المقاومة والمقاومة النوعية (Resistance and Resistivity)

تختلف المود بقابليتها على توصيل الكهربائية خلالها . فالفضة تعتبر من اجود المعادن توصيلاً للكهربائية يليها النحاس والالمنيوم . ان انتقال الالكترونات الطليقة التي تحتويها ذرات هذه المواد هوالذي يجعلها موصلة جيدة . بيد ان انسياب الالكترونات هذه بين ذرات وجزيئات المادة يلاقي مقاومة ناتجة عن تصادمها بذرات والكترونات المادة . ومن ذلك يتضح ان اعاقة انسياب الشحنات في المادة يرتبط ارتباطاً وثيقاً بطبيعة المادة وتركيبها الذري والبلوري . فكلما زادت الاعاقة لمرور الشحنات خلال المادة ، كلما زادت مقاومتها للتيار الكهربائي المار فيها . وعلى هذا الاساس يمكن **تعريف المقاومة بأنها تلك الخاصية التي ينجم عنها اعاقة مرور الشحنات الكهربائية خلال المادة**

والان لو سلط المجال الكهربائي نفسه على قضيبين متناظرين من مادتين مختلفتين وذلك بتعريض نهايتهما لفرق الجهد نفسه لنتج تياران مختلفان في القضيبين . وبهذا **تعرف مقاومة الموصل بأنها حاصل قسمة فرق الجهد بين نهايتي الموصل على التيار المار فية .** اي ان

$$\boldsymbol{R = \frac{V}{I}} \qquad \text{.....}$$

تبين هذة العلاقة ان وحدة المقاومة هي فولت/امبير وتسمى اوم ويرمز لها بالرمز الاغريقي Ω . ان مقاومة اي موصل لا تعتمد على طبيعة المادة فحسب بل على شكل الجسم الموصل وعلى ابعادة ايضاً . لذلك قد يكون من المستحسن استخدام خاصية اخرى ترتبط بالمقاومة ارتباطاً وثيقاً ولكنها لا تعتمد على شكل الجسم او ابعاده . هذه الخاصية تدعى المقاومة النوعية (Resistivity) ويرمز لها بالحرف الاغريقي (ρ) . **وتعرف بأنها النسبة بين شدة المجال الكهربائي وكثافة التيار .** اي ان

$$\rho = \frac{E}{J} \qquad \text{.....} \qquad (26)$$

وعلية تكون وحدة المقاومة النوعية هي الاوم.متر (m Ω)

لنفرض ان موصلاً اسطواني الشكل طولة L ومساحة مقطعة A سلط على نهايتيه فرق جهد قدره V فنتج تيار منتظم قدرة I واذا كان المجال الكهربائي داخل الموصل منتظماً فان مقداره سيكون

$$E = \frac{V}{L}$$

وكذلك فان كثافة التيار ستكون نتساوية لجميع نقاط الموصل ومقدارها يصبح

$$J = \frac{I}{A}$$

وبهذا يصبح بالامكان ايجاد المقاومة النوعية ρ كما يأتي

$$\rho = \frac{E}{J} = \frac{VA}{LI} = \frac{RA}{L}$$

حيث R تمثل مقاومة الموصل .

ومن هذة النتيجة نستطيع ان نجد بسهولة مقاومة السلك الموصل اذا عرف طولة ومساحة مقطعة A والمقاومة النوعية للمادة المعمول منها وذلك من العلاقة

$$\boldsymbol{R = \rho \frac{L}{A}} \qquad \text{.....} \qquad (27)$$

ان مقلوب المقاومة النوعية ρ يدعى الموصلية الكهربائية (Conductivity) ورمزها $\boldsymbol{\sigma}$ اي ان

$$\boldsymbol{\sigma = \frac{1}{\rho}} \qquad \text{.....} \qquad (28)$$

مثال

اذا علم ان مقاومة سلك من النحاس طوله 200m تساوي 21Ω وان قطر السلك 0.44mm اوجد المقاومة النوعية للنحاس .

