



قياسات وأجهزة قياس Measurement & Instruments

Dr.-Eng. Samer Sulaiman

2022-2023

<https://manara.edu.sy/>



أجهزة قياس التيار المستمر والتيار المتناوب

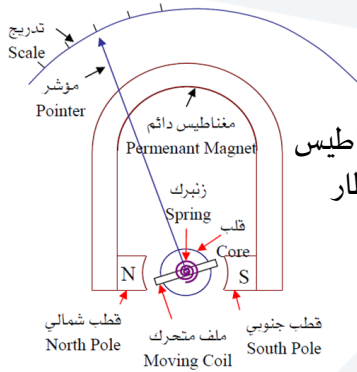
- التعرف على تركيب ونظرية تشغيل جهاز دارسونفال للقياس ذو الملف المتحرك
- التعرف على كريقة استخدام جهاز دارسونفال في دوائر التيار المستمر والمتناوب
- معرفة تأثير الحمل في حالة استخدام جهاز دارسونفال عند قياس الجهد والتيار

<https://manara.edu.sy/>

أجهزة قياس التيار المستمر والتيار المتناوب

جهاز دارسونفال للقياس ذو الملف المتحرك D'Arsonval Meter

مكونات الجهاز Device Construction:



- مغناطيس دائم على شكل جدوة الفرس
- قطبين مصنعين من الحديد المطاوع
- قلب اسطواني مصنع من الحديد المطاوع مثبت بين قطبين المغناطيس
- ملف كهربائي مصنع من اسلاك كهربائية دقيقة وملفوف على اطار
- معدني خفيف مستطيل قابل للحركة
- قاعدة مصنعة من العقيق مثبت عليها محور الملف
- مؤشر خفيف يدور مع الملف
- تدريج يبين مقدار الحركة
- زنبرك يعاكس حركة الملف من أجل موازنة الحركة

<https://manara.edu.sy/>

أجهزة قياس التيار المستمر والتيار المتناوب

جهاز دارسونفال للقياس ذو الملف المتحرك D'Arsonval Meter

مبدأ عمل جهاز دارسونفال Principle

- بمجرد مرور تيار كهربائي في الملف عند وصل مجسي الجهاز إلى الدارة المراد قياس تيارها يتولد مجال مغناطيسي حول الملف
- يتداخل هذا المجال مع المجال المغناطيسي للمغناطيس الدائم مما يؤدي إلى نشوء قوة بين المغناطيسين
- هذه القوة ستؤثر على الملف المتحرك وذلك لأن المغناطيس الدائم ثابت مما تسبب عزم انحراف
- ينحرف الملف ويحرك معه المؤشر بشكل متناسب مع عزم الانحراف المتشكل وبالتالي مع التيار المار في الملف
- يحدد جهة التيار اتجاه حركة الملف وبالتالي المؤشر
- تدريج هذا الجهاز يكون منتظماً من الصفر وحتى قيمة نهائية تكون متناسبة مع مجال القياس الذي تم اختياره

استخدامات جهاز دارسونفال Device Utilization

- لقياس التيار المستمر والمتناوب
- لقياس الجهد المستمر والمتناوب
- لقياس قيمة المقاومة

<https://manara.edu.sy/>

أجهزة قياس التيار المستمر والتيار المتناوب



جهاز دارسونفال للقياس ذو الملف المتحرك D'Arsonval Meter

مبدأ عمل جهاز دارسونفال Principle

- بمجرد مرور تيار كهربائي في الملف وصل مجسي الجهاز إلى الدارة المراد قياس تيارها يتولد مجال مغناطيسي حول الملف
- يتداخل هذا المجال مع المجال المغناطيسي للمغناطيس الدائم مما يؤدي إلى نشوء قوة بين المغناطيسين
- هذه القوة ستؤثر على الملف المتحرك وذلك لأن المغناطيس الدائم ثابت مما تسبب عزم انحراف
- ينحرف الملف ويحرك معه المؤشر بشكل متناسب مع عزم الانحراف المتشكل وبالتالي مع التيار المار في الملف
- يحدد جهة التيار اتجاه حركة الملف وبالتالي المؤشر
- تدريج هذا الجهاز يكون منتظماً من الصفر وحتى قيمة نهائية تكون متناسبة مع مجال القياس الذي تم اختياره

