

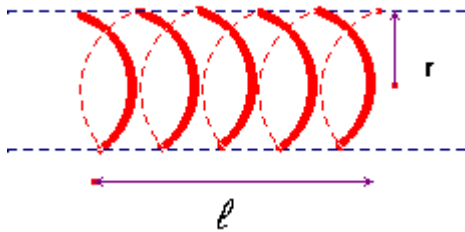
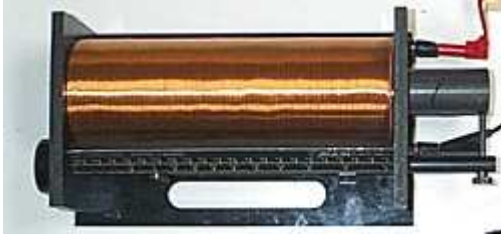
# ثنائي القطب RL

## (I) الوشيعية La Bobine

### 1.1) تعريف :

تتألف الوشيعية من تلفيف لسلك موصل مغطى بمادة عازلة على أسطوانة طولها  $L$  وشعاعها  $r$

- تكون الوشيعية مسطحة إذا كان  $L$  صغير أمام الشعاع  $r$
- إذا كان الطول  $L$  أكبر من  $10r$  نسمي الوشيعية ملفا لولبيا لامتناه في الطول ( solénoïde infiniment long )
- إذا كان  $L$  قريب من  $r$  تسمى الوشيعية ملفا لولبيا : solénoïde

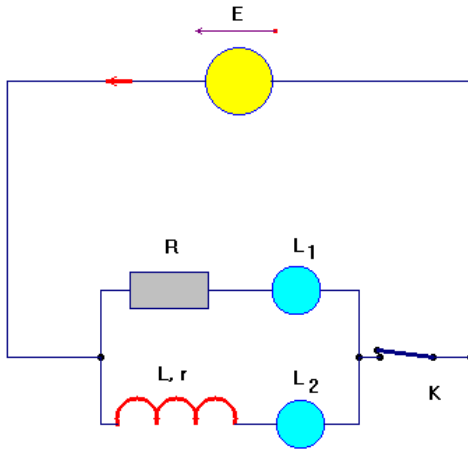


### 2.1) تأثير الوشيعية على دائرة كهربائية

#### تجربة

( تأخير إقامة التيار الكهربائي )

- نعتبر الدارة الكهربائية المكونة من مولد للتيار الكهربائي .
- مصباحان مماثلان
- ريزستور (مقاومة) و وشيعية .
- قاطع التيار الكهربائي .



#### ملاحظات

- عند غلق الدارة الكهربائية : يلمع المصباح  $L_1$  أولا ثم يليه  $L_2$  .
- وعندما نفتح الدارة يتأخر المصباح  $L_2$  في الانطفاء .
- نقول أن الوشيعية تقاوم إقامة أو انعدام التيار ( انقطاعه )

- تزداد المقاومة عند إدخال نواة من الحديد المطاوع بداخل الوشيعية .

في النظام الدائم للتيار الكهربائي (تكون شدة التيار الكهربائي ثابتة) تتصرف الوشيعية كموصل أومي ذو مقاومة  $r$

#### استنتاجات

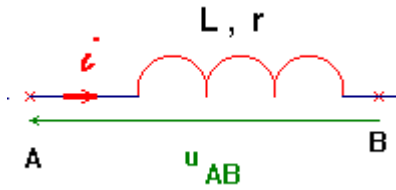
نقرن بالتأثير الذي تبديه الوشيعية عند إقامة أو انعدام التيار الكهربائي مقدارا فيزيائيا جديدا **موجبا** قيمته تتعلق بالميزات الهندسية للوشيعية نسميه **معامل التحريض L'inductance** يعبر عنه في النظام العالمي للوحدات **بالهاتري** henry ويرمز له ب  $H$  .

$$L = \mu_0 \cdot \frac{N^2}{\ell} \cdot S$$

ملحوظة : بالنسبة لوشيعية طولها  $\ell$  ومساحة مقطعها  $S$  وتضم  $N$  لفة وعامل تحريضها :

