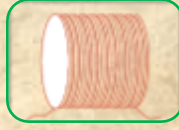


ثنائي القطب RL

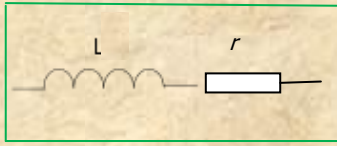
1- الوشيعية:
وصف الوشيعية:

الوشيعية ثنائي قطب يتكون من لفات من سلك موصل .



وشيعية

الرمز الإصطلاحي لوشيعية مقاومتها r ومعامل تحريضها L هو:



أو



المقدار L يميز الوشيعية ويسمى معامل التحريض و وحدته في النظام العالمي للوحدات هي الهنري Henry رمزه H .

2- الإبراز التجريبي لتصرف وشيعية عند إقامة أو إنقطاع التيار:

ننجز التركيب الممثل في الشكل جانبه حيث المصباحين L_1 و L_2 متشابهين .

المصباح L_2 مرتبط بموصل أومي له نفس قيمة مقاومة لوشيعية $R=r$.

عند إغلاق القاطع نلاحظ أن:

- المصباح L_2 المرتبط بالموصل الأومي R يلمع لحظيا
- المصباح L_1 المرتبط بالوشيعية يتأخر بعض الوقت للوصول لشدة إضاءة L_2

عند فتح القاطع نلاحظ أن:

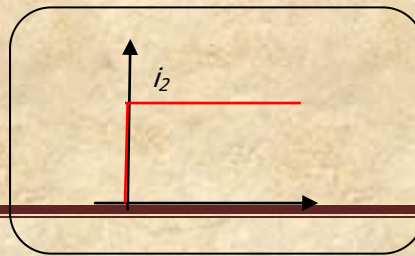
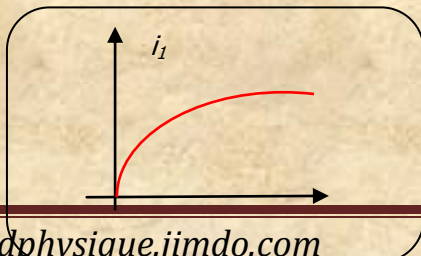
- المصباحين L_1 و L_2 يستمران في اللمعان لمدة وجيزة قبل أن ينطفئا.

أسئلة للإستثمار:

- 1- كيف تفسر الاختلاف الحاصل في تألق المصباحين عند إغلاق قاطع التيار؟
- 2- ما تأثير الوشيعية عند إقامة التيار؟
- 3- ما تأثير الوشيعية عند إنعدام التيار الكهربائي؟

أجوبة:

- 1- رأينا أن المصباح L_2 يلمع لحظيا في حين المصباح L_1 يتأخر بعض الشيء، وهذا راجع للوشيعية التي تؤخر إقامة التيار i_1 والذي يرتفع تدريجيا نتيجة مقاومة الوشيعية. شدة التيار i_2 المارة في المصباح المرتبط بالموصل الأومي تتغير لحظيا دون تأخر.



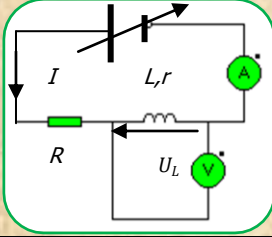
t t

2- الوشيعة تقاوم إقامة التيار الكهربائي، يعني أنها تقاوم تغير شدة التيار.
 3- عند فتح قاطع التيار الكهربائي يتأخر المصباحين بعض الشيء قبل الإنطفاء وذلك لأن التيار الذي يمر في الوشيعة هو نفسه الذي يمر في المصباحين L_1 و L_2 .

3- الموتر بين مربطي وشيعة:

3-1: تصرف الوشيعة في تيار كهربائي مستمر:

ننجز التركيب التجريبي الممثل في الشكل جانبه والمكون من مولد للتيار المستمر توتره قابل للضبط ووشيعة معامل تحريضها L ومقاومتها r وموصل أومي مقاومته R وأمبيرمتر وفولطمتر. نغير في كل مرة توتر المولد ونسجل بواسطة الأمبيرمتر والفولطمتر شدة التيار I المار في الدارة والتوتر U_L بين مربطي الوشيعة وندون النتائج في الجدول التالي:



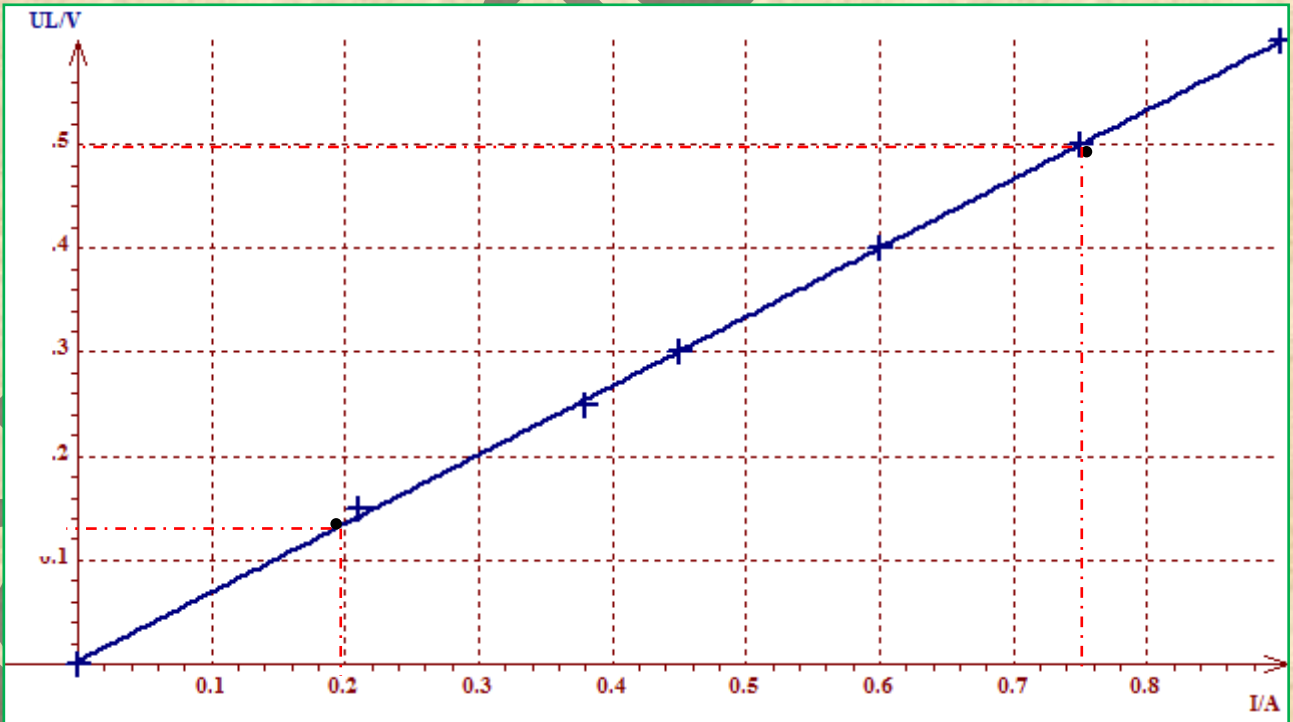
6	5	4	3	2,5	1,5	0	$U_L (V)$
0,9	0,75	0,6	0,45	0,38	0,21	0	$I(A)$

أسئلة للإستمرار:

- 1- مثل المنحنى الممثل لتغيرات التوتر بين مربطي الوشيعة بدلالة شدة التيار I .
- 2- بين أن الوشيعة تتصرف كموصل أومي في التيار المستمر، وإستنتج العلاقة بين U_L ، r و I .
- 3- حدد قيمة r مقاومة الوشيعة.

أجوبة:

- 1- نستخدم الجدول ريغريسي $Regressi$ لخط المنحنى الممثل لتغيرات U_L بدلالة I :



2- المنحنى المحصل عليه عبارة عن مستقيم يمر من أصل المعلم، إذن فالتوتر U_L يتناسب إطرادا مع شدة التيار I ونكتب: $U_L = K \cdot I$ مع K ثابتة التناسب وهي تمثل المعامل الموجه للمستقيم. الثابتة K لها بعد مقاومة إذن $K=r$ وبالتالي $U_L = r \cdot I$ الوشيعة تتصرف إذن كموصل أومي في التيار المستمر. لدينا $K=r$ إذن لحساب r يجب حساب المعامل الموجه للمستقيم

$$r = \frac{5-1,4}{0,75-0,2} = 6,5 \Omega \quad \text{ت ع:} \quad r = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1}$$

