الوحدة الثامنة

Alternating Current Circuits دوائر التيار المتردد

Electromagnetic waves الموجات الكهرومغناطيسية

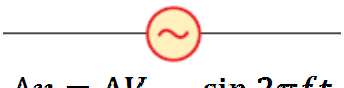
دوائر التيار المتردد **Alternating Current Circuits**

جميع الأجهزة الكهربائية تعمل بالتيار المتردد

ما هو التيار المتردد

يكون خرج مصدر التيار المتردد جيبياً ويتغير مع الزمن بالعلاقة:

$$\Delta v = \Delta V_{max} \sin 2\pi f t$$

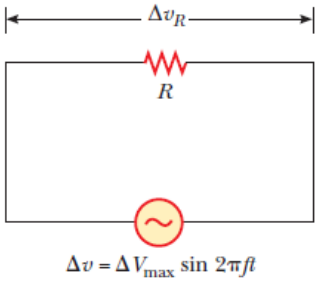


$$\Delta v = \Delta V_{max} \sin 2\pi f t$$

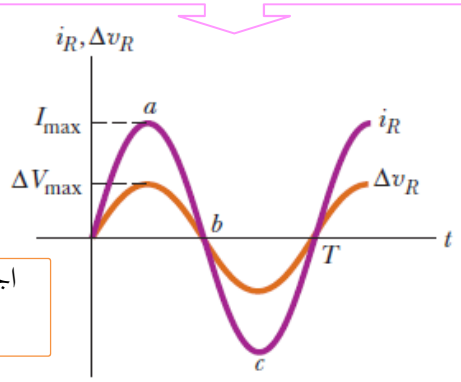
- Δv: قيمة الجهد اللحظية (عند اللحظة t)
- ΔV_{max}: القيمة العظمى لجهد المصدر
- f: تردد تغير الجهد ويقاس بالهيرتز Hz

سندرس تأثير التيار المتردد على المقاومة والمكثف والملف.

دائرة R في التيار المتردد

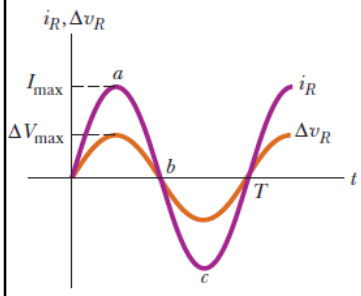


تغير الجهد و التيار خلال المقاومة مع الزمن



الجهد و التيار يتغيران بنفس الطريقة مع الزمن.

دائرة R في التيار المتردد

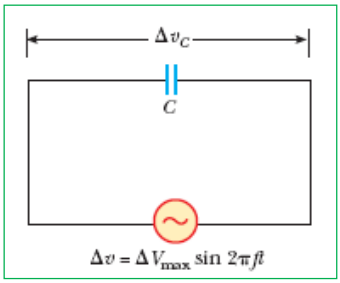


نتيجة

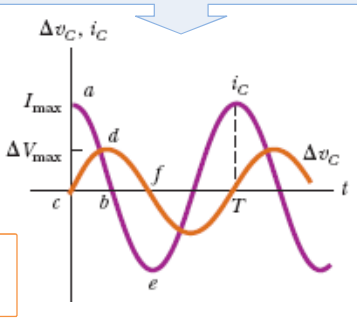
يصل التيار و الجهد عند القيمة العظمى عند نفس الزمن أي لهما نفس الطور phase.

- اتجاه التيار لا يؤثر على سلوك المقاومة في الدائرة.
- تُنتج التصادمات بين الالكترونات و ذرات المقاومة زيادة في درجة حرارة المقاومة بغض النظر عن اتجاه التيار.
- يوصف معدل تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة داخلية بالقدرة.

دائرة المكثف في التيار المتردد



تغير الجهد و التيار خلال المكثف مع الزمن



التيار يسبق الجهد

نتيجة

يصل التيار و الجهد عند القيمة العظمى و بينها فرق في الطور مقدار 90° (التيار يسبق الجهد).

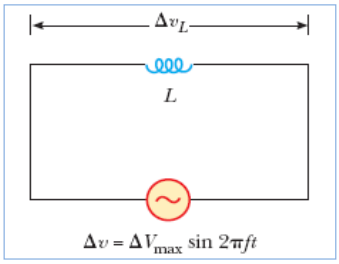
دائرة المكثف في التيار المتردد

عرقلة المكثف للتيار في دائرة التيار المتردد تعرف بالممانعة (المعاوقة) السعوية و تعطى بالعلاقة:

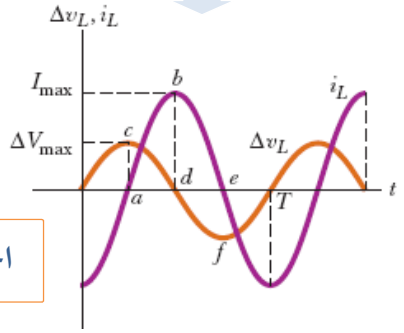
$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

