

## ثنائي القطب RL Dipôle RL

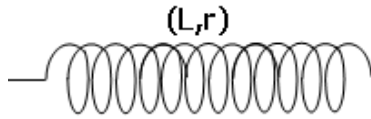
### I - الوشيعة : la bobine

#### 1 - التعريف

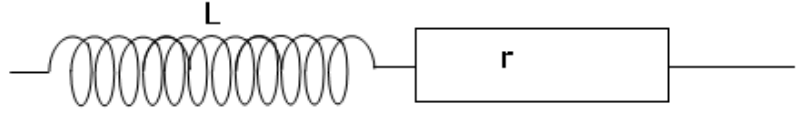
الوشيعة ثنائي قطب يتكون من لفات ، من سلك من النحاس ، غير متصلة فيما بينها لكونها مطلية ببريق عازل كهربائي .

#### رمز الوشيعة :

لتمثيل لوشيعة نستعمل أحد الرمزتين التاليتين :



الشكل 1



الشكل 2

حيث  $r$  مقاومة الوشيعة و  $L$  معامل يميز الوشيعة يسمى معامل التحريض الذاتي . وحدته في النظام العالمي للوحدات هي الهنري (H) .  
وتقاس  $L$  بواسطة جهاز مقياس معامل التحريض الذاتي .

#### 2 - التوتير بين مربطي وشيعة .

##### النشاط التجريبي 1

I - ننجز التركيب التجريبي الممثل في الشكل (1) والذي يتكون من مولد التوتير المستمر ومعدلة ووشيعة دون نواة الحديد معامل تحريضها الذاتي  $L=10\text{mH}$  ومقاومتها صغيرة ، وموصل أومي مقاومته  $R=100\Omega$  وأمبيرمتر لقياس التيار الكهربائي المار في الدارة

نضع فولطمتر لقياس التوتير بين مربطي الوشيعة ونغلق قاطع التيار K .

نغير قيم التوتير بواسطة المعدلة وفي كل مرة نقيس التوتير  $u_L$  بين مربطي الوشيعة وكذلك شدة التيار  $I$  المار في الدارة .

فحصل على النتائج التالية :

|          |   |     |     |     |     |
|----------|---|-----|-----|-----|-----|
| $u_L(V)$ | 0 | 0,8 | 1,6 | 2,4 | 3,2 |
| $I(A)$   | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 |

#### استثمار النتائج :

1 - مثل المنحنى  $u_L$  بدلالة الشدة  $I$  .

2 - بين أن الوشيعة تتصرف كموصل أومي .

حسب المنحنى المحصل عليه أن التوتير بين مربطي الوشيعة يتناسب اطرادا مع شدة التيار المار فيها ، مما يبين أن الوشيعة تتصرف كموصل أومي مقاومته  $r$

3 - حدد  $r$  مقاومة الوشيعة وقارنها بالقيمة التي يشير إليها الصانع .

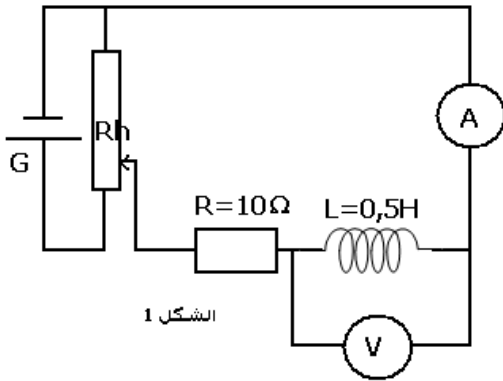
$$r = \frac{\Delta U_L}{\Delta I} = \frac{2,4 - 0,8}{0,3 - 0,1} = 8\Omega$$

4 - استنتج العلاقة بين  $u_L$  و  $r$  و  $I$  .

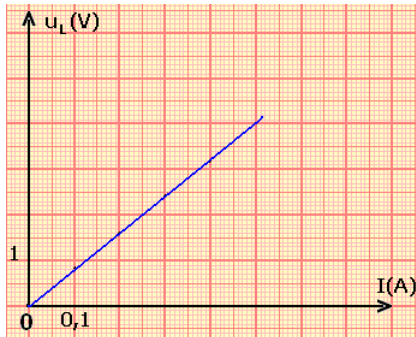
$$U_L = rI$$

#### II

منخفضة GBF ، حيث يعطي تيارا مثلثيا تردده  $f=400\text{Hz}$  ، وتوتره الأقصى 5V . نستعمل برنم إلكتروني ننجز التركيب التجريبي الممثل في الشكل (2)



الشكل 1



نرسم على ورق مليمتري الرسم التذبذي المحصل عليه .

