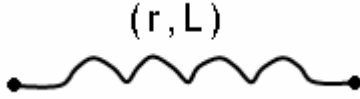


المادة : الفيزياء والكيمياء	المستوى : 2 علوم تجريبية مسلك علوم الحياة والأرض
المحور : الكهرباء	الدرس : ((VI : ثنائي القطب RL
أستاذ المادة : مصطفى قشيش المؤسسة : ثانوية بلال بن رباح التأهيلية - تمارة	

(1) الوشيعات:

1-1) وصف الوشيعية:

- * تتكون الوشيعية من سلك نحاس ملفوف على مادة عازلة سمكها ضعيف.
- * رمز الوشيعية: نرمز لوشيعية بالرمز التالي:



2-1) تصرف وشيعية:

أ- حالة التوتر المستمر:

* التركيب التجريبي:

ننجز التركيب المبين في الشكل 1، حيث المولد ذو توتر قابل للضبط.

* قياسات:

نغير قيم التوتر الذي يعطيه المولد، وفي كل حالة نقيس قيمة التوتر u بين طرفي الوشيعية وقيمة شدة التيار I الذي يمر فيها. ندون النتائج في الجدول التالي:

4	3	2	1	0	u (V)
0,4	0,3	0,2	0,1	0	I (A)

* تمثيل منحنى الدالة $u = f(I)$. الشكل 2

* ملاحظات:

- مميزة الوشيعية $u = f(I)$ دالة خطية، إذن تتصرف الوشيعية كموصل أومي.- تعيين r مقاومة الوشيعية:

$$r = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{2-0}{0,2-0} = 10 \Omega$$

* استنتاج:

في حالة التيار المستمر، يتناسب التوتر U بين مربطي الوشيعية مع شدة التيار المار فيها، أي: $U = rI$.

ب- حالة التيار المتغير:

* التركيب التجريبي: نعتبر الحالة التي تكون فيها المقاومة الداخلية للوشيعية مهملة.

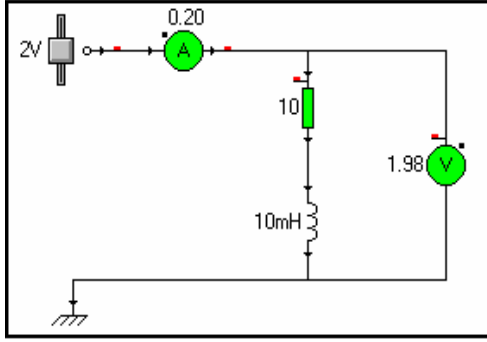
- وشيعية معامل تحريضها $L = 1 \text{ mH}$ ومقاومتها الداخلية ضعيفة.- موصل أومي مقاومته $R = 20 \Omega$ ، يمكن من معاينة شدة التيار المار في الدارة.- مولد GBF وسعه 4V يزود الدارة بتوتر مثلي تردده $N = 500 \text{ Hz}$.- كاشف التذبذب لمعاينة التوترين u_R و u_L . (الشكل 3)

* المناولة:

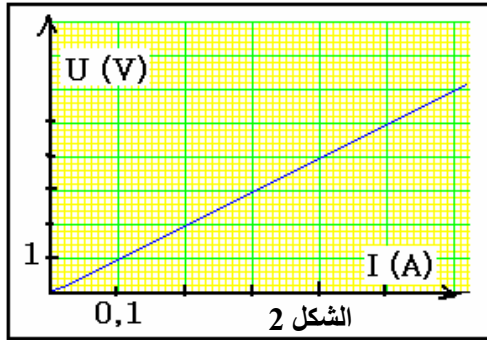
- بواسطة مولد GBF، نطبق بين مربطي ثنائي القطب AB توترا مثليا.

- نعاين على شاشة راسم التذبذب التوترين u_L بين مربطي الوشيعية و u_R بين مربطيالموصل الأومي مقاومته R ، فنحصل على المنحنيين الممثلين في الشكل 4.