- سعة المكثف بالفاراد
- التردد بالهيرتز
- التردد الزاوي ω

دائرة الملف في التيار المتردد



تغير الجهد و التيار خلال الملف مع الزمن



الجهد يسبق التيار

التغير في تيار المصدر يولد ق د ك خلفية Back emf

تُعيق التيار في الدائرة قيمتها:

$$\Delta v_L = L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

دائرة الملف في التيار المتردد

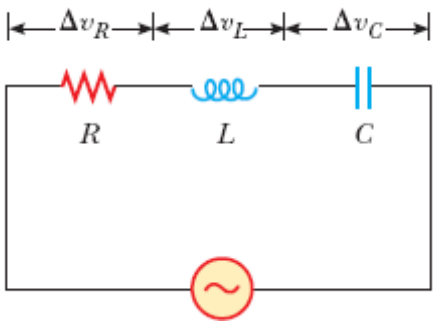
تُعرف المقاومة الفعالة للملف في دوائر التيار المتردد بالممانعة (المعاوقة) الحثية X_L و تساوي:

$$X_L = 2\pi f L$$

تقاس بالأوم

معامل الحث الذاتي باهنري

دائرة RLC توالي The RLC series Circuit



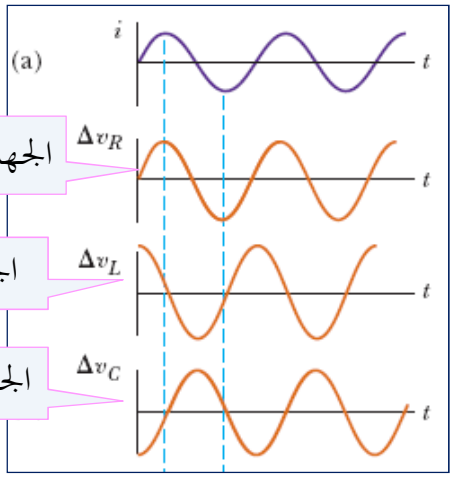
ماذا يحدث عند توصيل R , L , C في دائرة على التوالي ؟

التيار المار هو نفسه عند أي نقطة في الدائرة

$$i = I_{\max} \sin 2\pi f t$$

ماذا عن الجهود ؟

دائرة RLC توالي The RLC series Circuit

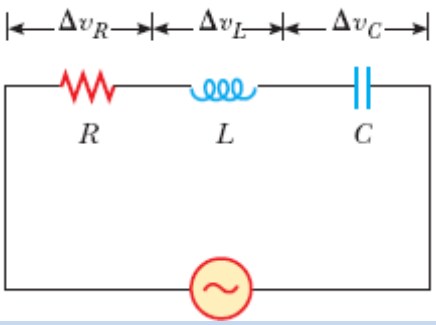


الجهد عبر المقاومة في نفس الطور مع التيار

الجهد عبر الملف يسبق التيار بـــ 90°

الجهد عبر المكثف يتخلف عن بـــ 90°

دائرة RLC توالي The RLC series Circuit



قيمة الجهد اللحظي Δv للمصدر المتردد يساوي:

$$\Delta v = \Delta v_R + \Delta v_C + \Delta v_L$$

هذا لا يعني أنه يمكن جمع الجهود المقاسة عبر R, L, C بواسطة الفولتميتر (ac) لتعطي جهد المصدر.

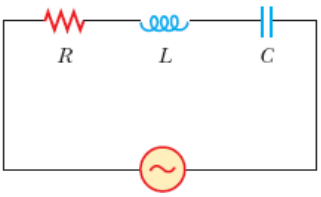
لماذا؟

دائرة RLC توالي The RLC series Circuit

Impedance Values and Phase Angles for Various Combinations of Circuit Elements[a]

Circuit Elements	Impedance Z	Phase Angle ϕ
R	R	0°
C	X_C	–90°
L	X_L	+90°
R C	$\sqrt{R^2 + X_C^2}$	Negative, between –90° and 0°
R L	$\sqrt{R^2 + X_L^2}$	Positive, between 0° and 90°
R L C	$\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$	Negative if $X_C > X_L$ Positive if $X_C < X_L$

الرنين في دوائر RLC على التوالي Resonance in a Series RLC Circuits



$$I_{rms} = \frac{\Delta V_{rms}}{Z} = \frac{\Delta V_{rms}}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

يصل التيار إلى قيمته العظمى عند أقل قيمة للمعاوقة، وذلك عند:

$$X_L = X_C$$

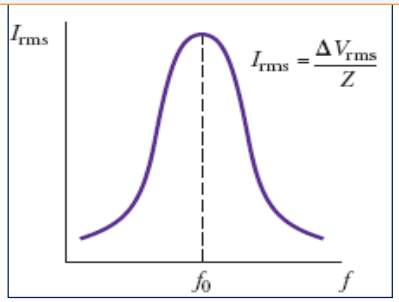
و عندها يصبح

$$Z = R$$

يحدث ذلك عند تردد f_o يسمى **تردد الرنين**

الرنين في دوائر RLC على التوالي Resonance in a Series RLC Circuits

التيار دالة في التردد لدئرة تحوي قيمة ثابتة لكل من المكثف و الملف



$$X_L = X_C$$

$$2\pi f_0 L = \frac{1}{2\pi f_0 C}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

The tuning circuit of a radio is an important application of a series resonance circuit. The radio is tuned to a particular station (which transmits a specific radiofrequency signal) by varying a capacitor, which changes the resonance frequency of the tuning circuit. When this resonance frequency matches that of the incoming radio wave, the current in the tuning circuit increases.

الموجات الكهرومغناطيسية Electromagnetic Waves

حتى قبل عام ١٨٦٥ كان يعتقد أن لا علاقة بين الظواهر الكهربية والمغناطيسية.

JAMES CLERK MAXWELL,
Scottish Theoretical Physicist
(1879-1831)

توقعات ماكسويل Maxwell's Predictions

في ١٨٦٥ قدم ماكسويل نظرية رياضية تثبت العلاقة الوثيقة بين الظواهر الكهربية والمغناطيسية. بل أكثر من هذا، فقد توقع إمكانية انتقال المجالين الكهربي والمغناطيسي معاً بشكل موجات.

توقعات ماكسويل Maxwell's Predictions

اعتمد ماكسويل لتطوير نظريته على أربع معلومات:

١- تبدأ خطوط المجال الكهربي من الشحنات الموجبة لتصل إلى الشحنات السالبة.

٢- تُكَون خطوط المجال المغناطيسي دائماً مسارات مغلقة (فهي لا تبدأ أو تنتهي عند أي مكان محدد).

٣- التغير في المجال المغناطيسي يولد emf أي مجال كهربي. (قانون فارادي)

٤- يتولد المجال المغناطيسي بواسطة الشحنات المتحركة (التيار) (قانون أمبير)

توقعات ماكسويل Maxwell's Predictions

كيف حقق ماكسويل نظريته؟

ركز على دراسة حركة الشحنات المتذبذبة (مثل حركة الشحنات في سلك موصل بجهد متردد)

هذه الشحنات المتذبذبة تتسارع. وحسب توقع ماكسويل فإنها تولد تغير في المجالين الكهربي والمغناطيسي.

هذه التغيرات في المجالين الكهربي والمغناطيسي يولد اضطرابات كهرومغناطيسية (electromagnetic disturbance) تنتقل في الفضاء على شكل موجات.

توقعات ماكسويل Maxwell's Predictions

تتشكل هذه الموجات بتعاقب كل من المجال الكهربي والمغناطيسي لذلك سميت بالموجات الكهرومغناطيسية.

حسب ماكسويل سرعة هذه الموجات فكانت بسرعة الضوء $c = 3x10^8$ m/s.

استنتج أن الضوء المرئي و الأشعة الكهرومغناطيسية الأخرى تتألف من المجالين الكهربي والمغناطيسي المتعاقبين والمنتقلين خلال الفراغ بحيث يتغير أحدهما فيولد الآخر.

خواص الموجات الكهرومغناطيسية Properties of Electromagnetic Waves

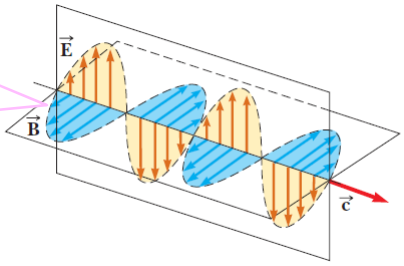
ما هو الفرق بين هذه الموجات وموجات الضوء ؟

التردد والطول الموجي

ما هي الموجة المستوية a plane wave ؟

A plane electromagnetic wave is a wave traveling from a very distant source.

موجة كهرومغناطيسية مستوية



خواص الموجات الكهرومغناطيسية Properties of Electromagnetic Waves

١

يتذبذب المجالين الكهربي والمغناطيسي في مستويات عمودية على محور X وبالتالي عمودية على اتجاه انتقالها.

موجات مستعرضة

٢

تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ بسرعة الضوء.

٣

وقد أثبت ماكسويل أن سرعتها في الفراغ تعتمد على نفاذية وسماحية الوسط.

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$$

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{N \cdot s^2/C^2}$

$\epsilon_0 = 8.854\ 19 \times 10^{-12}\ \mathrm{C^2/N}$

خواص الموجات الكهرومغناطيسية Properties of Electromagnetic Waves

٤

كما أثبت ماكسويل أن سرعتها تساوي النسبة بين المجال الكهربي إلى المجال المغناطيسي.

$$\frac{E}{B} = c$$

٥

نظراً لأن جميع أنواع الموجات الكهرومغناطيسية تنتقل في الفراغ بسرعة الضوء، فإن ترددها f وطولها الموجي λ ترتبط بالعلاقة:

$$C = f\lambda$$

طيف الموجات الكهرومغناطيسية The Spectrum of Electromagnetic Waves