

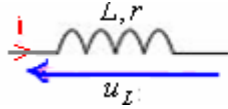
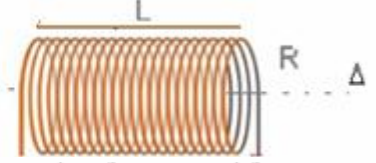
I دورة وشيعة في دارة كهربائية :

(1) تعريف الوشيعة :

الوشيعة ثنائي قطب غير نشيط (يلعب دور مستقبل في دارة كهربائية) ، تتكون الوشيعة من سلك موصل ملفوف بانتظام حول أسطوانة عازلة .

الأسلاك المستعملة في الوشيعة مطلية بمادة عازلة وذات مقاومة ضعيفة.

طول الوشيعة : L
شعاع الوشيعة : R
محور الوشيعة : Δ



تمثل الوشيعة ذات المقاومة r ، في دارة كهربائية كما يلي :
في اصطلاح المستقبل ، التوتر بين مربطي الوشيعة وشدة التيار الكهربائي الذي يعبرها لهما منحنيان متعاكسان.

وتتميز الوشيعة **بمعامل تحريضها الذاتي** L الذي يعبر عنه في النظام العالمي للوحدات **بالهينري** : **Henry** الرمز المستعمل : **H**.

ملحوظة : معامل تحريض الوشيعة يتعلق بطولها وعدد لفاتها ومساحة مقطعها وكذلك بطبيعة الوسط الذي توجد فيه ، لذلك يزداد هذا المعامل عند إدخال نواة من الحديد المطاوع بداخل الوشيعة.

(2) التوتر بين مربطي الوشيعة :

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

التوتر بين مربطي الوشيعة :

وفي التيار الكهربائي المستمر تكون شدة التيار I ثابتة و : $\frac{di}{dt} = 0$ و يكون التوتر بين مربطيه : $u_L = r.I$.

وبذلك تنصرف الوشيعة في التيار الكهربائي المستمر كموصل أومي.

(3) الأبراز التجريبي لمعامل تحريض الوشيعة :

(أ) تجربة :

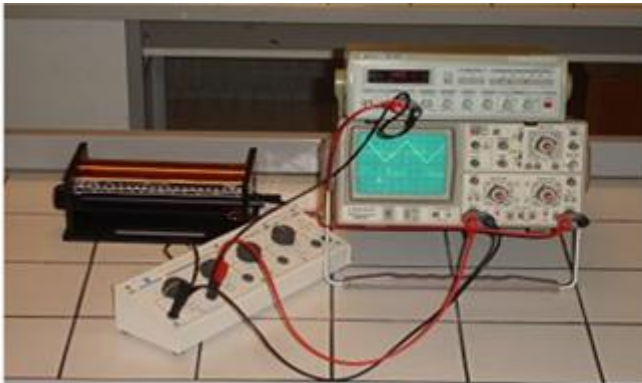
نستعمل مولدا للترددات المنخفضة GBF وننجز التركيب التالي :

الوشيعة المستعملة في هذا التركيب ذات مقاومة مهمة .

الموصل الأومي مقاومته $R = 20k\Omega$

(ب) ملاحظات :

نعين على شاشة راسم التذبذب التوترين u_1 و u_2 على التوالي في المدخلين Y_1 و Y_2



الكسح الأفقي المستعمل : $0,5ms/div$. الحساسات الرأسية : بالنسبة للمدخل Y_2 : $1V/div$ وبالنسبة للمدخل Y_1 : $0,05V/div$

(ج) استنتاج نتائج التجربة :

من خلال التركيب يتضح أن التوتر u_1 المعين على شاشة راسم التذبذب في المدخل Y_1 : $u_1 = u_L = L.\frac{di}{dt}$ (1) لأن : $r = 0$

والتوتر u_2 المعين على شاشة راسم التذبذب في المدخل Y_2 : $u_2 = -u_R = -R.i$: إذن : $i = -\frac{u_2}{R}$ ومنه : $\frac{di}{dt} = -\frac{1}{R} \frac{du_2}{dt}$

$$L = \frac{-u_1 \times R}{\frac{du_2}{dt}}$$

$\Leftrightarrow$

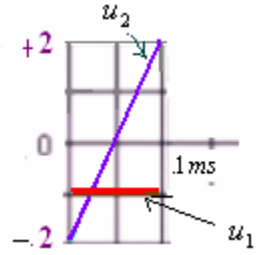
بالتعويض في العلاقة (1) نجد : $u_1 = -\frac{L}{R} \cdot \frac{du_2}{dt}$

