

الكهرباء في السنة الثانية من سلك بكالوريا

محددات علال

24 دجنبر 2013

المحتويات

5	I الكهرياء
7	1 ثنائي القطب RL
7	1.1 - الوشيعة
7	1.1.1 التعريف
7	2.1.1 التوتر بين مربطي وشيعة
10	2.1 - الطاقة المخزونة في وشيعة
10	1.2.1 الإبراز التجريبي للطاقة المغنطيسية
10	2.2.1 تعبير الطاقة المخزونة في وشيعة
10	3.1 استجابة ثنائي القطب RL لرتبة توتر
10	1.3.1 الدراسة التجريبية
11	2.3.1 الدراسة النظرية : إقامة التيار في الوشيعة
14	3.3.1 - الدراسة النظرية : انعدام التيار في الوشيعة

الباب I الكهرباء

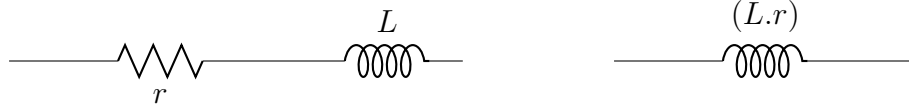
الفصل 1

ثنائي القطب RL

1.1 - الوشيعة

1.1.1 التعريف

الوشيعة ثنائي قطب يتكون من لفات ، من سلك من النحاس ، غير متصلة فيما بينها لكونها مطلية ببرنيق عازل كهربائي .
رمز الوشيعة :

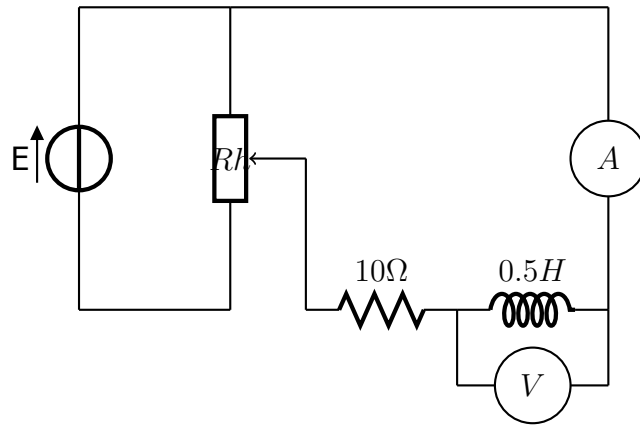


لتمثيل الوشيعة نستعمل أحد الرمزتين التاليين :
حيث r مقاومة الوشيعة و L معامل يميز الوشيعة يسمى معامل التحريض الذاتي . وحدته في النظام العالمي للوحدات هي الهنري (H) . وتقاس L بواسطة جهاز مقياس معامل التحريض الذاتي .

2.1.1 التوتر بين مربطي وشيعة

النشاط التجريبي 1

I - ننجز التركيب التجريبي الممثل في الشكل (1) والذي يتكون من مولد التوتر المستمر ومعدلة ووشيعة دون نواة الحديد معامل تحريضها الذاتي $L=10\text{mH}$ ومقاومتها صغيرة ، وموصل أومي مقاومته $R_L = 100\Omega$ وأمبيرمتر لقياس التيار الكهربائي المار في الدارة ونضع فولطمتر لقياس التوتر بين مربطي الوشيعة ونغلق قاطع التيار K .
نغير قيم التوتر بواسطة المعدلة وفي كل مرة نقيس التوتر u_L بين مربطي الوشيعة وكذلك شدة التيار I المار في الدارة .



