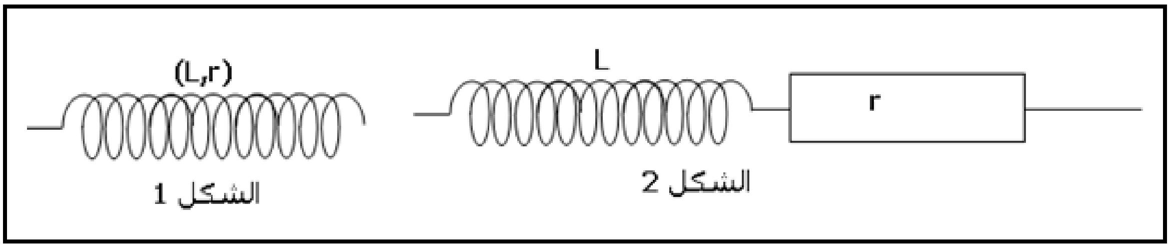
ثنائي القطب RL
Dipôle RL

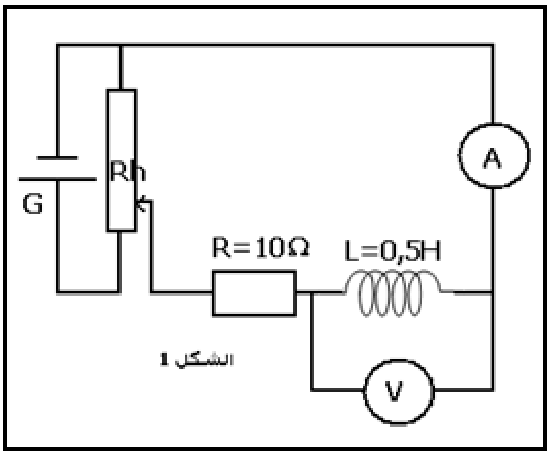
I ـ الوشيعة : la bobine

1 ـ التعريف

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

رمز الوشيعة :





لتمثيل لوشيعة نستعمل أحد الرمزين التاليين :
حيث r مقاومة الوشيعة و L معامل يميز الوشيعة يسمى معامل التحريض الذاتي .وحدته في النظام العالمي للوحدات هي الهنري (H) Henry. وتقاس L بوسطة جهاز مقياس معامل التحريض الذاتي .

2 ـ التوتر بين مربطي وشيعة .