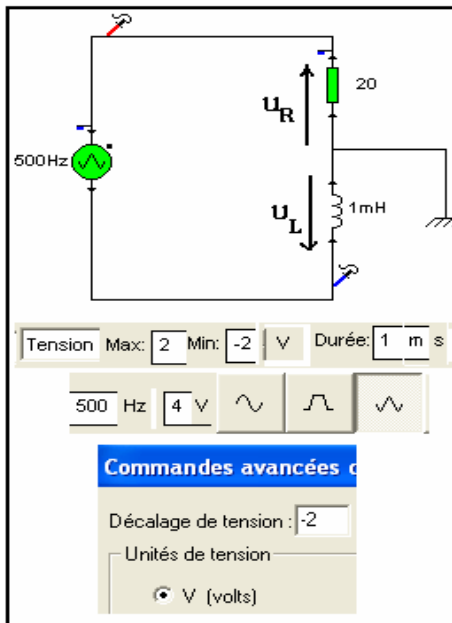
* استثمار النتائج:

- العلاقة بين شدة التيار i والتوتر u_R هي: $u_R = -Ri$. (في الاصطلاح مولد)التوتر u_R الذي نعاينه على المدخل B يمثل صورة لشدة التيار i المار في الدارة.- نحسب النسبة $u_L / \frac{di}{dt}$ * نعتبر نصف دور من التذبذبات: $\Delta t = T/2 \Rightarrow \Delta t = 1/2N = 1/1000 = 0,001 \text{ s}$ * التوتر بين مربطي الوشيعية: $u_L = 0,18 \text{ V}$ * التوتر u_R دالة تألفية في المجال الزمني $[0; T/2]$ ، تكتب معادلتها على الشكل:حيث $u_R = at + b$ ، $a = \frac{\Delta u_R}{\Delta t}$ المعامل الموجه للمستقيم. نحسب a :

الشكل 1

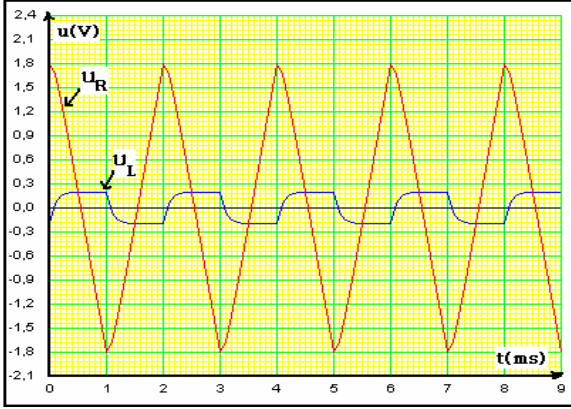


الشكل 2



الشكل 3

المادة : الفيزياء والكيمياء	المستوى : 2 علوم تجريبية مسلك علوم الحياة والأرض
المحور : الكهرباء	الدرس : ((VI : ثنائي القطب RL
أستاذ المادة : مصطفى قشيش المؤسسة : ثانوية بلال بن رباح التأهيلية - تمارة	



الشكل 4

من المبيان: $\Delta u_R = -1,8 - 1,8 = -3,6 V$

$$a = \frac{\Delta u_R}{\Delta t} = \frac{-3,6}{0,001} = -3600 V.s^{-1}$$

$$u_R = at + b \Rightarrow -Ri = at + b \Rightarrow i = -\frac{a}{R}t - \frac{b}{R} \quad * \text{تحديد } \frac{di}{dt}$$

$$\Rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{\Delta i}{\Delta t} = -\frac{a}{R} = -\frac{-3600}{20} = 180 A.s^{-1}$$

$$u_L / \frac{di}{dt} = \frac{0,18}{180} = 0,001 S.I \quad * \text{نحسب النسبة } \frac{u_L}{\frac{di}{dt}}$$

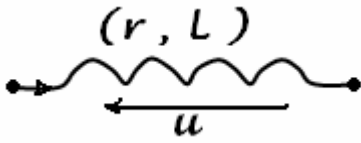
النسبة $u_L / \frac{di}{dt}$ ثابتة تميز الوشيجة وتسمى معامل تحريض الوشيجة نرمز له