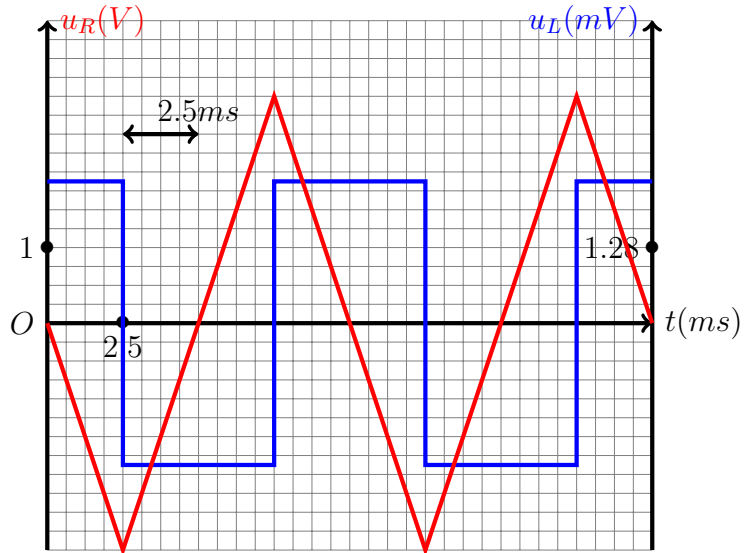
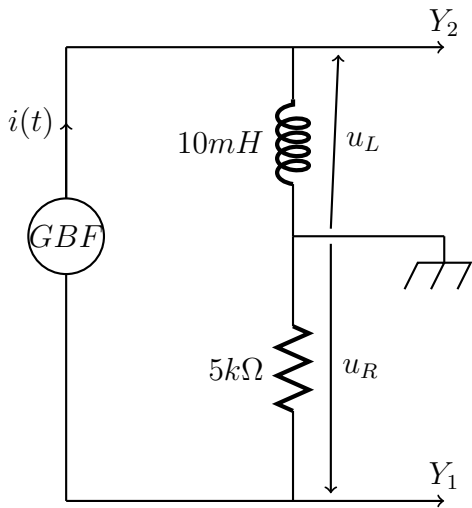
فحصل على النتائج التالية :

$u(V)$	0	0,8	1,6	2,4	3,2
$I(A)$	0	0,1	0,2	0,3	0,4

استثمار النتائج :

- 1 - مثل المنحنى بدلالة الشدة I .
- 2 - بين أن الوشيعة تتصرف كموصل أومي .
- 3 - حدد r مقاومة الوشيعة وقارنها بالقيمة التي يشير إليها الصانع .
- 4 - استنتج العلاقة بين r و I .

II - نجز نفس التركيب التجريبي السابق وذلك بتعويض مولد التوتر المستمر بواسطة مولد ذي ترددات منخفضة GBF ، حيث يعطي تيارا مثلثيا تردده $f=400\text{Hz}$ ، وتوتره الأقصى 5V . نستعمل برنم إلكتروني نجز التركيب التجريبي الممثل في الشكل (2) نرسم على ورق مليمتري الرسم التذبذبي المحصل عليه .



استثمار

- 1 - لماذا يمكن المدخل Y_2 لكاشف التذبذب من معاينة تغيرات شدة التيار الكهربائي المار في الدارة ؟
- 2 - في المجال $[0, 2,5\text{ms}]$ ، يمكن كتابة شدة التيار الكهربائي المثلي على شكل $i(t)=at$.
- 2 - 1 حدد قيمة المعامل a ، ما وحدته ؟
- 2 - 2 عين ، في المجال $[0, 2,5\text{ms}]$ ، قيمة التوتر $u_L(t)$ بين مربطي الوشيعة ، ثم استنتج النسبة

$$u_L(t) / \left(\frac{di}{dt} \right)$$

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

استنتج العلاقة بين u_L و L و $\frac{di}{dt}$.

3 - في التجربة السابقة ، أي في التيار المستمر تتصرف الوشيعة كموصل أومي مقاومته r ، وفي هذه التجربة لم تؤخذ هذه المقاومة بعين الاعتبار لكون تأثيرها مهملًا .
اقترح علاقة عامة للتوتر u_B بين مربطي الوشيعة تضم (L,r) و $i(t)$ و L و $\frac{di}{dt}$.