الدور: $T = 0,5ms / div \times 4div = 2ms$ وبذلك يكون المجال $\left[0, \frac{T}{2}\right]$ هو : $[0, 1ms]$

$$\frac{du_2}{dt} = \frac{\Delta u_2}{\Delta t} = \frac{u_{2max} - u_{2min}}{\frac{T}{2} - 0} = \frac{(2 - (-2))V}{(1 - 0)ms} = \frac{4V}{10^{-3}s} = 4.10^3 V/s \quad \text{في المجال } \left[0, \frac{T}{2}\right] \text{ لدينا :}$$

وفي نفس المجال لدينا : $u_1 = -1div \times 0,05V / div = -0,05V$

$$L = \frac{-u_1 \times R}{\frac{du_2}{dt}} = \frac{-(-0,05) \times 20.10^3}{4.10^3} = 0,25H$$

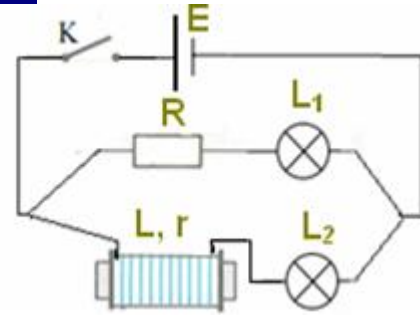


(4) تأثير وشيعة على مرور التيار في دائرة كهربية :

(أ) تجربة

ننجز التركيب التالي :

الموصل الأومي والوشيعة لهما نفس المقاومة $r = R$.
المصباحين L_1 و L_2 مماثلان (متشابهين) .



(ب) ملاحظات وتطيل:

يتأخر في اللمعان عند غلق قاطع التيار الكهربائي ويتأخر في الانطفاء عند فتح قاطع التيار ويعزى ذلك إلى المقدار L_2 المصباح L_2 . $L \cdot \frac{di}{dt}$

عند إغلاق قاطع التيار: خلال الفترة الموجبة التي يقام فيها التيار المقدار $\frac{di}{dt} > 0$ له نفس اصطلاح المستقبل — تعطل إقامة التيار في الدارة.
عند فتح قاطع التيار: خلال الفترة الموجبة التي يتناقص فيها التيار المقدار $\frac{di}{dt} < 0$ له نفس اصطلاح المولد — تعطل انقطاع التيار في الدارة.

(ج) استنتاج:

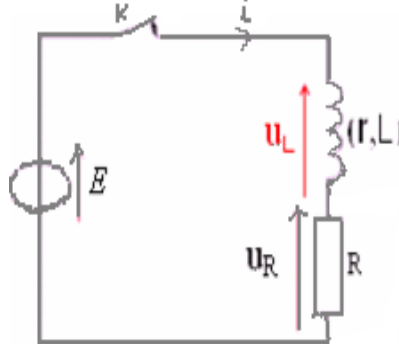
الوشيعة تقاوم إقامة أو انقطاع التيار الكهربائي في الدارة.

II استجابة ثنائي قطب RL لرتبة توتر:

(1) الاستجابة لرتبة صاعدة للتوتر (إقامة التيار في الدارة) :

(أ) التركيب التجريبي:

نركب على التوالي موصلًا أوميًا مقاومته R ووشيعة معامل تحريضها L ومقاومتها r ، ونخضعه لرتبة صاعدة للتوتر، وذلك بإغلاق قاطع التيار عند $t=0$.



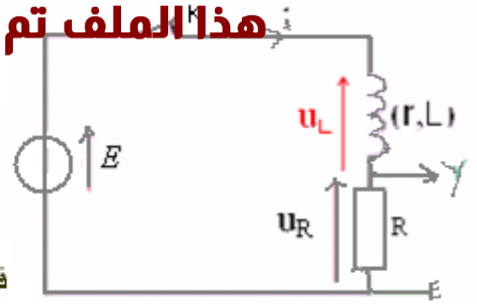
(ب) المعادلة التفاضلية :

و : $u_L = r i + L \frac{di}{dt}$ علاقة التوترات تصبح :

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

ونضع : $R_T = r + R$ $R_T i + L \frac{di}{dt} = E$ التي تصبح بعد

قسمة الكل على R_T : $\frac{L}{R_T} \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R_T}$ نضع : $\tau = \frac{L}{R_T}$ ثابتة الزمن لتثاني القطب RL



وبذلك المعادلة التفاضلية $\tau \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R_T}$ وهي المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار الكهربائي في الدارة.