بالحرف L ووحدته هنري Heny رمزها H، أي: $u_L = L \frac{di}{dt}$ بالنسبة للوشيجة المدروسة $L = 0,001 H = 1 mH$

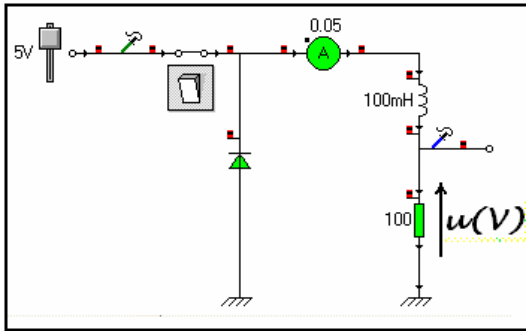
* استنتاج: بالنسبة لوشيجة مقاومتها مهملة، وفي الاصطلاح مستقبل، يعبر عن التوتر $u_L(t)$ بين مربطي

$$u_L = L \frac{di}{dt} \quad \text{الوشيجة بالعلاقة:}$$

* خلاصة: في الاصطلاح مستقبل يعبر عن التوتر بين مربطي وشيجة، مقاومتها r، ومعامل تحريضها L، عندما



$$u = ri + L \frac{di}{dt} \quad \text{بالتعريف:}$$



الشكل 5

(2) استجابة ثنائي القطب RL لرتبة التوتر (échelon de tension).
 (1-2) تعريف:

* ثنائي القطب RL هو تجميع على التوالي لوشيجة معاملها L وموصل أومي مقاومتها R.

(2-2) الدراسة التجريبية: استجابة بالتيار في حارة تضم وشيجة.
 التركيب التجريبي: (الشكل 5)

تنجز التركيب التالي باستعمال وشيجة معامل تحريضها $L = 100 mH$ ومقاومتها مهملة.

نضبط التوتر على القيمة $E = 5V$ ، ومقاومة الموصل الأومي على القيمة $R = 100 \Omega$.

* إقامة التيار و انعدامه في الوشيجة:

- نؤرجح قاطع التيار إلى الموضع 1، وبواسطة راسم التذبذب ذاكراتي نحصل على

المنحنى في الشكل 6 الذي يمثل تغيرات شدة التيار $i(t)$ الذي يمر في الوشيجة بدلالة الزمن.

- نؤرجح القاطع إلى الموضع 2، فنحصل على المنحنى في الشكل 7 الذي يمثل تغيرات التوتر $i(t)$ بدلالة الزمن.

* ملاحظات:

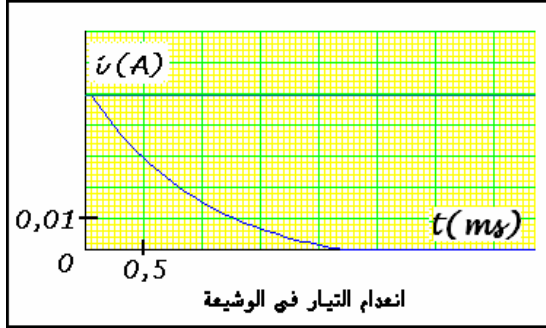
- يمكن مدخل الراسم من معاينة شدة التيار الكهربائي بدلالة الزمن لأن $u_R = R i$.

- يبرز المنحنى نظامين: نظام انتقالي ونظام دائم.

- المنحنى الممثل للدالة $i = f(t)$ ، منحنى متصل، يتزايد $i(t)$ خلال إقامة التيار ويتناقص خلال انعدام التيار.

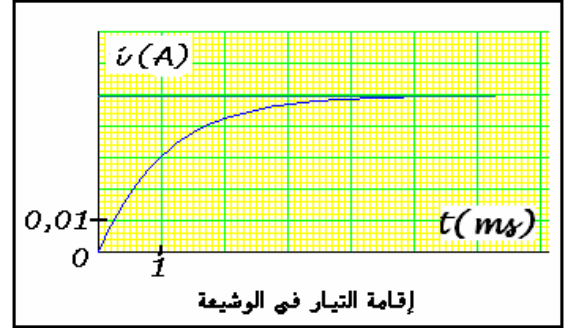
- تؤثر قيمة كل من R و L على مدة إقامة أو انعدام التيار.