استخدامات جهاز دارسونفال Device Utilization

- لقياس التيار المستمر والمتناوب
- لقياس الجهد المستمر والمتناوب
- لقياس قيمة المقاومة

<https://manara.edu.sy/>

أجهزة قياس التيار المستمر والتيار المتناوب



جهاز دارسونفال للقياس ذو الملف المتحرك D'Arsonval Meter

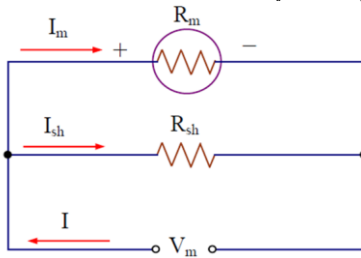
استخدامات جهاز دارسونفال Device Utilization

- لقياس التيار المستمر:
 - بالأساس هذا الجهاز مصمم لقياس التيار المستمر
 - بما أن الملف مصنوع من أسلاك دقيقة، فإنه مصمم لتيارات ذات شدة ضعيفة للغاية تصل حتى $50\mu A$
 - للتغلب على هذه المشكلة يتم استخدام مقاومة R_{sh} توصل على التوازي تعمل على تجزئة التيار
 - بما أن المقاومة الداخلية للجهاز R_m معلومة فيمكن حساب قيمة مقاومة التوازي R_{sh} باستخدام قانون أوم بالشكل التالي:

$$R_{sh} = \frac{V_{sh}}{I_{sh}} = \frac{I_m \cdot R_m}{(I - I_m)}$$
- يعتبر وجود المقاومة المتوازية مع الملف وسيلة لتكبير قدرة الجهاز على قراءة التيار، وعليه يمكن تعريف معامل تكبير التيار n والذي يعطى بالعلاقة التالية

$$n = \frac{I}{I_m}$$
- وعليه يصبح قانون المقاومة المتوازية على النحو التالي:

$$R_{sh} = \frac{R_m}{(n-1)}$$



<https://manara.edu.sy/>

أجهزة قياس التيار المستمر والتيار المتناوب

• جهاز دارسونفال للقياس ذو الملف المتحرك D'Arsonval Meter

• استخدامات جهاز دارسونفال Device Utilization

• لقياس التيار المستمر:

• مثال:

• بفرض لدينا جهاز قياس دارسونفال ذو الملف المتحرك بالمواصفات التالية: مقاومته الداخلية 100Ω وأقصى تيار يتحمله الملف 1mA والمطلوب أحسب مقاومة التوازي ليكي يتمكن الجهاز من قراءة تيار 10mA

• الحل:

$$R_{sh} = \frac{I_m \cdot R_m}{I - I_m} = 11.11\Omega$$

$$\text{OR } n = \frac{I}{I_m} = 10$$

$$R_{sh} = \frac{R_m}{(n-1)} = \frac{100}{9} = 11.11\Omega$$

<https://manara.edu.sy/>

أجهزة قياس التيار المستمر والتيار المتناوب

• جهاز دارسونفال للقياس ذو الملف المتحرك D'Arsonval Meter

• استخدامات جهاز دارسونفال Device Utilization

• لقياس التيار المستمر:

• دائرة توازي ايرتون Ayrton Shunt:

• تستخدم دائرة توازي ايرتون أو التوازي العام للحصول على مقياس أمبير متسع النطاق أو متعدد مجالات القياس

