كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الثانية

المادة : كهرباء ومغناطيسية١

المحاضرة : الثالثة/عملي/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

2026

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

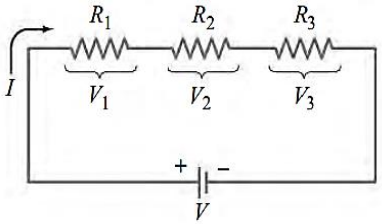
ضم المقاومات - ضم المكثفات
وقياس المقاومات باستخدام جسر ويتستون
Combine resistors and capacitors
Measure resistances using a Wheatstone bridge

أهداف التجربة:

1. التعرف على كيفية حساب قيمة المقاومة المكافئة لقيم مقاومات موصولة على التسلسل والتفرع.
2. التعرف على كيفية حساب قيمة المكثف المكافئة لقيم مكثفات موصولة على التسلسل والتفرع.
3. حساب مقاومة مجهولة باستخدام جسر ويتستون، وبالاستناد إلى قوانين التيار المستمر.

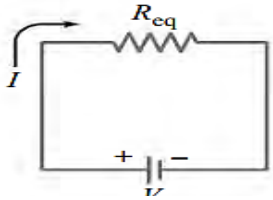
المقاومات الموصولة على التسلسل والتفرع Resistors in Series and in Parallel:

درسنا سابقاً المقاومة الأومية ومعناها الفيزيائي، وعلاقتها مع الجهد والتيار. واقتصرت دراستنا على حساب مقاومة واحدة موجودة في دارة كهربائية مطبق عليها فرق في الكمون ويمر فيها تيار كهربائي. والآن سنتعرف على كيفية حساب قيمة أكثر من مقاومة في الدارة الواحدة. إذ أن بعض الدارات تتطلب وجود أكثر من مقاومة وذلك للتحكم بقيمة التيار المار فيها. والمقاومات الموصولة على التسلسل تكون مشتركة بنفس التيار، بينما التي تكون موصولة على التفرع فتكون مشتركة بنفس الجهد.



الشكل (1)

فمثلاً إذا وصلنا 3 مقاومات على **التسلسل** كما في الشكل (1)، نلاحظ أن توزيع الجهد على المقاومات يكون مختلف، بينما التيار نفسه في كل الدارة. ومن قانون أوم $V = IR$ يكون: $V_1 = IR_1$ و $V_2 = IR_2$ و $V_3 = IR_3$. وبالتالي: $V = V_1 + V_2 + V_3 = IR_1 + IR_2 + IR_3$. ولحساب المقاومة المكافئة التي توضح بالشكل (2)، والتي ستسحب نفس التيار الذي تسحبه المقاومات الثلاث، والتي تعطى بالعلاقة:

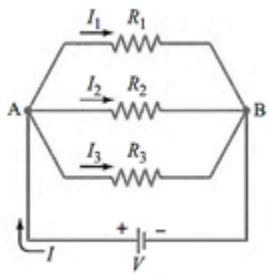


الشكل (2)

نستنتج أن: $V = IR_{eq}$ وبالتالي:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

بينما إذا أردنا وصل هذه المقاومات على **التفرع**، كما بالشكل (3)، فإن توزيع الجهد على المقاومات يكون مشترك، بينما التيار فسينقسم على العناصر الثلاثة. ومن قانون أوم $V = IR$ يكون: $I_1 = \frac{V}{R_1}$ و $I_2 = \frac{V}{R_2}$ و $I_3 = \frac{V}{R_3}$. وبالتالي: $I = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$. ولحساب المقاومة المكافئة التي توضح بالشكل (2)، والتي سيكون توزيع الجهد عليها هو نفسه على المقاومات الثلاث، والتي تعطى بالعلاقة: $V = IR_{eq}$ نستنتج أن: $I = V(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3})$ وبالتالي:

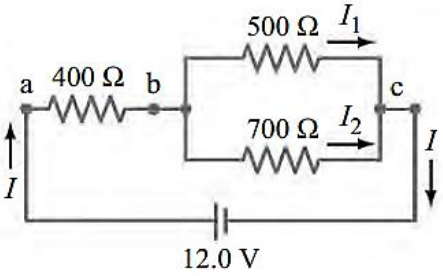


الشكل (3)

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1}$$

فتكون المقاومة المكافئة هي مقلوب $\frac{1}{R_{eq}}$.

