

ثنائي القطب RL

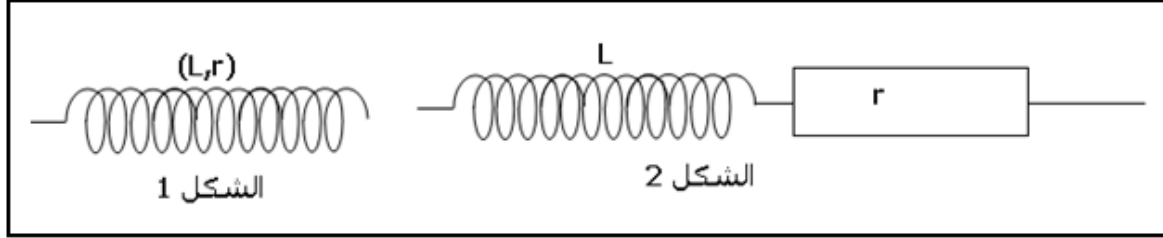
ثنائي القطب RL Dipôle RL

I _ الوشيعية : la bobine

1 _ التعريف

الوشيعية ثنائي قطب يتكون من لفات ، من سلك من النحاس ، غير منصلة فيما بينها لكونها مطلية ببرنيق عازل كهربائي .

رمز الوشيعية :



لتمثيل لوشيعية نستعمل أحد الرمزتين التاليين :

حيث r مقاومة الوشيعية و L معامل يميز الوشيعية يسمى معامل التحريض الذاتي . وحدثه في النظام العالمي للوحدات هي

الهنري (H) Henry . وتقاس L بوسطة جهاز مقياس معامل التحريض الذاتي .

2 _ التوتر بين مربطي وشيعية .

النشاط التجريبي 1

I _ نجز التركيب التجريبي الممثل في الشكل (1) والذي يتكون من مولد التوتر المستمر ومعدلة ووشيعية 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 التوتر بين مربطي الوشيعية ونغلق قاطع التيار K .

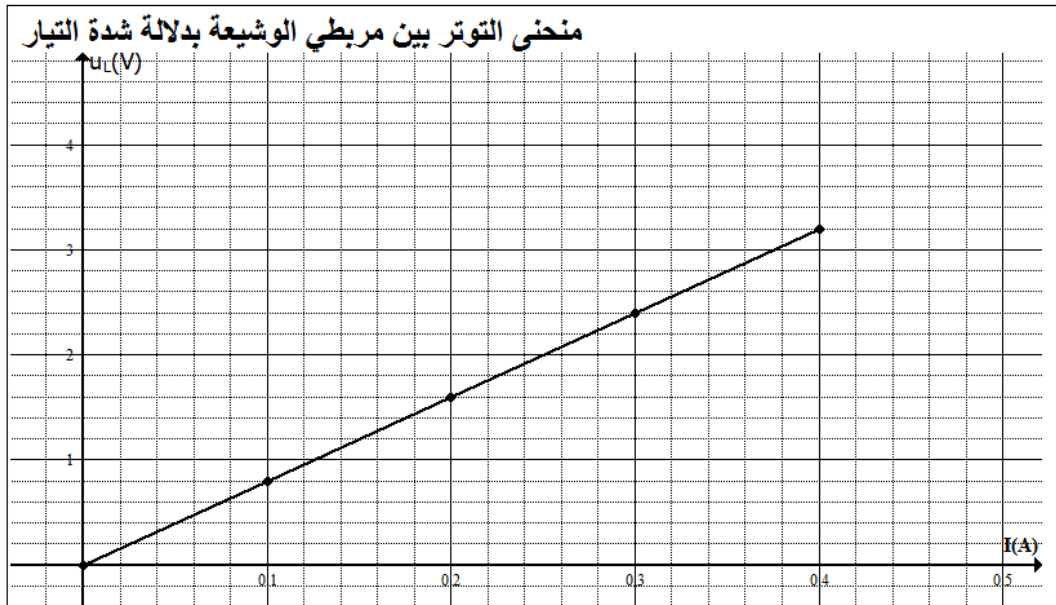
نغير قيم التوتر بواسطة المعدلة وفي كل مرة نقيس التوتر u_L بين مربطي الوشيعية وكذلك شدة التيار I المار في الدارة .