• تقسم مقاومة التوازي R_{sh} إلى مجموعة من المقاومات الموصولة على التسلسل بحيث يتم تغيير مجال القياس بتغيير وضع مفتاح اختيار المجال Range Selector Switch والذي يحدد قيمة المقاومة التي تدخل في الدائرة

• لإيجاد المعادلات الخاصة بحساب قيم المقاومات R_a, R_b, R_c نضع مفتاح اختيار مجال القياس على الوضعية الثانية 12 في هذه الحالة ستتشكل دائرة مؤلفة من مقاومتين على التوازي هما $R_b + R_c$ و $R_m + R_a$ وبما أن الجهد ثابت على طرفي المقاومتين المتوازيتين يمكن كتابة العلاقة التالية

$$V_{R_b+R_c} = V_{R_a+R_m} \Rightarrow (R_b + R_c)(I_2 - I_m) = I_m(R_a + R_m)$$

$$R_b + R_c = \frac{I_m(R_{sh} + R_m)}{I_2 - I_m}$$

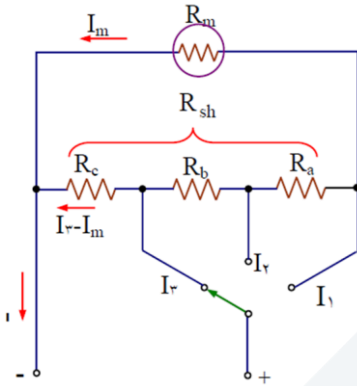
$$R_a = R_{sh} - (R_b + R_c)$$

• وبشكل مشابه وعند وضع مفتاح اختيار مجال القياس على الوضعية الثالثة 13 نحصل

$$V_{R_c} = V_{R_b+R_a+R_m}$$

$$R_c = \frac{I_m(R_{sh} + R_m)}{I_3}$$

$$R_b = R_{sh} - (R_a + R_c)$$



<https://manara.edu.sy/>

أجهزة قياس التيار المستمر والتيار المتناوب

• جهاز دارسونفال للقياس ذو الملف المتحرك D'Arsonval Meter

• استخدامات جهاز دارسونفال Device Utilization

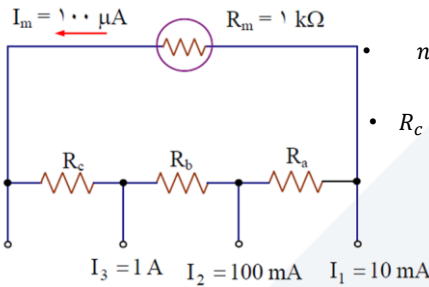
• لقياس التيار المستمر:

• دائرة توازي ايرتون Ayrton Shunt:

• مثال:

• بفرض لدينا الدارة المبينة في الشكل التالي والمطلوب حساب قيم مقاومات تغيير مجال القياس

• الحل:



$$n = \frac{10 \text{ mA}}{100 \mu\text{A}} = 100 \Rightarrow R_{sh} = \frac{R_m}{n-1} = 10.1 \Omega$$

$$R_c + R_b = 1.01 \Omega$$

$$R_a = 10.1 - 1.01 = 9.09 \Omega$$

$$R_c = \frac{100(10.1)}{1} = 0.101 \Omega$$

$$R_b = 10.1 - (9.09 + 0.101) = 0.909 \Omega$$

<https://manara.edu.sy/>

أجهزة قياس التيار المستمر والتيار المتناوب

• جهاز دارسونفال للقياس ذو الملف المتحرك D'Arsonval Meter

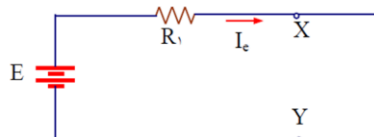
• استخدامات جهاز دارسونفال Device Utilization

• لقياس التيار المستمر:

• تأثير حمل الجهاز Loading Effect

• بسبب وجود مقاومة داخلية لجهاز القياس، يمكن حدوث خطأ في القيمة المقاسة لتيار الدائرة لذلك يجب أن تكون مقاومة جهاز القياس صغيرة ما أمكن

