تذكرة و مراجعة في الكهرباء

التيارالكهربائي : هو حركة الشحنات الكهربائية بصورة جماعية في ناقل في دارة مغلقة .

سبب مرور التيار الكهربائي هو فرق الكمون(التوتر) u الذي يطبق على الناقل و يسبب انتشار حقل كهربائي في جوار الناقل مسبباً خضوع الشحنات لقوة كهربائية تدفعها على شكل تيار .

شدة التيار : هي معدل تغير الشحنة المارة بمرور الزمن عبر مقطع من الدارة . بالتالي هي مشتق تابع الشحنة بالنسبة للزمن :

$$i = \frac{dq}{dt} = (q)'_t$$

و مشتق الشدة هو مشتق ثاني للشحنة :

$$(i)'_t = (q)''_t$$

وبالتالي الشحنة هي تكامل للشدة :

$$q = \int i\,dt$$

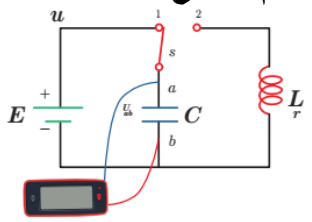
تقدر الشحنة بوحدة كولوم C والشدة بوحدة آمبير A

أهم أجهزة الدارة الكهربائية :

الجهاز و مقداره المميز	المقاومة – مقاومة R	وشيعة – ذاتية L	مكثفة – سعة C
وحدتها	أوم Ω	هنري H	فاراد F
عملها	اعاقة التيار بسبب احتكاك الشحنات المتحركة لتنشر حرارة بفعل جول	اعاقة التيار متغير الشدة بسبب التحريض الذاتي	اعاقة التيار المار بسبب الحقل الكهربائي بين لبوسيها
قانون التوتر في الجهاز	$u = R.i$	$u = L.\frac{di}{dt} = L(q)''_t$	$u = \frac{q}{C} = \frac{1}{C}\int i\,dt$
الطاقة	منتشرة على شكل حرارة $E_R = R.i^2.t$	مختزنة كهرطيسية $E_L = \frac{1}{2}L.i^2$	مختزنة كهربائية $E_C = \frac{q^2}{2C}$

الدارات المهتزة والتيارات عالية التواتر- الاهتزازات الكهربائية الحرة

تجربة : في الدارة المبينة بالشكل صف ما يظهر على شاشة راسم الاهتزاز مع التعليل عند وصل القاطعة الداورة للوضع 1 ثم الوضع 2 .



- **في الوضع 1 :** تشحن المكثفة و تختزن طاقة كهربائية فتظهر بقعة على شاشة الراسم تدل على توتر ثابت .
- **الوضع 2 :** تتفرغ شحنة المكثفة عبر الوشيعة، ويظهر على شاشة راسم الاهتزاز المنحني البياني لتوتر المكثفة بدلالة الزمن شكل تفريغ دوري متناوب متخامد تتناقص فيه سعة الاهتزاز حتى تبلغ الصفر.

لذا نقول إن الاهتزازات الحاصلة هي اهتزازات خاصة (حرة) متخامدة؛ لأنها لا تتلقى طاقة من المولد .

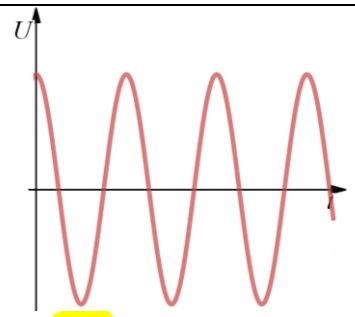
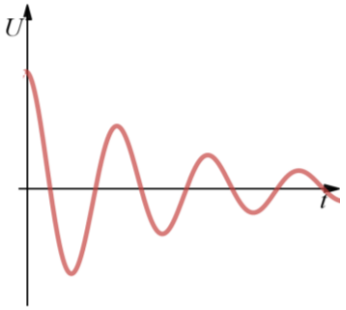
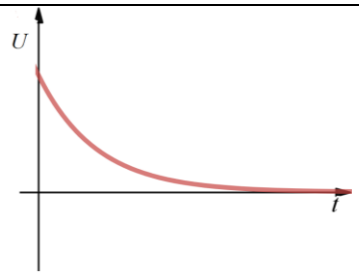
ما سبب الاهتزاز الكهربائي الحر و ماسبب تخامده ؟

سبب الاهتزاز الكهربائي تبادل الطاقة بين المكثفة (طاقة كهربائية) و الوشيعة (طاقة كهرطيسية)**وسبب التخامد** هو ضياع الطاقة بفعل المقاومة على شكل حرارة بفعل جول .

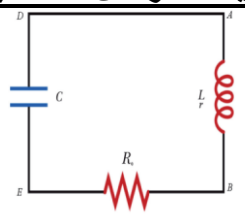
سؤال : اشرح تأثير المقاومة على نمط التفريغ المهتز في دارة RLC .

1. **المقاومة كبيرة** بشكل كاف :يكون التفريغ لا دورياً باتجاه واحد.
2. **المقاومة صغيرة** :يكون التفريغ متناوباً دورياً متخامداً باتجاهين شبه الدور T_0
3. **المقاومة مهملة :** أو يتم تعويض عن الطاقات الضائعة: يكون التفريغ متناوباً جيبياً سعة الاهتزاز فيه ثابتة، ودوره الخاص T_0 .

منحنيات التفريغ لمكثفة مشحونة في وشيعة مع تغير المقاومة :

اسم نمط التفريغ و الشكل البياني	 تفريغ متناوب جيبي	 تفريغ متناوب دوري متخامد	 تفريغ متخامد لادوري باتجاه واحد
صفاته:	سعة اهتزاز ثابتة وبدور اهتزاز T_0	يتم باتجاهين و سعة اهتزاز متناقصة وبشبه دور T_0	تفريغ باتجاه واحد كتفريغ مولد تيار متواصل
متى يتحقق ؟	حين تكون مقاومة الدارة مهملة أو تعويض الطاقة المبددة	حين تكون مقاومة الدارة صغيرة	حين تكون مقاومة الدارة كبيرة
السبب ؟	لعدم ضياع الطاقة أو لتعويضها باستمرار	بسبب ضياع الطاقة تدريجياً على شكل طاقة حرارية بفعل جول .	بسبب ضياع الطاقة دفعة واحدة عل شكل حرارة بفعل جو

الدراسة التحليلية للدارة RLC : استنتاج المعادلةالتفاضلية للدارة RLC المبينة بالشكل :



$$u_{AB} + u_{BE} + u_{ED} + u_{DA} = 0$$

$$\overbrace{L(i)'_t + r.i} + R_0.i + \frac{1}{C}q + 0 = 0$$

ولكن : $i = (q)'_t , (i)'_t = (q)''_t$

و مقاومة الدارة الكلية $R = R_0 + r$ فتكون المعادلة التفاضلية للدارة RLC :

$$\boxed{L(q)''_t + R(q)'_t + \frac{1}{C}q = 0}$$

في حالة الدارة LC فإن المقاومة مهملة أي أن :

$$\boxed{L(q)'' + \frac{1}{C}q = 0}$$

.

الاهتزازات الحرة في الدارة LC و دورها الخاص :

$$L(q)'' + \frac{1}{C}q = 0$$

$$(q)'' = -\frac{1}{L.C}q \quad .....(1)$$

معادلة تفاضلية من المرتبة الثانية تقبل حلاً جيبياً :

$$q = q_{max}.\cos(\omega_0 t + \varphi)$$

نشتق مرتين :

$$(q)'_t = -\omega_0 . q_{max}.\cos(\omega_0 t + \varphi)$$

$$(q)''_t = -\omega_0^2 . \underbrace{q_{max}.\cos(\omega_0 t + \varphi)}$$

$$\boxed{(q)''_t = -\omega_0^2 . q} \quad .....(2)$$

بمقارنة 1,2 نجد :

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC} > 0 \quad : L > 0, C > 0$$

فالتفريغ جيبي . نوجد الدور الخاص :

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}} = \frac{2\pi}{T_0}$$

$$\boxed{T_0 = 2\pi\sqrt{L.C}}$$

علاقة طومسون لدور الدارة المهتزة

T_0	ثانية S	الدور الخاص
C	فاراد F	سعة المكثفة
L	هنري H	ذاتية الوشيعة

علاقة تغير الدور و التواتر و النبض للدارة المهتزة بتغير مكوناتها :

$$\frac{\omega_0}{\omega_0'}=\frac{f_0}{f_0'}=\frac{T_0'}{T_0}=\sqrt{\frac{L'.C'}{L.C}}$$

تابع الشدة في الدارة المهتزة :

سؤال : اكتب علاقة تابع الشحنة عندما يكون الطور الابتدائي معدوماً ثم استنتج تابع الشدة اللحظية و قيمة الشدة العظمى ، و قارن بينهما بالطور- مع الرسم البياني ومتى تكون الشدة : أ- عظمى ب- معدومة ؟

$$q=q_{max}.\cos(\omega_0 t+\varphi) \quad :(\varphi=0)$$

$$\boxed{q=q_{max}.\cos(\omega_0 t)}$$

ايجاد تابع الشدة :

$$i=(q)'_t=-\omega_0 q_{max}.\sin(\omega_0 t)$$

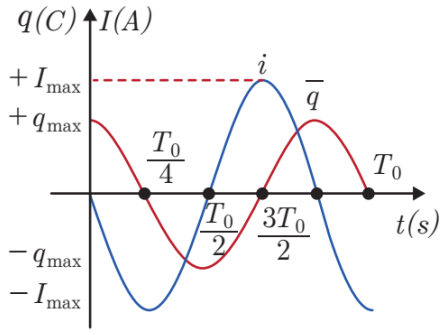
$$i=\omega_0 q_{max}.\cos\left(\omega_0 t+\frac{\pi}{2}\right)$$

$$i=I_{max}.\cos\left(\omega_0 t+\frac{\pi}{2}\right)$$

والشدة العظمى تكون : $I_{max}=\omega_0 q_{max}$

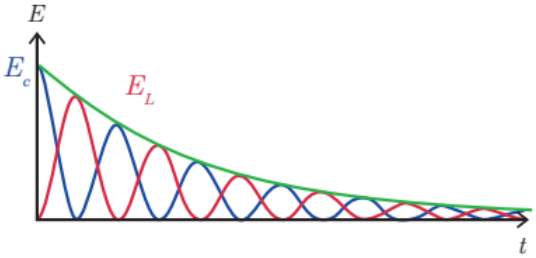
الشدة على ترابع متقدم مع الشحنة .

