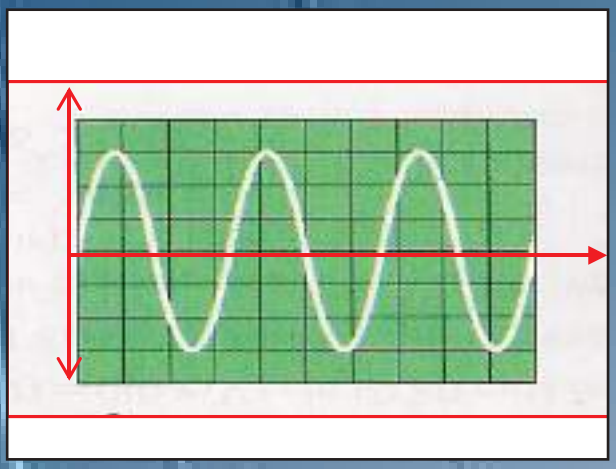
الفصل الثالث 3

التيار المتناوب
Alternating current



مفردات الفصل:

1-3 المقدمة

2-3 دوائر التيار المتناوب

3-3 دائرة تيار متناوب الحمل فيها مقاومة صرف

4-3 القدرة في دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف

5-3 المقدار المؤثر للتيار المتناوب

6-3 دائرة تيار متناوب الحمل فيها محث صرف

7-3 دائرة تيار متناوب الحمل فيها متسعة ذات سعة صرف

8-3 دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف

9-3 عامل القدرة

10-3 الاهتزاز الكهرومغناطيسي

11-3 الرنين في دوائر التيار المتناوب

12-3 عامل النوعية

13-3 دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف

الأهداف السلوكية

بعد دراسة الفصل ينبغي للطالب ان يكون قادرا على ان:

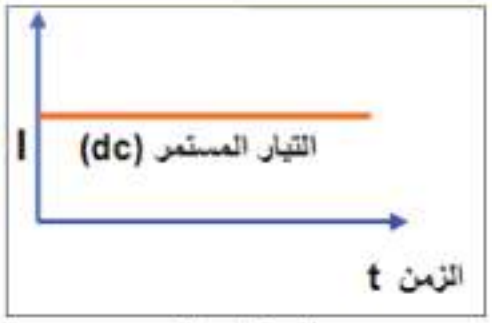
- يتعرف دوائر التيار المتناوب .
- يتعرف المقدار المؤثر للتيار المتناوب .
- يطبق بعلاقة رياضيه المقدار المؤثر للفولطية .
- يجري تجربة يوضح فيها تأثير تغير تردد التيار المتناوب ومعامل الحث الذاتي في مقدار رادة الحث.
- يستنتج قانون عامل القدرة .
- يفهم الاهتزاز الكهرومغناطيسي .
- يعرف عامل النوعية .

المصطلحات العلمية	
Alternating current	التيار المتناوب ويرمز له (ac)
Direct current	التيار المستمر ويرمز له (dc)
Effective current	التيار المؤثر ويرمز له (I_{eff})
Root mean square current	جذر معدل مربع التيار ويرمز له (I_{rms})
Instantaneous current	التيار الآني ويرمز له (I)
Instantaneous potential difference	فرق الجهد الآني ويرمز له (ΔV)
Maximum potential difference	فرق الجهد الاعظم ويرمز له (ΔV_m)
Sinusoidal potential difference	فرق الجهد جيبي الشكل ويرمز له (~)
Phase angle	زاوية الطور
Phase difference angle	زاوية فرق الطور ويرمز لها (Φ)
Angular frequency	التردد الزاوي ويرمز لها (ω)
Frequency	التردد ويرمز له (f)
Pharos diagram	المخطط الطوري
Pure resistance	مقاومة صرف ويرمز لها (R)
Pure inductor	محث صرف ويرمز لها (L)
Reactance	الرادة ويرمز لها (X)
Capacitive reactance	رادة السعة ويرمز لها (X_C)
Inductive reactance	رادة الحث ويرمز لها (X_L)
Average power	القدرة المتوسطة ويرمز لها (P_{ave})
Dissipated power	القدرة المستهلكة ويرمز لها (P_{diss})
Resonance	الرنين
Power factor	عامل القدرة ويرمز له (PF)
Quality factor	عامل النوعية ويرمز له (Q_f)

1-3 مقدمة

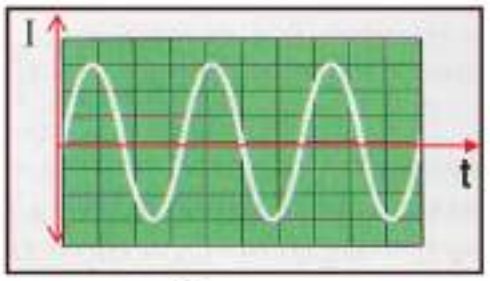
في دراستنا السابقة للكهربائية كان جل اهتمامنا بالتيارات المستمرة وهي التيارات التي تنساب في الدوائر الكهربائية المقفلة باتجاه واحد، والتي تولدها البطاريات لاحظ الشكل (1).

ويرمز للتيار المستمر بـ (dc).



الشكل (1)

أما الطاقة الكهربائية التي تستثمر في البيوت والمصانع والمدارس لتشغيل معظم الاجهزة الكهربائية (التلفاز ، أجهزة التكييف ، الثلاجة وغيرها) فتولّد في محطات انتاج الطاقة الكهربائية بوساطة مولدات ضخمة للتيار المتناوب، وهو تيار يتغير دوريا مع الزمن وينعكس اتجاهه مرات عديدة في الثانية الواحدة، لاحظ الشكل (2) يرمز له (ac).



الشكل (2)

يكون تردد التيار المتناوب ($f= 50Hz$) في معظم دول العالم (ومنها العراق) إذ ينعكس اتجاه التيار المتناوب 100 مرة في الثانية الواحدة، وتردده في دول اخرى ($f=60Hz$).

يفضل استعمال التيار المتناوب في الدوائر الكهربائية لسهولة نقله الى مسافات بعيدة بأقل خسائر بالطاقة، وكذلك يفيدنا التيار المتناوب في امكانية تطبيق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي. ولهذا السبب تستعمل المحولة الكهربائية في عملية رفع أو خفض الفولطية المتناوبة عند نقلها في شبكات توزيع القدرة الكهربائية.

إذ ترسل القدرة الكهربائية بفولطية عالية وتيار واطئ باستعمال المحولات الرافعة لغرض تقليل خسائر القدرة في الاسلاك الناقلة (I^2R) التي تظهر بشكل حرارة في حين تستعمل المحولات الخافضة في مواقع استهلاكها في المدن التي تعمل على خفض الفولطية ورفع التيار.

2-3 دوائر التيار المتناوب

لقد عرفنا في الفصل الثاني إنه عند دوران ملف بسرعة زاوية منتظمة داخل مجال مغناطيسي منتظم نحصل على فولطية محتثة (V_{ind}) متناوبة جيبية الموجة تعطى بالعلاقة الآتية:

$$V = V_m \sin(\omega t)$$

V: تمثل الفولطية المحتثة الآنية (اللحظية).

V_m: تمثل أعظم مقدار للفولطية المحتثة وتسمى بذروة الفولطية.

ونحصل على (V_m) في اللحظة التي تكون عندها زاوية الطور $[\omega t = \pi / 2]$ وبما ان $[\sin(\pi / 2) = 1]$ ، فنحصل عندئذ على:

$$V = V_m$$

يتغير مقدار الفولطية الآنية (V) وينعكس اتجاهها دوريا مع الزمن بين ($+V_m$) و ($-V_m$) مرتين في الدورة الواحدة.

لاحظ الشكل (3).

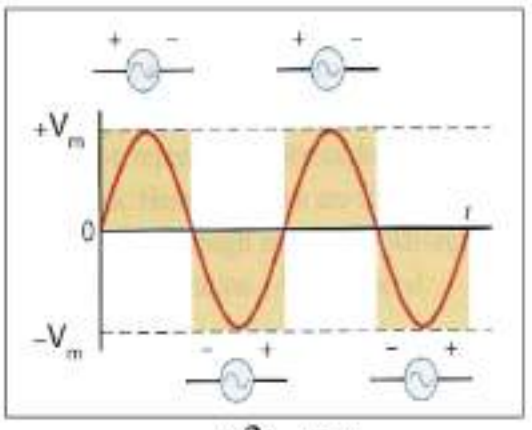
وبما أنَّ التردد الزاوي (ω) يساوي: $\omega = 2\pi f$

فإن هذه الفولطية يمكن ان تعطى بالصيغة الآتية:

$$V = V_m \sin(2\pi ft)$$

وعلى وفق قانون أوم فان التيار:

$$I = \left(\frac{V_m}{R}\right) \sin(\omega t)$$



شكل (3)

لذا فإن التيار المنساب في دائرة تيار متناوب الحمل فيها يتألف من مقاومة صرف (مقاومة مثالية) يعطى بالعلاقة الآتية:

$$I = I_m \sin(\omega t)$$

وهو دالة جيبية ايضا، اذ ان: I يمثل التيار الاني، I_m يمثل المقدار الأعظم للتيار .

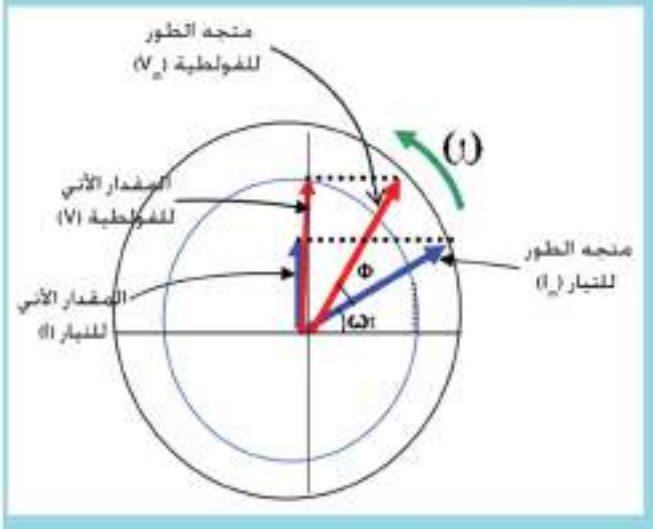
للتعامل مع الفولطية المتناوبة والتيار المتناوب في الدوائر الكهربائية، نرسم مخططاً يسمى مخطط متجه الطور ويسمى احيانا (المتجه الدوّار).

متجه الطور:

الشكل (4) يوضح متجهين طوريين يدوركل منهما باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة حول نقطة ثابتة تسمى نقطة الاصل (0) بتردد زاوي ω ثابت .

ويتميز متجه الطور بما يأتي:

- طول متجه الطور للفولطية يمثل المقدار الأعظم للفولطية المتناوبة، ويرمز له، (V_m) وإذا كان متجه الطور يمثل التيار فإن طول متجه الطور يمثل المقدار الاعظم للتيار ويرمز له (I_m).
- مسقط متجه الطور على المحور الشاقولي Y يمثل المقدار الآني لذلك المتجه، للفولطية يكون (V) والمقدار الآني للتيار (I). فيكون مسقط متجه الفولطية $V_m \sin(\omega t + \Phi)$ ومسقط متجه التيار $I_m \sin(\omega t)$ ، (ωt) تمثل زاوية الطور التي يصنعها متجه الطور مع المحور الافقي X.
- عند بدء الحركة ($t=0$) يكون متجه الطور منطبقاً مع المحور الافقي X .
- إذا تطابق متجه الطور للفولطية (V_m) مع متجه الطور للتيار (I_m) يقال عندئذ أن الفولطية والتيار يتغيران معاً



شكل (4)

بطور واحد، وهذا يعني ان زاوية فرق الطور بينهما صفراً ($\Phi=0$). ويحصل ذلك في حالة الحمل ذي مقاومة صرف (مقاومة مثالية).

- إذا لم يتطابق المتجهان أحدهما على الآخر (في الحالة التي يحتوي الحمل محث او متسعة او كليهما، فضلاً عن المقاومة) عندئذ تتولد بينهما زاوية فرق في الطور يرمز لها (Φ)
- أحيانا تسمى (ثابت الطور)، يتحدد مقداره على وفق نوع الحمل في الدائرة.
- تقاس كل من زاوية الطور (ωt) وزاوية فرق الطور (Φ) بالدرجات الستينية او (rad).

إذا كانت Φ موجبة، يقال إن متجه الطور للفولطية يسبق متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور (Φ). وإذا كانت Φ سالبة، فان متجه الطور للفولطية يتأخر عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور (Φ) (عندما يؤخذ التيار كأساس).

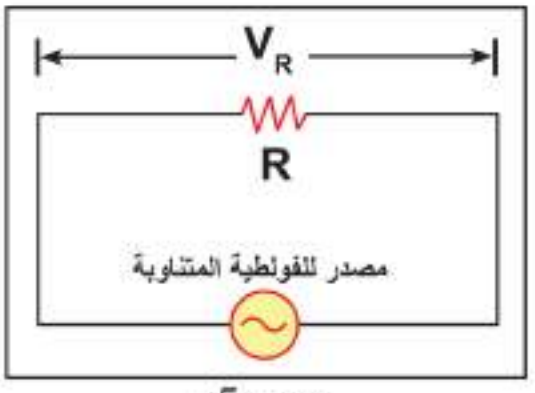
وكما عرفت في دراستك السابقة أنَّ :

الطور: هو الحالة الحركية للجسم المهتز من ناحية الموضع واتجاه الحركة.

وفرق الطور: هو التغير في الحالة الحركية للجسم المهتز بين لحظتين مختلفتين أو لجسمين في اللحظة نفسها.

3-3 دائرة تيار متناوب الحمل فيها مقاومة صرف

إذا ربطنا مقاومة صرف R (مقاومة مثالية) بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة في دائرة كهربائية. (يرمز للمصدر المتناوب (ac) بالرمز ~). لاحظ الشكل (5).



شكل (5)

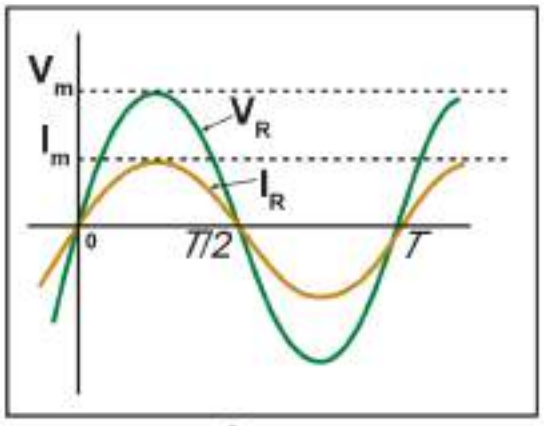
الشكل (6) يوضح موجة التيار تتغير بشكل منحنٍ جيبي وموجة الفولطية تتغير بشكل منحنٍ جيبي أيضاً، وكلاهما يتغيران مع الزمن بالكيفية نفسها، فيقال انهما يتغيران بطور واحد.

