Republic of Iraq
Ministry of Higher Education
and Scientific Research
Al-Mustaqbal University College
Computer Engineering Techniques Department

Subject: Fundamentals of Electrical Engineering

First Class

Lecture Two

By

Dr. Jaber Ghaib

MSc. Sarah Abbas

Resistors and Ohm's Law

١- المقاومة الكهربائية (Electric Resistance)

عندما يمر التيار الكهربائي خلال مسار معين تفقد الالكترونات الطاقة الدافعة (الجهد) التي تتحول معضمها الى حرارة ويمكن تفسير ذلك بما يحدثه الموصل (مسار التيار) من مقاومة في طريق الالكترونات.

وتعرف المقاومة (Resistance) على انها هي خاصية اعاقة مرور التيار الكهربائي في الموصل وتقاس قيمة المقاومة بوحدة الاوم (Ohm) نسبة للعالم الالماني اوم ويرمز لها بالرمز (Ω).

ان مقلوب المقاومة تعرف بالتوصيلية (conductance) ,(G) وان وحدة قياس التوصيلية هي سمنز (siemens)، s.

دائرة المقاوم هي الدائرة التي تبدد الطاقة الكهربائية (عادتاً على شكل حرارة).

ان المقاومة النوعية (المقاومية) Resistivity وهي خاصية للمادة، وتعتمد المقاومة الكهربائية لسلك الموصل على ثلاث عوامل:

١- نوع مادة الموصل ρ (حرف لاتيني رو)

٢- طول السلك (l) حيث تتناسب (R) طردياً مع (l).

٣- مساحة مقطع السلك (A) حيث تتناسب (R) عكسياً مع (A).

$$\because \quad R \propto l \quad , \quad R \propto \frac{1}{A}$$

ومنها $$R \propto \frac{l}{A}$$

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

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

وحدة قياس المقاومة النوعية هي (اوم. متر)$(\Omega.m)$.

Example 1:

Find the resistance of an aluminum wire that has a length of 1000 m and a diameter of 1.626 mm. The wire is at 20 C^0 with resistivity of $2.83*10^{-8}\Omega.m$

Solution:

$$A = \pi r^2$$

$$r = \frac{d}{2} = \frac{1.626*10^{-3}}{2} = 0.813*10^{-3}\,m$$

$$\because \rho = 2.83*10^{-8}\Omega.m$$

$$\therefore R = \rho\frac{l}{A} = 2.83*10^{-8}\,\frac{1000}{\pi\left(0.813*10^{-3}\right)^2} = 13.6\Omega$$

Example 2: A coil consists of 2000 turns of copper wire having a cross-sectional area of $0.8mm^2$. The mean length per turn is 80cm and the resistivity of copper is $0.02\mu\Omega - m$. Find the resistance of the coil and power absorbed by the coil when connect across 110V d.c. supply.

Solution:

Length of the coil, $l = 0.8 \times 2000 = 1600\,m$;

$A = 0.8\,mm^2 = 0.8 \times 10^{-6}\,m^2$.

$$R = \rho \frac{l}{A} = 0.02 \times 10^{-6} \times \frac{1600}{0.8} \times 10^{-6} = 40\ \Omega$$

$$power\ absorbed = \frac{V^2}{R} = \frac{110^2}{40} = 302.5\ W$$

Example 3:

(a) A rectangular carbon block has dimensions 1.0 cm * 1.0 cm * 50 cm.

i. What is the resistance measured between the two square ends?
ii. Between two opposing rectangular faces / Resistivity of carbon at 20^0 C is $3.5*10^{-5}$ Ω. m.

(b) A current of 5 A exists in a 10 Ω resistance for 4 minutes (i) how many coulombs and (ii) how many electrons pass through any section of the reisitoor in this time? Charge of the electron =$1.6*10^{-19}$ C.

