

ثنائي القلب RL



1 (الوشيعه .

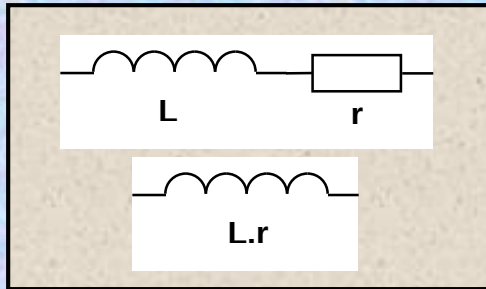
1_1 (الوصف و التمثيل الرمزي .

الوشيعه ثنائي قطب يتكون من سلك موصل تم تغليفه بعازل و ملفوف على شكل لُطْوانة . نميز الوشيعه بمقدارين هما :

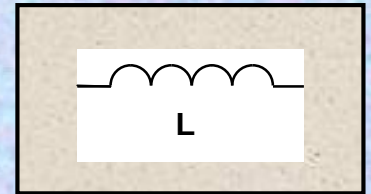
❖ مقاومتها r وحدتها الأوم (t)

❖ معامل تحريضها الذاتي L وحدته الهنري (H)

في الاصطلاح مستقبل يرمز للوشيعه بأحد الرمزين التاليين :



وشيعه حقيقية ، مقاومتها الداخلية غير مهملة .



وشيعه مثالية مقاومتها منعدمة

1_2 (التوتر بين مربطي الوشيعه .

بالنسبة لوشيعه بدون نواة من الحديد ، في الاصطلاح مستقبل ، نتبث أن التوتر بين مربطيهما يحقق العلاقة :

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

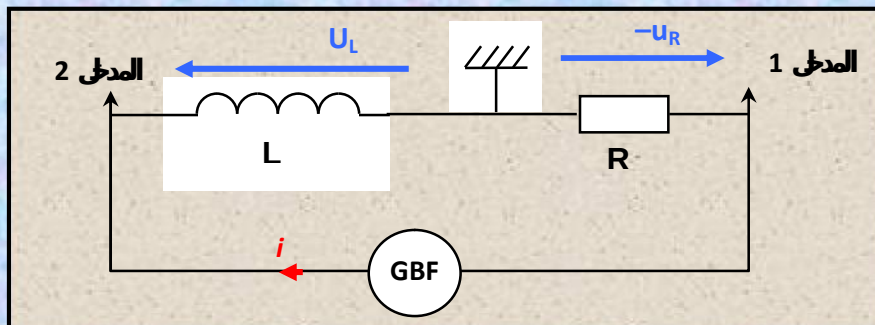
لذلك نسوق درلسة متنوعة :

* باستعمال تيار مستمر بربط الوشيعه بين قطبي تغذية مستمرة تمنح التوتر الثابت U و بقياس I شدة التيار الموافقة . نبين أن

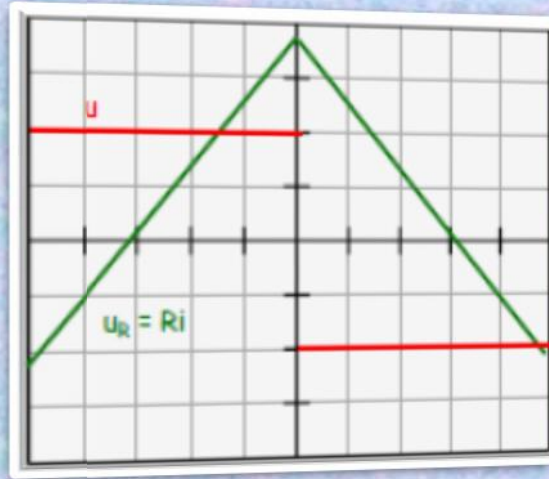
$$u_b = Z U \quad Z = r + j\omega L$$

حيث **ان الوشيعه تتصرف كموصل أومي في النظام الدائم .**

* باستعمال تيار متغير حيث نحقق التركيب التجريبي التالي (الوشيعه المدروسة مثالية) :



