

## ثنائي القطب RL Le dipole RL

### الوحدة 2

#### I ( bobine الوشيعية )

##### 1 - تعريف

الوشيعية ثنائي قطب يتكون من سلك موصل ملفوف حول اسطوانة عازلة . نرمز للوشيعية ب :  
حيث  $r$  مقاومة الوشيعية و  $L$  ثابتة تميز الوشيعية و تسمى معامل تحريض الوشيعية وحدتها الهانري Henry و نرمز لها ب  $H$

##### 2 - التوتر بين مربطي الوشيعية

##### 1.2 - نشاط تجريبي

ننجز الدارة الكهربائية الممثلة جانبه ، و التي تحتوي على مولد GBF ذي الترددات المنخفضة و وشيعية معامل تحريضها  $L = 16\text{mH}$  و مقاومتها  $r = 8\Omega$  و موصل أومي مقاومتها  $R$  قابلة للضبط . نضبط المولد GBF ليزود الدارة بتوتر مثلي على تردد  $N = 125\text{Hz}$  و نضبط المقاومة  $R$  على القيمة  $R = 8\Omega$   
نعين على شاشة راسم التذبذب التوترين  $u_R$  و  $u_L$  و  $u = u_L + u_R$  أنظر الشكل أسفله  
الحساسية الأفقية :  $2\text{ms/div}$  ، الحساسية الرأسية بالنسبة للمدخلين (1) و (2) :  $0,2\text{V/div}$   
أ - أوجد في المجال  $[0, T]$  تعبير شدة التيار  $i$   
ب - أوجد في المجال  $[0, T]$  قيمة التوتر  $u$

ج - أوجد في نفس المجال  $L \frac{di}{dt}$  . ماذا تستنتج ؟

##### 2.2 - استثمار

أ - حسب قانون أوم فإن  $u_R = - R \cdot i$  إذن  $i = - u_R / R$

- في المجال  $[0, T/2]$   $u_R = a \cdot t + b$  إذن  $i = -(a \cdot t + b) / R$

مدينا  $a = \frac{\Delta u_R}{\Delta t} = \frac{2,0,2\text{V}}{2,2\text{ms}} = 100\text{V.s}^{-1}$  و  $b = 0$  نستنتج  $i = -12,5 \cdot t$

- في المجال  $[T/2, T]$   $u_R = a' \cdot t + b'$  إذن  $i = -(a' \cdot t + b') / R$

و شدة التيار  $u_R = -100 \cdot t + 0,6$  نستنتج  $b' = 0,6\text{V}$  و  $a' = -100\text{V.s}^{-1}$  و  $0,2 = -100 \cdot 4 \cdot 10^{-3} + b'$  إذن  $i = 12,5 \cdot t - 0,075$

ب - في المجال  $[0, T/2]$   $u = -0,2\text{V}$  في المجال  $[T/2, T]$   $u = 0,2\text{V}$

ج - في المجال  $[0, T/2]$   $L \frac{di}{dt} = 16 \cdot 10^{-3} \cdot (-12,5) = -0,2\text{V}$

- في المجال  $[T/2, T]$   $L \frac{di}{dt} = 16 \cdot 10^{-3} \cdot 12,5 = 0,2\text{V}$

نستنتج أن  $u = L \frac{di}{dt}$  و بما أن  $u = u_L + u_R$  فإن  $u_L = u - u_R = L \frac{di}{dt} - (-Ri) = L \frac{di}{dt} + Ri$

نستنتج أن التوتر بين مربطي الوشيعية  $u_L = r \cdot i + L \frac{di}{dt}$

##### 3.2 - ملحوظة

- عندما يكون التيار مستمرا  $i = I$  فإن  $u_L = r \cdot I$  تنصرف الوشيعية كموصل أومي مقاومتها  $r$  .  
- عندما يتغير التيار ، مثلا أثناء غلق أو فتح الدارة فإن  $u_L = r \cdot i + L \frac{di}{dt} = r \cdot i - e$  التوتر الناتج  $e = -L \frac{di}{dt}$  يقاوم تغيير شدة التيار .

#### Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension

#### II ( استجابة ثنائي القطب RL لرتبة توتر )

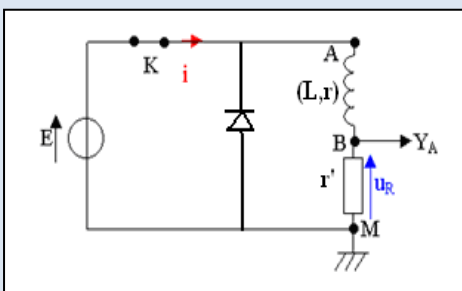
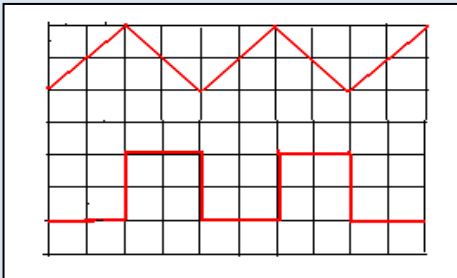
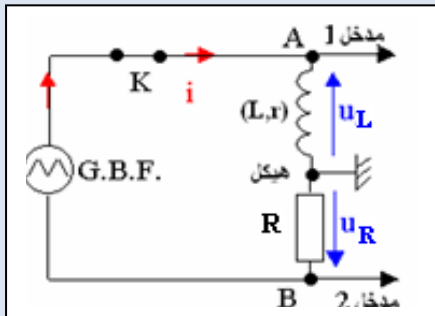
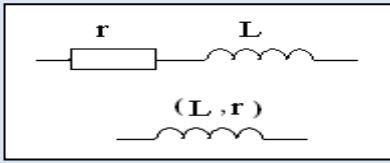
##### 1 - تعريف

ثنائي القطب RL هو تجميع على التوالي لموصل أومي مقاومتها  $r'$  و وشيعية معامل تحريضها  $L$  و مقاومتها  $r$  .

##### 2 - الدراسة التجريبية

##### 1.2 - نشاط تجريبي

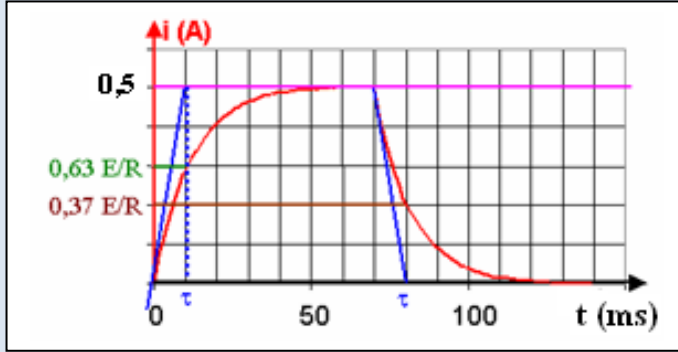
ننجز الدارة الكهربائية الممثلة جانبه و التي تحتوي على وشيعية مقاومتها  $r = 10\Omega$  و معامل تحريضها  $L$  قابل للضبط و موصل أومي مقاومتها  $r'$  قابلة للضبط و مولد يغذي الدارة بتوتر مستمر قوته الكهرومحركة  $E$  قابلة للضبط ثم قاطع تيار  $K$   
نستعمل صمام ثنائي لتفادي حدوث شرارة كهربائية عند فتح قاطع التيار  $K$  .  
نضبط  $r'$  ،  $L$  و  $E$  على القيم  $r' = 10\Omega$  و  $L = 0,2\text{H}$  و  $E = 10\text{V}$  .



الحسوب يمكن أن يمثل الدالة  $i = f(t)$  التي تمثل بدلالة الزمن شدة التيار الذي يجتاز الدارة  $i = u_R/r'$  عند  $t = 0$  نغلق الدارة و نفتحها عند  $t = 70$  s . أنظر الشكل أسفله

### • إقامة التيار

أ - حدد بطريقتين مختلفتين ثابتة الزمن  $\tau$  لثنائي القطب RL و قارنها مع القيمة النظرية  $\tau = \frac{L}{R}$  .



ب - تحقق من أننا نحصل على النظام الدائم عندما يصبح  $t > 5\tau$  .

ج - بين أن شدة التيار في النظام الدائم  $I = \frac{E}{R}$

د - لماذا لا تصبح شدة التيار مباشرة عند غلق الدارة تساوي  $I = \frac{E}{R}$

### • انقطاع التيار

أ - حدد بطريقتين مختلفتين ثابتة الزمن  $\tau'$  و قارنها مع  $\tau$  .

ب - حدد على منحنى انقطاع التيار النظام الانتقالي و النظام الدائم .

ج - لماذا لا تنعدم شدة التيار مباشرة بعد فتح الدارة .

