

# الأجهزة والقياسات الكهربائية

## قياس القدرة الكهربائية

## الوحدة الخامسة : قياس القدرة الكهربائية

### الجدارة :

يتعرف المتدرب على كيفية قياس القدرة الكهربائية في مختلف الدوائر الكهربائية بعدة طرق والمقارنة بين الطرق المختلفة.

### الأهداف :

عند الانتهاء من هذه الوحدة يتمكن المتدرب بإذن الله سبحانه من :

٨. التعرف على جهاز قياس القدرة (الواتميتر).
٩. قياس القدرة الكهربائية في دوائر التيار المستمر .
١٠. قياس القدرة عن طريق الجهد والتيار.
١١. قياس القدرة عن طريق الواتميتر.
١٢. قياس القدرة الكهربائية في دوائر التيار المتردد الأحادية الوجه.
١٣. قياس القدرة الفعالة باستخدام الواتميتر ومقارنتها بالقدرة المقاسة بواسطة جهاز في فولتميتر وأميتر.
١٤. قياس معامل القدرة للدوائر الأحادية الوجه عند أحمال مختلفة (مادي - الحثي - سعوي).
١٥. قياس القدرة الكهربائية في دوائر التيار المتردد الثلاثية الأوجه .
١٦. قياس القدرة الفعالة باستخدام ثلاثة أجهزة واتميتر عند أحمال مختلفة (مادي وحثي وسعوي).
١٧. قياس القدرة الفعالة وغير الفعالة ومعامل القدرة باستخدام جهاز في واتميتر عند أحمال مختلفة (مادي وحثي وسعوي).

**مستوى الأداء المطلوب:** أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارات بنسبة 90٪.

**الوقت المتوقع للتدريب:** 8 ساعات.

## مقدمة عن القدرة الكهربائية

سندرس في هذه الوحدة كيفية قياس القدرة الكهربائية لدوائر التيار المستمر ودوائر التيار المتردد. ففي دوائر التيار المستمر لا يوجد غير نوع واحد من القدرة وهي القدرة الفعالة (أو الحقيقية) لأن كلاً من الجهد والتيار يكون مستمراً فلا يوجد فرق في الطور بينهما. وعناصر الدائرة الكهربائية غير الفعالة (Passive) وهي المقاومة والملف والمكثف. والعنصر الوحيد المستهلك للقدرة هو المقاومة والتي تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية. والقدرة يمكن حسابها بأحد القوانين التالية:

$$P=VI, \quad P=\frac{V^2}{R}, \quad P=I^2 R \quad (1)$$

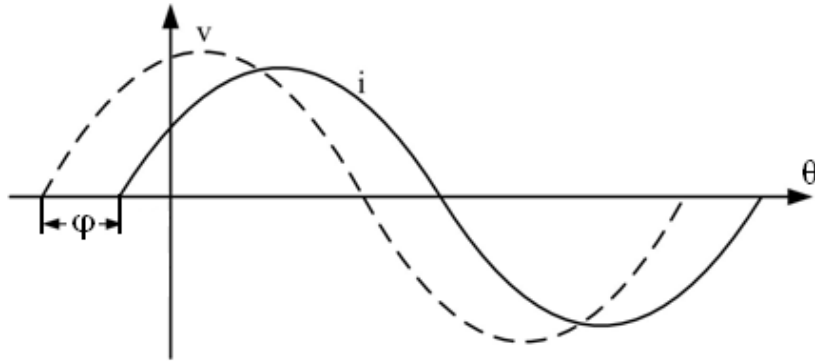
أما في دوائر التيار المتردد فيوجد ثلاثة أنواع من القدرة: القدرة الظاهرية (S)، والقدرة الفعالة (الحقيقية) (P)، والقدرة غير الفعالة (Q). والعنصر المستهلك للقدرة هو المقاومة كما أسلفنا سابقاً أما كلاً من الملف والمكثف فيخترزان الطاقة الكهربائية ولا يستهلكانها وبذلك يتسببان في وجود القدرة غير الفعالة (Q). فالملف يخزن الطاقة على هيئة مجال مغناطيسي أما المكثف فيخزن الطاقة على هيئة مجال كهربائي في المادة العازلة بين لوحيه. والقدرة في دوائر التيار المتردد يمكن حسابها بالقوانين التالية:

$$S=VI \quad (VA) \quad (2)$$

$$P=VI \cos(\Phi) \quad (W) \quad (3)$$

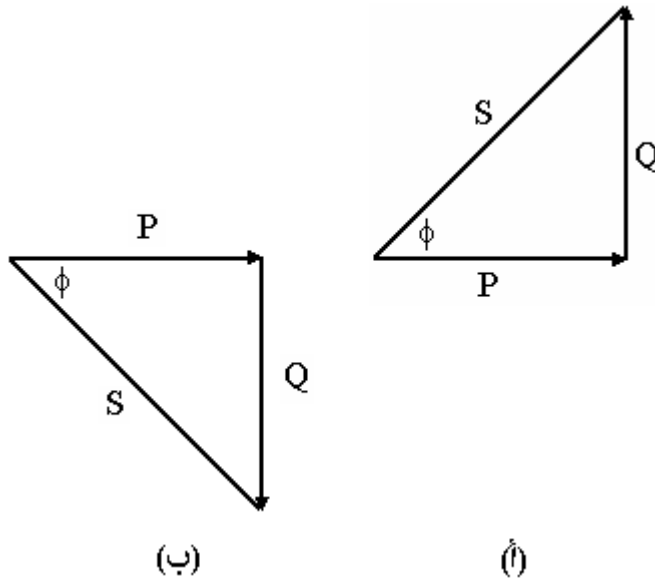
$$Q=VI \sin(\Phi) \quad (VAR) \quad (4)$$

وذلك لوجود زاوية الطور ( $\Phi$ ) بين الجهد والتيار كما في الشكل (1). ونستطيع رسم العلاقة بين المتغيرات ( $S, P, Q, \Phi$ ) على الشكل مثلث يسمى مثلث القدرة الشكل (2).