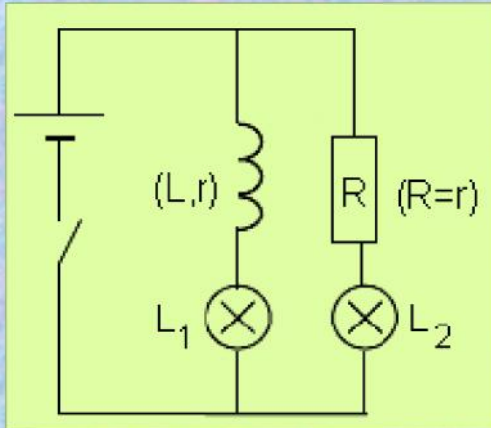
طابق بولمطة GBF توترا مثلثيا (أسنان المنشار) ، في المدخل 1 نعاين مقابل تغيرات التوتر بين مربطي الموصل الأومي و بالتالي مقابل تغيرات شدة التيار . وفي المدخل 2 نعاين تغيرات التوتر بين مربطي الوشيعة . $(u_R \text{ Z } Ri)$.
نلاحظ على شلثة رلسم التذبذب الشكل التالي (بلستعمل الزر العاكس inv لمعاينة u_R)



خلال نصف دور $\frac{di}{dt} \text{ Z } \frac{1}{R} \frac{du_R}{dt} \text{ Z } Cte \text{ Z } a$

بقياس قيمة $u_L \text{ Z } u$ ، نبين أن النسبة $\frac{u_L(t)}{a} \text{ Z } \frac{u_L(t)}{a}$ تبقى ثابتة و تساوي تقريبا قيمة معامل التحريض المسجل على الوشيعة .
 $\frac{di}{dt} \text{ Z } \frac{u_L(t)}{a}$

نستنتج أن التوتر بين مربطي وشيعة مثالية يتناسب مع المشتقة $\frac{di}{dt}$
معامل التسلب L مقدار موجب يسمى معامل التحريض الذاتي للوشيعة
و هو يتعلق بالميزات الهندسية للوشيعة .

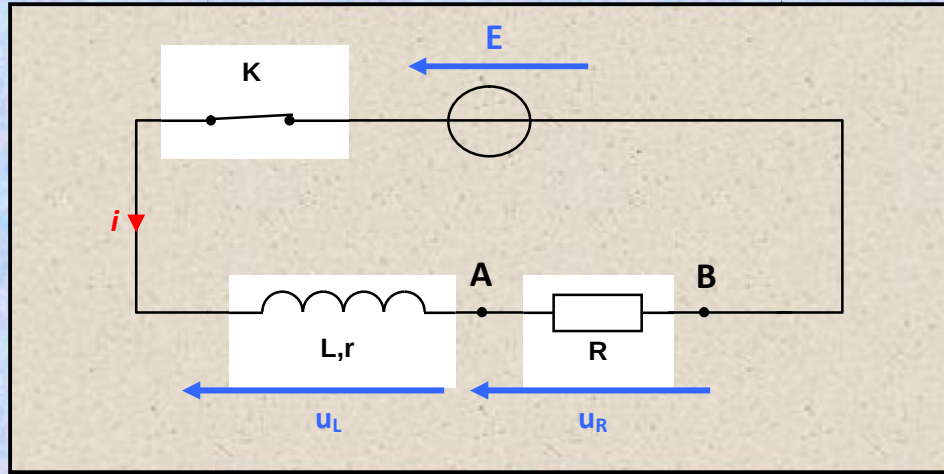


* نحقق التركيب التجريبي التالي :
عند غلق قاطع التيار نلاحظ أن المصباح L_1 يتأخر في الإضاءة
مقارنة مع المصباح L_2 .
و عند فتح قاطع التيار نلاحظ تأخر انطفاء المصباح L_1 .

تؤخر الوشيعة إقامة أو انقطاع التيار ،
و بصفة عامة تقاوم الوشيعة
كل تغير في شدة التيار المار بها

2 (**ثنائي القطب RL**) .
يتكون ثنائي القطب RL من وشيعة مقاومتها r و معامل تحريضها L مركبة على التوالي مع موصل أومي R .
المقاومة الكلية لثنائي القطب RL هي : $R_t = R + r$.