المادة : الفيزياء والكيمياء	المستوى : 2 علوم تجريبية مسلك علوم الحياة والأرض
المحور : الكهرباء	الدرس : ((VI : ثنائي القطب RL
أستاذ المادة : مصطفى قشيش المؤسسة : ثانوية بلال بن رباح التأهيلية - تمارة	



الشكل 7

انعدام التيار في الوشيعة

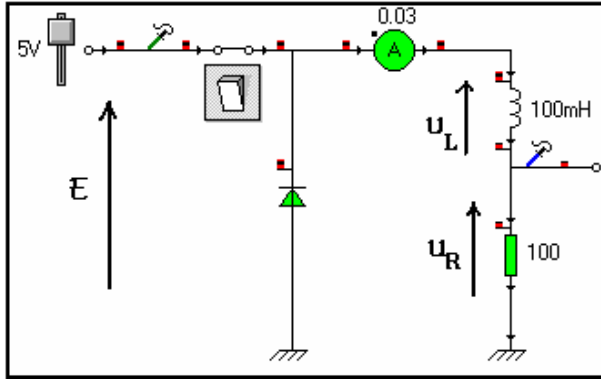


الشكل 6

إقامة التيار في الوشيعة

(2-2) الدراسة النظرية:

(1-3-2) استجابة ثنائي القطب RL لرتبة صاعدة للتوتر: إقامة التيار في الوشيعة.



الشكل 8

ب- حل هذه المعادلة:

أ - المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار i المار في الوشيعة:قانون إضافيات التوترات : $u_L + u_R = E \Rightarrow u_L + Ri = E$ بما أن $u_L = L \frac{di}{dt}$ ، فإن $L \frac{di}{dt} + Ri = E$ نضع $\tau = \frac{L}{R}$ ثابتة الزمن، فنكتب المعادلة:

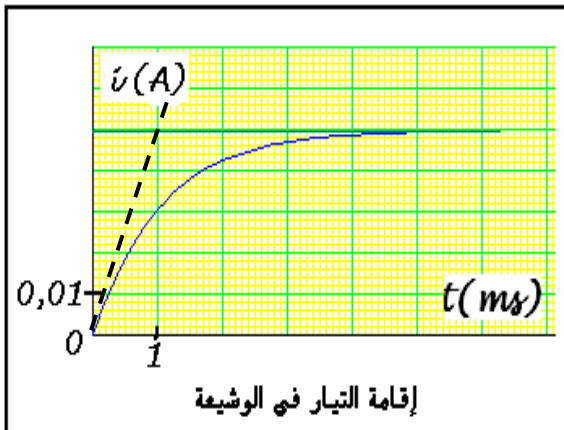
$$\tau \cdot \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R}$$

تسمى المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار.

ب- حل هذه المعادلة:

يكتب حل لمعادلة التفاضلية على الشكل : $i = Ae^{-\alpha t} + B$ ، حيث A و B و α ثابتت سوف نحدد.* تحديد B و α بتعويض تعبير $i = Ae^{-\alpha t} + B$ و $\frac{di}{dt} = -\alpha Ae^{-\alpha t}$ في المعادلة التفاضلية:

$$\frac{L}{R} (-\alpha Ae^{-\alpha t}) + (Ae^{-\alpha t} + B) = \frac{E}{R}$$

لكي تتحقق هذه المعادلة مهما كانت قيمة t ($A \neq 0$)، يجب أن يكون معامل $e^{-\alpha t}$ منعدماً أي $1 - \alpha \frac{L}{R} = 0$ أي $\alpha = \frac{R}{L} = \frac{1}{\tau}$ 

