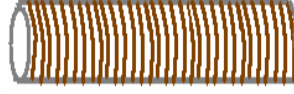


ثنائي القطب RL

I دور الوشيعية في دارة كهربائية :

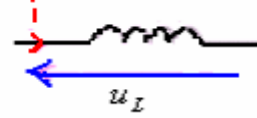
(1) تعريف الوشيعية :

الوشيعية ثنائي قطب يتكون من أسلاك النحاس ملفوفة بانتظام حول اسطوانة عازلة .



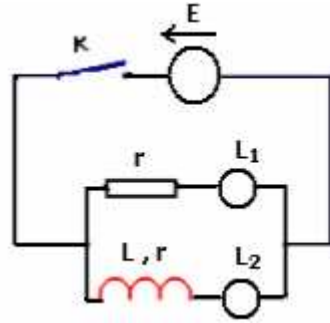
تمثل الوشيعية ذات المقاومة r ، في دارة كهربائية كما يلي :

في اصطلاح المستقبل ، التوتّر بين مربطي الوشيعية وشدة التيار الكهربائي الذي يعبرها لهما منحنيان متعاكسان.



(2) تأثير الوشيعية على دارة كهربائية :

(أ) تجربة :



نعتبر الدارة الكهربائية المكونة من :

- مولد للتيار الكهربائي المستمر.
- مصباح L_1 ومصباح L_2 مماثلان.
- موصل أومي ووشيعية لهما نفس المقاومة.
- قاطع التيار الكهربائي.

(ب) ملاحظات :

المصباح L_2 يتأخر في اللمعان عند غلق قاطع التيار الكهربائي ويتأخر في الانطفاء عند فتح قاطع التيار.

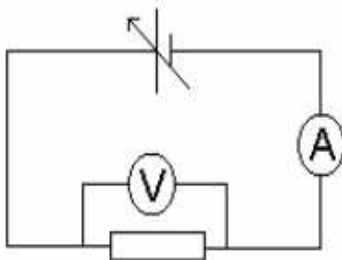
(ج) استنتاج :

الوشيعية تقاوم إقامة أو انقطاع التيار الكهربائي في الدارة.

II الإبراز التجريبي لمعامل تحريض الوشيعية :

1 (التوتّر بين مربطي الوشيعية :

(أ) في التيار الكهربائي المستمر



ننجز التركيب التالي المكون من مولد للتيار الكهربائي المستمر

(قابل للضبط) : ثم أمبيرمتر، وفولتيمتر ووشيعية. (انظر الشكل).

نقيس تغيّرات التوتّر بين مربطي الوشيعية بدلالة تغيّرات شدة التيار

في الدارة.

جدول النتائج :

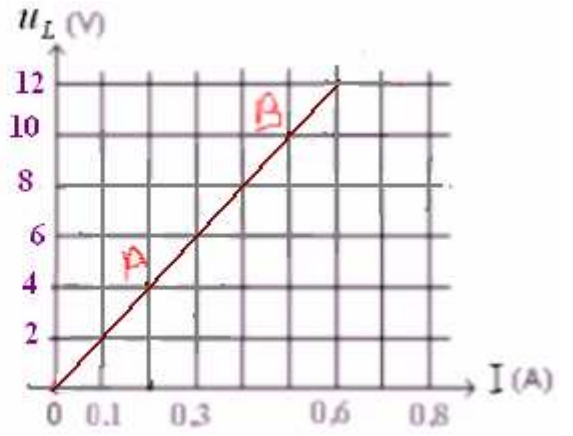
$u_L (V)$	2	4	6	8	10	12
$I (A)$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6

التوتر بين مربطي الوشيعية يتناسب اضطرادا مع شدة التيار الكهربائي الذي يعبرها. ومعامل التناسب الذي له أبعاد المقاومة يسمى بمقاومة الوشيعية ويرمز إليه ب: r .

