

الأجهزة والقياسات الكهربائية

القياسات بأجهزة الملف المتحرك

الوحدة الأولى: القياسات بأجهزة الملف المتحرك

الجدارة :

الإلمام بتركيب وبكيفية استخدام أجهزة القياس التناظرية ومنها أجهزة الملف المتحرك وأجهزة الحديدة المتحركة و كيفية توصيلها في الدائرة وكيفية أخذ القراءات

الأهداف:

عند الانتهاء من هذه الوحدة يتمكن المتدرب بإذن الله من:

١. معرفة أنواع المقاومات وكيفية قراءة كود الألوان.
٢. توصيل المقاومات توالياً وتوازياً وتحقيق قوانين كيرشوف للجهود وللتيارات.
٣. وصف تركيب أجهزة الملف المتحرك وأجهزة الحديدة المتحركة.
٤. المقارنة بين أجهزة الملف المتحرك وأجهزة الحديدة المتحركة.
٥. كيفية أخذ القراءات بطريقة صحيحة على الأجهزة التناظرية.
٦. كيفية استخدام جهاز الملف المتحرك لقياسات التيار المستمر والمتردد.
٧. قياس المقاومة الداخلية للجهاز.
٨. توصيل الجهاز لقياس التيار.
٩. توسيع مدى قياس التيار باستخدام مقاومات صغيرة على التوازي.
١٠. توصيل الجهاز لقياس الجهد.
١١. توسيع مدى قياس الجهد باستخدام مقاومات كبيرة على التوالي.
١٢. استخدام الجهاز لقياس المقاومة (قياس الجهد والتيار).

مستوى الأداء المطلوب: أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارت بنسبة 80%

الوقت المتوقع للتدريب: 24 ساعة.

المقاومة الكهربائية

تتكون الدائرة الكهربائية من عناصر فعالة (active elements) مثل مصدر الجهد ، ومصدر التيار ، والعناصر الإلكترونية مثل الترانزستور ومكبر العمليات (Operational amplifier) والأخرى غير الفعالة (passive elements) مثل المقاومة والملف والمكثف.

قياس المقاومة الكهربائية: تعتبر المقاومة من أهم عناصر الدائرة الكهربائية حيث يتم عن طريقها التحكم في التيار والجهد في الدائرة. وللمقاومة عدة مواصفات مثل القيمة والقدرة ومادة الصنع ونسبة التفاوت والشكل و هل هي ثابتة أم متغيرة القيمة الشكل (1).

يرمز للمقاومة الكهربائية بالرمز R وتقاس بجهاز الأوميتر ووحدة قياسها هي الأوم (Ω). والمقاومات الكبيرة تقاس بالكيلوأوم ($k\Omega$) أو الميجا أوم ($M\Omega$). وتوصف المقاومة الكهربائية بقيمتها وكذلك بقدرتها الكهربائية. فمثلاً يقال المقاومة 100Ω ، $2W$ وهذا يعني أن قيمة المقاومة 100Ω وتحمل قدرة كهربائية $2W$. وهذا يمكننا من معرفة أقصى تيار تتحمله المقاومة حتى لا تتلف . ويوجد على سطح المقاومة ألوان تمكن المستخدم من معرفة قيمتها وكذلك دقتها أو نسبة التفاوت فيها. ويمكن قراءة قيمة المقاومة من تعلم كود الألوان.



الشكل (1) بعض أشكال وأحجام المقاومات

تعريفات هامة للمقاومة:

- (أ) المقاومة : يعبر عن القيمة المطلوبة بالأوم أو الكيلوأوم أو الميجا أوم .
 (ب) القدرة: هي القدرة القصوى التي تبديها المقاومة ، ويمكن حسابها من خلال المعادلة:

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

- (ج) التفاوت (أو الدقة): هو الانحراف الأقصى المسموح به عن القيمة المقروءة (ويعبر عنه كنسبة مئوية من قيمة المقاومة %) ويكون بالزيادة أو بالنقصان.

أنواع المقاومات :

١- المقاومة الكربونية : Carbon Resistor

عبارة عن قضيب من السيراميك يرسب عليه مسحوق من الكربون و كلما زادت كمية الكربون قلت قيمة المقاومة يفضل استخدامها لأنها أصغر في الحجم وتكلفة صناعيتها قليلة و دائماً تكون مقاومات ثابتة بصفة دائمة.

٢- المقاومة السلكية : Wire-wound resistor

عبارة عن سلك طويل عادة من النيكل كروم ويلف على قالب من السيراميك وتكون أكثر استقراراً وأكثر دقة من المقاومات الكربونية. و يوجد منها نوعان أ- مقاومة ثابتة ب- مقاومة متغيرة

٣- المقاومة الحرارية : Thermostat

هي المقاومة حساسة لدرجة الحرارة. وكلما زادت درجة الحرارة قلت قيمة المقاومة .

٤- المقاومة الضوئية : Photo resistor

تصنع من مادة حساسة للضوء مثل "Cadmium sulfide" وكلما زاد مستوى الضوء كلما قلت قيمة المقاومة .

٥- المقاومات المتغيرة : Variable resistors

تستخدم للحصول على قيمة متغيرة من المقاومة. و هذه المقاومات تسمى Potentiometers وهي تكون جزء من اللفة أو لفة كاملة أو عدة لفات. و تتوفر المقاومات المتغيرة في أشكال مختلفة ، وأكثرها شيوعاً هي مجزئات الجهد ذوات المسارات الكربونية ومقاييس فرق الجهد ذوات الأسلاك الملفوفة.

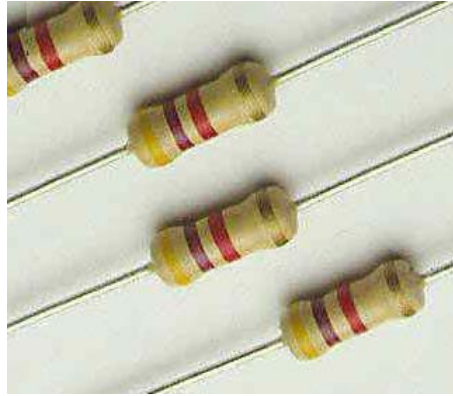
تحديد قيمة المقاومة باستخدام كود الألوان

ترسم على المقاومات الكربونية و المقاومات السلكية خطوط لونية تشير إلى قيمتها وتفاوتها. وهناك طريقتان معتمدتان في الترميز اللوني وهما : المقاومات الرباعية النطاقات اللونية و المقاومات خماسية النطاقات اللونية.

١- المقاومات الرباعية النطاقات اللونية :-

- النطاق الأول والثاني توضع له أرقام حسب اللون كما في الجدول التالي.
- النطاق الثالث (معامل الضرب) وفيه نضع عدداً من الأصفار يساوي الرقم المناظر للون كما في الجدول.

- النطاق الرابع (نسبة التفاوت) ويكون 5% للون الذهبي ، 10% للون الفضي ، و 20% عند عدم وجود اللون كما في الجدول. الشكل (2) يبين الشكل المقاومات الرباعية النطاق.

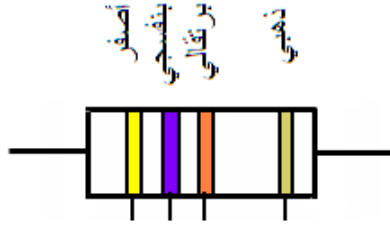


الشكل (2) المقاومات الرباعية النطاقات اللونية

كود المقاومات الرباعية النطاق:

النطاق اللون	الأول	الثاني	الثالث (معامل الضرب)	الرابع (التفاوت)
Black أسود	0	0	1	-
Brown بني	1	1	10	$\pm 1\%$
Red أحمر	2	2	100	$\pm 2\%$
Orange برتقالي	3	3	1,000	-
Yellow أصفر	4	4	10,000	-
Green أخضر	5	5	100,000	-
Blue أزرق	6	6	1,000,000	-
Violet بنفسجي	7	7	10,000,000	-
Gray رمادي	8	8	100,000,000	-
White أبيض	9	9	1,000,000,000	-
Gold ذهبي	-	-	0.1	$\pm 5\%$
Silver فضي	-	-	0.01	$\pm 10\%$
No Color لا لون	-	-	-	$\pm 20\%$

مثال:

الشكل (3) المقاومة $47 \text{ k}\Omega$ بنسبة تفاوت $\pm 5\%$

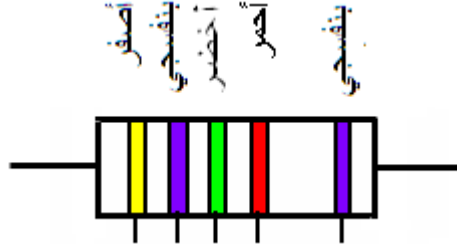
٢- المقاومات خماسية النطاقات اللونية :-

- النطاق الأول والثاني والثالث وفيه توضع حسب اللون كما في الجدول التالي.
- النطاق الرابع (معامل الضرب) وفيه نضع عدداً من الأصفار يساوي الرقم المناظر للون كما في الجدول.
- النطاق الخامس (نسبة التفاوت) ويكون كما في العمود الأخير في الجدول. وتكون المقاومات خماسية النطاق عادةً أكثر دقة من المقاومات الرباعية النطاق.