• مثال:



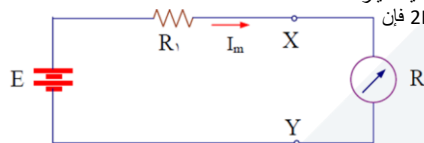
• بفرض لدينا الدائرة الكهربائية الموضحة بالشكل

$$I_e = \frac{E}{R_1}$$

$$I_m = \frac{E}{R_1 + R_m}$$

• ففرض أن جهد البطارية 10V والمقاومة $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ نحصل على القيمة الفعلية للتيار 10mA، بينما إذا تم استخدام مقياس تيار (أمبير) مقاومته الداخلية تساوي $2 \text{ k}\Omega$ فإن

التيار المقاس سيكون 3.33mA وبالتالي فإن القيمة التي يقرأها جهاز القياس تكون أقل بمقدار 67% من القيمة الصحيحة



• وعليه يفضل أن تكون مقاومة جهاز القياس أصغر ما يمكن ومن الأفضل أن تكون بحدود 10Ω

<https://manara.edu.sy/>

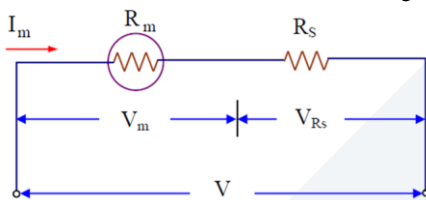
أجهزة قياس التيار المستمر والتيار المتناوب

• جهاز دارسونفال للقياس ذو الملف المتحرك D'Arsonval Meter

• استخدامات جهاز دارسونفال Device Utilization

• لقياس الجهد المستمر

- يعتمد مبدأ قياس الجهد المستمر على تطبيق قانون أوم على دائرة جهاز القياس عن طريق حساب الجهد الناتج عن مرور التيار في دائرة جهاز القياس
- يعاير جهاز قياس الجهد بحيث يتناسب الجهد المطبق مع التيار الذي سيمر عبر المقاومة الداخلية للجهاز والمعروفة القيمة سلفاً، وعليه يمكن قراءة الجهد مباشرة
- اعتماداً على مواصفات جهاز القياس، يمكن أن يتم قياس الجهود الصغيرة فقط حتى 10 mV بنفس الطريقة والمبدأ، يمكن الاعتماد على مقاومات خارجية متصلة على التسلسل مع المقاومة الداخلية للجهاز والتي ستعمل كمقسم جهد لتحمل من خلاله الجزء الأكبر من الجهد المقاس، من أجل زيادة مجال القياس وليتمكن الجهاز من قياس الجهود الأكبر من 10 mV كما هو موضح بالشكل:



<https://manara.edu.sy/>

أجهزة قياس التيار المستمر والتيار المتناوب

• جهاز دارسونفال للقياس ذو الملف المتحرك D'Arsonval Meter

• استخدامات جهاز دارسونفال Device Utilization

• لقياس الجهد المستمر

- يمكن حساب قيمة مقاومة التسلسل الخاصة بتكبير مجال القياس بالعلاقة التالية:

$$R_S = \frac{V}{I_m} - R_m$$

- تعرف حساسية الجهاز ("S") للقراءة بالعلاقة التالية

$$S = \frac{1}{I_{FS}} = \Omega/V$$

- وعليه تصبح علاقة مقاومة التسلسل بالشكل التالي:

$$R_S = S \cdot V - R_m$$

- مثال:

- بفرض لدينا جهاز لقياس الجهد المستمر يمتلك مقاومة داخلية 1KΩ يستخدم مقاومة تسلسلية لتكبير مجال القياس RS ليتمكن الجهاز من قراءة جهد حتى 50V علماً أن التيار الأقصى لانحراف مؤشر الجهاز هو 100μA والمطلوب حساب المقاومة الضرورية لتكبير مجال القياس

