التذبذبات الحرة في دارة RLCمتوالية

التوجيهات : التذبذبات الحرة في دارة RLC متوالية : (8 س)

- تفريغ مكثف في وشيعة – تأثير الخمود – شبه الدور .
- التفسير الطاقي : انتقال الطاقة بين المكثف والوشيعة – مفعول جول .
- الدراسة التحليلية في حالة الخمود المهمل (مقاومة مهملة)،الدور الخاص
- صيانة التذبذبات : الدراسة التجريبية ، الدراسة النظرية .

I) التذبذبات الحرة في دارة RLCعلى التوالي:

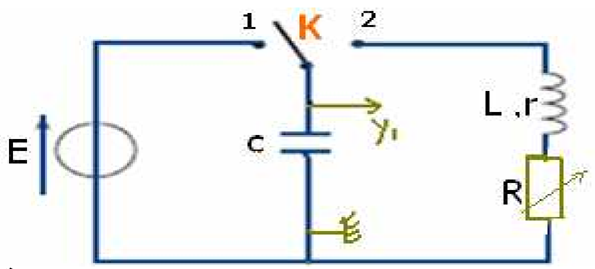
1) تعريف:

الدارةRLCعلى التوالي هي دارة تتكون من موصل أومي مقاومته R ومكثف سعته C ووشيعة مقاومتها r ومعامل تحريضهاL.

تكون التذبذبات حرة في دارةRLC عندما لا يتوفر فيهاأي مصدر للطاقة ماعدا الطاقة المخزونة في المكثف المشحون بدئيا : حيث يتفرغ المكثف في الوشيعة.(أي أن الدارة لا تشتمل على أي مولد للتيار الكهربائي).

2) تفريغ مكثف في وشيعة:

ننجز التركيب التالي:



نضع قاطع التيار في الموضع1 لمدة زمنية كافية لشحن المكثف ثم نؤرجحه إلى الموضع2 ، ونعاين على شاشة راسم التذبذب التوتر بين مربطي المكثف.

نعيد التجربة عدة مرات برفع قيمة المقاومR فنحصل على أنظمة الخمود.

3) أنظمة الخمود:

عند وضع قاطع التيار في الموضع 2 ، شحنة المكثف تتذبذب بين لبوسيه ، ونظرا لوجود المقاومة في الدارة ، تتناقص الشحنة وبالتالي يتناقص التوتر المطبق بين مربطي المكثف ، نقول أن التذبذبات مخمدة . وبما أن الدارة لاتشتمل على أي مولد ، فإن التذبذبات حرة ومخمدة.(خلال التذبذب جزء من الطاقة يتبدد على مستوى الموصل الأومي على شكل طاقة حرارية بمفعول جول).

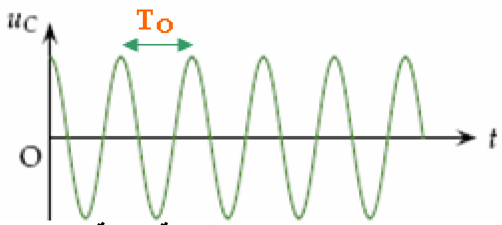
وحسب قيمة مقاومة الدارة نميز ثلاث أنظمة:

***نظام دوري: عندما تكون المقاومة الكلية للدارة منعدمة،تكون التذبذبات حرة وغير مخمدة. (في هذه الحالة تنحفظ الطاقة الكلية للدارة).**

وهذه حالة يصعب تحقيقها تجريبيا ،

لأنه كيفما كانت الوشيعة فإن مقاومتها غير مهملة

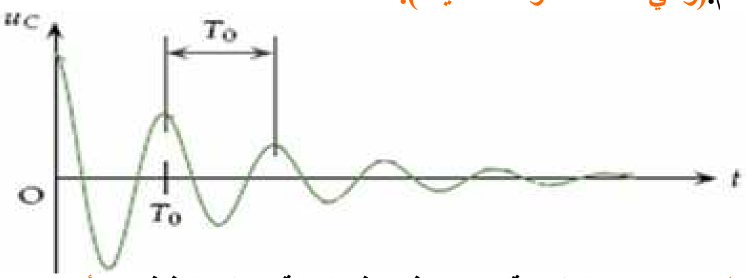
تتميز بالدور الخاص : To



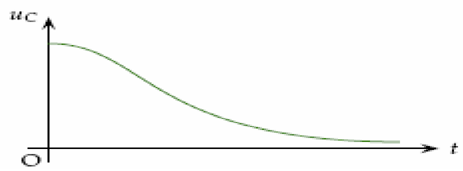
***نظام شبه دوري: عندما تكون المقاومة الكلية للدارة صغيرة، التذبذبات حرة و مخمدة،ففي هذه الحالة يتناقص وسعها إلى أن ينعدم.(وهي حالةالخمود الضعيف).**

وشبه الدور T :

$T \approx T_0$

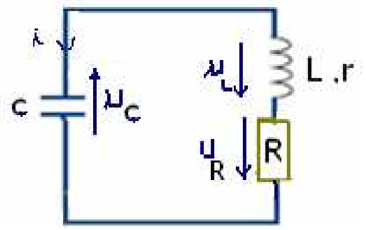


***نظام لادوري: المقاومة كبيرة ، في هذه الحالة تختفي التذبذبات لأن الخمود قوي.يفقد المكثف شحنته لكن بعد مدة زمنية طويلة دون تذبذب.**



4) المعادلة التفاضلية لدارة RLC.

تعتبر التركيب التالي:



حسب قانون إضافية التوترات: $u_C + u_R + u_L = 0$

$u_R = Ri$ مع $i = \frac{dq}{dt} = c\frac{du_c}{dt}$ $\Leftarrow$ $u_R = Rc\frac{du_c}{dt}$

و $u_L = ri + L\frac{di}{dt}$

إذن: $u_c + (R+r)c\frac{du_c}{dt} + Lc\frac{d^2u_c}{dt^2} = 0$ $\Leftarrow$ $Lc\frac{d^2u_c}{dt^2} + R_t c\frac{du_c}{dt} + u_c = 0$

ونحصل على المعادلة التفاضلية لدارة متوالية RLC :

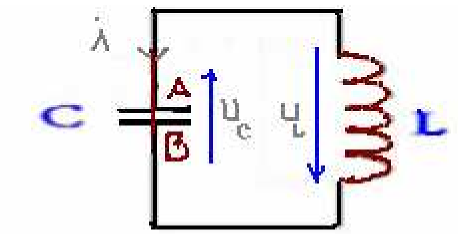
$$\frac{d^2u_c}{dt^2} + \frac{R_t}{L}.\frac{du_c}{dt} + \frac{1}{LC}.u_c = 0$$

المقدار : $\frac{R_t}{L}.\frac{du_c}{dt}$ ناتج عن ظاهرة الخمود(بانعدامه يزول الخمود).

II) التذبذبات غير المخمدة في دارة مثالية LC.

1) دراسة الدارة المثالية LC

أ) التركيب : تعتبر التركيب التالي المكون من مكثف سعته C ، ووشيعة معامل تحريضها الذاتي **L** ومقاومتها منعدمة.هذه دارة مثالية لأنه كيفما كانت الوشيعة فإن مقاومتها غير مهملة وبالتالي فهذا تركيب مثالي يصعب تحقيقه تجريبيا.



ب)المعادلة التفاضلية:

حسب قانون إضافية التوترات نجد: $u_L + u_c = 0$ **(1)**

مع: $u_L = L\frac{di}{dt}$ و $i = \frac{dq}{dt} = \frac{d(cu_c)}{dt} = c\frac{du_c}{dt}$ إذن: $u_L = Lc\frac{d^2u}{dt}$

وبذلك العلاقة (1) تصبح: (2) $Lc\frac{d^2u_c}{dt} + u_c = 0$ و هي المعادلة التفاضلية التي يتحققها التوتر بين مربطي المكثف.

ويمكن كتابتها كما يلي : $\frac{d^2u_c}{dt} + \frac{1}{Lc}u_c = 0$

ملحوظة: بتعويض u_c ب: $\frac{q}{c}$ العلاقة **(1)** $u_L + u_c = 0$ تصبح : $L\frac{d^2q}{dt} + \frac{q}{c} = 0$ أي: $\frac{d^2q}{dt} + \frac{1}{L.c}.q = 0$

و هي المعادلة التفاضلية التي تحققها الشحنة الكهربائية q.

ج) حل المعادلة التفاضلية:

حل المعادلة التفاضلية: $\frac{d^2u_c}{dt} + \frac{1}{L.c}u_c = 0$ هوعبارة عن دالة جيبيه يكتب كما يلي:

$u_c(t) = U_m\cos(\omega_o t + \varphi)$ مع : $\omega_o = \frac{2\pi}{T_O}$ النبض الخاص.

ω_O النبض الخاص للدارة المتذبذبة LC ، وحدته rad/s.

U_m: وسع التذبذبات وهي القيمة القصوية للتوتر $uc_{(t)}$.

$\frac{2\pi}{T}t+\varphi$: طور التوتر عند اللحظة ذات التاريخ t.

φ: الطور عند أصل التواريخ.(بالراديان rad).

T_O: الدور الخاص للتذبذبات.

الثابتتين U_m و φ تحددان باستعمال الشروط البدئية للتوتر u_c وشدة التيار الكهربائي i.

2) تحديد تعبير الدور الخاص:

لدينا: $u_c(t)=U_m\cos(\omega_0 t+\varphi)$

إذن: $\frac{du_c}{dt}=-U_m\omega_0\sin(\omega_0 t+\varphi) \Leftarrow \frac{d^2u_c}{dt^2}=-U_m\omega_0^2\cos(\omega_0 t+\varphi)$

$u_c(t)$

$\frac{d^2u_c}{dt^2}=-\omega_0^2 . u_{c(t)}$ ثم نعوض في المعادلة التفاضلية $\frac{d^2u_c}{dt^2}$ بتعبير ها فنجد:

$-\omega_0^2 u_c+\frac{1}{Lc}u_c=0$ ومنه: $\omega_0^2=\frac{1}{Lc}$ النبض الخاص $\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}$

ولدينا: $T_0=\frac{2\pi}{\omega_0}$ إذن: $T_O=2\pi\sqrt{LC}$

لنستعمل معادلة الأبعاد لكي نتأكد من كون وحدة الدور في العلاقة السابقة هي الثانية.

$$i=\frac{dq}{dt}=\frac{d(cu_c)}{dt}=c.\frac{du_c}{dt} \Rightarrow c=\frac{i}{\frac{du_c}{dt}} \Rightarrow [c]=[i][u]^{-1}[t]$$

ولدينا: $$u_L=L\frac{di}{dt} \Rightarrow L=\frac{u_L}{\frac{di}{dt}} \Rightarrow [L]=[u][i]^{-1}[t]$$

$$\Rightarrow [L][c]=\frac{[u][t]}{[i]}\times\frac{[i][t]}{[u]}=[t]^2$$

إذن وحدة T_O هي: وحدة الزمن ، أي الثانية.

أو بطريقة أخرى: من خلال تعريف ثابتة الزمن.

نعلم أن الجداء Rc و النسبة $\frac{L}{R}$ لهما بعد الزمن. $\Rightarrow [RC]=[T]$ و $\left[\frac{L}{C}\right]=[T] \Rightarrow [LC]=\left[\frac{L}{R}\right]\times[RC]=[T]^2$

3) تعبير الشحنة q و شد ة التيار $i(t)$.

* شحنة المكثف: $q(t)=c\times u(t)=c.U_m\cos(\omega_O.t+\varphi)=q_m\cos(\omega_O.t+\varphi)$ مع: $q_m=c.U_m$

* شدة التيار الكهربائي: $i(t)=\frac{dq}{dt}=-q_m.\omega_o\sin(\omega_O t+\varphi)=-I_m\sin(\omega_O t+\varphi)$ مع: $I_m=q_m\omega_O$

III) انتقال الطاقة بين المكثف و الوشيعة:

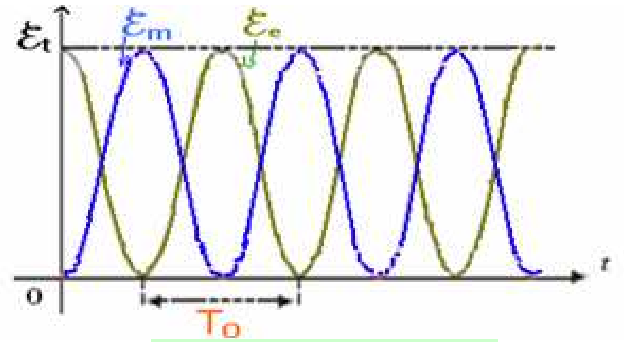
1) طاقة الدارة المثالية LC.

الطاقة الكلية المخزونة في الدارة المثالية LC تساوي في كل لحظة مجموع الطاقة الكهربائية المخزونة في المكثف ξ_e والطاقة المغناطيسية المخزونة في الوشيعة ξ_m.

$$\xi_t=\xi_e+\xi_m=\frac{1}{2}c.u_c^2+\frac{1}{2}Li^2$$

يمثل الشكل التالي تغيرات ξ_m و ξ_e و ξ_t بدلالة الزمن.

$\mathcal{E}_t = c^{te}$

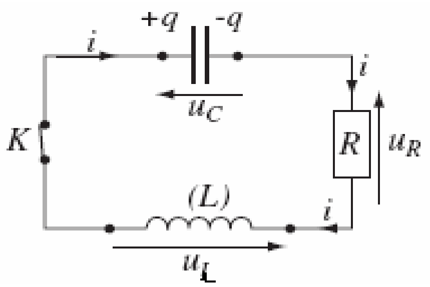


الطاقة الكلية لدارة مثالية **LC** : $\xi_t = \frac{1}{2}cU_m{}^2 = \frac{1}{2}Li_m{}^2$

استنتاج: خلال التذبذبات غير المخمدة تتحول الطاقة الكهربائية في المكثف إلى طاقة مغناطيسية في الوشيعة والعكس.

2) طاقة الدارة المتوالية RLC .

يمكن التعبير عن طاقة الدارةالمتوالية RLC **في لحظة معينة كما يلي :** $\xi_t = \frac{1}{2}\frac{q^2}{c} + \frac{1}{2}Li^2$



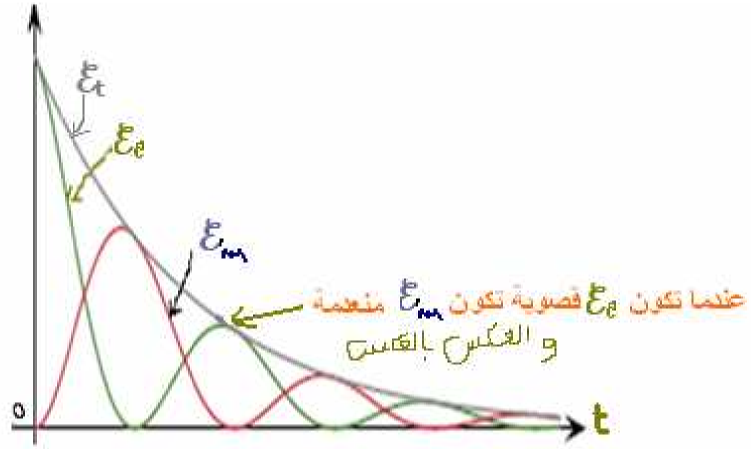
لدينا حسب قانون إضافية التوترات: $u_L + u_R + u_c = 0$

أي: $L\frac{di}{dt} + Ri + \frac{q}{c} = 0 \Leftarrow$ (1) $L\frac{di}{dt} + \frac{q}{c} = -Ri$

من خلال تعبير الطاقة الكلية للدارة: $\xi_t = \frac{1}{2}\frac{q^2}{c} + \frac{1}{2}Li^2$

إذن: $\frac{d\xi_t}{dt} = \frac{q}{c}.\frac{dq}{dt} + Li\frac{di}{dt} = i.\left[\frac{q}{c} + L\frac{di}{dt}\right]$

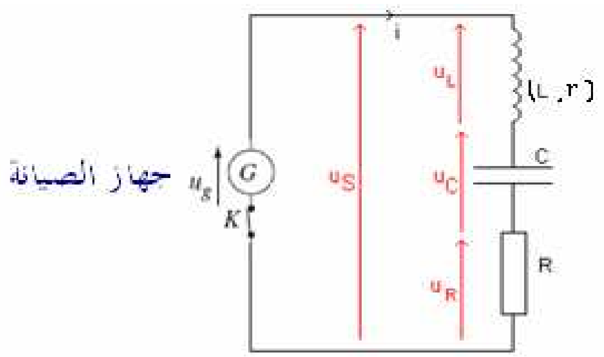
باعتبار العلاقة (1) $\frac{d\xi_t}{dt} = -R.i^2 \Leftarrow \frac{d\xi_t}{dt} < 0$ **إذن الطاقة تناقصية ويعزى ذلك إلى وجود المقاومة.**



تتناقص الطاقة الكلية للدارة تدريجيا بسبب مفعول جول.