الشكل 9

إقامة التيار في الوشيعة

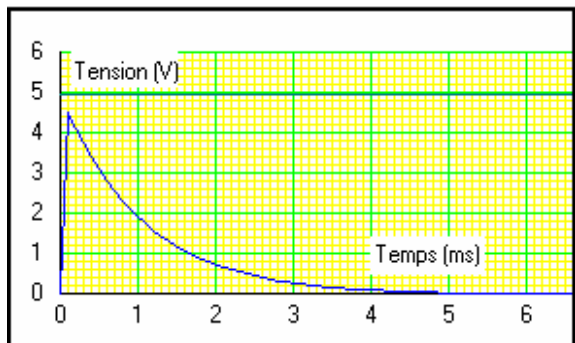
وبالتالي : $B = \frac{E}{R}$ ، ومنه : $i(t) = Ae^{-t/\tau} + \frac{E}{R}$ * تحديد A باستعمال الشروط البدئية:عند $t = 0$ ، تكون شدة التيار منعدمة أي $i = 0$.نعوض في حل المعادلة: $i(0) = 0 = A + \frac{E}{R}$ ، يعني $A = -\frac{E}{R}$.وهكذا يصبح حل المعادلة التفاضلية هو : $i(t) = \frac{E}{R}(1 - e^{-t/\tau})$ مع $\tau = \frac{L}{R}$ ج - خط منحنى الدالة $i = f(t)$: $\tau = \frac{L}{R} = \frac{0,1}{100} = 0,001s = 1ms$ * عند $t = 0$: $i(0) = E(1 - e^{-0}) = 0$

المادة : الفيزياء والكيمياء	المستوى : 2 علوم تجريبية مملك علوم الحياة والأرض
المحور : الكهرباء	الدرس : ((VI : ثنائي القطب RL
أستاذ المادة : مصطفى قشيش المؤسسة : ثانوية بلال بن رباح التأهيلية - تمارة	

$$i(\tau) = E(1 - e^{-1}) = 0,63 \frac{E}{R} = 0,63 \frac{5}{100} = 0,0315 A \quad , t = \tau \text{ عند } *$$

$$i(\infty) = \frac{E}{R}(1 - e^{-\infty}) = \frac{E}{R} = \frac{5}{100} = 0,05 A \quad , t = \infty \text{ عند } *$$

يمثل المنحنى (الشكل 9) تغيرات التوتر i بدلالة الزمن t ، وهي دالة متصلة عند اللحظة $t = 0$.



الشكل 10

د - استجابة التوتر بين مربطي الوشيجة u_L :

$$\text{لدينا : } u_L = L \frac{di}{dt} = L \frac{d}{dt} \left[\frac{E}{R} (1 - e^{-t/\tau}) \right]$$

$$\text{أي : } u_L = L \frac{di}{dt} = \frac{L}{R} \frac{E}{\tau} e^{-t/\tau} \text{ ومنه : } u_L(t) = E e^{-t/\tau} \text{ مع } \tau = \frac{L}{R}$$

على عكس الدالة $i(t)$ ، فإن الدالة $u_L(t)$ غير متصلة عند $t = 0$ ، لحظة إغلاق الدارة. الشكل 10

هـ - خاصيات ثابتة الزمن :

* التحقق من بعد τ بتحليل الأبعاد: لدينا $\tau = \frac{L}{R}$

- حسب قانون أوم بالنسبة لمستقبل: $u = R i$ ، أي $R = \frac{u}{i}$ ومنه $[R] = \frac{[u]}{[i]}$

- لدينا $u_L = L \frac{di}{dt}$ ، أي: $L = u_L / \frac{di}{dt}$ ومنه $L = [u] T \cdot I^{-1}$. إذن: $[L] = \frac{[u][\Delta t]}{[i]}$

$$[\tau] = \left[\frac{L}{R} \right] = \frac{[L]}{[R]} = \frac{[u] T \cdot I^{-1}}{[u] I^{-1}} = T$$

نستنتج أن ثابتة الزمن $\tau = \frac{L}{R}$ متجانسة مع الزمن.

و - تحديد ثابتة الزمن:

حسابيا: بحساب المقدار L/R ، إذا علمنا بقيمة كل من R و L .