فنجصل على النتائج التالية :

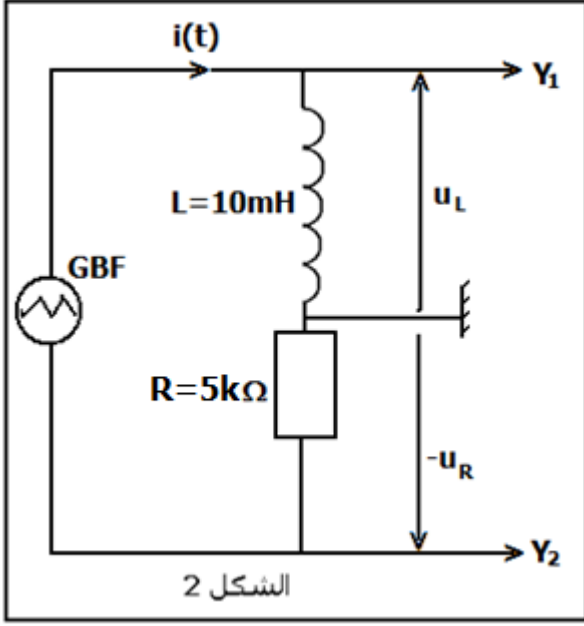
$u_L(V)$	0	0,8	1,6	2,4	3,2
$I(A)$	0	0,1	0,2	0,3	0,4

استثمار النتائج :

1 _ مثل المنحنى u_L بدلالة الشدة I .



ثنائي القطب RL



2 - بين أن الوشيعة تتصرف كموصل أومي .
حسب المنحنى المحصل عليه أن التوتر بين مبرطي 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 .

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

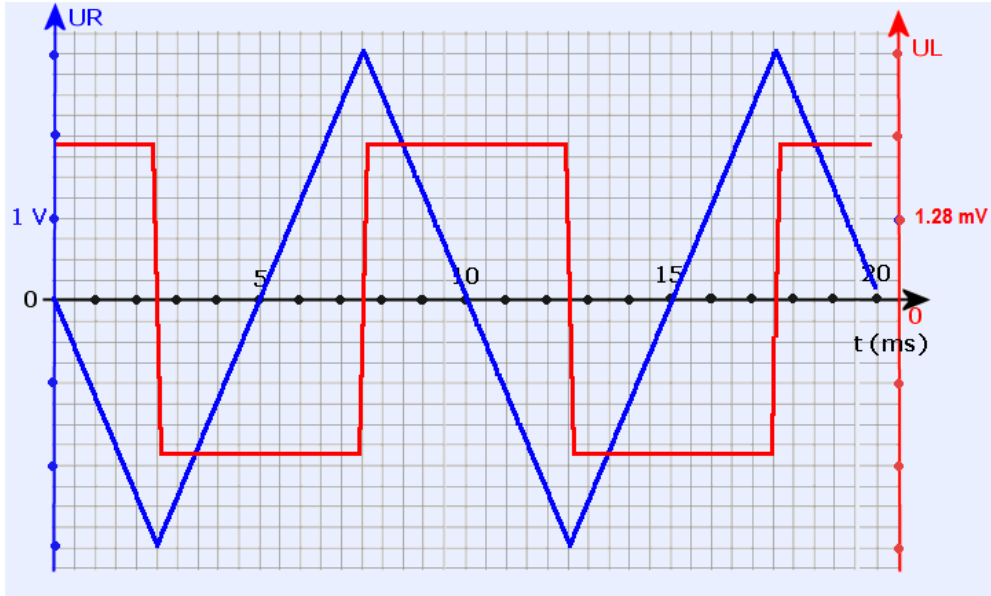
4 - استنتج العلاقة بين u_L و r و I .

$$U_L = rI$$

II - نجز نفس التركيب التجريبي السابق وذلك بتعويض مولد
التوتر المستمر بواسطة مولد ذي ترددات منخفضة GBF ،
حيث يعطي تيارا مثلثيا تردده $f=400\text{Hz}$ ، وتوتره الأقصى 5V .
نستعمل برنم إلكتروني

نجز التركيب التجريبي الممثل في الشكل (2)

نرسم على ورق مليمترى 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 مبرطي 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 - في المجال $[0, 2,5\text{ms}]$ ، يمكن كتابة شدة التيار الكهربائي المثلثي على شكل $i(t)=at+b$.

1 - حدد قيمة المعامل a ، ما وحدته ؟

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

$$a = \frac{a'}{R} = \frac{\Delta u}{R \cdot \Delta t} = \frac{-3}{5 \times 10^3 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}} = -0,24 \text{ A/s}$$

$$i(t) = -0,24t$$

2 - عين ، في المجال $[0, 2,5\text{ms}]$ ، قيمة التوتر $u_L(t)$ بين مبرطي الوشيعة ، ثم استنتج النسبة $\frac{u_L(t)}{\frac{di}{dt}}$.

