

الكهرباء في السنة الثانية من سلك بكالوريا

محددات علال

24 دجنبر 2013

المحتويات

I الكهرباء

5

1 ثنائي القطب RL

7

7

7

7

10

10

10

10

10

11

14

1.1 - الوشيعة

1.1.1 التعريف

2.1.1 التوتر بين مربطي وشيعة

2.1 - الطاقة المخزونة في وشيعة

1.2.1 الإبراز التجريبي للطاقة المغنطيسية

2.2.1 تعبیر الطاقة المخزونة في وشيعة

3.1 استجابة ثنائي القطب RL لرتبة توتر

1.3.1 الدراسة التجريبية

2.3.1 الدراسة النظرية : إقامة التيار في الوشيعة

3.3.1 - الدراسة النظرية : انعدام التيار في الوشيعة

الباب I الكهرباء

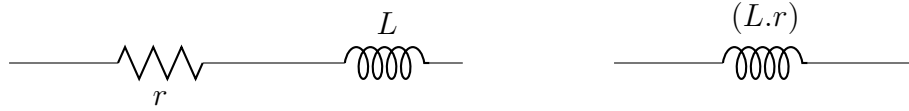
الفصل 1

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 :

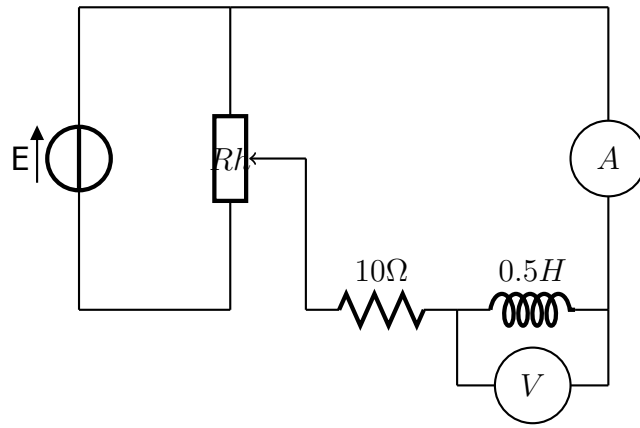


لتمثيل الوشيعة نستعمل أحد الرمزتين التاليين :
حيث r مقاومة الوشيعة و L معامل يميز الوشيعة يسمى معامل التحريض الذاتي . وحدته في النظام العالمي للوحدات هي الهنري (H) . وتقاس L بواسطة جهاز مقياس معامل التحريض الذاتي .

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 .



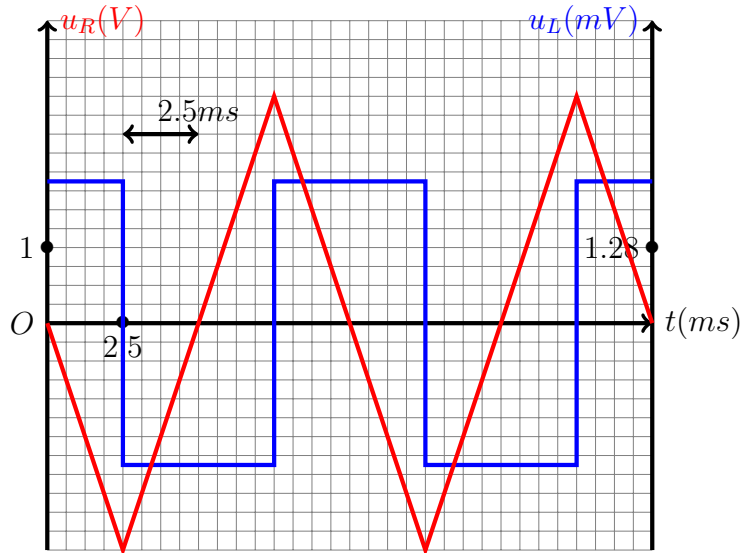
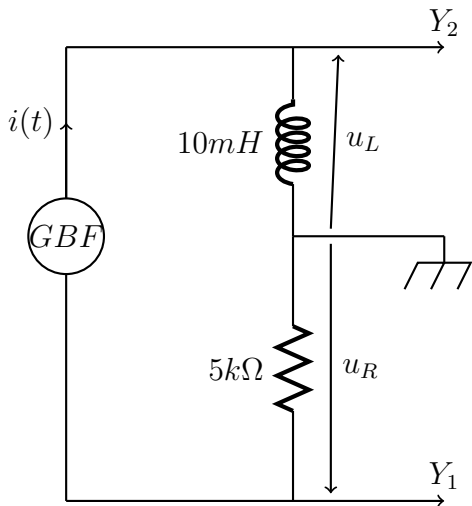
فحصل على النتائج التالية :