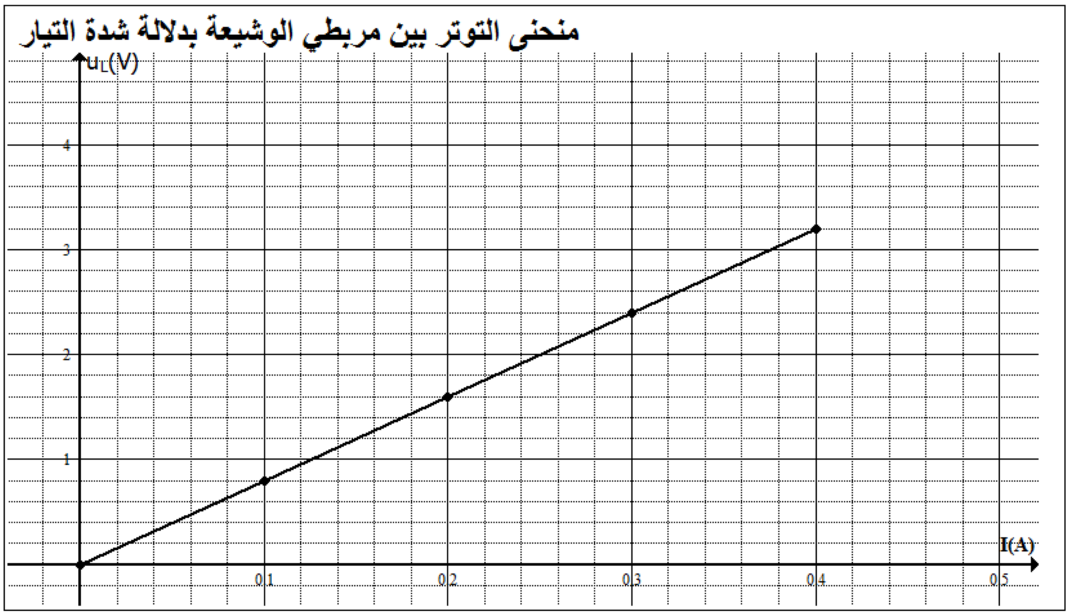
النشاط التجريبي 1

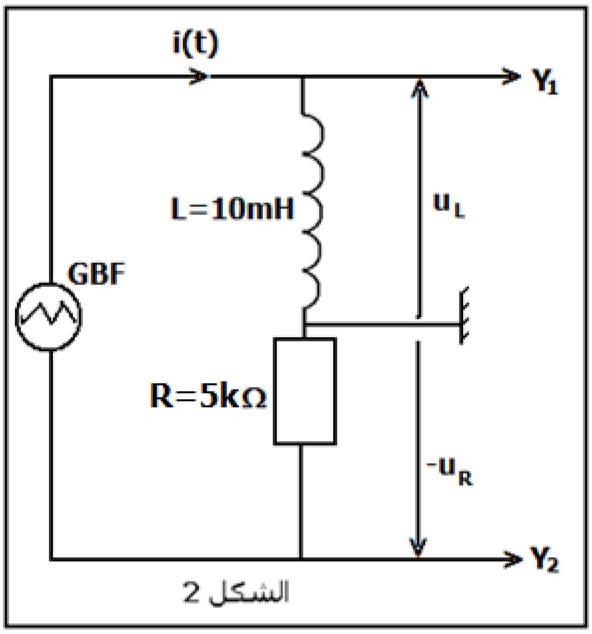
I ـ ننجز التركيب التجريبي الممثل في الشكل (1) والذي يتكون من مولد التوتر المستمر ومعدلة ووشيعة دون نواة الحديد معامل تحريضها الذاتي L=10mH ومقاومتها صغيرة ، وموصل أومي مقاومته R=100Ω وأمبيرمتر لقياس التيار الكهربائي المار في الدارة
نضع فولطمتر لقياس التوتر بين مربطي الوشيعة ونغلق قاطع التيار K .
نغير قيم التوتر بواسطة المعدلة وفي كل مرة نقيس التوتر u_L بين مربطي الوشيعة وكذلك شدة التيار I المار في الدارة .
فنحصل 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 ـ مثل المنحنى u_L بدلالة الشدة I .





2 ـ بين أن الوشيعة تتصرف كموصل أومي .
حسب المنحنى المحصل عليه أن التوتر بين مربطي الوشيعة يتناسب اطرادا مع شدة التيار المار فيها ، مما يبين أن الوشيعة تتصرف كموصل أومي مقاومته r

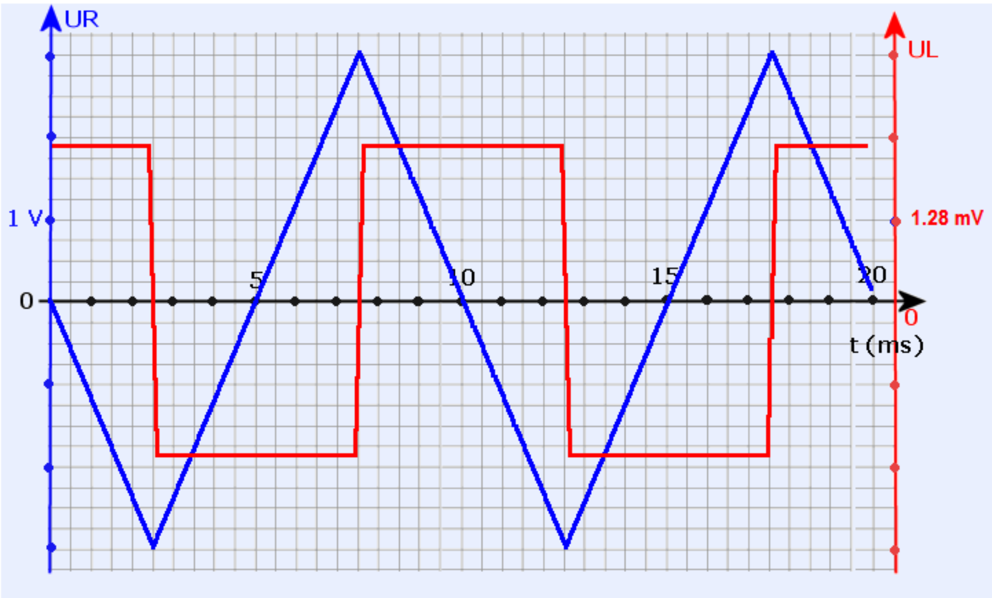
3 ـ حدد r مقاومة الوشيعة وقارنها بالقيمة التي يشير إليها الصانع .

r المعامل الموجه للمنحنى : $r=\frac{\Delta U_L}{\Delta I}=\frac{2,4-0,8}{0,3-0.1}=8\Omega$

4 ـ استنتج العلاقة بين u_L و r و I .