تعطى الفولطية المتناوبة في هذه الدائرة بالعلاقة الآتية:

$$V_R = V_m \sin(\omega t)$$

ويعطى التيار المتناوب المنساب في هذه الدائرة بالعلاقة الآتية:

$$I_R = I_m \sin(\omega t)$$



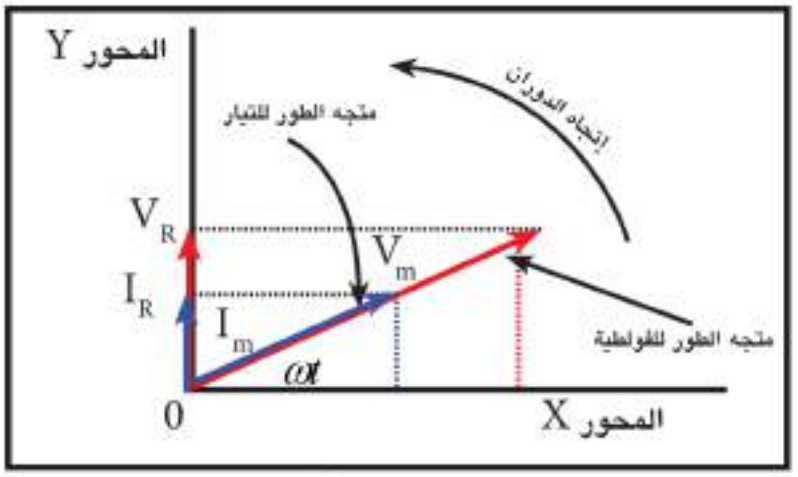
شكل (6)

إذ إن I_R يمثل المقدار الآني للتيار المنساب في المقاومة R

I_m يمثل المقدار الاعظم للتيار المنساب في المقاومة R

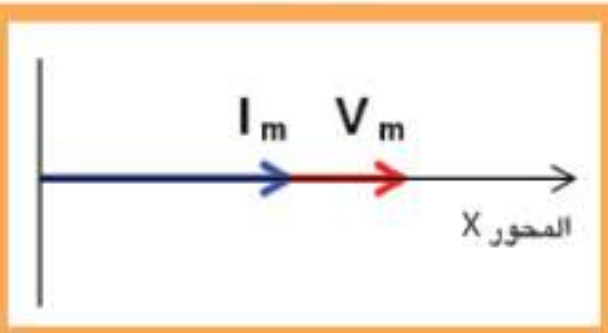
من ملاحظتنا للشكل (7-a) نجد أنَّ:

متجه الطور للفولطية (V_m) ومتجه الطور للتيار (I_m) متطابقان ومتلازمان، وهذا يعني أنهما يدوران حول نقطة الاصل (O) بطور واحد وباتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة، أي ان زاوية فرق الطوربينهما ($\Phi = 0$)، أما زاوية الطور التي يدور بها كل من المتجهين فمتساوية ومقدارها (ωt).



الشكل(7-a)

وللتبسيط، يمكن رسم متجه الطور (I_m) للتيار المتناوب ومتجه الطور (V_m) للفولطية المتناوبة لمثل هذه الدائرة على المحور الأفقي X ، في اللحظة الزمنية ($t = 0$) أي عند زاوية طور $[(\omega t) = 0]$ لاحظ الشكل (7-b).



الشكل (7-b)

فكر:

ما قياس زاوية الطور (ωt) لكل من متجه الطور للفولطية (V_m) ومتجه الطور للتيار (I_m) في الحالة التي يكون عندها $V_R = V_m$ وكذلك يكون $I_R = I_m$ ؟ وضح ذلك.

4-3 القدرة في دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف

بما إن الفولطية والتيار المنساب في دائرة التيار المتناوب التي تحتوي مقاومة صرف يتغير أن بطور واحد مع الزمن.

تعطى الفولطية بالعلاقة الآتية:

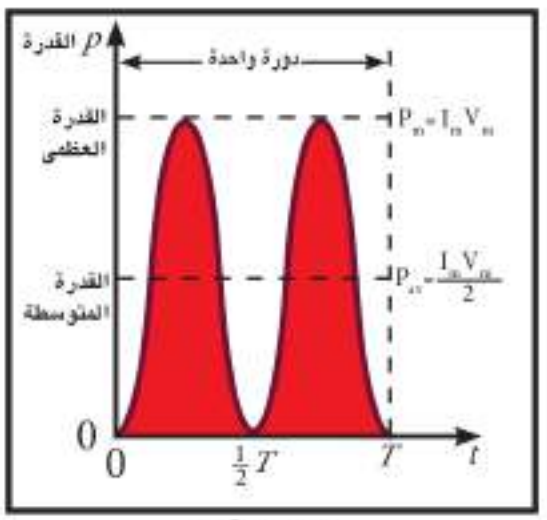
$$V_R = V_m \sin(\omega t)$$

والتيار المنساب خلال المقاومة يعطى بالعلاقة الآتية:

$$I_R = I_m \sin(\omega t)$$

والقدرة الآنية تعطى بالعلاقة الآتية: $P = I_R \; V_R$

الشكل (8)، رسم فيه منحني القدرة الآنية لدائرة تيار تحتوي مقاومة صرف، لاحظ إنه منحنٍ موجب دائما وبشكل منحنٍ جيب تمام (cosine)، يتغير بين المقدار الاعظم للقدرة ($P_m = I_m \cdot V_m$) والصفر.



شكل (8)

والمنحني الموجب للقدرة في دائرة التيار المتناوب عندما يكون الحمل فيها مقاومة صرف، يعني إن القدرة في الدائرة تستهلك باجمعها في المقاومة بشكل حرارة.

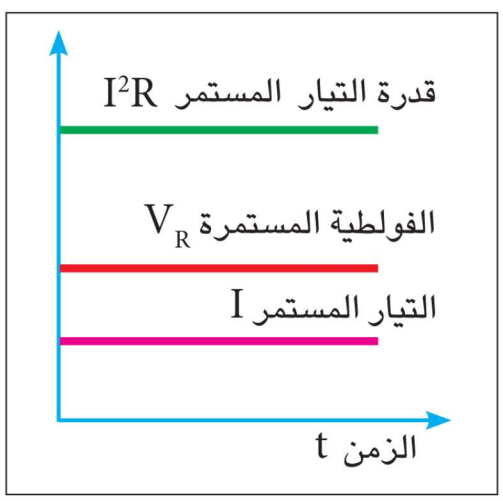
وعندئذ تكون القدرة المتوسطة P_{av} تساوي نصف القدرة العظمى $(I_m . V_m / 2)$ لذا تعطى P_{av} بالعلاقة الآتية:

$$P_{av} = \frac{I_m . V_m}{2}$$

5-3 المقدار المؤثر للتيار المتناوب (I_{eff})

القدرة المتبددة (او المستهلكة) في دائرة تيار مستمر تحتوي مقاومة صرف تكون ثابتة المقدار تتناسب طرديا مع مربع التيارالمنساب فيها $P = I^2R$ لاحظ الشكل (9) لذا فإن:

القدرة المتبددة في مقاومة صرف لاتعتمد على اتجاه التيار.



شكل (9)

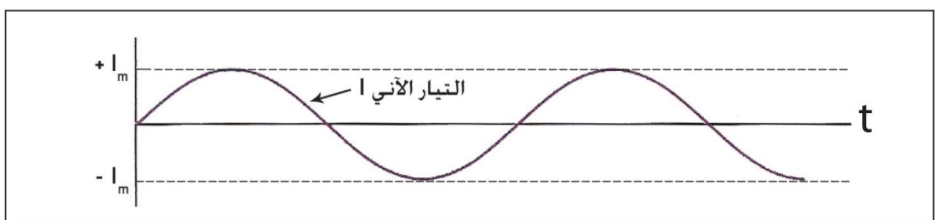
لاحظ الشكل (10-b)، يتبين ان القدرة المتبددة بوساطة تيار متناوب له مقدار أعظم(I_m) لاتساوي القدرة التي ينتجها تيار مستمر يمتلك المقدار نفسه. ما سبب ذلك ؟

وللاجابة عن هذا السؤال:

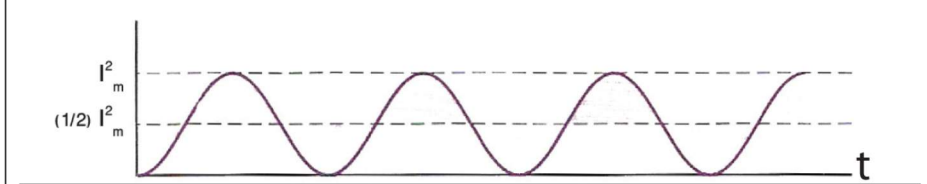
لقد وجد إن التيار المتناوب يتغير دوريا مع الزمن بين $(+I_m)$ و $(-I_m)$ لاحظ الشكل (10-a) ومقداره عند أية لحظة لايساوي دائما مقداره الاعظم، وإنما فقط عند لحظة معينة يساوي مقداره الاعظم، في حين أن التيار المستمر مقداره ثابت.

لذا فإن جميع التأثيرات الناتجة عن التيار المتناوب تتغير دورياً مع الزمن أيضا ومنها التأثيرات الحرارية.

إن العلاقة التي تعطى فيها القدرة المتوسطة هي العلاقة نفسها لحساب قدرة التيار المستمر:



a- منحني التيار المتناوب، هو منحني جيبي يتغير بين $(+I_m)$ و $(-I_m)$



b- منحني مربع التيار المتناوب هو منحني جيبي تمام يتغير بين (I^2_m) والصفر

شكل (10)

$$P = I^2 R$$

$$P = [I_m^2 \sin^2(\omega t)]R$$

فتكون القدرة المتوسطة $P_{av} = \frac{1}{2} I_m^2 R$

لأن المقدار المتوسط للكمية $\sin^2(\omega t)$ (لدورة كاملة أو عدد صحيح من الدورات) يساوي نصف $(\frac{1}{2})$.

أي أن: $\sin^2(\omega t) = \frac{1}{2}$

وكما عرفت فإن القدرة المتبددة في دائرة التيار المستمر خلال المقاومة تعطى بالعلاقة الآتية:

$$P = I^2_{dc} R$$

وتكون القدرة المتوسطة للتيار المتناوب مساوية لقدرة التيار المستمر خلال المقاومة نفسها وللمدة الزمنية نفسها.

ويطلق على I_{dc} بالتيار المؤثر I_{eff}

$$I^2_{dc} R = \frac{I^2_m R}{2}$$

$$I^2_{eff} R = \frac{I^2_m R}{2}$$

بما أن المقاومة نفسها فنحصل على:

$$I^2_{eff} = \frac{I^2_m}{2}$$

وعند جذر الطرفين نحصل على

$$I_{eff} = \sqrt{\frac{I^2_m}{2}}$$

المقدار المؤثر للتيار المتناوب وهو:

$$I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707\, I_m$$

علماً بأن:

$$0.707 = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

لذا يسمى المقدار المؤثر للتيار المتناوب بجذر معدل مربع المقدار الأعظم للتيار (root mean square) ويرمز له (I_{rms}).

يعرف المقدار المؤثر للتيار المتناوب بأنه: مقدار التيار المتناوب المساوي للتيار المستمر الذي لو انساب خلال مقاومة معينة فانه يولد التأثير الحراري نفسه الذي يولده التيار المتناوب المنساب خلال المقاومة نفسها والفترة الزمنية نفسها.

وكذلك يعطى المقدار المؤثر للفولطية المتناوبة بالعلاقة الآتية:

$$V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707\, V_m$$

ماذا تعني العبارة الآتية "ان مقدار التيار المتناوب في الدائرة يساوي (1 ampere)" ؟

بالتأكيد إن ذلك لايعني المقدار الاعظم (I_m) للتيار، وأنما تعني العبارة ان المقدار المؤثر للتيار (I_{eff}) يساوي (1 Ampere).

وليكن معلوما أن معظم مقاييس التيار المتناوب مثل الاميترات والفولطيمترات تعمل على قياس المقادير المؤثرة للتيار والفولطية. وأن معظم أجهزة قياس التيار المستمر (dc) تقيس المقدار المتوسط للتيار المتناوب. لذا فإن مؤشرها يقف عند تدريجة الصفر عند وضعها في دائرة التيار المتناوب.

فكر:

يقول زميلك "ان التيار المؤثر يتذبذب كالدالة الجيبية" ما رأيك في صحة ماقاله زميلك؟ وإذا كانت العبارة خاطئة، كيف تصحح قوله؟

مثال (1)

مصدر للفولطية المتناوبة، ربط بين طرفيه مقاومة صرف ($R = 100\ \Omega$)، الفولطية في الدائرة تعطى بالعلاقة الآتية:

$V_R = 424.2 \sin(\omega t)$.

إحسب:

1- المقدار المؤثر للفولطية.

2- المقدار المؤثر للتيار.

3- مقدارالقدرة المتوسطة.