2-1 (**الاستجابة لرتبة توتر صاعدة**) .
نهتم في هذه الدراسة بتتبع تغيرات شدة التيار المار بالوشيعة . الدارة الكهربائية المنجزة ممثلة في الشكل التالي :



باعتداد قانون إضافية التوتارات :

$$E = u_R(t) + u_L(t)$$

و منه نجد :

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

و بوضع $R_t = R + r$. شدة التيار تحقق المعادلة التفاضلية من الدرجة الأولى :

$$\frac{di}{dt} + \frac{R_t}{L} i(t) = \frac{E}{L}$$

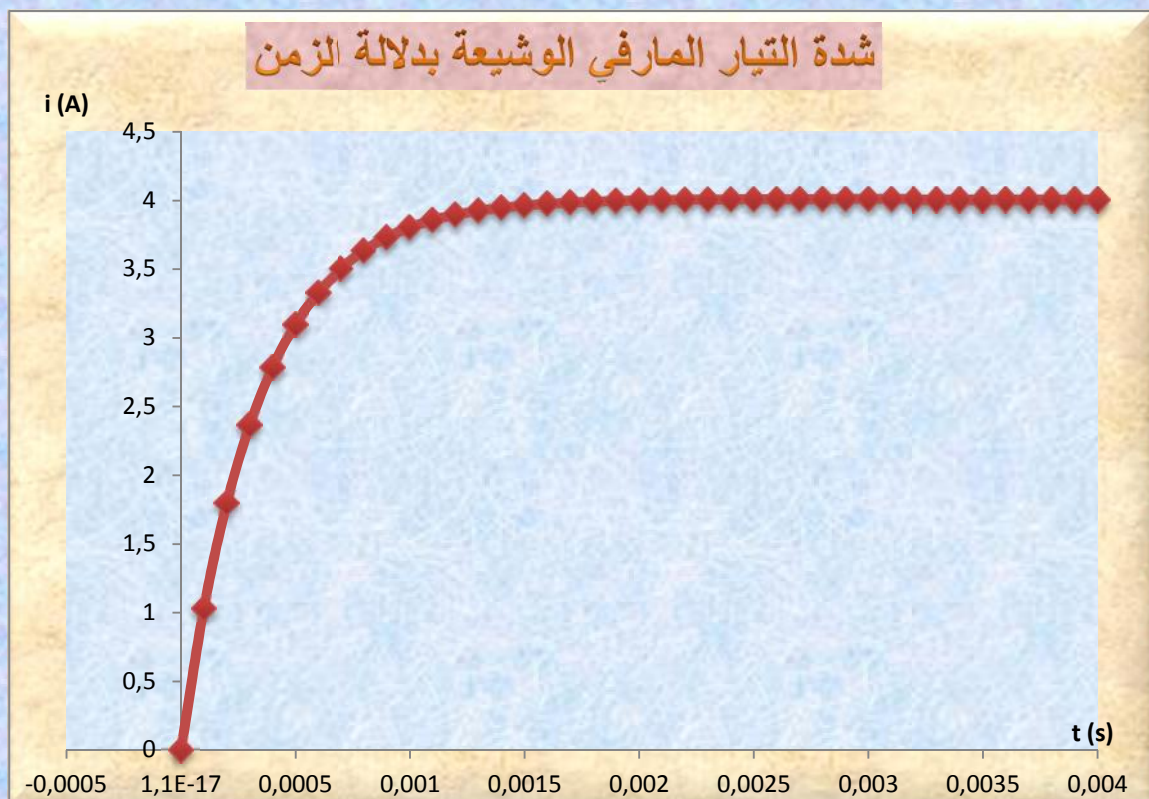
حل هذه المعادلة التفاضلية يكتب على الشكل :

$$i(t) = K e^{-\frac{R_t}{L} t} + \frac{E}{R_t}$$

تحدد الثابتة K باستثمار الشروط البدئية : عند $t = 0$ لدينا $i(0) = 0$ $\Rightarrow K = -\frac{E}{R_t}$ $\Rightarrow i(t) = \frac{E}{R_t} (1 - e^{-\frac{R_t}{L} t})$ $\Rightarrow K = -\frac{E}{R_t}$

$$i(t) = \frac{E}{R_t} (1 - e^{-\frac{R_t}{L} t})$$

الحل يأخذ الشكل النهائي :



المرحلة التي خلالها تتغير شدة التيار $i(t)$ تسمى الظلم الانتقالي . و المرحلة التي تكون $i(t)$ ثابتة تسمى الظلم الدائم .

$$\text{خلال الظلم الدائم ، } \frac{di}{dt} = 0 \text{ و } i(t) = I_p = Cte = \frac{E}{R_t}$$

2-2 (التوتر بين مربطي الوشيعه .