(ت) حل المعادلة التفاضلية:

(1) عبارة عن دالة أسية تكتب على النحو التالي: $\tau \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R_T}$ حل المعادلة التفاضلية: $i(t) = Ae^{-mt} + B$ مع $A \neq 0$

يتم تحديدها بالتعويض في المعادلة التفاضلية وباستعمال الشروط البدنية. B و m ، A الثوابت

نعوض في المعادلة التفاضلية التي تصبح : $-\tau m A e^{-mt} + A e^{-mt} + B = \frac{E}{R_T}$ إذن: $\frac{di}{dt} = -m A e^{-mt}$

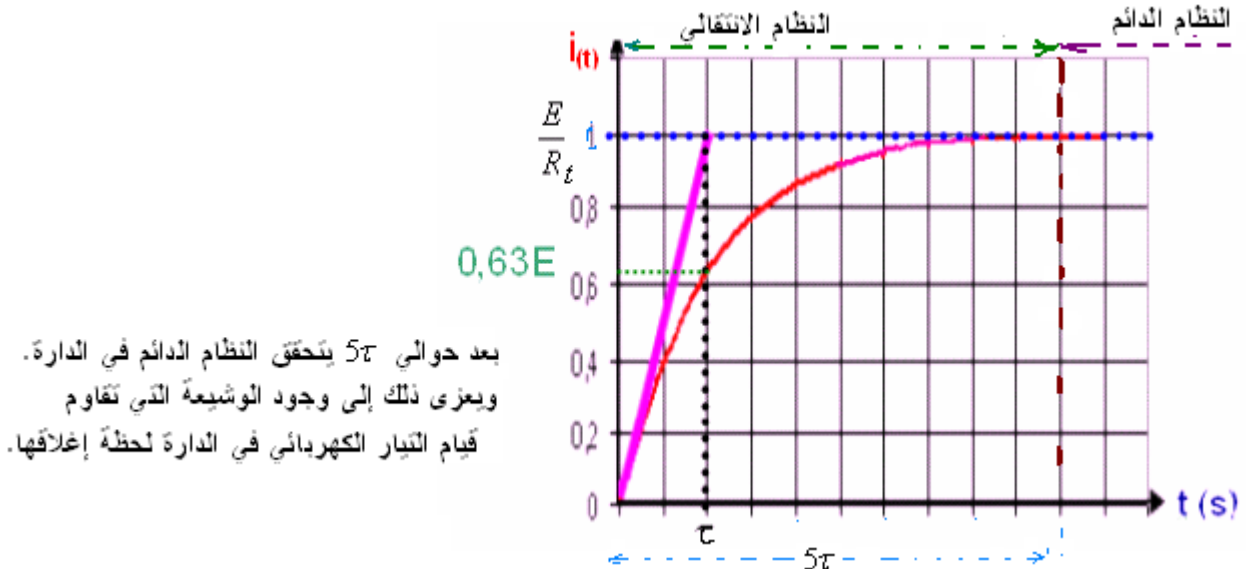
$A \neq 0$ لأن $1 - \tau m = 0$ منعما أي e^{-mt} (2) لكي تتحقق هذه المعادلة يجب أن يكون معامل: $A e^{-mt} (1 - \tau m) = \frac{E}{R_T} - B$ أي:

وبذلك (2) تصبح $m = \frac{1}{\tau}$ إذن:

والحل (1) أصبح كما يلي: $i(t) = A e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{E}{R_T}$ (3)

لدينا $t = 0$ نعتبر الشروط البدنية : عند اللحظة A لتحديد الثابتة $i = 0$ وبالتعويض في (3) نحصل على: $0 = A e^0 + \frac{E}{R_T}$ ومنه :

و الحل النهائي يكتب كما يلي: $R_T = r + R$: و $\tau = \frac{L}{R_T}$ مع $i(t) = \frac{E}{R_T} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ $A = -\frac{E}{R_T}$



بعد حوالي 5τ يتحقق النظام الدائم في الدارة. ويعزى ذلك إلى وجود الوشيعية التي تقاوم قيام التيار الكهربائي في الدارة لحظة إغلاقها.

يمثل هذا المحنى التأخر الزمني الذي يحدث عند إقامة التيار في دارة تضم وشيعة .