2-3: تصرف الوشيعة في تيار كهربائي متغير:

ننجز الدارة الممثلة في الشكل-1- المتكونة من مولد للتردد المنخفض (GBF)

يزود الدارة بتوتر كهربائي مثلي ووشيعة معامل تحريضها L ومقاومتها مهملة و موصل أومي مقاومته R نعطي: تردد المولد $f=250\text{Hz}$ معامل تحريض الوشيعة $L=0,16\text{H}$ و $R=2\text{K}\Omega$

نعاين التوترين U_L و $-U_R$ عند المدخلين Y_1 و Y_2 فنحصل على الشكل-2-

لحساسية الرأسية: للمدخل Y_1 هي 5V/div للمدخل Y_2 هي 200mv/div أسئلة للإستمرار:

1- ما المقدار الفيزيائي المعاين عند المدخل Y_1 ؟ علل جوابك
2- خلال نصف الدور الأول من دور شدة التيار المثلي $i(t)=at$ تكتب شدة التيار $i(t)$ على الشكل

2-1: حدد قيمة المعامل a وما وحدته؟

2-2: عين بالنسبة لنصف الدور الأول، قيمة التوتر $U_L(t)$ بين مربطي الوشيعة، ثم أحسب النسبة $\frac{U_L(t)}{\frac{di}{dt}}$

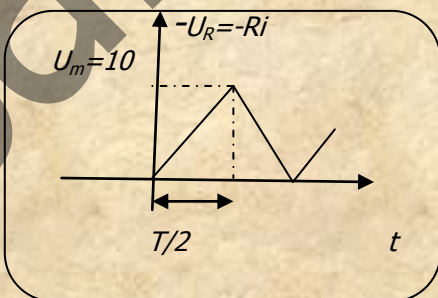
2-3: قارن هذه النسبة مع معامل التحريض الذاتي L للوشيعة المستعملة.

3- إستنتج العلاقة بين U_L و i و L

أجوبة:

1- عند المدخل Y_1 نعاين مقابل التوتر بين مربطي الموصل الأومي $-U_R$ وحسب قانون أوم فإن $-U_R = -Ri$ إذن المقدار المعاين عند المدخل Y_1 يتناسب مع شدة التيار الكهربائي المار في الدارة.

2-1: خلال نصف الدور $[0, T/2]$: لدينا المنحنى عبارة عن مستقيم يمر من أصل المعلم $i(t)=at$ مع a المعامل الموجه للمستقيم



$$a = -\frac{1}{R} \frac{\Delta i}{\Delta t} = -\frac{1}{R} \frac{u_m - 0}{\frac{T}{2} - 0} = -\frac{1}{R} \frac{u_m - 0}{\frac{1}{2f} - 0}$$

$$\text{ت ع:} \quad a = -\frac{1}{2 \cdot 10^3} \frac{10 - 0}{2 \cdot 10^{-3}} = -2,5(\text{SI})$$

تحديد وحدة a : $[a] = \frac{[I]}{[t]} = \frac{[q] \cdot [t]}{[t]} = [q]$ إذن $a = -2,5\text{C}$

وحدة a هي الكولوم C

2-2: التوتر بين مرطبي الوشيعة هو الذي نعاينه عند المدخل Y_2 إذن :
 $U_L = -400\text{mv}$ سالبة U_L خلال $[0, T/2]$ $U_L(t) = U_0 = 2 \times 200 = 400\text{mv}$

$$\frac{U_L(t)}{\frac{di}{dt}} = \frac{U_0}{a} = \frac{-400.10^{-3}}{-2,5} = 16.10^{-3}(\text{SI}) = 0,16(\text{SI})$$

3-2: نلاحظ أن النسبة $\frac{U_L(t)}{\frac{di}{dt}}$ تساوي قيمة معامل التحريض L للوشيعة

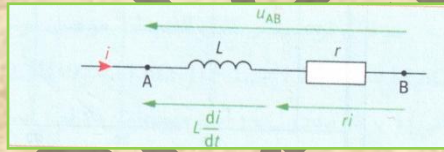
$$U_L = L \frac{di}{dt} \quad \leftarrow \quad L = \frac{U_L}{\frac{di}{dt}} \quad 3$$