يعطي قانون إضافية التوترات :

$$U_b(t) = E - u_R(t) = E - R i(t)$$

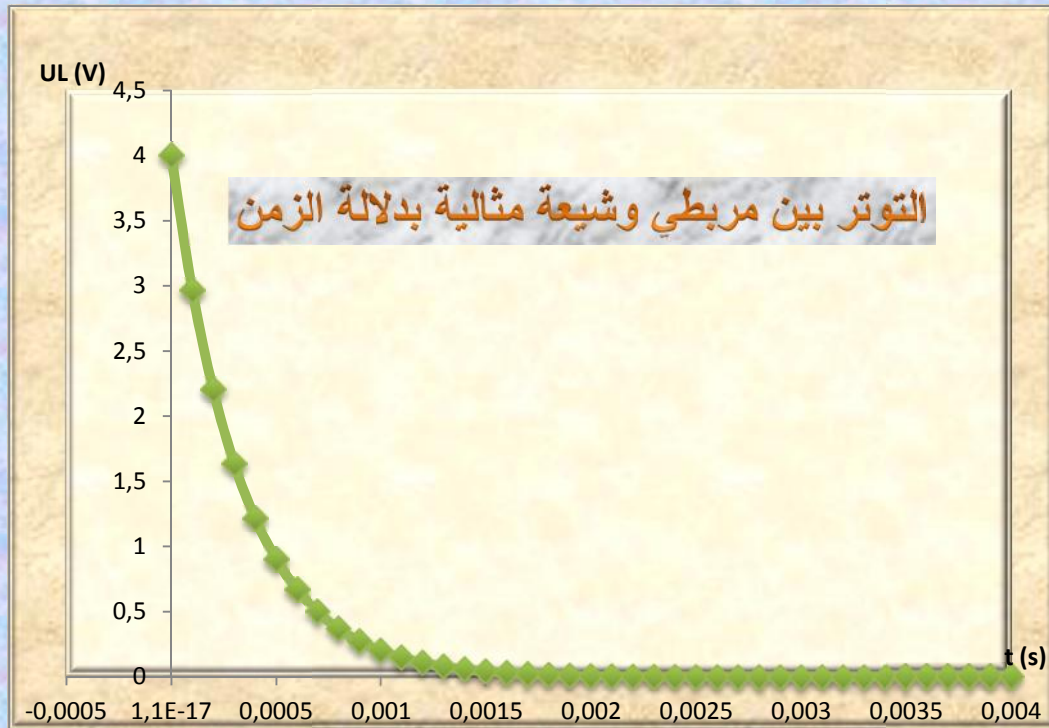
و هذا يمكن من كتابة :

$$u_b(t) = E - R \frac{E}{R_t} \left(1 - e^{-\frac{R}{L} t} \right)$$

عندما يمكن أن نهمل r أمام R حيث $R \gg r$ نحصل على :

$$u_b(t) = E \left(1 - e^{-\frac{R}{L} t} \right)$$

$$u_L(t) = E e^{-\frac{R}{L} t}$$



التوتر بين مربطي الوشيعه بدنيا يكون قصويا (يساوي القوة الكهرومحركة E للمولد) ، ثم ينقص تدريجيا إلى أن ينعدم (في حالة $r = 0$) أما إذا كانت المقاومة الداخلية غير منعدمة $r \neq 0$ فإن التوتر بين مربطي الوشيعه يؤول إلى $r I_p$ ، حيث I_p شدة التيار في النظام الدائم.

2-3 (ثابتة الزمن لثنائي القطب RL .

بنفس الطريقة المتبعة بالنسبة لثنائي القطب RC . نلاحظ أن المقدار $\frac{L}{R_t}$ يجب أن تكون له وحدة الزمن ، نرمز لهذه الثابتة كذلك ب τ :

$$\tau = \frac{L}{R_t}$$

نعتبر أن خلال المدة الزمنية 5τ يصل ثنائي القطب إلى النظام الدائم .

* التحليل البعدي .