**خلاصة:** الوشيعه ثنائي قطب له مقاومة  $r$  ومعامل تحريض  $L$  (مرتبط بتغير شدة التيار الكهربائي)

يمكن أن نرمز له ب :



$$U_{AB} = ri + L \frac{di}{dt}$$

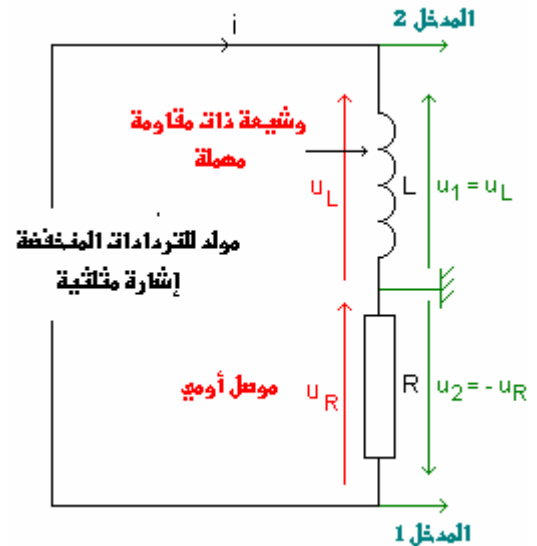
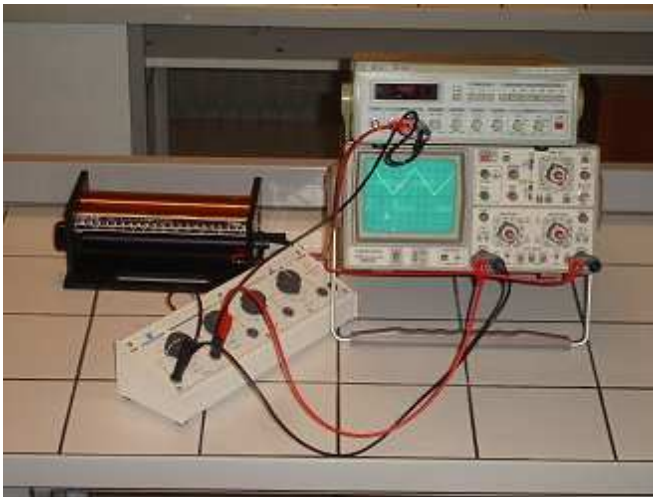
نبرهن أن التوتر بين طرفي الوشيعه وفق اصطلاح المستقبل:

$$U_{AB} = L \frac{di}{dt}$$

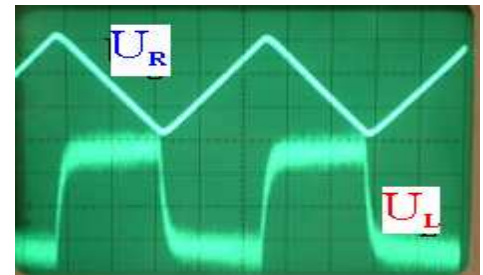
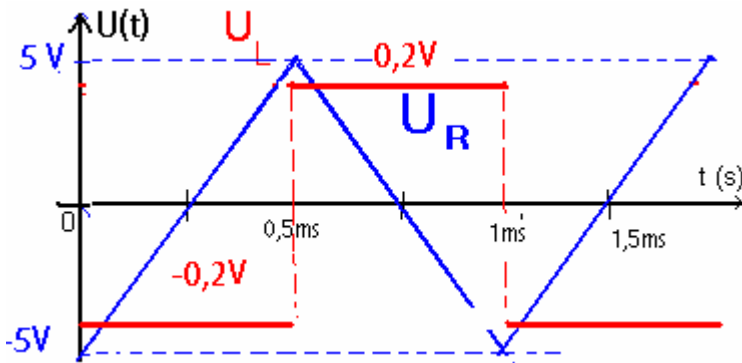
ماحوظة: إذا كانت مقاومة الوشيعه مهملة ( $r \approx 0$ ) فإن

3.1 التحديد التجريبي لمعامل تحريض وشيعه:

**تجربة:** تردد المولد  $N=1000\text{Hz}$  (أي أن  $T=1\text{ms}$ ) و  $R = 1K\Omega$



المعاينة



$$U_L = L \cdot \frac{di}{dt} \quad \text{التحقق من: } \quad \text{⚡}$$

$$(1) \quad U_L = L \cdot \frac{di}{dt} \quad \text{وبما أن مقاومة الوشعة مهملة أي } r \approx 0 \text{ فإن } U_L = ri + L \cdot \frac{di}{dt}$$

حسب قانون أوم (OHM) لدينا :  $U_R = Ri$  .