Solution:

(a) (i) $R = \rho \frac{l}{A}$

Here, A=1*1=1 $cm^2 = 10^{-4}\ m^2$; l=0.5 m

R = $3.5 * 10^{-5}*0.5/10^{-4} = 0.175\ \Omega$

(ii) Here, l= 1 cm ; A=1*50=50 $cm^2 = 5* 10^{-3}\ m^2$

R = $3.5 * 10^{-5} * 10^{-2}/(5 * 10^{-3}) = 7 * 10^{-5}\ \Omega$

(b) (i) Q = I t = 5 * (4* 60) = 1200C

(ii) $$n = \frac{Q}{e} = \frac{1200}{1.6*10^{-19}} = 75 * 10^{20}$$

وبما ان مقاومة الموصل تعتمد على درجة الحرارة ارتفاعاً وانخفاضاً فان العلاقة بين شدة التيار الكهربائي (I) وفرق الجهد (V) تكون غير خطية، والحقيقة ان التغيير في درجة الحرارة يسبب تغيراً في المقاومة النوعية وفق المعادلة التالية:

$$R = R_0(1 + \alpha\Delta T)$$

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha\Delta T)$$

حيث ان (R) و (ρ) المقاومة النوعية والمقاومة عند درجة الحرارة الجديدة على التوالي.

(R_0) و(ρ_0)المقاومة النوعية والمقاومة عند درجة الحرارة المعلومة.

α : معامل المقاومة النوعية ووحدته $[1/C^0]$ او $[1/k^0]$.

ΔT :التغير في درجة الحرارة $(T_2\text{-}T_1)$ ووحدته $[C^0]$ او $[k^0]$.

Example 4: A coil of copper wire has a resistance of 100Ω when its temperature is 0 C^0. Determine its resistance at 70 C^0 if the temperature coefficient of resistance of copper at 0 C^0 is 0.0043/C^0.

Solution:

$$R_{70} = R_0(1 + \alpha_0\Delta T)$$

$$R_{70} = 100(1 + 0.0043 * 70)$$

$$= 100(1 + 0.301) = 130.1\Omega$$

Example 5: A platinum coil has a resistance of 3.146 Ω at 40^0 C and 3.767 Ω at 100^0C. Find the resistance at 0^0C .

Solution. $R_{100} = R_0 (1 + 100\,\alpha_0)$ ...(*i*)

$R_{40} = R_0 (1 + 40\,\alpha_0)$ ...(*ii*)

$\therefore \quad \frac{3.767}{3.146} = \frac{1+100\,\alpha_0}{1+40\,\alpha_0}$ or $\alpha_0 = 0.00379$ or 1/264 per°C

From (*i*), we have $3.767 = R_0 (1 + 100 \times 0.00379) \quad \therefore R_0 = \mathbf{2.732\ \Omega}$

Example 6: A potential difference of 250 V is applied to a field winding at 15^0C and the current is 5 A. what will be the mean temperature of the winding when current has fallen to 3.91 A, applied voltage being constant.

Assume $\alpha_{15} = 1/254.5$

Solution. Let R_1 = winding resistance at 15°C; R_2 = winding resistance at unknown mean temperature t_2°C.

$\therefore \quad R_1 = 250/5 = 50\ \Omega;\ R_2 = 250/3.91 = 63.94\ \Omega$

Now $R_2 = R_1 [1 + \alpha_{15} (t_2 - t_1)] \quad \therefore 63.94 = 50\left[1 + \frac{1}{254.5}(t_2 - 15)\right]$

$\therefore \quad t_2 = \mathbf{86°C}$

Example 7: A coil of copper wire has resistance of 90 Ω at 20^0 C and is connected to a 230V supply. By how much the voltage will be increased in order to maintain the current constant if the temperature of the coil rises to 60^0 C? Take the temperature coefficient of resistance of copper as 0.00428 from 0^0C.