خلاصة:

رأينا أن الوشيعة تتصرف كموصل أومي في التيار الكهربائي المستمر $U_L = ri$ وفي التيار المتغير وجدنا $U = L \frac{di}{dt}$ (عند إهمال مقاومة الوشيعة).
 إذا أخذنا بعين الاعتبار وجود مقاومة الوشيعة r فإن العلاقة العامة التي تربط شدة التيار المار في الوشيعة مع التوتر بين مرطبيها هي:

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

تمثل هذه العلاقة التوتر بين مرطبي وشيعة وفي الإصطلاح مستقبل



المقدار $L \frac{di}{dt}$ هو المسؤول عن تأخر إقامة التيار أو إنعدامه، فالوشيعة إذن تقاوم التيار الكهربائي الذي يمر منها.

II. ثنائي القطب RL :

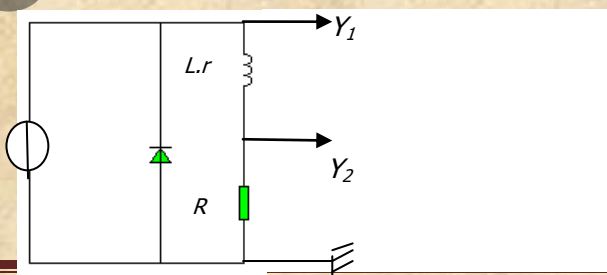
ثنائي القطب RL يتكون من موصل أومي مقاومته R ووشيعة معامل تحريضها L ومقاومتها r لكل مركب على التوالي

1- إستجابة ثنائي القطب RL لرتبة توتر صاعدة:

1 1 الدراسة التجريبية:

ننجز التركيب التجريبي الممثل في الشكل 1-1 (دور الصمام الثنائي هو الحماية من ظاهرة فوق التوتر)

شكل 1-1



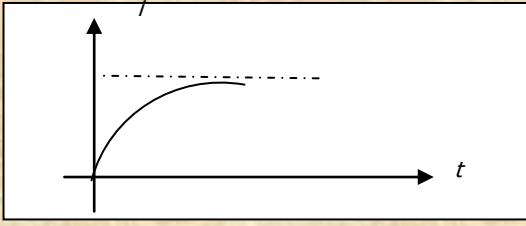
المدخل Y_2 يمكن من معاينة شدة التيار

$i(t)$ بدلالة الزمن t .

نلاحظ أن شدة التيار ترتفع أسيا ويمكن

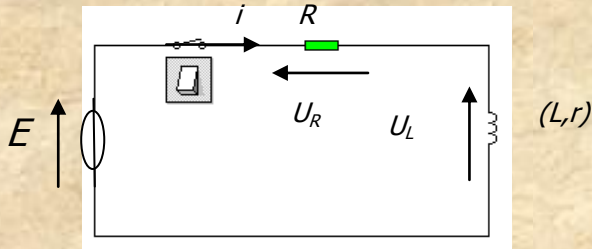
$$i(t) = K (1 - e^{-\frac{t}{\zeta}})$$

شكل-2-



2-1: الدراسة النظرية لدارة RL :

الهدف من هذه الدراسة : تحديد إستجابة الدارة RL لشدة التيار عندما تخضع لرتبة توتر صاعدة. نطبق رتبة توتر صاعدة بين مربطي الدارة RL



قانون إضافية التوترات يعطينا:
 $E = U_R + U_L$

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

نضع $R_T = R+r$ المقاومة الكلية للدارة

$$E = R_T i + L \frac{di}{dt} \quad \text{تعطي} \quad \frac{L}{R_T} \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R_T} \quad \text{نضع} \quad \zeta = \frac{L}{R_T}$$

$$\zeta \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R_T}$$

تمثل هذه العلاقة المعادلة التفاضلية التي نحققها شدة التيار $i(t)$ في ثنائي القطب RL خاضع لرتبة صاعدة للتوتر.

حل هذه المعادلة يكتب على شكل $i(t) = Ae^{-mt} + B$ لتحديد قيم الثوابت A, B و m نعوض الحل في المعادلة التفاضلية فنجد:

$$- \zeta m e^{-mt} + A e^{-mt} + B = \frac{E}{R_T} \quad \text{تعطي} \quad A e^{-mt} (1 - m\zeta) = \frac{E}{R_T} - B$$

الطرف $\frac{E}{R_T}$ ثابت ، ولكي يكون كذلك الطرف الثاني للمعادلة يجب أن يكون المقدار $(1 - m\zeta)$ منعدم.

$$B = \frac{E}{R_T} \quad \text{إذن} \quad m = \frac{1}{\zeta} \quad \text{ولدينا أيضا}$$

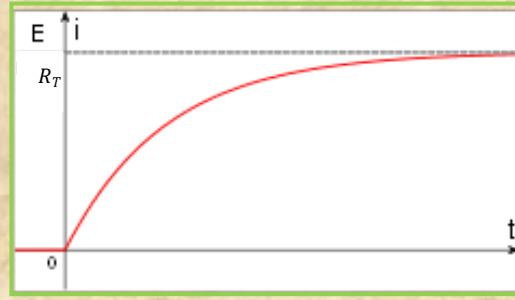
لتحديد الثابتة A نستعمل الشروط البدئية: عند $t=0$ $i(0)=0$

$$A = -B = -\frac{E}{R_T} \quad \text{أي} \quad i(0) = A e^0 + B = 0$$

وبالتالي تكتب شدة التيار المارة في الدارة: $i(t) = \frac{E}{R_T} e^{-\frac{t}{\zeta}} + \frac{E}{R_T}$

$$i(t) = I_0 (1 - e^{-\frac{t}{\zeta}})$$

$$\text{إذن} \quad I_0 = \frac{E}{R_T} \quad \text{نضع} \quad i(t) = \frac{E}{R_T} (1 - e^{-\frac{t}{\zeta}})$$



2- تعبير التوتر بين مربطي وشيعة:

لدينا $U_L = ri + L \frac{di}{dt}$ نعوض شدة التيار بقيمتها $i(t) = I_0(1 - e^{-\frac{t}{\zeta}})$ مع $I_0 = \frac{E}{R_T}$ و $\zeta = \frac{L}{R_T}$ فنجد:

$$U_L = \frac{rE}{R_T} \left(1 - e^{-\frac{t}{\zeta}}\right) + Ee^{-\frac{t}{\zeta}} \quad U_L = rI_0(1 - e^{-\frac{t}{\zeta}}) + L\left(\frac{I_0}{\zeta} e^{-\frac{t}{\zeta}}\right) \text{ تعطي}$$

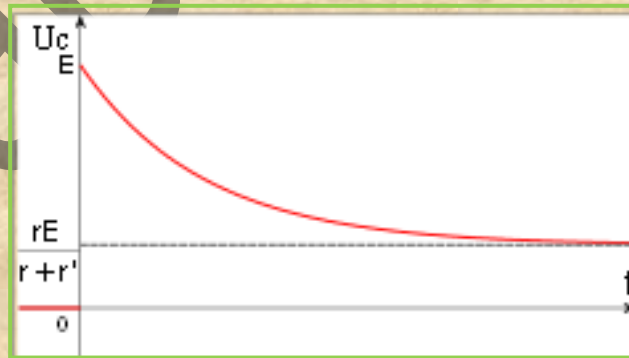
$$U_L = \frac{E}{R_T} \left(r - re^{-\frac{t}{\zeta}} + R_T e^{-\frac{t}{\zeta}}\right) = \frac{E}{R_T} (r + Re^{-\frac{t}{\zeta}})$$

$$U_L = \frac{E}{(R+r)} (r + Re^{-\frac{t}{\zeta}})$$

وبالتالي :

إذا كانت مقاومة الوشيعة r مهملة (نضع $r=0$ في العلاقة المحصل عليها) فنجد:

$$U_L = Ee^{-\frac{t}{\zeta}}$$



4- إنعدام التيار الكهربائي في وشيعة:

1-4: تعبير شدة التيار في الوشيعة: (نأخذ نفس التركيب الذي رأينا في حالة خضوع الدارة RL لرتبة توتر صاعدة لكن مع فتح القاطع K عند لحظة نعتبرها $t=0$. قانون إضافية التوترات يعطينا:

$$U_R + U_L = 0 \quad \leftarrow \quad Ri + ri + L \frac{di}{dt} = 0 \quad \leftarrow \quad (R+r)i + L \frac{di}{dt} = 0 \quad \leftarrow \quad \frac{L}{(R+r)} \frac{di}{dt} + i = 0$$