خلاصة

بالنسبة لوشيعة دون نواة حديد ، وفي الاصطلاح مستقبل يعبر عن التوتر u_B بين مربطي وشيعة بالعلاقة :

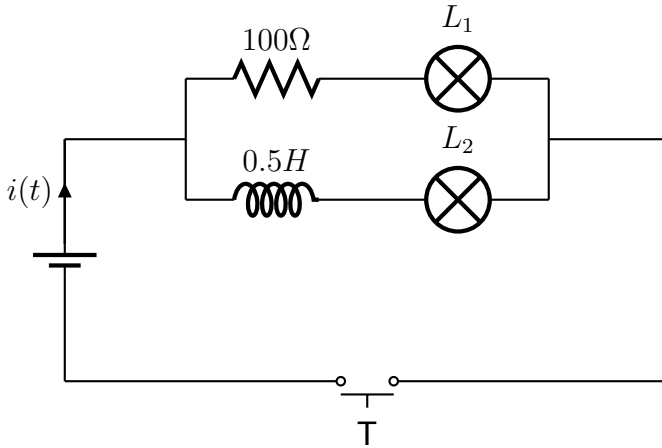
$$u_B(t) = ri(t) + L \frac{di}{dt} \quad (1)$$

$u_B(t)$ بالفولط (V) ، $i(t)$ بالأمبير ، r بالأوم ، L بالهنري .

2 - تأثير الوشيعة على دارة كهربائية

النشاط التجريبي 2

نجز التركيب التجريبي الممثل في الشكل (3) نغلق قاطع التيار K .



استثمار :

- 1 - تتغير شدة التيار الكهربائي الذي ينتجه المولد فجأة من قيمة منعدمة إلى قيمة معينة .
- 1 - هل يتألق المصباحان L_2 و L_1 مباشرة بعد إغلاق الدارة ؟
- 1 - كيف تتغير شدة التيار المار في كل من L_2 و L_1 ؟
- 2 - ما تأثير الوشيعة على إقامة التيار ؟
- 3 - ماذا يحدث عند فتح الدارة ؟ ما تأثير الوشيعة ، عند انعدام التيار ؟

خلاصة

في دارة كهربائية تحتوي على وشيعة ، تؤخر هذه الأخيرة إقامة التيار أو انعدام التيار في هذه الدارة أي بصفة عامة فالوشيعة تقاوم تغير شدة التيار الذي يمر فيها . وهذا ناتج عن تأثير الجداء

$$L \frac{di}{dt}$$

3 - استغلال تعبير التوتر بين مربطي وشيعة .

عند إهمال مقاومة الوشيعة ، يصبح التوتر $u_L(t)$ بين مربطي الوشيعة كالتالي :

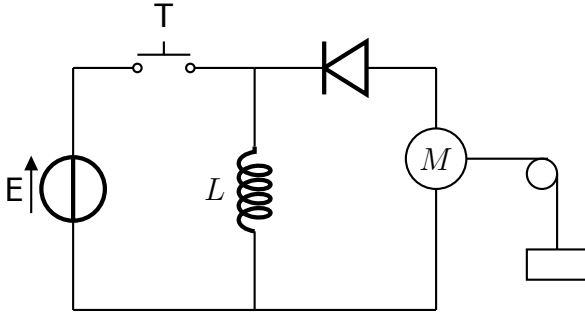
$$u_L(t) = L \frac{di}{dt}$$

- * $i(t)$ تزايدية فإن $u_L(t) > 0$
- * إذا كان تغير شدة التيار الكهربائي سريع جدا صغيرة (dt) جدا بينما $i(t)$ كبيرة جدا أي أن الإشتقاق له قيمة كبيرة جدا) $u_L(t)$ تأخذ قيمة كبيرة جدا مما يؤدي إلى ظهور فرط التوتر بين مربطي الوشيعة

2.1 _ الطاقة المخزونة في وشيعة

1.2.1 الإبراز التجريبي للطاقة المغنطيسية

نعتبر التركيب الممثل في الشكل جانبه .
عند غلق قاطع التيار K يمر تيار كهربائي في الوشيعة . يمنع الصمام الثنائي المركب في المنحنى الحاجز مرور تيار كهربائي في المحرك . عند فتح قاطع التيار K يشتغل المحرك فيرتفع الجسم S .
فسر هذه الظاهرة .



يتبين أن الوشيعة اختزنت ، أثناء إغلاق الدارة الكهربائية طاقة مغنطيسية في الفضاء المحيط بها ، ثم حررت هذه الطاقة عند فتح الدارة .

2.2.1 تعبير الطاقة المخزونة في وشيعة

عند إغلاق الدارة يكتب قانون إضافية التوترات على الشكل التالي :

$$E = ri + L \frac{di}{dt} \Rightarrow Ei = ri^2 + Li \frac{di}{dt}$$

$$Eidt = ri^2 dt + d\left(\frac{1}{2}Li^2\right)$$

من خلال هذه المعادلة نلاحظ : $Eidt$ تمثل الطاقة الممنوحة من المولد للدارة خلال المدة dt .
 $ri^2 dt$ الطاقة المبذولة بمفعول جول في الدارة .
 $Li^2/2$ الطاقة التي تختزنها الوشيعة .
نعرف الطاقة المخزونة في الوشيعة بين لحظتين 0 و t هي :

$$\mathcal{E}_m = \frac{1}{2}Li^2$$

خلاصة

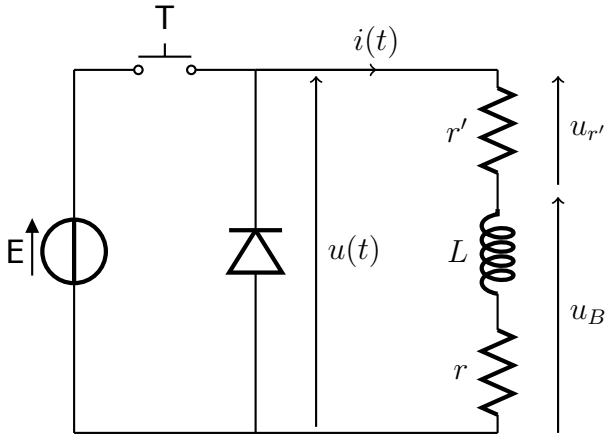
تناسب الطاقة المخزونة في وشيعة ، معامل تحريضها L ، مع مربع شدة التيار الكهربائي المار فيها