$\boxed{U_L=rI}$

II ـ ننجز نفس التركيب التجريبي السابق وذلك بتعويض مولد التوتر المستمر بواسطة مولد ذي ترددات منخفضة GBF ، حيث يعطي تيارا مثلثيا تردده f=400Hz ، وتوتره الأقصى 5V .
نستعمل برنم إلكتروني
ننجز التركيب التجريبي الممثل في الشكل (2)
نرسم على ورق مليمتري الرسم التذبذبي المحصل عليه .



استثمار

1 ـ لماذا يمكن المدخل Y_2 لكاشف التذبذب من معاينة تغيرات شدة التيار الكهربائي المار في الدارة ؟
Y_2 تعاين 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 ـ في المجال $[0,2,5ms]$ ، يمكن كتابة شدة التيار الكهربائي المثلثي على شكل i(t)=at+b .

2 ـ 1 حدد قيمة المعامل a ، ما وحدته ؟

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

$$a=\frac{a'}{R}=\frac{\Delta u}{R.\Delta t}=\frac{-3}{5\times10^3.2,5.10^{-3}}=-0,24A/s$$

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

2 ـ 2 عين ،في المجال $[0,2,5ms]$، 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 $u_L=2,4V$

$$\frac{u_L}{\frac{di}{dt}} = \frac{2,4\times10^{-3}}{0,24} = 10^{-2}\,H = 10mH$$

2 ـ 3 قارن هذه النسبة مع L معامل التحريض الذاتي للوشيعة 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 ـ في التجربة السابقة ، أي في التيار المستمر تتصرف الوشيعة كموصل أومي مقاومته r ، وفي هذه 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 $\frac{di}{dt}$.

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

خلاصة :

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

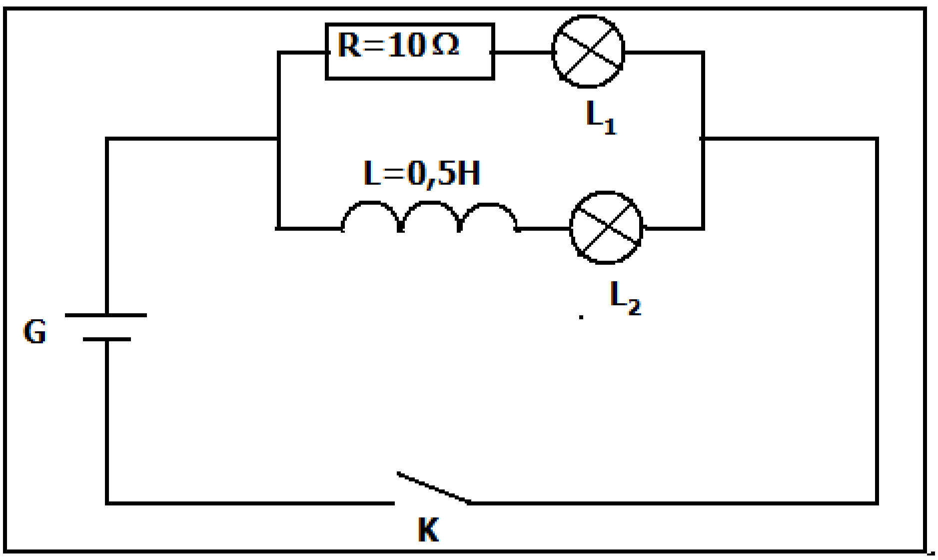
$$\boxed{u_L(t) = r.i(t) + L.\frac{di}{dt}}$$

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

<u>النشاط التجريبي 2 : تأثير الوشيعة على دارة كهربائية .</u>

ننجز التركيب التجريبي الممثل في الشكل (3)

نغلق قاطع التيار K .