مبانيا: إذا توفرنا على المنحنى الممثل لتغيرات $i(t)$: (الشكل 11)

* نحسب $i(\tau) = \frac{E}{R}(1 - e^{-1}) = 0,63 \frac{E}{R}$ ، ثم نحدد الأفصول المناسب

لهذا الأرتوب.

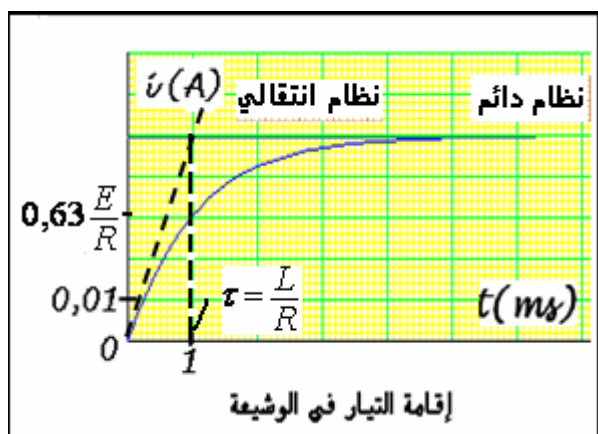
* أو نرسم المماس للمنحنى الممثل لتغيرات $i(t)$ عند $t = 0$ ، ثم نحدد أفصول

نقطة تقاطع المماس والمقارب معادلته $i = E/R$.

ز - تأثير ثابتة الزمن على تطور المجموعة:

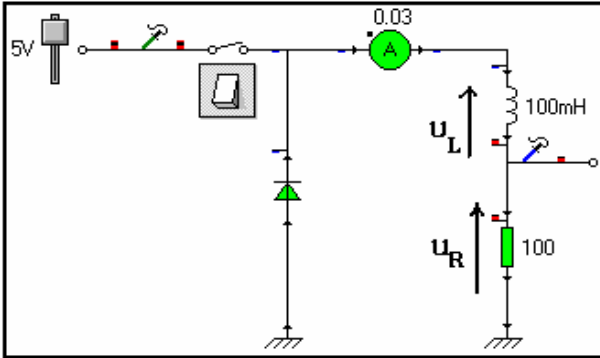
- كلما كانت ثابتة الزمن كبيرة كلما كانت مدة إقامة التيار في الدارة أطول.

- عندما تكون $t = 5\tau$ ، $i(5\tau) = \frac{E}{R}(1 - e^{-5}) = 0,99 \frac{E}{R}$ ، يقام التيار بنسبة 99% .



الشكل 11

المادة : الفيزياء والكيمياء	المستوى : 2 علوم تجريبية مملك علوم الحياة والأرض
المحور : الكهرباء	الدرس : ((VI : ثنائي القطب RL
أستاذ المادة : مصطفى قشيش المؤسسة : ثانوية بلال بن رباح التأهيلية - تمارة	



الشكل 12

تسمى المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار i .

2-3-2) استجابة RL لرتبة نازلة للتوتر ، انعدام التيار في الوشعة.

أ- المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار: (الشكل 12)
+ قانون إضافيات التوترات : $(*) u_L + u_R = 0$ ،

+ قانون أوم: $u_R = Ri$ ، + التوتر $u_L = L \frac{di}{dt}$ ، أي: $L \frac{di}{dt} + Ri = 0$

فنحصل على : $\frac{L}{R} \frac{di}{dt} + i = 0$ ، نضع $\tau = \frac{L}{R}$ تسمى ثابتة الزمن،

فنحصل على المعادلة: $\tau \frac{di}{dt} + i = 0$

ب. حل المعادلة التفاضلية:

يكتب حل المعادلة التفاضلية على الشكل : $i = Ae^{-\alpha t} + B$ ، حيث A و B و α ثوابت سوف نحددها.