من تبيانة الدارة ما نعاينه على راسم التدبذب

○ في المدخل 1 هو  $U_2$  والذي حسب التوجيه :  $U_2 = -U_R = -Ri$

○ في المدخل 2 هو  $U_1$  والذي حسب التوجيه :  $U_1 = U_L = L \cdot \frac{di}{dt}$

$$(2) \quad \frac{di}{dt} = -\frac{1}{R} \cdot \frac{dU_R}{dt} \quad \text{ومنه نستنتج:}$$

نعوض العلاقة (2) في العلاقة (1) فنحصل على :  $U_L = -\frac{L}{R} \cdot \frac{dU_R}{dt}$  ومنه نستنتج تعبير معامل التحريض L

$$L = -\frac{U_L \cdot R}{\frac{dU_R}{dt}}$$

ت.ع : بما أن الدالتان  $U_1$  و  $U_2$  دوريتان يكفي التحقق من العلاقة في المجال الزمني  $[0; T = 1ms]$

○ مبيانيا :  $U_L = 0,2V$  و  $\frac{dU_R}{dt}$  هو المعامل الموجه a للمستقيم الممثل ل  $U_R$  في المجال الزمني

$$a = \frac{dU_R}{dt} = \frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{5 - (-5)}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 2 \cdot 10^4 V \cdot s^{-1} \quad \text{أي } \left[0; \frac{T}{2} = 0,5ms\right]$$

$$R = 10^3 \Omega \quad \circ$$

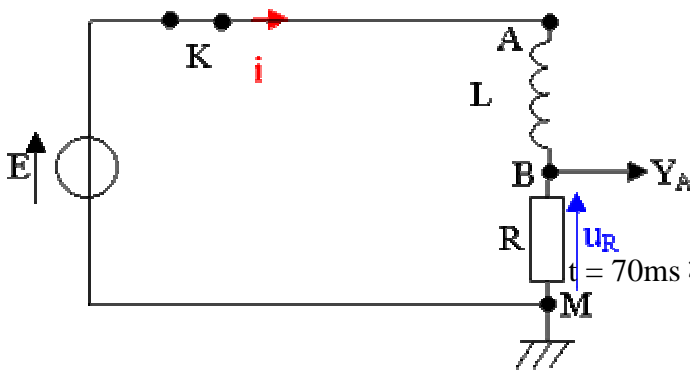
$$\circ \quad \text{نعوض في } L = -\frac{U_L \cdot R}{\frac{dU_R}{dt}} \quad \text{نجد } L = -\frac{-0,2 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^4} = 10^{-2} H = 10mH$$

## (II) استجابة ثنائي القطب RL لرتبة توتر

**(0.2) تعريف :** ثنائي القطب RL هو تجميع على التوالي لموصل أومي و وشعة معامل تحريضها L ومقاومتها r .

### 1.2 الدراسة التجريبية

⚡ الدارة الكهربائية



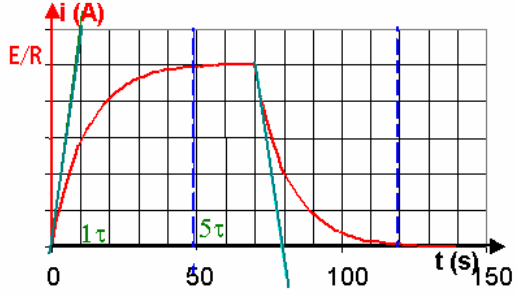
نجز الدارة الكهربائية التالية ويمكن الاستعانة بالحاسوب

ليمكن من معاينة المنحنى الممثل لتغيرات شدة التيار الكهربائي

المار في الدارة . نغلق الدارة عند  $t = 0$  ونفتح الدارة عند اللحظة  $t = 70ms$

نربط طرفي الموصل الأومي براسم التدبذب .