الحل

لحساب:

1- المقدار المؤثر للفولطية

$$V_R = V_m \sin(\omega t)$$

$$V_R = 424.2 \sin(\omega t)$$

$$V_m = 424.2\ V$$

$$\boxed{V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} == \frac{424.2}{1.414} = 300V}$$

2- المقدار المؤثر للتيار

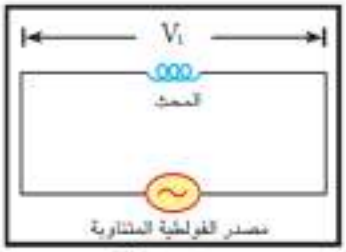
$$I_{eff} = \frac{V_{eff}}{R} = \frac{300}{100} = 3A$$

3- مقدار القدرة المتوسطة

$$P_{av} = I_{eff}^2\ R = (3)^2 \times 100$$
$$= 900W$$

or

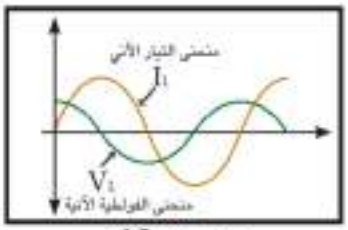
$$P_{av} = I_{eff} \times V_{eff}$$
$$= 3 \times 300$$
$$= 900W$$



شكل (11)

الشكل (11)، يبين دائرة تيار متناوب تحتوي مصدرا للفولطية المتناوبة ومِحَثّ صرف (يعني ملف مهمل المقاومة)، ان الفولطية عبر المِحَثّ تعطى بالعلاقة الآتية:

$$V_L = V_m \sin(\omega t + \pi/2)$$



شكل (12-a)

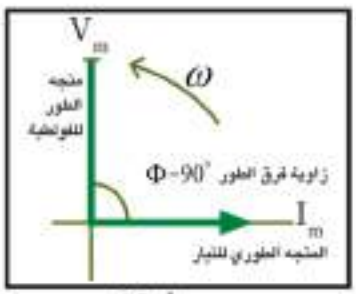
لاحظ الشكل (12-a):

V_L تمثل المقدار الآني للفولطية عبر المحث

V_m تمثل المقدار الاعظم للفولطية عبر المحث

(ωt) تمثل زاوية الطور

$\Phi = \pi/2$ تمثل زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار لاحظ الشكل (12-b)



شكل (12-b)

ان التيار المنساب في هذه الدائرة يعطى بالعلاقة الآتية:

$$I_L = I_m . \sin(\omega t)$$

وهذا يعني ان:

متجه الطور للفولطية V_m عبر محث صرف يتقدم عن متجه الطور للتيار I_m بفرق طور Φ يساوي $(\Phi = \pi/2 = 90^\circ)$

في هذه الدائرة يُظْهِر المِحَثّ معاكسة للتغير في التيار، وهذه المعاكسة تسمى رادة الحث ويرمز لها (X_L) وتعطى بالعلاقة الآتية:

$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

تعتمد مقدار رادة الحث (X_L) على مقدار:

1- معامل الحث الذاتي للمحث (L) وتتناسب معه طردياً $(X_L \alpha L)$ بثبوت تردد التيار (f).

2- التردد الزاوي (ω) وتتناسب معه طرديا $(X_L \alpha \omega)$ بثبوت معامل الحث الذاتي (L).

تقاس رادة الحث بوحدة (ohm) ويرمز لها (Ω) وذلك لان:

$$X_L = 2\pi f L = Hz.Henry = (\frac{1}{sec})(\frac{Volt.sec}{Ampere}) = \frac{Volt}{Ampere} = ohm(\Omega)$$

إذ إن التردد (f) يقاس بوحدة (Hz) ومعامل الحث الذاتي (L) يقاس بوحدة (Henry).

لنثبت الآن كيف يتأثر مقدار رادة الحث (X_L) مع مقدار كل من تردد تيار الدائرة (f) ومعامل الحث الذاتي (L)؟ وماهو شكل المنحني الذي نحصل عليه؟ للاجابة عن ذلك نجري النشاط الآتي:

نشاط (1) يوضح تأثير تغير تردد تيار (f) في مقدار رادة الحث (X_L).

ادوات النشاط:

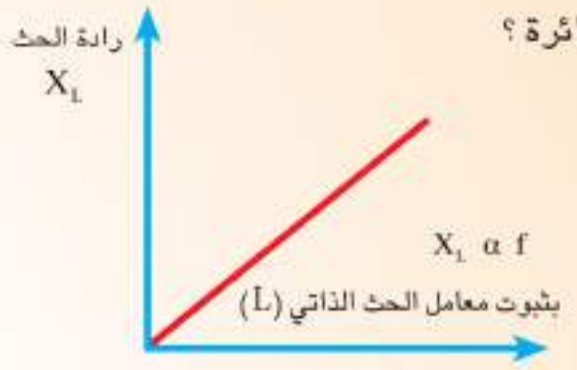
مذبذب كهربائي (مصدر فولطيته متناوبة يمكن تغيير ترددها) أميتر فولطميتر ، ملف مهمل المقاومة (مِحَثْ)، مفتاح كهربائي.

شكل (13)

خطوات النشاط:

- نربط دائرة كهربائية عملية (تتألف من الملف والأميتر والمذبذب الكهربائي على التوالي، ونربط الفولطميتر على التوازي بين طرفي الملف) كما في الشكل (13).
- نغلق الدائرة ونبدأ بزيادة تردد المذبذب الكهربائي تدريجياً مع المحافظة على بقاء مقدار الفولطية ثابتا (بمراقبة قراءة الفولطميتر). كيف ستتغير قراءة الأميتر في الدائرة ؟

نلاحظ حصول نقصان قراءة الأميتر.



شكل (14)

نستنتج من النشاط:

رادة الحث (X_L) تتناسب طرديا مع تردد التيار (f).

بثبوت معامل الحث الذاتي (L)

من النشاط المذكور آنفاً يمكننا رسم مخططاً بيانياً:

يمثل العلاقة الطردية بين رادة الحث X_L وتردد التيار (f)، لاحظ الشكل (14).

نشاط (2) يوضح تأثيرتغير معامل الحث الذاتي (L) في مقدار رادة الحث (X_L).

ادوات النشاط:

مصدر فولطية ترددة ثابت ، قلب من الحديد المطاوع ، أميتر فولطميتر ، ملف مجوف مهمل المقاومة (مِحَثْ) ، مفتاح كهربائي.

شكل (15)

خطوات النشاط:

- نربط دائرة كهربائية عملية (تتألف من الملف والأميتر ومصدر الفولطية على التوالي، ونربط الفولطميتر على التوازي بين طرفي الملف) كما في الشكل (15).

- نغلق الدائرة ونلاحظ قراءة الاميتر.
- ندخل قلب الحديد تدريجيا في جوف الملف مع المحافظة على بقاء مقدارالفولطية بين طرفي الملف ثابتا (بمراقبة قراءة الفولطميتر).

كيف ستتغير قراءة الاميتر في الدائرة ؟

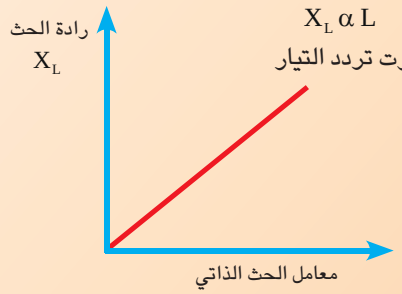
نلاحظ حصول نقصان في قراءة الاميتر وذلك بسبب ازدياد مقدار رادة الحث (لان ادخال قلب الحديد في جوف الملف يزيد من معامل الحث الذاتي للملف).

نستنتج من هذا النشاط:

رادة الحث (X_L) تتناسب طردياً مع معامل الحث الذاتي L للملف بثبوت تردد التيار.

من النشاط المذكور آنفاً يمكننا رسم مخططاً بيانياً بين رادة الحث ومعامل الحث الذاتي لاحظ الشكل (16)

يمثل العلاقة الطردية بين رادة الحث X_L ومعامل الحث الذاتي L بثبوت تردد التيار (f) $\quad X_L \alpha L$



شكل (16)

كيف تفسر ازدياد مقدار رادة الحث بازدياد تردد التيار على وفق قانون لنز؟

للاجابة على ذلك : نقول ان ازدياد تردد التيار المنساب في الدائرة ، أي ازدياد المعدل الزمني للتغير في التيار $(\Delta I / \Delta t)$ فتزداد بذلك القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (ε_{ind}) في المحث والتي تعمل على عرقلة المسبب لها $(\varepsilon_{ind} \propto -\frac{\Delta I}{\Delta t})$ ، على وفق قانون لنز، أي تعرقل المعدل الزمني للتغير في التيار فتزداد نتيجة لذلك رادة الحث التي تمثل تلك المعاكسة التي يبديها المحث للتغير في التيار.

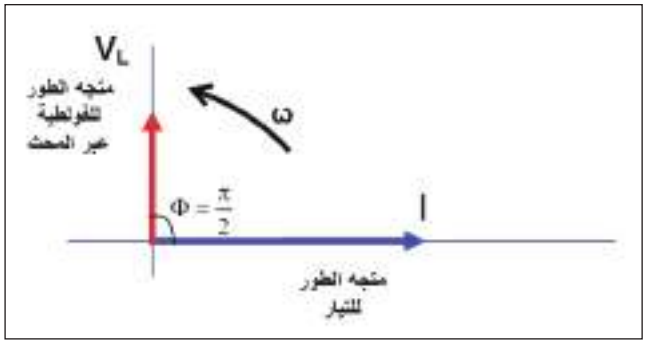
تذكر

عند الترددات الواطئة جدا تقل رادة الحث $(X_L = 2\pi f L)$ فهي تتناسب طرديا مع تردد التيار $(X_L \alpha f)$ وقد تصل الى الصفر عند الترددات الواطئة جداً، فيمكن القول عندئذ إن الملف يعمل عمل مقاومة صرف (لان الملف غير مهمل المقاومة).

في حين أنها عند الترددات العالية جدا تزداد رادة الحث (X_L) إلى مقدار كبير جدا قد تؤدي الى قطع تيار الدائرة فيعمل الملف عندئذ عمل مفتاح مفتوح.

القدرة في دائرة تيار متناوب تحتوي محث صرف:

بما أن الفولطية عبر محث صرف تتقدم عن التيار المنساب في الدائرة بزاوية فرق طور (Φ) قياسها ($\pi/2$) أي إن ($\Phi = \pi/2$) لاحظ الشكل (17) لذا فان الفولطية تعطى بالعلاقة الآتية:



شكل (17)

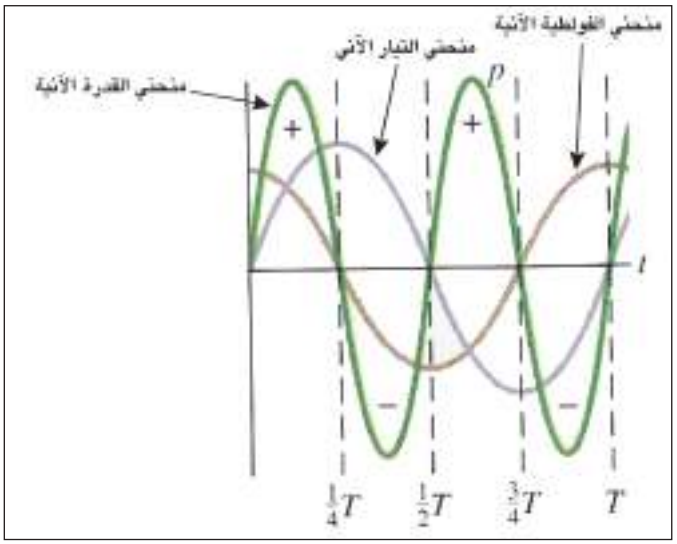
$$V_L = V_m \sin(\omega t + \pi/2)$$

والتيار المنساب خلال المحث يعطى بالعلاقة الآتية:

$$I_L = I_m \sin(\omega t)$$

وعند رسم المقدار الاني للفولطية عبر المحث والمقدار الآني للتيار كدالة للزمن نحصل على منحني القدرة بشكل دالة جيبية تردده ضعف تردد الفولطية او التيار. يحتوي اجزاء موجبة واجزاء سالبة متساوية بالمساحة .

لذا فان القدرة المتوسطة لدورة كاملة او عدد صحيح من الدورات الكاملة يساوي صفرا، لاحظ الشكل (18).



شكل (18)

ما تفسير ذلك؟

أن سبب ذلك هو عند تغير التيار المنساب خلال المحث من الصفر الى مقداره الاعظم في أحد ارباع الدورة تنتقل الطاقة من المصدر وتختزن في المحث بهيئة مجال مغناطيسي، (يمثله الجزء الموجب من المنحني). ثم تعاد جميع هذه الطاقة الى المصدر عند تغير التيار من مقداره الاعظم الى الصفر في الربع الذي يليه، (يمثله الجزء السالب من المنحني).

وهذا يعني أن المحث عندما يكون صرف لا يستهلك قدرة وان رادة الحث لاتعد مقاومة اومية ولاتخضع لقانون جول، لانها لاتستهلك قدرة (القدرة المتوسطة تساوي صفر).

مثال (2)

ملف مهمل المقاومة (محث صرف) معامل حثه الذاتي $(\frac{50}{\pi}\text{mH})$ ربط بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه (20V). احسب كل من رادة الحث والتيار في الدائرة عندما يكون تردد المصدر:

a- $f = 10\ \text{Hz}$ b- $f = 1\ \text{MHz}$

الحل

a- عند التردد $f = 10\ \text{Hz}$

$$X_L = 2\pi f\ L$$

$$= 2\pi \times 10 \times \frac{50}{\pi} \times 10^{-3} = 1\Omega$$

$$I = \frac{V_L}{X_L} = \frac{20}{1} = 20\text{A}$$

b- عند التردد $f = 1\ \text{MHz}$

$$X_L = 2\pi f\ L$$

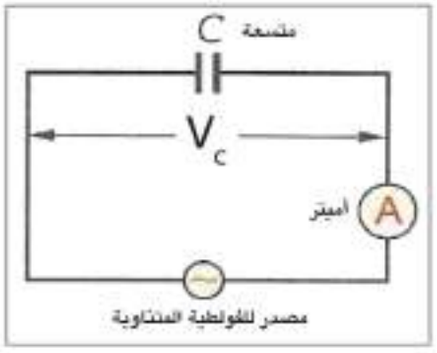
$$= 2\pi \times 1 \times 10^{6} \times \frac{50}{\pi} \times 10^{-3} = 10^{5}\ \Omega$$

$$I = \frac{V_L}{X_L} = \frac{20}{10^{5}} = 20 \times 10^{-5}\text{A}$$

ناقش نتائج هذا المثال ووضح ماذا تستنتج من ذلك ؟

الشكل (19-a)، يبين دائرة تيار متناوب تحتوي مصدرا للفولطية المتناوبة ومتسعة فقط، إن فرق الجهد عبر المتسعة يعطى بالعلاقة الآتية:

$$V_c = V_m \sin(\omega t)$$



الشكل (19-a)

إذ إن V_C تمثل المقدار الآني لفرق الجهد عبر المتسعة

V_m تمثل المقدار الاعظم لفرق الجهد عبر المتسعة

(ωt) تمثل زاوية الطور للمتجه الطوري لفرق الجهد عبر المتسعة الشكل (19-b).

ومن تعريف سعة المتسعة (C):

$$Q = C.V_c$$

وعندئذ تكون: $Q = C\,V_m \sin(\omega t)$

بما إن التيار: $I_c = \Delta Q / \Delta t$

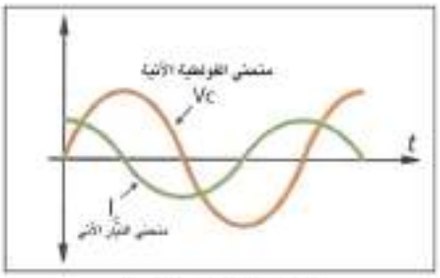
إذ إن:

$$I_c = \frac{\Delta\left[CV_m \sin(\omega t)\right]}{\Delta t}$$

$$I_c = \omega C\, V_m \cos(\omega t)$$

نحصل على: $$I_c = \omega C\, V_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

لأن: $$\sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) = \cos(\omega t)$$



الشكل (19-b)

إن مقلوب (ωC) يسمى رادة السعة capacitive reactance للمتسعة، ويرمز لها (X_C) وتعرف رادة السعة بأنها: المعاكسة التي تبديها المتسعة للتغير في فولطية الدائرة.