$$\mathcal{E}_m = \frac{1}{2}Li^2 \quad (2)$$

3.1 استجابة ثنائي القطب RL لرتبة توتر

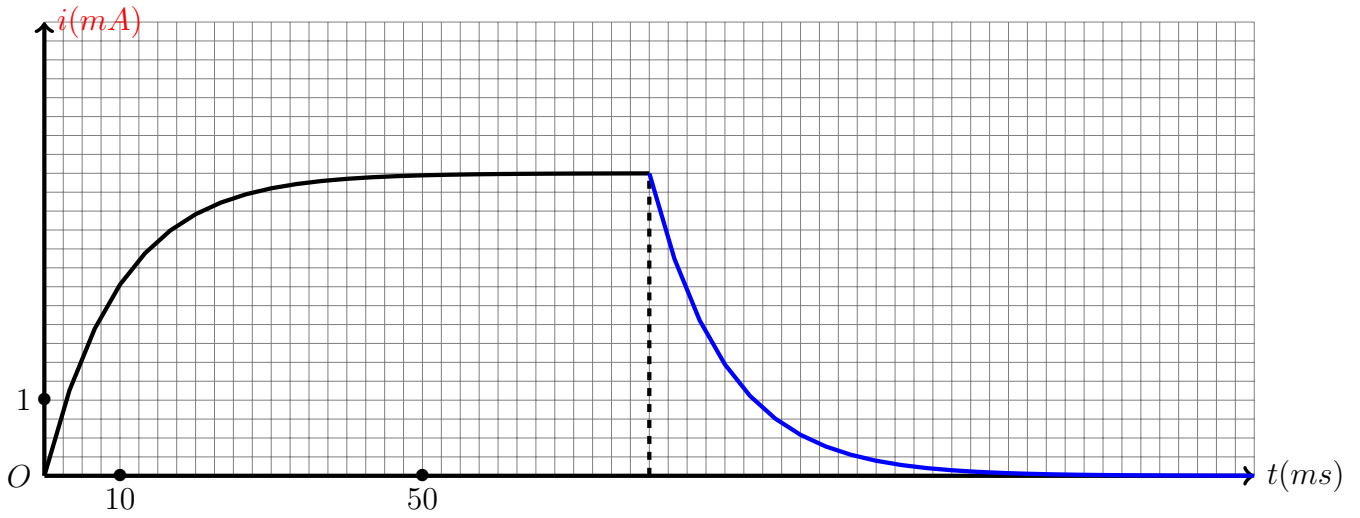
1.3.1 الدراسة التجريبية

يتكون ثنائي القطب RL من موصل أومي مقاومته r' مركب على التوالي مع وشيعة مقاومتها r ومعامل تحريضها L .
نسمي المقاومة الكلية لثنائي القطب : $R = r' + r$.



نعتبر الدارة RL الممثلة في الشكل جانبه .
نغلق قاطع التيار K في اللحظة $t=0$.
يأخذ التوتر بين مبرطي الدارة RL لحظيا القيمة E (رتبة صاعدة للتوتر) . تتغير شدة التيار الذي يمر في الدارة تدريجيا ثم تؤول إلى قيمة ثابتة توافق النظام الدائم $i(t) = I_0$ ويكون شكل المنحنى الممثل ل $i(t)$ أسيا والتي تمثل إقامة التيار في الزشيجة استجابة لرتبة توتر صاعدة .

نفس الملاحظة عند فتح قاطع التيار ، يتغير التوتر من القيمة E إلى القيمة الصفر (رتبة توتر نازلة) حيث تتغير شدة التيار الذي يمر في الدارة تدريجيا بشكل تناقصي ويكون شكل المنحنى الممثل ل $i(t)$ أسيا (دالة تناقصية) والتي تمثل انعدام التيار في الوشيجة استجابة لرتبة توتر نازلة .



إقامة التيار وانعدامه في وشيجة خلال رتبة توتر

خلاصة

في الوشيجة ، تكون شدة التيار دالة متصلة عند إقامة التيار وانعدامه

2.3.1 الدراسة النظرية : إقامة التيار في الوشيجة

أ – المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار المار في الدارة RL

حسب قانون إضافية التوترات لدينا :

$$u = u_{r'} + u_B \Rightarrow E = r'i + ri + L \frac{di}{dt}$$

بما أن $R = r + r'$ إذن :

$$E = Ri + L \frac{di}{dt}$$

نطع $\tau = \frac{L}{R}$ فتصبح المعادلة التفاضلية كالتالي :

$$\tau \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R} \quad (3)$$

ب - حل المعادلة التفاضلية

يكتب حل المعادلة التفاضلية على الشكل التالي :

$$i(t) = Ae^{-\alpha t} + B$$

حيث أن A و B و α ثوابت يجب تحديدها .

* تحديد B و α

نعوض الحل في المعادلة التفاضلية :

$$-\tau \cdot \alpha Ae^{-\alpha t} + Ae^{-\alpha t} + B = \frac{E}{R}$$

$$Ae^{-\alpha t}(-\alpha\tau + 1) + B = \frac{E}{R}$$

أي لكي تكون $i(t)$ حلا للمعادلة التفاضلية يكفي أن تكون :

$$B = \frac{E}{R}$$

$$\alpha = \frac{1}{\tau} \text{ و } -\alpha\tau - 1 = 0 \text{ أي أن } \alpha = \frac{1}{\tau}$$

وبالتالي فإن :

$$i(t) = Ae^{-t/\tau} + \frac{E}{R}$$

* - تحديد الثابتة A

نعتمد على الشروط البدئية ، عند اللحظة $t = 0$ لدينا شدة التيار في الوشيعة منعدم : $i(0^+) = i_0 = 0$ في الحل السابق نحصل على :

$$i(0) = A + \frac{E}{R} = 0$$

$$A = -\frac{E}{R}$$

وبالتالي فإن حل المعادلة التفاضلية يكتب على الشكل التالي :

$$i(t) = \frac{E}{R}(1 - e^{-t/\tau}) \quad (4)$$

ج - تعبير التوتر بين مربطي الوشيعة .

