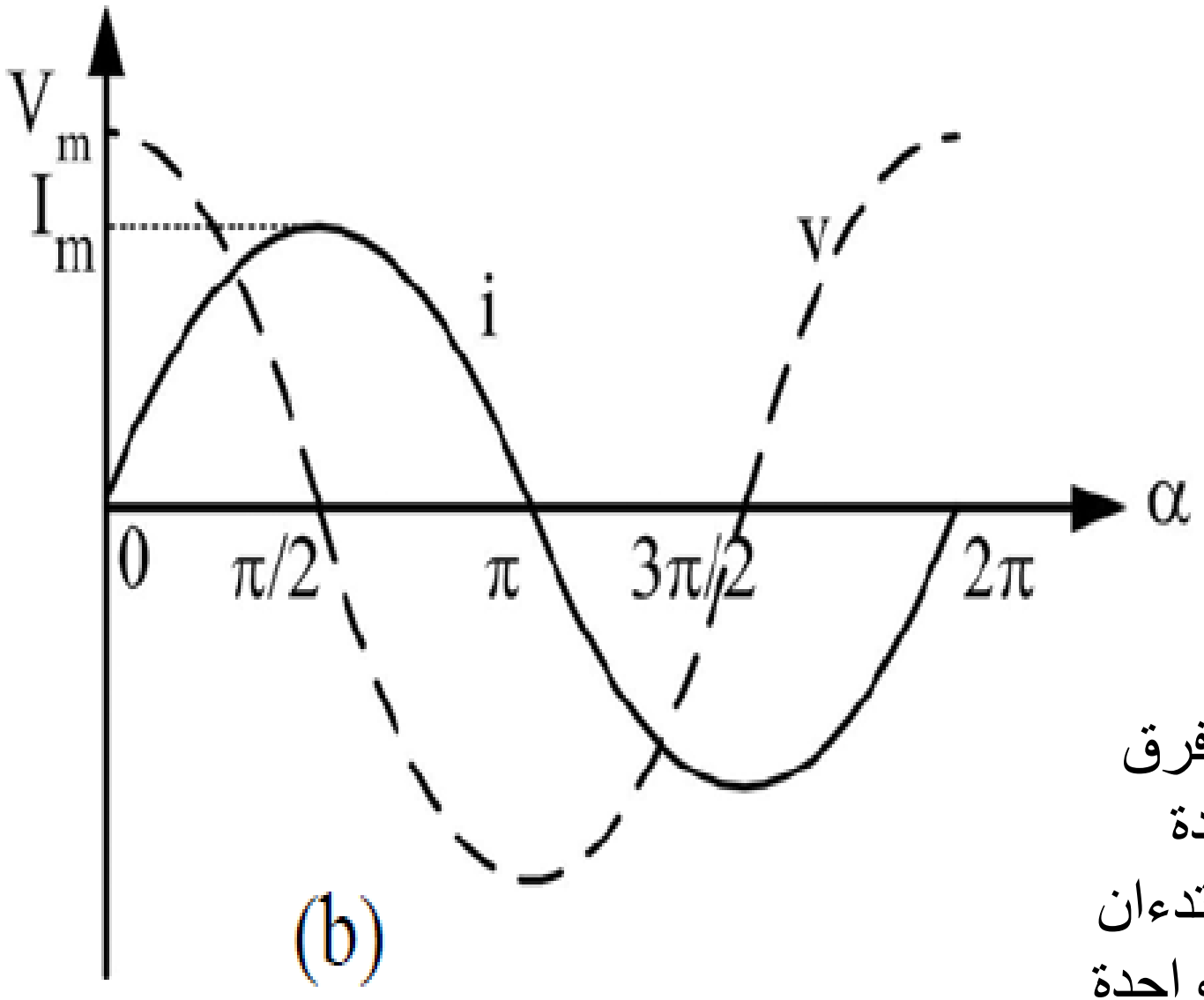
زاوية الطور
phase angle

تبين من المحاضرة السابقة أن كلا من فرق الجهد وشدة التيار يبدأون من نقطة الأصل بما يعني أنهم متفقان في زاوية الطور وبمعني أدق يكونا متحدي الطور أو الوجه وتسمي in-phase

وفي حالة ان فرق الجهد وشدة التيار يكونا متحدي الطور يكون في حالة حمل المقاومة

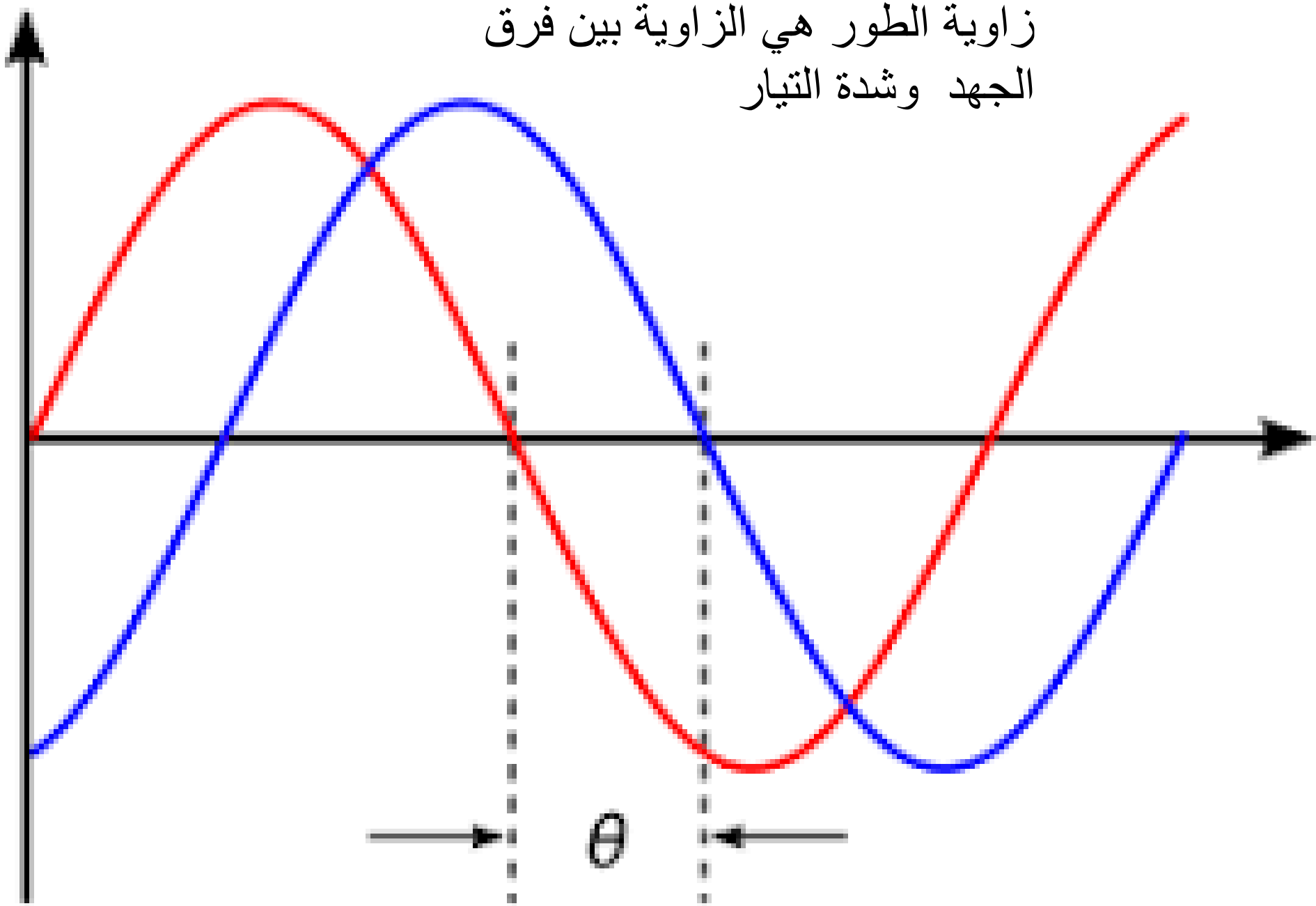
وعندما تحتوي الدائرة علي عناصر أخري غير المقاومة وهما (المكثف و ملف حث) ففي هذه الحالة يظهر فرق الطور أو الوجه بين كل من موجتي الجهد والتيار ويسمي phase shift ، وهذا يعني ان كل من فرق الجهد وشدة التيار لا يبدأن من نقطة الأصل وبما يعني أيضا أن الموجتان لم تعدا تبلغان القيمة القصوي عند نفس الزمن أو عند نفس الوقت أو اللحظة