* تحديد B و α بتعويض تعبير $i = Ae^{-\alpha t} + B$ و $\frac{di}{dt} = -\alpha Ae^{-\alpha t}$ في المعادلة التفاضلية:

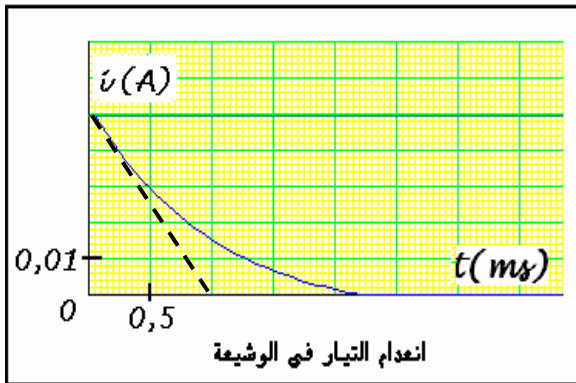
$$\frac{L}{R} (-\alpha Ae^{-\alpha t}) + (Ae^{-\alpha t} + B) = 0 \quad \text{أي: } (1 - \alpha RC) Ae^{-\alpha t} + B = 0$$

لكي تتحقق هذه المعادلة مهما كانت قيمة t ($A \neq 0$) ، يجب أن يكون معامل $e^{-\alpha t}$ منعدما $1 - \alpha RC = 0$ أي: $\alpha = \frac{R}{L} = \frac{1}{\tau}$

وبالتالي : $B = 0$ ، ومنه : $i(t) = Ae^{-t/\tau}$

* تحديد A باستعمال الشروط البدئية:

عند $t = 0$ ، تكون شدة التيار $i(0) = \frac{E}{R}$ ، نعوض في حل المعادلة: $i(0) = A$ ، يعني $A = \frac{E}{R}$.



انعدام التيار في الوشعة

وهكذا يصبح حل المعادلة التفاضلية هو : $i(t) = \frac{E}{R} e^{-t/\tau}$ مع $\tau = \frac{L}{R}$

ج- خط منحنى الدالة $i = f(t)$:

$$i(0) = \frac{E}{R} e^{-0} = \frac{E}{R}, \quad t=0 \quad *$$

$$i(\tau) = \frac{E}{R} e^{-1} = 0,37 \frac{E}{R}, \quad t=\tau \quad *$$

$$i(\infty) = \frac{E}{R} e^{-\infty} = 0, \quad t=\infty \quad *$$

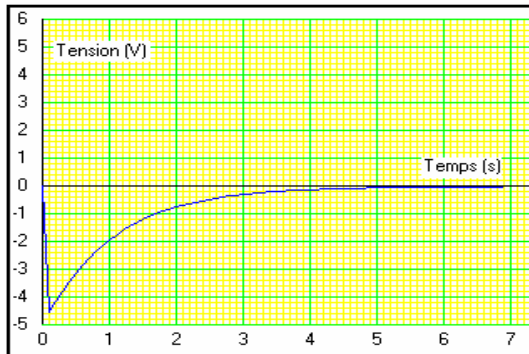
يمثل المنحنى (الشكل 13) تغيرات شدة التيار $i(t)$ بدلالة الزمن t ،

وهي دالة متصلة عند اللحظة $t = 0$

د- استجابة التوتر بين مرطبي الوشعة:

لدينا : $u_L = L \frac{di}{dt} = L \frac{d}{dt} \left(\frac{E}{R} e^{-t/\tau} \right) = L \frac{E}{R} \left(-\frac{1}{\tau} e^{-t/\tau} \right)$ ،

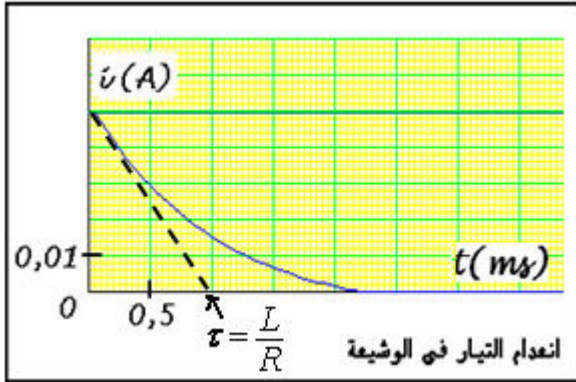
أي: $u_L(t) = -\frac{L}{R} \cdot \frac{E}{\tau} e^{-t/\tau}$ ومنه: $u_L(t) = -E e^{-t/\tau}$ مع $\tau = \frac{L}{R}$



الشكل 14

على عكس الدالة $i(t)$ ، فإن الدالة $u_L(t)$ غير متصلة عند $t = 0$ ، لحظة فتح الدارة.

