بسم الله الرحمن الرحيم

المجال 1: التطورات الرتيبة

الوحدة رقم 3:

دراسة ظواهر كهربائية

الدارة الكهربائية RL

ملتقى العلوم الفيزيائية سيدي عيسى -المسيلة-

تحت اشراف السيد المفتش خلفاوي إبراهيم

تصميم الأستاذ: رابحي جمال

الوحدة 3 : دراسة ظواهر كهربائية

مؤشرات الكفاءة

1 يعرف الوشيعة
2 – يوظف وثيقة لدراسة تأثير كل من $\mathcal{R}$ و L عند ظهور أو اختفاء التيار الكهربائي في وشيعة ولتحديد ثابت الزمن
3 يؤسّس المعادلات التفاضلية لتطور بعض المقادير الكهربائية في ثنائي القطب $\mathcal{RL}$
4 يعرف الطاقة المخزنة في وشيعة
5 يقيس الثوابت L, t, C

المحتوى المفاهيمي

Wd’ ċ ¸ Ċ ¨ Â = d’ å ċ ¯ Ĉ ∓

- تعريف ذاتية وشيعة L.
- التوتر $u_b = r\,i + L\frac{di}{dt}$
- 2- المعادلة التفاضلية لتطور شدة التيار في ثنائي القطب $\mathcal{RL}$ خلال ظهور التيار ثم انقطاعه
- الحل التحليلي.
- تطبيق: قياس الذاتية L
- الطاقة في الوشيعة.

المكتسبات القبلية

- التيار الكهربائي المستمر
- التيار الكهربائي المتناوب .
- قانون التوترات , قانون الشدات ,

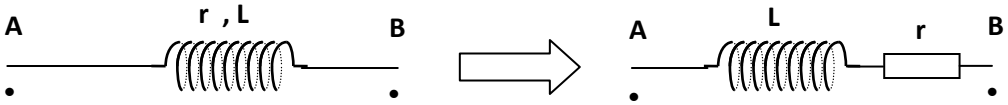
مذكرة العلوم الفيزيائية للأستاذ رابحي جمال ثانوية 8 ماي 45 سيدي عيسى

1- الوشائع و ثنائي القطب RL :

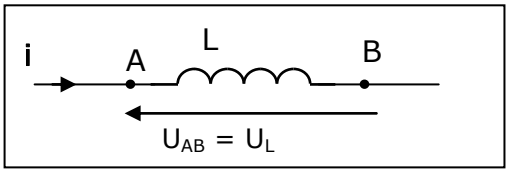
1 - 1 - تعريف الوشيعة :

تتكون الوشيعة من سلك ناقل طويل جدا من النحاس معزول بطبقة من الورنيش ملفوف بشكل حلقات و تمتاز بذاتية L (تقدر بالهنري (H) نسبة للعالم الفيزيائي جوزيف هنري Joseph Henry)

و مقاومة داخلية (r) تقدر بالأوم (Ω) وتمثل كمايلي :



ملاحظة : اذاكانت الوشيعة صافية أو صرفة ($r = 0$) فتمثل كما يلي :



1 - 2 - العلاقة بين شدة التيار و التوتر بين طرفي الوشيعة :

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

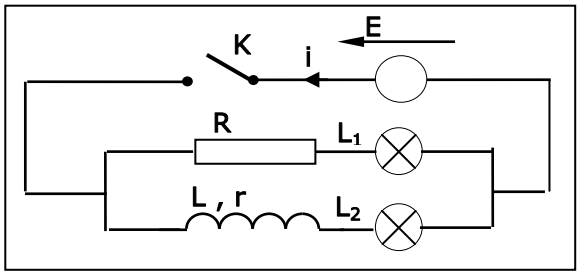
ملاحظة :

أ - حالة تيار ثابت الشدة : الوشيعة تتصرف كناقل اومي : $\frac{di}{dt} = 0$ أي $U_L = r\,i$