استثمار :

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

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

نعم يتألق المصبحان L_1 و L_2 ونلاحظ أن المصباح L_1 يتألق قبل المصباح L_2

1 ـ 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 ـ ما تأثير الوشيعة على إقامة التيار ؟

الوشيعة تؤخر إقامة التيار

3 ـ ماذا يحدث عند فتح الدارة ؟ ما تأثير الوشيعة ، عند انعدام التيار ؟

نفس الملاحظة أن الوشيعة 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 فالوشيعة تقاوم تغير شدة التيار الذي يمر فيها . وهذا ناتج عن تأثير الجداء $L.\frac{di}{dt}$.

3 ـ استغلال تعبير التوتر بين مربطي وشيعة .

عند إهمال مقاومة الوشيعة ، يصبح التوتر $u_L(t)$ بين مربطي الوشيعة 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 الوشيعة

II ـ 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 ـ استجابة ثنائي القطب RL لرتبة صاعدة للتوتر .

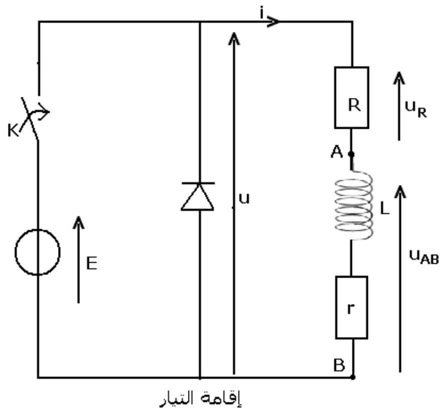
1 ـ 1 المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار المار في الدارة RL .

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 :



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

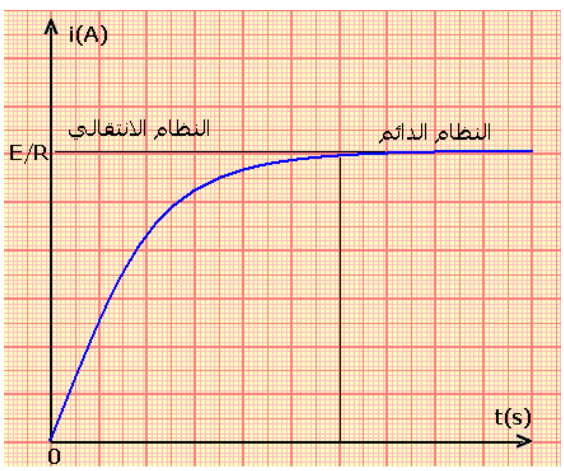
بحيث أن $u = E$ و $u_R = Ri(t)$ و $u_{AB} = ri + L\frac{di}{dt}$ أي أن

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

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 $\tau = \frac{L}{R_t}$ فتصبح المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار $i(t)$ المار في الدارة RL هي :

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



1 ـ 2 حل المعادلة التفاضلية .

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

حل المعادلة التفاضلية هو على الشكل التالي :

$i(t) = Ae^{-\alpha t} + B$ حيث A و B و α ثابت

يجب تحديدها .

نعوض الحل في المعادلة التفاضلية :

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

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

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

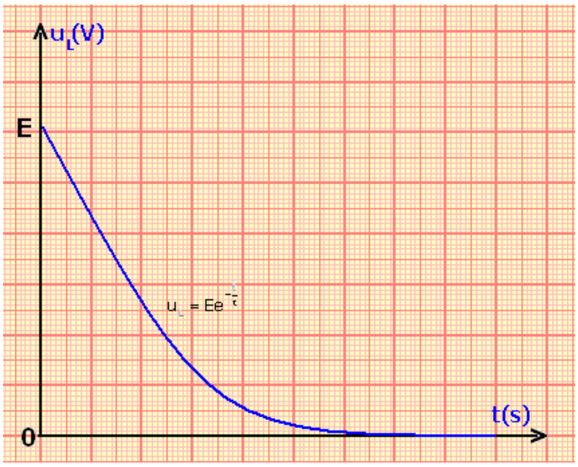
وبالتالي سيكون حل المعادلة التفاضلية على الشكل التالي : $i(t)=Ae^{\frac{-t}{\tau}}+\frac{E}{R_t}$

تحديد الثابتة A حسب الشروط البدئية : i(0)=0 وهي ناتجة عن كون i(t) دالة متصلة في أي لحظة من لحظات تشغيل الوشيعة 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 :

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



2 ـ تعبير التوتر بين مربطي وشيعة .