- الحل:

$$S = \frac{1}{100 \cdot 10^{-6}} = \frac{10K\Omega}{V}$$

$$R_S = 10 \cdot 10^3 \times 50 - 1 \cdot 10^3 = 499K\Omega$$

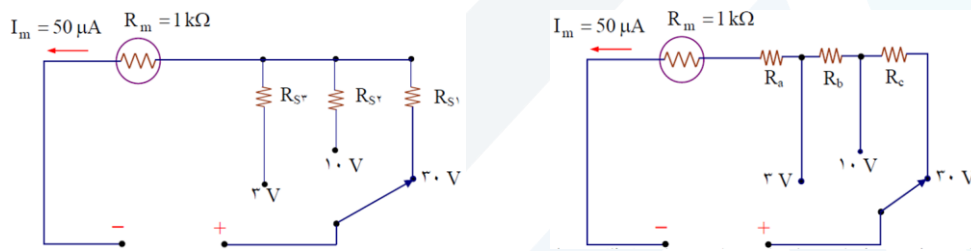
<https://manara.edu.sy/>

أجهزة قياس التيار المستمر والتيار المتناوب

- جهاز دارسونفال للقياس ذو الملف المتحرك D'Arsonval Meter
- استخدامات جهاز دارسونفال Device Utilization

• لقياس الجهد المستمر

• يمكن استخدام نظام مقاومات منفصلة أو متصلة للحصول على أكثر من مدى لقياس الجهد كما هو مبين بالشكل:



<https://manara.edu.sy/>

أجهزة قياس التيار المستمر والتيار المتناوب

- جهاز دارسونفال للقياس ذو الملف المتحرك D'Arsonval Meter
- استخدامات جهاز دارسونفال Device Utilization

• لقياس الجهد المستمر

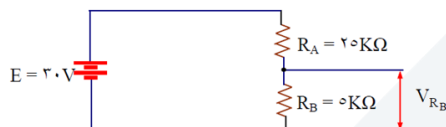
• تأثير حمل الجهاز Loading Effect

• ينبغي أن تكون مقاومة جهاز قياس الجهد كبيرة جداً بالنسبة للحمل المراد قياس الجهد على طرفيه، حتى تمنع مرور التيار بالجهاز إلا بالقدر اللازم فقط لانحراف المؤشر وإلا سيؤثر على دقة القراءة

• مثال:

• المطلوب قياس فرق الجهد على طرفي المقاومة R_B باستخدام مقياس جهد مقاومته الداخلية $10K\Omega$

• قيمة الجهد الفعلية



$$V_{RB} = 30 \times \frac{5}{25+5} = 5V$$

• بينما قيمة الجهد المقاسة

$$R = \frac{5 \times 10}{5+10} = 3.33K\Omega$$

$$V_{RB} = 30 \times \frac{3.33}{3.33+5} = 3.53V$$

• هنا نجد أن نسبة الخطأ في قيمة الجهد نتيجة لتأثير الحمل تساوي 29.4%. لكي يعطي مقياس الجهد قيمة أقرب من الفعلية يفضل أن تكون المقاومة الداخلية لمقياس الجهد مئة ضعف قيمة مقاومة الحمل أي يجب أن تعادل $500K\Omega$ أو أكثر

<https://manara.edu.sy/>

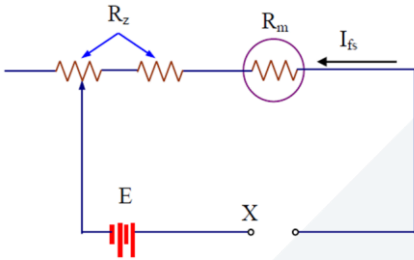
أجهزة قياس التيار المستمر والتيار المتناوب