كود المقاومات خماسية النطاق:

الخامس (التفاوت)	الرابع (معامل الضرب)	الثالث	الثاني	الأول	النطاق اللون
-	1	0	0	0	Black أسود
$\pm 1\%$	10	1	1	1	Brown بني
$\pm 2\%$	100	2	2	2	Red أحمر
-	1,000	3	3	3	Orange برتقالي
-	10,000	4	4	4	Yellow أصفر
$\pm 0.5\%$	100,000	5	5	5	Green أخضر
$\pm 0.25\%$	1,000,000	6	6	6	Blue أزرق
$\pm 0.1\%$	10,000,000	7	7	7	Violet بنفسجي
$\pm 0.05\%$	100,000,000	8	8	8	Gray رمادي
-	1,000,000,000	9	9	9	White أبيض
$\pm 5\%$	0.1	-	-	-	Gold ذهبي
$\pm 10\%$	0.01	-	-	-	Silver فضي
$\pm 20\%$	-	-	-	-	No Color لا لون

مثال:



الشكل (2) المقاومة 47.5 kΩ بنسبة تفاوت $\pm 0.1 \%$

توصيل المقاومات في الدائرة الكهربائية

توصل المقاومات في الدائرة الكهربائية بعدة طرق منها التوالي والتوازي والطريقة المركبة وهي التوالي مع التوازي في دائرة واحدة.

توصيل التوالي: توصل المقاومات بالتوالي لزيادة قيمة المقاومة الكلية للدائرة ولزيادة الحمل الدائرة للجهد. وفي هذه الحالة يمر نفس التيار في جميع المقاومات بينما يتم تقسيم الجهد على المقاومات. وتتناسب قيمة الجهد الواقع على المقاومة طردياً مع قيمتها، فكلما ارتفعت قيمة المقاومة زاد الجهد الواقع عليها في الدائرة. أي في توصيل التوالي يكون التيار ثابتاً بينما يتم توزيع الجهد على المقاومات.

توصيل التوازي: توصل المقاومات على التوازي لتقليل قيمة المقاومة الكلية ولزيادة الحمل الدائرة للتيار. وفي هذه الحالة تتحمل جميع المقاومات نفس الجهد بينما يتم تقسيم التيار على المقاومات. وتتناسب قيمة التيار المار في المقاومة عكسياً مع قيمتها، فكلما ارتفعت قيمة المقاومة قل التيار المار فيها. أي في توصيل التوازي يكون الجهد ثابتاً على المقاومات بينما يتم توزيع التيار.

التوصيل المركب: توصل المقاومات على التوالي والتوازي معاً في نفس الوقت. وفي هذه الحالة يتم تقسيم الجهد والتيار كما سبق.

التجربة الأولى

توصيل المقاومات على التوالي وتحقيق قانون كيرشوف للجهود

الهدف من التجربة : كيفية توصيل المقاومات على التوالي والتأكد من تطابق الجهود المقاسة مع الجهود المحسوبة من قانون كيرشوف للجهود.

فكرة التجربة : توصيل المقاومات على التوالي يزيد من قيمة المقاومة الكلية للدائرة. فالمقاومة الكلية للدائرة تساوي المجموع الجبري للمقاومات:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 \quad (1)$$

وتكون قيمة التيار المار في الدائرة ثابتة لجميع المقاومات وتساوي قيمة الجهد الكلي مقسوماً على المقاومة الكلية:

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

ويتوزع الجهد الكلي للمصدر على المقاومات ويكون فقد الجهد على كل المقاومة متناسباً طردياً مع قيمة المقاومة:

$$\begin{aligned} V_1 &= I \times R_1 \\ V_2 &= I \times R_2 \\ V_3 &= I \times R_3 \end{aligned} \quad (3)$$

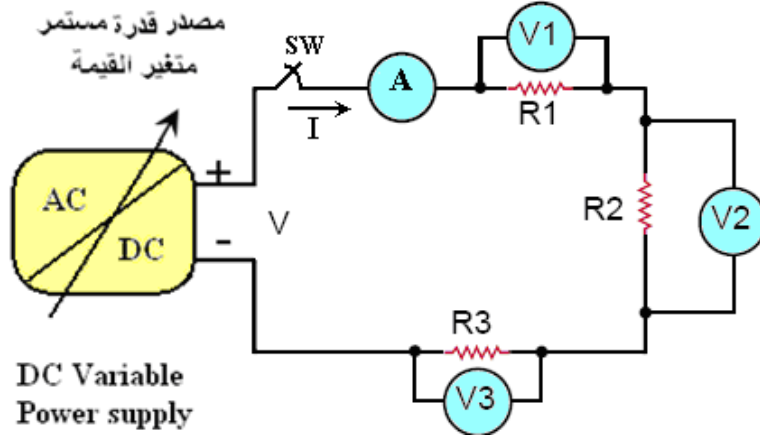
والمطلوب في هذه التجربة تحقيق قانون كيرشوف للجهود وهو: المجموع الجبري للجهود المفقود على المقاومات يساوي جهد المصدر:

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 \quad (4)$$

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة مستمر متغير الجهد (0-15V).
- ثلاثة فولتميتر لقياس الجهد المستمر وأميتر واحد لقياس التيار المستمر.
- مقاومات ثابتة $R_1 = 1k\Omega$ و $R_2 = 3.9k\Omega$ و $R_3 = 5.1k\Omega$ ، جميع المقاومات 0.25W أو أكثر.
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

الدائرة المستخدمة:



الشكل (1) توصيل المقاومات على التوالي

خطوات العمل:

- ١- صل الدائرة كما هو موضح في الشكل (1) مع ضبط الجهد المستمر على 10V.
- ٢- قم بفتح المفتاح وسجل قراءات الأجهزة في الجدول (1).
- ٣- استخدم كود الألوان لحساب قيم المقاومات ثم احسب التيار من المعادلة (2) وسجلها في الجدول.
- ٤- قم بحساب الجهود على المقاومات من المعادلة (3) وسجلها في الجدول.
- ٥- حقق قانون كيرشوف للجهود بمقارنة مجموع الجهود على المقاومات مع جهد المصدر.
- ٦- قارن بين القيم المقاسة والمحسوبة وسجل ملاحظاتك على النتائج.

النتائج:

V	V ₃	V ₂	V ₁	I	R _t	
						القيم المقاسة
						القيم المحسوبة
						تطابق النتائج (نعم/لا)

جدول (1)

الملاحظات والاستنتاجات:

التجربة الثانية

توصيل المقاومات على التوازي وتحقيق قانون كيرشوف للتيار

الهدف من التجربة : كيفية توصيل المقاومات على التوازي والتأكد من تطابق التيارات المقاسة مع التيارات المحسوبة من قانون كيرشوف للتيار.

فكرة التجربة : توصيل المقاومات على التوازي يقلل من قيمة المقاومة الكلية للدائرة. فالمقاومة الكلية للدائرة تحسب من القانون:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (1)$$

ويتوزع التيار الكلي للدائرة على المقاومات بنسب عكسية مع قيمة كل مقاومة. فالتيار المار في المقاومة يتناسب عكسياً مع قيمة المقاومة:

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{V}{R_1} \\ I_2 &= \frac{V}{R_2} \\ I_3 &= \frac{V}{R_3} \end{aligned} \quad (2)$$

وتكون قيمة الجهد على المقاومات ثابتة وتساوي قيمة الجهد الكلي للدائرة. بينما يكون التيار الكلي في الدائرة عبارة عن مجموع التيارات المختلفة في الدائرة:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad (3)$$

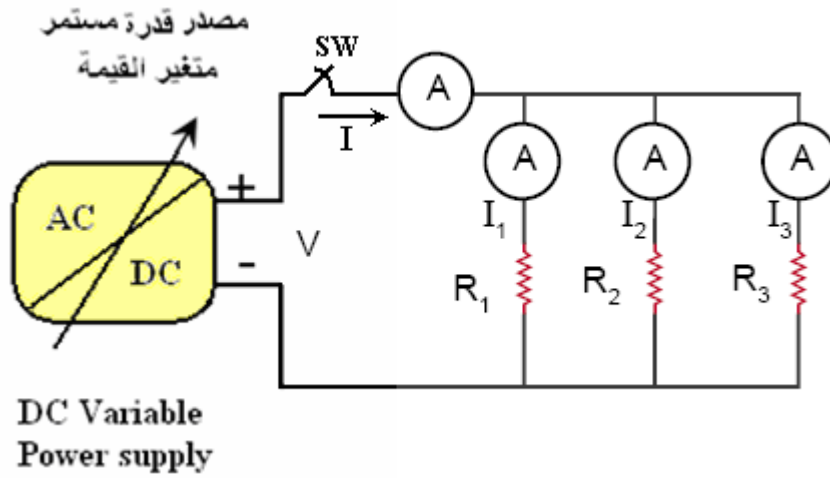
والمطلوب في هذه التجربة تحقيق قانون كيرشوف للتيار وهو: المجموع الجبري للتيارات الداخلة إلى نقطة ما يساوي المجموع الجبري للتيارات الخارجة منها.