ويقاس هذا الفرق في الطور أو الوجه بالدرجات ويسمي بزاوية فرق الطور أو الوجه والذي يؤثر أيضا علي شكل منحني القدرة

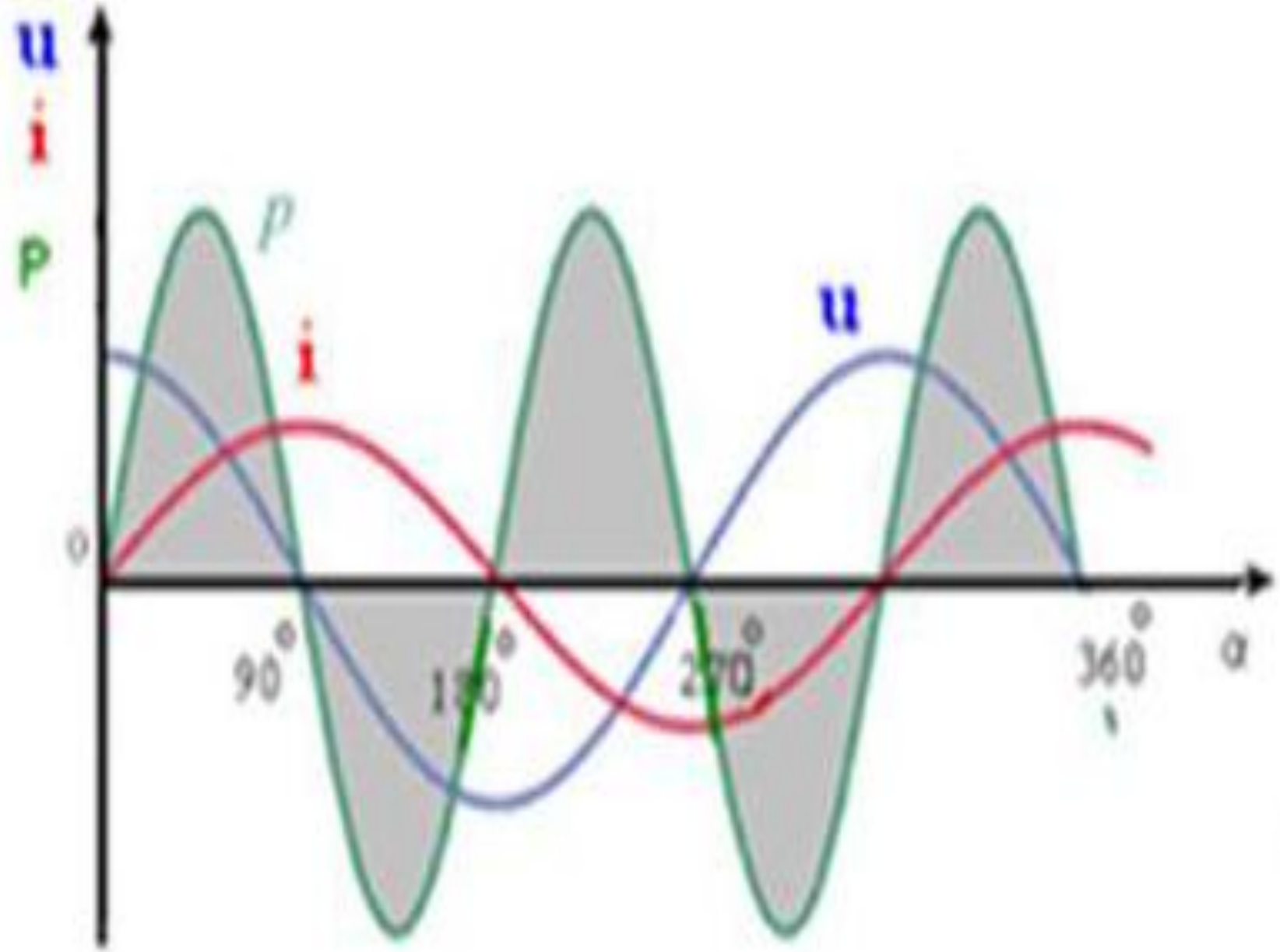


لاحظ أن فرق
الجهد وشدة
التيار لايبتدءان
من نقطة واحدة

زاوية الطور هي الزاوية بين فرق
الجهد وشدة التيار



يلاحظ في الشكل التالي أن منحني القدرة جزء منه في الجانب الموجب وجزء آخر في الجانب السالب . ومعني ان القدرة في الجانب الموجب فهذه قدرة حقيقية ومعني ان القدرة في الجانب السالب فهذه قدرة غير حقيقية ولا يستفاد منها


u
i
P
p
i
u
0
90°
180°
270°
360°
α

فيجب تخزين الطاقة والشحنة التي تنتج ليستفاد بها في وقت اعطاء القدرة الغير حقيقة أو التي لا يستفاد بها.

ويتم ذلك عن طريق المكثفات .

وقبل شرح كيفية حسابات القدرة الحقيقية والقدرة الغير حقيقية (الظاهرية) وحسابات معامل القدرة . نتطرق الي مفهوم السعة الكهربائية والمكثفات كما يلي:

مفهوم السعة الكهربائية :

إذا ملأنا إناءين مختلفين في الحجم بالماء إلى الارتفاع نفسه فإن كمية الماء فيها غير متساوية ونقول أن كمية الماء في ذلك الإناء أنه ذو سعة أكبر.

وكذلك في الكهرباء إذا شحنا موصلين مختلفين إلى الجهد نفسه فإن شحنة أحد الموصلين أكبر من شحنة الآخر ونقول لذلك الموصل أنه ذو شحنة كهربائية أكبر .