### • تأثير R و L

أ - ماذا يحدث عندما نغير قيمة المقاومة R ؟

ب - ماذا تلاحظ عند نغير معامل التحريض L للوشية ؟

### 2.2 - استثمار

### • إقامة التيار

أ - القيمة النظرية لثابتة الزمن  $\tau = \frac{L}{R} = \frac{0,2}{20} = 10\text{ms}$  تتطابق مع القيمة التجريبية و ذلك باستعمال طريقتين :

- طريقة المماس للمنحنى عند  $t = 0$  .  $\tau$  هي أفصول نقطة تتقاطع المماس مع المقارب  $i = E/R$

- طريقة  $0,63E/R$  .  $\tau$  هي المدة الزمنية اللازمة ليصبح  $i = 0,63E/R$  .

ب - نحصل مبيانيا على النظام الدائم عندما يكون  $t > 50\text{ms}$  أي عندما يكون  $t > 5\tau$  .

ج - في النظام الدائم تشتغل الوشية كموصل أومي مقاومته  $r'$  إذن حسب قانون أوم و قانون إضافية التوترات  $E = (r+r')I$

إذن  $I = \frac{E}{R}$

ج - لا تصبح شدة التيار مباشرة عند غلق الدارة تساوي  $I = \frac{E}{R}$  لأن الوشية تقاوم التغيير الحاصل لشدة التيار أثناء غلق الدارة .

### • انقطاع التيار

أ - نحدد ثابتة الزمن بطريقة المماس للمنحنى عند لحظة انقطاع التيار أو عندما يصبح  $i = 0,37E/R$

ب - أنظر الشكل

ج - لا تنعدم شدة التيار مباشرة بعد فتح الدارة لأن الوشية تقاوم التغيير الحاصل لشدة التيار أثناء فتح الدارة .

### • تأثير R و L

أ - كل زيادة في قيمة R تؤدي إلى الحصول على النظام الدائم في مدة زمنية و جيزة و نعلل هذا بواسطة  $\tau = L/R$  الذي تنقص قيمته عند رفع قيمة R .

ب - كل زيادة في قيمة L تؤدي إلى الحصول على النظام الدائم في مدة زمنية طويلة و نعلل هذا بواسطة  $\tau = L/R$  الذي تزداد قيمته عند رفع قيمة L .

### 3 - الدراسة النظرية

#### 1.3 - إقامة التيار

#### أ - المعادلة التفاضلية

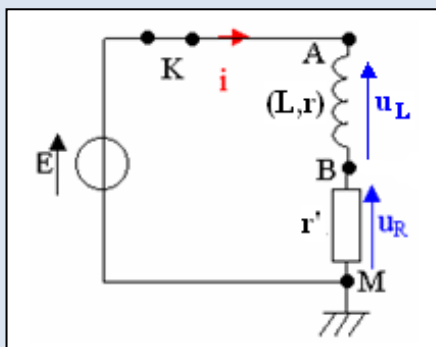
نعتبر التركيب جانبه . نغلق قاطع التيار K عند اللحظة  $t = 0$  .

حسب قانون إضافية التوترات  $E = u_L + u_R$  أي  $E = r.i + L.di/dt + r'.i$  و بالتالي نحصل على المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار  $L.di/dt + R.i = E$

$$R = r + r' \quad \text{مع} \quad \frac{di}{dt} + \frac{R}{L}i = \frac{E}{L}$$

#### ب - حل المعادلة التفاضلية

نكتب حل المعادلة التفاضلية على الشكل  $i = ae^{at} + b$



$\frac{di}{dt} = \alpha e^{\alpha t}$  نعوض في المعادلة التفاضلية و نحصل على

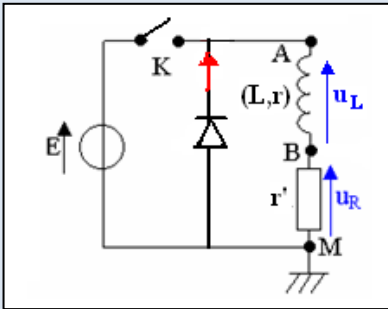
$$b = \frac{E}{R} \text{ و } \alpha = -\frac{R}{L} = -\frac{1}{\tau} \text{ إذن } (a\alpha + \frac{aR}{L})e^{\alpha t} + \frac{Rb}{L} = \frac{E}{L} \text{ يعني } a\alpha e^{\alpha t} + R/L.(ae^{\alpha t} + b) = E/L$$