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 \quad (4)$$

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة مستمر متغير الجهد (0-15V).
- أربعة أجهزة أميتر لقياس التيار المستمر.
- مقاومات ثابتة $R_1 = 1k\Omega$ و $R_2 = 3.9k\Omega$ و $R_3 = 5.1k\Omega$ ، جميع المقاومات 0.25W أو أكثر.
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

الدائرة المستخدمة:



الشكل (1) توصيل المقاومات على التوازي

خطوات العمل:

- ١- صل الدائرة كما هو موضح في الشكل (1) مع ضبط الجهد المستمر على 10V.
- ٢- قم بغلق المفتاح وسجل قراءات الأجهزة (التيارات) في الجدول (1).
- ٣- استخدم كود الألوان لحساب قيم المقاومات ومن المعادلة (1) احسب R_t وسجلها في الجدول.
- ٤- احسب التيارات من المعادلة (2) و(3) وسجلها في الجدول.
- ٥- حقق قانون كيرشوف للتيار بمقارنة مجموع التيارات في الأفرع المختلفة مع التيار الكلي.
- ٦- قارن بين القيم المقاسة والمحسوبة وسجل ملاحظاتك على النتائج.

النتائج:

I	I_3	I_2	I_1	R_t	
					القيم المقاسة
					القيم المحسوبة
					تطابق النتائج (نعم/لا)

جدول (1)

الملاحظات والاستنتاجات:

القياس بالأجهزة التناظرية

مما يعتمد التقدم العلمي والتكنولوجي عليه لأي مقدمة أمة على مقدرتها على القياس والمعايرة ومن ثم تحديد وقياس الكميات المجهولة. ومما يرتبط به نجاح أي مهندس أو فني قدرته على القياس الدقيق للكميات المجهولة و المقدرة على التحليل الدقيق لأداء أي دائرة واكتشاف عيوبها وإصلاحها. وتوجد ثلاث وسائل لقياس الكميات المجهولة وهي:

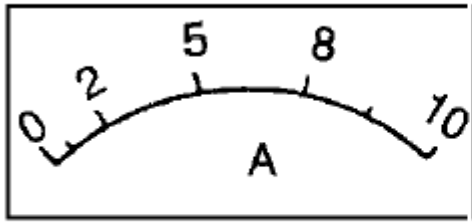
- ١- الوسيلة الميكانيكية: وهي تحويل الكميات المجهولة إلى إشارة محسوسة بوسيلة ميكانيكية كمقياس الضغط للسوائل والغازات وقياس الكتلة.
 - ٢- الوسيلة الكهربائية أو التناظرية: كقياس التيار والجهد باستخدام أجهزة القياس التناظرية.
 - ٣- الوسيلة الإلكترونية: وهي وسيلة حساسة جداً للقياس نظراً لدرجة التكبير العالية الموجودة بالمكونات الإلكترونية كالفولتميتر الرقمي.
- وتعتبر الوسيلة الإلكترونية أفضل الوسائل من الناحية العملية للتسجيل والقياس نظراً لدقتها وحساسيتها العالية وسرعة استجابتها وسهولة قراءتها ومرونتها للاستخدام المتعدد خاصة عندما تستخدم مع أجهزة الحماية والتحكم.

تتركب أجهزة القياس التناظرية من ثلاثة عناصر أساسية:

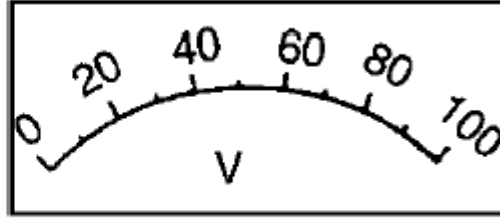
- ١- عنصر الحركة: وهو العنصر الذي يولد القوة الميكانيكية والتي تنشأ نتيجة مرور التيار أو نتيجة الجهد والذي يسبب انحراف المؤشر.
- ٢- عنصر التحكم: وهو العنصر الذي يولد قوة ميكانيكية تعادل قوة الانحراف التي يولدها عنصر الحركة. وتسبب توقف المؤشر عند قيم القراءات التي تناظر القيم المقاسة كما تسبب عودة المؤشر لنقطة الصفر عند زوال التيار أو الجهد المسبب للحركة.
- ٣- عنصر المضاعلة: وهو العنصر الذي يولد قوة المضاعلة التي تجعل المؤشر يصل إلى موضعه النهائي للقراءة بدون التآرجح حول نقطة القراءة. ويوجد منه ثلاثة أنواع:
 - أ- المضاعلة بالتيارات الدوامية.
 - ب- المضاعلة بضغط الهواء.
 - ج- المضاعلة بضغط السوائل.

ويوجد نوعان من التدرج:

- ١- تدرج خطي: حيث يقسم التدرج أقسام متساوية لقيم متساوية من القراءات شكل (١ - أ).
- ٢- تدرج غير خطي: حيث يقسم التدرج إلى أقسام غير متساوية لقيم متساوية من القراءات، وأحياناً يبدأ التدرج بأقسام متسعة ثم يكون مضغوطاً في نهاية التدرج (مثل تدرج الأوميتير)، أو العكس شكل (١ - ب).



(ب) تدرج غير خطي



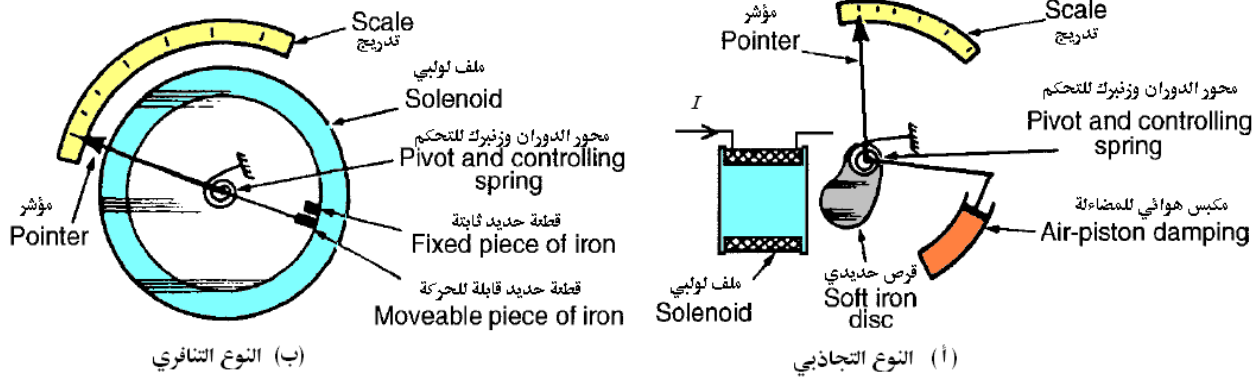
(أ) تدرج خطي

الشكل (1) أنواع التدرج للأجهزة التناظرية.

أجهزة الملف ذي الحديد المتحركة:

تعتمد أجهزة الحديد المتحركة على مبدأ التناظر والتجاذب بين المجالات المغناطيسية. حيث يتم مغنطة ملف بمرور تيار كهربائي به فيؤثر على قطعة أو قطعتين من الحديد فيؤدي إلى التجاذب أو التناظر. وتنقسم هذه الأجهزة إلى نوعين:

- ١- النوع التجاذبي: وبه ملف كهربائي موضوع بالقرب منه قطعة من الحديد قابلة للحركة مركبة على زنبرك ومتصلة بمؤشر. فعندما يمر التيار الكهربائي في الملف ينشأ مجال مغناطيسي داخل الملف فيجذب قطعة الحديد المتحركة فتتحرف عن مكانها مسببة حركة المؤشر على التدرج كما هو موضح بالشكل (2-أ).
- ٢- النوع التناظري: يتكون من قطعتين من الحديد موضوعتين داخل ملف كهربائي. القطعتان متجاورتان إحداها ثابتة والأخرى قابلة للحركة تحمل مؤشر ومتصلة بزنبرك. وعند مرور التيار الكهربائي في الملف تتمغنط القطعتان بنفس القطبية مما يؤدي إلى تناظرهما. وتتحرك قطعة الحديد القابلة للحركة مبتعدة عن القطعة الثابتة ومسببة حركة المؤشر على التدرج كما هو موضح بالشكل (2-ب).



الشكل (2) تركيب أجهزة الملف ذي الحديد المتحركة.