• جهاز دارسونفال للقياس ذو الملف المتحرك D'Arsonval Meter

• استخدامات جهاز دارسونفال Device Utilization

• لقياس قيمة المقاومة

- المبدأ العام هو استخدام بطارية ومقاومة معلومة والتي سيتم وصلها على التسلسل واستخدام قانون أوم لحساب المقاومة
- تتألف جهاز مقياس المقاومة من مقاومة معلومة ومقياس قياس التيار بمقاومة داخلية وبطارية معيارية معلومة الجهد، حيث تكمل المقاومة المراد قياس قيمتها الدائرة عندما توصل بين طرفي دخل مقياس المقاومة وبالتالي تكون جميع العناصر متصلة على التسلسل
- هنا يتم اختيار قيم E , R_z , R_m بحيث يسبب التيار المار في هذه الحالة أقصى انحراف للمؤشر
- وعليه تكون المقاومة المراد قياسها متناسبة مع التيار المار في الدارة السابقة
- يتم معايرة تدرج مقياس المقاومة، حيث يلاحظ أن تدرج هذا النوع من الأجهزة معكوس أي يبدأ من ∞ وحتى الصفر وأن قيمة منتصف التدرج تساوي مقاومة دخل مقياس الأمبير $R_z + R_m$.
- كما أن التدرج يكون غير منتظم (غير خطي) حيث يزداد ازدحامه كلما كبرت قيمة المقاومة $R_z + R_m$.
- يتم ضبط الصفر للجهاز بتغيير الجزء المتغير من المقاومة R_z بعد عمل دائرة قصر بين طرفي الجهاز



<https://manara.edu.sy/>

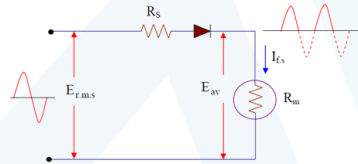
أجهزة قياس التيار المستمر والتيار المتناوب

• جهاز دارسونفال للقياس ذو الملف المتحرك D'Arsonval Meter

• استخدامات جهاز دارسونفال Device Utilization

• لقياس الجهد والتيار المتناوب

- بما أن جهاز دارسونفال يعتمد على اتجاه التيار المار في دائرة الجهاز ولذلك سيتعرض الجهاز لعزم انحراف في اتجاه ما في حالة نصف الموجه الموجب، بينما سيتعرض الجهاز لعزم انحراف في اتجاه معاكس في حالة نصف الموجه السالب. وبالتالي تكون المحصلة عدم انحراف المؤشر وذلك لتساوي العزمين (القيمة المتوسطة للموجة الكاملة للتيار المتناوب)
- المبدأ هو تقويم الجهد المتناوب (Rectification) باستخدام الديود Diode للحصول على جهد أحادي الاتجاه
- استخدام توحيد نصف الموجه Half Wave Rectification
- يتم إضافة الديود إلى دائرة قياس الجهد المستمر كما هو موضح بالشكل التالي:
- يقوم جهاز القياس بقياس القيمة المتوسطة E_{av} وعليه يلزم معايرة تدرج الجهاز ليقراً القيمة الفعالة Erms
- $E_{av} = \frac{E_{max}}{\pi} = 0.318 E_{max}$
- $E_{r.m.s} = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} \Rightarrow E_{max} = 1.414 E_{r.m.s}$
- $E_{av} = 0.318 \times 1.414 E_{max} = 0.45 E_{r.m.s}$
- $E_{r.m.s} = 2.22 E_{av}$
- يعبر المعامل السابق (2.22) بمعامل Form Factor وهو النسبة بين القيمة الفعالة والقيمة المتوسطة
- وعليه يتم معايرة تدرج الجهاز ليقراً القيمة الفعالة بضرب قيمة ما يقيسه (القيمة المتوسطة) بالمعامل السابق