- عندما تكون شحنة المكثّفة عظمى تنعدم شدة التيار في الوشيعة $i=o$ $q=\pm q_{max}$.
- عندما تكون الشدة عظمى في الوشيعة تنعدم شحنة المكثفة $q=0:i=\pm I_{max}$



الطاقة في الدارة المهتزة :

منحني تبادل الطاقة في حالة وجود مقاومة صغيرة :



تبادل الطاقة في الدارة المهتزة RLC :

- تبدأ المكثفة **بالتفريغ** فيمر تيار متزايد الشدة في الوشيعة بـبطء تصبح الشدة عظمى و تختزن الوشيعة طاقة كهرطيسية $E_L=\frac{1}{2}L.I_{max}^{\ 2}$ و تنعدم شحنة المكثفة (عند نهاية أول ربع دور)
- خلال ربع الدور التالي : يقوم تيار الوشيعة **بشحن** المكثفة فتتناقص حتى تنعدم شدته و تكتسب المكثفة شحنة عظمى و تختزن طاقة كهربائية $E_C=\frac{q_{max}^{\ 2}}{2C}$ (و ذلك عند نهاية نصف الدور الأول).
- **وبسبب المقاومة فإن الطاقة تتناقص** بسبب ضياعها على شكل حرارة بفعل جول ...
- **فيكون التفريغ دوري متخامد عندما تكون المقاومة الصغيرة لأن الطاقة تضيع تدريجياً ، و يكون لا دوري عندما تكون المقاومة كبيرة لضياع الطاقة دفعة واحدة .**

استنتاج الطاقة الكلية للدارة مع منحنى تبادل الطاقة :

الطاقة الكلية في دارة مهتزة هي مجموع طاقتي المكثّفة و الوشيعة .

$$E=E_C+E_L$$

$$E=\frac{1}{2}\frac{q^2}{C}+\frac{1}{2}L.i^2 : \begin{cases} q=q_{max}.\cos(\omega_0 t) \\ i=-\omega_0 q_{max}.\sin(\omega_0 t) \end{cases}$$

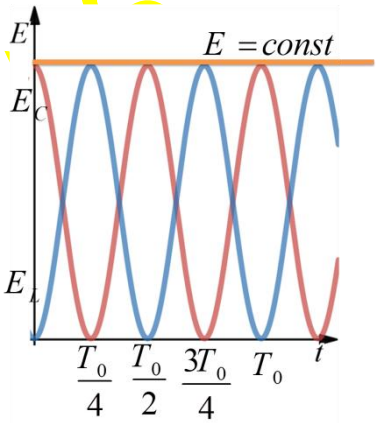
$$E=\frac{1}{2}\frac{q_{max}^{\ 2}}{C}\cos^2(\omega_0 t)+\frac{1}{2}L.\omega_0^{\ 2}q_{max}^{\ 2}.\sin^2(\omega_0 t)$$

لكن :

$$\omega_0^{\ 2}=\frac{1}{LC}\Rightarrow L\omega_0^{\ 2}=\frac{1}{C}$$

لنجد أن :

$$E=\frac{1}{2}\frac{q_{max}^{\ 2}}{C}=\frac{1}{2}L.I_{max}^{\ 2}=const$$



أي الطاقة خلال أرباع الدور تتحول بالتناوب بين الشكلين:

$$E_C\rightarrow E_L\rightarrow E_C\rightarrow E_L\rightarrow E_C$$

التيارات عالية التواتر :

فسر : يعد التيار المار في دارة مهتزة (مكونة من مكثفة مشحونة و وشيعة) LC تياراً عالي التواتر .

لأن قيم ذاتية الوشيعة و سعة المكثفة تعد صغيرة فإن التواتر سيكون عالي :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{L.C} \Rightarrow f_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}}$$

فسر : تبدي الوشيعة ممانعة كبيرة للتيار عالي التواتر (أو تكون الشدة المنتجة المارة صغيرة)

ممانعة "ردية" الوشيعة : $X_L = \omega.L = 2\pi f\ .L$

التواتر كبير ، فممانعة الوشيعة (الردية)كبيرة ، فالشدة المنتجة المارة صغيرة .

فسر : تبدي الوشيعة ممانعة صغيرة للتيار منخفض التواتر (أو تكون الشدة المنتجة المارة كبيرة)

ممانعة "ردية" الوشيعة : $X_L = \omega.L = 2\pi f\ .L$

التواتر صغير ، فممانعة الوشيعة (الردية)صغيرة ، فالشدة المنتجة المارة كبيرة.

فسر: تبدي المكثفة ممانعة صغيرة للتيار عالي التواتر (أو تكون الشدة المنتجة المارة فيها كبيرة)

ممانعة "اتساعية" المكثفة : $X_C = \frac{1}{\omega.C} = \frac{1}{2\pi f\ .C}$

التواتر كبير ، فممانعة المكثفة (الاتساعية) صغيرة ، فالشدة المنتجة المارة كبيرة .

فسر: تبدي المكثفة ممانعة كبيرة للتيار منخفض التواتر (أو تكون الشدة المنتجة المارة فيها صغيرة)

ممانعة "اتساعية" المكثفة : $X_C = \frac{1}{\omega.C} = \frac{1}{2\pi f\ .C}$

التواتر صغير ، فممانعة المكثفة (الاتساعية) كبيرة ، فالشدة المنتجة المارة صغيرة .

سؤال : كيف تُفصل التيّارات عالية التواتر عن التيّارات منخفضة التواتر؟ وما فائدة هذا الأمر ؟

نصل دارة بفرعين : **الأول :** يحوي مكثفة ممانعتها $X_C = \frac{1}{\omega.C} = \frac{1}{2\pi f\ .C}$ صغيرة للتيار عالي التواتر فيمر فيها ، و **الثاني :** يحوي وشيعة ممانعتها $X_L = \omega.L = 2\pi f\ .L$ صغيرة للتيار منخفض التواتر فيمر فيها ..

خلاصة المسائل :

الدارة المهتزة تتكون من مكثفة مشحونة سعتها C بواسطة توتر من مولد U_{max} و توصل بعد ذلك بوشيعة ذاتيتها L .

حيث الذاتية من قوانين المغناطيسية :

$$L = 4\pi\times10^{-7}\frac{N^2 s}{\ell} = 4\pi\times10^{-7}\frac{\left(\frac{\ell'}{2\pi r}\right)^2 \pi r^2}{\ell}$$

$$L = 10^{-7}\frac{\ell'^2}{\ell}$$

و السعة : $C = \frac{q_{max}}{U_{max}}$

C	سعة المكثفة	F
L	ذاتية الوشيعة	H
U_{max}	توتر شحن المكثفة	V

الدور : وحدته ثانية s

$$T_0 = 2\pi\sqrt{L.C}$$

التواتر : وحدته Hz

$$f_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}}:$$

النبض الخاص : وحدته $rad.s^{-1}$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L.C}} = \frac{2\pi}{T_0}$$

توابع الشحنة و الشدة

	قيمة عظمى	قيمة لحظية (تابع)
الشحنة C	$q_{max} = C.U_{max}$	$q = q_{max}.\cos(\omega_0 t)$
الشدة A	$I_{max} = \omega_0 q_{max}$	$i = -\omega_0.q_{max}.\sin(\omega_0 t)$ $i = I_{max}.\cos\left(\omega_0 t + \frac{\pi}{2}\right)$