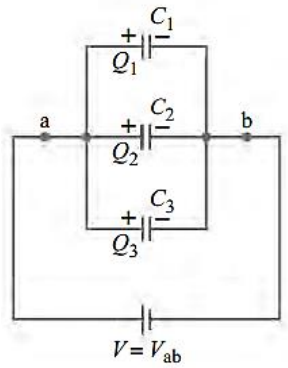
- عند وصل عدة مصابيح على التسلسل، إذا أردنا إطفاء إحدى هذه المصابيح فستنطفئ جميعها (فسر!)
- بفرض لدينا دارة موضحة بالشكل (4)، حيث أنها تحوي على 3 مقاومات، قيمة كل منهم: $R_1 = 500\ \Omega$، $R_2 = 700\ \Omega$، $R_3 = 400\ \Omega$. والجهد المطبق عليها $12\ V$. احسب قيمة I.



الشكل (4)

المكثفات الموصولة على التسلسل والتفرع Capacitors in Series and in Parallel:

من خلال دراستنا للمكثفات، لاحظنا أنها تختلف عن بعضها البعض بعدة عوامل، وإحدى هذه العوامل هي السعة Capacitance، حيث أننا نستخدم مكثف ذو سعة معينة مناسبة للتطبيق المستخدمة به. ولزيادة سعة المكثف أو تخفيضها نستخدم طريقة ضم المكثفات. حيث أنه يمكننا وصل المكثفات على التسلسل أو التفرع لتغيير سعته. فعندما نريد زيادة السعة لعدة مكثفات نستخدم طريقة الوصل على التفرع، كما بالشكل (5)، فنلاحظ ان الجهد المطبق على المكثفات مشترك. ويكون: $Q_1 = C_1V$ و $Q_2 = C_2V$ و $Q_3 = C_3V$ حيث أن Q_1 وQ_{1} وQ_{1} تعبر عن كمية الشحنة التي تحملها المكثفات على الترتيب. وبالتالي: $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = C_1V + C_2V + C_3V$. ولحساب السعة المكافئة التي تحمل نفس كمية الشحنة Q التي تحملها المكثفات الموصولة على التفرع عند نفس الجهد المطبق، والتي تعطى بالعلاقة: $Q = C_{eq}V$ يكون:



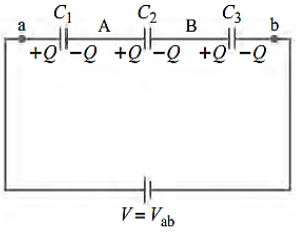
الشكل (5)

$$C_{eq}V = C_1V + C_2V + C_3V = (C_1 + C_2 + C_3)V$$

وبالتالي تكون السعة المكافئة لعدة مكثفات موصولة على التفرع تساوي إلى:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$$

بينما إذا أردنا تخفيض السعة لعدة مكثفات نستخدم طريقة الوصل على التسلسل، كما بالشكل (6)، فنلاحظ أن كمية الشحنة التي تحملها كل من المكثفات هي نفسها، والجهد المطبق على الدارة يساوي إلى مجموع الجهود المطبقة على المكثفات. ويكون: $Q = C_1V_1$ و $Q = C_2V_2$ و $Q = C_3V_3$. وبالتالي: $V = V_1 + V_2 + V_3 = C_1V_1 + C_2V_2 + C_3V_3$. ولحساب السعة المكافئة لعدة مكثفات موصولة على التسلسل والتي تحمل نفس كمية الشحنة، والتي تعطى بالعلاقة: $Q = C_{eq}V$ يكون:



الشكل (6)

$$\frac{Q}{C_{eq}} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} = (\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3})Q$$

وبالتالي:

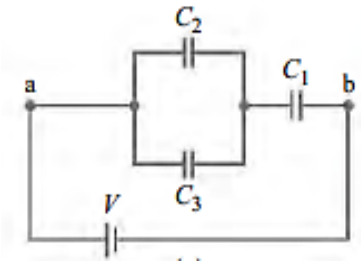
$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

فتكون السعة المكافئة لعدة مكثفات موصولة على التسلسل تساوي إلى مقلوب $\frac{1}{C_{eq}}$.