<u>الحل:</u>

لنجد اولاً مساحة المقطع بالامتار المربعة فنحصل على

$$A = \pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \times (0.44 \times 10^{-3})^2}{4} = 1.5 \times 10^{-7} m^2$$

وبالتعويض عن هذه القيمة وعن طول السلك ومقاومتة في المعادلة (27)

$$\rho = R\frac{A}{L} = \frac{21 \times 1.52 \times 10^{-7}}{200} = 1.5 \times 10^{-8} \Omega m$$

العوامل المؤثرة في المقاومة

1- **طول السلك: كلما زاد طول السلك زادت المقاومة وبالتالي فإنَّ التيار الكهربائي الذي يَسري في هذا السلك يَقِل، وذلك لأن حركة الإلكترونات تُصبح أكثر سهولة مع زيادة طول السلك.**

2- **نوع المعدن المصنوع منه السلك: حيث إن مقاومة بعض المعادن كالألمنيوم مثلاً مُختلفة عن غيرها من المعادن، ولكل من هذه المعادن إيجابيات وسلبيات من ناحية التأثير على المقاومة.**

3- **درجة الحرارة: تزداد المُقاومة مع ارتفاع درجة حرارة السلك، وذلك بسبب اهتزاز الذرات الموجودة في السلك مما يجعل مرور التيار الكهربائي أكثر صعوبة. تختلف مقاومة بعض المواد باختلاف درجة الحرارة التي تتعرض لها , فهناك مواد كالنحاس مثلا تزداد مقاومتها بازدياد درجة الحرارة , وهناك مواد مثل الكاربون تقل مقاومتها بازدياد درجة الحرارة , وهناك مواد تبقى مقاومتها ثابتة تقريبا مهما اختلفت درجة الحرارة .**

4- **المساحة العرضية للسلك: كل ما زادت المساحة العرضية للسلك زادت عدد الإلكترونات المتدفقة مما يتسبب في خفض المقاومةمساحة المقطع تؤثر في شدة التيار , اذ تزداد مقاومة موصل بنقصان مساحة مقطعه..**

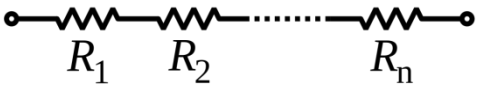
توصيل المقاومات

توصيل المقاومات على التوالي (series)

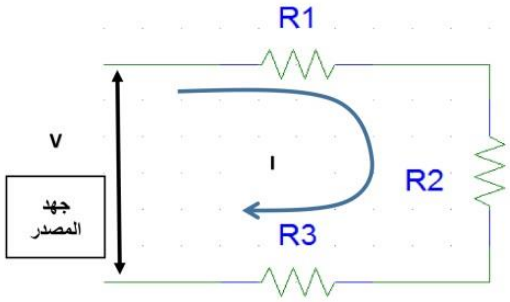
يمكن تعريف الربط على التوالي بانها طريقة ربط الاجزاء الكهربائية (المقاومات والمتسعات .....) بحيث يكون فيها تيار واحد يمر بكل اجزاء الدائرة بالتتابع .والفولتية الكلية المسلطة على الدائرة تكون مساوية للمجموع الجبري للفولتيات على كل مقاومة اي ان

$$I = I_1 = I_2 = I_n$$

$$V = V_1 + V_2 + \dots\dots\dots\dots + V_n$$



ولايجاد المقاومة المكافئة لثلاث مقاومات موصولة على التوالي مع مصدر للجهد كما موضحة في الشكل (14) .