نضع $\zeta = \frac{L}{R_T}$ مع R_T المقاومة الكلية للدارة RL

$$\zeta \frac{di}{dt} + i = 0$$

تمثل ه هذه العلاقة المعادلة التفاضلية لدائرة RL خاضعة لرتبة توتر نازلة
حل هذه المعادلة يكتب على شكل $i(t) = Ae^{-mt} + B$ نحدد الثوابت A و B و m

$$Ae^{-mt} (1 - m\zeta) + B = 0 \quad \text{تعطي} \quad -A\zeta me^{-mt} + (Ae^{-mt} + B) = 0$$

$$(1 - m\zeta) = 0 \quad \text{و} \quad B = 0 \quad \text{إذا كانت} \quad m = \frac{1}{\zeta} \quad \text{و} \quad B = 0$$

لتحديد الثابتة A نستعمل الشروط البدئية: $i(0) = \frac{E}{R_T} = I_0$

$$A = \frac{E}{R_T} \quad \text{إذن} \quad i(0) = Ae^0 + B = \frac{E}{R_T}$$

$$I_0 = \frac{E}{R_T} \quad \text{مع}$$

$$i(t) = \frac{E}{R_T} e^{-\frac{t}{\zeta}} = I_0 e^{-\frac{t}{\zeta}}$$

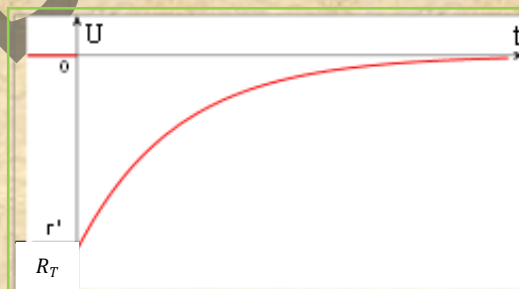
وأخيراً

شدة التيار تتناقص أسياً
2-4: تعبير التوتر بين مربطي الوشيجة:

$$i(t) = \frac{E}{R_T} e^{-\frac{t}{\zeta}} \quad U_L = ri + L \frac{di}{dt} \quad \text{لدينا}$$

$$U_L = e^{-\frac{t}{\zeta}} \left(r \frac{E}{R_T} - E \right) \quad \text{إذن} \quad \zeta = \frac{L}{R_T} \quad \text{لدينا} \quad U_L = r \frac{E}{R_T} e^{-\frac{t}{\zeta}} - L \frac{E}{R_T \zeta} e^{-\frac{t}{\zeta}}$$

$$U_L = -\frac{r}{R_T} E e^{-\frac{t}{\zeta}}$$



4 - ثابتة الزمن ζ :

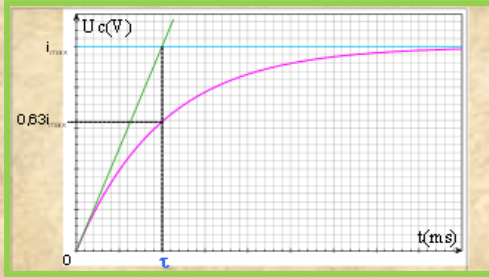
1-4: التحليل البعدي:

لدينا $\zeta = \frac{L}{R_T}$ أنجز التحليل البعدي لهذه المعادلة وبين أنها متجانسة بُعدياً.

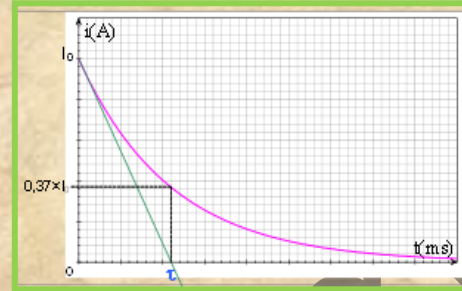
لدينا $U = ri + L \frac{di}{dt}$ وهي عبارة عن مجموع توترين

$$[L] \cdot \frac{[I]}{[t]} = [r] \cdot [I] \quad \text{إذن} \quad [U] = [L] \cdot \frac{[I]}{[t]} \quad \text{و} \quad [U] = [r] \cdot [I]$$