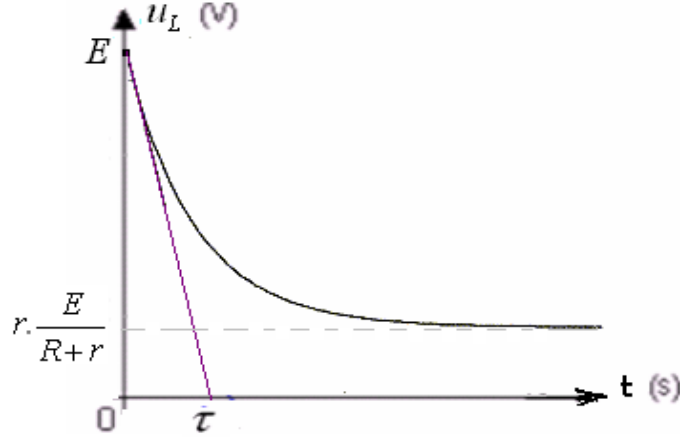
تزداد مدة إقامة التيار في الدارة بتزايد معامل تحريض الوشيعية أو تناقص مقاومة الدارة أي بتزايد τ .

(ث) تعبير التوتر بين مربطي الوشيعية:

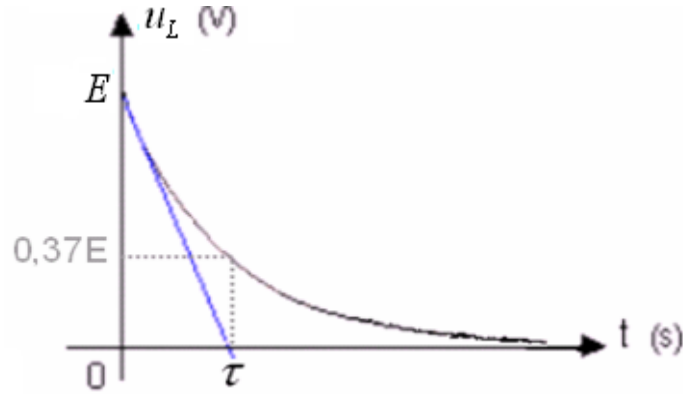
حسب قانون إضافية التوترات في الدارة السابقة لدينا: $u_R + u_L = E$

$$u_L = E - u_R = E - R \cdot i = E - R \cdot \frac{E}{R_t} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

عند اللحظة $t = 0$ ، $u_L = E$ وفي النظام الدائم عندما تؤول t إلى $+\infty$: $u_L = E - R \cdot \frac{E}{R+r} = r \cdot \frac{E}{R+r} = r \cdot I$.
تتصرف كموصل أومي.



ملحوظة : إذا كانت مقاومة الوشيعية r مهملة ، تصبح مقاومة الدارة $R_t = R$ وبالتالي : $u_L = E e^{-\frac{t}{\tau}}$ مع $\tau = \frac{L}{R}$



ج) معادلة الأبعاد لثابتة الزمن:

$$[L] = \frac{[U][t]}{[I]} \quad \Leftrightarrow [U] = [L] \frac{[I]}{[t]} \quad \Leftrightarrow u_L = L \frac{di}{dt}$$

$$[R] = \frac{[U]}{[I]} \quad \Leftrightarrow [U] = [R][I] \quad \Leftrightarrow u_R = R \cdot i \quad \text{و}$$

$$[\tau] = \frac{[L]}{[R]} = [U][t][I]^{-1} \times [U]^{-1} \cdot [I] = [t] \quad \Leftrightarrow \quad \tau = \frac{L}{R}$$

وبما أن ثابتة الزمن τ لها بعد زمني وحدتها الثانية s .

ح) طريقة تحديد ثابتة الزمن :

الطريقة الأولى: نعطي للمتغيرة $u(t) = E e^{-\frac{t}{\tau}}$ - في العلاقة : $t = \tau$.

فنحصل على قيمة التوتر بين مربطي الوشيعية الموافق ل: $t = \tau$. فهو $u_c = E e^{-1} \approx 0.37 E$.