⚡ المعاينة (دراسة المنحنى المحصل عليه)



نلاحظ أن إقامة التيار الكهربائي في الدارة تتميز بنظامين

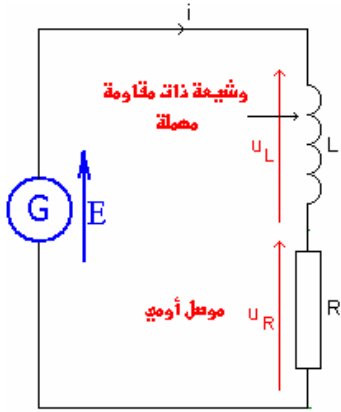
- ❖ النظام الانتقالي : تتزايد شدة التيار الكهربائي وفق قانون أسي حيث :  $t < 50ms$ .
- ❖ النظام الدائم : تبقى شدة التيار الكهربائي ثابتة في المجال الزمني :  $50ms < t < 70ms$ .
- ❖ ابتداءً من  $t = 70ms$  تنقص شدة التيار الكهربائي وفق دالة أسية وينعدم ابتداءً من  $t = 120ms$

📌 **خلاصة :** تقاوم الوشيجة تغير التيار الكهربائي في الدارة

### 3.2 الدراسة النظرية

#### 1.3.2 إقامة التيار في ثنائي القطب RL

#### 📌 دراسة شدة التيار $i(t)$



قانون إضافية التوترات يعطي المعادلة التفاضلية ( بشدة التيار الكهر

$$u_R + u_L = E \Rightarrow R.i + L.di/dt = E \quad (1)$$

حل المعادلة التفاضلية :  $i = a + b.e^{-t/\tau}$  مع  $di/dt = -b.e^{-t/\tau}/\tau$

نعوض في المعادلة (1)

$$1. \quad R.(a + b.e^{-t/\tau}) - L.b.e^{-t/\tau}/\tau = E \quad (\text{تتحقق هذه المعادلة أيا كان الزمن})$$

$$R.a = E \quad \text{et} \quad R.b - L.b/\tau = 0 \Rightarrow a = E/R \quad \text{et} \quad \tau = L/R \quad \text{ومنه :}$$

لتحديد قيمة الثابتة b نرجع إلى الشروط الأولية حيث :

$$t = 0 \text{ s} : i = 0 = E/R + b.e^0 \Rightarrow b = -E/R$$

$$i = E/R (1 - e^{-t/\tau})$$

مع  $\tau = L/R$  (بالثانية: s)

#### 📌 دراسة التوتر $U_L(t)$

$$u_L = L.di/dt = L.E/R.e^{-t/\tau}/\tau$$

$$\tau = L/R$$

$$\Rightarrow u_L = E.e^{-t/\tau}$$

كما يمكن استعمال :

$$u_L + u_R = E \Rightarrow u_L = E - R.(E/R (1 - e^{-t/\tau})) = E.e^{-t/\tau}$$

$$u_L = E.e^{-t/\tau}$$

$$\tau = L/R \quad \text{مع :}$$

### 2.2.3 دراسة انقطاع التيار في ثنائي القطب RL

#### 📌 دراسة شدة التيار $i(t)$

قانون إضافية التوترات يعطي المعادلة التفاضلية ( بشدة التيار الكهربائي )

$$u_R + u_L = 0 \Rightarrow R.i + L.di/dt = 0 \quad (1)$$

حل المعادلة التفاضلية:  $i = a + b.e^{-t/\tau}$  مع  $di/dt = -b.e^{-t/\tau}/\tau$  نعوض في المعادلة (1)

$$R.(a + b.e^{-t/\tau}) - L.b.e^{-t/\tau}/\tau = 0 \quad (\text{تتحقق هذه المعادلة أيا كان الزمن})$$

$$R.a = 0 \text{ و } R.b - L.b/\tau = 0 \Rightarrow a = 0 \text{ و } \tau = L/R \quad (\text{ثابتة الزمن})$$