جهاز الجلفانوميتر ذي الملف المتحرك:

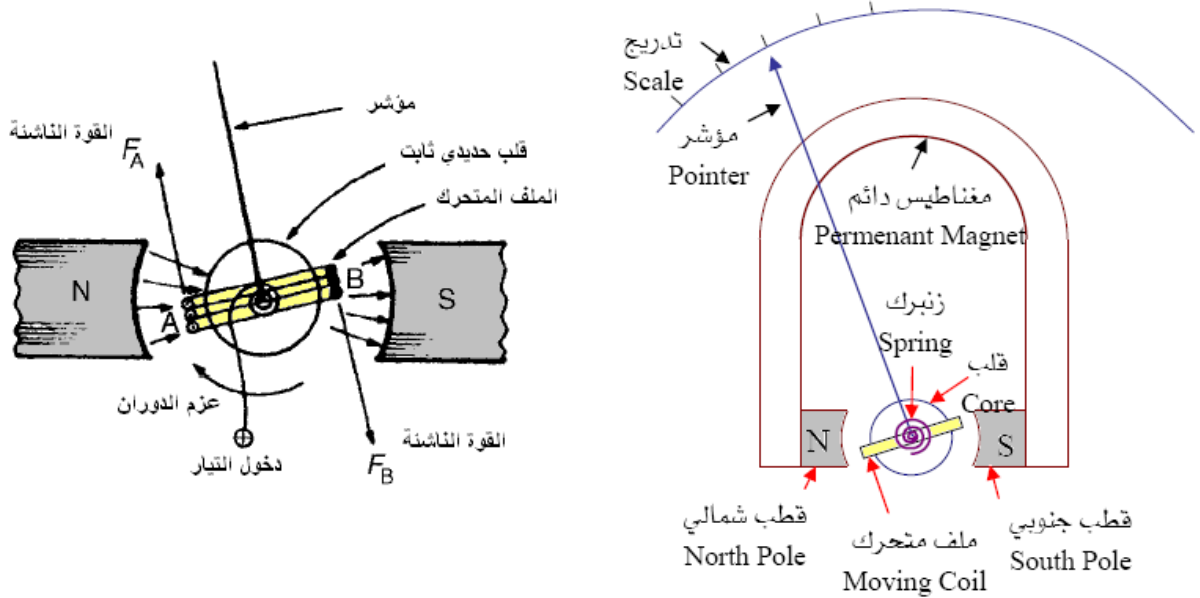
جهاز الجلفانوميتر ذي الملف المتحرك - ويسمى أيضاً جهاز دارسونفال ذي الملف المتحرك (D' Arsonval meter movement) - يستخدم أساساً لقياس التيار المستمر ذي الشدة الصغيرة جداً، مما يعني أنه جهاز حساس يستخدم للكشف عن التيارات المستمرة الصغيرة مثل استخدامه للكشف عن اتزان القناطر الكهربائية. ويعتبر جهاز الجلفانوميتر ذي الملف المتحرك حجر الأساس الذي يبنى عليه عمل أجهزة القياس التناظرية مثل أجهزة قياس التيار والجهد والمقاومة والقدرة... إلخ وذلك بإضافة مقاومات توازي أو توالٍ نسميها عادة بالمقاومات الضاربة (multipliers) لإطالة مدى القياس لتلك الأجهزة. كما يزود الجهاز بتدرج يتناسب مع قيمة ونوع الكمية المراد قياسها.

وصف الجهاز: تعتمد نظرية عمل الجلفانوميتر ذي الملف المتحرك على التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي. ويتركب الجهاز من ملف (يمر فيه التيار المراد قياسه) يوضع حر الحركة بين قطبي مغناطيس دائم ويتصل الملف بمؤشر يتحرك على تدرج به مرآه وذلك ضد قوة فعل زنبرك. وعند مرور التيار في الملف تنشأ قوة ضد قوة فعل الزنبرك تعطى بالعلاقة:

$$F = BLI \quad \text{Newton}$$

فاذا كانت كثافة الفيض B ثابتة (مغناطيس دائم)، وكانت L ثابتة لثبات طول الملف، فإن القوة المغناطيسية الناشئة في الملف F تتناسب مع التيار I المار في الملف. أي أن القوة الناشئة ومن ثم انحراف المؤشر يتناسب طردياً مع التيار المار بالملف. في أجهزة الملف المتحرك، يوضع الملف في الثغرة الهوائية بين قطبي مغناطيس دائم على الشكل حذوة الفرس كما هو موضح في الشكل (3).

وَيَدْخُلُ التَّيَّارُ لِلْمَلْفِ عِبْرَ شَرِيحَتَيْنِ مِنَ الْفُوسْفُورِ الْبَرُونَزِيِّ الْمَلْفُوفَتَيْنِ عَلَى هَيْئَةِ زَنْبَرِكَ عَكْسَ بَعْضُهُمَا وَذَلِكَ لِتَقْلِيلِ تَأْثِيرِ التَّغْيِيرَاتِ الْحَرَارِيَّةِ عَلَى الْقَرَاءَةِ وَلِتَقْلِيلِ اهْتِزَازَاتِ الْمَوْشَرِّ وَأَيْضًا لِإِرْجَاعِ الْمَوْشَرِّ لِلصُّفْرِ فِي حَالَةِ عَدَمِ مَرُورِ تَيَّارٍ.



(ب) نظرية العمل

(أ) التركيب

الشكل (3) تركيب و نظرية عمل الجلفانوميتر ذي الملف المتحرك.

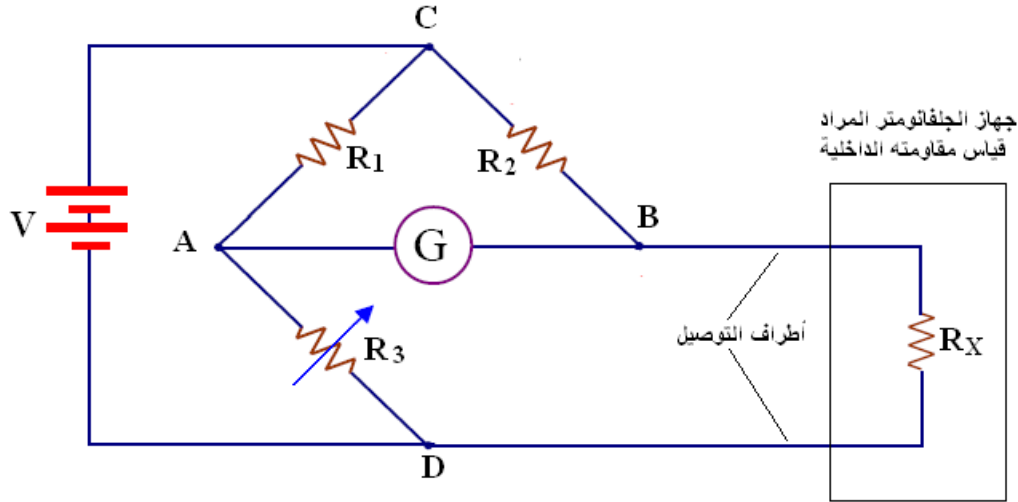
جهاز الجلفانوميتر ذي الملف المتحرك المزود بمقاوم:

يُسْتَعْمَلُ جِهَازُ الْجُلْفَانُومِيْتَرِ ذِي الْمَلْفِ الْمَتَحَرِّكِ لِقِيَاسِ التَّيَّارِ الْمُسْتَمِرِّ وَلِتَعْدِيلِهِ لِيَصْلُحَ لِقِيَاسِ التَّيَّارِ الْمَتَرَدِّ يَزُودُ بِمَقَاوِمٍ إِمَّا نِصْفَ مَوْجَةٍ أَوْ مَقَاوِمٍ مُوجِي كَامِلٍ كَمَا سَنَرَى فِي التَّجَارِبِ الْقَادِمَةِ. وَيَتِمُّ إِضَافَةُ مَقَاوِمَاتٍ لِإِطَالَةِ الْمَدَى كَمَا فِي حَالَةِ التَّيَّارِ الْمُسْتَمِرِّ. كَمَا يَتِمُّ مَعَايِرَةُ الْجِهَازِ لِقِيَاسِ الْقِيَمَةِ الْفَعَالَةِ إِمَّا لِلجَهْدِ أَوْ لِلتَّيَّارِ الْمَتَرَدِّ.

تَحْدِيدُ الْمَقَاوِمَةِ الْدَاخِلِيَّةِ لِجِهَازِ الْجُلْفَانُومِيْتَرِ ذِي الْمَلْفِ الْمَتَحَرِّكِ:

مِنَ الْمُهْمِ عِنْدَ التَّعَامُلِ مَعَ أَجْهَازَةِ الْمَلْفِ الْمَتَحَرِّكِ مَعْرِفَةُ الْمَقَاوِمَةِ الْدَاخِلِيَّةِ لِلجِهَازِ (R_m) وَكَذَلِكَ التَّيَّارِ الْأَقْصَى لِلانْحِرَافِ (I_{fs}) وَذَلِكَ حَتَّى نَتِمَكَّنَ مِنْ حِسَابِ الْمَقَاوِمَةِ الْمُضَافَةِ تَوْزِائاً أَوْ تَوَالِياً مَعَ الْجِهَازِ وَذَلِكَ لِإِطَالَةِ مَدَى الْقِيَاسِ.