ومن خلال دراستنا السابقة عن الجهد نجد أن مقدار الجهد الكهربائي لموصل يتناسب طردياً مع شحنة هذا الموصل أي أن :

$$q \alpha V$$

وعلاقة التناسب α عبارة عن قيمة ثابتة تعرف بالسعة الكهربائية لذلك الموصل ونرمز لها بالرمز C ، أي أن :

$$C = \frac{q}{V}$$

وتعرف السعة الكهربائية بأنها : النسبة الثابتة بين شحنة الموصل ومقدار جهده الكهربائي ووحدة قياس السعة الكهربائية هي وحدة قياس الشحنة (C) مقسومة على وحدة قياس الجهد الكهربائي (V) أي أن: C / V. وتعرف هذه الوحدة باسم فاراد (F)

ويعرف الفاراد بأنه : سعة الموصل الذي إذا أعطي شحنة مقدارها كولوم واحد فإن جهده فولت واحد أي أن :

F = 1 C / 1 V 1

والفاراد كمية كبيرة جداً من السعة ، والقيم المتداولة في الأجهزة العلمية هي أجزاء الفاراد من رتبة المايكرو فاراد (μF)أو أقل وعلاقة التحويل فيما بينها على النحو الآتي :

مايكروفاراد	$1F$	$=10^{6}\,\mu F$	1
نانوفراد	$1F$	$=10^{9}\,nF$	2
بيكوفاراد	$1F$	$=10^{12}\,pF$	3

احسب السعة الكهربائية لموصل اكتسب شحنة مقدارها $4.5\times10^{-4}\,C$ فأصبح جهده الكهربائي $160\,V$

الحل :

$$C = \frac{q}{V}$$

$$\therefore C = \frac{4.5\times10^{-4}}{160} = 2.8\times10^{-6}\,F$$

$$= 2.8\,\mu F$$

احسب مقدار الشحنة الكهربائية التي يكتسبها موصل سعته لكهربائية $4\,\mu F$ لكي يصبح جهده $220\,V$

الحل :.

$$C = \frac{q}{V}$$

$$\Rightarrow q = CV$$

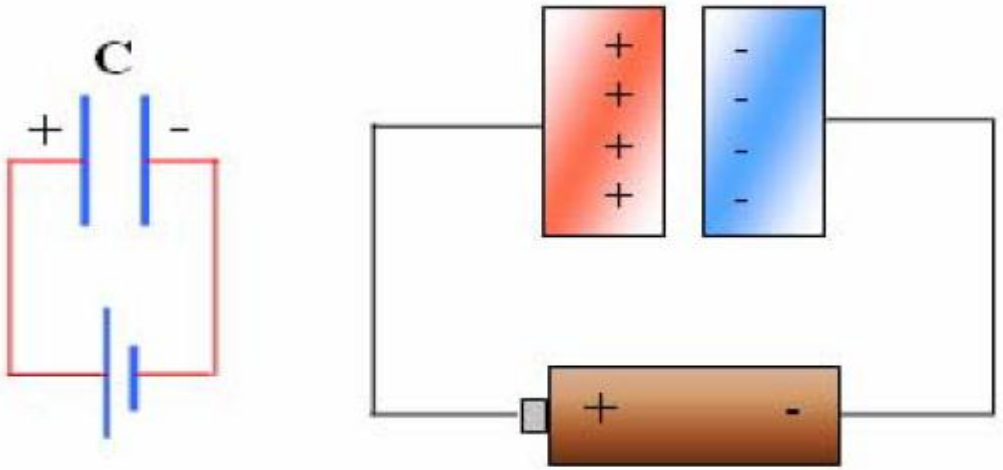
$$\therefore q = 4 \times 10^{-6} \times 220 = 8.8 \times 10^{-4}\,C$$

المكثف الكهربائي :

يعد المكثف من العناصر الأساسية في تركيب غالبية الدارات الإلكترونية والكهربائية مثل دارات الإرسال والاستقبال في المذياع (الراديو) والتلفاز، وهو عبارة عن جهاز يعمل على تخزين الطاقة والشحنة ويوجد على أشكال متعددة إلا أنه في أبسط صورة يتكون من لوحين معدنيين متوازيين تفصلها مادة عازلة كالهواء أو الورق أو الزجاج ..... إلخ ويعرف هذا المكثف باسم المكثف ذو اللوحين المتوازيين

شحن المكثف :

يتم شحن المكثف بوصل لوحيه بقطبي بطارية كما في الشكل (9 - 5) فاللوح الموصل مع القطب السالب يشحن بشحنة سالبة . ونتيجة لذلك تكون شحنة اللوح الآخر موجبة لأن إلكتروناته تتنافر مع إلكترونات اللوح السالب وتنجذب إلى القطب الموجب للبطارية .

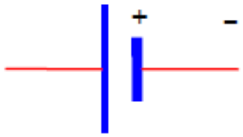


(ب) (أ)

الشكل (9 - 5)

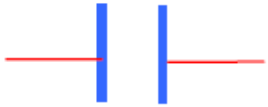
ملحوظة :

الرمز المستخدم للبطارية في الدوائر الكهربائية هو :



وغالباً لا توضع علامة الموجب والسالب على الرمز بحيث أن الخط الأطول يمثل الطرف الموجب .

2 ـ الرمز المستخدم للدلالة على المكثف هو :



سعة المكثف :

مثل أي موصل آخر فإن سعة المكثف تعطى حسب العلاقة (5 -13) وهي :

$$C = \frac{q}{V}$$

توصيل المكثفات :

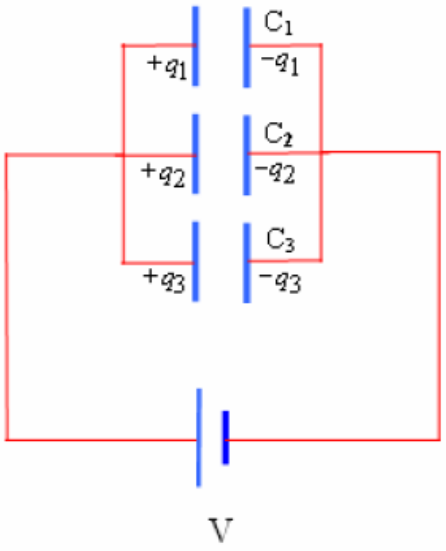
من الناحية العملية نلجأ إلى توصيل مكثفين أو أكثر بهدف الحصول على السعة المطلوبة وهناك طريقتين لتوصيل المكثفات :

1 ـ توصيل المكثفات على التوازي .