ناخذ المجموع الجبري للتغيرات الحاصلة في الجهد عبر الدائرة المغلقة باتجاه التيار فنجد

$$V - IR_1 - IR_2 - IR_3 = 0$$

او

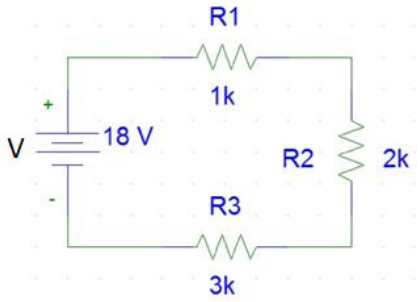
$$V = I(R_1 + R_2 + R_3)$$

اذا المقاومة المكافئة (equivalent resistance) للمقاومات الثلاثة هي المجموع الجبري للمقاومات الثلاثة اي ان

$$\boldsymbol{R_e = R_1 + R_2 + R_3} \qquad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \qquad (30)$$

مثال:وصلت المقاومات الثلاثة R1,R2,R3على التوالي مع مصدر جهد 18 فولت . احسب شدة التيارالمار في كل مقاومة وفرق الجهد على كل مقاومة .

الحل:



$$R_e = R_1 + R_2 + R_3$$
$$R_e = 1 + 2 + 3 = 6K\Omega$$

وحيث ان المقاومات موصولة على التوالي فان التيار المار في كل مقاومة هونفسه في كل مقاومة ويمثل التيار الرئيسي للدائرة

$$I = \frac{V}{R_e}$$
$$I = \frac{18}{6\times10^3} = 3mA$$

ولحساب فرق الجهد على المقاومات الثلاثه

فرق الجهد على المقاومة الأولى $V_1 = IR_1 = 3 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^3 = 3V$

فرق الجهد على المقاومة الثانية $V_2 = IR_2 = 3 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^3 = 6V$

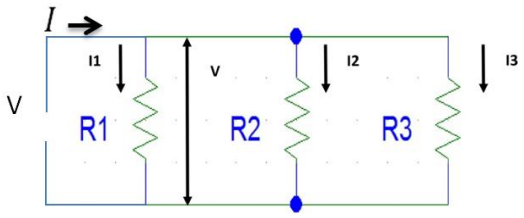
فرق الجهد على المقاومة الثالثة $V_3 = IR_3 = 3 \times 10^{-3} \times 3 \times 10^3 = 9V$

وللتاكد:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = 3 + 6 + 9 = 18V$$

توصيل المقاومات على التوازي (parallel)

يمكن تعريف التوصيل على التوازي بانها طريقة لتوصيل الاجزاء الكهربائية (المقاومات والمتسعات .....) بحيث تكون فيها الفولتية واحدة ومساوية لفولتية المصدربينما يكون توزيع التيار على المقاومات على حسب قيمتها حيث تتناسب قيمة التيار عكسيا مع قيمة المقاومة المار فيها.



$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\boldsymbol{V = V_1 = V_2 = V_3}$$

$$I_1 = \frac{V}{R_1}\ ,\ I_2 = \frac{V}{R_2}\ ,I_3 = \frac{V}{R_3}$$

$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} = V(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3})$$

$$\frac{I}{V} = (\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}) \quad \text{.....} \quad (31)$$

ولكن المقاومة المكافئة R_e لهذه المجموعة من المقاومات هي تلك المقاومة المنفردة التي يمكننا الاستعاضة بها عن هذه المقاومات بحيث تبقى قيمة التيار الكلي نفسها . لذلك فان

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

وبالتعويض في المعادلة (30) نحصل على ان

$$\boldsymbol{\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \quad \text{.....} \quad (31)$$

مثال: **وصلت المقاومات الثلاثة R1,R2,R3 على التوازي مع مصدر جهد 45 فولت كما موضح في الشكل التالي . احسب شدة التيار المار في كل مقاومة وفرق الجهد على كل مقاومة .**

الحل:

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

$$\frac{1}{R_e}=\frac{1}{25}+\frac{1}{70}+\frac{1}{85}=0.066$$

$$R_e = 15.15\Omega$$

$$I=\frac{v}{R_T}=\frac{45}{15.15}=2.79A$$

$$I_1=\frac{v}{R_1}=\frac{45}{25}=1.8A$$

$$I_2=\frac{v}{R_2}=\frac{45}{70}=0.643A$$

$$I_3=\frac{v}{R_3}=\frac{45}{85}=0.529A$$

$$V_1=I_1\times R_1=1.8\times 25=45$$
$$V=V_1=V_2=V_3=45V$$