تحديد b بالشروط الأولية لهذه الحالة:

$$t = 0 \text{ s} : i = E/R = b.e^0 \Rightarrow b = E/R$$

مع  $\tau = L/R$  (بالثانية)

$$i = E/R e^{-t/\tau}$$

دراسة التوتر  $U_L(t)$

$$u_L = L.di/dt = -L.E/R.e^{-t/\tau}/\tau$$

مع  $\tau = L/R$ :

$$\Rightarrow u_L = -E.e^{-t/\tau}$$

$$u_L = -E.e^{-t/\tau}$$

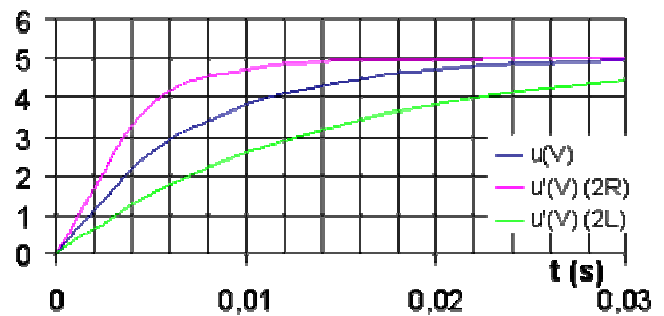
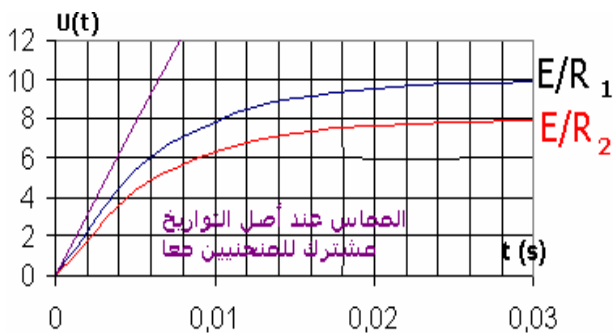
كما يمكن استعمال:

$$u_L + u_R = 0 \Rightarrow u_L = -R.E/R e^{-t/\tau} = -E.e^{-t/\tau}$$

$$\tau = L/R$$

$$u_L = -E.e^{-t/\tau}$$

### 3.2.3 تأثير المقاومة ومعامل التحريض على شدة التيار الكهربائي المار في الدارة:



### 4.2.3 التعيين المبياني لثابتة الزمن: $\tau = L/R$

### الطريقة الأولى:

عند إقامة التيار الكهربائي (غلق الدارة) للوصول ل:  $\tau$

نخط المماس للمنحنى الممثل ل  $i(t)$  عند

اللحظة  $t = 0s$  والذي يتقاطع مع المقارب :

$t = \tau$  عند اللحظة:  $i(t) = E/R$

عند انقطاع التيار الكهربائي (فتح الدارة)

نخط المماس عند لحظة انقطاع التيار الكهربائي

ويتقاطع المماس مع محور الزمن عند اللحظة

(مع  $t_0$  لحظة انقطاع التيار)  $t = t_0 + \tau$

### الطريقة الثانية:

طريقة تعتمد الطريقة لنظرية حيث يتم إقامة التيار الكهربائي عندما يصبح  $t = \tau$  ونعوض ذلك في دالة إقامة التيار الكهربائي

ونستنتج نسبة شدة التيار عندها بالنسبة للقيمة القصوية  $E/R$

$$i = E/R (1 - e^{-\tau/\tau}) = i_{\max} (1 - e^{-\tau/\tau})$$

$$\frac{i}{i_{\max}} = (1 - e^{-\tau/\tau}) = (1 - 0,3678) \approx 0,63 = 63\%$$

بنفس الطريقة وعند انقطاع التيار وفي تعبير شدة التيار لهذه الحالة نصل إلى: نسبة التيار بالنسبة للقيمة القصوية لهذه

الحالة

37% (انظر المنحنى أعلاه)

$$\tau = L / R \text{ معادلة أبعاد}$$

$$[L / R] = [L] / [R]$$

$$R = U / I \Rightarrow [R] = U \cdot I^{-1}$$

$$u_L = L \cdot di/dt \Rightarrow [L] = U \cdot T \cdot I^{-1} \Rightarrow [L / R] = (U \cdot T \cdot I^{-1}) \cdot (U \cdot I^{-1})^{-1} \Rightarrow [L / R] = T$$

$$\tau = L / R \text{ له بعد الزمن ويعبر عنه ب الثانية}$$

مع:  $R (\Omega)$  و  $L (H)$