أي أن:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} \quad \text{او} \quad X_C = \frac{1}{\omega C}$$

وبالتعويض عن: $\omega C = \frac{1}{X_c}$ في معادلة التيار نحصل على:

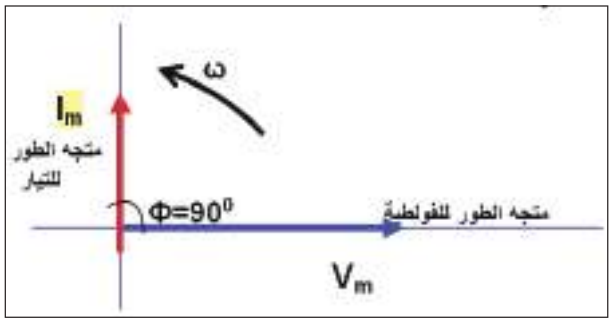
$$I_c = (\frac{V_m}{X_C}) \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

وعلى وفق قانون أوم $$I_m = \frac{V_m}{X_c}$$

وعندئذ يعطى التيار في دائرة تيار متناوب تحتوي متسعة ذات سعة صرف بالعلاقة الآتية:

$$I_c = I_m . \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

من العلاقة المذكورة آنفاً يتبين ان متجه الطور للتيار I_m في دائرة تيارمتناوب تحتوي متسعة ذات سعة صرف يتقدم عن متجه الطور للفولطية V_m بزاوية فرق طور ($\Phi = \pi / 2$ أو ربع دورة) لاحظ الشكل (20) الذي يمثل مخطط طوري لمتجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار:



شكل (20)

لنسأل الآن كيف يتأثر مقدار رادة السعة مع مقدار كل من تردد فولطية المصدر وسعة المتسعة ؟ وما شكل المنحني الذي نحصل عليه؟ للاجابة على ذلك نجري النشاط الآتي:

نشاط (1) يوضح تأثير تغير مقدار تردد فولطية المصدر في مقدار رادة السعة.

ادوات النشاط:

اميتر ، فولطميتر ، متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين. مذبذب كهربائي واسلاك توصيل ، مفتاح كهربائي.

خطوات النشاط:

شكل (21)

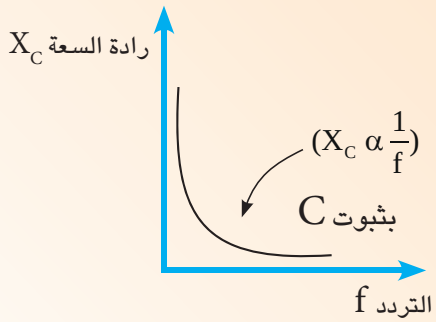
- نربط دائرة كهربائية عملية (تتالف من المتسعة والاميتر والمذبذب الكهربائي على التوالي، ونربط الفولطميتر على التوازي بين صفيحتي المتسعة) كما في الشكل (21).
- نغلق الدائرة ونبدأ بزيادة تردد المذبذب الكهربائي مع المحافظة على بقاء مقدار فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة ثابتا (بمراقبة قراءة الفولطميتر). كيف ستتغير قراءة الاميتر في الدائرة ؟
  نلاحظ ازدياد قراءة الاميتر (ازدياد التيار المنساب في الدائرة مع ازدياد تردد فولطية المصدر).

نستنتج من النشاط:

إن رادة السعة X_C تتناسب عكسيا مع تردد فولطية المصدر $(X_C \alpha 1/f)$ بثبوت سعة المتسعة (C).

من النشاط المذكورة آنفاً يمكن رسم العلاقة بين تردد فولطية المصدر ورادة السعة بيانياً لاحظ الشكل (22)

فهو يمثل العلاقة العكسية بين رادة السعة X_C وتردد فولطية المصدر f بثبوت سعة المتسعة (C) عندما تحتوي الدائرة متسعة ذات سعة صرف.



شكل (22)

نشاط (2) يوضح تأثير تغير سعة المتسعة في مقدار رادة السعة.

أدوات النشاط:

مصدر للفولطية المتناوبة تردده ثابت ، اميتر ، فولطميتر ، متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين متغيرة السعة ، مفتاح كهربائي، أسلاك توصيل، عازل .

شكل (23)

خطوات النشاط:

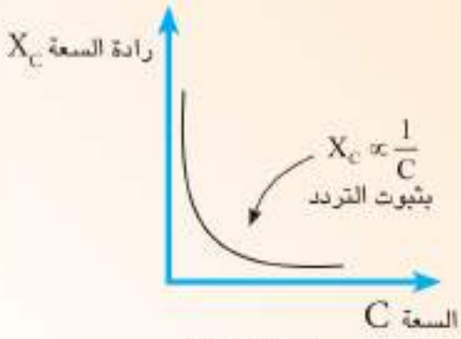
- نربط دائرة كهربائية عملية (تتالف من المتسعة والاميتر ومصدر الفولطية على التوالي، ونربط الفولطميتر على التوازي بين صفيحتي المتسعة) كما في الشكل (23).
- نغلق الدائرة ونلاحظ قراءة الاميتر.
- نزيد مقدار سعة المتسعة تدريجيا (وذلك بادخال لوح من مادة عازلة كهربائياً بين صفيحتي المتسعة).

كيف ستتغير قراءة الاميتر في الدائرة في هذه الحالة؟

نلاحظ ازدياد قراءة الاميتر (ازدياد التيار المنساب في الدائرة زيادة طردية مع ازدياد سعة المتسعة).

نستنتج من النشاط: رادة السعة تتناسب عكسيا مع مقدار سعة المتسعة، بثبوت تردد فولطية المصدر.

من النشاط المذكورة آنفاً يمكن تمثيل العلاقة بين رادة السعة والسعة بيانياً لاحظ الشكل (24) يمثل العلاقة العكسية بين رادة السعة X_C وسعة المتسعة C بثبوت تردد فولطية المصدر عندما يكون الحمل في الدائرة متسعة ذات سعة صرف.



شكل (24)

تقاس رادة السعة بوحدة (ohm) وذلك لان:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f c} = \frac{1}{\text{Hz.Farad}} = \frac{1}{(1/\text{sec})(\text{Coulomb}/\text{Volt})} = \frac{\text{sec.Volt}}{\text{Ampere.sec}} = \frac{\text{Volt}}{\text{Ampere}} = \text{ohm}$$

تذكر

عند الترددات العالية جدا لفولطية المصدر تقل رادة السعة فهي تتناسب عكسيا مع التردد $(X_C \propto 1/f)$ وقد تصل الى الصفر، فيمكن القول عندئذ إن المتسعة تعمل عمل مفتاح مغلق (تعد المتسعة خارج الدائرة). في حين أنها عند الترددات الواطئة جدا تزداد رادة السعة الى مقدار كبير جدا قد يقطع تيار الدائرة، وعندئذ تعمل المتسعة عمل مفتاح مفتوح. كما يحصل ذلك في حالة وجود المتسعة في دائرة التيار المستمر.

مثال (3)

ربطت متسعة سعتها ($\frac{4}{\pi}\mu F$) بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه 2.5V. احسب مقدار رادة السعة ومقدار التيار في هذه الدائرة. إذا كان تردد الدائرة (a) 5Hz (b) 5×10^5 Hz

الحل

a- نحسب رادة السعة عند التردد(5 Hz)

$$X_C = \frac{1}{2\pi f c}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi\times5\times(4/\pi)\times10^{-6}} = \frac{10^6}{40} = 25\times10^3\Omega$$

$$I = \frac{V_C}{X_C} = \frac{2.5}{25\times10^3} = 1\times10^{-4}\,A$$

b- نحسب رادة السعة عند التردد (5×10^5 Hz)

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi\times5\times10^5(4/\pi)\times10^{-6}} = \frac{1}{4} = 0.25\Omega$$

$$I = \frac{Vc}{X_C} = \frac{2.5}{0.25} = 10A$$

ناقش نتائج هذا المثال ووضح ماذا تستنتج من ذلك ؟

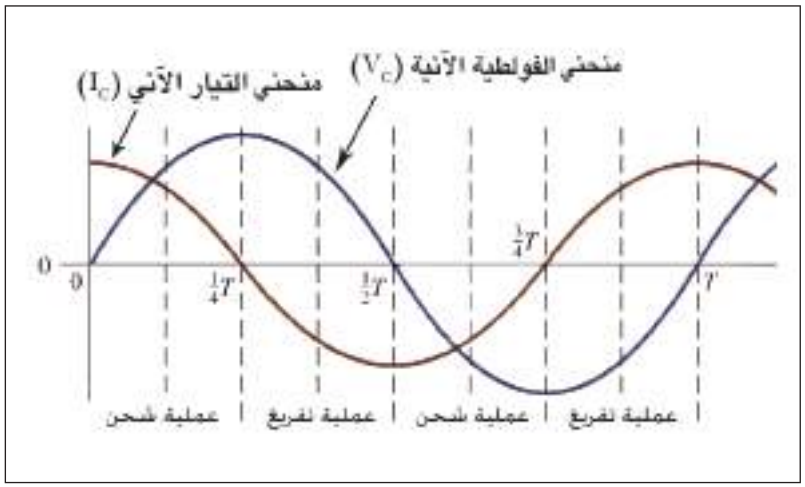
القدرة في دائرة تيار متناوب تحتوي متسعة ذات سعة صرف:

بما أن الفولطية عبر المتسعة ذات سعة صرف تعطى بالعلاقة:

$$V_C = V_m \sin(\omega t)$$

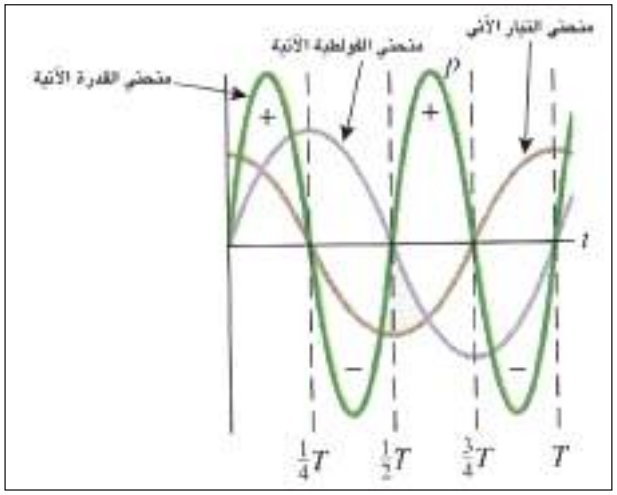
فيكون التيار المنساب في الدائرة متقدماً عن الفولطية بفرق طور $\Phi = \pi/2$ لاحظ الشكل (25) لذا يعطى التيار بالعلاقة الآتية:

$$I_C = I_m \sin(\omega t + \pi/2)$$



شكل (25)

فان منحني القدرة الانية يتغير كدالة جيبية، تردده ضعف تردد التيار او الفولطية فهو يحتوي اجزاء موجبة واجزاء سالبة متساوية بالمساحة، لذا فإن القدرة المتوسطة لدورة كاملة او عدد صحيح من الدورات يساوي صفرا. لاحظ الشكل (26). ما تفسير ذلك؟

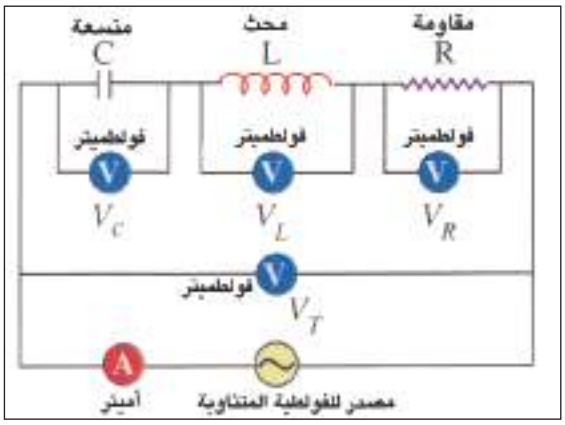


شكل (26)

إن سبب ذلك هو أن المتسعة تشحن خلال الربع الأول من الدورة ثم تفرغ جميع شحنتها الى المصدر خلال الربع الذي يليه من الدورة، وبعدها تشحن المتسعة بقطبية معاكسة وتتفرغ وهكذا بالتعاقب. ماذا نستنتج من ذلك ؟

نستنتج ان المتسعة ذات السعة الصرف لاتبدد قدرة في دائرة التيار المتناوب لعدم توافر مقاومة في الدائرة.

8-3 دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (R-L-C)



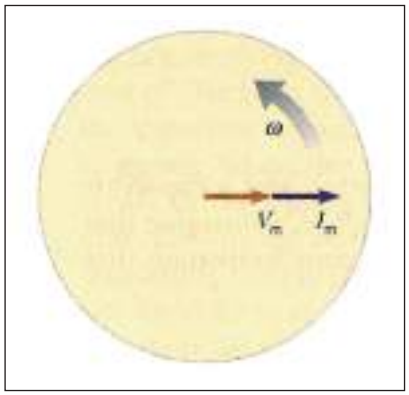
شكل (27)

عند ربط كل من مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف على التوالي مع بعضها ومجموعتها على التوالي مع اميتر، لاحظ الشكل (27) يتخذ المحور الافقي X كمحور اسناد (محور مرجعي) فتكون المتجهات الطورية للتيارات في الدائرة المتوالية الربط منطبقة على المحور X

أما المتجهات الطورية للفولطية، فيعمل كل منها زاوية فرق طور Φ مع المحور X ، والآن نمثل متجهات الطور لكل من التيار وفروق الجهد كما يأتي:

1- خلال مقاومة صرف:

المتجه الطوري للفولطية V_m والمتجه الطوري للتيار I_m خلال المقاومة يكونان بطور واحد (أي إن فرق الطور بينهما يساوي صفرا $\Phi = 0$).



شكل (28)

لذا فان الفولطية خلال مقاومة صرف تعطى بالعلاقة الآتية:

$$V_R = V_m \sin(\omega t)$$

ويعطى التيار خلال مقاومة صرف بالعلاقة الآتية: الشكل (28)

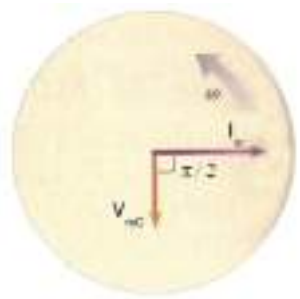
$$I_R = I_m \sin(\omega t)$$

2- خلال متسعة ذات سعة صرف:

متجه الطور لفرق الجهد عبر المتسعة $V_{C\,(max)}$ يتخلف (يتأخر) عن متجه الطور للتيار $I_{C\,(max)}$ بفرق طور يساوي 90^0 ($\Phi = -\pi/2$). لاحظ الشكل (29)

لذا يعطى فرق الجهد خلال متسعة ذات سعة صرف بالعلاقة التالية:

$$V_C = V_m \sin(\omega t - \pi/2)$$



شكل (29)

ويعطى التيار خلال متسعة ذات سعة صرف بالعلاقة التالية:

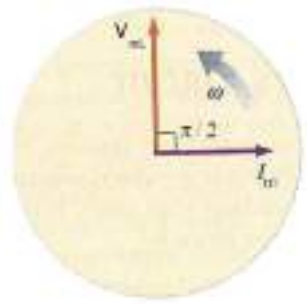
$$I_C = I_m \sin(\omega t)$$

3- خلال محث صرف:

متجه الطور للفولطية عبر المحث V_L يتقدم عن متجه الطور للتيار I_L بزاوية فرق طور قياسها ($\Phi = +\pi/2$) لاحظ الشكل (30).

لذا تعطى الفولطية خلال محث صرف بالعلاقة التالية:

$$V_L = V_m \sin(\omega t + \pi/2)$$



شكل (30)

ويعطى التيار خلال محث صرف بالعلاقة التالية:

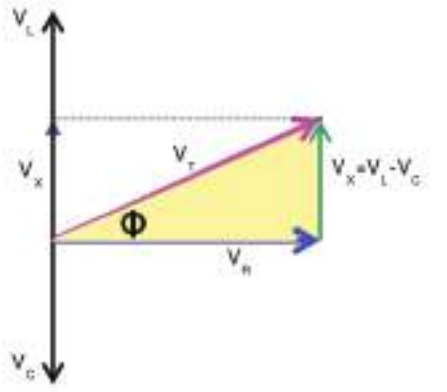
$$I_L = I_m \sin(\omega t)$$

نرسم التيار على محور الاسناد (كاساس) في دائرةالتيار المتناوب متوالية الربط (التيار متساوي في المقدار في جميع اجزاء دائرة التوالي) وبتمثيل كل من (V_L، V_C ، V_R) على وفق المتجهات الطورية نحصل على الشكل (31).

ومتجه الطور للفولطية الكلية (المحصلة) للمتجهات الطورية الثلاث يمثله المتجه V_T

ويمكن حسابه بتطبيق العلاقة التالية:

$$(V_T)^2 = (V_R)^2 + (V_L - V_C)^2$$



مخطط المتجهات الطورية للفولطيات

الشكل(31)

من مخطط المتجهات الطورية للفولطيات يمكن حساب زاوية فرق الطور Φ بين متجه الطور للفولطية الكلية (المحصلة) ومتجه الطور للتيار في هذه الدائرة:

$$\tan\Phi = \frac{V_L - V_C}{V_R}$$

خواص الدائرة (R-L-C):

أولاً: إذا كانت V_L أكبر من V_C فإن دائرة التيار المتناوب المتوالية الربط التي تحتوي (R-L-C) تكون لها:

- خواصاً حثية.
- زاوية فرق طور Φ موجبة (متجه الطور للفولطية الكلية (V_T) يتقدم عن متجه الطور للتيار I بزاوية فرق طور (Φ). وعلى وفق قانون اوم نحصل على: المقاومة R: $R = V_R / I$

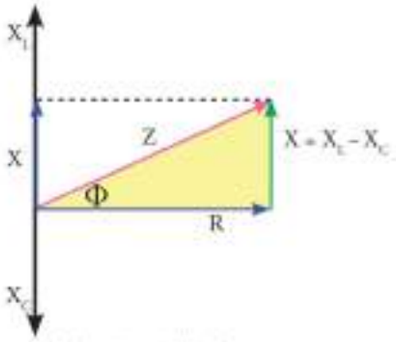
$X_L = V_L / I$: زادة الحث X_L

$X_C = V_c / I$: زادة السعة X_C

الممانعة الكلية في الدائرة (يرمز لها Z) $Z = \frac{V_T}{I}$

وهي المعاكسة المشتركة للمقاومة والرادة

يرسم مخطط الممانعة كما في الشكل (32-a) إذا كان X_L أكبر من X_C فان للدائرة:



مخطط الطور للممانعة

شكل (32-a)

خواص حثية وتكون زاوية فرق الطور Φ موجبة فنحصل على:

$$Z^2 = R^2 + X^2$$

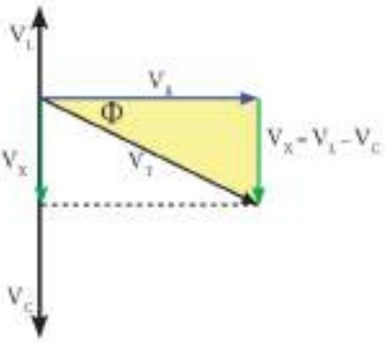
$$X = X_L - X_C$$

علماً إنَّ الرادة (X) تساوي الفرق بين الرادتين (رادة الحث ورادة السعة)

$$Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2$$

أو تحسب زاوية فرق الطور Φ من مثلث الممانعة

$$\tan \Phi = \frac{X}{R} = \frac{X_L - X_C}{R}$$



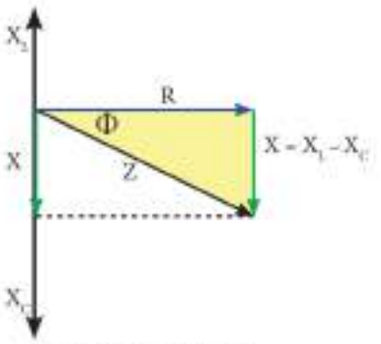
مخطط المتجهات الطورية للفولطيات

شكل (32-b)

ثانياً: اذا كانت V_L أصغر من V_C فإن دائرة التيار المتناوب المتوالية الربط التي تحتوي (R-L-C) لاحظ الشكل (32-b) تكون لها:

خواص سعوية.

- زاوية فرق طور Φ سالبة (متجه الطور للفولطية الكلية يتأخر عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور Φ).



مخطط طوري للممانعة

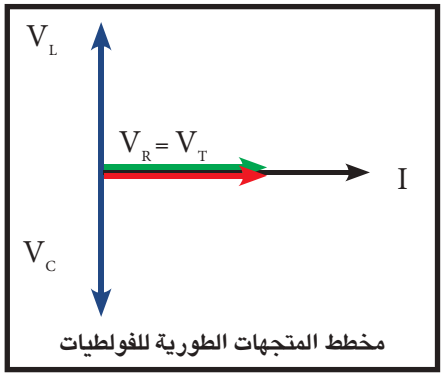
شكل (32-c)

ويمكن رسم مخطط طوري للممانعة لهذه الدائرة، لاحظ الشكل (32-c) عندما ($X_C > X_L$).

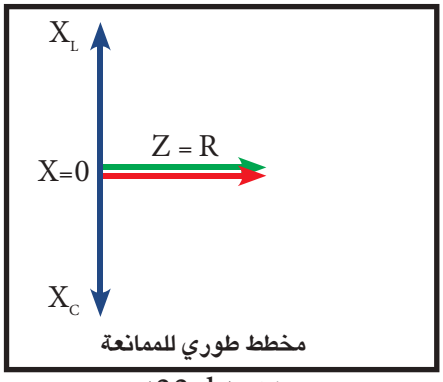
ثالثاً: اذا كانت V_L تساوي V_C فإن دائرة التيار المتناوب المتوالية الربط التي تحتوي (R-L-C) تكون لها:

- خواص مقاومة صرف (أومية)، (وهي حالة الرنين الكهربائي التي سندرسها لاحقاً).
- زاوية فرق طور Φ صفرا (متجه الطور للفولطية الكلية ينطبق على متجه الطور للتيار) لاحظ الشكل (33-a).

ويمكن رسم مخطط طوري للممانعة لهذه الدائرة، لاحظ الشكل (33-b).



شكل (33-a)



شكل (33-b)

مثال (4)

ربط ملف معامل حثه الذاتي $\left(L = \frac{\sqrt{3}}{\pi} mH\right)$ بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق جهده (100V) فكانت زاوية فرق الطور Φ بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار 60^o ومقدار التيار المنساب في الدائرة (10A) ما مقدار: 1- مقاومة الملف . 2- تردد المصدر

الحل

1- نحسب الممانعة الكلية في الدائرة:

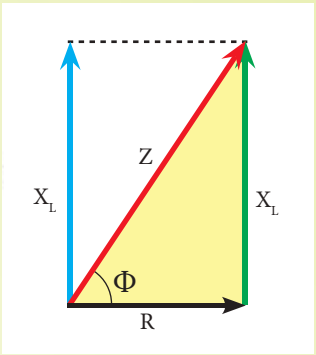
$$Z = \frac{V_T}{I} = \frac{100}{10} = 10\Omega$$

نرسم مخطط طوري للممانعة،ومنه نحسب R و X_L لاحظ الشكل ادناه

$$\cos\Phi = \frac{R}{Z}$$

$$\cos 60^\circ = \frac{R}{10} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{R}{10}$$

$$R = 5\Omega$$



2- لحساب التردد:

$$Z^2 = R^2 + X_L^{\,2}$$

$$(10)^2 = (5)^2 + X_L^{\,2}$$

$$X_L^{\,2} = 75$$

$$X_L = 5\sqrt{3}\Omega$$

$$X_L = 2\pi f L$$

$$5\sqrt{3} = 2\pi f \times \frac{\sqrt{3}}{\pi} \times 10^{-3}$$

$$f = 2500Hz$$

9-3 عامل القدرة (Power factor)

تستهلك القدرة في دوائر التيار المتناوب في المقاومة فقط، وبشكل قدرة حرارية. اما القدرة في محث صرف فهي تختزن في مجاله المغناطيسي في احد ارباع الدورة ثم تعاد الى المصدر في الربع الذي يليه. وكذلك الحال فان القدرة في المتسعة تختزن في مجالها الكهربائي في احد ارباع الدورة ثم تعيدها الى المصدر في الربع الذي يليه. ونفهم من ذلك ان القدرة لاتستهلك في المحث اذا كان محث صرف ولاتستهلك في المتسعة اذا كانت متسعة ذات سعة صرف.

ان القدرة المستهلكة في المقاومة تسمى بالقدرة الحقيقية (P_{real}) تقاس بوحدة (Watt) وتعطى بالعلاقة الآتية:

تقاس بوحدة (Watt)

$$P_{real} = I_R . V_R .$$

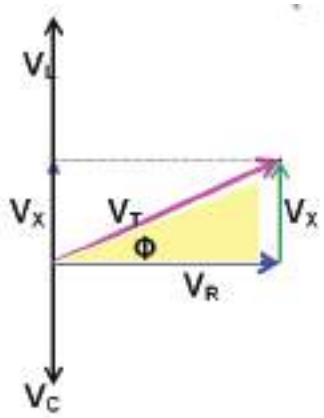
ومن مخطط متجهات للفولطية الشكل (34) فان $\cos \Phi = V_R / V_T$

فيكون:

$$V_R = V_T . \cos \Phi$$

فتكون القدرة الحقيقية

$$P_{real} = I_R . V_T \cos \Phi .$$



شكل (34)

وبما ان التيار في دائرة تيار متناوب تحتوي (R-L-C) على التوالي يكون متساوياً في جميع أجزائها:

أي ان

$$I_R = I_L = I_C = I$$

تعوض في المعادلة السابقة فنحصل على:

$$p_{real} = I_T V_T . \cos \Phi$$

والكمية ($I . V_T$) تسمى بالقدرة الظاهرية وهي القدرة الكلية المجهزة للدائرة وتقاس بوحدات (Volt . Amper) ويرمز لها (V.A) وتعطى بالعلاقة الآتية:

$$P_{app} = I . V_T .$$

وتسمى نسبة القدرة الحقيقية P_{real} الى القدرة الظاهرية P_{app} بعامل القدرة power factor (ويرمز له pf) فيعطى عامل القدرة بالعلاقة الآتية:

$$p f = \frac{P_{real}}{P_{app}} = \cos \Phi$$

او

$$pf = \cos \Phi$$

ان مقدار عامل القدرة في دائرة التيار المتناوب يتغير على وفق زاوية فرق الطور (Φ) في الدائرة، فإذا كان:

- الحمل في الدائرة مقاومة صرف فإن زاوية فرق الطور Φ بين متجه الطور للفولطية V_R ومتجه الطور للتيار I تساوي صفرا، فإن عامل القدرة يساوي الواحد الصحيح لأن:

$$pf = \cos \Phi = \cos 0 = 1$$

فتكون عندئذ القدرة الحقيقية (المستهلكة) = القدرة الظاهرية (المجهزة) أي:

$$P_{real} = P_{app}$$

- الحمل في الدائرة محث صرف فان زاوية فرق الطور Φ بين متجه الطور للفولطية V_L ومتجه الطور للتيار I تساوي 90^0 ، فان عامل القدرة يساوي صفرا. لان: $\cos 90^0 = 0$

$$pf = \cos \Phi = \cos 90^\circ = 0$$

- الحمل في الدائرة متسعة ذات سعة صرف فان زاوية فرق الطور Φ بين متجه الطور للفولطية V_C ومتجه الطور للتيار I تساوي 90^0 ، فان عامل القدرة يساوي صفرا. لان: $\cos 90^0 = 0$

$$p\,f = \cos \Phi = \cos 90^\circ = 0$$

مثال (5) دائرة تيارمتناوب تحتوي مقاومة صرف ومتسعة صرف ومحث صرف (R -L- C) مربوطة مع بعضها على التوالي ومجموعتها مربوطة مع مصدر للفولطية المتناوبة (200V) وكانت:

($R = 40\Omega$ ، $X_L = 120\Omega$ ، $X_C = 90\Omega$). احسب مقدار :

1- الممانعة الكلية.