2 ـ توصيل المكثفات على التوالي (التسلسل)

أولا توصيل المكثفات على التوازي :

وفيه يتم توصيل المكثفات كما في الشكل (10 - 5) :



الشكل (10 - 5)

خصائص هذا الربط :

1 ـ الشحنة المكافئة q تساوي مجموع شحنة كل مكثف أي أن :

$$q = q_1 + q_2 + q_3$$

2ـ فرق الجهد بين طرفي أي مكثف يساوي فرق الجهد بين طرفي أي مكثف آخر ويتساوى جهد المصدر V أي أن :

$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

السعة المكافئة C_{eq} تكون أكبر من أي سعة مكثف متصل على التوازي أي أن :

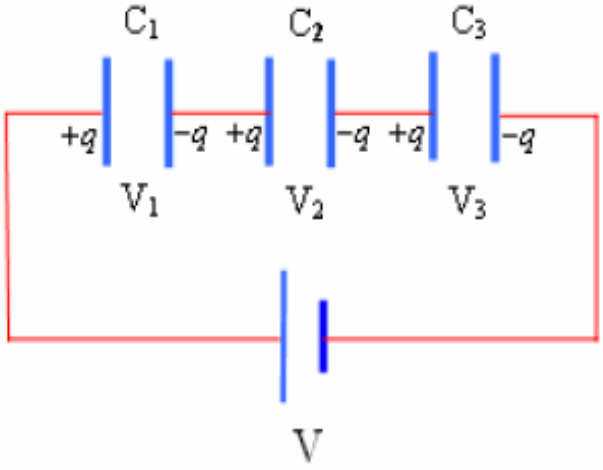
$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$$

ولعدد n من المكثفات المتصلة على التوازي فإن :

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots\ldots\ldots C_n \qquad (5\text{-}14)$$

ثانيا توصيل المكثفات على التوالي (التسلسل) :

وفيه يتم توصيل المكثفات كما في الشكل (11-5):



الشكل (11-5)

خصائص هذا الربط :

1. الشحنة على أي مكثف تساوي الشحنة على أي مكثف آخر وتساوي الشحنة المكافئة q أي أن :

$$q = q_1 = q_2 = q_3$$

2. فرق الجهد بين طرفي المكثفات على التوالي يساوي مجموع فرق الجهد لكل مكثف على حدة أي أن:

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

3 . السعة المكافئة C_{eq} تكون أصغر من سعة مكثف متصل على التوالي أي أن :

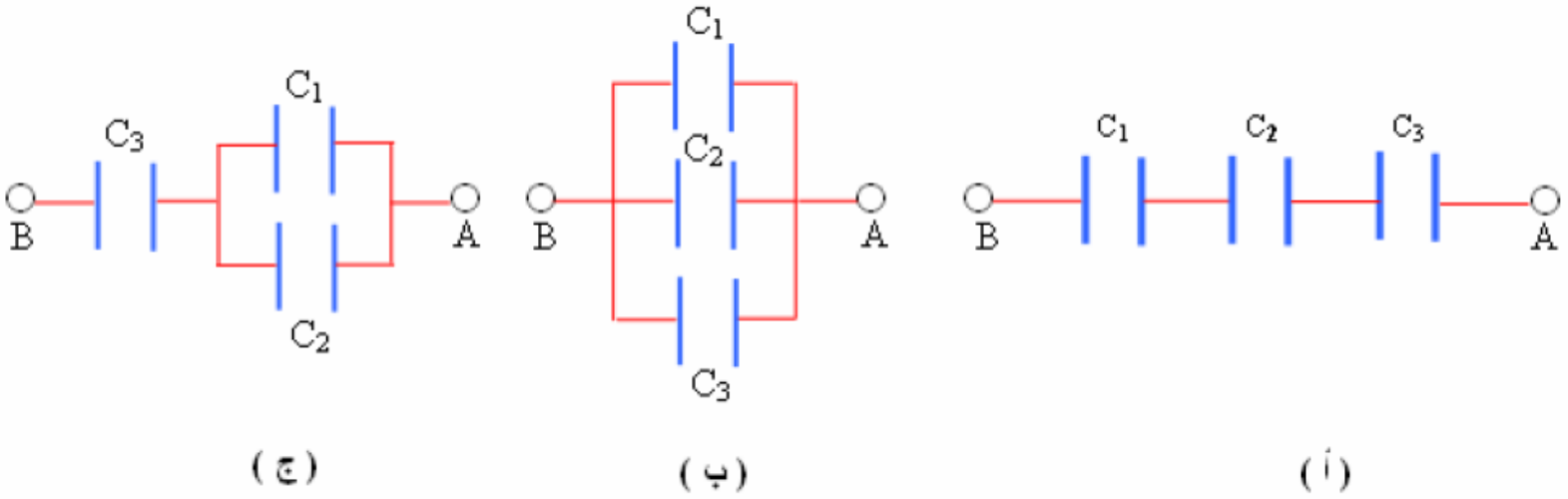
$$\boxed{\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$$

ولعدد n من المكثفات المتصلة على التوالي فإن :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots\ldots\ldots \frac{1}{C_n} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5-15)$$

مثال : (5 - 10)

إذا كانت $C_1 = 3\mu F$ ، $C_2 = 6\mu F$ ، $C_3 = 4\mu F$ احسب السعة المكافئة بين B و A كما الشكل (5-12) في الحالات التالية :



(أ) (ب) (ج)

الحل :

الحالة (A) المكثفات متصلة على التوالي إذاً

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C3}$$

$$= \frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{C_e} = \frac{4+2+3}{12} = \frac{9}{12} = \frac{3}{4}$$

$$C = \frac{4}{3} = 1.33\,\mu F$$

الحالة (B)

المكثفات متصلة على التوازي إذاً

$$C_{e9} = C_1 + C_2 + C_3$$

$$C_4 = 3 + 6 + 4 = 13\,\mu F$$

الحالة (C)

نحسب أولا السعة المكافئة لC_1 و C_2 ،ولتكن C_4 متصلتان على التوازي إذاً :

$$C_4 = C_1 + C_2$$

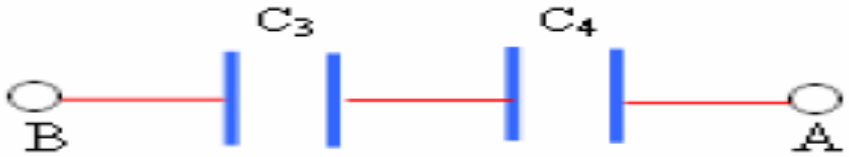
$$C_4 = 3 + 6 = 9\,\mu F$$

ومن الشكل (13-5) أصبح C_4 ، C_3 متصلتين على التوالي إذاً السعة المكافئة لهما كما يلي :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4}$$

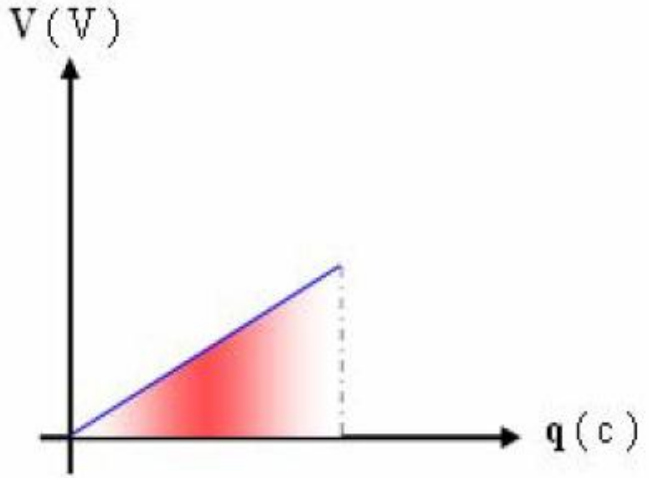
$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{9} = \frac{9+4}{36} = \frac{15}{36}$$

$$C_{eq} = \frac{36}{13} = 2.76\,\mu F$$



الطاقة الكهربائية المخزنة في المكثف :