الشكل (1) زاوية الطور بين الجهد والتيار.

ويمكن قياس القدرة الفعالة سواء للتيار المستمر أو المتردد باستخدام الواتمتر. أما القدرة غير الفعالة للتيار المتردد فتقاس باستخدام جهاز الفاروميتر ويمكن قياسها أيضاً باستخدام جهاز واطميتر في الدوائر الثلاثية الأوجه. ويمكن باستخدام جهاز فولتميتر وأميتر قياس القدرة الفعالة للتيار المستمر أو القدرة الظاهرية للتيار المتردد. وبمعرفة متغيرين من أربعة متغيرات ( $S, P, Q, \Phi$ ) نستطيع معرفة المتغيرين الآخرين باستخدام المعادلات السابقة أو بالطريقة البيانية.



الشكل (2) مثلث القدرة (أ) للحمل الحثي (ب) للحمل السعوي

## التجربة الأولى

### قياس القدرة الكهربائية في دوائر التيار المستمر

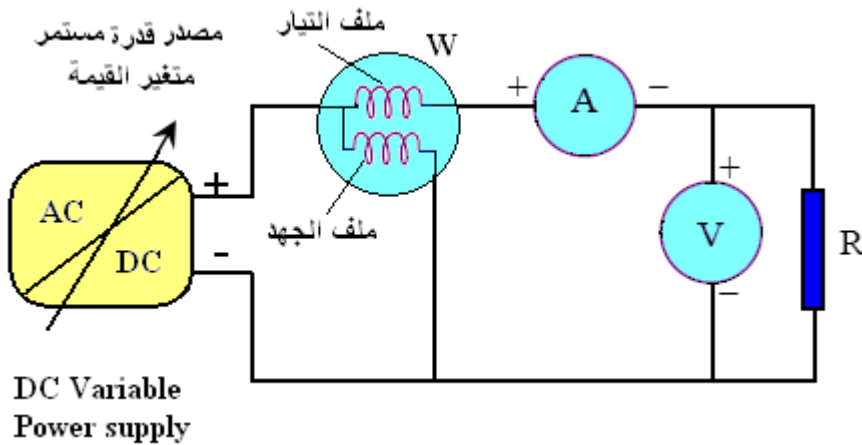
**الهدف من التجربة:** كيفية استخدام الواتميتر لقياس القدرة الكهربائية ومقارنتها بطريقة قياس الأميتر والفولتميتر.

**فكرة التجربة:** استخدام جهاز واتميتر في دوائر التيار المستمر لقياس القدرة بطريقة مباشرة واستخدام جهاز أميتر وفولتميتر لحساب القدرة ومقارنة النتائج.

#### الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة مستمر متغير الجهد (0-10 V).
- جهاز واتميتر.
- جهاز فولتميتر لقياس الجهد المستمر
- جهاز الملي أميتر لقياس التيار المستمر.
- مقاومة قدرة الحمل ( $R=100 \Omega, 2W$ ).
- لوحة التوصيلات و الأسلاك توصيل.

#### الدائرة المستخدمة في القياس :



الشكل (1) قياس القدرة في دائرة التيار المستمر

### خطوات العمل :

- ١- اختر وضع القياس للتيار المستمر والجهد المستمر للأميترو الفولتميتر قبل التوصيل.
- ٢- صل الدائرة الموضحة في الشكل (1) مع ضبط الجهد المستمر للمصدر على الصفر عند البدء.
- ٣- اختر التدريج المناسب لكل من الفولتميتر والأميترو الواتميتر ليعطي أعلى دقة في القياس مع مراعاة أطراف التوصيل للأجهزة.
- ٤- ابدأ بزيادة الجهد حتى 10V وذلك على خطوات وسجل قراءات الأجهزة في الجدول (1).
- ٥- احسب قيمة القدرة المسحوبة بواسطة الحمل (بالملي وات) باستخدام قراءة الفولتميتر (بالفولت) والملي أميتر (بالملي أمبير) من القانون:  
$$P = V I \text{ (mW)}$$
- ٦- قارن بين القدرة المحسوبة مع القيمة المقاسة بواسطة الواتميتر (W) في كل حالة واحسب نسبة الخطأ في قراءة الواتميتر من القانون :  
$$E \% = \frac{P - W}{P} \times 100$$
- ثم سجل الحسابات في الجدول.
- ٧- ارسم علاقة بين الجهد أفقياً والتيار المسحوب على رأسياً.
- ٨- ارسم علاقة ثانية بين الجهد أفقياً والقدرة المحسوبة على رأسياً.
- ٩- ارسم علاقة ثالثة بين القدرة المحسوبة أفقياً ونسبة الخطأ على رأسياً.
- ١٠- قارن بين النتائج التي حصلت عليها في الجدول وعلل أشكال المنحنيات التي حصلت عليها.