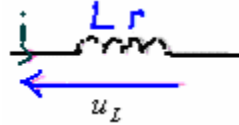
$$r = \frac{\Delta u}{\Delta i} = \frac{u_B - u_A}{I_B - I_A} = \frac{(10 - 4)V}{(0,5 - 0,2)A} = 20\Omega$$

$$u_L = rI$$

تتصرف الوشيعية في التيار الكهربائي المستمر كموصل أومي.



(ب) في التيار الكهربائي المتغير:



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

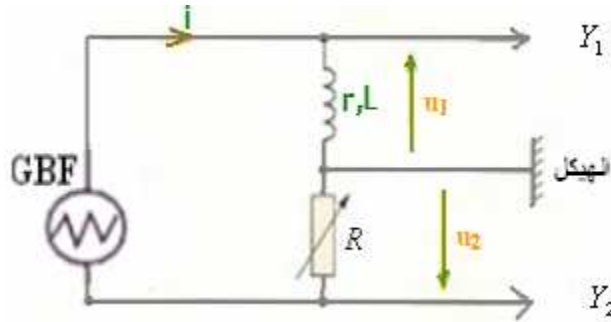
التوتر بين مربطي الوشيعية في التيار الكهربائي المتغير:

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

ووحدة معامل التحريض في النظام العالمي للوحدات: الهينري $Henry$ الذي يرمز إليه ب: H .

(2) الإبراز التجريبي لمعامل تحريض الوشيعية.

نستعمل مولدا للترددات المخفضة ($G.B.F.$) وننجز التركيب التالي:

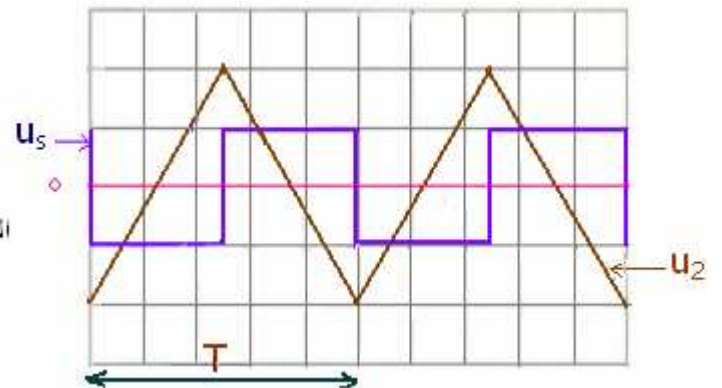


نضبط قيمة مقاومة الموصل الأومي R إلى أن تصبح: $R = r = 20\Omega$.

و نضبط المولد GBF على التردد $N=2KHz$. بحيث يعطي تيارا كهربائيا مثلثيا.

نشاهد على شاشة راسم التذبذب في المدخل y_B $u_2(t)$.

ثم نضغط على الزر ADD الذي يمكن من مشاهدة المجموع $u_s = u_1 + u_2$ على الشاشة فنحصل على الشكل التالي:



الكسح الأفقي المستعمل: $0,1 ms/div$

الحساسية الرأسية $2V/div$ للتوترين u_2 و u_s .

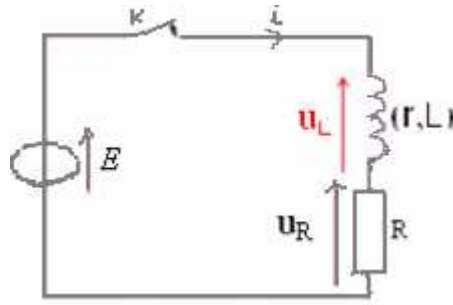
ملحوظة: u_2 و u_s لا تتم معاينتهما على نفس الشاشة. (لقد تم جمعهما في الشكل لتسهيل استثمار النتائج فقط).

(1) عبر عن u_2 بدلالة R و i .

(2) اعتمادا على قيمة الكسح الأفقي المستعمل أوجد قيمة الدور T ثم تأكد من كون التردد يساوي $2kHz$.

(3) عبر عن التوتر u_s بدلالة L و $\frac{di}{dt}$.

(4) خلال نصف الدور الأول يمكن كتابة التوتر u_2 على الشكل $u_2 = at + b$



(2-1) المعادلة التفاضلية :

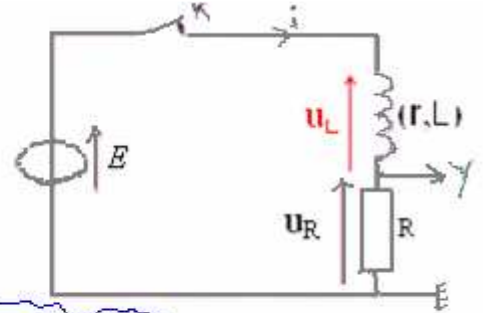
بتطبيق قانون إضافية لتوترات لدينا : $u_R + u_L = E$

العلاقة تصبح : $u_L = ri + L \frac{di}{dt}$ و $u_R = R i$ مع

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

إذن : $R_t i + L \frac{di}{dt} = E$ مع $R_t = r + R$ (2)

العلاقة (2) نكتب كما يلي : $\frac{L}{R_t} \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R_t}$ وفي هذه الحالة ثابتة الزمن : $\tau = \frac{L}{R_t}$ ثابتة الزمن ثنائي القطب RL



وبذلك المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار في الدارة هي : $\tau \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R_t}$

(3-1) حل المعادلة التفاضلية:

حل المعادلة التفاضلية : $\tau \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R_t}$ (1) يكتب كما يلي : $i(t) = Ae^{-m.t} + B$

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

إذن : $\frac{di}{dt} = -mAe^{-mt}$ نعوض في المعادلة التفاضلية التي تصبح : $-\tau.mAe^{-mt} + Ae^{-mt} + B = \frac{E}{R_t}$

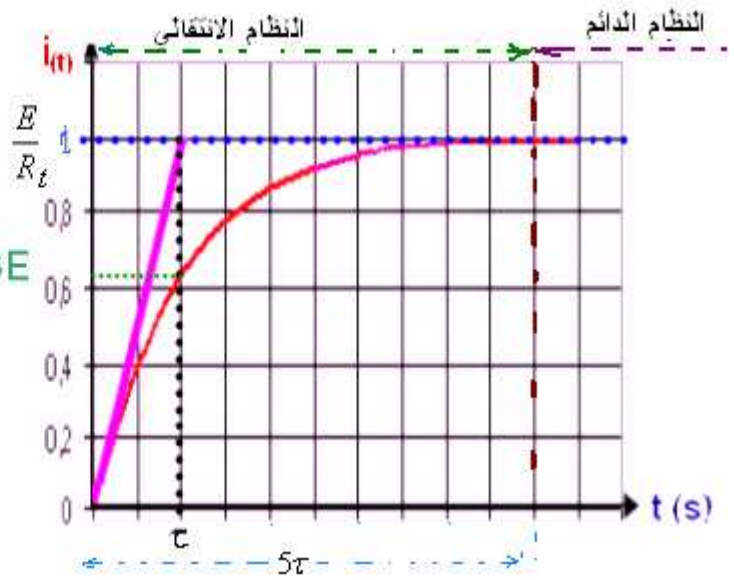
أي : $Ae^{-mt}(1-\tau.m) = \frac{E}{R_t} - B$ (2) لكي تتحقق هذه المعادلة يجب أن يكون معامل e^{-mt} منعدما أي $1-\tau.m = 0$ لأن $A \neq 0$

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

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

لتحديد الثابتة A نعتبر الشروط البدئية : عند اللحظة $t = 0$ لدينا $u_c = 0$ وبالتعويض في (3) نحصل على : $A = -\frac{E}{R_t}$