ولتحديد المقاومة الداخلية للجهاز يمكن استخدام أي من قناطر القياس مثل قنطرة ويتستون الشكل (4) كما سندرسها فيما بعد. وهناك طرق أخرى سنعرفها مع التجربة الأولى لاستخدام الجهاز.



الشكل (4) كيفية تحديد المقاومة الداخلية لجهاز الجلفانوميتر

كيفية أخذ القراءات بطريقة صحيحة على الأجهزة التناظرية:

١. يتم وضع الجهاز بصورة صحيحة، أفقياً إذا كان جهازاً معملياً، أو رأسياً إذا كان جهازاً حائطي.
٢. قبل استعمال الجهاز يجب فهم استخداماته وطريقة توصيله من قبل المدرب أو كتيب التشغيل.
٣. لتجنب تلف الجهاز يجب ضبط الجهاز على التدرج المناسب أو الأعلى قليلاً من الجهد أو التيار المتوقع قبل التوصيل.
٤. مراعاة قطبية أطراف التوصيل في حالة التيار المستمر أو أطراف الملفات في حالة الواتميتر مثلاً ومراعاة أطراف التوصيل في حالة الأجهزة المتعددة الاستخدامات.
٥. بعد التوصيل، يجب الانتظار قليلاً حتى يستقر المؤشر قبل أخذ القراءة.
٦. يجب النظر للمؤشر بطريقة عمودية وذلك بجعل المؤشر ينطبق على صورته على مرآة التدرج.
٧. إذا كان هناك أكثر من تدرج يجب التركيز على التدرج المناسب.
٨. لا تنسَ معامل الضرب إن وجد عند الحسابات النهائية للقراءة.

مقارنة بين الثلاثة أنواع من الأجهزة التناظرية:

م	وجه المقارنة	أجهزة الحديدية المتحركة	أجهزة الملف المتحرك	أجهزة الملف المتحرك المزودة بمقوم
١	صلاحية القياس	كل من التيار والجهد المستمر و المتردد (القيمة الفعالة)	كل من التيار والجهد المستمر فقط	كل من التيار والجهد المتردد (قيمة متوسطة ويضبط التدريج ليقراً القيمة الفعالة)
٢	التدريج	غير خطي	خطي	خطي
٣	وسيلة التحكم	زنبرك لولبي	زنبرك لولبي	زنبرك لولبي
٤	وسيلة المضاعلة	ضغط الهواء	التيارات الدوامية	التيارات الدوامية
٥	مدى التردد	20-200 Hz	DC	20-100 kHz
٦	المميزات	١- متين التركيب ٢- رخيص الثمن ٣- يصلح لكلا التيارين المستمر والمتردد ٤- يعمل على مدى واسع من الترددات	١- تدريج خطي ٢- حساسية عالية ٣- لا يتأثر بالمجالات الشاردة ٤- قليل الاستهلاك للقدرة ٥- يعمل جيداً على مدى واسع من الترددات	١- تدريج خطي ٢- حساسية عالية ٣- لا يتأثر بالمجالات الشاردة ٤- قليل الاستهلاك للقدرة ٥- يعمل جيداً على مدى واسع من الترددات
٧	العيوب	١- تدريج غير خطي ٢- يتأثر بالمجالات المغناطيسية الشاردة ٣- وجود أخطاء التخلف المغناطيسي في الدائرة المغناطيسية	١- مناسب فقط للتيار المستمر ٢- غالي الثمن مقارنة بأجهزة الحديدية المتحركة ٣- سهل التلف مقارنة بأجهزة الحديدية المتحركة	١- غالي الثمن مقارنة بأجهزة الحديدية المتحركة ٢- وجود أخطاء في حالة التيار غير الجيبي

م	وجه المقارنة	أجهزة الحديد المتحركة	أجهزة الملف المتحرك	أجهزة الملف المتحرك المزودة بمقوم
		٤ - معرض لأخطاء نتيجة ارتفاع درجة الحرارة ٥ - نتيجة وجود المحاثية، تتأثر القراءات بتغير التردد		

وسوف ننفذ بعض التجارب على أجهزة الملف المتحرك وكذلك أجهزة الملف المتحرك المزودة بمقوم نظراً لانتشارها بكثرة بين الأجهزة التناظرية لمميزاتها وقلة عيوبها.

التجربة الثالثة

قياس المقاومة الداخلية للجلفانوميتر ذي الملف المتحرك

الهدف من التجربة : كيفية قياس المقاومة الداخلية لجهاز الجلفانوميتر ذي الملف المتحرك لاستخدامها فيما بعد لحساب عناصر تكوين أميتر أو فولتميتر.

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة مستمر متغير الجهد (0-5V).
- جهاز جلفانوميتر ذي ملف متحرك (0-1 mA).
- مللي فولتميتر لقياس الجهود الصغيرة.
- جهاز إلكتروني متعدد الأغراض (أفوميتر رقمي).
- مقاومات متغيرة (22k Ω , 100 k Ω).
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

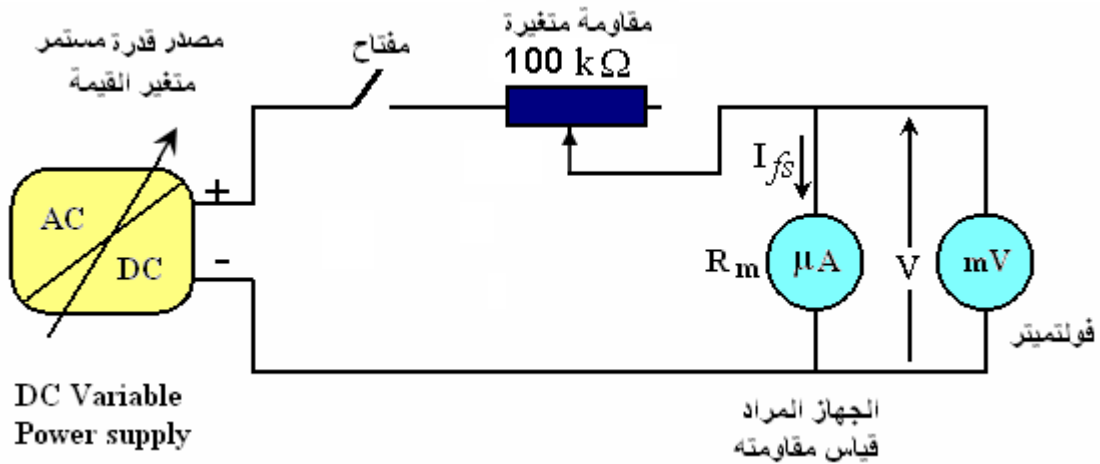
ولزيادة الدقة سوف نستخدم ثلاث طرق مختلفة لتحديد المقاومة الداخلية للجهاز ثم نحسب المتوسط للثلاث قيم المقاسة.

طريقة مجزئ الجهد

خطوات التجربة :

- ١- صل الدائرة كما هو موضح في الشكل (1) مع ضبط المقاومة المتغيرة عند أقصى قيمة والجهد المتغير عند الصفر.
- ٢- ببطء زد من قيمة جهد المصدر حتى يصل إلى (1 Volt) فولت.
- ٣- ببطء قلل من قيمة المقاومة المتغيرة حتى تحصل على أقصى انحراف للجلفانوميتر ($I = I_{fs}$).
- ٤- وسجل قراءة الجهد والتيار (انتبه للوحدات) في الجدول رقم (1).
- ٥- احسب المقاومة الداخلية للجهاز من القانون:

$$R_m = \frac{V}{I_{fs}}$$



الشكل (1) قياس المقاومة الداخلية لجهاز الجلفانوميتر بطريقة مجزئ الجهد

النتائج:

المقاومة الداخلية لجهاز الجلفانوميتر بطريقة مجزئ الجهد	
V(mV)	
I(μA)	
$R_m (\Omega)$	

جدول (1)

الملاحظات والاستنتاجات:

التجربة الرابعة

استخدام الجلفانوميتر ذي الملف المتحرك لقياس الجهد المستمر (الفولتميتر)

الهدف من التجربة : كيفية استخدام جهاز الجلفانوميتر ذي الملف المتحرك كفولتميتر لقياس الجهد المستمر وكيفية حساب المقاومات الضاربة للحصول على أكثر من مدى للقياس. ومدى القياس المراد في هذه التجربة هو : 1V ، 2V ، 5V ، 10V ، 20V .