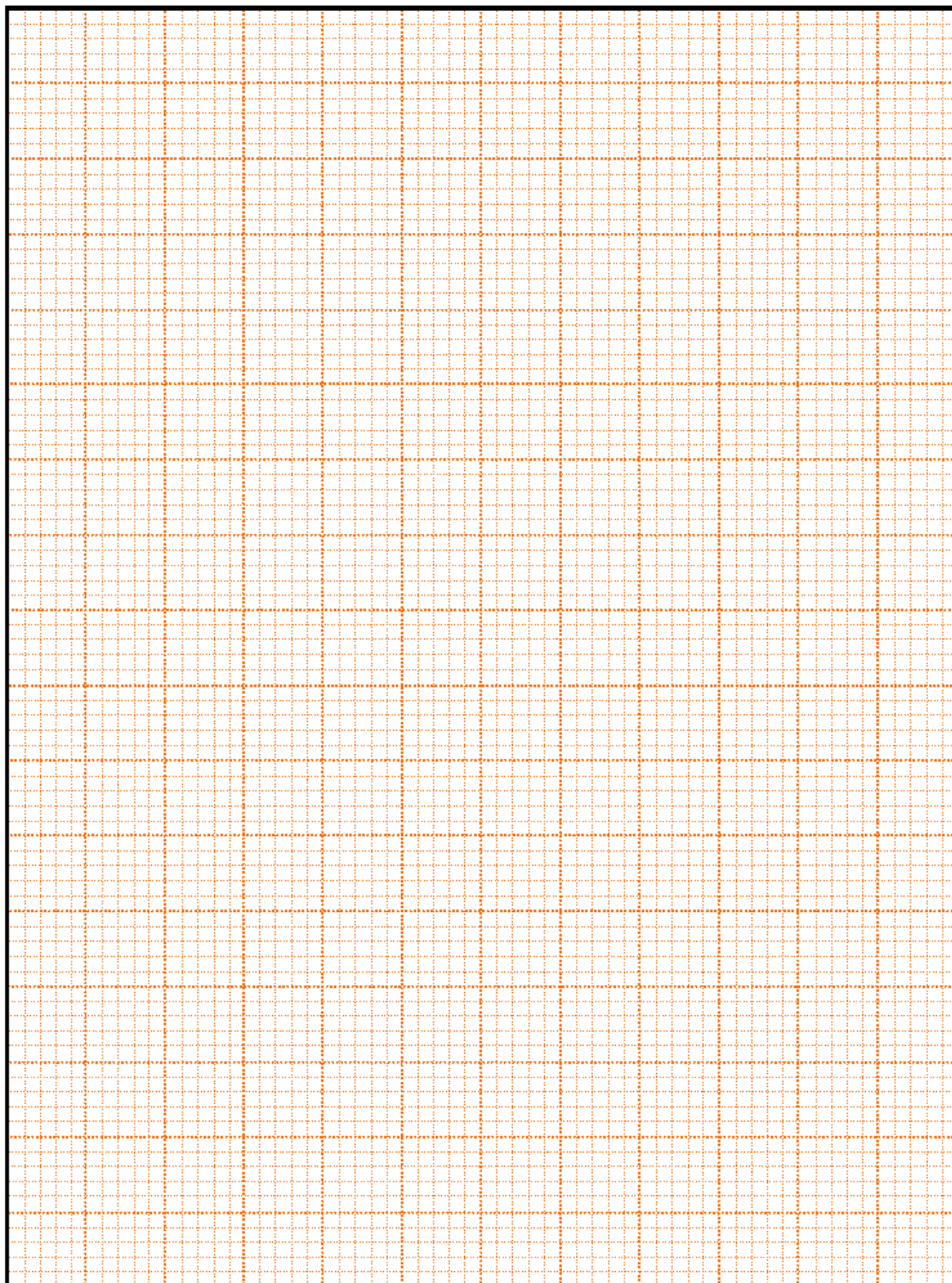
النتائج:

نسبة الخطأ E%	قراءة الواطميتر (mW)	القدرة المحسوبة (P)	التيار (mA)	الجهد (V)
				0
				1
				2
				3
				4
				5
				6
				7
				8
				9
				10

الجدول (1)

المقارنة والاستنتاج:

الرسم البياني :





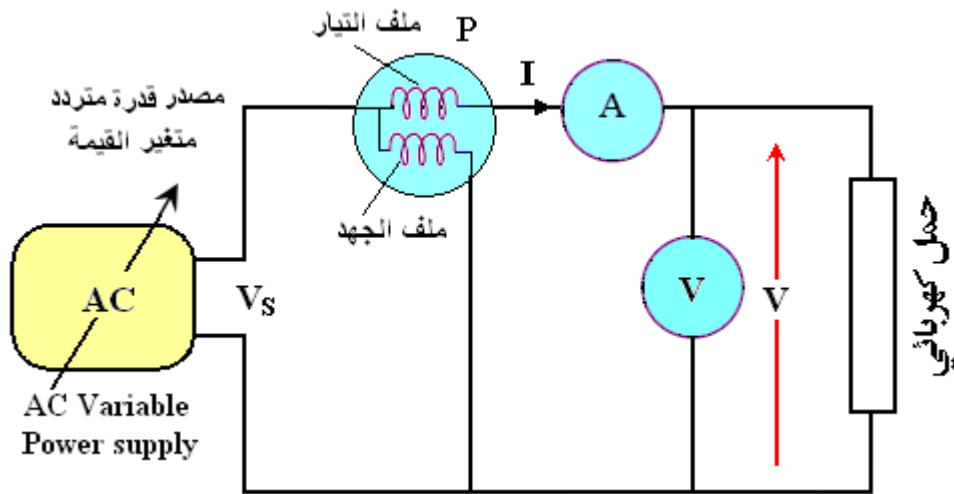
## التجربة الثانية

### قياس القدرة الكهربائية في دوائر التيار المتردد أحادية الوجه

**الهدف من التجربة:** كيفية قياس القدرة الكهربائية ومعامل القدرة في دوائر التيار المتردد الأحادية الوجه بأنواعها الثلاثة باستخدام أميتر وفولتميتر ومقارنتها بقياس الواتميتر.

**فكرة التجربة:** بقياس القدرة الفعالة باستخدام واتميتر ومقارنتها بقياس الجهد والتيار المتردد باستخدام أميتر وفولتميتر يمكن استنتاج وحساب قيمة القدرة غير الفعالة وكذلك معامل القدرة وذلك عند أحمال مختلفة (مادية وحثية وسعوية) في الدائرة.