تحليل العلاقة $u_L(t) = R i(t) + L \frac{di}{dt}$ تشير إلى أن $\chi_L = \frac{L}{R}$

تحليل علاقة أوم تبين أن $\chi_R = \frac{R}{R} = 1$

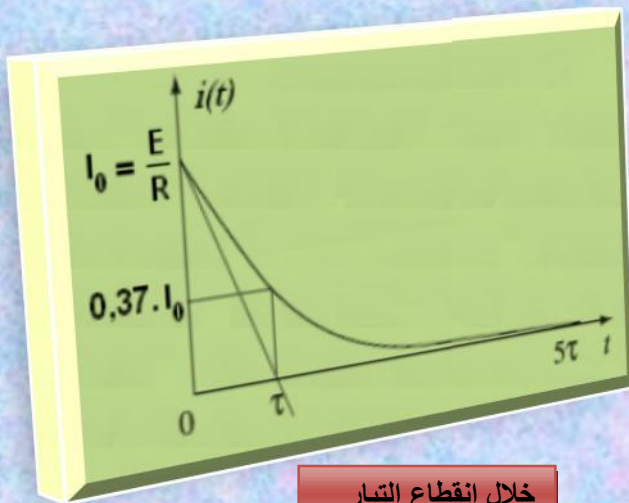
نلاحظ أن : $\frac{L}{R} = \frac{\chi_L}{\chi_R} = \frac{L}{R} = T$

* كيف نحدد مبيانيا ثابتة الزمن τ ؟

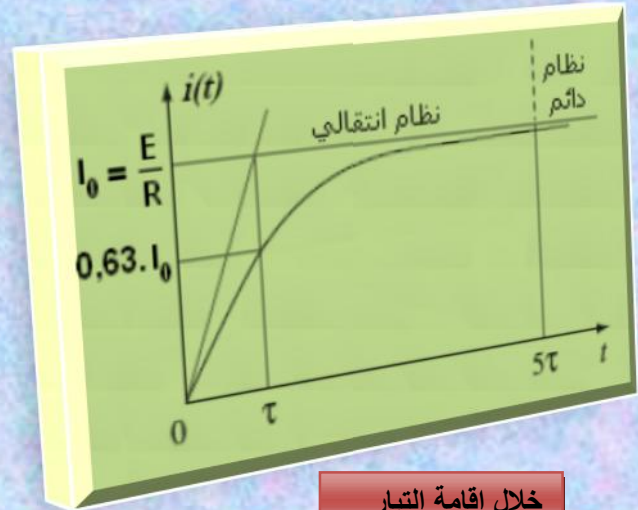
الطريقة المتبعة هي نفس الطريقة المتبعة بالنسبة لثنائي القطب RC :

- طريقة النسبة 63% (أو 37%)

- طريقة المماس عند الأصل



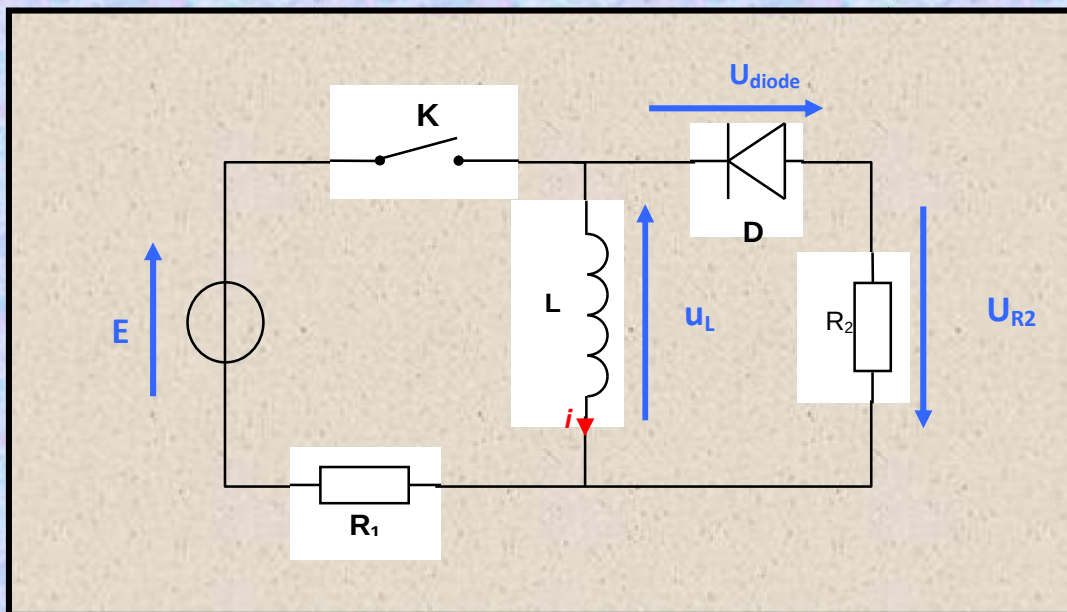
خلال انقطاع التيار



خلال إقامة التيار

2_4) انقطاع التيار في دائرة تضم ثنائي قطب RL .