عند شحن مكثف كهربائي فإن الجهد الكهربائي بين لوحين يزداد تدريجيا بزيادة كمية الشحنة التي يكتسبها وبتمثيل العلاقة البيانية بين فرق الجهد وبين الشحنة نحصل على خط مستقيم كما في الشكل (5-14):



الشكل (5-14)

ومن المعلوم أن شحن مكثف يحتاج إلى بذل شغل وهذا الشغل يساوي عددياً المساحة المحصورة تحت المنحنى أي مساحة المثلث الذي يساوي $\frac{1}{2} q\,V$ أي أن :

$$W = \frac{1}{2} qV$$

وهذا الشغل يخزن على شكل طاقة كهربائية في المكثف بحيث $U = W$

ومن العلاقتين السابقتين فإن الطاقة الكهربائية في المكثف تكون على النحو الآتي :

$$U = \frac{1}{2} qV \qquad \text{.....} \quad (5\text{-}16)$$

وهنالك صورتان أخريان للعلاقة (5-16) وذلك بالتعويض عن q فنحصل على :

$$U = \frac{1}{2} = CV^2 \qquad \text{.....} \quad (5\text{-}17)$$

ومرة أخرى عن V بـ : $V = \frac{q}{2}$:

$$U = \frac{q^2}{2C} \qquad \text{.....} \quad (5\text{-}18)$$

مثال (5-11)

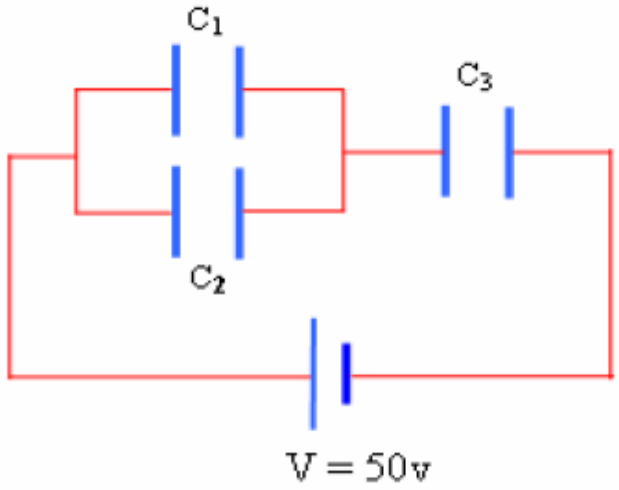
في الشكل المبين (5-15) ثلاث مكثفات حيث : $C_1 = 2\mu F$ ، $C_2 = 4\mu F$ ، $C_3 = 6\mu F$

احسب ما يلي :

1 . السعة المكافئة

2 . شحنة كل مكثف

3 . الطاقة المختزنة في المكثف C_2



الحل :

1- C_1 و C_2 متصلتان على التوازي :

$$C_{12} = C_1 + C_2$$

$$\mu F6 = 4 + 2 =$$

وتصبح C_{12} موصلة على التوالي مع C_3 وبالتالي فإن C_{eq} تكون كالتالي :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_{12}} + \frac{1}{C_3}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{2}{6}$$

$$\Rightarrow C_{eq} = \frac{6}{2} = 3\mu F$$

$q_3 = ?$ $q_2 = ?$, $q_1 = ?$ -2

في حالة C_{12} و C_3 المتصلتان على التوالي فإن :

$$q = q_3 = q_{12}$$

$$q = C_{eq} V$$

ولحساب q_1 ، q_2 نحسب أولاً V_{12}

$$V_{12} = \frac{q_{12}}{C_{12}}$$

$$= 6 \frac{1.5 \times 10^{-4}}{6 \times 10^{-6}} = 25\,V$$

$$\therefore V_{12} = V_1 = V_2$$

لأنهما متصلتان على التوازي

$$\therefore q_1 = C_1 V_1$$

$$= 2 \times 10^{-6} \times 25 = 5 \times 10^{-5} C$$

$$q_2 = C_2 V_2$$

$$= 4 \times 10^{-6} \times 25 = 1 \times 10^{-4} C$$

3) $U_{C_2} = ?$

$$U = \frac{1}{2} q_2 V_2$$

$$= \frac{1}{2} \times 1 \times 10^{-4} \times 25 = 1.25 \times 10^{-3} J$$

- Heat = Electrical energy (kWh)=

  Power (kW) . Time (h) =

  $E \cdot I \cdot t = (I \cdot R) \cdot I \cdot t = I^2 \cdot R \cdot T$

  Heat = (voltage)^2 / Resistance

- A water heater with two 2 500 Watts heating elements operates at 240 volts circuit, and the current flowing through the wire is 20.8 A. If the water heater has a resistance of 0.25 Ω, determine the heat produce in the wire in 1 hour

Solution

$$\text{Heat} = I^2(R)\,(t) = (20.8)^2\,(0.25)(1)$$

$$= 108 \text{ Wh} = 0.108 \text{ kWh}$$

How much heat is produced if two 5000 W water heaters are supplied by the same wire? The current flowing through the wire is 41.6 A.

Solution

$$\text{Heat} = I^2(R)\,(t) = (41.6)^2\,(0.25)(1)$$

$$= 443 \text{ Wh} = 0.433 \text{ kWh}$$

- **Power = Voltage (E) . Current (I) . Power factor (pf)**
- **Power factor معامل القدرة= cosine phase angle (θ)**

The current drawn by an electric motor lags the voltage by 52 electrical degrees. Determine the power factor of the motor.موتور كهربي وزاوية الطور به

هي°52، احسب معامل القدرة لهذا الموتور الكهربي.

Solution

Power factor (pf) = cosθ = cos(52) = 0.616

- Determine the power drawn by the single-phase electric motor of the above example if the electric motor operates at 240 V and draws 8.3A.

من المثال السابق احسب القدرة الحقيقية اذا كان فرق الجهد 240V وشدة التيار 8.3 A

Solution

Power (W) = E.I.pf

W= 240(8.3)(0.616)=1 227 watts= 1.227 kW

- Power factor (pf) =

  Power (W)/ Voltage (E) × Current (I)

An electrician makes the following measurements for a single-phase electric motor circuit: power drawn is 2 000 W, voltage is 220 V, and current is 12.2 A. Determine the power factor and the phase angle of this circuit. حدد معامل القدرة وزاوية وجه الطور

Solution

- Power factor (pf) = (2000)/ (220)(12.2)

  = 0.7452

Power factor (pf) = cosine phase angle (θ)

Phase angle (θ) = arcos(0.7452) =41.8°

- K_h is the number of watt – hours per disc revolution
- If the factor (K_h) of a meter is 7.2
- This means that 1 revolution of the disc represents 7.2 watt-hours (Wh) of electrical energy.
- Therefore, it takes 138.89 disc revolutions to make

- Determine the power in Watts drawn by a 240 Volts circuit if the k_h of the meter is 7.2, and the meter disc makes 5.78 revolutions per minute

Solution

Power (W) = 60 (K_h) (disc revolutions per minute)

Power (W) = 60 (7.2) (5.78) = 2 500 W

- Determine the power factor and the phase angle for the circuit in The previous example, if the flowing in the circuit is 12A

Solution

Power factor (pf) = Power (W) /Voltage (E) . Current (I)

Power factor (pf) = (2500)/(240). (12) = 0.868

Power factor (pf) = cosine phase angle (θ)