Solution. As seen from Art. 1.10

$$\frac{R_{60}}{R_{20}} = \frac{1+60\times0.00428}{1+20\times0.00428} \quad \therefore R_{60} = 90 \times 1.2568/1.0856 = 104.2\ \Omega$$

Now, current at 20°C = 230/90 = 23/9 A

Since the wire resistance has become 104.2 Ω at 60°C, the new voltage required for keeping the current constant at its previous value = 104.2 × 23/9 = 266.3 V

∴ increase in voltage required = 266.3 −230 = **36.3 V**

Q1: the resistivity of a ferric-chromium-aluminum alloy is $51*10^{-8}$ Ω − m. A sheet of the material is 15 cm long, 6 cm wide and 0.014 cm thick. Determine resistance between (a) opposite ends and (b) opposite sides.

Ans.($9.1*10^{-3}$ Ω, $79.3*10^{-10}$ Ω).

Q2: Two coils connected in series have resistance of 600 Ω and 300 Ω with tempt. coeff. Of 0.1% and 0.4% respectively at 20^0 C. Find the resistance of the combination at a tempt. Of 50^0 C. What is the effective tempt. coeff. Of combination?

Ans. (954 Ω, 0.002)

Q3: A coil has a resistance of 18 Ω when tis mean temperature is 20^0 C and of 20 Ω when its mean temperature is 50^0 C. Find its temperature rise when its resistance is 21 Ω and the surrounding temperature is 15^0 C.

Ans.(50^0 C)

Q4: In a test to determine the resistance of a single-core cable, an applied voltage of 2.5 V was necessary to produce a current of 2A in it at 15^0 C.

(a) Calculate the cable resistance at 55^0 C if the temperature coefficient of resistance of copper at 0^0 C is 1/235 per^0 C.

(b) If the cable under working conditions carries a current of 10A at this temperature, calculate the power dissipated in the cable.

Ans. [(a) 1.45 Ω, (b)145W]

٢- قانون اوم

كما ذكر سابقاً ان المقاومة في الدائرة الكهربائية تعيق مرور التيار في الموصل وباستخدام هذه الخاصية قام العالم أوم بإجراء بعض التجارب على الدوائر الكهربائية ووجد بالتجربة ان مرور التيار في دائرة ما يعتمد على قيمة المقاومة في الدائرة وعلى فرق الجهد بين طرفي المقاومة. ولقد بينت هذه التجارب ان هذه العلاقة هي علاقة خطية اي ان بزيادة قيمة المقاومة يكون مقدار النقص في التيار مماثلاً، والعكس صحيح ايضاً.

$$V \propto I$$

اي انه هنالك علاقة طردية بين التيار والجهد

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

والقانون السابق هو قانون أوم وينص على :

ان التيار المار في دائرة يتناسب طردياً مع فرق الجهد عكسياً مع المقاومة. وهو من اهم القوانيين حيث يعتمد عليه في تحليل الدوائر الكهربائية.

$$V = IR$$

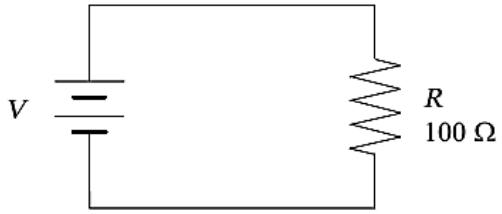
و

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

$$P = VI = I^2R = \frac{V^2}{R}$$

وكذلك $$P = VI = V^2G = \frac{I^2}{G}$$

وباستخدام دائرة بسيطة تتكون من مقاومة مقدارها ١٠٠ أوم ومصدر فولطية كما في الشكل التالي



وبزيادة فرق الجهد بصورة تدريجية ثم نقوم بقياس التيار المار في الدائرة. مما سبق يمكننا عمل الجدول التالي:

R=100 Ω

V	I
10	1
20	2
30	3
40	4
50	5

60	6
70	7
80	8
90	9
100	10

ثم نقوم برسم العلاقة التالية بين التيار والجهد حيث يكون التيار هو الاحداثيات الصادية والجهد هو الاحداثيات السينية.