2- التيار المنساب في الدائرة

3- زاوية فرق الطور بين متجه الفولطية الكلية ومتجه التيار. وارسم المخطط الطوري للممانعة. وما خصائص هذه الدائرة؟

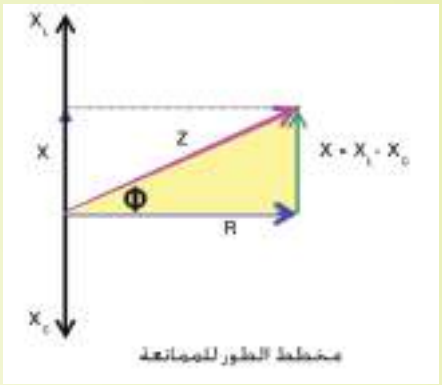
4- عامل القدرة.

5- القدرة الحقيقية المستهلكة في المقاومة.

6- القدرة الظاهرية (القدرة المجهزة للدائرة).

الحل

1- نرسم مخطط طوري للممانعة، لاحظ الشكل أدناه:



مخطط الطور للممانعة

(1) $$z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2$$
$$= (40)^2 + (120 - 90)^2$$
$$= 1600 + 900 = 2500$$
$$Z = 50\Omega$$

(2) $$I = \frac{V_T}{Z} = \frac{200}{50} = 4A$$

(3) $$\tan\theta = \frac{(X_L - X_C)}{R}$$
$$= \frac{120 - 90}{40} = \frac{30}{40} = \frac{3}{4}$$

للدائرة خصائص حثية لأن

$$\theta = 37^\circ$$

$$X_L > X_C$$

عامل القدرة

$$(4) \quad pf = \cos\theta = \frac{R}{z} = \frac{40}{50} = 0.8$$

القدرة الحقيقية

$$(5) \quad p_{real} = I^2 R$$

$$= (4)^2 \times 40 = 16 \times 40 = 640 \text{ watt}$$

القدرة الظاهرية p_{app}

$$(6) \quad p_{app} = I_T \times V_T$$

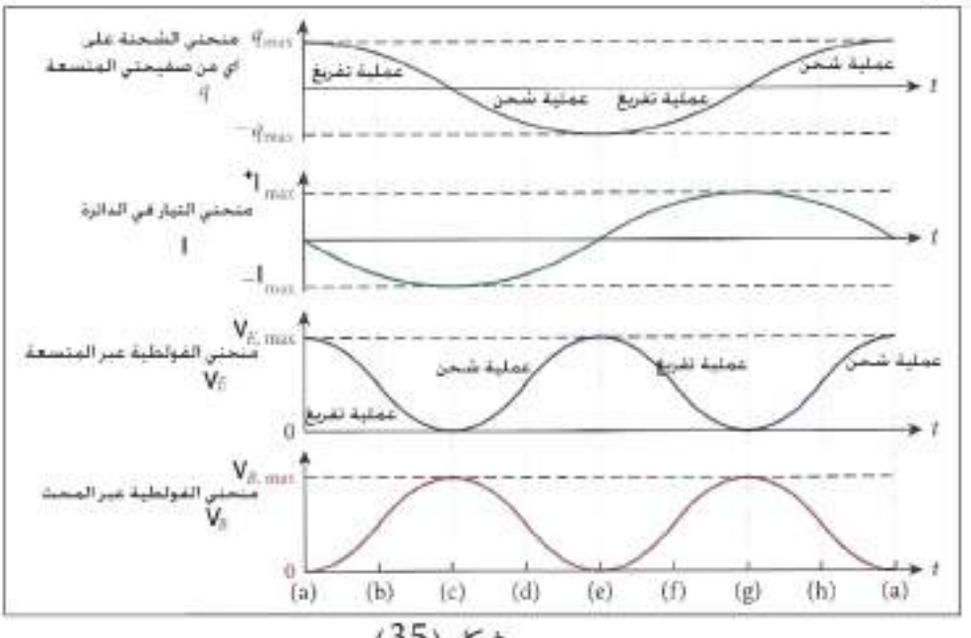
$$= 4 \times 200 = 800 \text{ VA}$$

10-3 الاهتزاز الكهرومغناطيسي Electromagnetic oscillation

تتألف دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي من متسعة ذات سعة صرف متغيرة السعة ومحث صرف.

لقد درست في الفصول السابقة ثلاثة عناصر ، المتسعات ، المقاومات ، المحاثات.

لنفترض الآن لدينا دائرة بسيطة تتألف من متسعة ذات سعة صرف ومحث صرف، تسمى مثل هذه الدائرة بدائرة المحث–المتسعة (L–C). نجد إن تيار هذه الدائرة وكذلك فرق الجهد يتغير كل منهما كدالة جيبية مع الزمن، لاحظ الشكل (35) هذه التغيرات في الفولطية والتيار في دائرة المحث–المتسعة (L–C) تسمى الاهتزازات الكهرومغناطيسية.



شكل (35)

وقد عرفت أن الطاقة المخزونة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة ذات السعة (C) تعطى بالعلاقة الآتية:

$$PE_{electric} = \frac{1}{2} \times \frac{Q^2}{C}$$

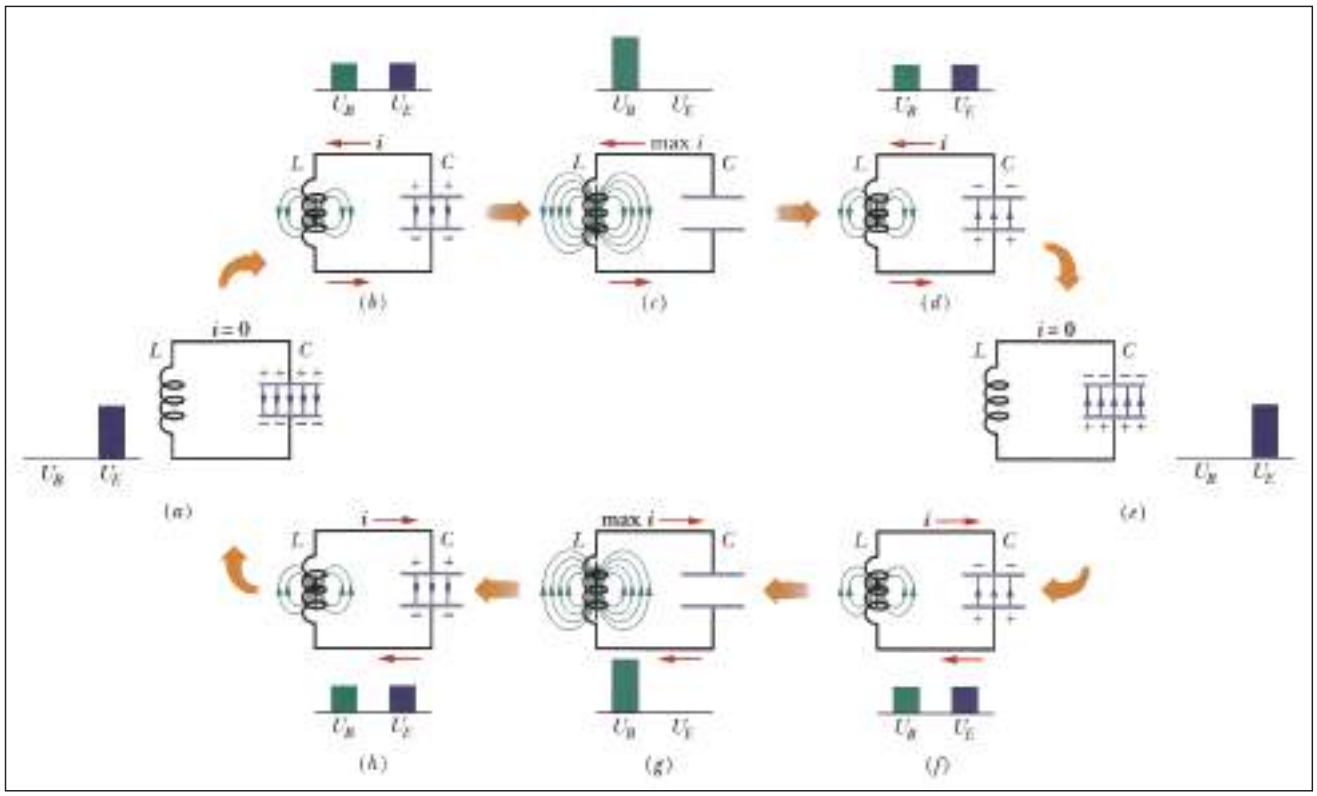
إذ إن Q تمثل مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي متسعة ذات سعة صرف سعتها C.

وإن الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي لمحث صرف ذي معامل الحث الذاتي L تعطى بالعلاقة الآتية:

$$PE_{magnetic} = \frac{1}{2} \times L\, I^2$$

إذ إن : I يمثل التيار المنساب خلال المحث الصرف.

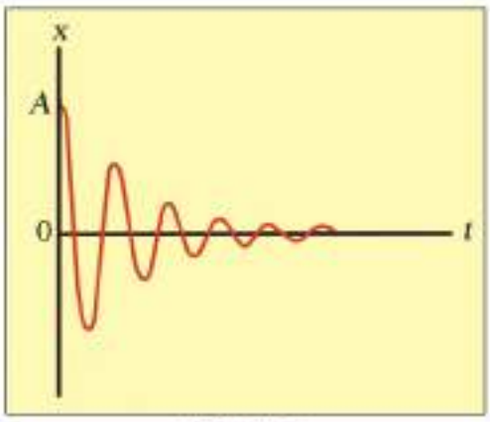
الشكل (36) يمثل عمليات تبادل الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة والطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي للمحث خلال دورة كاملة.



الشكل (36)

ابتداءً، الشكل (a) تكون المتسعة مشحونة بكامل شحنتها وعندئذ تكون الطاقة الكلية في هذه الدائرة قد اختزنت في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة، وبعد ذلك تبدأ المتسعة بتفريغ شحنتها خلال المحث، الشكل (b)، وفي هذه اللحظة ينساب تيار في المحث مولدا مجالا مغناطيسيا، وعندئذ يكون قسما من الطاقة الكلية للدائرة مختزنا في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة والقسم الاخر يختزن في المجال المغناطيسي للمحث.

الشكل (c) يبين إن المتسعة قد تفرغت تماما من جميع شحنتها وهذا يعني ان التيار المنساب خلال المحث يكون عند قيمته العظمى. وعندئذ تكون جميع الطاقة في الدائرة قد اختزنت في المجال المغناطيسي للمحث. وبعد ذلك تنشحن المتسعة من جديد وتختزن الطاقة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة ثم تتفرغ المتسعة من شحنتها لكي تخزن الطاقة في المجال المغناطيسي للمحث. وهكذا يستمر تناوب اختزان الطاقة بين المتسعة والمحث من غير نقصان وذلك لان الدائرة لاتتوافر فيها مقاومة تتسبب في ضياع طاقة.



شكل (37)

في حين نجد سعة اهتزاز الطاقة في دائرة الاهتزاز الكهرومغناطسي العملية التي تحتوي متسعة وملفاً (غير مهمل المقاومة) تتلاشى مع الزمن يسبب احتواء مثل هذه الدائرة مقاومة لاحظ الشكل (37). بما ان الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة والتيار المنساب في المحث يتغيران كدالة جيبية مع الزمن فان الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة تعتمد على مربع الشحنة (Q^2) المختزنة في أي من صفيحتيها والطاقة المخزونة في المجال المغناطيسي للمحث تعتمد على مربع التيار (I^2) فان هذا يعني ان الطاقة الكهربائية والطاقة المغناطيسية تتغير كل منهما بين الصفر والقيمة العظمى كدالة للزمن.

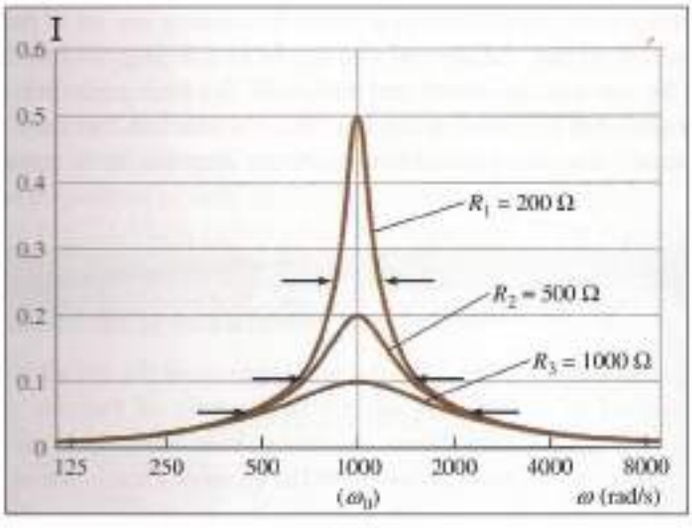
يمكن الحصول على حالة الرنين في دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي اذا تم توليف هذه الدائرة مع تردد الاشارة المطلوب تسلمها (أي جعل تردد دائرة الاستقبال مساويا لتردد الاشارة المطلوب تسلمها) وهذا ما يحدث في عملية التوليف بين محطات الاذاعة أوالتلفاز وتردد اجهزة الاستقبال في البيوت، وذلك بتغير سعة المتسعة في الدائرة المهتزة. وبما أن شرط الرنين الكهربائي هو تساوي رادة الحث ($X_L = \omega L$) مع رادة السعة ($X_C = 1/\omega C$)

يعطى التردد الطبيعي للدائرة المهتزة بالعلاقة الآتية:

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{او} \quad f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

11 -3 الرنين في دوائر التيار المتناوب

أن الأهمية العملية لدوائر التيار المتناوب (L-R-C) متوالية الربط تكمن في الطريقة التي تتجاوب فيها مثل هذه الدوائر مع مصادر ذوات ترددات مختلفة.والتي تجعل القدرة المتوسطة المنتقلة الى الدائرة بأكبر مقدار.



شكل (38)

كمثال على ذلك دوائر التنغيم المستعملة في المستقبلات في أجهزة الراديو وهي ببساطة دائرة (L-R-C) متوالية الربط، لاحظ الشكل (38) يبين تأثير مقدار المقاومة في مقدار منحني التيار عند التردد الرنيني فعندما يكون مقدار المقاومة صغيراً (مثلا 200Ω) يكون منحني التيار رفيعاً (حاداً) ومقداره كبيراً. وإذا كانت المقاومة كبيرة (مثلاً 1000Ω) فانها تجعل منحني التيار واسعاً ومقداره صغيراً.

إن الإشارة الراديوية عند تردد معين تنتج تيارا يتغير بالتردد نفسه في دائرة الاستقبال، ويكون هذا التيار باعظم مقدار إذا كان تردد دائرة الاستقبال (دائرة التنغيم) مساويا لتردد الإشارة المتسلمة، وعندها تكون رادة الحث $(X_L = \omega L)$ مساوية لرادة السعة $(X_C = 1/\omega C)$ وهذا يجعل ممانعة الدائرة بأقل مقدار $(Z=R)$.

