المادة:

- ١) اختر من اللوحة الخشبية سلكين (أو أكثر) لهما الطول نفسه والمقطع نفسه، ومختلفين في مادتيهما (الطول: 100 cm، القطر: 0.5 mm).
- ٢) قس مقاومة سلكي النحاس والكونستانتان ثلاث مرات باستخدام تيارات مختلفة، واحسب وسطي القياسات، ثم سجّل النتائج في الجدول (٤).
- ٣) احسب المقاومة النوعية ρ لكل من السلكين اللذين أجريت عليهما القياس مستخدماً العلاقة (٣).

الجدول (٤):

مادة السلك	I(mA)	V(mV)	$R(\Omega) = \frac{V}{I}$	ρ ($\Omega \cdot m$)	$\bar{\rho}$ ($\Omega \cdot m$)	$\Delta \rho$ ($\Omega \cdot m$)

كونستانتان						
نحاس أصفر						