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

فنحصل على قيمة شدة التيار الكهربائي الذي يعبر الدارة الموافق ل: $t = \tau$ فهو $i = I_0 (1 - e^{-1}) = 0.63 I_0$

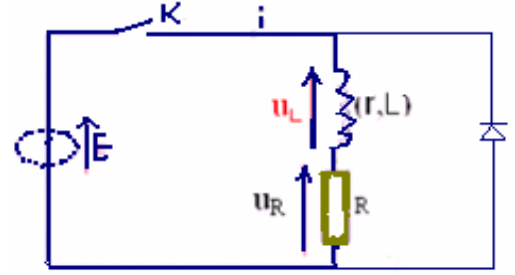
الطريقة الثانية: برسم المماس للمنحنى عند اللحظة $u_L = \frac{E}{R_t}$ في اللحظة $t = \tau$ فهو يتقاطع مع المقارب $t = 0$

(انظر الشكل) . ومع محور الزمن بالنسبة للتوتر.

(2) الاستجابة لرتبة نازلة للتوتر ((انعدام التيار الكهربائي في الدارة

إلى صفر، E فجأة من القيمة RL يتغير التوتر بين مربطي ثنائي القطب K عند فتح قاطع التيار الكهربائي (نقول أنه خضع إلى رتبة توتر نازلة).

نضيف إلى دائرة التفريغ صماما ثنائيا مركبا في المنحنى المعاكس بين مربطي الوشيعية لتفادي حدوث ظاهرة فرط التوتر التي تحدث شرارات بين مربطي الوشيعية وقد تؤدي على إتلاف بعض أجهزة الدارة.



مثلا: $L = 0,5H$ وشدة التيار في الدارة $I = 1A$ و $E = 6V$.
 ثم نفتح فجأة قاطع التيار K . ومدة انقطاع التيار في الدارة $\Delta t = 1ms$

$$L \frac{di}{dt} = L \frac{\Delta i}{\Delta t} = 0,5 \cdot \frac{0-1}{10^{-3}} = 500V$$
 ظاهرة فرط التوتر.

عند فتح قاطع التيار، بتطبيق قانون التوترات نجد: $u_L + u_R = 0$

$$\Leftrightarrow L \frac{di}{dt} + (r + R)i = 0 \quad \text{أي: } (L \frac{di}{dt} + ri) + Ri = 0$$

مع $\tau = \frac{L}{R+r}$

التي يمكن كتابتها كما يلي: $\tau \frac{di}{dt} + i = 0$ $\frac{L}{R+r} \cdot \frac{di}{dt} + i = 0$

حل هذه المعادلة يكتب كما يلي: $i = Ae^{-mt} + B$

إذن: $\frac{di}{dt} = -mAe^{-mt}$ بالتعويض تصبح المعادلة التفاضلية: $-\tau \cdot mAe^{-mt} + Ae^{-mt} + B = 0$

أي: $B = -Ae^{-mt}(1 - \tau \cdot m)$ $\Leftrightarrow B = 0$ $\Leftrightarrow 1 - \tau \cdot m = 0$ $m = \frac{1}{\tau}$ إذن: $i = Ae^{-\frac{t}{\tau}}$

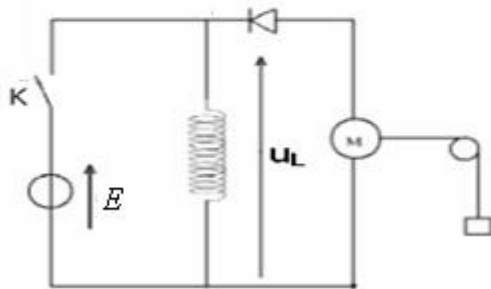
وباعتبار الشروط البدنية، عند اللحظة $t = 0$ كان النظام الدائم متحققا $i = \frac{E}{R+r} \Leftrightarrow Ae^0 = \frac{E}{R+r} \Leftrightarrow A = \frac{E}{R+r}$

ومنه: $i = \frac{E}{R_t} e^{-\frac{t}{\tau}}$

(III) الطاقة المخزونة في وشيعية

(1) الأبرار التجريبي:

ننجز التركيب التجريبي المبين أسفله:



عند غلق قاطع التيار K يمر تيار كهربائي في الوشيعية. يمنع الصمام الثنائي المركب في المنحنى الحاجز مرور تيار كهربائي في المحرك عند فتح قاطع التيار K يشتغل المحرك فيرتفع الجسم S .

الوشيعية اختزن طاقة مغناطيسية ثم حررت هذه الطاقة عند فتح الدارة.

(2) تعبير الطاقة المخزونة في وشيعية

تناسب الطاقة المخزونة في وشيعية مع معامل تحريضها L ، ومع مربع شدة التيار الكهربائي الذي يعبرها:

ξ_m بالجول (J) L بالهينري (H) وشدة التيار i بالأمبير (A).

$$\xi_m = \frac{1}{2} L i^2$$