حسب المعاينة على شاشة راسم التذبذب لدينا $u_L = 2,4\text{V}$

ثنائي القطب RL

$$\frac{u_L}{\frac{di}{dt}} = \frac{2,4 \times 10^{-3}}{0,24} = 10^{-2} \text{ H} = 10 \text{ mH}$$

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

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

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

3 - في التجربة السابقة ، أي في التيار المستمر تتصرف الوشية كموصل أومي مقاومته r ، وفي هذه التجربة لم تؤخذ هذه المقاومة بعين الاعتبار لكون تأثيرها مهملا .

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

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

خلاصة :

بالنسبة لوشية دون نواة حديد ، وفي الاصطلاح مستقبل يعبر عن التوتر u_L بين مربطي وشية بالعلاقة :

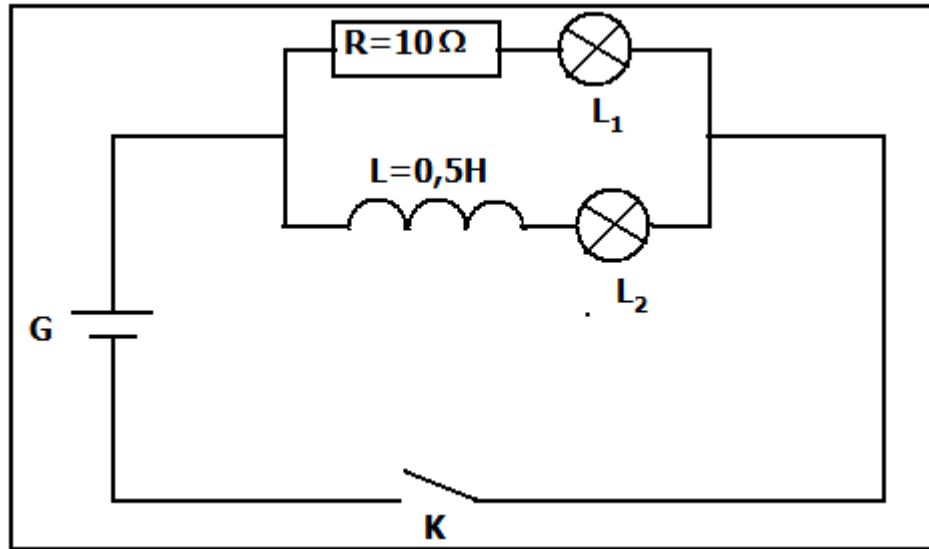
$$u_L(t) = r.i(t) + L \frac{di}{dt}$$

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

النشاط التجريبي 2 : تأثير الوشية على دارة كهربائية .

ننجز التركيب التجريبي الممثل في الشكل (3)

تغلق قاطع التيار K .



استثمار :

1 - تتغير شدة التيار الكهربائي الذي ينتجه المولد فجأة من قيمة منعدمة إلى قيمة معينة .

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

نعم يتألق المصباح 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 الوشية على إقامة التيار ؟

الوشية تؤخر إقامة التيار

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

ثنائي القطب RL

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

في دارة كهربائية تحتوي على وشيعة ، 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 وشيعة .

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 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 وشيعة 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

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

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

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

حل المعادلة التفاضلية هو على الشكل التالي :
حيث $i(t) = Ae^{-\alpha t} + B$ و α ثابت

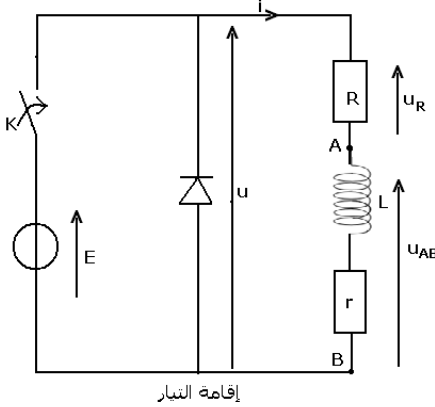
يجب تحديدها .

نعوض الحل في المعادلة التفاضلية :

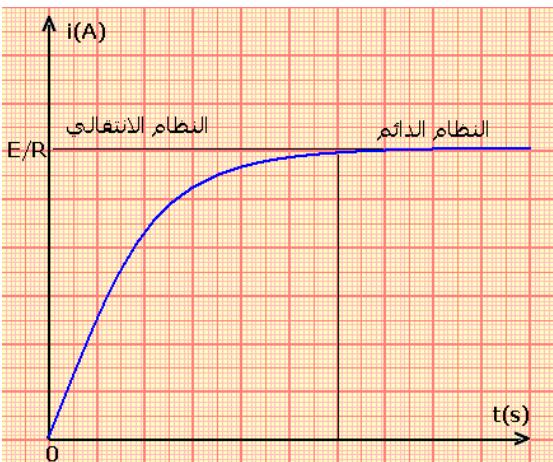
$$\tau(-\alpha Ae^{-\alpha t}) + Ae^{-\alpha t} + B = \frac{E}{R_t} \Rightarrow (1 - \alpha\tau) Ae^{-\alpha t} + B = \frac{E}{R_t}$$

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

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



إقامة التيار



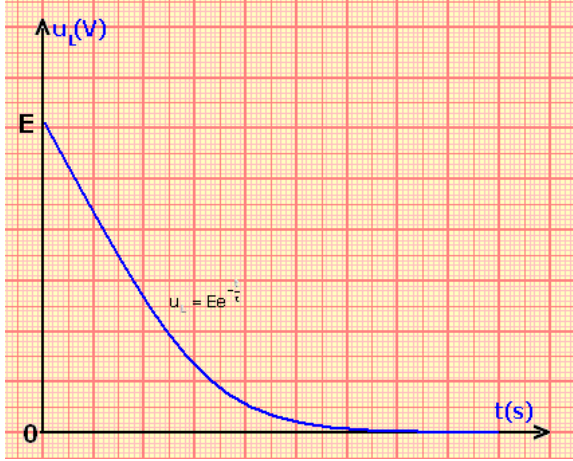
ثنائي القطب RL

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 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 ε عدد موجب قريب من الصفر .

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

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 :

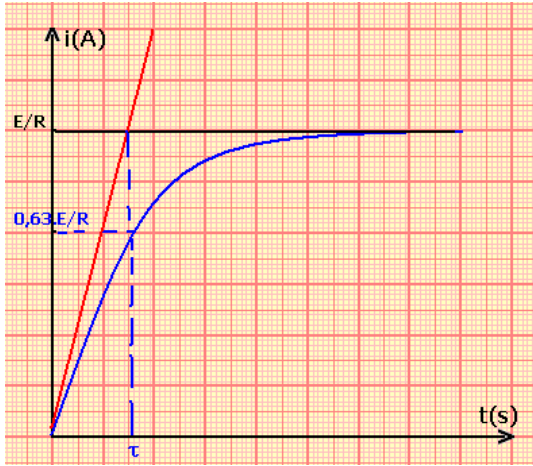
$$u_L = u - Ri(t) \Rightarrow u_L = E - R \cdot \frac{E}{R_t} \left(1 + e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \text{ أي أن } u = u_{AB} + Ri(t)$$

نهمل مقاومة الوشيعية أمام المقاومة R فتصبح $R_t=R$ وبالتالي

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

3 - ثابتة الزمن τ

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



$$\text{أي } [R] = \frac{[V]}{[A]} \text{ ولدينا كذلك : } L = \frac{u_L}{\frac{di}{dt}} \Rightarrow [L] = \frac{[V][s]}{[A]} \Rightarrow \left[\frac{L}{R_t} \right] = \left[\frac{L}{R} \right]$$

أن :

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

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

. RL

3 - 2 كيفية تحديد τ

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 دائرة تضم ثنائي قطب RL .

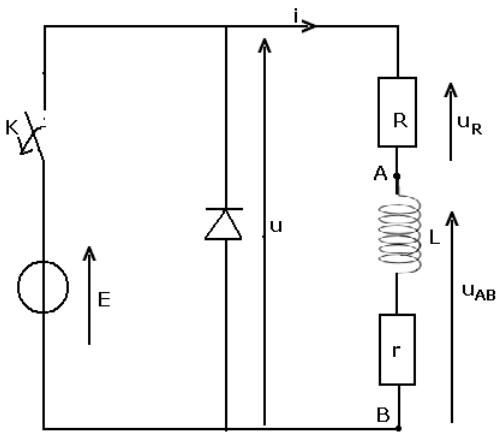
عند فتح قاطع التيار ، يتغير التوتر من القيمة E إلى القيمة الصفر (رتبة توتر نازلة) نقول أن هناك انعدام التيار في الدارة RL .

نطبق قانون إضافية التوترات نتوصل إلى العلاقة التالية :

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

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

حل هذه المعادلة التفاضلية هو :



انعدام التيار

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

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

ملحوظة : كلما كانت τ 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 وشيعة

1 - الإبراز التجريبي .

نعتبر التركيب الممثل في الشكل جانبه .

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

عند فاح قاطع التيار K يشتغل المحرك فيرتفع الجسم S .

فسر هذه الظاهرة .

يتبين أن الوشيعة اختزنت ، 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 :

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

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

من خلال هذه المعادلة نلاحظ :

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

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

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

نعرف الطاقة المخزونة في الوشيعة بين لحظتين 0 و t هي :

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

خلاصة :

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

$$\mathcal{E}_m = \frac{1}{2}Li^2$$