نضيف فرع يحتوي على صمام ثنائي (diode) لتفادي حدوث شرارات خلال الانقطاع المفاجئ للتيار المار في وشيعة .



لا يمر أي تيار كهربائي (المنحى الحاجز) عند غلق قاطع التيار. عند فتحه قاطع التيار، الدارة المغلقة المكونة من الوشيعة ، الصملم و الموصل الأومي R_2 تسمح بمرور التيار .

في حالة اعتبار الصمام و الوشيعه مثاليين فإن $u_{diode} = 0$ و $r = 0$ و بذلك بتطبيق قانون إضافية التوترات نكتب :

$$L \frac{di}{dt} + R_2 i(t) = 0$$

$$\frac{di}{dt} = - \frac{R_2}{L} i(t)$$

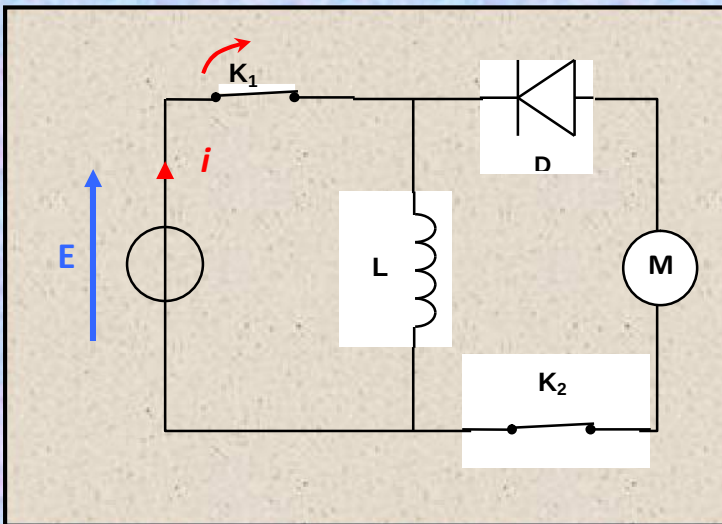
حل هذه المعادلة التفاضلية ، باستغلال الشرط البدئي $i(0) = \frac{E}{R_1}$ هو :

$$i(t) = \frac{E}{R_1} e^{-\frac{R_2}{L} t} \quad \left(\frac{L}{R_2} \right)$$

في دارة كهربائية حيث R_2 كبيرة ، نحصل على ثابتة زمن τ صغيرة ويمكن أن يكون تناقص شدة التيار مفاجئاً :

من العلاقة $u_L(t) = r i(t) + L \frac{di}{dt}$ **نلاحظ أن التوتر بين مربطي الوشيعه يمكن أن يصبح مهماً لأن $\frac{di}{dt}$ يمكن أن تكون كبيرة .**

هذه النتيجة مرغوب فيها عندما نريد إحداث فوق توتر (إضاءة مصابيح النيون) لكن هناك سلبيات تتمحور في كون هذا يؤدي إلى وقوع شرارات عند فتح بعض الدارات التي تضم وشيعه .



3 (الطاقة المخزنة في الوشيعه .
3-1 (الإبراز التجريبي .

ننجز التركيب التجريبي التالي :
في البداية ، K_1 مفتوح ، K_2 مغلق ، المحرك لا يشتغل .
عندما نغلق K_1 ، الصمام مستقطب في المنحى الحاجز و المحرك لا يدور ، لأن شدة التيار المار في الصمام و المحرك منعدمة .
الطاقة الممنوحة من طرف المولد تنقل فقط إلى الوشيعه .
عندما نفتح K_1 بينما K_2 دائماً مغلق ، المحرك يدور خلال مدة وجيزة : فقط الوشيعه هي التي يمكن أن تمنحه الطاقة لأن المولد خارج الدارة .
اذن الوشيعه قد اختزنت طاقة .