فكرة التجربة: من المعلوم أن جهاز الجلفانوميتر ذا الملف المتحرك يستخدم لقياس التيارات الصغيرة ولاستخدامه لقياس الجهد الصغير نطبق قانون أوم:

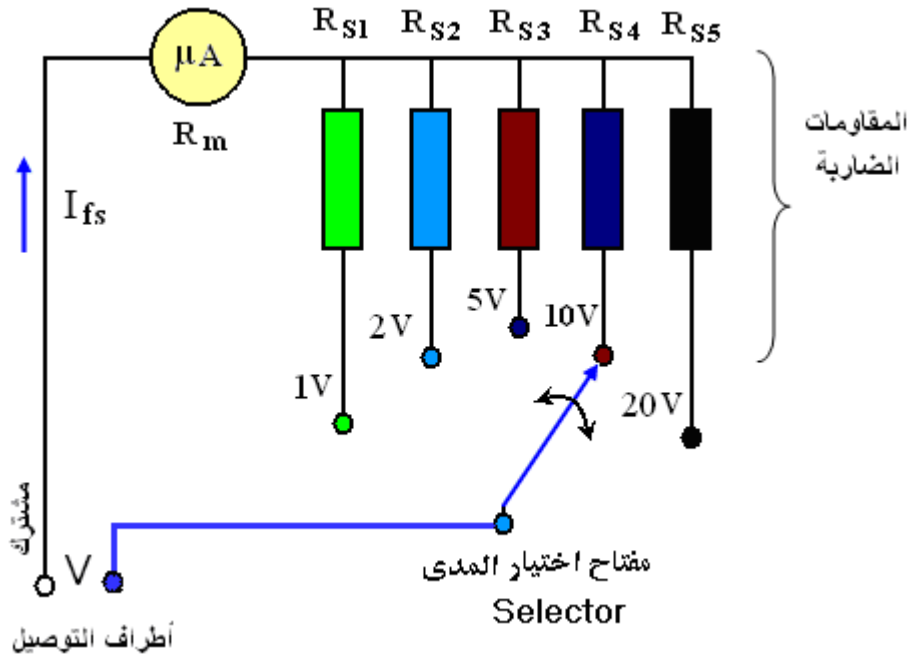
$$V = I \times R$$

أي نمرر التيار في المقاومة فينشأ جهد يتناسب مع التيار المار وبذلك بدلاً من قياس التيار نقيس الجهد. وبما أن المقاومة الداخلية لجهاز الجلفانوميتر ذي الملف المتحرك صغيرة والتيار أقصى انحراف صغير جداً (بالميكرو أمبير) . وعند استعمال الجهاز كفولتميتر لقياس الجهد المستمر فإنه يقيس جهوداً لا تتعدى (10 mV). وعند استعمال الجهاز كفولتميتر يوصل الجهاز بالتوازي في الدائرة مع الجهد المراد قياسه ولذلك سوف يتعرض لجهد عال وسيمر فيه تيار كبير يؤدي إلى تلف ملف الجهاز. ولذلك يجب توصيل المقاومة كبيرة بالتوالي مع الجهاز لتحديد من قيمة التيار المار حتى لا يتعدى أقصى انحراف لمؤشر الجهاز. وتسمى هذه المقاومة بالمقاومة الضاربة (multiplier) والهدف منها زيادة مدى القياس للجهاز.

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة مستمر متغير الجهد (0-20V).
- جهاز جلفانوميتر (0-1 mA).
- مللي فولتميتر لقياس الجهود الصغيرة.
- جهاز إلكتروني متعدد الأغراض (أفوميتر رقمي).
- مقاومات مختلفة القيم .
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

الدائرة المستخدمة:



الشكل (1) استخدام جهاز الجلفانوميتر كجهاز فولتميتر للجهد المستمر

خطوات العمل:

١. قم بحساب قيمة المقاومة الضاربة R_S لإطالة مدى القياس لكل تدريج للجهاز من القانون:

$$R_S = \frac{V}{I_{fs}} - R_m$$

حيث V هو المدى. وفي حالة عدم توفر القيمة للمقاومة من المقاومات الثابتة يستخدم المقاومة متغيرة.

٢. صل التجربة كما في الشكل (1) واضبط الجهد عند الصفر.

٣. استخدم قيمة المقاومة الداخلية R_m للجهاز كما تم حسابها من التجربة السابقة.

٤. صل المقاومة للتدريج 1V ثم زد من قيمة الجهد المستمر للمصدر المراد قياسه حتى تصل إلى

أقصى انحراف لمؤشر الجهاز ثم قس الجهد بالفولتميتر الرقمي و سجل قيمة الجهد E في

الجدول .

٥. احسب نسبة الخطأ في قراءة الجهاز من القانون:

$$error\% = \frac{E - V}{E} * 100$$

حيث E هي قيمة الجهد المقاسة بالفولتميتر الرقمي، و V هي المدى الذي نعمل عليه وهو في

الحالة الأولى 1V وفي الثانية 2V وهكذا ثم سجل نسبة الخطأ في الجدول .

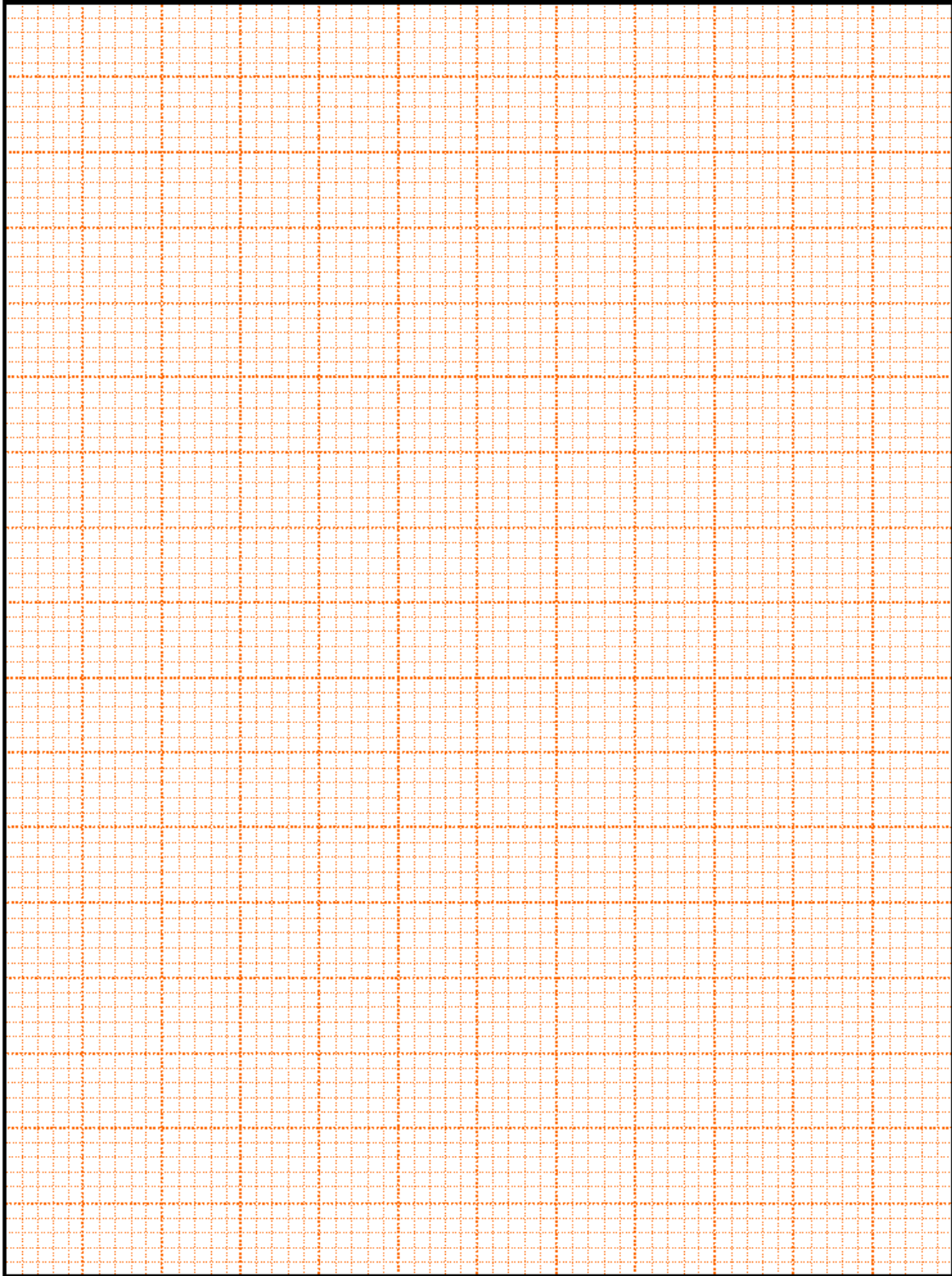
٦. كرر الخطوات السابقة مع باقي المقاومات لتصميم الفولتميتر عند كل مدى وحساب نسبة الخطأ المتوقعة في كل حالة وسجل البيانات والحسابات في الجدول
٧. ارسم العلاقة بين المدى على الأفقي ونسبة الخطأ على الرأسى.
٨. سجل ملاحظاتك على النتائج.