Phase angle (θ) = arcos(0.868)=29.8°

- Improving power factor

Kilovar (kVAR) = kW . ($\tan\theta_1$ - $\tan\theta_2$)

A single – phase motor 50 Hz operates at 240 V, and draws 40 A and 6 500 W. Determine the kVAR required to correct the power factor to 0.950

Solution

Power factor (pf) = 6 500 / (240). (40)

= 0.667

- Power factor (pf_1) = $\cos \theta_1$ = 0.677

$$\theta_1 = 47.4°$$

$$\tan \theta_1 = 1.0875$$

- Power factor (pf_2) = $\cos \theta_2$ = 0.950

$$\theta_2 = 18.2°$$

$$\tan \theta_2 = 0.328\ 8$$

- kilovar (kVAR) = kW (tan θ_1 – tan θ_2)
- kilovar (kVAR) = 6 500 (1.0875 – 0.3288)
- kilovar (kVAR) = 4.932

Size of capacitor مقاس المكثف

- Efficiency (%) = output power / Input power

Determine the efficiency of a single – phase electric motor which operates at 230 V and draws 30 A with a phase angle of 52°, and the electric motor developing 6.5 hp

Solution

Power factor (pf) = cos θ = cos 52 = 0.616

Input power = I . E. pf

Input power = 30 (230) (0.616)

= 4181.4 W = 4.1814 kW

Output power= 6.5 hp = 4.8507

Efficiency(%) = 4.1814 / 4.8507 = 0.862 (100)

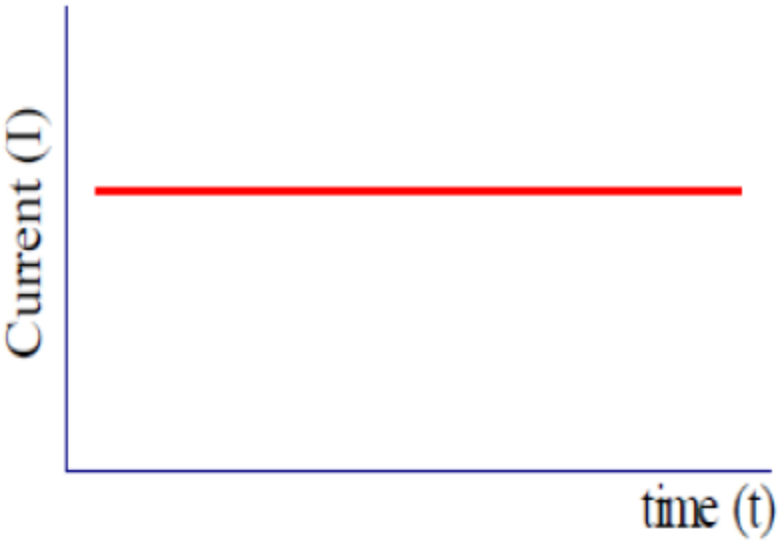
= 86.2 %

- **<u>Convert Capacitor kVAR into farads</u>**
- Required Capacity of Capacitor in kVAR **(Convert Capacitor kVAR into Farads)**
- **$kVAR = C \times (2 \pi f V^2)$**
- **$C = kVAR / (2 \pi f V^2)$ in microfarad**
- Putting the Values in the above formula
- $= (4.932kVAR) / (2 \times \pi \times 50 \times 40^2)$
- $= 9.81688 \times 10^{-6}$
- **= 9.8µF**

التيار المستمر والتيار المتردد :

Direct and Alternating Current

تقسم الأجهزة الكهربية إلى مجموعتين أساسيتين تبعا لصورة التيار الكهربى .أما تيار مستمر أو تيار متردد. فالتيار المستمر Direct (DC) Current هو تيار ثابت الاتجاه والقيمة وفيه تتحرك الالكترونات فى نفس الاتجاه ومن أمثلة الأجهزة التى تعتبر مصدرا للتيار المستمر : البطاريات والازدواجات الحرارية والخلايا الشمسية وكذلك مولدات التيار المستمر كما هو موضح بالشكل (١) .



شكل (١) يوضح التيار المستمر

وعلى الناحية الاخرى يصنف التيار المتردد (AC) بأنه ذوسريان متغير فى اتجاهين . وحيث أنه عمليا فإن معظم نظم توزيع القدرة الحديثة تستخدم التيار المتردد فسيتم اعطاء تفاصيل أكثر عن مواصفات التيار المتردد .

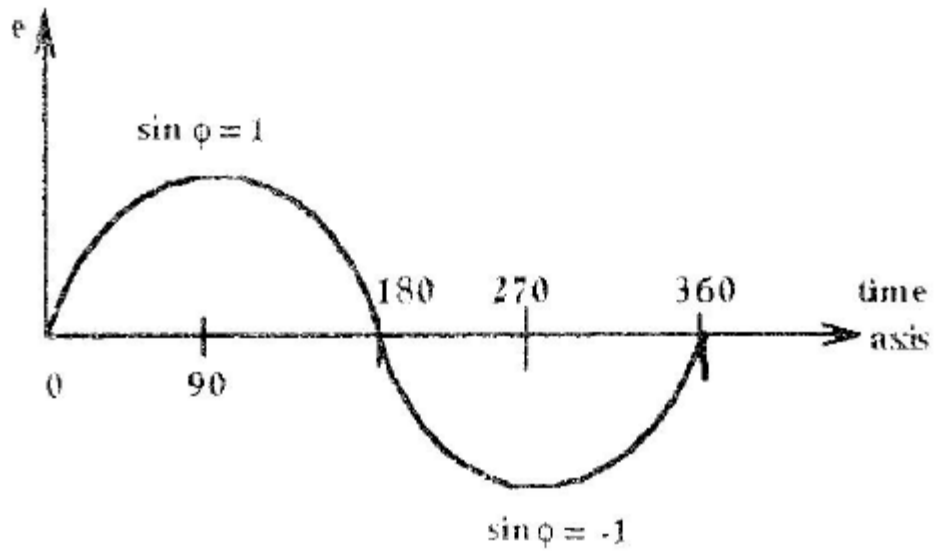
فالتيار المتردد (AC) هو ذلك التيار الذى يتغير اتجاه سريانه كل فترة معينة . وفيه تتحرك الالكترونات أو حركة الالكترونات فيه تكون أولاً فى الاتجاه الأول(الموجب) ثم بعد يتغير اتجاه حركة الالكترونات فى الاتجاه الآخر (السالب). كما هو موضح فى شكل (٢) .وهذا التغير فى الغالب ما يتبع شكل الموجة الجيبية Sine wave formula . وعلى ذلك فإن المنحنى الجيبى للفولت مثلا يكون عبارة عن توقيع بيانى للمعادلة : $e = E_m \text{ Sin } \theta$ حيث :-

e = قيمة الجهد اللحظى أو فى لحظة أو عند زمن معين.