ب - حالة وشيعة صرفة : $r = 0$ أي $U_L = L\frac{di}{dt}$

1 - 3 - تصرف الوشيعة في جزء من دارة كهربائية :

نشاط : نحقق الدارة الكهربائية الموضحة في الشكل :

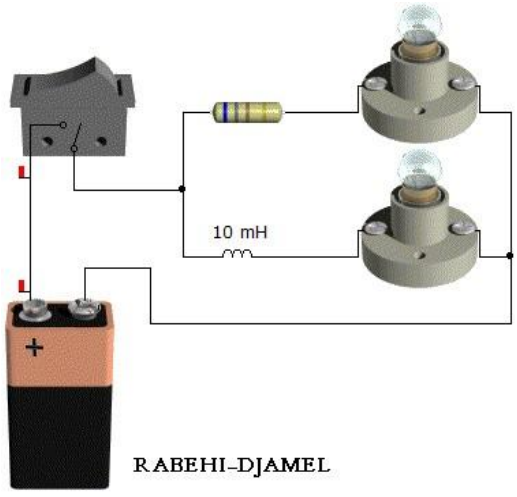


الشرح فيديو اضغط هنا

- عند غلق القاطعة :

الملاحظة : توهج (L_1) مباشرة أما (L_2) فيتوهج متأخرا عن المصباح (L_1) و بعد ثواني تصبح انارة المصباحين متماثلة .

نتيجة : ان الوشيعة تمانع التغير المفاجئ في شدة التيار ، فتتحرض ذاتيا وينتج عن ذلك تيار متحرض معاكس لتيار المولد أي أن التيار المار في الدارة هو محصلة تيارين .



2 - عند فتح القاطعة :

الملاحظة : ينطفئ (L_1) و (L_2) معا ولكن تدريجيا .

نتيجة : إن الوشيعة تخزن الطاقة الكهربائية .

نتيجة عامة :

للوشيعة تأثيرين :

أ- تأثير مقاومي ، وهو ناتج عن السلك الطويل المكون للوشيعة .

ب- تأثير تحريضي ، راجع لتغير شدة التيار المار في الدارة .

- ✓ تمانع الوشيعة لوقت قصير تغير التيار في الدارة (نظام انتقالي)
- ✓ تتصرف الوشيعة كناقل أومي عندما يجتازها تيار ثابت الشدة (نظام دائم) .

2 - تطور شدة التيار الكهربائي المار في وشيعة تحريضية:

2 ـ1ـ الدراسة التجريبية :

➢ *الطريقة 1 باستخدام راسم الاهتزاز المهبطي :* توزع هذه المطبوعة : اضغط هنا

1/ الفيديو راسم الاهتزاز المهبطي العادي اضغط هنا

2- / الفيديو راسم الاهتزاز ذو ذاكرة باستعمال GBF اضغط هنا

➢ *الطريقة 2 باستخدام المحاكاة مثلا برنامج CROCODILE* اضغط هنا

2-2 ـ ثابت الزمن للدارة RL : يعطى بالعبارة $t = \frac{L}{R_T} = \frac{L}{R + r}$

¶ التحليل البعدي لعبارة ثابت الزمن :

لدينا. $t = \frac{L}{R}$ ، $E = L\frac{di}{dt} + r\,i$ نفرض أن $(r = 0)$ ومنه . $E = L\frac{di}{dt}$ ومنه $L = \frac{E\,dt}{di}$.

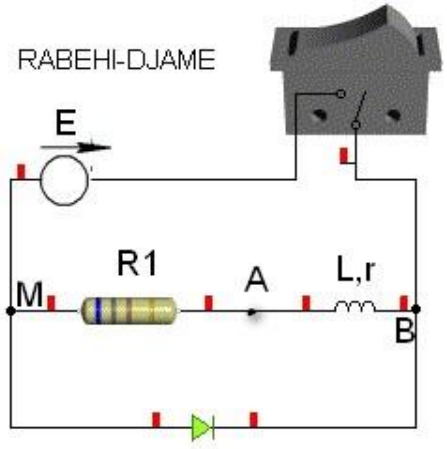
أي أن: $[L] = \frac{[U][T]}{[I]}$

لدينا أيضا $R = \frac{I}{U}$ فيكون $[R] = \frac{[I]}{[U]}$ ومنه $[t] = \frac{[U][T]}{[I]} \cdot \frac{[I]}{[U]}$ $[T]$

ومنه الثابت t متجانس مع الزمن .