النتائج:

م	المدى	المقاومة الضاربة R_S	E (Volt)	V(Volt)	نسبة الخطأ %
1	0-1 V			1	
2	0-2 V			2	
3	0-5 V			5	
4	0-10 V			10	
5	0-20 V			20	

الملاحظات:

الرسم البياني :



التجربة الخامسة

استخدام الجلفانوميتر ذي الملف المتحرك لقياس شدة التيار المستمر (أميتر)

الهدف من التجربة : كيفية استخدام جهاز الجلفانوميتر ذي الملف المتحرك ($0-100\mu A$) كأميتر لقياس التيار المستمر ($0-20mA$) وكيفية حساب المقاومة الضاربة للحصول على مدى القياس المراد .

فكرة التجربة: من المعلوم أن جهاز الجلفانوميتر ذا الملف المتحرك يستخدم لقياس التيارات الصغيرة وبما أن ملف الجهاز مصنع من أسلاك دقيقة للغاية و تيار أقصى انحراف في معظم الأجهزة لا يتعدى ($50\mu A$)، وعند استعمال الجهاز كأميتر لقياس التيار المستمر فإنه يوصل توالياً في بالدائرة وبذلك يمر به تيار الحمل الكامل مما يؤدي إلى تلف الجهاز. ولذلك يجب توصيل مقاومة صغيرة على التوازي مع الجهاز لتحمل معظم تيار الحمل وتسمح فقط بمرور تيار أقصى انحراف (I_{fs}) فقط بملف الجهاز حتى تحمي الجهاز من التلف. وتسمى هذه المقاومة بالمقاومة الضاربة (R_{sh}) والهدف منها زيادة مدى القياس للجهاز.

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة مستمر متغير الجهد ($0-15V$).
- جهاز جلفانوميتر ($0-100\mu A$).
- مللي أميتر لقياس التيارات الصغيرة.
- جهاز إلكتروني متعدد الأغراض (أفوميتر رقمي).
- مقاومة الحمل ($100\Omega, 2W$).
- مقاومات قدرات مختلفة القيم .
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

القانون المستخدم في الحساب :

في الشكل (1) الجهد على طرفي الجهاز يساوي الجهد على طرفي المقاومة التوازي :

$$V_m = R_m * I_{fs}$$

$$V_{sh} = R_{sh} * I_{sh}$$

$$R_m * I_{fs} = R_{sh} * I_{sh}$$

$$I_{sh} = I - I_{fs}$$

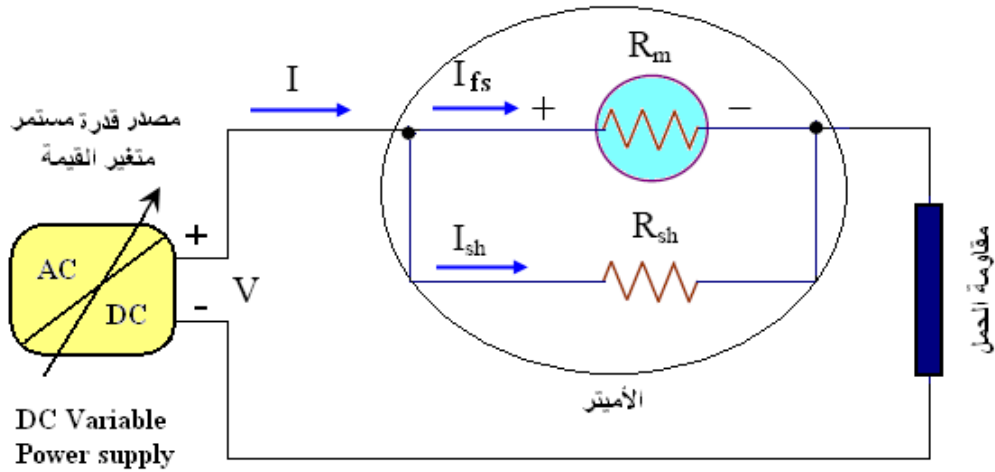
$$\therefore R_{sh} = \frac{V_{sh}}{I_{sh}} = \frac{I_{fs} R_m}{I - I_{fs}}$$

$$R_{sh} = \frac{R_m}{\frac{I}{I_{fs}} - 1} = \frac{R_m}{n - 1} \quad (1)$$

$$n = \frac{I}{I_{fs}}$$

حيث n تسمى معامل التكبير للتيار وتحسب من القانون:

الدائرة المستخدمة:



الشكل (1) استخدام جهاز الجلفانوميتر كأميتر لقياس التيار المستمر

خطوات العمل:

1. استخدم قيمة R_m للجهاز كما تم حسابها من التجربة الأولى.
2. قم بحساب قيمة المقاومة الضاربة R_{sh} لزيادة مدى القياس من المعادلة $R_{sh} = \frac{R_m}{n - 1}$.
- حيث n هي معامل التكبير
- وفي حالة عدم توفر القيمة للمقاومة المحسوبة من المقاومات القياسية تستخدم المقاومة متغيرة.
3. صل المقاومة الحمل أو اختر حملاً مناسباً للتيار المراد قياسه.
4. صل التجربة كما في الشكل (1) واضبط الجهد عند الصفر.
5. زد من قيمة الجهد حتى تصل إلى أقصى انحراف لمؤشر الجهاز.
6. انزع الجلفانوميتر مع المقاومة التوازي من الدائرة ثم صل الملي أميتر مكانها وقس تيار الحمل ثم سجل قيمة التيار I_1 في الجدول.
7. احسب نسبة الخطأ في قراءة الجهاز من القانون: $error\% = \frac{I_1 - I}{I_1} * 100$

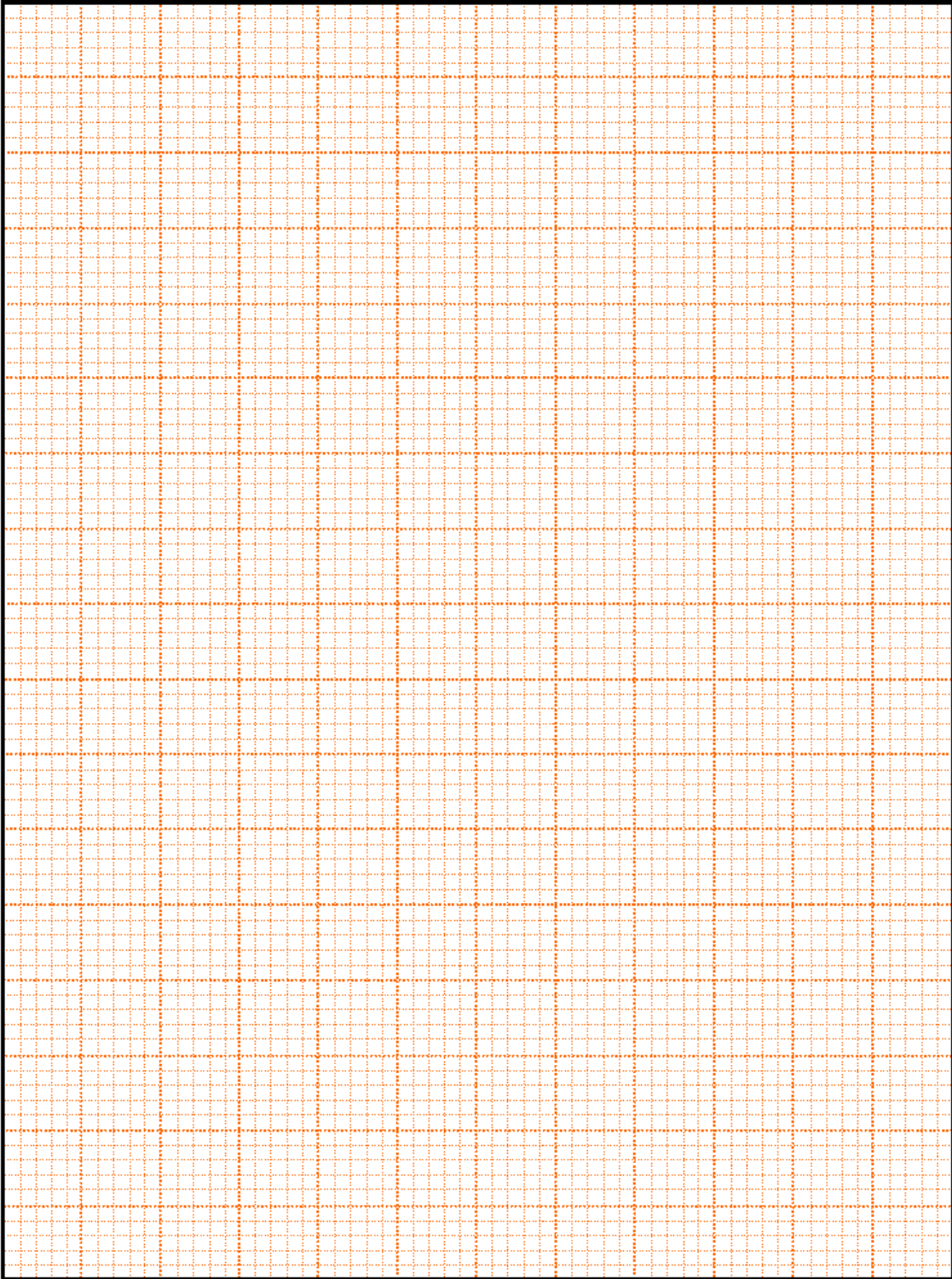
- حيث I_1 هي قيمة التيار الصحيحة المقاسة بالملي أميتر، و I هي المدى الذي نعمل عليه وهو في الحالة الأولى 5 mA ثم سجل نسبة الخطأ في الجدول .
٨. اختر مدى آخر ثم كرر الخطوات السابقة واحسب نسبة الخطأ المئوية في كل حالة وسجل البيانات والحسابات في الجدول.
٩. ارسم علاقة بين المدى على الأفقي ونسبة الخطأ على الرأسى.
١٠. سجل ملاحظتك على النتائج.