طاقة الدارة المهتزة : وحدتها جول J

$$E = \frac{1}{2}\frac{q_{max}^2}{C} = \frac{1}{2}L.I_{max}^2$$

طول الموجة الكهرطيسية المواكبة (الذي تشعه الدارة المهتزة) : وحدته m

$$\lambda = \frac{c}{f_0} = cT_0$$

- حيث c (حرف صغير) هي سرعة انتشار الضوء في الخلاء
- أما C "حرف كبير" سعة المكثفة

التيار المتناوب الجيبي

التيار	مستمر DC	متناوب AC
المنبع	**بطارية – مدخرة – جهاز شحن**	**منوبة "مولد تيار متناوب" – مأخذ تيار المدينة**
جهته	ثابتة	متغيرة
الشدة	ثابتة I	متغيرة i
التوتر	ثابت U	متغير u
التفسير الإلكتروني	بسبب حركة الإلكترونات الحرة الإجمالية وفق اتجاه واحد من الكمون المنخفض إلى الكمون المرتفع بسبب وجود حقل كهربائي ثابت الجهة والشدة ينتشر بسرعة الضوء بجوار الناقل ناتج عن التوتر الثابت المطبق من المولد .	بسبب الحركة الاهتزازية للإلكترونات الحرة حول مواضع وسطية بسعة صغيرة ، وبتواتر التيار.و التي تنشأ عن الحقل الكهربائي المتغيّر بالقيمة والاتجاه الذي ينتشر بسرعة الضوء بجوار الناقل، بسبب تغيّر قيمة وإشارة التوتّر بين قطبي المنبع الكهربائي.
قانون أوم	التوتر = المقاومة × الشدة	التوتر المنتج = الممانعة × الشدة المنتجة
في مقاومة R	يمر في المقاومة و تحول الطاقة لحرارة و تكون المقاومة $R=\frac{U}{I}$	نفس السلوك في حالة التيار المستمر و تكون قيمتها $R=\frac{U_{eff}}{I_{eff}}$
في وشيعة L,r	تعمل كمقاومة لعدم وجود تحريض ذاتي لثبات شدة التيار و تكون المقاومة $r=\frac{U}{I}$	تعمل كذاتية موصولة مع مقاومة و تكون الممانعة الكلية $Z_L=\frac{U_{eff}}{I_{eff}}$
في مكثفة C	لا تمرر التيار المتواصل لوجود العازل بين لبوسيها . ويمكن **تفسير ذلك رياضياً** بأن اتساعية المكثفة $f=0: X_C=\frac{1}{\omega C}=\frac{1}{2\pi fC}=\infty$ $I_{eff}=0$ التواتر معدوم، الممانعة لانهائية والشدة المنتجة صفر .	**تمرر التيار المتناوب** لأن الالكترونات الحرة المهتزة تشحن لبوسي خلال ربع الدور الأول و تتفرغان في ربع الدور الثاني ثم تشحنان بشكل معاكس في الربع الثالث و تتفرغان في الربع الرابع و هكذا دون اختراق العازل بين اللبوسين . و **تبدي المكثفة ممانعة** بسبب الحقل الكهربائي الناتج عن شحنها و ممانعتها $X_C=\frac{U_{eff}}{I_{eff}}$

التفسير الإلكتروني للتيار المتناوب و شروط تطبيق قانون أوم :

التفسير الإلكتروني لنشوء التيار المتناوب : بسبب الحركة الاهتزازية للإلكترونات الحرة حول مواضع وسطية بسعة صغيرة وبتواتر التيار، و التي تنشأ عن الحقل الكهربائي المتغيّر بالقيمة والاتجاه الذي ينتشر بسرعة الضوء بجوار الناقل، بسبب تغيّر قيمة وإشارة التوتّر بين قطبي المنبع الكهربائي.

شروط تطبيق قانون أوم على دارة التيار المتناوب:

1. تواتر التيار المتناوب الجيبي صغير.
2. الدارة قصيرة بالنسبة لطول الموجة .

ما سبب وجوب تحقيق هذين الشرطين ؟

لكي تكون الإلكترونات تتحرك بالاتجاه نفسه في كامل الدارة في لحظة ما (حالة توافق)، ويجتاز مقطع السلك العدد نفسه من الإلكترونات في كل نقاط الدارة .. أي أن تكون شدة التيار نفسها في كل أجزاء الدارة في نفس اللحظة كما في التيار المتواصل الذي وجد قانون أوم له .

فسر الاهتزازات في دارة التيار المتناوب قسرية :

لأنها تهتز بنبض فرضه المولد و ليس النبض الخاص فيكون المولد جملة محرضة وباقي الدارة جملة مجاوبة .

التوتر و الشدة في دارة التيار المتناوب :

القيم	الشدة (A)	التوتر (V)
اللحظية	$i = I_{max}\cos(\omega t + \varphi_1)$	$u = U_{max}\cos(\omega t + \varphi_2)$
العظمى	I_{max}	U_{max}
المنتجة	$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$ شدة تيارمتواصل يعطي كمية الحرارة نفسها التي يعطيها التيار المتناوب الجيبي في الناقل نفسه خلال الزمن نفسه	$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$ التوتر اللازم لتمرير الشدة المنتجة .
الطور	طور الشدة φ_1	طور التوتر φ_2

القيم المنتجة (الفعّالة) للشدة والتوتر هي القيم التي تقيسها أجهزة مقياس الأمبير الحراري و الفولت على الترتيب .

القيم العظمى يقيسها راسم الاهتزاز الإلكتروني .

فرق الطور بين التوتر و الشدة هو :

$$\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$$

يتغير بتغير مكونات الدارة .

المقدار ذي الطور الأكبر نقول عنه متقدم بالطور و المقدار الأصغر يسمى متأخر بالطور .

ممانعة الدارة أو جهاز : هو نسبة التوتر المنتج إلى الشدة المنتجة (أو التوتر الأعظمي للشدة العظمى) ((وحدتها أوم Ω)) :

$$X = \frac{U_{eff}}{I_{eff}} = \frac{U_{max}}{I_{max}}$$

النبض و التواتر :

$$\omega = 2\pi f \Leftrightarrow f \quad \frac{\omega}{2\pi}$$

الاستطاعة في دارة التيار المتناوب :

	التعريف	القانون
استطاعة لحظية	جداء التوتر اللحظي في الشدة اللحظية للتيار	$P = u.i$ مقدار متغير
استطاعة متوسطة	معدل الطاقة الكهربائية المقدمة بمرور التيار المتناوب خلال زمن t	$P_{avg} = U_{eff}.I_{eff}.\cos\varphi$ وحدتها واط $Watt$
استطاعة ظاهرية	جداء التوتر المنتج في الشدة المنتجة للتيار وهي أكبر قيمة للاستطاعة المتوسطة	$P_A = U_{eff}.I_{eff}$ وحدتها فولت.آمبير $V.A$

عامل الاستطاعة :

نسبة الاستطاعة المتوسطة إلى الاستطاعة الظاهرية :

$$\frac{P_{avg}}{P_A} = \frac{U_{eff}.I_{eff}.\cos\varphi}{U_{eff}.I_{eff}} = \cos\varphi$$

عامل الاستطاعة $= \cos\varphi$

حيث : $\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ فرق الطور بين التوتر و الشدة .

تمثيل شعاع فرينل للتابع الجيبي

بفرض التابع الجيبي : $x = X_{max}\cos(\omega t + \varphi)$

فإن شعاع فرينل له **طويلته** X_{max} و يصنع مع محور الطور زاوية **الطور الإبتدائي** φ

فائدة إنشاء فرينل : ايجاد الشكل الجيبي لحاصل جمع تابعين جيبيين لهما نفس التواتر أي نفس النبض .

مثال: بفرض التابعين :

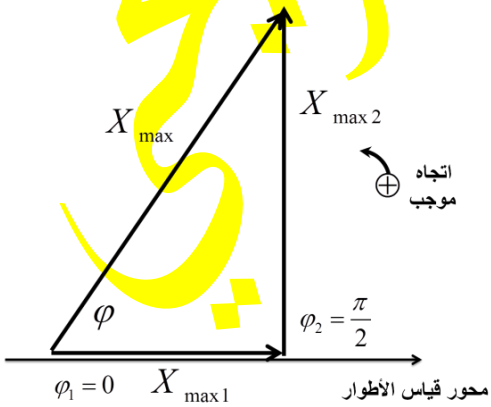
$$x_1 = 5.\cos(\pi t), x_2 = 5\sqrt{3}.\cos\left(\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

اكتب التابع $x = x_1 + x_2$ بالشكل الجيبي محدداً ثوابته

الحل : نرسم شعاعي فرينل للتابعين ونحصلهما

بتطبيق القوانين الهندسية المناسبة المتفقة مع الشكل : (مثلث قائم هنا) و نحدد **القيمة العظمى** للتابع الكلي :

$$X_{max} = \sqrt{X_{max1}^2 + X_{max2}^2} = \sqrt{25+75} = 10$$



$$\cos\varphi = \frac{X_{max1}}{X_{max}} = \frac{5}{10} = \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{\varphi = \frac{\pi}{3} rad}$$

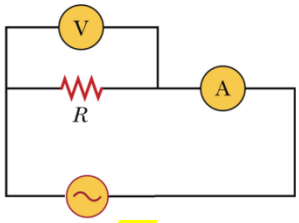
بالتالي تابع $x = x_1 + x_2 = X_{max}\cos(\omega t + \varphi)$

و بعد تحديد الثوابت : $x = 10.\cos\left(\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$

تطبيق قانون أوم على التيار المتناوب في مكونات الدارة الكهربائية R,L,C:

التيار المتناوب في مقاومة :

يمر تيار متناوب شدته اللحظية $i = I_{max}\cos(\omega t)$ **في مقاومة** R **أوجد تابع التوتر اللحظي – التوتر الأعظمي التوتر المنتج – الممانعة – فرق الطور بين التوتر و الشدة – عامل الاستطاعة – الاستطاعة المتوسطة – مثل شعاع فرينل لها .**



التوتر اللحظي في المقاومة :

$$u = R.i = R.I_{max}\cos(\omega t)$$

شكل التوتر العام : $u = U_{max}\cos(\omega t + \varphi)$

ممانعة المقاومة : $X_R = R$

فيكون التوتر الأعظمي :

$$U_{max} = R.I_{max} = X_R I_{max}$$

نقسم الطرفين على $\sqrt{2}$ فيكون التوتر المنتج :

$$U_{eff} = R.I_{eff} = X_R I_{eff}$$

فرق الطور بين التوتر و الشدة : $\varphi = 0$

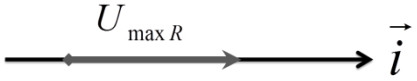
الشدة على توافق بالطور مع التوتر في المقاومة .