فتسمى هذه الحالة الرنين الكهربائي.

أي ان $\omega L = 1/\omega C$

إذ إن: ω تمثل التردد الزاوي $(\omega = 2\pi f)$

(L تمثل معامل الحث الذاتي للمحث ، C تمثل سعة المتسعة) فتكون: $\omega^2_r = \frac{1}{LC}$

ومنها نحصل على التردد الزاوي للرنين: $\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ او التردد الرنيني في الدائرة: $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

يمكن تغيير التردد الرنيني f_r للدائرة وذلك بتغير أما مقدار سعة المتسعة C او تغير معامل الحث الذاتي L للمحث، نجد ان التيار يتغير بتغير تردد الدائرة ويصل مقداره الاعظم (ذروته) عند تردد معين يسمى التردد الرنيني.

وإذا كان تردد الدائرة متوالية الربط (تحتوي R-L-C) أكبر من التردد الرنيني، فتعمل هذه الدائرة بخواص حثية لانه تكون: $X_L > X_C$ وكذلك تكون: $V_L > V_C$

وإذا كان تردد هذه الدائرة أصغر من التردد الرنيني، فتعمل هذه الدائرة بخواص سعوية لانه تكون:

$X_L < X_C$ وكذلك تكون $V_L < V_C$

وإذا كان تردد هذه الدائرة يساوي التردد الرنيني فتعمل هذه الدائرة بخواص مقاومة صرف لانه تكون:

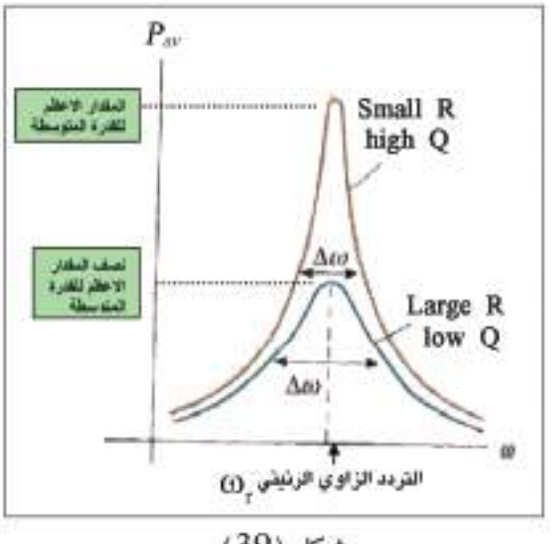
$X_C = X_L$ وكذلك تكون $V_L = V_C$

12-3 Quality Factor عامل النوعية

تتحقق حالة الرنين في دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي (R, L & C)، عندما يكون التردد الزاوي للدائرة مساويا للتردد الرنيني، أي ان: $\omega = \omega_r$

تكون عندها القدرة المتوسطة (P_{av}) بمقدارها الاعظم، وعندئذ يمكن تمثيل القدرة المتوسطة والتردد الزاوي لمقدارين مختلفين للمقاومة برسم بياني. لاحظ الشكل (39).

- عندما تهبط القدرة المتوسطة الى نصف مقدارها الاعظم نحصل على قيمتين للتردد الزاوي لاحظ الشكل (39) ω_2 و ω_1 على جانبي التردد الزاوي الرنيني ω_r



شكل (39)

ان الفرق بين التردد الزاوي عند منتصف المقدار الاعظم للقدرة المتوسطة يسمى نطاق التردد الزاوي $(\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1)$ ونطاق التردد الزاوي يتغير طردياً مع المقاومة R وعكسياً مع معامل الحث الذاتي للملف.

$$\Delta\omega = R / L$$

ان النسبة بين مقداري التردد الزاوي الرنيني ω_r ونطاق التردد الزاوي $\Delta\omega$ يسمى عامل النوعية (Quality fator). ويرمز له(Qf).

يعرف عامل النوعية للدائرة الرنينية بانه:

(نسبة التردد الزاوي الرنيني ω_r ونطاق التردد الزاوي $\Delta\omega$)

$$Qf = \frac{\omega_r}{\Delta\omega}$$

$$Qf = \frac{\frac{1}{\sqrt{LC}}}{R / L}$$

ومن ثم فإن عامل النوعية يعطى بالعلاقة الآتية:

$$Qf = \frac{1}{R} \times \sqrt{\frac{L}{C}}$$

فعندما تكون المقاومة في الدائرة صغيرة المقدار، تجعل منحني القدرة المتوسطة حادا، فيكون عرض نطاق التردد الزاوي $(\Delta\omega)$ صغيرا، وعندئذ يكون عامل النوعية Qf لهذه الدائرة عاليا.

أما عندما تكون المقاومة في الدائرة كبيرة المقدار، فتجعل منحني القدرة المتوسطة واسعا (عريضا)، فيكون عرض نطاق التردد الزاوي $(\Delta\omega)$ كبيرا، وعندئذ يكون عامل النوعية Qf لهذه الدائرة واطئاً .

مثال (6) دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف $(R = 500\,\Omega)$ ومحث صرف $(L = 2H)$ ومتسعة ذات سعة صرف $(C = 0.5\,\mu F)$ ومذبذبا كهربائيا مقدار فرق الجهد بين طرفيه $(100V)$ ثابتا والدائرة في حالة رنين. احسب مقدار:

1- التردد الزاوي الرنيني.

2- رادة الحث ورادة السعة والرادة المحصلة.

3- التيار المنساب في الدائرة.

4- الفولطية عبر كل من (المقاومة والمحث والمتسعة والرادة المحصلة).

5- زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار، وعامل القدرة.

الحل

1- التردد الزاوي الرنيني:

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{2 \times 0.5 \times 10^{-6}}} = 1000 \text{ rad/s}$$

2- رادة الحث: $X_L = \omega_r L = 1000 \text{ rad/s} (2H) = 2000\,\Omega$

رادة السعة: $X_C = 1/\omega_r C = 1/\left[1000 \text{ rad/s} (0.5 \times 10^{-6})\right] = 2000\Omega$

الرادة المحصلة: $X = X_L - X_C = 0$

3- بما أن الدائرة في حالة رنين: فإن الممانعة الكلية $Z = R = 500\Omega$

$I = V / Z = 100V / 500\,\Omega$

$I = 0.2A$

4- $V_R = I.R = 0.2 \times 500 = 100V$

$V_L = I.X_L = 0.2A\,(2000\,\Omega) = 400V$

$V_C = I.X_C = 0.2A\,(2000\,\Omega) = 400V$

$V_X = V_L - V_C = 0$

5- $\tan \Phi = X / R = 0$

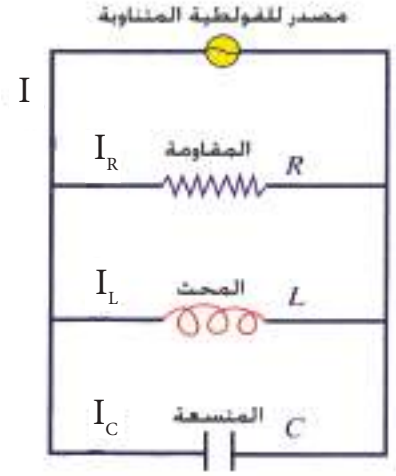
فتكون زاوية فرق الطور Φ = صفرا (متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار يكونان بطور واحد في الدائرة الرنينية)

$$p\,f = \cos \Phi = \cos 0^\circ = 1$$

13-3 دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (R-L-C)

عند ربط كل من المقاومة الصرف والمحث الصرف والمتسعة الصرف على التوازي مع بعضها ومجموعتها ربطت على التوالي بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة، لاحظ الشكل (40).

وعند رسم مخطط متجهات الطور للتيارات يتخذ المحور الافقي X كمحور اسناد (محور مرجعي) فتكون متجهات الطور للفولطيات في دائرة متوازية الربط منطبقا على المحور X .



شكل (40)

أما متجهات الطور للتيارات فيعمل كل منهم زاوية فرق طور Φ مع المحور X، في هذا النوع من الربط يتحقق امرين مهمين:

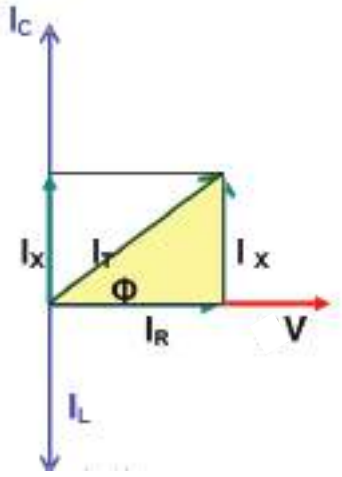
اولاً : فروق الجهد بين طرفي كل عنصر من عناصر هذه الدائرة تكون متساوية.

ثانياً: ان التيار الرئيس يتفرع الى الفروع التي تحتوي كل عنصر من عناصر الدائرة المتوازية. والتيار الرئيس I في نقطة التفرع للتيارات المنسابة في العناصر المكونة لها لايساوي المجموع الجبري للتيارات الفرعية (I_R، I_L، I_C) وذلك بسبب وجود زاوية فرق في الطور Φ بين كل من المتجهات الطورية لهذه التيارات ومتجه الطور للفولطية في الدائرة والذي ينطبق على محور الاسناد الافقي X

فاذا كان:

مقدار متجه الطور للتيار خلال المتسعة I_C أكبر من مقدار متجه الطور للتيار خلال المحث I_L ، فإن للدائرة متوازية الربط:

- خواص سعوية.
- تكون زاوية فرق الطور Φ بين متجه الطور للتيار الكلي I_T ومتجه الطور للفولطية V موجبة
- متجه الطور للتيار الكلي I_T يتقدم عن متجه الطور للفولطية V بزاوية فرق طور Φ ، لاحظ الشكل (41)

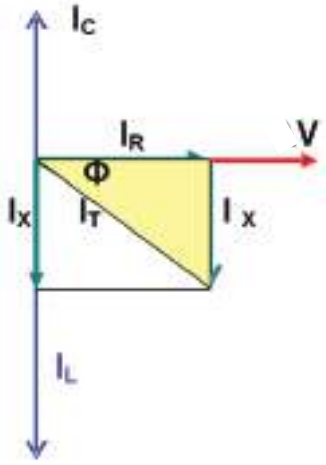


شكل (41)

اما اذا كان:

مقدار متجه الطور للتيار خلال المتسعة I_C أصغرمن مقدار متجه الطور للتيار خلال المحث I_L ، فإن للدائرة متوازية الربط:

- خواص حثية.
- تكون زاوية فرق الطور Φ بين متجه الطور للتيار الكلي I_T ومتجه الطور للفولطية V سالبة.
- متجه الطور للتيار الكلي I_T يتأخر عن متجه الطور للفولطية V بزاوية فرق طور Φ، لاحظ الشكل (42)

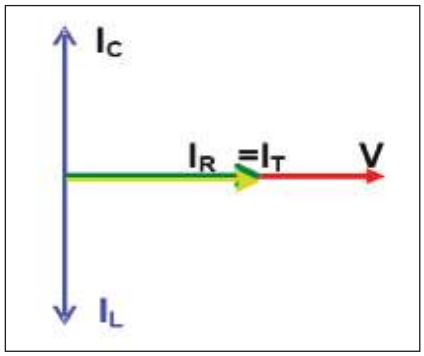


شكل (42)

اما اذا كان :

متجه الطور للتيار خلال المتسعة I_C يساوي متجه الطور للتيار خلال المحث I_L ، فان للدائرة متوازية الربط:

- خواص مقاومة صرف (اومية).
- تكون زاوية فرق الطور Φ بين متجه الطور للتيار الكلي I_T ومتجه الطور للفولطية V صفرا
- متجه الطور للتيار الكلي I_T ينطبق على متجه الطور للفولطية V لاحظ الشكل (43)



شكل (43)

مثال (7)

دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي (مقاومة صرف R ومتسعة ذات سعة صرف C ومحث صرف L). ربطت المجموعة بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه (240V) وكان مقدار المقاومة (80Ω) ورادة الحث (20Ω) ورادة السعة (30Ω) احسب مقدار:

1- التيار المنساب في كل فرع من فروع الدائرة.

2- احسب مقدار التيار الرئيس المنساب في الدائرة مع رسم مخطط متجهات الطور للتيارات.

3- الممانعة الكلية في الدائرة.

4- زاوية فرق الطور بين المتجه الطوري للتيار الرئيس ومتجه الطور للفولطية في الدائرة، وما هي خصائص هذه الدائرة.

5- عامل القدرة.

6- كل من القدرة الحقيقية (المستهلكة في الدائرة) والقدرة الظاهرية (المجهزة للدائرة).

الحل

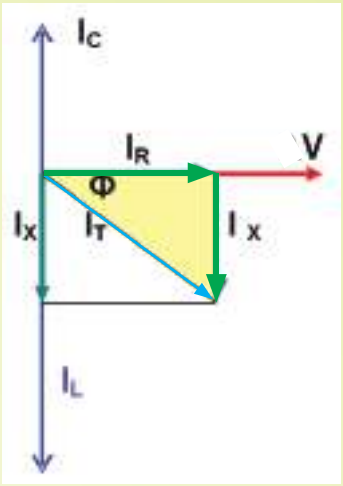
1- بما أن الربط على التوازي فإن $V_R = V_L = V_C = V_T = 240V$

$$I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{240V}{80\Omega} = 3A$$

$$I_C = \frac{V_C}{X_C} = \frac{240V}{30\Omega} = 8A$$

$$I_L = \frac{V_L}{X_L} = \frac{240V}{20\Omega} = 12A$$

2- نرسم مخطط الطور للتيارات كما في الشكل ادناه ومنه نحسب التيار الرئيس في الدائرة



$$I_{total} = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2}$$

$$I_{total} = \sqrt{3^2 + (8-12)^2}$$

$$I_{total} = \sqrt{25} = 5A$$

$$Z = \frac{V}{I_{total}} = \frac{240}{5} = 48\Omega \qquad -3$$

$$\tan \Phi = \frac{I_C - I_L}{I_R} = \frac{8-12}{3} = -\frac{4}{3} \qquad -4$$

$$\Phi = -53^\circ$$

للدائرة خصائص حثية لان زاوية فرق الطور (Φ) بين متجه الطور للتيار الرئيس ومتجه الطور للفولطية سالبة وتقع في الربع الرابع.