E_m= أقصى قيمة للجهد

θ =هى الزاوية التى تمثل الزمن فى الدورة

Mohamed Ghoraba



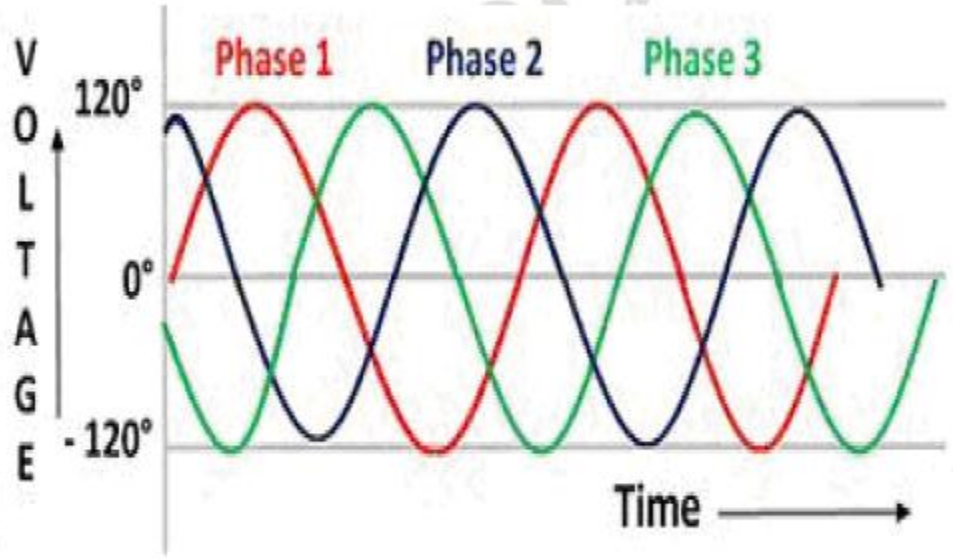
شكل (٢) يوضح موجه جيبيه لتيار المتردد

١ـ النظم الثلاثية الأوجه Three – Phase Systems

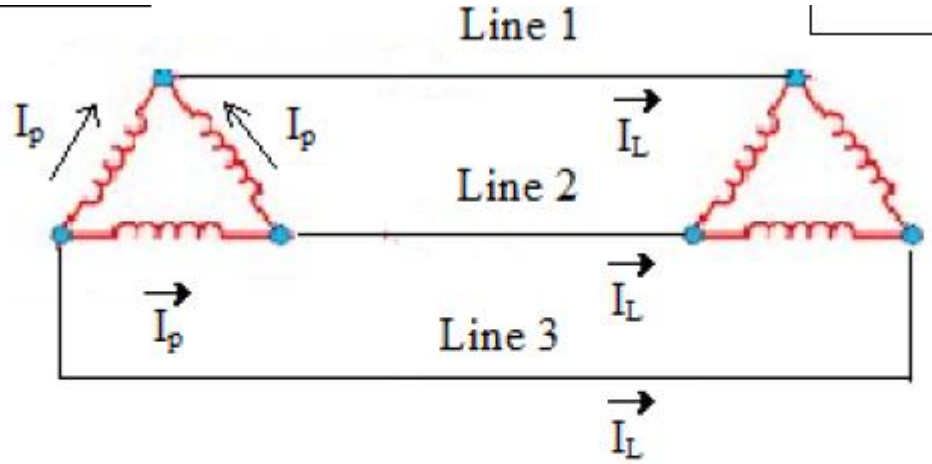
والتيار ثلاثى الأوجه يمكن توليده من مولد كهربى به ثلاثة ملفات يصنع كل ملف منها زاوية ١٢٠° مع الأخر وبالتالى يعطى كل ملف تيارا مترددا متأخرا عن الذى يسبق بمقدار ثلث دوره كاملة كما يتضح من شكل (١٨). وفى هذا النوع يكون هناك ثلاثة أسلاك (أطراف) كلها حية Live أى كلها بها تيار متردد فى كل منها تيار متردد من أحادى الوجه إلا أنها الثلاثة متداخلة بحيث يكون فرق الجهد عند الحدين الأقصى والأدنى فى أوقات متغيرة وينتج عنها فرق جهد إجمالى مقداره 380 فولت (على حسب البلد) وحيث أن كل سلك (طرف) من

الاسلاك الثلاثة للتيار ثلاثى لأوجه يحمل تيارا مترددا فإذا تم قياس فرق الجهد بين سلكين فهى نجد أنه يكون صفرا عندما يتقاطع المنحنيان الخاصان بكل سلك منها ثم يزداد فرق الجهد حتى يصل الى أقصاه وهو 380+ ثم يقل تدريجيا حتى يصل إلى الصفر عندما يتقاطع المنحنيان مرة أخرى ثم يزداد فى الاتجاه الآخر (العكس) حتى يصل لأقصاه وهو 380- فولت ثم يقل تدريجيا حتى يصل للصفر مره أخرى عندما يتقاطع المنحنيان مرة أخرى وهكذا تتكرر الدورة (الذبذبة) أيضا بمعدل ٥٠ ذبذبة (دورة) فى الثانية .

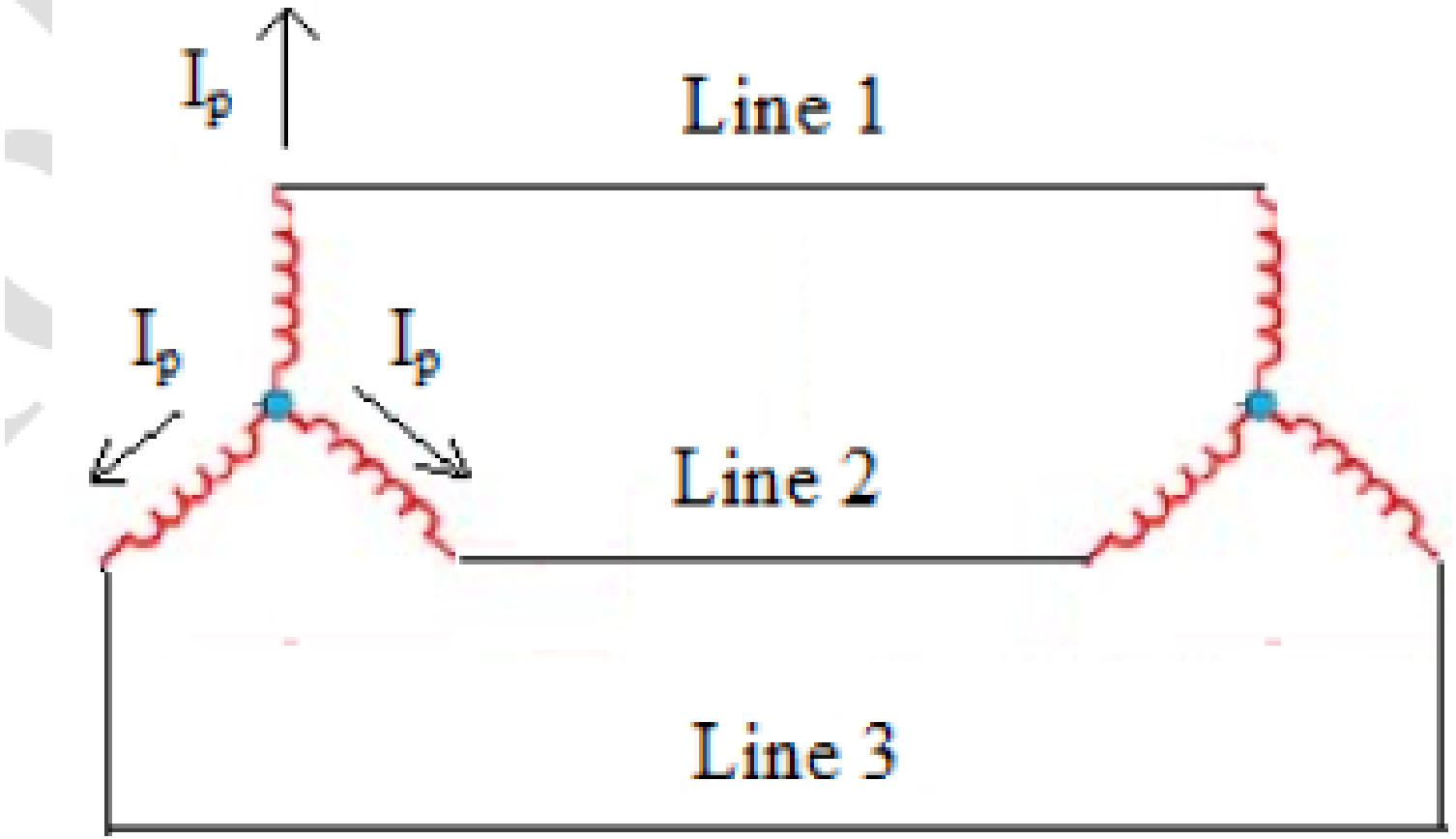
أما التيار ثلاثى الأوجه فإن الجهد فيه يمكن توضيحه كما فى شكل (١٨)