نستنتج إذن أن: $[Z] = \frac{[L]}{[r]} = [t]$ المعادلة متجانسة بُعدياً وذلك لأن بُعد المقدار $\frac{L}{R}$ هو زمن t
2-4: تحديد ثابتة الزمن τ :
 نستعمل نفس الطريقة التي رأينا في ثنائي القطب RC فنجد:



حالة خضوع ثنائي القطب لرتبة صاعدة

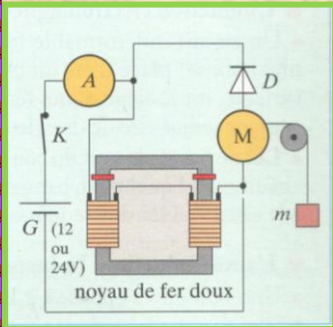


حالة خضوع ثنائي القطب لرتبة نازلة

III. الطاقة المخزنة في وشيعة:

1 - الدراسة التجريبية:

نعتبر التركيب التجريبي الممثل جانبه، الوشيعتين تكافئان وشيعة وحيدة ذات معامل تحريض مرتفع (نواة الحديد اللين تدمج داخل الوشيعة للرفع من معامل تحريضها) عند إغلاق القاطع K التيار يمر فقط في الوشيعة) وذلك لأن الصمام مركب في المنحى المعاكس) عندما يصل التيار لقيمته الدائمة I_0 ، نفتح القاطع K فيمر تيار كهربائي في دائرة المحرك (الصمام مار في هذه الحالة) فيدور المحرك رافعاً معه الكتلة m . الطاقة اللازمة لرفع الكتلة تم تخزينها في الوشيعة في المرحلة الأولى من التجربة ثم تم إسترجاعها عندما إنعدمت شدة التيار في الوشيعة



2 - تعبير الطاقة المخزنة في وشيعة:

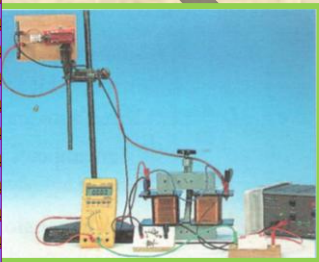
الطاقة المخزنة في وشيعة معامل تحريضها L ويمر فيها تيار كهربائي شدته i هي:

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

E_m الطاقة المغناطيسية المخزنة في الوشيعة نعبر عنها بالجول J

L معامل التحريض (H)

i شدة التيار (A)

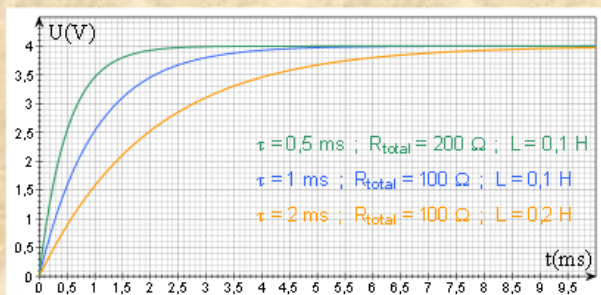


IV. تأثير مميزات ثنائي القطب RL على مدة النظام الإنتقالي:

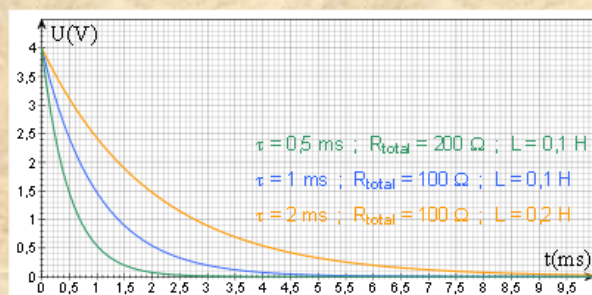
مدة النظام الإنتقالي هي تقريباً $5\tau = 5 \frac{L}{R_T}$ إذا إرتفعت L أو نقصت R_T

إذن إقامة وإنقطاع التيار يكونان أكثر سرعة إذا كانت:

- ثابتة الزمن τ صغير
- معامل التحريض L صغير
- المقاومة اللئية R_T كبية



حالة خضوع ثنائي القطب لرتبة نازلة



حالة خضوع ثنائي القطب لرتبة صاعدة