عامل الاستطاعة $\cos\varphi = 1$

الاستطاعة المتوسطة : مستهلكة على شكل حرارة بفعل جول . و تؤول إلى الشكل :

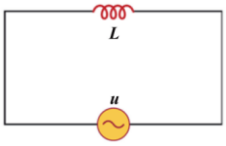
$$P_{avg} = U_{eff}.I_{eff}\cos\varphi = U_{eff}.I_{eff}$$

$$P_{avg} = R.I_{eff}^{\ 2} = \frac{U_{eff}^{\ 2}}{I_{eff}}$$



التيار المتناوب في وشيعة مهملة المقاومة :

يمر تيار متناوب شدته اللحظية $i = I_{max}\cos(\omega t)$ **في وشيعة مهملة المقاومة ذاتيتها** L **أوجد تابع التوتر اللحظي – التوتر الأعظمي التوتر المنتج – الممانعة – فرق الطور بين التوتر و الشدة – عامل الاستطاعة – الاستطاعة المتوسطة – مثل شعاع فرينل لها .**



$$u = L.\frac{di}{dt} = -\omega L.I_{max}\sin(\omega t)$$

$$u = \omega L.I_{max}\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

شكل التوتر العام : $u = U_{max}\cos(\omega t + \varphi)$

ممانعة الوشيعة (ردية الوشيعة): $X_L = \omega.L$

فيكون التوتر الأعظمي :

$$U_{max} = \omega L.I_{max} = X_L.I_{max}$$

نقسم الطرفين على $\sqrt{2}$ فيكون التوتر المنتج :

$$U_{eff} = \omega L.I_{eff} = X_L I_{eff}$$

فرق الطور بين التوتر و الشدة : $\varphi = \frac{\pi}{2} rad$

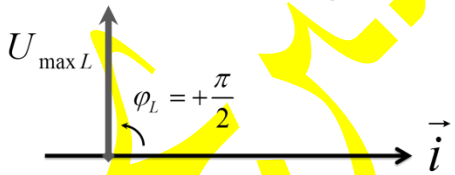
التوتر على ترابع متقدم بالطور مع الشدة في الوشيعة .

عامل الاستطاعة $\cos\varphi = 0$

الاستطاعة المتوسطة : معدومة (الوشيعة مهملة المقاومة لا تستهلك طاقة)

$$P_{avg} = U_{eff}.I_{eff}\cos\varphi = U_{eff}.I_{eff}\cos\frac{\pi}{2} = 0$$

حيث تختزن الوشيعة طاقة كهرطيسية خلال ربع دور وتعيدها كهربائياً للدارة في ربع الدور التالي و هكذا . .

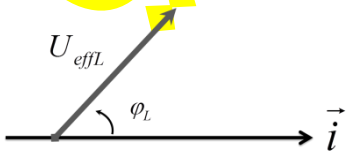


ملاحظة : الوشيعة ذات الذاتية L **والمقاومة** r

تملك ممانعة كلية $Z_L = \sqrt{r^2 + (\omega.L)^2}$

و عامل الاستطاعة $\cos\varphi_L = \frac{r}{Z_L}$

ويكون التوتر متقدم بالطور بزاوية φ_L حادة على الشدة

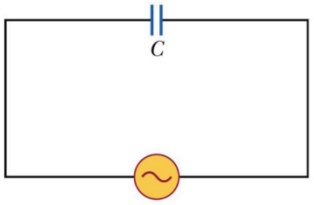


فسر : تستعمل الوشيعة ذات النواة الحديدية كمعدلة في دارة التيار المتناوب. لأن ذاتية الدارة تتغير بتغير وضع النواة داخل الوشيعة وبالتالي تتغير ممانعتها $X_L = \omega.L$ و

فيمكن تغيير الشدة المنتجة $I_{eff} = \frac{U_{eff}}{X_L}$

التيار المتناوب في مكثفة :

يمر تيار متناوب شدته اللحظية $i = I_{max}\cos(\omega t)$ في مكثفة سعتها C أوجد تابع التوتر اللحظي – التوتر الأعظمي التوتر المنتج – الممانعة – فرق الطور بين التوتر و الشدة – عامل الاستطاعة – الاستطاعة المتوسطة – مثل شعاع فرينل لها .



التوتر اللحظي في المكثفة :

$$u = \frac{q}{C} = \frac{1}{C}\int i\,dt = \frac{1}{\omega C} I_{max}\sin(\omega t)$$

$$u = \frac{1}{\omega C}.I_{max}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

شكل التوتر العام : $u = U_{max}\cos(\omega t + \varphi)$

ممانعة المكثفة (اتساعية المكثفة): $X_C = \frac{1}{\omega C}$

فيكون التوتر الأعظمي :

$$U_{max} = \frac{1}{\omega C}.I_{max} = X_C I_{max}$$

نقسم الطرفين على $\sqrt{2}$ فيكون التوتر المنتج :

$$U_{eff} = \frac{1}{\omega C}.I_{eff} = X_C I_{eff}$$

فرق الطور بين التوتر و الشدة : $\varphi = -\frac{\pi}{2} rad$

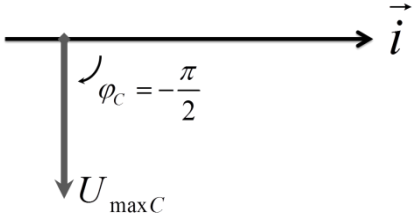
التوتر على ترابع متأخر بالطور مع الشدة في المكثفة .

عامل الاستطاعة $\cos\varphi = 0$

الاستطاعة المتوسطة : معدومة (المكثفة لا تستهلك طاقة)

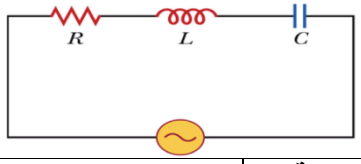
$$P_{avg} = U_{eff}.I_{eff}\cos\varphi = U_{eff}.I_{eff}\cos\left(-\frac{\pi}{2}\right) = 0$$

حيث تختزن المكثفة طاقة كهربائية خلال ربع دور وتعيدها للدارة كهربائياً في ربع الدور التالي و هكذا . .

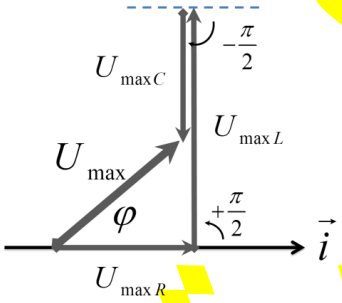


الدارة RLC تسلسل- مقاومة،وشيعة ،مكثفة متسلسلة :

دارة تيار متناوب تحوي مقاومة R و وشيعة ذاتيتُها L مقاومتها مهملة، ومكثفة سعتها Cموصولة على التسلسل حيث الشدة اللحظية للتيار $i = I_{max}\cos(\omega t)$ اوجد علاقة التوتر و المنتج الكلي و استنتج عامل استطاعة الدارة مستعيناً بانشاء فرينل .



الجزء	الممانعة	التوتر	الطور
R	$X_R = R$	$U_{effR} = R.I_{eff}$	0
L	$X_L = \omega.L$	$U_{effL} = \omega L.I_{eff}$	$+\frac{\pi}{2}$
C	$X_C = \frac{1}{\omega.C}$	$U_{effC} = \frac{1}{\omega C}.I_{eff}$	$-\frac{\pi}{2}$



$$\overrightarrow{U_{eff}} = \overrightarrow{U_{effR}} + \overrightarrow{U_{effL}} + \overrightarrow{U_{effC}}$$

$$U_{eff} = \sqrt{U_{effR}^{\,2} + (U_{effL} - U_{effC})^2}$$

$$U_{eff} = \sqrt{(RI_{eff})^2 + (X_L I_{eff} - X_C I_{max})^2}$$

$$U_{eff} = I_{eff}\cdot\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

نعرف ممانعة الدارة بالعلاقة :

$$\boxed{Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

فيكون التوتر المنتج :

$$\boxed{U_{eff} = Z.I_{eff}}$$

و عامل الاستطاعة (يحدد فرق الطور للدارة) :

$$\cos\varphi = \frac{U_{effR}}{U_{eff}} = \frac{R.I_{eff}}{Z.I_{eff}} = \frac{R}{Z}$$

فسر : الشدة نفسها في دارة تيار متناوب على التسلسل .

لأن الإلكترونات الحرة في دارة قصيرة يجتازها تيار تواتره صغير تهتز بتوافق كامل فتبدو مقاطع الدارة في كل لحظة أنه يمر فيها التيار بنفس الجهة والشدة .

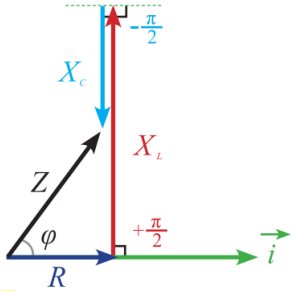
حالات فرق طور التوتر و الشدة في الدارة RLC المتسلسلة :

1) التوتر متقدم على الشدة بالطور
(الشدة متأخرة بالطور)

$$X_L > X_C$$

$$\omega L > \frac{1}{\omega C}$$

الدارة ذات ممانعة ذاتية

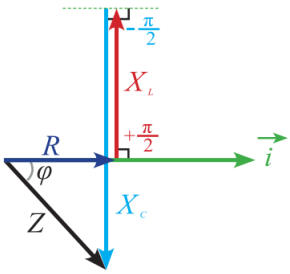


2) التوترطور متأخر عن الشدة بالطور
(الشدة متقدمة على التوتر بالطور)

$$X_L < X_C$$

$$\omega L < \frac{1}{\omega C}$$

الدارة ذات ممانعة سعوية



ملاحظة :

الاهتزاز الحر: هو اهتزاز تلقائي للجملة يتعلق بشروط الجملة المهتزة و يكون الدور و التواتر و النبض مرتبطين بشروط هذه الجملة

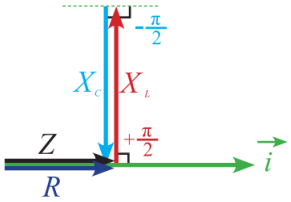
الاهتزاز القسري هو اهتزاز الجملة بتأثير عامل خارجي (جملة محرضة) يفرض دورة ونبضه وتواتره وسعته على الجملة التي تسمى جملة مجاوبة.

الطنين – التجاوب – الرنين : حالة تساوي كل من دور و تواتر و نبض الجملة المحرضة مع الجملة المجاوبة لتهتز بسعة كبيرة .

3) التوتر متفق بالطور مع الشدة |(حالة تجاوب كهربائي – طنين كهربائي)

$$X_L = X_C$$

- في هذه الحالة فرق الطور بين التوتر و الشدة يكون $\varphi = 0$



- في هذه الحالة الممانعة أقل ما يمكن و تساوي المقاومة $Z = R$
- وبالتالي الشدة المنتجة أو الشدة العظمى أكبر ما يمكن .
- الاستطاعة المتوسطة أكبر مايمكن
- عامل الاستطاعة $\cos\varphi = 1$
- التوتر الأعظمي الكلي يساوي توتر المقاومة $U_{max} = U_{max\,R}$
- توتر الوشيعة و المكثفة الأعظميان متساويان قيمةً و متعاكسان $U_{max\,L} = U_{max\,C}$ وقد يكونان أكبر من توتر المنبع .
- تسمى هذه الحالة حالة تجاوب كهربائي أو طنين .
- **عند تحقق نقطة واحدة مما تم ذكره فكل النقاط محققة**

سؤال : في دارة RLC على التسلسل اكتب ممانعة كل جزء ، و ما العلاقات التي تحققها عند التجاوب (الطنين) ؟ و أوجد علاقات النبض ، التواتر ، النبض .. ماذا تلاحظ ؟

- الممانعات : $X_R = R \;,\; X_L = \omega L \;,\; X_C = \frac{1}{\omega C}$
- عند التجاوب : $Z = R \;,\; X_L = X_C$

$$X_L = X_C$$

$$\omega_r L = \frac{1}{\omega_r C}$$

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 2\pi f_r = \frac{2\pi}{T_r}$$

تواتر الطنين : $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ دور الطنين : $T_r = 2\pi\sqrt{LC}$

- دور التيار المتناوب هو نفسه دور الدارة المهتزة LC .

سؤال: ماهو المقصود بحالة التجاوب الكهربائي ؟

تساوي النبض الخاص لاهتزاز الإلكترونات ω_0 مع النبض القسري الذي يفرضه المولد على الدارة ω ونرمز للنبض عندئذ بالرمز ω_r ويسمى نبض الطنين (التجاوب)

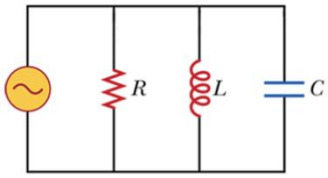
أذكر فائدة للطنين الكهربائي ؟

تستخدم خاصيّة الطنين في عملية التوليف في أجهزة الاستقبال الاذاعي والتلفزيوني. **و تفيد في الحصول** على توترات عالية على وشائع و مكثفات بتحقيق دارة متجاوبة باستخدام توتر متناوب محدود القيمة .

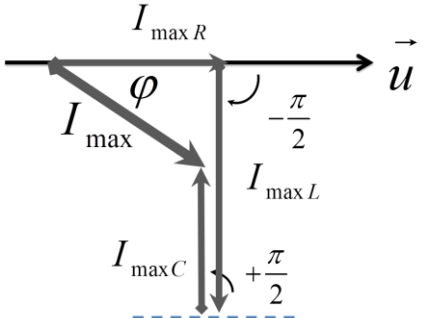
التيارات الفرعية – دارات التفرع :

أ- حالة مقاومة و وشيعة ومكثفة RLC موصولة على التفرع في دارة تيار متناوب:

نأخذ دارة تيار متناوب تحوي مقاومة R ومكثفة C ووشيعة L على التفرع و نطبق عليها توتر متناوب جيبي قيمته اللحظية $u = U_{max}\cos(\omega t)$ اكتب تابع الشدة اللحظية و المنتجة في كل فرع و استنتج الشدة المنتجة في الدارة الأصلية و عامل الاستطاعة مستعيناً بانشاء فرينل.



الفرع	الشدة اللحظية	الشدة المنتجة
R	$i_R = I_{max\,R}\cos(\omega t)$	$I_{effR} = \frac{U_{eff}}{R}$
L	$i_L = I_{max\,L}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$	$I_{effL} = \frac{U_{eff}}{X_L}$
C	$i_C = I_{max\,C}\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$	$I_{effC} = \frac{U_{eff}}{X_C}$



$$\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{effR}} + \overrightarrow{I_{effL}} + \overrightarrow{I_{effC}}$$

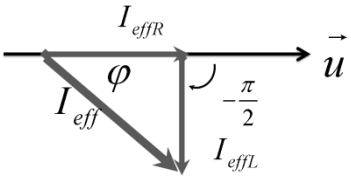
$$I_{eff} = \sqrt{I_{effR}^{\,2} + \left(I_{effL} - I_{eff\ max\,C}\right)^2}$$

$$\cos\varphi = \frac{I_{max\,R}}{I_{max}}$$

ب- حالة فرعين مقاومة و وشيعة مهملة مقاومة:

دارة تحوي فرعين الأول مقاومة و الثاني وشيعة مهملة مقاومة يطبق عليهما توتر متناوب جيبي $u = U_{max}\cos(\omega t)$ اكتب تابع الشدة اللحظية لكل فرع و استنتج الشدة العظمى الكلية و عامل استطاعة الدارة مستعيناً بانشاء فرينل .

الفرع	الشدة اللحظية
L	$i_L = I_{max\,L}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$
R	$i_R = I_{max\,R}\cos(\omega t)$



$$\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{effR}} + \overrightarrow{I_{effL}}$$

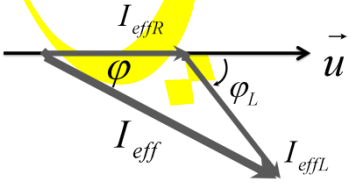
$$I_{eff} = \sqrt{I_{effR}^2 + I_{effL}^2}$$

$$\cos\varphi = \frac{I_{effR}}{I_{eff}}$$

ج- حالة فرعين مقاومة و وشيعة لها مقاومة:

دارة تحوي فرعين الأول مقاومة و الثاني وشيعة ذات مقاومة يطبق عليهما توتر متناوب جيبي $u = U_{max}\cos(\omega t)$ اكتب تابع الشدة اللحظية لكل فرع و استنتج الشدة العظمى الكلية و عامل استطاعة الدارة مستعيناً بانشاء فرينل .

الفرع	الشدة اللحظية	الطور
L,r	$i_L = I_{max\,L}\cos(\omega t - \varphi_L)$	$-\varphi_L$ حادة سالبة
R	$i_C = I_{max\,C}\cos(\omega t)$	0



$$\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{effR}} + \overrightarrow{I_{effL}}$$

$$I_{eff} = \sqrt{I_{effR}^2 + I_{effL}^2 + 2I_{effR}I_{effL}\cos(\varphi_L - \varphi_R)}$$

$$\cos\varphi = \frac{I_{effR}\cos\varphi_R + I_{effL}\cos\varphi_L}{I_{eff}}$$

د- حالة الدرة الفرعية المكونة من وشيعة مهملة المقاومة و مكثفة :

الفرع	الشدة اللحظية	الطور
L	$i_L = I_{\max L}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$	$-\frac{\pi}{2}$
C	$i_C = I_{\max C}\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$	$+\frac{\pi}{2}$

في هذه الدارة التيارين متعاكسين بالطور أي متعاكسين بالاتجاه في كل لحظة و يكون التيار في الدارة الأصلية حاصل طرح الشدتين .

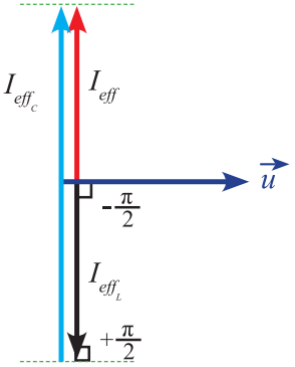
$$\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{effC}} + \overrightarrow{I_{effL}}$$

$$I_{eff} = \left|I_{effC} - I_{effL}\right|$$

و نصادف ثلاث حالات :

1- الشدة متقدمة بالطور على التوتر :

ردية الوشيعة أكبر والشدة المنتجة فيها أصغر .. مقارنة بالمكثفة ذات الممانعة الأصغر و الشدة الأكبر



$$X_L > X_C$$

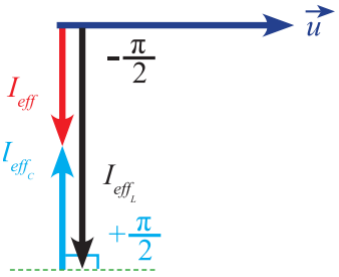
$$\omega L > \frac{1}{\omega C}$$

$$I_{effL} < I_{effC}$$

$$I_{eff} = I_{effC} - I_{effL}$$

2- الشدة متأخرة بالطور عن التوتر :

اتساعية المكثفة أكبر و الشدة المنتجة فيها أصغر . مقارنة بالوشيعة ذات الممانعة الأصغر و الشدة الأكبر



$$X_L < X_C$$

$$\omega L < \frac{1}{\omega C}$$

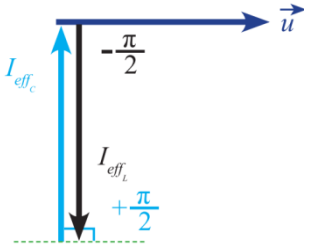
$$I_{effL} > I_{effC}$$

$$I_{eff} = I_{effL} - I_{effC}$$

3- حالة اختناق التيار :

تتساوى الردية مع الاتساعية فيمر تيارين متساويان شدةً و متعاكسان جهة ينحصران في الفرعين و تكون الشدة الأصلية و هذا ما يسمى خنق التيار .

و الدارة خانقة للتيار لأن التيار انحصر بين الفرعين .



$$X_L = X_C$$

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$I_{effL} = I_{effC}$$

$$I_{eff} = 0$$

استنتج دور وتواتر الطنين في الدارة المتفرعة LC عند تساوي الردية بالاتساعية و ماهي الشدة في الدارة الأصلية و ماذا تسمى هذه الحالة ؟

$$X_L = X_C$$

$$\omega_r L = \frac{1}{\omega_r C}$$

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 2\pi f_r = \frac{2\pi}{T_r}$$

تواتر الطنين : $$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}}$$

دور الطنين : $$T_r = 2\pi\sqrt{L.C}$$

في هذه الحالة الشدة المنتجة الأصلية معدومة . و تسمى هذه الحالة حالة خنق تيار . $I_{eff} = I_{effC} - I_{effL} = 0$

متى يحصل خنق تيار في دارة تيار متناوب ؟

حين يوجد بين نقطتين فرعين الأول يحوي وشيعة مهملة المقاومة و الثاني مكثفة بحيث ردية الوشيعة تساوي اتساعية المكثفة .

$$\begin{pmatrix} X_L = X_C \\ \omega L = \frac{1}{\omega C} \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} I_{effL} = I_{effC} \\ I_{eff} = 0 \end{pmatrix}$$

تفيد عملية الخنق في ترشيح التواترات غير المرغوبة في خطوط نقل الطاقة الكهربائية

حيث نصل دارة خانقة لتواتر التيار المنقول مع الأرض تسمح بمرور التواترات كافة عدا التواتر المنقول عبر خطوط نقل الطاقة .

استنتج الاستطاعة الضائعة في خطوط نقل الطاقة ذات المقاومة R بدلالة عامل الاستطاعة ، كيف ننقص هذا الضياع ؟

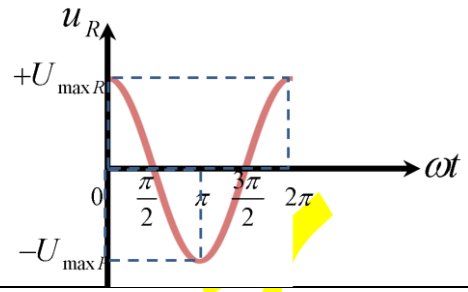
$$P' = RI_{eff}^2 = R\left(\frac{P_{avg}}{U_{eff}\cos\varphi}\right)^2 = \frac{RP_{avg}^2}{U_{eff}^2\cos^2\varphi}$$ ننقص الضياع برفع قيمة عامل الاستطاعة عملياً .

حيث P' الاستطاعة الضائعة حرارياً في أسلاك النقل ، و P_{avg} الاستطاعة المتوسطة الكلية

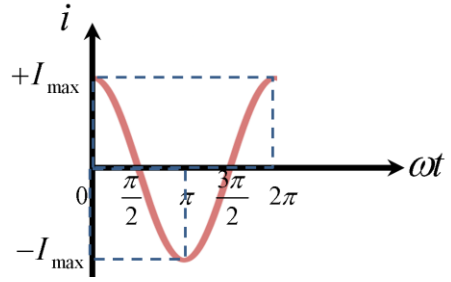
رسم منحنيات ضابطة الطور للتوتر و الشدة

في دارة التسلسل : يمر تيار شدته اللحظية $i = I_{max}\cos(\omega t)$ في دارة ***RLC*** على التسلسل أرسم توابع الشدة والتوتر في كل جزء بدلالة ωt -منحني ضابط الطور

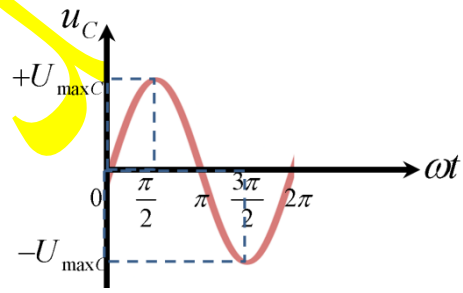
التوترفي المقاومة $u_R = U_{max\,R}\cos(\omega t)$



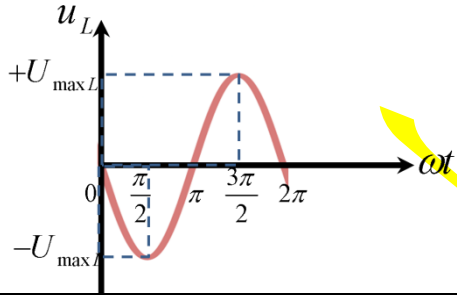
الشدة اللحظية $i = I_{max}\cos(\omega t)$



التوترفي المكثفة $u_C = U_{max\,C}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$

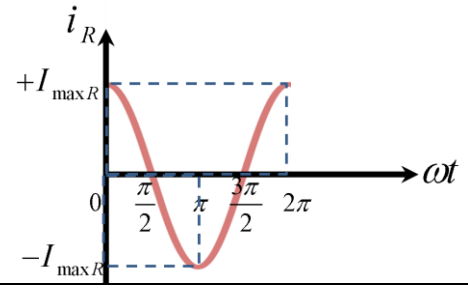


التوترفي الوشيعة $u_L = U_{max\,L}\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$

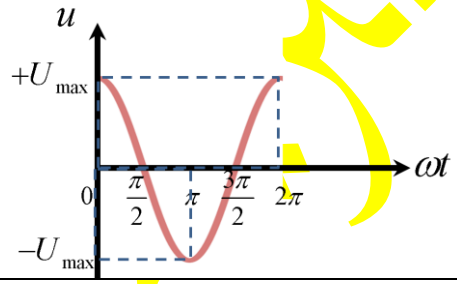


في دارة التفرع يمر تيار متناوب توتره اللحظي $u = U_{max}\cos(\omega t)$ في دارة ***RLC*** على التفرع أرسم توابع الشدة والتوتر في كل جزء بدلالة ωt -منحني ضابط الطور

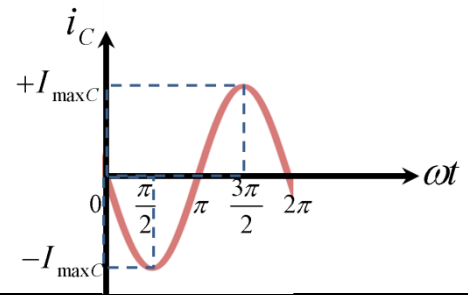
الشدة في المقاومة $i_R = I_{max\,R}\cos(\omega t)$



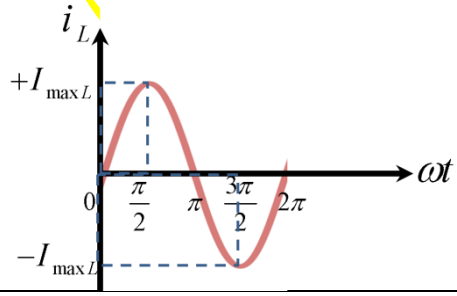
التوتر اللحظي : $u = U_{max}\cos(\omega t)$



الشدة في المكثفة $i_C = I_{max\,C}\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$



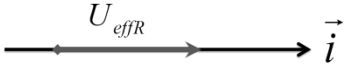
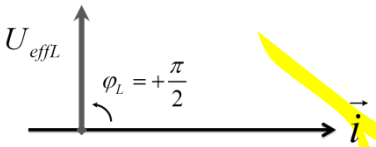
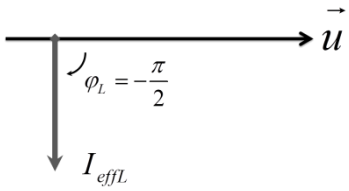
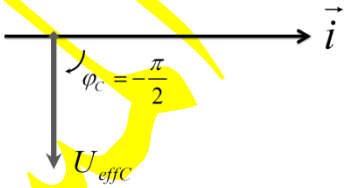
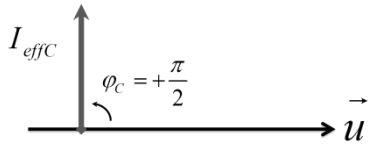
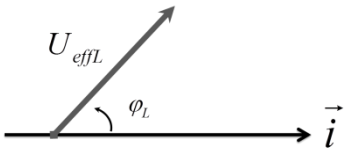
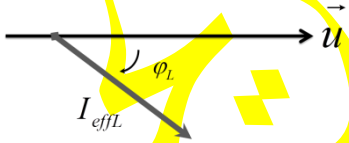
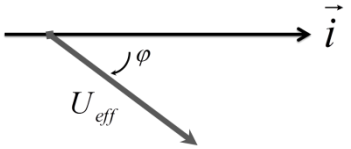
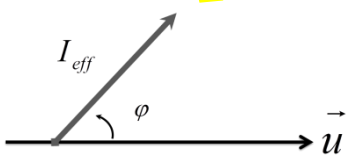
الشدة في الوشيعة $i_L = I_{max\,L}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$



ملاحظة لو طلب المنحنيات بدلالة الزمن نضع بدل القيم الزاوية قيم بدلالة الدور على النحو

ωt	0	$\frac{\pi}{2}$	π	$\frac{3\pi}{2}$	2π
t	0	$\frac{T}{4}$	$\frac{T}{2}$	$\frac{3T}{4}$	T

الجدول العام لمواصفات أجزاء دارات التيار المتناوب :