حسب قانون إضافية التوترات لدينا :

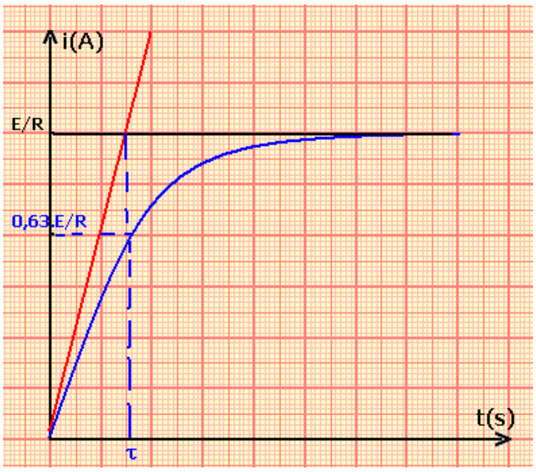
$u=u_{AB}+Ri(t)$ أي أن $u_L=u-Ri(t)\Rightarrow u_L=E-R.\frac{E}{R_t}\left(1+e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$

نهمل مقاومة الوشيعة 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 ـ ثابتة الزمن τ

<u>3 ـ 1 معادلة الأبعاد لثابتة الزمن</u> $\tau=\frac{E}{R_t}$



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

أن :

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

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

<u>3 ـ 2 كيفية تحديد τ</u>

هناك طريقتين :

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

ـ الطريقة الثانية : استعمال المماس في اللحظة t=0 ونحدد نقطة تقاطعه مع E/R . أنظر الشكل جانبه .

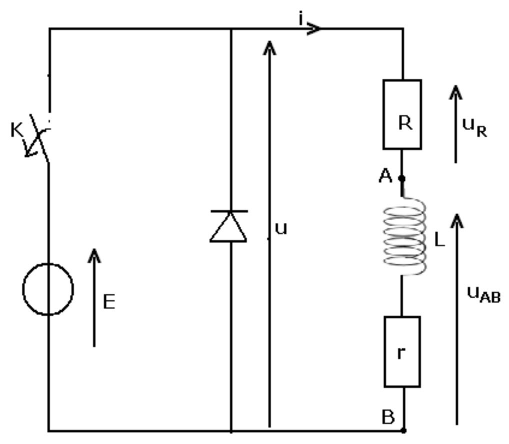
4 ـ انعدام التيار في دارة تضم ثنائي قطب RL .

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 :

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

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



انعدام التيار

حل هذه المعادلة التفاضلية هو :

$\boxed{i(t)=I_0 e^{-\frac{t}{\tau}}}$ بحيث أن $\tau=\frac{L}{R_t}$ و $I_0=\frac{E}{R_t}$ 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 مربطيها عند فتح قاطع التيار K .

III ـ الطاقة المخزونة في وشيعة

1 ـ الإبراز التجريبي .

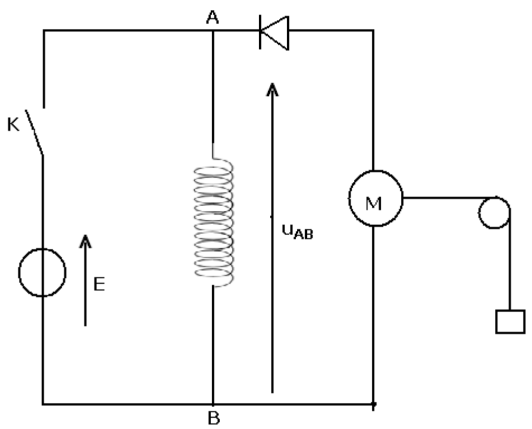
نعتبر التركيب الممثل في الشكل جانبه .

عند غلق قاطع التيار K يمر تيار كهربائي في الوشيعة . 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 الوشيعة اختزنت ، أثناء إغلاق الدارة الكهربائية طاقة مغنطيسية في الفضاء المحيط بها ، ثم حررت هذه الطاقة عند فتح الدارة .



2 ـ تعبير الطاقة المخزونة في وشيعة

عند إغلاق الدارة تكتب المعادلة التفاضلية على الشكل التالي :

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

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

من خلال هذه المعادلة نلاحظ :

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

Ri^2dt الطاقة المبددة بمفعول جول في الوشيعة .

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

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

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

خلاصة :

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

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