$u(V)$	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 $r(L,r)$ 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 :

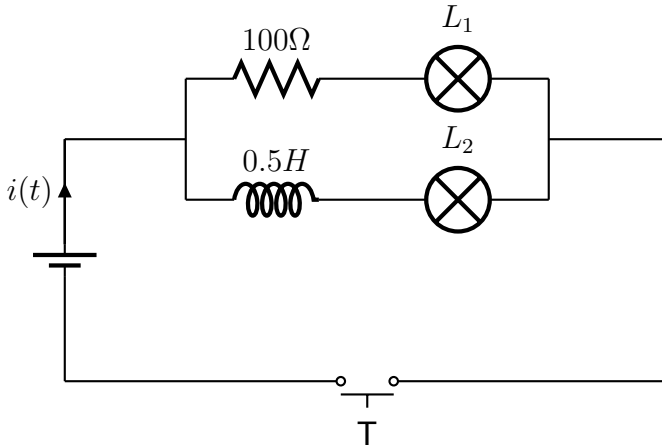
$$u_B(t) = ri(t) + L \frac{di}{dt} \quad (1)$$

$u_B(t)$ 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 :

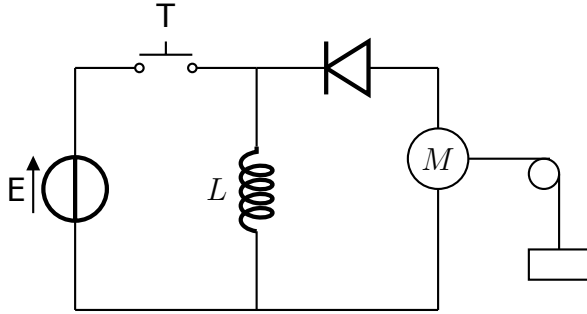
$$u_L(t) = L \frac{di}{dt}$$

- * $i(t)$ 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

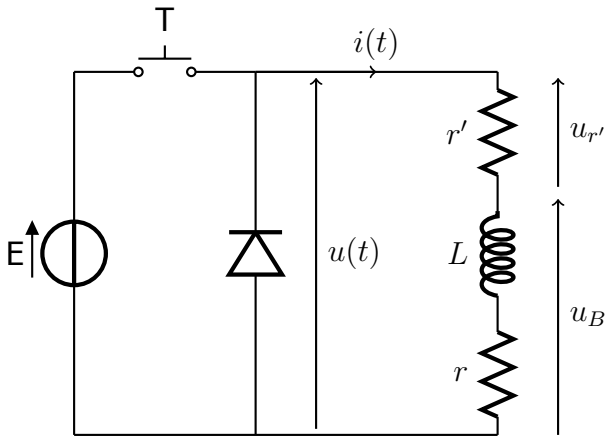
تناسب الطاقة المخزونة في وشيعة ، معامل تحريضها L ، مع مربع شدة التيار الكهربائي المار فيها