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



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

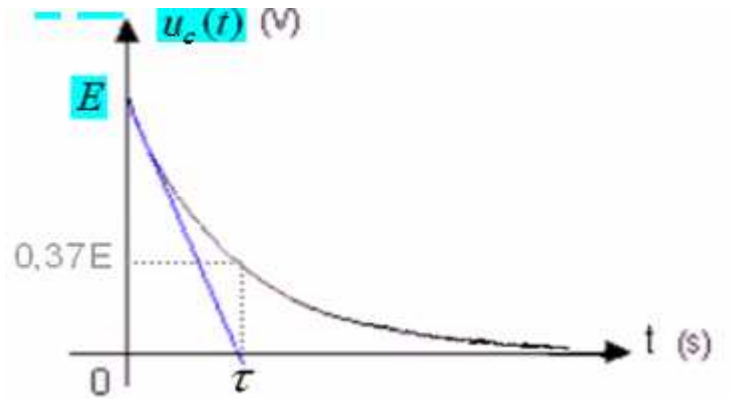
يمثل هذا المحنى التأخر الزمني الذي يحدث عند إقامة التيار في دارة تضم وشيعة. تزداد مدة إقامة التيار في الدارة بتزايد معامل تحريض الوشيعَة أو تناقص مقاومة الدارة أي بتزايد τ .

(4-1) تعبير التوتر بين مربطى الوشيعَة:

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

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

إذا كانت مقاومة الوشيعَة r مهملة، تصبح مقاومة الدارة $R_L = R$ وبالتالي: $u_L = Ee^{-\frac{t}{\tau}}$ مع $\tau = \frac{L}{R}$



(5-1) معادلة الأبعاد لثابتة الزمن: $\tau = \frac{L}{R}$

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

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

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

وبما أن ثابتة الزمن: $\tau = \frac{L}{R}$ إذن ثابتة الزمن τ لها بعد زمني وحدتها الثانية s.

(6-1) طريقة تحديد ثابتة الزمن:

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

فنحصل على قيمة التوتر بين مربطى الوشيعَة الموافق ل: $t = \tau$ فهو: $u_c = Ee^{-1} \approx 0.37E$

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

فحصل على قيمة شدة التيار الكهربائي الذي يعبر الدارة الموافق ل: $t = \tau$ فهو: $i = I_0(1 - e^{-1}) = 0,63I_0$

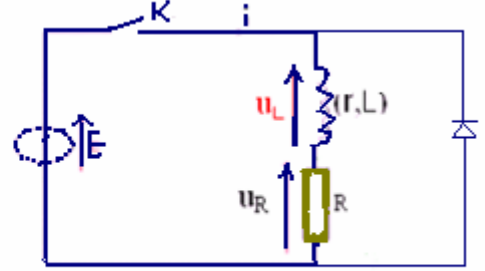
$$u_L = \frac{E}{R_t} \text{ الطريقة الثانية: برسم المماس للمنحنى عند اللحظة } t = 0 \text{ فهو يتقاطع مع المقارب}$$

في اللحظة $t = \tau$ (انظر الشكل) . ومع محور الزمن بالنسبة للتوتر.

(2) الاستجابة لرتبة نازلة للتوتر (إعدام التيار في الدارة):

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

نضيف إلى دارة 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: $L = 0,5H$; شدة التيار في الدارة $I = 1A$ و $E = 6V$.
 ثم نفتح فجأة قاطع التيار k . ومدة انقطاع التيار في الدارة $\Delta t = 1ms$
 ظاهرة فرط التوتر: $L \frac{di}{dt} = L \frac{\Delta i}{\Delta t} = 0,5 \cdot \frac{0-1}{10^{-3}} = 500V$

عند فتح قاطع التيار، بتطبيق قانون التوترات نجد:

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

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

أي:

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

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

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

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

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

(IV) الطاقة المخزونة في وشيعة:

(1) الإبراز التجريبي:

ننجز التركيب التالي:

