

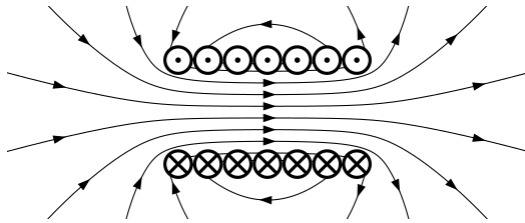
مقاومة كهربائية

معارضة مرور التيار الكهربائي

هذه **النسخة المستقرة**، فحصت في 1 يونيو 2024. ثمة **تعديل معلق واحد** بانتظار المراجعة.

المقاومة الكهربائية هي خاصية فيزيائية تتميز بها **الموصلات المعدنية** في الدوائر الكهربائية.^{[5][6][7]} تعرف على أنها قابلية المواد لمقاومة مرور التيار الكهربائي فيها.

المقاومة الكهربائية



معلومات عامة

R

الرموز الشائعة

$$R = \frac{u}{i}$$

التعريف الرياضي

أوم^{[2][3][4]}

نظام الوحدات الدولي

$$L^2MT^{-3}I^{-2}$$

التحليل البعدي

{{1}}

تعديل - تعديل مصدري - تعديل ويكي بيانات

وهي إعاقة المادة لمرور التيار الكهربائي (الإلكترونات) خلالها. وتحدث الإعاقة في المادة سواء أكانت من الموصلات (كالفلزات) أو غير الموصلات ولكن بدرجات مختلفة. يلزم للإلكترونات التغلب على هذه المقاومة للوصول إلى تعادل في الشحنة. وحدة المقاومة هي **الأوم**.



ثلاثة مقاومات مختلفة، يعين لون الحلقات المرسومة عليها مقدار المقاومة بالأوم.

يرمز لها بالحرف اللاتيني R، تعطى قيمتها بالأوم (Ω). ترتبط هذه الخاصية بمفهوم **المقاومية والتوصيل** الكهربائيين.

• تبين الصورة ثلاثة مقاومات مختلفة: ويعين لون الحلقات المرسومة على المقاومة مقدار المقاومة **بالأوم**، حيث يعطي كل لون قيمة معينة للمقاومة.

عند مرور **تيار كهربائي** في **موصل** ذو مقطع متجانس، وفي **درجة حرارة** معينة، يمكن لنا قياس مقاومته الكهربائية بدلالة نوع المادة التي صنع منها وبمعرفة أبعاده:

$$R = \rho \frac{l}{s} = \frac{l}{\gamma \cdot s}$$

• ρ هي **المقاومية** أو (المقاومة النوعية) وتعطى **بالأوم.متر** (Ω.m).

• l طول الناقل (السلك) ويعطى **بالمتر**.

• s مساحة المقطع العرضي وتعطى **بالمتر المربع**.

• γ **الموصلية الكهربائية** التي هي مقلوب المقاومة، وتعطى بمقلوب الأوم.متر $(\Omega.m)^{-1}$.

ينتج عن مرور التيار الكهربائي في **موصل** معدني (أو مقاومة) **انبعاث** الحرارة، وتسمى هذه الظاهرة **تأثير جول**. يتم في بعض الأحيان التحكم في مقدار هذا التدفق (أجهزة التدفئة)، إلا أن في حالات أخرى تتبدد هذه الطاقة وتنتج عنها تأثيرات

غير مرغوبة فنضطر لتبريد الجهاز.

تعطى الطاقة الحرارية التي تنتج بفعل تأثير جول بالمعادلة التالية:

$$P = R \cdot I^2$$

• P: الطاقة الناتجة عن تأثير جول.

• I: شدة التيار المار في الموصل وتعطى بالأمبير.

• R: مقاومة الموصل وتعطى بالأوم.

راجع مقاومة كهربائية (ثنائي أقطاب).

يمكن الحصول على وحدة المقاومة باستخدام مسار معين للتيار، حيث تنتج مقاومة قدرها أوم واحد إذا سرى تيار كهربائي خلال عمود من الزئبق بمساحة مقطع مستقطع تساوي 1 ملم² وطوله 1,063 متر.

المقاومة وشدة التيار

تسمى المقاومة مقاومة أومية (من كلمة أوم) عندما تكون مثالية بمعنى أن لا تتغير قيمتها بتغير الجهد الكهربائي ولا بتغير شدة التيار أو بتغير تردد التيار (في حالة التيار المتردد). وينطبق قانون أوم على مثل هذه المقاومة المثالية في جميع قيم الجهد أو شدة التيار.

فإذا رسمنا الجهد U مع تغير شدة التيار I في رسم بياني لتوضيح العلاقة بينهما وجدنا أن شدة التيار تتناسب طرديا مع زيادة الجهد، وعندما يكون الجهد مساويا للصفر يصبح التيار أيضا مساويا للصفر. يربط قانون أوم العلاقة بين شدة التيار والمقاومة والجهد الكهربائي:

$$R = \frac{U}{I} = \text{const.}; \quad U = R \cdot I; \quad I = \frac{U}{R}$$

وعندما يمر تيار كهربائي في مقاومة ينخفض الجهد بقدر ما يمر بالمقاومة، وتنتج قدرة كهربائية طبقا للمعادلة:

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R$$

وهي تتحول إلى قدرة حرارية، فتسخن المقاومة.

حساب مقاومة موصل كهربائي

يمكن حساب المقاومة الأومية لجسم منتظم بمعرفة مقاييسه (طول، عرض، ارتفاع) و مقاومته النوعية ρ . تعتمد المقاومة النوعية ρ على نوع المادة (نحاس، حديد، تنجستن، فضة... إلخ).



وفي حالة مرور التيار (طوليا) في موصل طوله l ومساحة مقطعه A تنطبق المعادلة:

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

وإذا كان مقطع A الموصل دائريا فيمكن حسابه من القطر d طبقا للمعادلة:

$$A = d^2 \cdot \frac{\pi}{4} = r^2 \cdot \pi$$

تختلف المقاومة النوعية بنوع المادة، وهي تعتمد عادة على درجة الحرارة، ووجود شوائب في المادة.

المقاومة النوعية لبعض المواد

أمثلة للمقاومة النوعية والمعامل الحراري عند 20 °C

المادة	ρ_{20} بوحدة $(\Omega \cdot \text{mm}^2)/\text{m}$	α_{20} بوحدة 1/كلفن
الفضة	$10^{-3} \times 16,5$	$10^{-3} \times 3,8$
النحاس	$10^{-3} \times 17,8$	$10^{-3} \times 3,9$
السييليكون	$10^9 \times 2,3$	$10^{-3} \times 75-$

- في هذه القائمة α_{20} هو المعامل الحراري عند درجة 20 مئوية.

تأثير درجة الحرارة

تتغير المقاومة النوعية لمادة بتغير درجة الحرارة، لهذا تعطي القائمة أعلاه قيمة المقاومة الكهربائية للمواد عند درجة حرارة 20 درجة مئوية، كما تعطي «المعامل الحراري» الذي يمكن بواسطة حساب المقاومة عند درجة حرارة أخرى. فإذا بدأنا من المعادلة:

$$R_{20} = \rho_{20} \cdot \frac{l}{A},$$

وأردنا حساب المقاومة $R(t)$ عند درجة حرارة t وكان «المعامل الحراري» α معروفا، فيمكننا استخدام المعادلة:

$$R(t) = R(t_0)(1 + \alpha_{t_0} \cdot (t - t_0))$$

حيث:

$$t_0 = 20^\circ \text{C}.$$

تكفي تلك العلاقة الخطية لحساب تغير المقاومة بتغير درجة الحرارة في حدود صغيرة لتغير درجة الحرارة، وإلا لزم إكمال تلك المعادلة ببعض الأعضاء الأخرى.

وبحسب مادة المقاومة قد تتزايد المقاومة بارتفاع درجة الحرارة فتسمى تلك المقاومة «موصل بارد» PTC وهو النوع الغالب، كما توجد مواد تقل مقاومتها بارتفاع درجة الحرارة وتسمى هذه «موصل ساخن» NTC ويكون المعامل الحراري لها سالب الإشارة.

تستغل خاصية اعتماد المقاومة على درجة الحرارة في تقنية القياس وفي تقنية الضبط، مثل في الترمومتر وفي ثرموستات وفي مفاتيح تحديد التيار.

وقد ابتكرت [سبائك](#) تحافظ على ثبات مقاومتها رغم تغير درجة الحرارة في حدود واسعة مثلما في حالة مقاومة قياس.

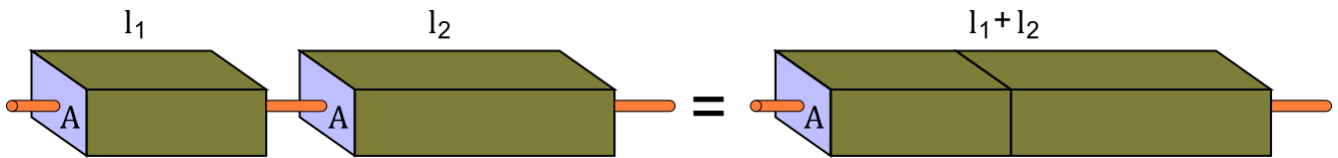
توصيل المقاومات

نوصل مقاومتين أو أكثر ببعضهم بطريقتين: توصيل على التوالي، وتوصيل على التوازي:

توصيل على التوالي (على التسلسل)

عندما نوصل عدد n من المقاومات تكون المقاومة الكلية مساوية لمجموع المقاومات: بعبارة أخرى يمكن القول ان قيمة المقاومة المكافئة لمجموع مقاومات على التسلسل هو حاصل مجموع تلك المقاومات [8]

$$R_{ges} = \sum_{k=1}^n R_k = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$



توصيل على التوازي

في التوصيل على التوازي يكون مقلوب المقاومة الكلية مساويا لمجموع مقلوبات المقاومات:

$$\frac{1}{R_{ges}} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

وفي حالة مقاومتان موصولتان على التوازي:

$$R_{ges} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

والمعادلة التي تعطي [المواصلة](#) الكلية:

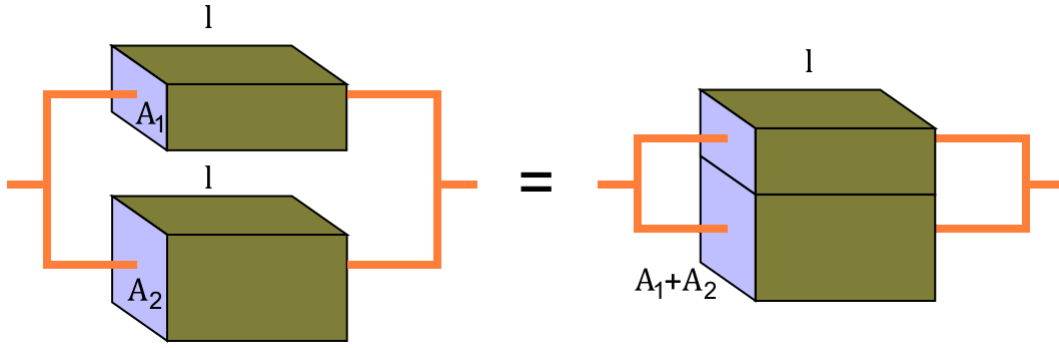
$$G_{ges} = G_1 + G_2 + \dots + G_n$$

حيث المواصلة:

$$G = \frac{1}{R}$$

ووحدة المواصلة هي مقلوب الأوم أو [سيمنز \(وحدة\)](#).

ويمكن التوضيح بتوصيل مقاومتين مختلفتين المقطعين A توصيلا على التوازي:



في حالة مقاومتين $A_1 + A_2$, تصبح المعادلة:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A_1 + A_2}$$

أو:

$$\frac{1}{R} = \frac{A_1 + A_2}{\rho \cdot l} = \frac{A_1}{\rho \cdot l} + \frac{A_2}{\rho \cdot l} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

مقاومة التيار المتردد

المقالة الرئيسية: حساب التيار المتردد

مقدمة

في حالة مقاومة أومية خطية (من كلمة أوم) R يكون الجهد والتيار الكهربائي في نفس **الطور**. أما إذا حدث انزياح للطور وتغير للمقاومة بسبب الاعتماد على التردد، فيظهر جزء للمقاومة X يعمل على معاوقة تغيرات الجهد وتغيرات التيار. أي يضيف إلى المقاومة جزءا يسمى **فاعلية** X .

$$\underline{Z} = R + jX$$

و تتكون المقاومة الكلية من جزء حقيقي وهو R وجزء تخيلي jX ، حيث: $(j^2 = -1)$.

وفي حسابات التيار المتردد التي تستخدم حساب **الأعداد المركبة** تستعين بالمعادلة:

$$\underline{Z} = Z \cdot e^{j\varphi_z}$$

لتعريف المقاومة المركبة أو **معاوقة** \underline{Z} ، وتسمى φ_z زاوية انزياح الطور.

حسابات المقاومة المركبة

المقالة الرئيسية: معاوقة

المقاومة المركبة من خواص الدوائر الكهربائية التي تتكون من **مكثف ومقاومة** أو ملف ومقاومة أو **رنان ملف ومكثف** وغيرها، حيث تعمل تلك الدوائر ب **تيار متردد**.

إذا كانت تغير كلا من **الجهد** $u(t)$ والتيار $i(t)$ تغيرا في هيئة **موجة جيبية** ذات تردد f وبالتالي ذو **تردد زاوي** $\omega = 2\pi f$ ، فيمكننا

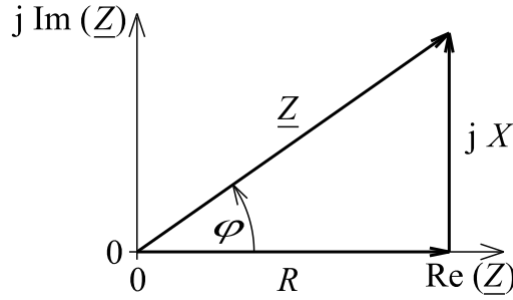
أن نرمز لهما في الحالة المركبة بالرمزين: $\underline{u}(\omega t)$ و $\underline{i}(\omega t)$ ونحصل على:

$$\underline{Z} = \frac{\underline{u}}{\underline{i}} = \frac{\hat{u} \cdot e^{j(\omega t + \varphi_u)}}{\hat{i} \cdot e^{j(\omega t + \varphi_i)}} = Z \cdot e^{j(\varphi_u - \varphi_i)} = Z \cdot (\cos \varphi_z + j \sin \varphi_z)$$

حيث:

$$\varphi_u - \varphi_i = \varphi_z .$$

هو الفرق بين **طور الجهد** وطور التيار الكهربائي.



المعاوقة كمتجه لعدد مركب.

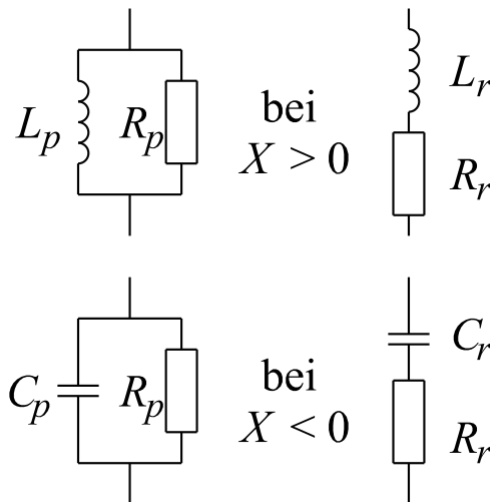
ويمكننا كتابة جزء المقاومة الحقيقي وجزء المقاومة التخيلية كالآتي:

$$\text{Re}(\underline{Z}) = Z \cdot \cos(\varphi_z) = R \quad (\text{مقاومة حقيقية Real})$$

$$\text{Im}(\underline{Z}) = Z \cdot \sin(\varphi_z) = X \quad (\text{مقاومة تخيلية Imaginary})$$

وتنشأ المقاومة الظاهرية:

$$Z = |\underline{Z}| = \frac{|\underline{u}|}{|\underline{i}|} = \frac{\hat{u}}{\hat{i}} = \frac{u_{\text{eff}}}{i_{\text{eff}}}$$



أربعة أنواع من المعاوقات
يسار: توصيل على التوازي
يمين: التوصيل على التوالي

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \text{ أو:}$$

وبالنسبة إلى زاوية انزياح الطورين بين \underline{u} و \underline{i} :

$$\varphi_z = \arctan\left(\frac{X}{R}\right).$$

وتسمى:

$$X = X_C = \text{فاعلية مكثفية}$$

$$X = X_L = \text{فاعلية محاثية. أو:}$$

كما ينطبق:

$$X_L \geq 0 \text{ و } X_C \leq 0.$$

مقاومة تفاضلية

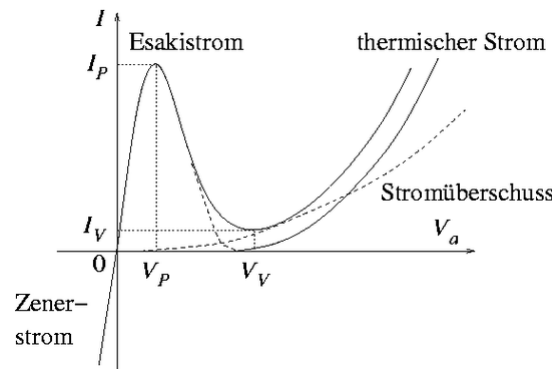
المقاومة التفاضلية نوعان إما مقاومة تتزايد مقاومتها بارتفاع **درجة الحرارة** حيث يكون لها معامل حراري موجب، أو تتناقص مقاومتها بارتفاع درجة الحرارة حيث لها معامل حراري سالب، وقد توجد الصفتين في مقاومة واحدة حيث يكون معاملها الحراري موجبا في نطاق من درجة الحرارة ويصبح سالبا في نطاق آخر من درجة الحرارة، وهذا النوع نجده في **الديود**.

يتميز مخطط المواصفات للديود مثلا بتغيرات طفيفة للتيار مرافقة لكل تغير طفيف **للجهد** ومقسومهما يسمى «مقاومة تفاضلية»:

$$r = \frac{du}{di}$$

وفي مخطط مواصفات المقاومة الذي يبين منحني تغير التيار بتغير الجهد الواقع على المقاومة يعطينا ميل المماس للمنحني عند أي نقطة عليه مقدار المقاومة عند تلك النقطة.

مقاومة تفاضلية سالبة



مخطط مواصفات الديود.

{الديود}

قد تكون المقاومة التفاضلية سالبة الإشارة في حيز معين من **درجة الحرارة** بحيث ينخفض التيار بارتفاع الجهد أو بالعكس حيث يتزايد التيار بانخفاض الجهد. في الرسم البياني المرافق تحدث تلك الظاهرة في النطاق $V_p < V < V_V$.

ويمكن استغلال المقاومة التفاضلية السالبة لتهدة اهتزاز **دائرة رنين** أو لإنتاج **قلاب (إلكترونيات)** مثلما في **أوسيلاتور**. وتظهر المقاومة التفاضلية السالبة في التفريغ الغازي أو في **الديود** أو في بعض الدارات الكهربائية الخاصة بتوزيع الشبكة الكهربائية.