- تعطى الطاقة الكهربائية المخزنة في المكثف بالعلاقة:

$$E = \frac{1}{2} C V^2$$

- لدينا دارة تحوي على مكثفات كما بالشكل (7)، حيث أن سعة المكثفات تعطى بالشكل: $C_1 = 10\mu F$ و $C_2 = 2\ \mu F$ و $C_3 = 4.5\ \mu F$. وقيمة الجهد المطبق عليها $V = 12\ volt$. أوجد قيمة المكثف المكافئ للمكثفات الثلاث، ثم أوجد قيمة الطاقة المخزنة في كل مكثف، ثم الطاقة المخزنة في المكثف المكافئ.



الشكل (7)

جسر ويتستون Wheatstone bridge:

جسر ويتستون هو نوع من أنواع الدارات الجسرية المستخدمة لحساب المقاومة. حيث يتم وصل المقاومة المجهولة المراد قياسها في الدارة مع مقاومات معروفة بدقة. ويكون أحد هذه العناصر هو المقاومة المتغيرة التي يتم ضبطها بحيث أنه عندما يتم إغلاق الدارة، يظهر مقياس التيار أن التيار يساوي إلى الصفر. أي أن تدفق التيار يكون معدوم وبالتالي يكون الجسر متوازن.

في الدارة المبينة بالشكل (8)، يتفرع التيار I الأساسي إلى I_1 وI_3 عند النقطة A، وعند وصول التيارين إلى B وD يتفرعان مرة أخرى.

إذا انعدمت شدة التيار المار في مقياس غلفاني أي في الجسر بين النقطتين B وD، أي يكون مؤشر المقياس الغلفاني على الصفر، يكون الجسر متوازناً، وعندئذٍ يكون:

$$VA - VB = VA - VD \quad (1)$$

$$I_3 R_3 = I_1 R_1 \quad (2)$$

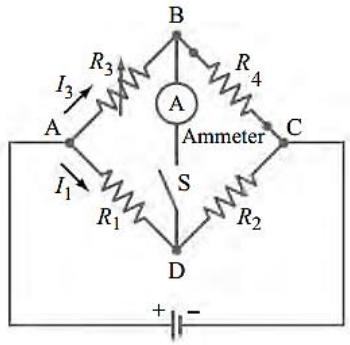
وأيضاً يكون:

$$V_B - V_C = V_D - V_C \quad (3)$$

$$I_3 R_4 = I_1 R_2 \quad (4)$$

وبتقسيم المعادلتين (2) على (4) نجد:

$$\frac{R_3}{R_4} = \frac{R_1}{R_2} \quad (5)$$



الشكل (8)

وإذا كانت المقاومة مؤلفة من سلك أسطواني متجانس، كانت قيمة المقاومة متناسبة مع طول السلك، فإذا استعضنا عن نسبة المقاومتين $\frac{R_1}{R_2}$ بنسبة الطولين $\frac{L_1}{L_2}$ نجد:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{L_1}{L_2} \quad (6)$$

وإذا كانت قيمة المقاومة R_2 معلومة، فإننا بقياس الطولين L_1 و L_2 نتمكن من معرفة قيمة المقاومة المجهولة R_1:

$$R_1 = R_2 \frac{L_1}{L_2} \quad (7)$$

- بفرض أن قيمة المقاومات في جسر ويتستون تعطى بالجدول التالي، احسب قيم المقاومات المجهولة. مع العلم أن المقاومة R_3 متغيرة.

5	4	3	2	1
$R_1 = 50\ \Omega$	$R_1 = 6\ \Omega$	$R_1 = 30\ \Omega$	$R_1 = 4\ \Omega$	$R_1 = 6\ \Omega$
$R_2 = 20\ \Omega$	$R_2 = 8\ \Omega$	$R_2 = 6\ \Omega$	$R_2 = 12\ \Omega$	$R_2 = 2\ \Omega$
$R_3 = 37\ \Omega$	$R_3 = 7.4\ \Omega$	$R_3 = 10\ \Omega$	$R_3 = 2\ \Omega$	$R_3 = 12\ \Omega$
$R_x = ?$	$R_x = ?$	$R_x = ?$	$R_x = ?$	$R_x = ?$

إعداد المدرسين:

أ.ماهر الحكي - أ. رزان ناصر

مكتبة A to Z