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

3.1 استجابة ثنائي القطب RL لرتبة توتر

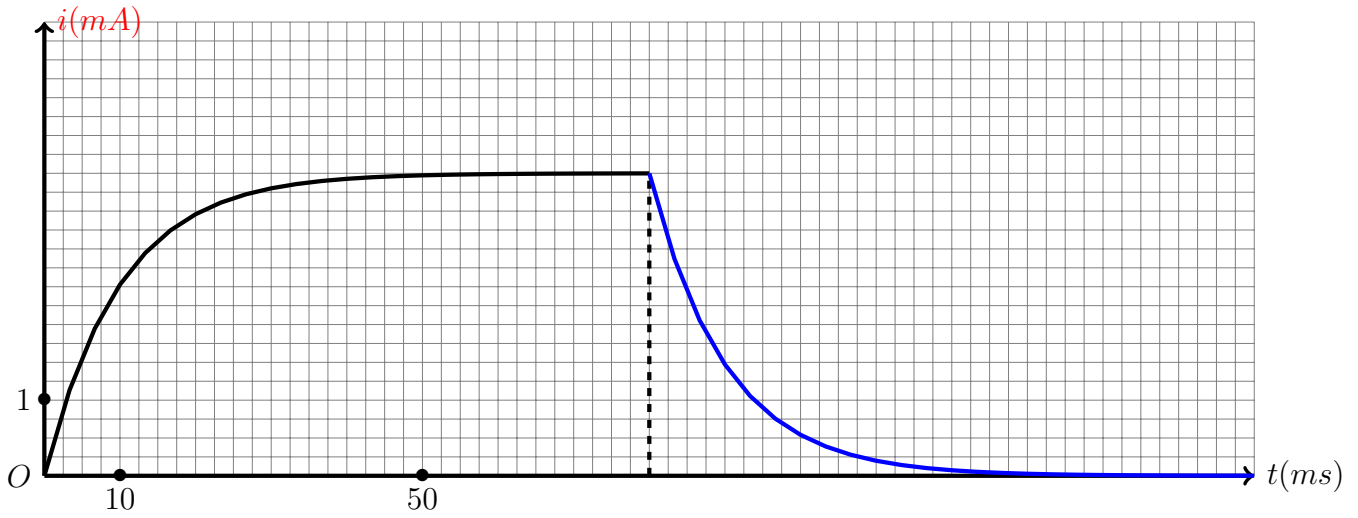
1.3.1 الدراسة التجريبية

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 :

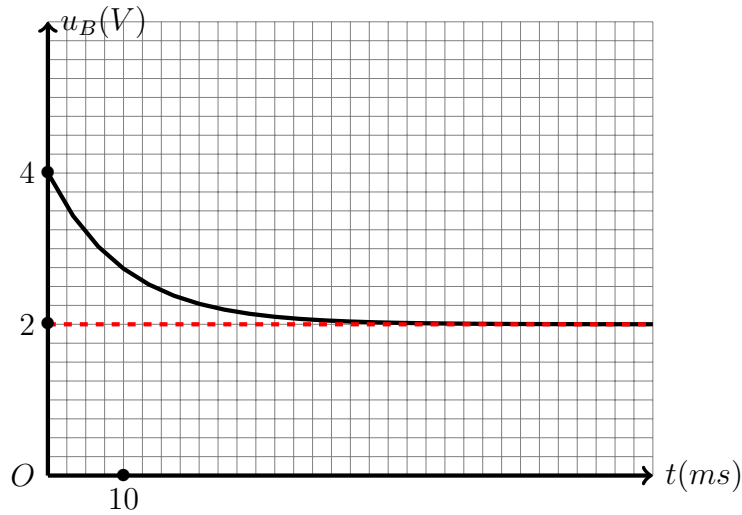
$$u_B(t) = E - Ri(t) \Rightarrow u_B(t) = E \left(1 - \frac{r'}{R}(1 - e^{-t/\tau}) \right)$$

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 :

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

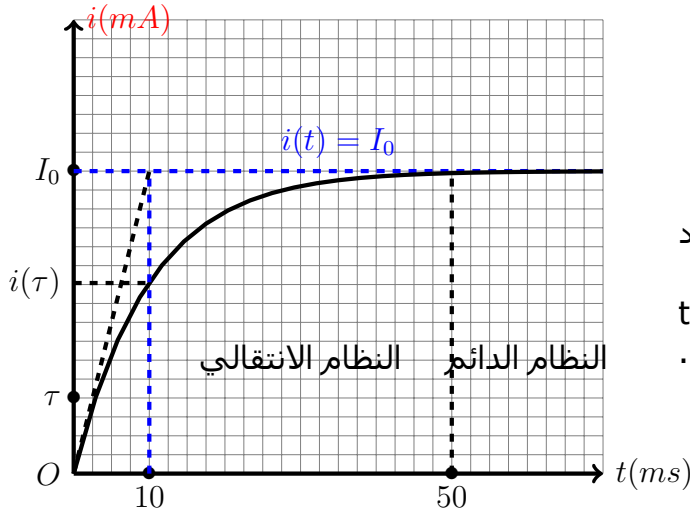
$$[R] = \frac{[U]}{[I]}$$

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

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 .