2 ـ3ـ الدراسة النظرية :

2 ـ3ـ1ـ المعادلة التفاضلية لتطور شدة التيار الكهربائي المار في الوشيعة :



أ. عند غلق القاطعة : حسب قانون جمع التوترات :

$U_{BM} = U_{BA} + U_{AM}$ أي $E = L\frac{di}{dt} + r\,i + R_1\,i$.

نضع $R = R_1 + r$ ومنه نكتب :

$E = L\frac{di}{dt} + R\,i$ أي $\boxed{\frac{di}{dt} + \frac{R}{L}\,i = \frac{E}{L}}$

حيث أن $t = \frac{L}{R}$ و $\frac{E}{L} = \frac{E}{t.R} = \frac{I_0}{t}$

نستطيع أن نكتب: $\boxed{\frac{di}{dt} + \frac{1}{t}\,i = \frac{I_0}{t}}$

معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى حلها من الشكل :

$$\boxed{i(t) = \frac{E}{R}\left(1 - e^{-\frac{R\,t}{L}}\right) = I_0\left(1 - e^{-\frac{t}{t}}\right)}$$

حالات خاصة :

✓ من أجل t=0 نجد $i(0)=0$ ،

✓ من أجل $t=\tau$ نجد $i(\tau)=0.63.I_0$

τ هو الزمن اللازم لكي يتأسس التيار أو ظهور التيار أو عند غلق القاطعة بنسبة 63% .

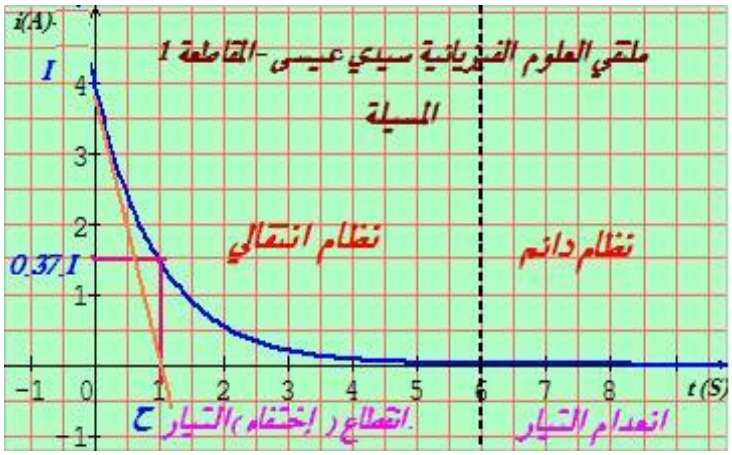
ب . عند فتح القاطعة : حسب قانون جمع التوترات :

$$U_{AM}+U_{BA}=0 \quad \text{أي} \quad R_1 i + r i + L\frac{di}{dt}=0$$

نضع $R=R_1+r$ ومنه نكتب : $Ri+L\frac{di}{dt}=0$ أي $\frac{di}{dt}+\frac{R}{L}i=0$

حيث أن $\tau=\frac{L}{R}$ نستطيع أن نكتب :

$$\frac{di}{dt}+\frac{1}{\tau}i=0$$



معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى حلها من الشكل:

$$i(t)=\frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}=I_0\,e^{-\frac{Rt}{L}}$$

حالات خاصة :