النتائج:

م	المدى	المقاومة الضاربة R_{Sh}	I_1 (mA)	I (mA)	نسبة الخطأ %
1	0-5 mA			5	
2	0-10 mA			10	
3	0-20 mA			20	

الملاحظات والاستنتاجات:

الرسم البياني :



التجربة السادسة

استخدام الجلفانوميتر كفولتميتر لقياس الجهد المتردد باستخدام دائرة توحيد نصف موجة

الهدف من التجربة : كيفية استخدام جهاز الجلفانوميتر ذي الملف المتحرك كفولتميتر لقياس الجهد المتردد وكيفية حساب المقاومات الضارية للحصول على أكثر من مدى للقياس باستخدام موحد نصف الموجة.

فكرة التجربة: استخدمنا جهاز الجلفانوميتر ذا الملف المتحرك في تجارب سابقة لقياس الجهد والتيار المستمرين ولاستخدامه لقياس الجهد المتردد يجب إضافة تعديل على الجهاز للتعديل من إمكانيات الجهاز لقياس الكميات المترددة. وكما علمنا في تجارب سابقة أن انحراف المؤشر للجهاز يعتمد على اتجاه مرور التيار المستمر. وفي دوائر التيار المتردد يكون مرور التيار في الاتجاهين وبذلك سوف لا ينحرف المؤشر لتساوي العزم في كلا الاتجاهين. وبإضافة دائرة لتوحيد الجهد المتردد ليصبح جهداً مستمراً نتمكن من قياسه. وتنقسم دوائر توحيد الجهد الأحادي الوجه المتردد هنا إلى قسمين: دوائر توحيد نصف الموجة ودوائر توحيد الموجة الكاملة وسنستخدم دائرة توحيد نصف الموجة في هذه التجربة.

القوانين المستخدمة:

لدائرة التوحيد أحادية الوجه ذات التوحيد نصف الموجة تكون العلاقة بين جهد الخرج المستمر V_{dc}

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} = \frac{\sqrt{2} V_{RMS}}{\pi} = 0.45 V_{RMS} \quad \text{وجهد الدخل الفعال } V_{RMS}$$

وحساسية الجلفانوميتر للتيار المستمر S_{dc} هي:

$$S_{dc} = \frac{1}{I_{fs}} \Omega / V \quad (1)$$

وتكون حساسية الجلفانوميتر للتيار المتردد S_{ac} هي:

$$S_{ac} = 0.45 S_{dc} = \frac{0.45}{I_{fs}} \Omega / V$$

وتكون المقاومة التوالي R_s المطلوب إضافتها للجلفانوميتر هي:

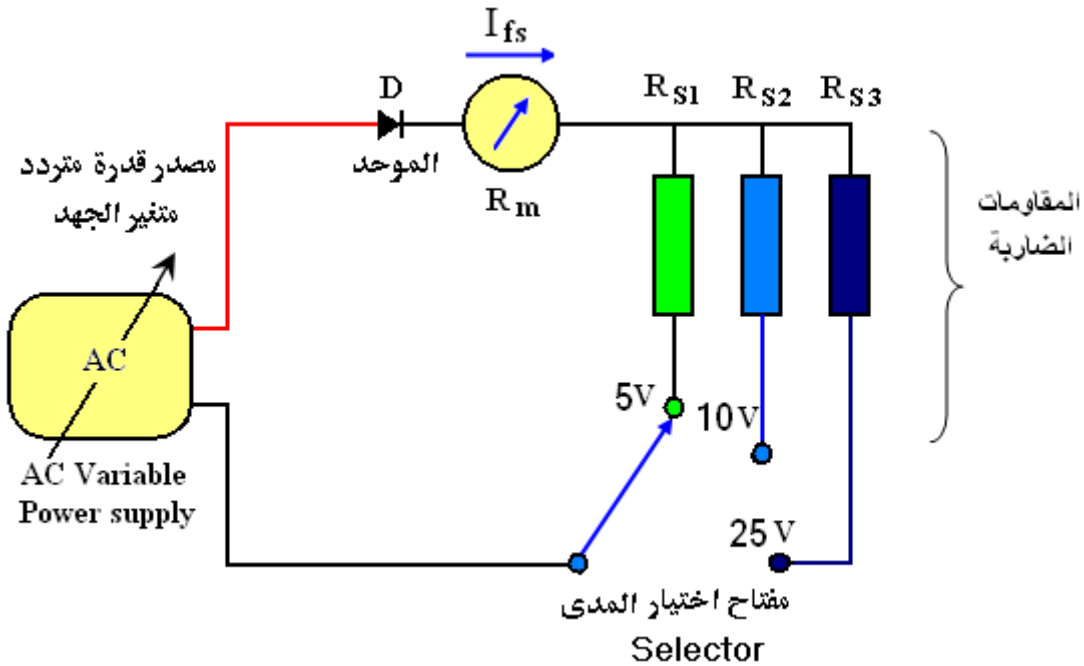
$$R_s = S_{ac} * Range_{ac} - R_m \quad (2)$$

حيث إن $Range_{ac}$ هو المدى المطلوب.

الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة متردد متغير الجهد (0-20V).
- جهاز جلفانوميتر (10-100 μA).
- عدد 1 موحد سليكوني (دايود).
- جهاز راسم ذبذبات وأطراف توصيل.
- جهاز إلكتروني متعدد الأغراض (أفوميتر رقمي).
- مقاومات متغيرة مختلفة القيم .
- لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.

الدائرة المستخدمة :



الشكل (1) تعديل الجلفانوميتر ذي الملف المتحرك ليصلح لقياس الجهد المتردد (بموحد نصف الموجة)

خطوات العمل :

١. استخدم قيمة R_m للجهاز كما تم حسابها من التجربة الأولى.

٢. احسب حساسية الجلفانوميتر للتيار المتردد S_{ac} من المعادلة:

$$S_{ac} = \frac{0.45}{I_{fs}} \Omega/V$$

٣. قم بحساب قيمة المقاومات الضاربة R_S لإطالة مدى القياس لدى الجهود (5 V, 10 V, 25 V)

من المعادلة (2):

$$R_S = S_{ac} * Range_{ac} - R_m$$

٤. صل التجربة كما في الشكل (1) واضبط الجهد عند الصفر.
٥. زد من قيمة الجهد حتى تصل إلى أقصى انحراف لمؤشر الجهاز.
٦. قم بقياس جهد المصدر المتردد بجهاز الفولتميتر الرقمي وسجل قيمة الجهد (V_1) في الجدول.
٧. صل جهاز راسم الذبذبات خلال المقاومة R_{S1} وارسم الشكل جهد الخرج .
٨. احسب نسبة الخطأ في قراءة الجهاز من القانون:
- $$error\% = \frac{V_1 - V}{V_1} * 100$$
- حيث V_1 هي قيمة الجهد الصحيحة المقاسة بالفولتميتر الرقمي، و V هي المدى الذي نعمل عليه وهو في هذه الحالة $5V$ ثم سجل نسبة الخطأ في الجدول .
٩. اختر مدى آخر ثم كرر الخطوات السابقة واحسب نسبة الخطأ المئوية في كل حالة وسجل البيانات والحسابات في الجدول.
١٠. ارسم العلاقة بين المدى على الأفقي ونسبة الخطأ على الرأس.
١١. سجل ملاحظاتك على النتائج.

النتائج:

م	المدى	المقاومة الضاربة R_S	V_1 (V)	V(V)	نسبة الخطأ %
1	0-5 V			5	
2	0-10 V			10	
3	0-25 V			25	

الملاحظات والاستنتاجات:

الرسم البياني :