<https://manara.edu.sy/>

أجهزة قياس التيار المستمر والتيار المتناوب



جهاز دارسونفال للقياس ذو الملف المتحرك D'Arsonval Meter

استخدامات جهاز دارسونفال Device Utilization

لقياس الجهد والتيار المتناوب

استخدام توحيد نصف الموجه Half Wave Rectification

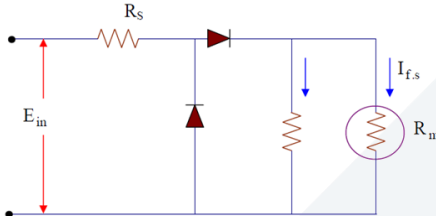
وعليه يمكن حساب المقاومة على التسلسل R_s كما يلي

$$R_s = \frac{E_{DC}}{I_{DC}} - R_m = \frac{0.45 E_{rms}}{I_{DC}} - R_m$$

وبمقارنة المعادلة السابقة مع معادلة مقياس الجهد المستمر يتبين أن حساسية مقياس الجهد المستمر تختلف عن حساسيته لقراءة الجهد المتناوب

مثال:

يفرض أقصى انحراف للمؤشر هو عند جهد مستمر 10V فعند قياس جهد متناوب قيمته الفعالة 10V فإن الجهاز سيشعر بقيمة متوسطة للجهد قدرها 4.5V فقط.



وعليه يمكن حساب حساسية الجهاز لقراءة الجهاز

$$S_{AC} = 0.45 S_{DC}$$

وعليه يمكن حساب المقاومة التسلسلية على الشكل التالي:

$$R_s = \frac{E_{DC}}{I_{DC}} - R_m = S_{DC} E_{DC} - R_m = 0.45 S_{DC} E_{rms} - R_m$$

$$R_s = S_{AC} E_{rms} - R_m$$

يتم استخدام ديود إضافي ومقاومة موصولة على التفرع في أجهزة قياس الجهد المتناوب التجارية كما هو موضح بالشكل.

يعمل الديود الإضافي على قصر الموجه السالبة بينما تفيد مقاومة التوازي في زيادة التيار المار عبر الديود الأساسي في النصف الموجب للإشارة وبالتالي يعمل الديود في المنطقة الخطية من منحنى خواصه

<https://manara.edu.sy/>

أجهزة قياس التيار المستمر والتيار المتناوب



جهاز دارسونفال للقياس ذو الملف المتحرك D'Arsonval Meter

استخدامات جهاز دارسونفال Device Utilization

لقياس الجهد والتيار المتناوب

استخدام توحيد الموجه الكاملة Full Wave Rectification

من عيوب استخدام الأجهزة المعتمدة على توحيد النصف موجه هو انخفاض حساسية الجهاز لقراءة الجهد المتناوب مقارنة مع المستمر

يتم استخدام توحيد الموجه الكاملة لمعالجة المشكلة السابقة وبالتالي رفع حساسية جهاز قياس الجهد المتناوب كما هو مبين بالشكل

وعليه تصبح المعادلات على الشكل التالي:

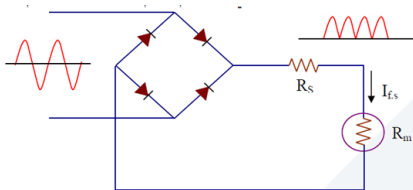
$$E_{av} = \frac{2E_{max}}{\pi} = 0.636 E_{max}$$

$$E_{r.m.s} = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} \Rightarrow E_{max} = 1.414 E_{r.m.s}$$

$$E_{av} = 0.636 \times 1.414 E_{max} = 0.9 E_{r.m.s}$$

$$E_{r.m.s} = 1.11 E_{av}$$

هنا يجب ملاحظة أن هذا المعامل مناسب فقط للموجه الجيبية وبالتالي هذه الأجهزة تكون فقط صالحة لقياس القيمة الفعالة للجهد والتيار المتناوب جيبي الموجه



<https://manara.edu.sy/>