### استثمار

1 - لماذا يمكن المدخل  $Y_2$  لكاشف التذبذب من معاينة تغيرات شدة التيار الكهربائي المار في الدارة ؟  
 $Y_2$  تعين التوتر بين مربطي الموصل الأومي :  $u_R = -Ri$  أي أن  $u_R$  و  $i$  يتناسبان اطرادا ، المنحنى المحصل عليه له نفس شكل المنحنى لتغيرات شدة التيار الكهربائي  $i(t)$  المار في الدارة

2

2 - 1 حدد قيمة المعامل  $a$  ، ما وحدته ؟

$$i(t) = \frac{-u_R}{R} = \frac{a't + b'}{R} = at + b$$

$$a = \frac{a'}{R} = \frac{\Delta u}{R \cdot \Delta t} = \frac{-10}{100 \cdot 10^{-3}} = -100 \text{ A/s}$$

$$b = \frac{5}{100} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ A}$$

$$i(t) = -100t + 5 \cdot 10^{-2}$$

2 - 2 عين ، بالنسبة للنصف الأول من الدور ، قيمة التوتر

$u_L(t)$  بين مربطي الوشيعة ، ثم استنتج النسبة  $\frac{u_L(t)}{\frac{di}{dt}}$  .

حسب المعاينة على شاشة راسم التذبذب لدينا  $u_L = 1V$

$$\frac{u_L}{\frac{di}{dt}} = \frac{1}{100} = 10^{-2} \text{ H} = 10 \text{ mH}$$

$$\frac{u_L}{\frac{di}{dt}} = L \Rightarrow u_L = L \frac{di}{dt}$$

2 - 3 قارن هذه النسبة مع  $L$  معامل التحريض الذاتي للوشيعة المستعملة .

استنتج العلاقة بين  $u_L$  و  $L$  و  $\frac{di}{dt}$  .

3

التجربة لم تؤخذ هذه المقاومة بعين الاعتبار لكون تأثيرها مهملا .

اقترح علاقة عامة للتوتر  $u_L$  بين مربطي الوشيعة تضم  $r$  و  $i(t)$  و  $L$  و  $\frac{di}{dt}$  .

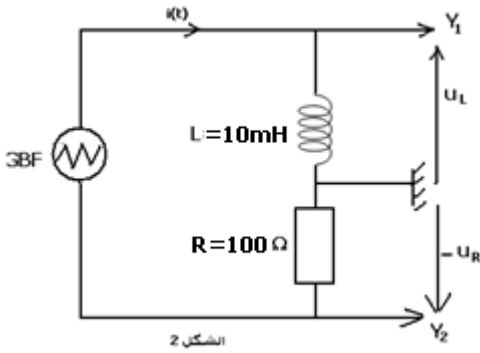
$$u_L(t) = r \cdot i(t) + L \cdot \frac{di}{dt}$$

### خلاصة :

بالنسبة لوشيعة دون نواة حديد ، وفي الاصطلاح مستقبل يعبر عن التوتر  $u_L$  بين مربطي وشيعة بالعلاقة :

$$u_L(t) = r \cdot i(t) + L \cdot \frac{di}{dt}$$

$u_L(t)$  بالفولط (V) ،  $i(t)$  بالأمبير ،  $r$  بالأوم ،  $L$  بالهنري .



الشكل 2



## النشاط التجريبي 2 : تأثير الوشيعية على دارة كهربائية .

ننجز التركيب التجريبي الممثل في الشكل (3)  
نغلق قاطع التيار K .

استثمار :

1

1 - هل يتألق المصباحان  $L_1$  و  $L_2$  مباشرة بعد إغلاق الدارة ؟

نعم يتألق المصباحان  $L_1$  و  $L_2$  ونلاحظ أن المصباح  $L_1$  يتألق قبل المصباح  $L_2$

1 - 2 كيف تتغير شدة التيار المار في كل من  $L_1$  و  $L_2$  ؟

تتغير شدة التيار في المصباح  $L_1$  لحظيا بينما في المصباح  $L_2$  تتغير تدريجيا متأخرة بلحظات عن تألق  $L_1$

2 - ما تأثير الوشيعية على إقامة التيار ؟

الوشيعية تؤخر إقامة التيار

3 - ماذا يحدث عند فتح الدارة ؟ ما تأثير الوشيعية ، عند انعدام التيار ؟

نفس الملاحظة أن الوشيعية تؤخر انعدام التيار في الفرع الذي يضمها .