✓ من أجل t=0 نجد $i(0)=I_0$

✓ من أجل $t=\tau$ نجد $i(\tau)=0.37\,I_0$

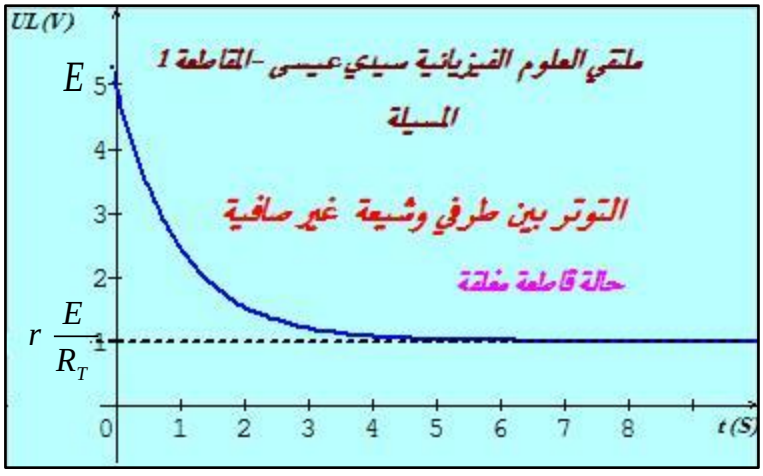
τ هو الزمن اللازم لكي يتأسس التيار أو ظهور التيار أو عند غلق القاطعة بنسبة 37% .

6 - 5 - 2 - عبارة التوتر الكهربائي بين طرفي الوشيعة (U_L):

أ . عند غلق القاطعة :

لدينا : $U_L=ri+L\frac{di}{dt}$ ، حيث $i=\frac{E}{R}(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$

بالاشتقاق نجد: $\frac{di}{dt}=\frac{E}{L}e^{-\frac{t}{\tau}}$



بالتعويض: $U_L=r\frac{E}{R}(1-e^{-\frac{t}{\tau}})+L\frac{E}{L}e^{-\frac{t}{\tau}}$

ومنه $U_L=r\frac{E}{R}-r\frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}+Ee^{-\frac{t}{\tau}}$

اي:

$$U_L=r\frac{E}{R}+E\,e^{-\frac{t}{\tau}}(1-\frac{r}{R})$$

❖ **في حالة وشيعة صافية** : نضع $r=0$

في عبارة U_L الأخيرة فنجد : $U_L=E\,e^{-\frac{t}{\tau}}$

ب . عند فتح القاطعة :

لدينا $U_L = r\,i + L\frac{di}{dt}$ ، حيث $i = \frac{E}{R}\,e^{-\frac{t}{t}}$

بالاشتقاق نجد: $\frac{di}{dt} = -\frac{E}{L}e^{-\frac{t}{t}}$

بالتعويض:

$$U_L = E\,e^{-\frac{t}{t}}\left(\frac{r}{R} - 1\right)$$

$U_L = \frac{E}{R}e^{-\frac{t}{t}}\,L\frac{E}{L}e^{-\frac{t}{t}}$

❖ **في حالة وشيعة صافية** : نضع $r = 0$

في عبارة U_L الأخيرة فنجد : $U_L = -E\,e^{-\frac{t}{t}}$

6 - 5 - 3 - المعادلة التفاضلية للتوتر بين طرفي الناقل الاومي (U_R) :

أ . عند غلق القاطعة :

لدينا $i = \frac{U_R}{R_1}$ $U_R = R_1.i$

حسب قانون جمع التوترات $U_{BM} = U_{BA} + U_{AM}$ $E = L\frac{di}{dt} + r\,i + U_R \ldots(1)$

بتعويض عن عبارة i في (1) نجد :