حسب قانون إضافية التوترات لدينا :

$$E = u_B + Ri(t)$$

أي أن :

$$u_B(t) = E - Ri(t) \Rightarrow u_B(t) = E \left(1 - \frac{r'}{R}(1 - e^{-t/\tau}) \right)$$

نهمل مقاومة الوشيعة r أمام المقاومة r' فتصبح $R = r$ وبالتالي

$$u_B(t) = E (1 - (1 - e^{-t/\tau}))$$

$$u_B(t) = Ee^{-t/\tau}$$

تجريبيا عند معاينة التوتر u_B بين مربطي الوشيعة نحصل على المبيان التالي (لمقاومة الداخلية للوشيعة غير مهمة) :



د - ثابتة الزمن τ

- معادلة الأبعاد لثابتة الزمن τ
 لدينا : $\tau = \frac{L}{R}$ معادلة الأبعاد :

$$[\tau] = \frac{[L]}{[R]}$$

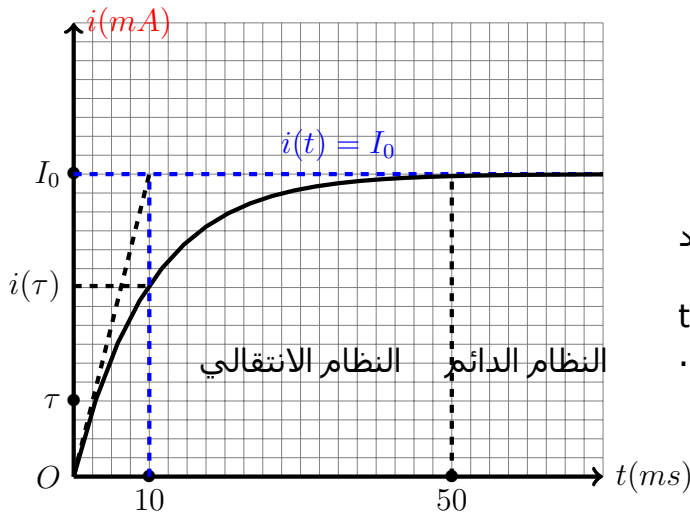
$$[R] = \frac{[U]}{[I]}$$

$$[L] = \frac{[I]}{[U]} \cdot [t]$$

وبالتالي فإن :

$$[\tau] = [t]$$

أي أن τ لها بعد زمني . وحدتها في النظام العالمي للوحدات s الثانية .



- كيفية تحديد ثابتة الزمن τ :

هناك طريقتين :

- الطريقة الأولى وهي : حساب $i(t = \tau)$ ونحدد أفصولها على المنحنى $i(t)$.

- الطريقة الثانية : استعمال المماس في اللحظة $t=0$ ونحدد نقطة تقاطعه مع E/R . أنظر الشكل جانبه .

3.3.1 – الدراسة النظرية : انعدام التيار في الوشيعة**المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار المار في الدارة RL .**

حسب قانون إضافية التوترات لدينا :

$$u_{r'} + u_B = 0$$

$$(r + r')i + L \frac{di}{dt} = 0$$

$$Ri + L \frac{di}{dt} = 0$$

نعلم أن $\tau = \frac{L}{R}$ أي أن المعادلة التفاضلية تكتب على الشكل التالي :

$$\tau \frac{di}{dt} + i = 0 \quad (6)$$

حل هذه المعادلة التفاضلية هو كالتالي :

باعتبار أنه في اللحظة $t = 0$ ، عند فتح قاطع التيار فإن $i(0) = I_0$

$$i(t) = \frac{E}{R} e^{-t/\tau}$$

ملحوظة

كلما كانت τ صغيرة كلما كانت مدة إقامة وانعدام التيار صغيرة كذلك .

نستعمل في التركيب التجريبي الصمام من أجل حماية الدارة RL من فرط التوتر الذي يحدث بين مربطها عند فتح قاطع التيار K .