#### الدائرة المستخدمة في القياس:



الشكل (1) قياس القدرة للحمل الأحادي الوجه

في الدائرة (الشكل 1) يتم توصيل الحمل المادي ثم الحمل الحثي ثم الحمل السعوي ويتم في كل حالة قياس القدرة الفعالة (P) باستخدام جهاز الواتميتر. وقياس التيار والجهد على الحمل ، وبضرب قيمة جهد الحمل في قيمة تيار الحمل يتم حساب القدرة الظاهرية (S). ومن العلاقة  $\cos(\Phi) = \frac{P}{S}$  نحسب معامل القدرة. ويكون معامل القدرة يساوي (الواحد) في حالة الحمل المادي، ويكون (أقل من الواحد) ومتأخراً في حالة الحمل الحثي ، وأقل من الواحد ومتقدم في حالة الحمل السعوي. ومن العلاقة  $Q = \sqrt{S^2 - P^2}$  يتم حساب القدرة غير الفعالة Q في الحمل.

### الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

- مصدر قدرة متردد متغير الجهد (0-220V).
- جهاز فولتميتر لقياس الجهد المتردد (600V AC).
- جهاز أميتر (0-10A).
- جهاز واتميتر (1-5A, 100-400V).
- حمل مادي عبارة عن المقاومة الحرارية (56  $\Omega$ , 5A).
- حمل حثي (R-L Load) عبارة عن الملف (100 mH, 1.5A) والمقاومة الحرارية (56  $\Omega$ , 5A) تواليًا.
- حمل سعوي (R-C Load) عبارة عن المكثف (47  $\mu$ F, 400V) والمقاومة الحرارية (56  $\Omega$ , 5A) تواليًا.
- لوحة توصيلات و أسلاك التوصيل.

### خطوات العمل :

- ٩- صل الدائرة الموضحة بالشكل (1) مع توصيل الحمل المادي واضبط الجهد على (20V).
- ١٠- خذ قراءات الأجهزة (V, I, and P) ثم سجلها في الجدول (1).
- ١١- احسب القدرة الظاهرية للحمل من قراءتي الأميتر و الفولتميتر  $S = V \times I$
- ١٢- احسب معامل القدرة من القانون:  $\cos(\Phi) = \frac{P}{S}$ .
- ١٣- قارن بين القدرة الحقيقية P والقدرة الظاهرية S المحسوبة.
- ١٤- احسب القدرة غير الفعالة من القانون:  $Q = \sqrt{S^2 - P^2}$ .
- ١٥- غير من قيمة الجهد وكرر الخطوات من (2) إلى (6).
- ١٦- ارسم مثلث القدرة (العلاقة بين S, P, Q,  $\Phi$ ) لإحدى القراءات.
- ١٧- سجل ملاحظاتك على النتائج.
- ١٨- افصل الدائرة وقم بتوصيل الحمل الحثي بدلاً من الحمل المادي ثم كرر الخطوات من 1 إلى 9
- ١٩- افصل الدائرة وقم بتوصيل الحمل السعوي بدلاً من الحمل الحثي ثم كرر الخطوات من 1 إلى 9.

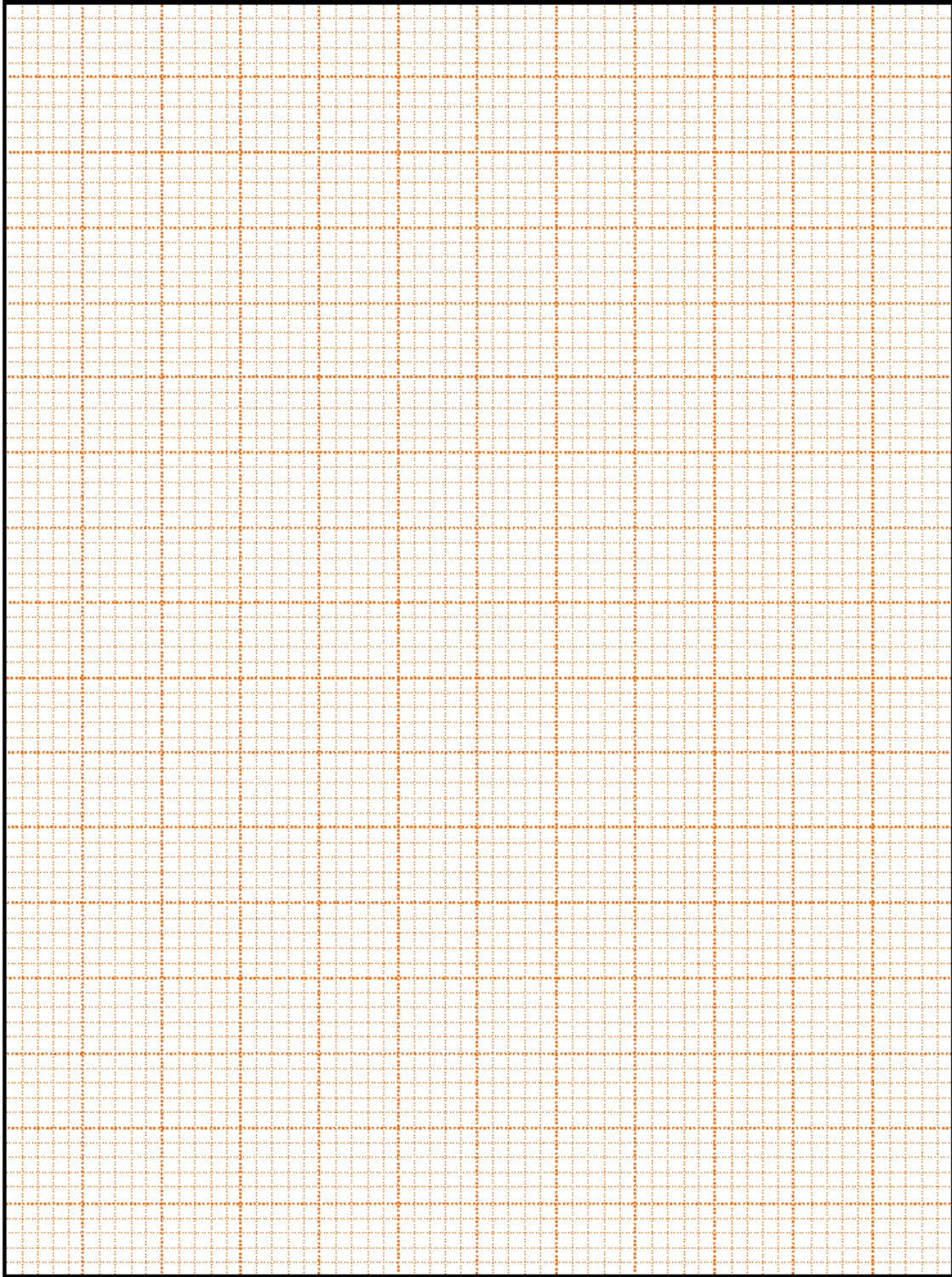
### النتائج:

الحمل	الملاحظات	القراءات			الحسابات		
	$V_{ph} (V)$	I	V	P	S	$\cos \Phi$	Q
المادي	20						
	50						
	100						
الحثي	20						
	50						
	100						
السعوي	20						
	50						
	100						

الجدول (1)

الملاحظات والاستنتاجات:

الرسم البياني:



## قياس القدرة الكهربائية في دوائر التيار المتردد الثلاثي الأوجه

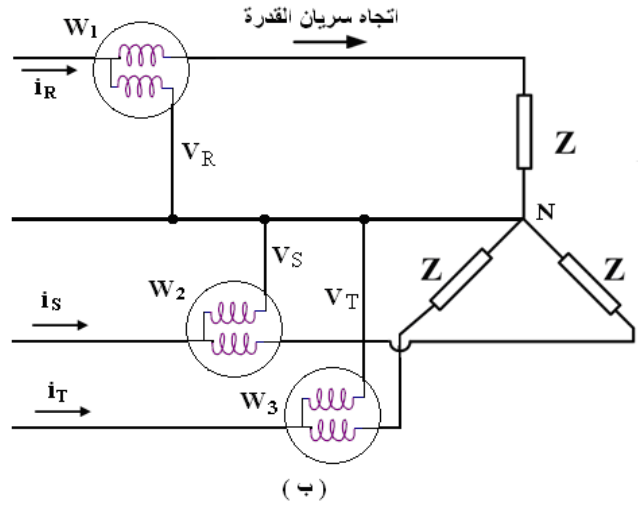
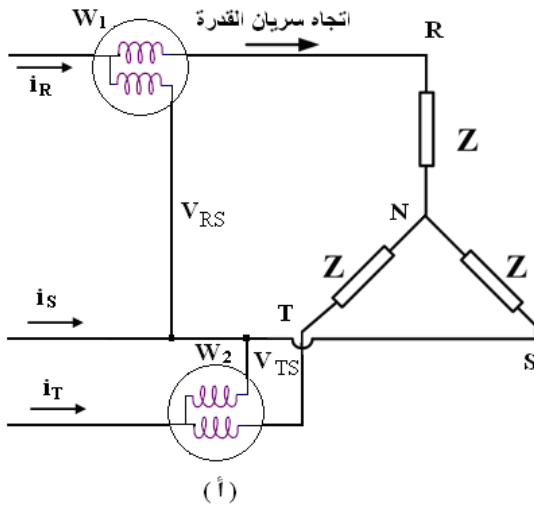
**مقدمة:** تنقسم الأحمال في دوائر التيار المتردد الثلاثي الأوجه من حيث الاتزان إلى قسمين: أحمال متزنة وأحمال غير متزنة بمعنى اختلاف القدرة المسحوبة من أحد الأوجه عن القدرة المسحوبة من الوجه الآخر. و تنقسم الأحمال من حيث معامل القدرة إلى ثلاثة أقسام: أحمال حثية وهي الأحمال ذات معامل القدرة المتأخرة والأحمال السعوية وهي الأحمال ذات معامل القدرة المتقدم والأحمال المادية وهي الأحمال ذات معامل القدرة المساوي الواحد الصحيح. ونعتمد في قياس القدرة الفعالة على أجهزة الواتميتراً أو على طرق أخرى كما رأينا في دوائر التيار المتردد الأحادي الوجه. كما تنقسم الأحمال ثلاثية الأوجه من حيث التوصيل إلى قسمين: الأحمال موصلة على هيئة واي أو هيئة النجمة (Y- Connected Loads) والأحمال الموصلة على هيئة الدلتا (Δ- Connected Loads) ويمكن إضافة عدد الأسلاك أيضاً إلى التصنيف، فتتقسم الأحمال في هذه الحالة إلى قسمين: أحمال موصلة بثلاث موصلات مثل حالة توصيل الدلتا (Δ- Connected Loads) أو الأحمال المتزنة والأحمال ذات أربع موصلات وهي في الأحمال النجمة خاصة غير متزنة.

ولقياس القدرة في دوائر التيار المتردد الثلاثي الأوجه توجد عدة طرق نذكر منها:

- ١- طريقة الثلاثة والتميترات: وفي هذه الطريقة يدرج واتميتر في كل وجه وتكون القدرة المستهلكة تساوي مجموع القراءات الثلاثة واتميترات وهذه الطريقة تصلح لحالة الأحمال المتزنة وغير المتزنة.
- ٢- طريقة الواتميترين: وهذه الطريقة تصلح لقياس القدرة في الدوائر الثلاثية الأوجه بغض النظر عما إذا كانت الدائرة المتزنة من عدمها كسابقتها.
- ٣- طريقة الواتميتير الواحد: وفيها يستعمل واتميتر واحد للحصول على قراءتين كما في الحالة السابقة ولكن يجب أن يكون الحمل متزناً.