خلاصة :

في دارة كهربائية تحتوي على وشيعية ، تؤخر هذه الأخيرة إقامة التيار أو انعدام التيار في هذه الدارة أي بصفة عامة فالوشيعية تقاوم تغير شدة التيار الذي يمر

فيها . وهذا ناتج عن تأثير الجداء  $L \cdot \frac{di}{dt}$  .

## 3 - استغلال تعبير التوتر بين مربطي وشيعية .

عند إهمال مقاومة الوشيعية ، يصبح التوتر  $u_L(t)$  بين مربطي الوشيعية كالتالي :

$$u_L(t) = L \frac{di(t)}{dt}$$

\*  $i(t)$  تزايدية فإن  $u_L(t) > 0$

\* إذا كان تغير شدة التيار الكهربائي سريع جدا (  $dt$  صغيرة جدا بينما  $di$  كبيرة جدا أي أن الإشتقاق له قيمة كبيرة

جدا ) وبالتالي  $u_L(t)$  تأخذ قيمة كبيرة جدا مما يؤدي إلى ظهور **فرط التوتر** بين مربطي الوشيعية

## II - ثنائي القطب RL

يتكون ثنائي القطب RL من موصل أومي مقاومته R مركب على التوالي مع وشيعية مقاومتها  $r$  ومعامل تحريضها L .

نسمي المقاومة الكلية لثنائي القطب هذا  $R_t = R + r$  .

## 1 - استجابة ثنائي القطب RL لرتبة صاعدة للتوتر .

### 1 - 1 المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار المار في الدارة RL .

نعتبر الدارة RL الممثلة في الشكل جانبه .

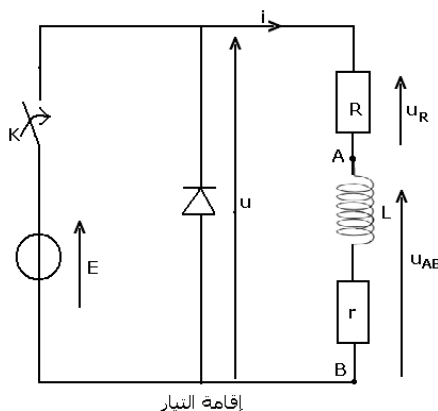
نغلق قاطع التيار K في اللحظة  $t=0$  . يأخذ التوتر بين مربطي الدارة RL

لحظيا القيمة E ( رتبة صاعدة للتوتر ) .  $i(t)$  شدة التيار الذي يمر في الدارة عند **إقامة التيار** استجابة لرتبة توتر صاعدة .

حسب قانون إضافية التوترات لدينا :

$$u = u_{AB} + u_R$$

بحيث أن  $u = E$  و  $u_R = Ri(t)$  و  $u_{AB} = ri + L \frac{di}{dt}$  أي أن



$$E = L \frac{di}{dt} + (R + r)i$$

$$L \frac{di}{dt} + R_t i = E \Rightarrow \frac{L}{R_t} \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R_t} \text{ بما أن } R+r=R_t \text{ فإن}$$

نضع  $\tau = \frac{L}{R_t}$  فتصبح المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة

التيار  $i(t)$  المار في الدارة RL هي :

$$\tau \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R_t}$$

### 1-2 حل المعادلة التفاضلية .

يكتب المعادلة التفاضلية التالية :  $\tau \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R_t}$

على الشكل التالي :  $i(t) = Ae^{-\alpha t} + B$  حيث  $A$  و  $B$  و  $\alpha$  ثابت يجب تحديدها .

نعوض الحل في المعادلة التفاضلية :

$$\tau(-\alpha Ae^{-\alpha t}) + Ae^{-\alpha t} + B = \frac{E}{R_t} \Rightarrow (1 - \alpha\tau) Ae^{-\alpha t} + B = \frac{E}{R_t}$$

$$1 - \alpha\tau = 0 \Rightarrow \alpha = \frac{1}{\tau}$$

$$B = \frac{E}{R_t}$$

وبالتالي سيكون حل المعادلة التفاضلية على الشكل التالي :  $i(t) = Ae^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{E}{R_t}$

تحديد الثابتة  $A$  حسب الشروط البدئية :  $i(0)=0$  وهي ناتجة عن كون  $i(t)$  دالة متصلة في أي لحظة من لحظات تشغيل الوشيعية بما في ذلك اللحظة  $t=0$  حيث يمكن أن نكتب  $i(t) = i(t+\varepsilon) = i(t-\varepsilon)$  بحيث أن  $\varepsilon$  عدد موجب قريب من الصفر .

$$A = -\frac{E}{R_t} \text{ حسب حل المعادلة لدينا } i(0)=A+B=0 \text{ أي أن}$$

نضع  $I_0 = \frac{E}{R_t}$  فيكون حل المعادلة التفاضلية هو :

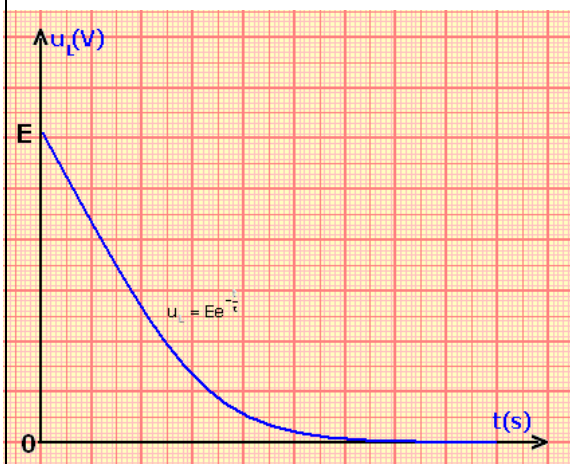
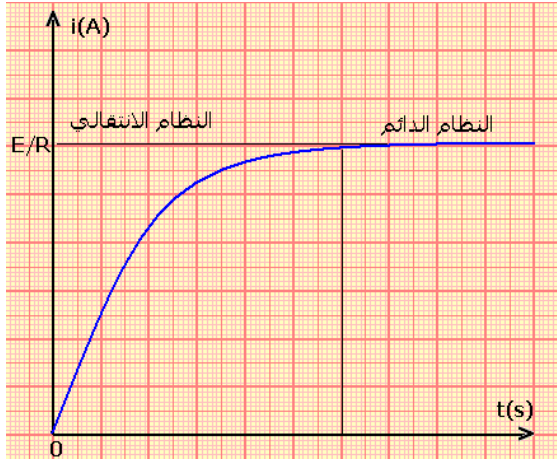
$$i(t) = I_0 \left( 1 + e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

### 2 - تعبير التوتر بين مربطي وشيعية .

حسب قانون إضافية التوترات لدينا :

$$u = u_{AB} + Ri(t) \text{ أي أن}$$

$$u_L = u - Ri(t) \Rightarrow u_L = E - R_t \cdot \frac{E}{R_t} \left( 1 + e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$



نحمل مقاومة الوشيجة أمام المقاومة  $R$  فتصبح  $R_t = R$  وبالتالي :

$$u_L = E \left( 1 - \left( 1 + e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \right) \Rightarrow u_L = E e^{-\frac{t}{\tau}}$$

### 3 - ثابتة الزمن $\tau$

$$\tau = \frac{E}{R_t} \quad \text{3 - 1 معادلة الأبعاد لثابتة الزمن}$$

$$L = \frac{u_L}{\frac{di}{dt}} \Rightarrow [L] = \frac{[V][s]}{[A]} \quad \text{نعلم أن } \left[ \frac{L}{R_t} \right] = \left[ \frac{L}{R} \right]$$

$$[R] = \frac{[V]}{[A]} \quad \text{أي أن :}$$

$$\left[ \frac{L}{R_t} \right] = [s] \quad \text{أي أن } \left[ \frac{L}{R_t} \right] = \frac{[V][s]}{[A]} \times \frac{[A]}{[V]}$$

أي أن القيمة  $\tau = \frac{E}{R_t}$  لها بعد زمني تسمى ثابتة الزمن وتميز

ثنائي القطب RL .

### 3 - 2 كيفية تحديد $\tau$

هناك طريقتين :

- الطريقة الأولى وهي : حساب  $i(\tau)$  ونحدد أفصولها على المنحنى  $i(t)$  .

- الطريقة الثانية : استعمال المماس في اللحظة  $t=0$  ونحدد

نقطة تقاطعه مع  $E/R$  . أنظر الشكل جانبه .

### 4 - انعدام التيار في دارة تضم ثنائي قطب RL .

عند فتح قاطع التيار ، يتغير التوتر من القيمة  $E$  إلى القيمة الصفر

( رتبة توتر نازلة ) نقول أن هناك انعدام التيار في الدارة RL .