3-2 (تعبير الطاقة المخزونة .
القدرة المكتسبة من طرف الوشيعه تحقق العلاقة :

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

أي :

$$P(t) dt = L i(t) di$$

بانجاز التكامل نجد :

$$E(t) = \int P(t) dt = \int L i di = \frac{1}{2} L i^2(t)$$

و بذلك فإن الطاقة ذات الأصل المغنطيسي المخزنة في الوشيعه عند لحظة t عندما يمر بها تيار كهربائي شدته $i(t)$ هي :

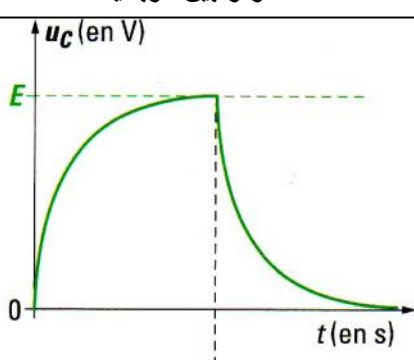
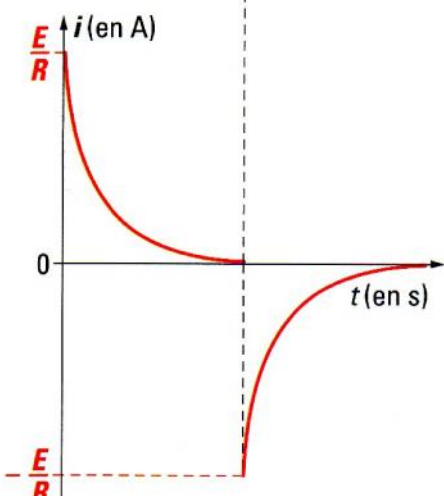
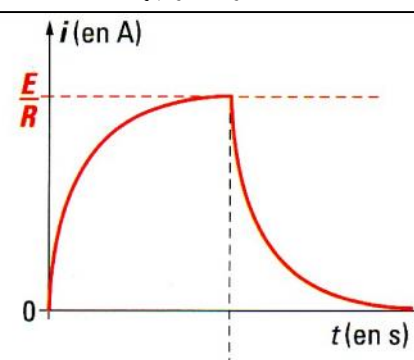
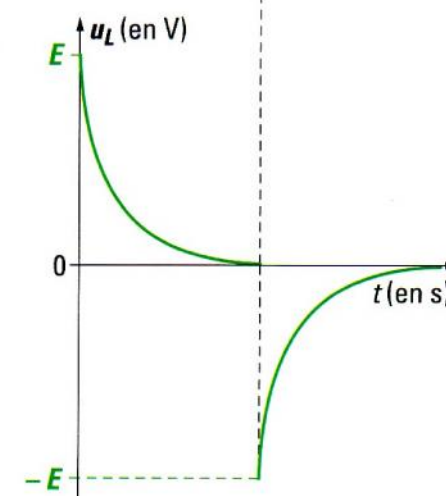
$$E_{mag}(t) = \frac{1}{2} L i^2(t)$$

3_3) استمرارية شدة التيار المار في وشيعة .
كالمكثف ، الطاقة تنتقل بسرعة محدودة ، حيث تتغير بشكل متصل بدلالة الزمن . تعريف الطاقة المخزنة في وشيعة بالعلاقة

$$i \geq \sqrt{\frac{2E_{\text{magn}}}{L}}$$

تؤكد أن تغيرات شدة التيار كذلك تغيرات متصلة .

3_4) مقارنة بين الوشيعة و المكثف .
نهتم باستجابة ثنائي القطب بالنسبة لتوتر مربعي تناوبي (رتبة صاعدة + رتبة نازلة

المكثف	الوشيعة
المكثف يضمن استمرارية التوتر بين مربطيه  	الوشيعة تضمن استمرارية شدة التيار المار بها  
تغيرات $u_C(t)$ و $i(t)$ في ثنائي القطب RC	تغيرات $u_L(t)$ و $i(t)$ في ثنائي القطب RL
بالنسبة لثنائي القطب RC، الاستجابة $i(t)$ لرتبة توتر دالة متقطعة بينما التوتر بين مرطبي المكثف $u_C(t)$ دالة متصلة	في ثنائي القطب RL ، الاستجابة $u_L(t)$ بين مربطي الوشيعة لرتبة توتر ، دالة متقطعة بينما شدة التيار $i(t)$ دالة متصلة
الطاقة المخزنة في مكثف سعته C :	الطاقة المخزنة في وشيعة معامل تحريضها L :
$\mathcal{E}_{\text{elec}}(t) = \frac{1}{2} C u_C^2(t)$	$\mathcal{E}_{\text{mag}}(t) = \frac{1}{2} L i^2(t)$