مقاومة تفاضلية موجبة

يتزايد **التيار الكهربائي** بتزايد **الجهد** في المقاومة التفاضلية الموجبة **positive differential Resistance**. توجد في جميع المقاومات العملية نطاق واسع للجهد تكون متناسب فيه التيار مع الجهد تناسباً طردياً. ومعظم المقاومات المستخدمة عملياً هي من نوع المقاومة التفاضلية الموجبة.

ومن أمثلتها: المقاومات العملية، **والديود** و**ديود زينر**، وجميع السيراميكيات من **أشباه الموصلات**.

توصيل فائق

المقالة الرئيسية: **موصلية فائقة**

اكتشف في أوائل القرن العشرين خاصية غريبة لبعض المواد، وتتميز تلك المواد باختفاء مقاومتها الكهربائية تحت **درجة حرارة** معينة وكانت تلك الدرجة أقل من 4 **كلفن**. سميت تلك الظاهرة **بالتوصيل الفائق** وسميت المواد «موصلات فائقة». ومعنى اختفاء المقاومة الكهربائية فيها أن التيار الكهربائي يدور فيها من دون أي فقد وبدون توقف، وتستخدم تلك المواد الفائقة التوصيل - ويلزم تبريدها المستمر تحت درجة التوصيل الفائق المميزة لها - في إنتاج **مجالات مغناطيسية** شديدة لأغراض طبية.

تعد المغناطيسات فائقة التوصيل من أقوى المغناطيسات الكهربائية المعروفة، وهي تستخدم في أجهزة **التصوير بالرنين المغناطيسي** الطبية، وفي القياس بواسطة **مطياف الكتلة**، ومغناطيسات توجيه حزم الجسيمات المشحونة **معجلات الجسيمات**، فتخفض كثيراً من تكلفة الطاقة الكهربائية اللازمة لعملها.

كما يمكن استخدامها أيضاً في الفصل المغناطيسي، حيث يتم استخلاص الجزيئات ضعيفة المغنطة من مخلوط جزيئات أقل مغنطة أو عديمة المغنطة كما في صناعة الدهانات، وكذلك في تستخدم الموصلات الفائقة أيضاً في صنع الدوائر الرقمية المعقدة للخفض من استهلاكها من الطاقة الكهربائية.

انظر أيضًا

- **مقاومة متغيرة رقمية**
- **مقاومة متغيرة سائلة**
- **شفرة لونية للمقاومات**
- **مقوم**

• مقوم سيليكوني متحكم به

• معاوقة

• مقاومة

مقالات متعلقة

• دائرة مقاومة وملف

• رنان ملف ومكثف

• دائرة RLC

• موصلية فائقة

• موصلية منقولة

• تحويل ستار دلتا

• توازن هجين

مراجع

1. [Quantities and units—Part 6: Electromagnetism](#) (بالإنجليزية) (1st ed), International Organization for Standardization, 1 Mar 2008, 6-46, QID:Q26711936

2. [Quantities and units — Part 6: Electromagnetism](#) (بالإنجليزية والفرنسية) (2nd ed), Nov 2022, 6-46, QID:Q117847945

3. [SI A concise summary of the International System of Units, SI](#) (PDF) (بالإنجليزية والفرنسية), 2019, QID:Q68977959

4. [Quantities and units—Part 6: Electromagnetism](#) (بالإنجليزية) (1st ed), International Organization for Standardization, 1 Mar 2008, 6-46.a, QID:Q26711936

5. [Engineering System Dynamics](#). CRC Press. Forbes T. Brown (2006). ص. 43. ISBN:978-0-8493-9648-9. مؤرشف من الأصل في 13-04-2019.

6. [1]. نسخة محفوظة 03 فبراير 2018 على موقع واي باك مشين.

7. [Electric Power Substations Engineering, Second Edition](#). CRC Press. John D. McDonald (2016). ص. 363. ISBN:978-1-4200-0731-2. مؤرشف من الأصل في 13-04-2019.

8. المقاومات الكهربائية Resistor - I-Electrician نسخة محفوظة 30 أكتوبر 2018 على موقع واي باك مشين.

في كومنز مواد ذات صلة بـ "مقاومة كهربائية".