نطبق قانون إضافية التوترات نتوصل إلى العلاقة التالية :

$$L \frac{di}{dt} + (R + r)i = 0 \quad \text{أي } \tau \frac{di}{dt} + i = 0 \quad \text{بحيث أن}$$

$$\tau = \frac{L}{R + r} = \frac{L}{R_t}$$

حل هذه المعادلة التفاضلية هو :

$$i(t) = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \text{بحيث أن } \tau = \frac{L}{R_t} \quad \text{و } I_0 = \frac{E}{R_t} \quad \text{باعتبار أن } i(0) = I_0$$

في هذه الحالة نحدد مبيانيا ثابتة الزمن بتطبيق العلاقة :  $i(\tau) = 0,37I_0$

ملحوظة : كلما كانت  $\tau$  صغيرة كلما كانت مدة إقامة وانعدام التيار صغيرة كذلك .

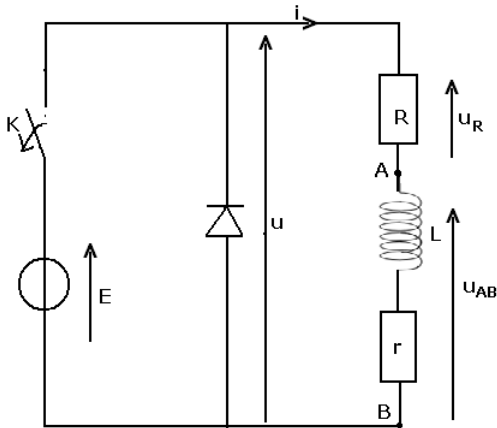
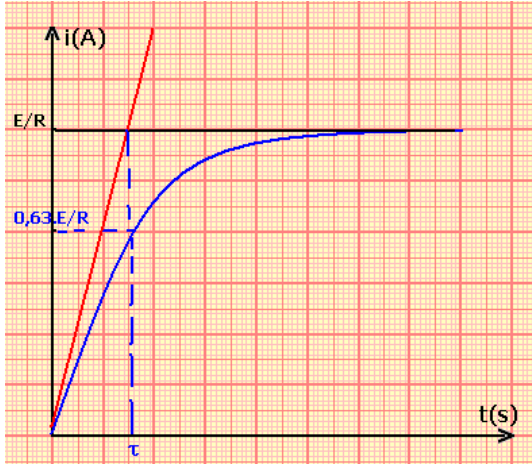
نستعمل في التركيب التجريبي الصمام من أجل حماية الدارة RL من فرط التوتر الذي يحدث بين

مربطها عند فتح قاطع التيار K .

### III - الطاقة المخزونة في وشيجة

#### 1 - إبراز التجريبي .

نعتبر التركيب الممثل في الشكل جانبه .



انعدام التيار

عند غلق قاطع التيار K يمر تيار كهربائي في الوشيعية . يمنع الصمام الثنائي المركب في المنحى الحاجز مرور تيار كهربائي في المحرك .

عند فاح قاطع التيار K يشتغل المحرك فيرتفع الجسم S . فسر هذه الظاهرة .

يتبين أن الوشيعية اختزنّت ، أثناء إغلاق الدارة الكهربائية طاقة مغناطيسية في الفضاء المحيط بها ، ثم حررت هذه الطاقة عند فتح الدارة .

## 2 - تعبير الطاقة المخزونة في وشيعة

عند إغلاق الدارة تكتب المعادلة التفاضلية على الشكل التالي :

$$E = Ri + L \frac{di}{dt} \Rightarrow E \cdot i = Ri^2 + L \frac{di}{dt} \cdot i$$

$$Eidt = Ri^2dt + d\left(\frac{1}{2}Li^2\right)$$

من خلال هذه المعادلة نلاحظ :

$Eidt$  تمثل الطاقة الممنوحة من المولد للوشيعة خلال المدة  $dt$  .

$Ri^2dt$  الطاقة المبددة بمفعول جول في الوشيعية .

$d\left(\frac{1}{2}Li^2\right)$  الطاقة التي تختزنها الوشيعية .

نعرف الطاقة المخزونة في الوشيعية بين لحظتين 0 و  $t$  هي :

$$\xi_m = \int_0^t d\left(\frac{1}{2}Li^2\right) = \frac{1}{2}Li^2$$

خلاصة :

تناسب الطاقة المخزونة في وشيعة ، معامل تحريضها  $L$  ، مع مربع شدة التيار الكهربائي المار فيها :

$$\xi_m = \frac{1}{2}Li^2$$