عند الشروط البدئية  $t = 0$  و  $i = 0$  إذن  $i = ae^0 + b = 0$  و منه فإن  $a = -b = -E/R$

شدة التيار المار في ثنائي القطب RL ، أثناء إقامة التيار هي  $i = \frac{E}{R}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

$$u_L = r.i + L \frac{di}{dt} = r \frac{E}{R}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) + L \frac{E}{R} \cdot \frac{1}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} = Ee^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{r.E}{R}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

التوتر بين مربطي الوشيعية



نستعمل صمام ثنائي ذي وصلة لتفادي الشرارات الناتجة أثناء فتح الدارة و يكون التوتر بين مربطي الصمام الثنائي منعدما .

نطبق قانون إضافية التوترات  $u_L + u_R = 0$  أي  $r.i + L \frac{di}{dt} + r'.i = 0$  أي  $L \frac{di}{dt} + Ri = 0$  و بالتالي نحصل على المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار

$$R = r + r' \text{ مع } \frac{di}{dt} + \frac{R}{L}i = 0$$

**ب - حل المعادلة التفاضلية**

نكتب حل المعادلة التفاضلية على الشكل  $i = ae^{\alpha t} + b$

$\frac{di}{dt} = \alpha e^{\alpha t}$  نعوض في المعادلة التفاضلية و نحصل على

$$b = 0 \text{ و } \alpha = -\frac{R}{L} = -\frac{1}{\tau} \text{ إذن } (a\alpha + \frac{aR}{L})e^{\alpha t} + \frac{Rb}{L} = 0 \text{ يعني } a\alpha e^{\alpha t} + R/L.(ae^{\alpha t} + b) = 0$$

عند الشروط البدئية  $t = 0$  و  $i = E/R$  إذن  $i = ae^0 = E/R$  و منه فإن  $a = E/R$

شدة التيار المار في ثنائي القطب RL ، أثناء إنقطاع التيار هي  $i = \frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$  مع  $\tau = \frac{L}{R}$

$$u_L = r.i + L \frac{di}{dt} = r \frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}} + L \frac{E}{R} \cdot \left(-\frac{1}{\tau}\right)e^{-\frac{t}{\tau}} = E\left(\frac{r}{R} - 1\right)e^{-\frac{t}{\tau}}$$

التوتر بين مربطي الوشيعية

**( III ) الطاقة المخزنة في الوشيعية**

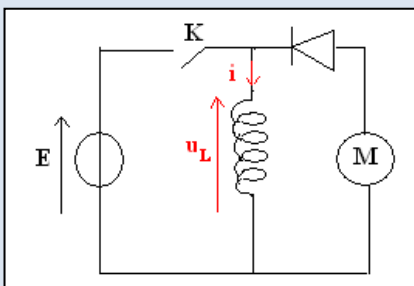
**1 - تعبير الطاقة المخزنة في الوشيعية**

$$\mathcal{P} = (r.i + L \frac{di}{dt}).i = r.i^2 + \frac{d(\frac{1}{2}Li^2)}{dt} = \mathcal{P}_h + \mathcal{P}_m$$

لدينا  $\mathcal{P}_h = r.i^2$  القدرة المبددة في الوشيعية بواسطة مفعول جول و  $\mathcal{P}_m = \frac{d(\frac{1}{2}Li^2)}{dt}$  القدرة المخزنة في الوشيعية و تسمى القدرة المغنطيسية.

ولدينا  $\mathcal{P}_m = \frac{dE_m}{dt}$  و منه نستنتج الطاقة المخزنة في الوشيعية  $E_m = \frac{1}{2}Li^2$  و تسمى الطاقة المغنطيسية .

**2 - الإبراز التجريبي**



نعتبر التركيب الكهربائي جانبه . فعندما نغلق قاطع التيار يمر تيار كهربائي في الوشيعية و يمنع الصمام الثنائي المستقطب في المنحى المعاكس مرور التيار الكهربائي في دارة المحرك فلا يشتغل . و عند فتح الدارة يمر تيار كهربائي في دارة المحرك الوشيعية فيشتغل المحرك . نستنتج أن الوشيعية تختزن طاقة كهربائية و هذه الطاقة تكون مهمة كلما كان معامل التحريض كبيرا أو كلما كانت شدة التيار كبيرة .