المادة : الفيزياء والكيمياء	المستوى : 2 علوم تجريبية مسلك علوم الحياة والأرض
المحور : الكهرباء	الدرس : ((VI : ثنائي القطب RL
أستاذ المادة : مصطفى قشيش المؤسسة : ثانوية بلال بن رباح التأهيلية - تمارة	

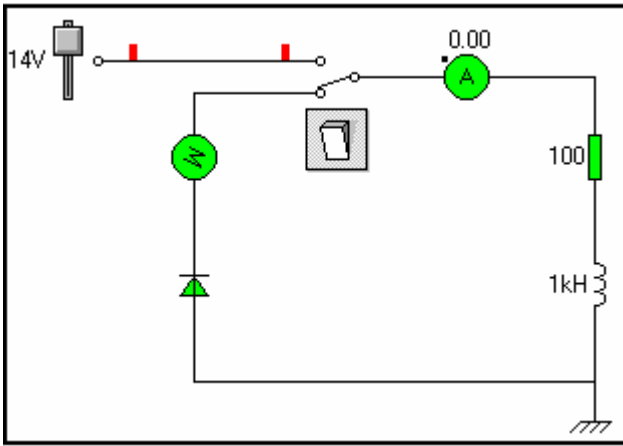


الشكل 15

هـ - تحديد ثابتة الزمن:

حسابيا: بحساب المقدار L/R ، إذا علمنا بقيمة كل من R و L .
مبيانيا: إذا توفرنا على المنحنى الممثل لتغيرات $i(t)$: الشكل 15

* نحسب $i(\tau) = \frac{E}{R} e^{-1} = 0,37 \frac{E}{R}$ ، ثم نحدد الأفصول المناسب لهذا الأرتوب.
* أو نرسم المماس للمنحنى الممثل لتغيرات $i(t)$ عند $t = 0$ ، ثم نحدد أفصول نقطة تقاطع المماس مع محور الزمن.



الشكل 16

4-2) الطاقة المخزونة في الوشيعه:

1-4-2) الإبراز التجريبي للطاقة المخزونة في الوشيعه
أ. مناوله: الشكل 16

- في البداية، القاطعان K_1 و K_2 مفتوحان
- نغلق القاطع K_1 ، فيقام التيار في الدارة (يمكن إضافة فولطمتر لتأكد)
ب. ملاحظات:

- - نفتح K_1 ، ونغلق K_2 فيدور المحرك.
- يزداد عدد دورات المحرك عند رفع قيمة المعامل L ، أو قيمة E .

ج. خلاصة: تمكّن الوشيعه من تخزين طاقة مغنطيسية قصد استعمالها عند الحاجة.

2-4-2) تعبير الطاقة المخزونة في مكثف:

- القدرة الكهربائية الممنوحة للوشيعه هي: $P = u_L \times i$

- لدينا $u_L = L \frac{di}{dt}$ $\Leftarrow P = L \frac{di}{dt} \cdot i \Leftarrow P = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} Li^2 \right)$ ، ونعلم أن: $P = \frac{dE_e}{dt}$

وتكون بذلك الطاقة المغنطيسية المخزونة في الوشيعه هي: $E_m = \frac{1}{2} Li^2$

- إن تخزين أو تفريغ الطاقة في الوشيعه لا يتم بشكل آني، لكن يتطلب مدة زمنية dt غير منعدمة ($P \rightarrow \infty \Leftarrow dt = 0$)، و $i = \sqrt{\frac{2E_m}{L}}$ وبالتالي فإن شدة التيار المار في الوشيعه تكون دالة متصلة عند فتح أو غلق الدارة.