### القدرة اللحظية في الحمل الثلاثي الأوجه

لإثبات أن القدرة المقاسة في حالة الواتميترين تساوي تلك في حالة الثلاثة واتميترات نفرض أن الحمل متصل بطريقة النجمة كما في الشكل (1) وأن الجهود والتيارات في نفس الاتجاه عند قراءة الأجهزة.



الشكل (1) القدرة اللحظية في الحمل الثلاثي الأوجه (أ) طريقة الواتميترين. (ب) طريقة الثلاثة واتميترات.

في طريقة الواتميترين الشكل (1 - أ):

التيار اللحظي المار في  $W_1$  هو  $i_R$ .

الجهد اللحظي خلال  $W_1$  هو  $v_{RS}$ .

التيار اللحظي المار في  $W_2$  هو  $i_T$ .

الجهد اللحظي خلال  $W_2$  هو  $v_{TS}$ .

$$W_1 = v_{RS} * i_R$$

القدرة اللحظية المقاسة  $W_1$  هي:

$$W_2 = v_{TS} * i_T$$

القدرة اللحظية المقاسة  $W_2$  هي:

$$W_1 + W_2 = v_{RS} * i_R + v_{TS} * i_T$$

مجموع القدرة اللحظية المقاسة:

$$= (v_R - v_S) * i_R + (v_T - v_S) * i_T$$

$$= v_R * i_R - v_S * i_R + v_T * i_T - v_S * i_T$$

$$= v_R * i_R + v_T * i_T - v_S * (i_R + i_T)$$

$$i_R + i_S + i_T = 0$$

وحسب قانون كيرشوف للتيارات فإن:

$$i_R + i_T = -i_S$$

$$W_1 + W_2 = v_R * i_R + v_T * i_T + v_S * i_S$$

$$(W_1 + W_2)_2 = (W_1 + W_2 + W_3)_3 \quad (1)$$

حسب المعادلة (1) فإن القدرة اللحظية المقاسه بطريقة الواتميترين تساوي القدرة اللحظية الكلية للحمل في حالة الثلاث واتميترات.

أما الحمل المتصل بطريقة الدلتا فيسري عليه نفس القانون حيث إن الحمل المتصل بطريقة الدلتا يمكن تحويله إلى حمل مكافئ متصل بطريقة النجمة.

## التجربة الثالثة

### قياس القدرة الفعالة في دوائر التيار المتردد الثلاثي الأوجه باستخدام ثلاثة أجهزة واثمتر

**الهدف من التجربة:** كيفية استخدام ثلاثة أجهزة واثمتر لقياس القدرة الكهربائية في دوائر التيار المتردد الثلاثي الأوجه الموصلة على الشكل النجمة ذات الأربعة موصلات وذات الثلاثة موصلات عند أحمال مختلفة (مادية وحثية وسعوية).

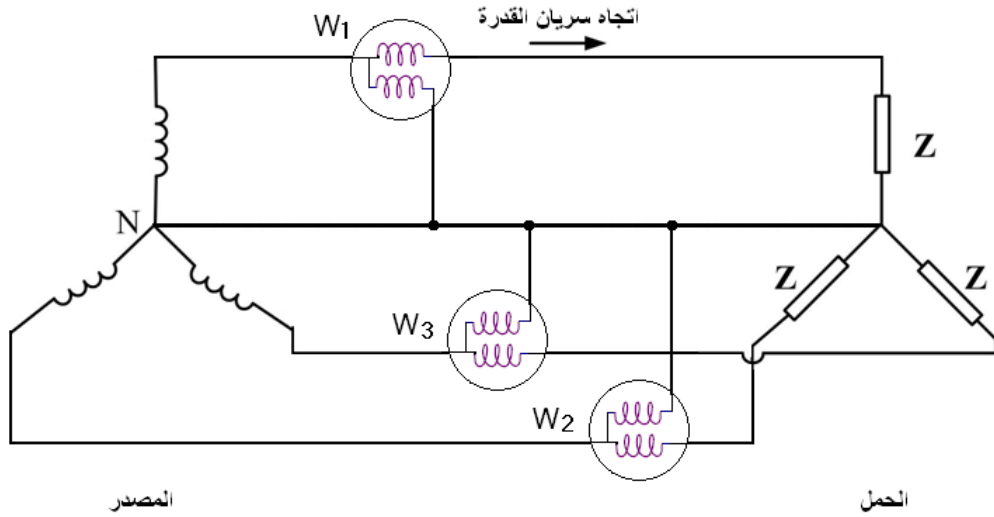
**فكرة التجربة:** بتوصيل جهاز واثمتر مع كل وجه حيث يوصل ملف التيار ذا المقاومة المنخفضة توالياً ليقاس تيار الوجه ويوصل ملف الجهد ذا المقاومة العالية توازياً ليقاس جهد الوجه فيكون كل جهاز يقيس القدرة المسحوبة من الوجه الموصول به . ثم بالجمع الجبري للثلاث قراءات نحصل على القدرة الفعالة الكلية المستهلكة في الحمل. وتتمثل صعوبة هذه الطريقة في أنه لا يمكن في جميع الأحوال الحصول على نقطة التعادل (Neutral) للحمل الموصول النجمة أو توصيل الجهاز داخل الوجه في حالة الحمل الموصول دلتا.

#### الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

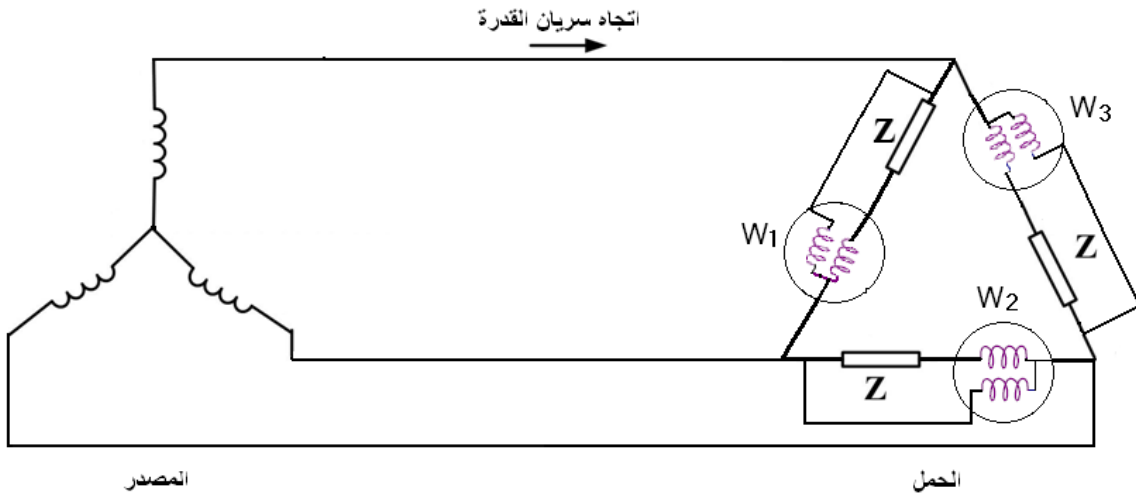
- مصدر قدرة متردد الثلاثي الأوجه متغير الجهد (0-220V).
  - ثلاثة أجهزة واثمتر (1-5A, 100-400V).
  - الحمل المادي الثلاثي الأوجه عبارة عن المقاومة الحرارية (56 Ω, 5A) بكل وجه.
  - الحمل الحثي (R-L Load) الثلاثي الأوجه عبارة عن ملف (100 mH, 1.5A) والمقاومة الحرارية (56 Ω, 5A) توالياً بكل وجه.
  - الحمل السعوي (R-C Load) الثلاثي الأوجه المتصل على الشكل النجمة عبارة عن مكثف (47 μF, 400V) والمقاومة الحرارية (56 Ω, 5A) توالياً بكل وجه.
  - لوحة توصيلات و أسلاك توصيل.
- ملاحظة: هذه الطريقة تصلح للحمل المتزن أو غير المتزن.



### الدائرة المستخدمة في القياس:



الشكل (1) قياس القدرة في الحمل الثلاثي الأوجه بواسطة ثلاثة أجهزة واطميتر  
(حمل النجمة ، نظام 4 موصلات)



الشكل (2) قياس القدرة في الحمل الثلاثي الأوجه توصيل الدلتا بواسطة ثلاثة أجهزة واطميتر

### خطوات العمل:

- 1- صل الدائرة الموضحة بالشكل (1) مع توصيل الحمل المادي واضبط جهد الوجه على (20V).
- 2- خذ قراءات الأجهزة ( $W_1, W_2, W_3$ ) ثم سجلها في الجدول (1).
- 3- احسب القدرة الكلية للحمل من العلاقة:  
$$P_1 = W_1 + W_2 + W_3$$
- 4- غير من جهد المنبع وكرر الخطوات (2-3) وسجل النتائج في الجدول.
- 5- صل الدائرة الموضحة بالشكل (2) وكرر الخطوات (1-4) وسجل النتائج في الجدول.

- ٦- قارن بين النتائج في الحالتين (هل القدرة متساوية؟) وسجل ملاحظاتك.
- ٧- افصل الدائرة وقم بتوصيل الحمل الحثي بدلاً من الحمل المادي ثم كرر الخطوات من 1 إلى 6 .
- ٨- افصل الدائرة وقم بتوصيل الحمل السعوي بدلاً من الحمل الحثي ثم كرر الخطوات من 1 إلى 6.

### النتائج:

الحمل	$V_{ph} (V)$	الحالة الأولى (النجمة)				الحالة الثانية (الدلتا)			
		$W_1$	$W_2$	$W_3$	$P_1$	$W_1$	$W_2$	$W_3$	$P_2$
المادي	20								
	30								
	40								
الحثي	20								
	30								
	40								
السعوي	20								
	30								
	40								

الجدول (1)

المقارنة والملاحظات:

## التجربة الرابعة

### قياس القدرة ومعامل القدرة في دوائر التيار المتردد ثلاثي الأوجه باستخدام جهاز واطميتر

**الهدف من التجربة:** كيفية استخدام جهاز واطميتر لقياس القدرة الكهربائية بأنواعها المختلفة (فعالة - غير فعالة - ظاهرية) ومعامل القدرة في دوائر التيار المتردد ثلاثي الأوجه الموصلة على الشكل النجمة أو الدلتا ثلاثة أو أربعة موصلات.

**فكرة التجربة:** بتوصيل جهاز واطميتر مع وجهين فقط حيث يوصل ملف التيار ذا المقاومة المنخفضة توالياً لقياس تيار الخط ويوصل ملف الجهد ذا المقاومة العالية توازياً لقياس جهد الخط ثم الجمع الجبري للقراءتين. وقد تم - سابقاً في هذه الوحدة - إثبات أن القدرة في حالة الواطميترين تساوي القدرة الكلية. ويمكن حساب القدرة الفعالة  $P$  والقدرة غير الفعالة  $Q$  والقدرة الظاهرية  $S$  وكذلك معامل القدرة  $\cos \phi$  من قراءة الواطميترين حسب العلاقات التالية:

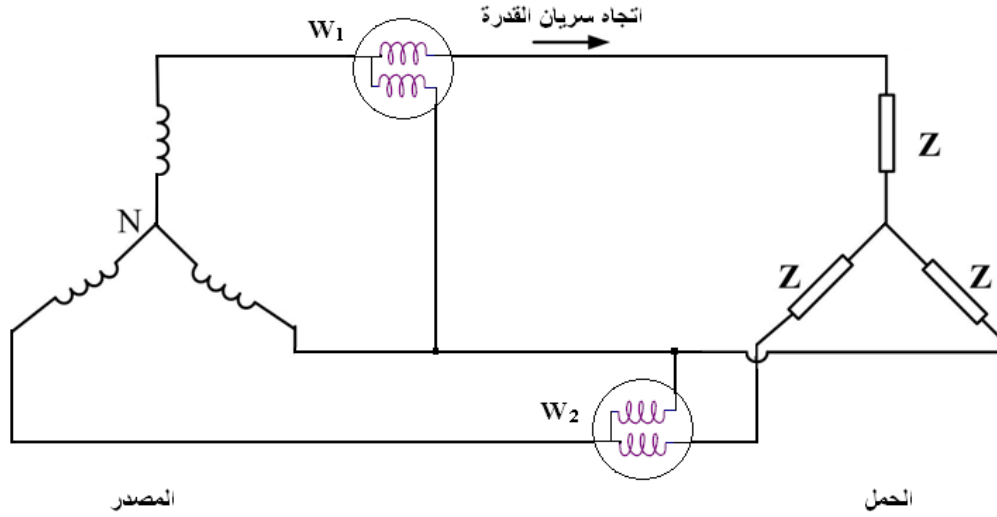
$$\begin{aligned} P &= W_1 + W_2 \\ Q &= \sqrt{3} (W_1 - W_2) \\ S &= \sqrt{P^2 + Q^2} \\ \cos \phi &= \frac{P}{S} \end{aligned} \quad (1)$$

### الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة :

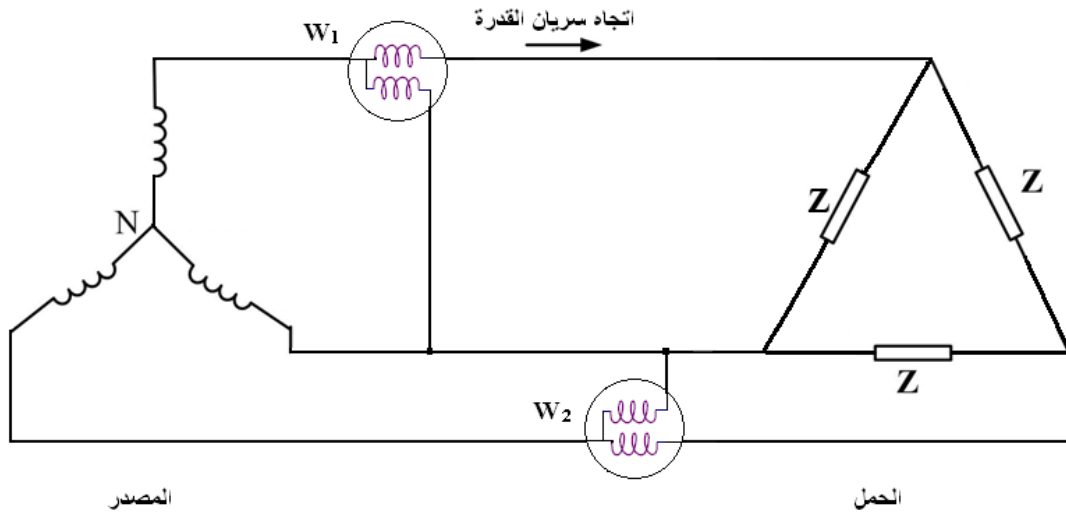
- مصدر القدرة المتردد الثلاثي الأوجه متغير الجهد (0-220V).
- جهاز واطميتر (1-5A, 100-400V).
- الحمل المادي الثلاثي الأوجه عبارة عن المقاومة الحرارية (56  $\Omega$ , 5A) بكل وجه.
- الحمل الحثي (R-L Load) الثلاثي الأوجه متصلاً على الشكل النجمة عبارة عن الملف (100 mH, 1.5A) ومقاومة الحرارية (56  $\Omega$ , 5A) توالياً بكل وجه.
- الحمل السعوي (R-C Load) الثلاثي الأوجه متصل على الشكل النجمة عبارة عن المكثف (47  $\mu$ F, 400V) ومقاومة الحرارية (56  $\Omega$ , 5A) توالياً بكل وجه.
- لوحة التوصيلات و أسلاك التوصيل.

ملاحظة: هذه الطريقة تصلح للحمل المتزن أو غير المتزن.

### الدائرة المستخدمة في القياس:



الشكل (1) قياس القدرة في الحمل الثلاثي الأوجه توصيل النجمة بطريقة الواتميترين.



الشكل (2) قياس القدرة في الحمل الثلاثي الأوجه توصيل الدلتا بواسطة جهازي واتميتر.

### خطوات العمل:

- ١- صل الدائرة الموضحة بالشكل (1) أو الشكل (2) مع توصيل الحمل المادي واضبط جهد الوجه على (20V).
- ٢- خذ قراءات الأجهزة ( $W_1$ ,  $W_2$ ) ثم سجلها في الجدول (1).

٣- احسب القدرة الفعالة  $P$  والقدرة غير الفعالة  $Q$  والقدرة الظاهرية  $S$  ومعامل القدرة  $\cos \phi$  من العلاقة (1) ثم سجلها في الجدول (1) .

٤- غير من جهد المنبع وكرر الخطوات 2، 3 وسجل النتائج في الجدول.

٥- افصل الدائرة وقم بتوصيل الحمل الحثي بدلاً من الحمل المادي ثم كرر الخطوات من 1 إلى 4 .

٦- افصل الدائرة وقم بتوصيل الحمل السعوي بدلاً من الحمل الحثي ثم كرر الخطوات من 1 إلى 4.

٧- قم برسم مثلث القدرة لكل حالة (المادي و الحثي و السعوي).

٨- سجل ملاحظاتك على النتائج والرسم.

**المقارنة والملاحظات:**

النتائج:

الحمل	$V_{ph} (V)$						
		$W_1$	$W_2$	P	Q	S	$\cos \phi$
المادي	20						
	30						
	40						
الحثي	20						
	30						
	40						
السعوي	20						
	30						
	40						

الجدول (1)

## رسم مثلث القدرة للحالات الثلاث:

