

# ثنائي القطب RL

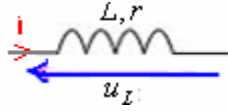
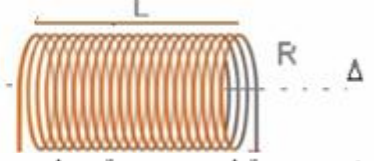
## I دور وشيعة في دارة كهربائية:

### (1) تعريف الوشيعة:

الوشيعة ثنائي قطب غير نشيط ( يلعب دور مستقبل في دارة كهربائية ) ، تتكون الوشيعة من سلك موصل ملفوف بانتظام حول أسطوانة عازلة .

الأسلاك المستعملة في الوشيعة مطلية بمادة عازلة وذات مقاومة ضعيفة.

طول الوشيعة : L  
شعاع الوشيعة : R  
محور الوشيعة : Δ



تمثل الوشيعة ذات المقاومة r ، في دارة كهربائية كما يلي :  
في اصطلاح المستقبل ، التوتر بين مربطي الوشيعة وشدة التيار الكهربائي الذي يعبرها لهما منحنيان متعاكسان.

وتتميز الوشيعة **بمعامل تحريضها الذاتي L** الذي يعبر عنه في النظام العالمي للوحدات **بالهينري : Henry** الرمز المستعمل : **H**.

**ملحوظة :** معامل تحريض الوشيعة يتعلق بطولها وعدد لفاتها ومساحة مقطعها وكذلك بطبيعة الوسط الذي توجد فيه ، لذلك يزداد هذا المعامل عند إدخال نواة من الحديد المطاوع بداخل الوشيعة.

(2) التوتر بين مربطي الوشيعة :  
التوتر بين مربطي الوشيعة :

$$u_L = r.i + L \cdot \frac{di}{dt}$$

وفي التيار الكهربائي المستمر تكون شدة التيار I ثابتة و :  $\frac{di}{dt} = 0$  و يكون التوتر بين مربطيهما :  $u_L = r.I$

وبذلك تنصرف الوشيعة في التيار الكهربائي المستمر كموصل أومي.

### (3) الأبراز التجريبي لمعامل تحريض الوشيعة:

#### (أ) تجربة:

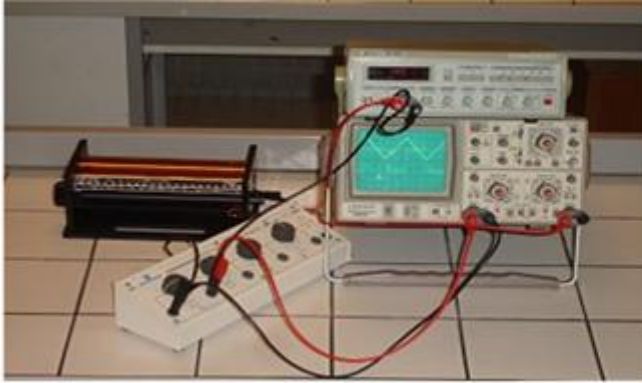
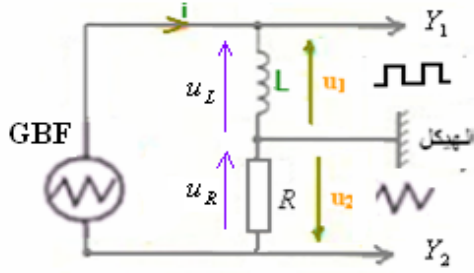
نستعمل مولدا للترددات المنخفضة GBF ونتجز التركيب التالي :

الوشيعة المستعملة في هذا التركيب ذات مقاومة مهمة .

الموصل الأومي مقاومته  $R = 20k\Omega$

#### (ب) ملاحظات:

نعين على شاشة راسم التذبذب التوترين  $u_1$  و  $u_2$  على التوالي في المدخلين  $Y_1$  و  $Y_2$



الكسح الأفقي المستعمل :  $0,5ms/div$  . الحساسرة الرأسية: بالنسبة للمدخل  $Y_2$  :  $1V/div$  وبالنسبة للمدخل  $Y_1$  :  $0,05V/div$

#### (ج) استثمار نتائج التجربة:

من خلال التركيب يتضح أن التوتر  $u_1$  المعين على شاشة راسم التذبذب في المدخل  $Y_1$  :  $u_1 = u_L = L \cdot \frac{di}{dt}$  (1) لأن :  $r = 0$

والتوتر  $u_2$  المعين على شاشة راسم التذبذب في المدخل  $Y_2$  :  $u_2 = -u_R = -R.i$  : إذن :  $i = -\frac{u_2}{R}$  ومنه :  $\frac{di}{dt} = -\frac{1}{R} \frac{du_2}{dt}$

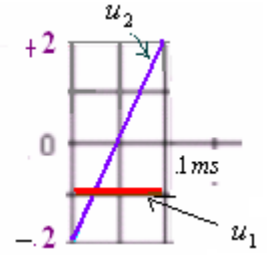
$$L = \frac{-u_1 \times R}{\frac{du_2}{dt}} \Leftrightarrow u_1 = -\frac{L}{R} \cdot \frac{du_2}{dt} \text{ : نجد (1) العلاقة في التعويض}$$

بما أن التوترين  $u_1$  و  $u_2$  دوريين يكفي التحقق من هذه العلاقة في المجال  $\left[0, \frac{T}{2}\right]$ .

الدور:  $T = 0,5ms / div \times 4div = 2ms$  وبذلك يكون المجال  $\left[0, \frac{T}{2}\right]$  هو  $[0, 1ms]$

$$\frac{du_2}{dt} = \frac{\Delta u_2}{\Delta t} = \frac{u_{2max} - u_{2min}}{\frac{T}{2} - 0} = \frac{(2 - (-2))V}{(1-0)ms} = \frac{4V}{10^{-3}s} = 4 \cdot 10^3 V/s$$

في المجال  $\left[0, \frac{T}{2}\right]$  لدينا :



وفي نفس المجال لدينا :  $u_1 = -1div \times 0,05V / div = -0,05V$

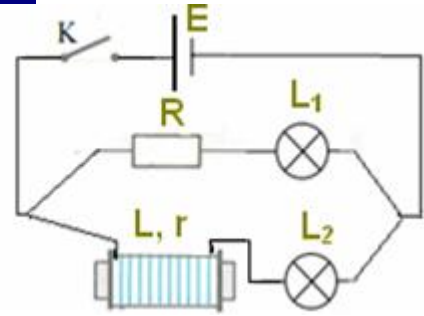
$$L = \frac{-u_1 \times R}{\frac{du_2}{dt}} = \frac{-(-0,05) \times 20 \cdot 10^3}{4 \cdot 10^3} = 0,25 H$$

## (4) تأثير وشيعة على مرور التيار في دائرة كهربية :

### (أ) تجربة

ننجز التركيب التالي :

الموصل الأومي و الوشيعة لهما نفس المقاومة  $r = R$  .  
المصباحين  $L_1$  و  $L_2$  مماثلان (مقشابهين) .



### (ب) ملاحظات وتعليق :

يتأخر في اللمعان عند غلق قاطع التيار الكهربائي ويتأخر في الانطفاء عند فتح قاطع التيار ويعزى ذلك إلى المقدار  $L_2$  المصباح  $L_2$  .  $L \cdot \frac{di}{dt}$

عند إغلاق قاطع التيار: خلال الفترة الوجيزة التي يقام فيها التيار المقدار  $\frac{di}{dt} > 0$  له نفس اصطلاح المستقبل — تعطل إقامة التيار في الدارة.  
عند فتح قاطع التيار: خلال الفترة الوجيزة التي يتناقص فيها التيار المقدار  $\frac{di}{dt} < 0$  له نفس اصطلاح المولد — تعطل انقطاع التيار في الدارة.

### (ج) استنتاج :

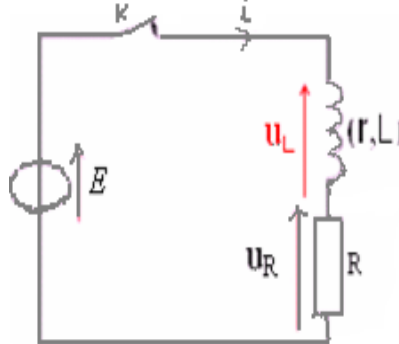
الوشيعة تقاوم إقامة أو انقطاع التيار الكهربائي في الدارة.

## II استجابة ثنائي قطب RL لرتبة توتر :

### (1) الاستجابة لرتبة صاعدة للتوتر (إقامة التيار في الدارة) :

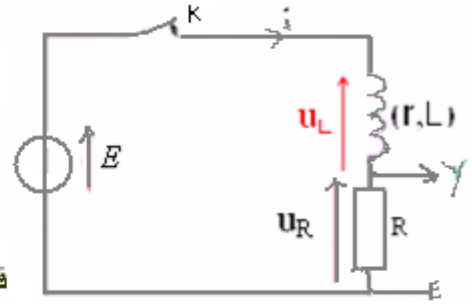
#### (أ) التركيب التجريبي :

نركب على التوالي موصلا أوميا مقاومته  $R$  ووشيعة معامل تحريضها  $L$  ومقاومتها  $r$  ، ونخضعه لرتبة صاعدة للتوتر، وذلك بإغلاق قاطع التيار عند  $t=0$ .



#### (ب) المعادلة التفاضلية :

بتطبيق قانون تجميع التوتورات لدينا :  $u_p + u_r = E$   
 وعلاقة التوتورات تصبح :  $u_L = r i + L \frac{di}{dt}$  و  $u_R = R i$   
 $(R + r) i + L \frac{di}{dt} = E$  نعمل بشدة التيار :  $R_T i + L \frac{di}{dt} = E$   
 ونضع :  $R_T = r + R$   $R_T i + L \frac{di}{dt} = E$  التي تصبح بعد  
 قسمة الكل على  $R_T$  :  $\frac{L}{R_T} \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R_T}$  نضع :  $\tau = \frac{L}{R_T}$  ثابتة الزمن لثنائي  
 القطب RL



وبذلك المعادلة التفاضلية وهي المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار الكهربائي في الدارة.  $\tau \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R_T}$

## (ت) حل المعادلة التفاضلية:

(1) عبارة عن دالة أسية تكتب على النحو التالي:  $\tau \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R_T}$  حل المعادلة التفاضلية:  $i(t) = A e^{-m t} + B$  مع  $A \neq 0$

يتم تحديدها بالتعويض في المعادلة التفاضلية وباستعمال الشروط البدئية.  $B$  و  $m$  و  $A$  الثوابت

$$- \tau m A e^{-m t} + A e^{-m t} + B = \frac{E}{R_T} \quad \text{نعوض في المعادلة التفاضلية التي تصبح} \quad \frac{di}{dt} = -m A e^{-m t} \quad \text{إن:}$$

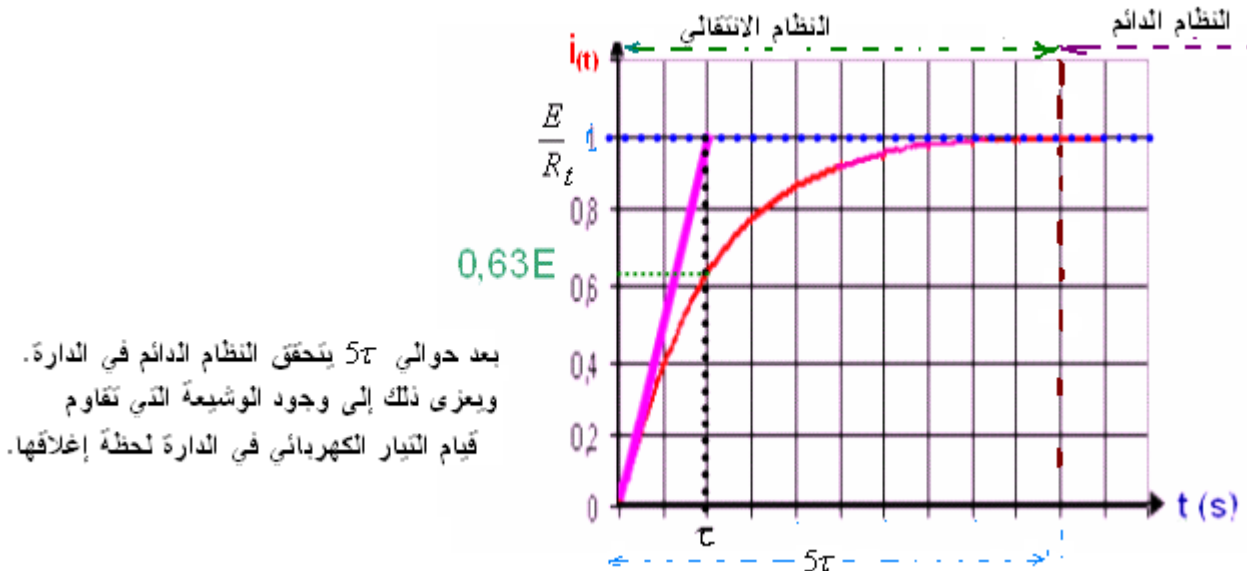
$A \neq 0$  لأن  $1 - \tau m = 0$  منعدما أي  $e^{-m t}$  (2) لكي تتحقق هذه المعادلة يجب أن يكون معامل:  $A e^{-m t} (1 - \tau m) = \frac{E}{R_T} - B$  أي:

$$B = \frac{E}{R_T} \quad \text{وبذلك (2) تصبح} \quad m = \frac{1}{\tau} \quad \text{إن:}$$

$$\text{والحل (1) أصبح كما يلي:} \quad i(t) = A e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{E}{R_T} \quad (3)$$

لدينا  $t = 0$  نعتبر الشروط البدئية : عند اللحظة  $A$  لتحديد الثابتة  $i = 0$  وبالتعويض في (3) نحصل على:  $0 = A e^0 + \frac{E}{R_T}$  ومنه :

$$A = -\frac{E}{R_T} \quad \text{والحل النهائي يكتب كما يلي:} \quad i(t) = \frac{E}{R_T} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad \text{و:} \quad \tau = \frac{L}{R_T} \quad \text{مع}$$



بعد حوالي  $5\tau$  يتحقق النظام الدائم في الدارة. ويعزى ذلك إلى وجود الوشيعنة التي تقاوم قيام التيار الكهربائي في الدارة لحظة إغلاقها.

يمثل هذا المحنى التأخر الزمني الذي يحدث عند إقامة التيار في دارة تضم وشيعة .

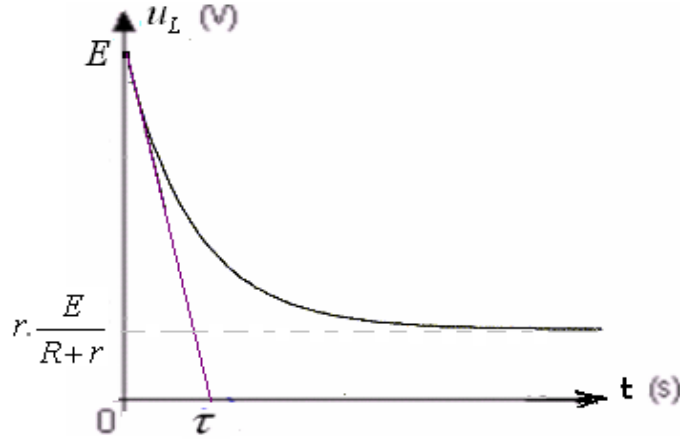
تزداد مدة إقامة التيار في الدارة بتزايد معامل تحريض الوشيعنة أو تناقص مقاومة الدارة أي بتزايد  $\tau$ .

## (ث) تعبير التوتر بين مربطي الوشيعنة:

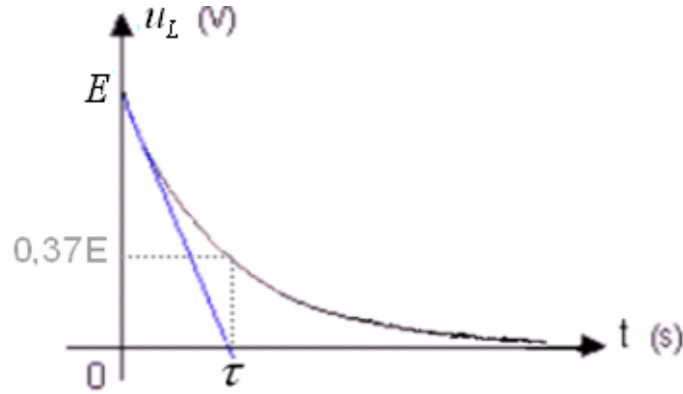
حسب قانون إضافية التوتورات في الدارة السابقة لدينا:  $u_R + u_L = E$

$$u_L = E - u_R = E - Ri = E - R \cdot \frac{E}{R_i} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

عند اللحظة  $t = 0$  ،  $u_L = E$  ، وفي النظام الدائم عندما تتوَل  $t$  إلى  $+\infty$  :  $u_L = E - R \cdot \frac{E}{R+r} = r \cdot \frac{E}{R+r} = r \cdot I$  . تتصرف كموصل أومي.



**ملحوظة :** إذا كانت مقاومة الوشيعية  $r$  مهملة ، تصبح مقاومة الدارة  $R_i = R$  وبالتالي :  $u_L = Ee^{-\frac{t}{\tau}}$  مع  $\tau = \frac{L}{R}$



### ج) معادلة الأبعاد لثابتة الزمن:

$$[L] = \frac{[U][t]}{[I]} \quad \Leftrightarrow [U] = [L] \frac{[I]}{[t]} \quad \Leftrightarrow u_L = L \frac{di}{dt}$$

$$[R] = \frac{[U]}{[I]} \quad \Leftrightarrow [U] = [R][I] \quad \Leftrightarrow u_R = Ri \quad \text{و}$$

$$[\tau] = \frac{[L]}{[R]} = [U][t][I]^{-1} \times [U]^{-1} \cdot [I] = [t] \quad \Leftrightarrow \tau = \frac{L}{R}$$

وبما أن ثابتة الزمن  $\tau$  لها بعد زمني وحدتها الثانية s .

### ح) طريقة تحديد ثابتة الزمن :

الطريقة الأولى: نعطي للمتغيرة  $u(t) = Ee^{-\frac{t}{\tau}}$  - في العلاقة :  $t = \tau$  .

فنحصل على قيمة التوتر بين مربطي الوشيعية الموافق ل:  $t = \tau$  . فهو :  $u_c = Ee^{-1} \approx 037 E$  .

أو في العلاقة :  $i(t) = I_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

فنحصل على قيمة شدة التيار الكهربائي الذي يعبر الدارة الموافق ل:  $t = \tau$  فهو :  $i = I_0(1 - e^{-1}) = 0,63 I_0$

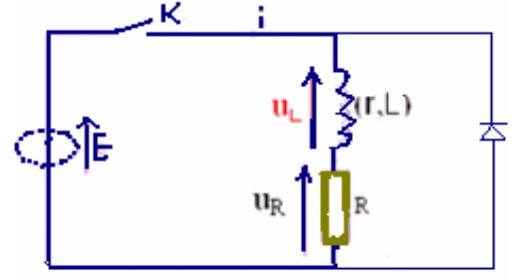
الطريقة الثانية: برسم المماس للمنحنى عند اللحظة  $u_L = \frac{E}{R_i}$  في اللحظة  $t = \tau$  فهو يتقاطع مع المقارب  $t = 0$

(انظر الشكل) . ومع محور الزمن بالنسبة للتوتر.

## (2) الاستجابة لرتبة نازلة للتوتر ( انعدام التيار الكهربائي في الدارة )

إلى صفر،  $E$  فجأة من القيمة  $RL$  يتغير التوتر بين مربطي ثنائي القطب  $K$  عند فتح قاطع التيار الكهربائي (نقول أنه خضع إلى رتبة توتر نازلة).

نضيف إلى دارة التفريغ صماما ثنائيا مركبا في المنحنى المعاكس بين مربطي الوشيعه لتفادي حدوث ظاهرة فرط التوتر التي تحدث شرارات بين مربطي الوشيعه وقد تؤدي على إتلاف بعض أجهزة الدارة.



مثلا:  $L = 0,5H$  وشدة التيار في الدارة  $I = 1A$  و  $E = 6V$ .  
 ثم نفتح فجأة قاطع التيار  $K$ . ومدة انقطاع التيار في الدارة  $\Delta t = 1ms$   
 ظاهرة فرط التوتر.  $L \frac{di}{dt} = L \frac{\Delta i}{\Delta t} = 0,5 \cdot \frac{0-1}{10^{-3}} = 500V$

عند فتح قاطع التيار، بتطبيق قانون التوترات نجد:  $u_L + u_R = 0$

$$\Leftrightarrow L \frac{di}{dt} + (r+R)i = 0 \text{ أي: } (L \frac{di}{dt} + ri) + Ri = 0$$

مع  $\tau = \frac{L}{R+r}$

التي يمكن كتابتها كما يلي:  $\tau \frac{di}{dt} + i = 0$

حل هذه المعادلة يكتب كما يلي:  $i = Ae^{-mt} + B$

إذن:  $\frac{di}{dt} = -mAe^{-mt}$  بالتعويض تصبح المعادلة التفاضلية:  $-\tau \cdot mAe^{-mt} + Ae^{-mt} + B = 0$

أي:  $B = -Ae^{-mt}(1 - \tau \cdot m)$   $\Leftrightarrow B = 0 \Leftrightarrow m = \frac{1}{\tau}$  إذن:  $i = Ae^{-\frac{t}{\tau}}$

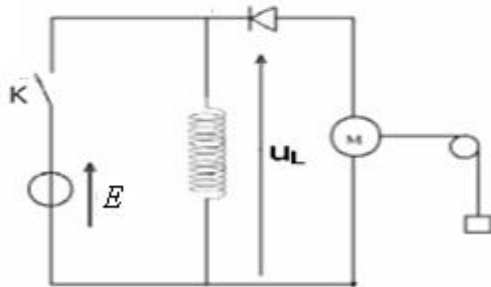
وباعتبار الشروط البدئية، عند اللحظة  $t=0$  كان النظام الدائم متحققا  $i = \frac{E}{R+r} = Ae^0 \Leftrightarrow A = \frac{E}{R+r}$

ومنه:  $i = \frac{E}{R+r} e^{-\frac{t}{\tau}}$

## (III) الطاقة المخزونة في وشيعة

### (1) الأبراز التجريبي:

ننجز التركيب التجريبي المبين أسفله:



عند غلق قاطع التيار  $K$  يمر تيار كهربائي في الوشيعه . يمنع الصمام الثنائي المركب في المنحنى الحاجز مرور تيار كهربائي في المحرك عند فتح قاطع التيار  $K$  يشتغل المحرك فيرتفع الجسم  $S$ .

الوشيعه اختزنت طاقة مغناطيسية ثم حررت هذه الطاقة عند فتح الدارة .

### (2) تعبير الطاقة المخزونة في وشيعة:

تناسب الطاقة المخزونة في وشيعة مع معامل تحريضها  $L$ ، ومع مربع شدة التيار الكهربائي الذي يعبرها:

$\xi_m$  : بالجول (J)  $L$  : بالهينري (H) وشدة التيار  $i$  بالأمبير (A).

$$\xi_m = \frac{1}{2} L i^2$$