اسم الجزء	ممانعته طوره (بالقيمة المطلقة) عامل استطاعته	انشاء فرينل في التسلسل الشدة مشتركة محور بدء الطور نرسم أشعة التوتر للأجزاء	انشاء فرينل في التفرع التوتر مشترك محور بدء الطور نرسم أشعة الشدة للأجزاء	التقدم و التأخر
مقاومة R	مقاومة $X_R = R$ $\varphi_R = 0$ $\cos\varphi_R = 1$ $P_{avgR} = U_{effR}.I_{effR} = R.I_{effR}^{\ 2}$			التوتر و الشدة متفقان بالطور
وشيعة L مهملة المقاومة	ردية $X_L = \omega.L$ $\varphi_L = \frac{\pi}{2}$ $\cos\varphi_L = 0$ $P_{avgL} = 0$			التوتر متقدم الشدة متأخرة
مكثفة C	اتساعية $X_C = \frac{1}{\omega.C}$ $\varphi_C = \frac{\pi}{2}$ $\cos\varphi_C = 0$ $P_{avgC} = 0$			التوتر متأخر الشدة متقدمة
وشيعة لها مقاومة L,r	$Z_L = \sqrt{r^2 + (\omega.L)^2}$ زاوية حادة φ_L $\cos\varphi_L = \frac{r}{Z_L}$ $P_{avg} = U_{effL}.I_{effL}.\cos\varphi_L = r.I_{effL}^{\ 2}$			التوتر متقدم الشدة متأخرة
مكثفة مع مقاومة C,R	$Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega.C}\right)^2}$ زاوية حادة φ $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$ $P_{avg} = U_{eff}.I_{eff}.\cos\varphi$ $P_{avg} = R.I_{eff}^{\ 2}$			التوتر متأخر الشدة متقدمة

محمد المستريحي

لإيجاد التوتر المتج الكلي في دارة التسلسل ، أو الشدة المنتجة الأصلية في دارة التفرع وفق انشاء فرينل :

- نرسم محور قياس الطور حسب نوع الدارة (شدة في التسلسل $\vec{i}$ ، توتر في التفرع $\vec{u}$) ..
- نرسم شعاع فرينل لكل جزء من الدارة بطول متناسب مع القيمة (اشعة توتر للتسلسل ، و اشعة شدات للتفرع) مع الأخذ بعين الاعتبار طور كل شعاع و نركب الأشعة تركيب (مبدأ الثاني بداية الأول و هكذا ..)
- ثم نصل بين مبدأ أو شعاع و نهاية آخر شعاع .. ثم نطبق العلاقات الرياضية المناسبة مثلث قائم فيثاغورث ، مثلث غير قائم قاعدة التجيب ، أشعة على استقامة واحدة جمع أو طرح .
- ويمكن استغلال العلاقة لحساب القيمة الخاصة بجزء من الدارة عند معرفة المقدار الكلي ..وتم تطبيق هذه القواعد في الاستنتاجات النظرية .. و تطبق بصورة مشابهة في المسائل .

العلاقة بين القيم المنتجة والقيم العظمى :

القيم	الشدة (A)	التوتر (V)
العظمى	$I_{max} = I_{eff}\sqrt{2}$	$U_{max} = U_{eff}.\sqrt{2}$
المنتجة	$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$	$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$

الاستطاعة المتوسطة : تقدر بالواط $Watt$
علاقة الاستطاعة المتوسطة للدارة الكلية :

- بدلالة التوتر المنتج و الشدة المنتجة و عامل الاستطاعة .

$$P_{avg} = U_{eff}.I_{eff}.\cos\varphi$$

وقد تفيد في حساب عامل الاستطاعة للدارة الكلية .

- ويمكن حساب الاستطاعة المتوسطة من خلال جمع الاستطاعات المتوسطة للأجزاء حيث نكتب :

$$P_{avg} = P_{avg1} + P_{avg2} \ldots$$

ونعوض قانون أو قيمة الاستطاعة المتوسطة لكل جهاز وفق الجدول .

عامل الاستطاعة :
يمكن حسابه للدارة الكلية من خلال :

- معرفة زاوية فرق الطور $= \cos\varphi$
- هندسياً : من انشاء فرينل .
- قانون مباشر كما في دارة RLC المتسلسلة مثلاً .
- من قانون الاستطاعة المتوسطة .

قانون أوم و الممانعة :
يعطي قانون أوم قيمة الممانعة لكل جزء من الدارة بالعلاقة العامة :

$$X = \frac{U_{eff}}{I_{eff}} = \frac{U_{max}}{I_{max}}$$

حيث X هي الممانعة و وحدتها أوم و الرمز يتغير حسب جزء الدارة أو الدارة .. كما في الجدول العام للأجزاء .
بحيث القيم منسجمة لجزء محدد من الدارة أو كامل الدارة .

لنتذكر أن لكل ممانعة هنالك قانونين هو قانون أوم العام و قانون الممانعة الخاص حسب الجدول العام للأجزاء نستخدم المناسب حسب المعطيات .

العلاقة المعبرة عن قانون أوم تفيد في حساب الشدة المنتجة أو العظمى :

$$I_{eff} = \frac{U_{eff}}{X} \;||\; I_{max} = \frac{U_{max}}{X}$$

و كذلك التوتر المنتج أو الأعظمي :

$$U_{eff} = X.I_{eff} \;||\; U_{max} = X.I_{max}$$

كتابة التابع اللحظي لجزء من دارة أو دارة :
شكل التوابع اللحظية العام :

الشدة (A)	$i = I_{max}\cos(\omega t + \varphi)$
التوتر (V)	$u = U_{max}\cos(\omega t + \varphi)$

لكتابة التابع اللحظي لجزء من دارة :

- نكتب التابع العام المطلوب .
- نحدد القيمة العظمى بحسب المعطيات بالطريقة المناسبة .
- نحدد الطور بحسب المعطيات بالطريقة المناسبة .
- نحسب النبض إن لم يكن معلوماً .
- نعوض الثوابت فنجد المطلوب .

التوتر اللحظي في دارة التفرع نفسه لكل فرع طوره يعد معدوم و كذلك الشدة اللحظية في دارة التسلسل طورها يعد معدوماً . . (إلا إن ذكر خلاف ذلك)

النبض ω وحدته $rad.s^{-1}$ و التواتر f وحدته Hz :

$$\omega = 2\pi f \Leftrightarrow f \; \frac{\omega}{2\pi}$$

دارة RLC المتسلسلة :

الشدة اللحظية : $i = I_{\max}\cos(\omega t)$

و تمثل شعاع بدء قياس الطور بإنشاء فرينل و يتم جمع توترات الأجزء شعاعياً .

الممانعة الكلية للدارة :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(X_L - X_C\right)^2}$$

الجزء الغير موجود في الدارة يحذف ..

عند وجود عدة أجزاء متماثلة (فيزيائياً) مثل أكثر من مقاومة أو أكثر من مكثفة يعوض المقدار المكافئ لها .

عامل الاستطاعة $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$

التجاوب أو الطنين : تكون الدارة في حالة طنين أو تجاوب عند تحقق احد الأمور التالية (تحقق أحدها يعني تحقق الكل)

- ✓ ردية الوشيعة تساوي اتساعية المكثفة $X_L = X_C$
- ✓ توتر الوشيعة و المكثفة المنتجان (أو الأعظميان) متساويان قيمةً $U_{effC} = U_{effL}$.
- ✓ في هذه الحالة الممانعة أقل ما يمكن و تساوي المقاومة $Z = R$
- ✓ التوتر الكلي توتر المقاومة المنتجان (أو الأعظميان) متساويان $U_{eff} = U_{effR}$
- ✓ الشدة المنتجة (أو الشدة العظمى) أكبر ما يمكن .
- ✓ في هذه الحالة فرق الطور بين التوتر و الشدة يكون $\varphi = 0$ أي الشدة و التوتر متفقان بالطور .
- ✓ عامل الاستطاعة $\cos\varphi = 1$
- ✓ الاستطاعة المتوسطة أكبر ما يمكن .

تحقيق التجاوب يتم بإضافة جزء يغير قيم السعة أو الذاتية . أو تغيير التواتر .

ماذا يحصل عند إضافة جزء إلى دارة متسلسلة ؟

من المفترض تغير الممانعة وهذا يؤدي لتغير الشدة المنتجة و عامل الاستطاعة و الاستطاعة المتوسطة في الدارة **وهذا لايغير التوتر المنتج الكلي** لأنه مرتبط بالمأخذ و ليس مكونات الدارة .

وعند عدم تغير الشدة عند اضافة جزء فإن قيمة الممانعة لن تتغير ولكن شكل القانون الذي يعطيها يتغير .

حالات خاصة من التغيرات عند اضافة جزء في دارة تسلسل :

1) حالة التجاوب و شرحنا ما يتحقق فيها من قوانين .
2) حالة عدم تغير الشدة قيمة الممانعة لن تتغيربالقيمةً بل تتغير قانوناً مما يفيد في حساب المطلوب.. $Z = Z'$.

الدارات المتفرعة :

التوتر اللحظي : $u = U_{\max}\cos(\omega t)$

و يمثل شعاع بدء قياس الطور في انشاء فرينل و يتم جمع الشدات شعاعياً للحصول على الشدة الأصلية . أو العكس

خنق تيار : حين يوجد بين نقطتين فرعين الأول يحوي وشيعة مهملة المقاومة و الثاني مكثفة بحيث ردية الوشيعة تساوي اتساعية المكثفة . نقول لدينا **خنق تيار**

$$\begin{pmatrix} X_L = X_C \\ \omega L = \frac{1}{\omega C} \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} I_{effL} = I_{effC} \\ I_{eff} = 0 \end{pmatrix}$$

يتم تحقيق الخنق بتعديل الدارة أو إضافة جزء .

ماذا يحصل عند اضافة فرع لدارة تفرع ؟

لا يتغير التوتر المنتج الكلي ، ولا تتغير الشدة المنتجة و لا الطور و لا عامل الاستطاعة في الأفرع الأخرى .

التغير الذي قد يحصل يكون على الشدة المنتجة الأصلية والطور و عامل الاستطاعة للدارة الكلية .

حالات خاصة من التغيرات عند اضافة جزء في دارة تفرعية :

1) حالة خنق التيار .
2) حالة تحقيق توافق بالطور بين التوتر و الشدة .
3) حالة ابقاء الشدة الأصلية بنفس القيمة السابقة .

ضم المكثفات :

عند ضم مكثفيتن أو أكثر نحصل على سعة مكافئة C_{eq} تتعلق بطريقة ضم المكثفات

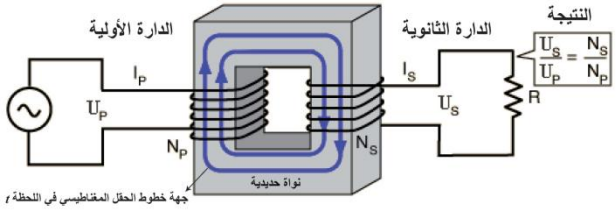
طريقة الضم	ضم مكثفتين C, C'	ضم n مكثفة متماثلة C_1	قيمة C_{eq}
على التسلسل	$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C'}$	$C_{eq} = \frac{C}{n}$	الأصغر
على التفرع	$C_{eq} = C + C'$	$C_{eq} = n.C_1$	الأكبر

المحـــولات

تعريفها و وصفها : المحولة هي جهاز كهربائي يعمل بالتحريض الكهرطيسي على تغيير قيم التوتّر والشدة المنتجين للتيار المتناوب دون أن يغير من الاستطاعة المنقولة وتواتر التيار أو شكل الاهتزاز الكهربائي ،

- تتألّف المحولة من وشيعتين من سلك ناقل مغلف بعازل، وملفوفتين على نواة من الحديد الليّن
- تدعى الوشيعة المتّصلة بمأخذ التيار المتناوب **بالوشيعة الأوليّة** P وتسمى دارتها بالدارة الأوليّة، التوتر المنتج المطبق U_{effP} و الشدة المنتجة المارة فيها I_{effP} .
- الوشيعة الأخرى المتّصلة بجهاز كهربائي (الحمولة) أي نأخذ منها التيار تسمى **وشيعة ثانوية S**، وتسمى دارتها بالدارة الثانوية.التوتر المنتج بين طرفيها U_{effS} والشدة المنتجة المارة I_{effS} .

يختلف دائماً عدد اللفات بين الوشيعتين الأوليّة والثانوية للمحولة



اشرح مبدأ عمل – فسر عمل المحولة

عند تطبيق توتّر متناوب جيبي بين طرفي الوشيعة الأوليّة يمر تيار متناوب جيبي و يولد حقل مغناطيسي متناوب تعمل النواة الحديدية على تمرير كامل التدفق إلى الوشيعة الثانوية؛ فتنشأ فيها قوة محركة كهربائية متحرضة تساوي التوتر المتناوب الجيبي بإهمال مقاومة أسلاك الوشائع في المحولة ويمر تيار متناوبّ متحرض في الوشيعة الثانوية له تواتر التيار المار في الوشيعة الأولية .

تجربة : نكون محولة مخبرية عدد لفات أحد الوشيعتين ضعف الأخرى (أحدهما 300 لفة والأخرى 600 لفة مثلاً) و نجهز منبع تيار متناوب و حمولة مناسبة وأجهزة قياس قيم التوترات المنتجة و الشدات المنتجة .

1- **نجعل الوشيعة الأصغر بعدد اللفات أولية و الأكبر ثانوية ماذا تلاحظ ؟**

التوتر المنتج في الثانوية ضعفي التوتر المنتج للأولية و الشدة المنتجة في الثانوية نصف الأولية .

2- **نجعل ذات اللفات الأكبر أولية و الأصغر ثانوية ماذا تلاحظ ؟**

التوتر المنتج في الثانوية نصف توتر الأولية ، الشدة المنتجة في الثانوية ضعف الأولية

3- **نتيجة** التوتر المنتج يتناسب طرداً مع عدد اللفات ، الشدة المنتجة تتناسب عكساً مع عدد اللفات

معادلة المحولة – نسبة التحويل :

نسبة التحويل لمحولة هي نسبة عدد اللفات الثانوية إلى عدد اللفات في الأولية .

بحسب التجربة السابقة يكون

$$\mu=\frac{N_S}{N_P}=\frac{U_{effS}}{U_{effP}}=\frac{I_{effP}}{I_{effS}}$$

سؤال : اكتب علاقة نسبة التحويل لمحولة (معادلة المحولة)و ناقش نوعي المحولات واذكر استخدام لكل نوع .

$$\boxed{\mu=\frac{N_S}{N_P}=\frac{U_{effS}}{U_{effP}}=\frac{I_{effP}}{I_{effS}}}$$

1. **المحولة الرافعة للتوتر الخافضة للشدة :**

$\mu>1\Rightarrow N_S>N_P, U_{effS}>U_{effP}, I_{effS}<I_{effP}$

تستخدم لنقل التيار الكهربائي المتناوب لمسافات بعيدة .

2. **المحولة الخافضة للتوتر الرافعة للشدة :**

$\mu<1\Rightarrow N_S<N_P, U_{effS}<U_{effP}, I_{effS}>I_{effP}$

تستخدم في أجهزة اللحام و الشواحن و ألعاب الأطفال .

كفاءة المحولة و تحسين الكفاءة :

اشرح أسباب ضياع الطاقة " الاستطاعة" في المحولة ؟

1- استطاعة ضائعة حرارية كلية بفعل جول $P_E=P_P'+P_S'$ حيث : الاستطاعة الحرارية الضائعة في الأولية $P_P'=R_P I_{effP}^2$ و في الثانوية $P_S'=R_S I_{effS}^2$

2- استطاعة كهربائية ضائعة مغناطيسياً P_M نتيجة هروب جزء من خطوط الحقل المغناطيسي خارج النواة الحديدية

ما هي الممانعات التي يعانيها التيار في المحولة ؟

مقاومة الأسلاك و الممانعة التحريضية للوشائع و الحمولة .

عند اهمال مقاومة الأسلاك يعاني التيار من مقاومة الحمولة و الممانعة التحريضية للوشائع .

- عند عمل شاحن جوال (أو أي محولة) نلاحظ ارتفاع درجة الحرارة ما تفسير ذلك ؟ وكيف نقلل ارتفاع الحرارة ونحسن كفاءة المحولة ؟

يعود ارتفاع درجة الحرارة إلى : استطاعة ضائعة حرارية جزء منها بفعل جول في الأسلاك و الجزء الآخر في النواة الحديدية بفعل تيارات فوكو التحريضية .

نحسن الكفاءة بتقليل الضياع و ذلك عن طريق :

استخدام أسلاك نحاس ذات مقاومة نوعية صغيرة لتقليل الاستطاعة الضائعة بفعل جول ،

نجعل النواة الحديدية شرائح(صفائح) رقيقة معزولة لتقليل أثر تيارات فوكو التحريضية .

سؤال : هل تعمل المحولة حين نصل أوليتها بمأخذ تيار متواصل ؟ ولماذا ؟

لا . لأن التدفق المغناطيسي المتولد عنه ثابت فلا تنشأقوة محركة كهربائية متحرضة في الثانوية .

هل يمكن نقل التيار الكهربائي المتواصل مسافات بعيدة ؟

لا لأنه ينشر الكثير من الحرارة الضائعة بفعل جول .

مردود نقل الطاقة الكهربائية :

استنتج علاقة مردود نقل الطاقة الكهربائية و كيف نجعله قريب من الواحد عملياً ؟

مردود المحولة الكهربائية هو النسبة بين الاستطاعة الم إلى الاستطاعة المتولدة .

$$\eta = \frac{P - P'}{P}$$

$$\eta = 1 - \frac{P'}{P} = 1 - \frac{R\ .I_{eff}{}^2}{U_{eff}\ .I_{eff}}$$

$$\boxed{\eta = 1 - \frac{R\ I_{eff}}{U_{eff}}}$$

الاستطاعة المتولدة عن منبع التيار باعتبار عامل الاستطاعة قريب من الواحد : $P = U_{eff}\ .I_{eff}$

حيث الاستطاعة الضائعة حرارياً بفعل جول في أسلاك النقل : $P' = RI_{eff}{}^2$ حيث R مقاومة الأسلاك

الاستطاعة المفيدة التي تصل المستهلك: $P - P'$

نجعل المردود قريب من الواحد برفع توتر المصدر

أما خفض المقاومة بتكبير مقاطع الأسلاك يكلف الكثير اقتصادياً .

أفكار مسائل المحولات :

تعتمد على العلاقة :

$$\frac{I_{effP}}{I_{effS}} = \frac{U_{effS}}{U_{effP}} = \frac{N_S}{N_P} = \mu$$

و نناقش نسبة التحويل و نربط بين التوترات واشدات المنتجة في الدارتين .

ونعامل توتر الثانوية كمأخذ تيار متناوب جيبي عادي .

توتره اللحظي : $u_s = U_{\max S}\cos(\omega t + \varphi)$

ونعامل الدارة الثانوية كدارة تيار متناوب عادي

ملاحظة :

تنشر المقاومة R الطاقة الكهربائية المستهلكة فيها على شكل حرارة و تعطى بالعلاقات :

$$E = P_{avg}.t = R.I_{effR}{}^2.t = \frac{U_{effR}^2}{R}.t$$

وهذه الطاقة قد تسخن كمية من مادة ما حيث تستهلك حرارة مقدارها

$$Q = m.C.\Delta T$$

وباهمال ضياع الحرارة .

$$E = Q..$$

حيث

E	ألطاقة المستهلكة بالمقاومة	J
R	المقاومة	Ω
I_{effR}	الشدة المنتجة بالمقاومة	A
U_{effR}	التوتر المنتج على المقاومة	V
t	زمن مرور التيار	s
Q	كمية الحرارة المستهلكة	J
m	كتلة المادة	kg
C	الحرارة الكتلية للمادة	$J.kg.^\circ C^{-1}$
ΔT	ارتفاع درجة الحرارة	$^\circ C$

محمد المستريحي