IVصيانة التذبذبات:

يمكن صيانة التذبذبات في دارة متواليةRLC، ويتم ذلك باستعمال مولد G يزود الدارة بطاقة تعوض الطاقة المبذة بمفعول جول على مستوى المقاومة الكلية للدارة.



المولد G يزود الدارة بتوتر يتناسب اطرادا مع شدة التيار الكهربائي الذي يعبر الدارة. $u_g = R_o.i$ (مع $R_o = R + r$)
وهو يتصرف كمقاومة سالبة.

بتطبيق قانون إضافية التوترات : $u_g = u_R + u_c + u_L$

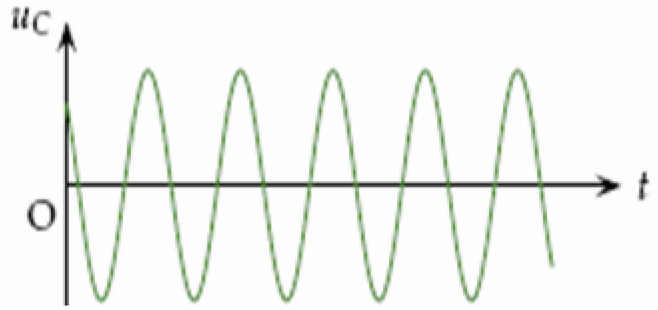
أي: $(R+r)i = R.i + u_c + r.i + L\dfrac{di}{dt}$ $\Leftarrow$ $L\dfrac{di}{dt} + u_c = 0$ (1)

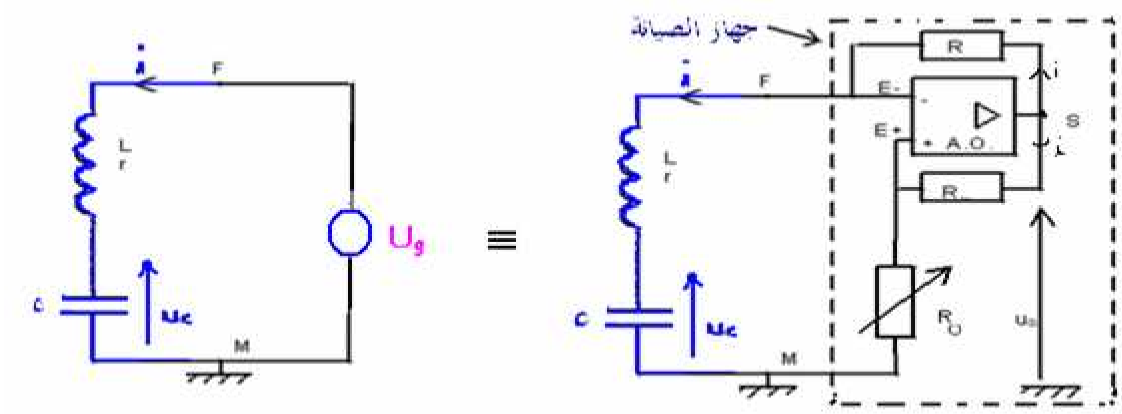
وبما أن: $i = \dfrac{dq}{dt} = c\dfrac{du_c}{dt}$ فإن: $\dfrac{di}{dt} = c\dfrac{d^2u_c}{dt^2}$

إذن (1) تصبح: $Lc\dfrac{du_c}{dt} + u_c = 0$ وهي المعادلة التفاضلية المميزة للدارة المثالية ذات المقاومة المهملة ، وبذلك تصبح التذبذبات مصانة.

دورها : $T = T_0$

$T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$





SBIRO Abdelkrim Lycée Agricole Oulad Taima email : sbiabdou@yahoo.fr
Pour toutes observation contactez mon émail