شكل(١٨) يوضح فرق الجهد فى حالة التيار ثلاثى الوجه



شكل(١٩) يوضح تركيب دلتا لتيار ثلاثى الاوجه



شكل (٢٠) تركيب أو توصيل واى Wye (Y) ثلاثى الأوجه.

*فوائد التيار ثلاثى الاوجه:-

١- بسبب تداخل الدورات فأن للكهرباء ثلاثية الأوجه فوائد كثيرة حيث تستخدم فى المحركات الكهربية ذات الأحمال الكبيرة.

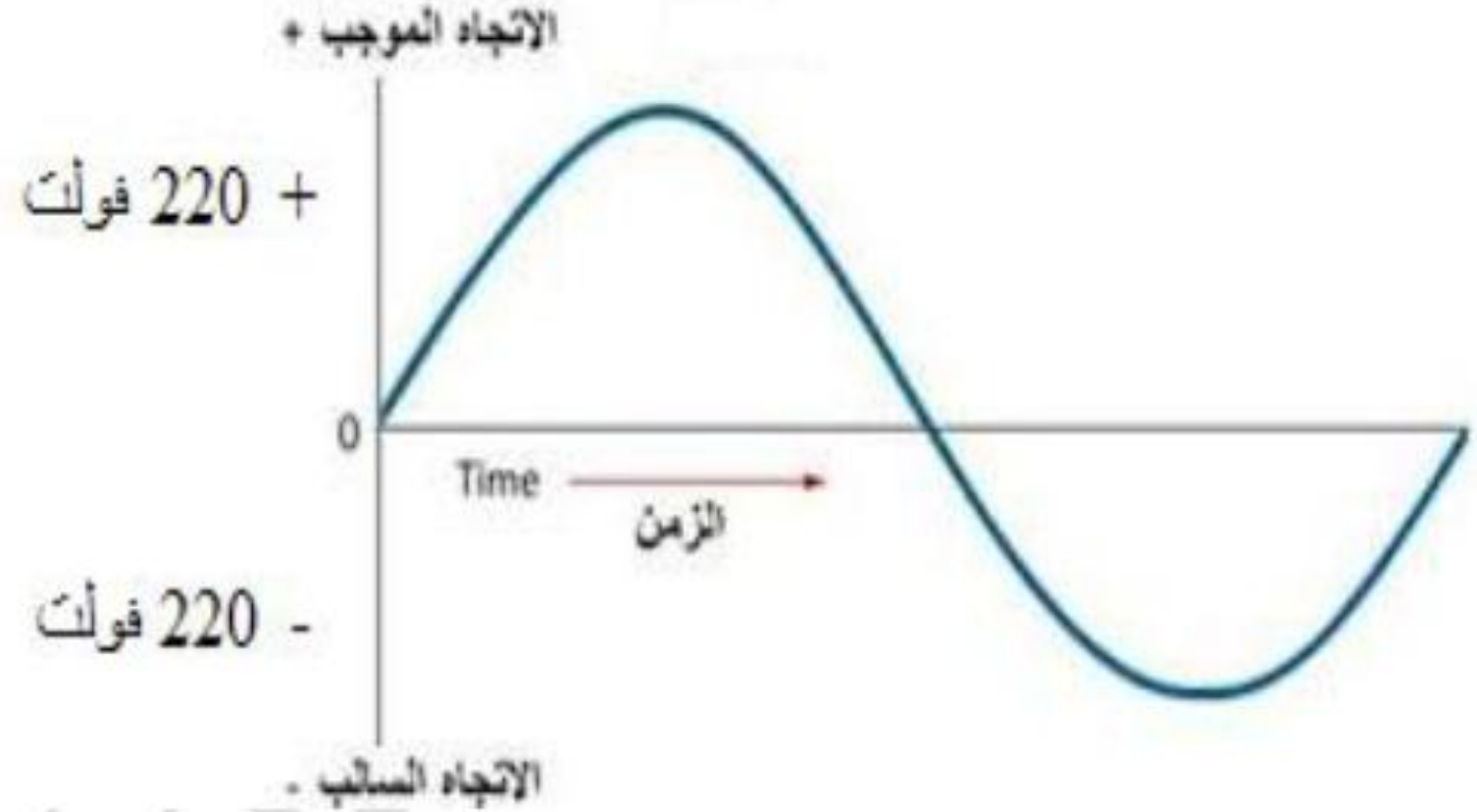
٢- ويمكن تغيير اتجاه دوران تلك المحركات بسهولة بتغيير الأقطاب الكهربية المغذية(N)

٣- يمكن تقويم تلك المحركات (بدء حركتها) بسهولة حيث لا تحتاج إلى أمبير عالى لبدء الحركة كما هو الحال فى المحركات أحادية الوجه أى التى تستخدم تيارا أحادى الوجه .

Mohamed O

٢ـ مولدات التيار أحادى الوجه Single phase

والتيار أحادى الوجه فإن الجهد فيه يتزايد من صفر الى +220 فولت ثم يقل مره أخرى إلى الصفر ثم تنعكس اشارته أو اتجاهه حتى يصل الى 220- فولت ثم يقل للصفر مرة أخرى وهكذا ويتم ذلك بمعدل ٥٠ ذبذبة (دورة) فى الثانية وذلك على حسب البلد . وفى هذا النوع (أحادى الوجه) يكون هناك سلكين يحمل أحدهما التيار ويسمى بالخط الحى (أو الساخن Hot) والآخر ليس به تيار أو فرق الجهد به صفرا ويسمى الخط المحايد (Neutral) وقد يكون هناك سأيضا خط أرضى ويمكن توضيح ذلك فى شكل (١٧).



شكل (١٧) يوضح موجة فرق الجهد لتيار أحادى الجهد