5- نحسب عامل القدرة (P.f) من المخطط الطوري للتيارات

$$P.f = \cos \Phi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{3}{5} = 0.6$$

6- لحساب القدرة الحقيقية (المستهلكة في الدائرة)

$P_{real} = I_{R.} V_{R.}$ تقاس بوحدة (Watt)

$$P_{real} = 3 \times 240 = 720W$$

لحساب القدرة الظاهرية (المجهزة للدائرة)

$P_{app} = I_T \ V_{T.}$ تقاس بوحدة (VA)

$$P_{app} = 5 \times 240 = 1200 \ VA$$

أسئلة الفصل الثالث

س1 اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية:

1- دائرة تيار متناوب متوالية الربط، الحمل فيها يتألف من مقاومة صرف (R) يكون فيها مقدار القدرة المتوسطة لدورة كاملة أو لعدد صحيح من الدورات:

a- يساوي صفرا، ومتوسط التيار يساوي صفرا.

b- يساوي صفرا، ومتوسط التيار يساوي نصف المقدار الاعظم للتيار.

c- نصف المقدار الاعظم للقدرة، ومتوسط التيار يساوي صفرا.

d- نصف المقدار الاعظم للقدرة، ومتوسط التيار يساوي نصف المقدار الاعظم للتيار.

2- دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي محث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف (L-C-R). لايمكن أن يكون فيها:

a- التيار خلال المتسعة متقدما على التيار خلال المحث بفرق طور ($\Phi = \pi$).

b- التيار خلال المتسعة متقدما على التيار خلال المقاومة بفرق طور ($\Phi = \pi/2$).

c- التيار خلال المقاومة والتيار خلال المتسعة يكونان بالطور نفسه ($\Phi = 0$).

d- التيار خلال المحث يتأخر عن التيار خلال المقاومة بفرق طور ($\Phi = \pi/2$).

3- في دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي، عند اللحظة التي يكون فيها مقدار التيار صفرا، تكون الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة فيها:

a- صفرا. b- بأعظم مقدار c- نصف مقدارها الأعظم d- تساوي 0.707 من مقدرها الأعظم

4- دائرة تيار متناوب، تحتوي مذبذب كهربائي فرق جهده ثابت المقدار، ربطت بين طرفيه متسعة ذات سعة صرف سعتها ثابتة المقدار، عند ازدياد تردد فولطية المذبذب:

a- يزداد مقدارالتيار في الدائرة.

b- يقل مقدار التيار في الدائرة.

c- ينقطع التيار في الدائرة.

d- أي من العبارات السابقة، يعتمد ذلك على مقدار سعة المتسعة.

5- دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي محثا صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف (L-C-R)، فان جميع القدرة في هذه الدائرة:

a- تتبدد خلال المقاومة. b- تتبدد خلال المتسعة.

c- تتبدد خلال المحث. d- تتبدد خلال العناصر الثلاثة في الدائرة.

6- دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي محثا صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف (L-C-R)، ومذبذب كهربائي، عندما يكون تردد المذبذب اصغر من التردد الرنيني لهذه الدائرة، فأنها تمتلك:

a- خواص حثية، بسبب كون: $X_L > X_C$

b- خواص سعوية، بسبب كون: $X_C < X_L$

c- خواص اومية خالصة. بسبب كون: $X_L = X_C$

d- خواص سعوية، بسبب كون: $X_C > X_L$

7- دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي محث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف (L-C-R) عندما تكون الممانعة الكلية للدائرة بأصغر مقدار وتيار هذه الدائرة باكبر مقدار، فان مقدار عامل القدرة فيها:

a- اكبر من الواحد الصحيح.

b- اقل من الواحد الصحيح.

c- يساوي صفرا.

d- يساوي واحد صحيح.

8- دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي ملف غير مهمل المقاومة (L-R)، لجعل عامل القدرة في هذه الدائرة يساوي الواحد الصحيح تربط في هذه الدائرة متسعة على:

a- التوالي مع الملف بشرط ان تكون رادة الحث X_L اصغر من رادة السعة X_C

b- التوازي مع الملف بشرط ان تكون رادة الحث X_L تساوي رادة السعة X_C.

c- التوالي مع الملف بشرط ان تكون رادة الحث X_L اكبر من رادة السعة X_C.

d- التوالي مع الملف بشرط ان تكون رادة الحث X_L تساوي رادة السعة X_C.

9- دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي محثا صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف (L-C-R) تكون لهذه الدائرة خواص حثية اذا كانت:

a- رادة الحث X_L اكبر من رادة السعة X_C.

b- رادة السعة X_C اكبر من رادة الحث X_L.

c- رادة الحث X_L تساوي رادة السعة X_C.

d- رادة السعة X_C اصغر من المقاومة

10- عند دوران ملف بسرعة زاوية منتظمة داخل مجال مغناطيسي منتظم نحصل على فولطية محتثة متناوبة ويكون أعظم مقدار لها عندما تكون زاوية الطور (ωt) تساوي :

a - $\frac{\pi}{\sqrt{2}}$ b - $\frac{\pi}{2}$

c - π d - 2π

س2 أثبت ان كل من رادة الحث ورادة السعة تقاس بالأوم.

س3 بين بوساطة رسم مخطط بياني، كيف تتغير كل من:
رادة الحث مع تردد التيار ورادة السعة مع تردد الفولطية.

س4 دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (R-L-C) مربوطة على التوالي مع بعضها وربطت مجموعتهما مع مصدرا للفولطية المتناوبة. ما العلاقة بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار في الحالات الآتية:

a- رادة الحث تساوي رادة السعة $(X_L = X_C)$

b- رادة الحث اكبر من رادة السعة $(X_L > X_C)$

c- رادة الحث اصغر من رادة السعة $(X_L < X_C)$

س5 دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (R-L-C) على التوالي مع بعضها. وربطت مجموعتهما مع مصدر للفولطية المتناوبة.
وضح كيف يتغير مقدار كل من المقاومة ورادة الحث ورادة السعة، اذا تضاعف التردد الزاوي للمصدر.

س6 علام يعتمد مقدار كل مما يأتي:

1- الممانعة الكلية لدائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (R-L-C).

2- عامل القدرة في دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (R-L-C).

3- عامل النوعية في دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (R-L-C).

س7 ما الذي تمثله كل من الأجزاء الموجبة والأجزاء السالبة في منحني القدرة الآنية في دائرة تيار متناوب تحتوي فقط:

1- محث صرف.

2- متسعة ذات سعة صرف.

س8 اجب عن الاسئلة الاتية :

a- لماذا يفضل استعمال محث صرف في التحكم بتيار التفريغ في مصباح الفلورسينت ولا تستعمل مقاومة صرف؟

b- ما هي مميزات دائرة رنين التوالي الكهربائية التي تحتوي (مقاومة ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف) ومذبذب كهربائي؟

c- ما مقدار عامل القدرة في دائرة تيار متناوب (مع ذكر السبب)، إذا كان الحمل فيها يتألف من:

1- مقاومة صرف. 2- محث صرف. 3- متسعة ذات سعة صرف.

4- ملف ومتسعة والدائرة متوالية الربط ليست في حالة رنين.

س9 ما المقصود بكل من :

1- عامل القدرة ؟

2- عامل النوعية ؟

3- المقدار المؤثر للتيار المتناوب؟

4- دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي؟

س10 دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (R-L-C) على التوالي مع بعضها. وربطت مجموعتهما مع مصدرللفولطية المتناوبة. وكانت هذه الدائرة في حالة رنين. وضح ما هي خصائص هذه الدائرة وما علاقة الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار، إذا كان ترددها الزاوي:

1- أكبر من التردد الزاوي الرنيني.

2- أصغر من التردد الزاوي الرنيني.

3- يساوي التردد الزاوي الرنيني.

س11 ربط مصباح كهربائي على التوالي مع متسعة ذات سعة صرف ومصدرا للتيارالمتناوب. عند أي من الترددات الزاوية العالية ام الواطئة؟ يكون المصباح اكثر توهجا ؟ وعند أي منها يكون المصباح أقل توهجا (بثبوت مقدار فولطية المصدر)؟ وضح ذلك.

س12 ربط مصباح كهربائي على التوالي مع محث صرف ومصدرا للتيارالمتناوب. عند أي من الترددات الزاوية العالية أم الواطئة يكون المصباح أكثر توهجا ؟ وعند أي منها يكون المصباح أقل توهجا ؟ (بثبوت مقدار فولطية المصدر) وضح ذلك.

مسائل الفصل الثالث

س1 مصدر للفولطية المتناوبة، ربطت بين طرفيه مقاومة صرف مقدارها $250\ \Omega$، فرق الجهد بين طرفي المصدر يعطى بالعلاقة التالية $V_R = 500 \sin (200\,\pi\,t)$

1- اكتب العلاقة التي يعطى بها التيارفي هذه الدائرة.

2- احسب المقدار المؤثر للفولطية والمقدار المؤثر للتيار

3- تردد المصدر والتردد الزاوي للمصدر.

س2 دائرة اهتزاز كهرومغناطيسي تتألف من متسعة ذات سعة صرف سعتها $\left(\frac{50}{\pi}\right)\mu F$ ومحث صرف معامل حثه الذاتي $\left(\frac{5}{\pi}mH\right)$. أحسب:

1- التردد الطبيعي لهذه الدائرة

2- التردد الزاوي الطبيعي لهذه الدائرة

س3 مذبذب كهربائي مقدار فرق الجهد بين طرفيه ثابت $(1.5V)$ اذا تغير تردده من $(1Hz)$ الى $(1MHz)$. أحسب مقدار كل من ممانعة الدائرة وتيار الدائرة عندما يربط بين طرفي المذبذب:

أولاً: مقاومة صرف فقط $(R = 30\Omega)$

ثانياً: متسعة ذات سعة صرف فقط سعتها $(C = \frac{1}{\pi}\mu F)$

ثالثاً: محث صرف فقط معامل حثه الذاتي $L = \frac{50}{\pi}mH$

س4 ربط ملف بين قطبي بطارية فرق الجهد بينهما $(20V)$ كان تيار الدائرة $(5A)$. فاذا فصل الملف عن البطارية وربط بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة المقدار المؤثر لفرق الجهد بين قطبيه $(20V)$ بتردد $\left(\frac{700}{22}Hz\right)$ كان تيار هذه الدائرة $(4A)$. أحسب مقدار:

1- معامل الحث الذاتي للملف

2- زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار مع رسم مخطط طوري للممانعة.

3- عامل القدرة.

4- كل من القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية.

س5 مقاومة صرف مقدارها (150Ω) ربطت على التوالي مع ملف مهمل المقاومة معامل حثه الذاتي $(0.2H)$ ومتسعة ذات سعة صرف، ربطت المجموعة بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة تردده $\left(\frac{500}{\pi}Hz\right)$ وفرق الجهد بين طرفيه $300V$. احسب مقدار:

1- سعة المتسعة التي تجعل الممانعة الكلية في الدائرة $(150\ \Omega)$.

2- عامل القدرة في الدائرة. وزاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار.

3- ارسم المخطط الطوري للممانعة.

4- تيار الدائرة.

5- كل من القدرة الحقيقية (المستهلكة) والقدرة الظاهرية (المجهزة للدائرة).

س6 دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي مقاومة صرف ومتسعة ذات سعة صرف مقدارها $(20\mu F)$ ومحث صرف ومصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه $(100V)$ بتردد $\left(\frac{100}{\pi}Hz\right)$، كانت القدرة الحقيقية في الدائرة $(80W)$ وعامل القدرة فيها (0.8) وللدائرة خصائص حثية. احسب مقدار:

1- التيار في فرع المقاومة والتيار في فرع المتسعة.

2- التيار الكلي.

3- زاوية فرق الطور بين التيار الكلي والفولطية مع رسم مخطط المتجهات الطورية للتيارات.

4- معامل الحث الذاتي للمحث.

س7 دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي ملف مقاومته (10Ω) ومعامل حثه الذاتي $(0.5H)$ ومقاومة صرف مقدارها (20Ω) ومتسعة ذات سعة صرف ومصدرا للفولطية المتناوبة تردده $\left(\frac{100}{\pi}Hz\right)$ وفرق الجهد بين طرفيه $(200V)$ كان مقدار عامل القدرة فيها (0.6) وللدائرة خصائص سعوية. احسب مقدار:

1- التيار في الدائرة. 2- سعة المتسعة.

3- ارسم مخطط الممانعة واحسب قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار.

س8 مصدر للفولطية المتناوبة تردده الزاوي $(400\ rad/s)$ وفرق الجهد بين قطبيه $(500V)$ ربط بين قطبيه على التوالي (متسعة سعتها $(10\ \mu F)$ وملف معامل حثه الذاتي $(0.125H)$ ومقاومته $(150\ \Omega)$) ما مقدار:

1- الممانعة الكلية وتيار الدائرة.

2- فرق الجهد عبر كل من المقاومة والمحث والمتسعة.

3- زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار. ما هي خصائص هذه الدائرة؟

4- عامل القدرة.

س9 دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي (مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف) ومصدرا للفولطية المتناوبة مقدار فرق الجهد بين طرفيه 480V بتردد Hz (100) وكان مقدار القدرة الحقيقية المستهلكة في الدائرة (1920W) ومقدار رادة السعة (32Ω) ومقدار رادة الحث (40Ω)، ما مقدار:

1- التيار المنساب في كل من فرع المقاومة وفي فرع المتسعة وفي فرع المحث والتيار الرئيس في الدائرة.

2- ارسم مخطط المتجهات الطورية للتيارات.

3- قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للتيار الرئيس ومتجه الطور للفولطية. وما هي خواص هذه الدائرة.

4- عامل القدرة في الدائرة.

5- الممانعة الكلية في الدائرة.

س10 مقاومة (30Ω) ربطت على التوازي مع متسعة ذي سعة خالصة وربطت هذه المجموعة عبر قطبي مصدر للفولطية المتناوبة بتردد Hz (50) فاصبحت الممانعة الكلية للدائرة (24Ω) والقدرة الحقيقية (480 W) فما مقدار سعة المتسعة ؟ ارسم مخطط المتجهات الطورية للتيارات.

س11 دائرة تيار متناوب متوالية الربط الحمل فيها ملف مقاومته (500Ω) ومتسعة متغيرة السعة. عندما كان مقدار سعتها (50 nF) ومصدر للفولطية المتناوبة مقدارها (400V) بتردد زاوي (10^4 rad/s)، كانت القدرة الحقيقية (المستهلكة) في هذه الدائرة تساوي القدرة الظاهرية (المجهزة)، إحسب مقدار:

1- معامل الحث الذاتي للملف. وتيار الدائرة.

2- كل من رادة الحث ورادة السعة.

3- زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار وما مقدار عامل القدرة.

4- عامل النوعية للدائرة.

5- سعة المتسعة التي تجعل متجه الطور للفولطية الكلية يتأخر عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور ($\frac{\pi}{4}$)