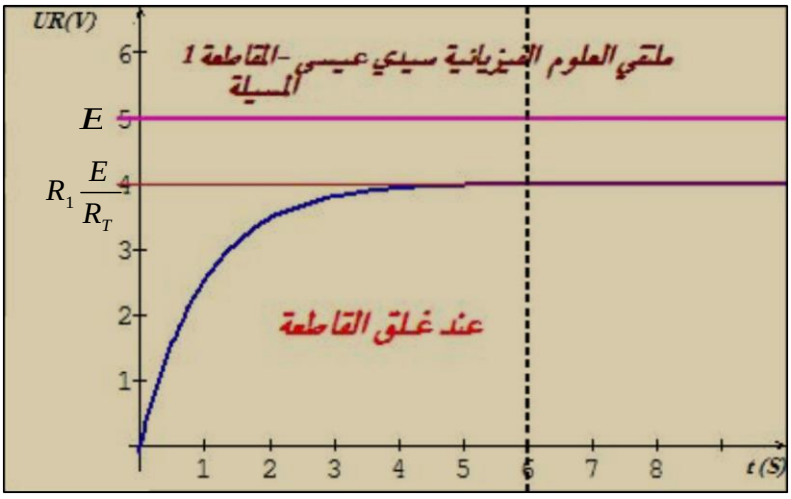
$$\frac{L}{R_1}\frac{d\,U_R}{dt} + r\frac{U_R}{R_1} + U_R = E \qquad L\frac{d\left(\frac{U_R}{R_1}\right)}{dt} + r\frac{U_R}{R_1} + U_R = E$$

$$\frac{dU_R}{dt} + \left(1 + \frac{r}{R_1}\right)\frac{R_1}{L}U_R = \frac{E\,R_1}{L} = 0$$

معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى حلها من الشكل $U_R = R_1\,i = R_1\frac{E}{R}\left(1 - e^{-\frac{t}{t}}\right)$

يمكن التأكد من الحل بطريقة بسيطة :

لدينا: $U_R = R_1.i$ حيث $i = \frac{E}{R}\left(1 - e^{-\frac{t}{t}}\right)$ فيكون: $U_R = R_1\,i = R_1\frac{E}{R}\left(1 - e^{-\frac{t}{t}}\right)$



ب . عند فتح القاطعة :

لدينا : $U_R = R_1 . i$ ، $i = \frac{U_R}{R_1}$

$U_{BM} = U_{BA} + U_{AM}$ أي $0 = L\frac{di}{dt} + r i + U_R$

بتعويض عبارة i في الأعلى نجد :

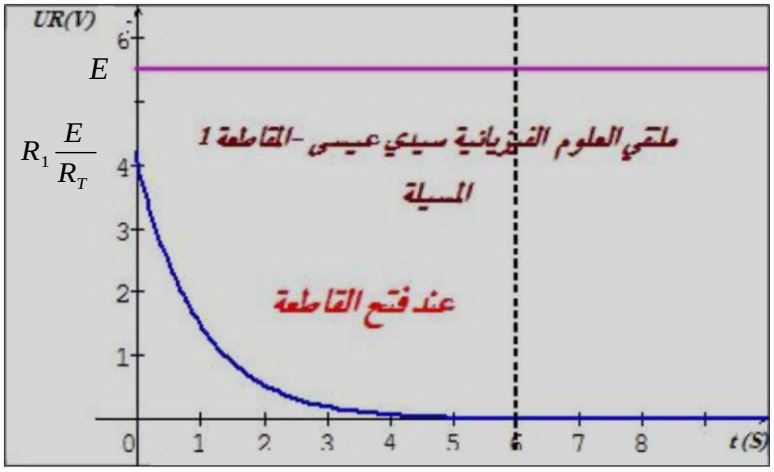
$$L\frac{d\left(\frac{U_R}{R_1}\right)}{dt} + r\frac{U_R}{R_1} + U_R = 0 \quad \text{أي} \quad \frac{L}{R_1}\frac{dU_R}{dt} + \frac{r}{R_1}U_R + U_R = 0$$

$$\boxed{\frac{dU_R}{dt} + \left(1 + \frac{r}{R_1}\right)\frac{R_1}{L}U_R = 0}$$

معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى حلها من الشكل $\boxed{U_R = R_1 i = R_1 \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{t}}}$

يمكن التأكد من الحل بطريقة بسيطة :

لدينا: $U_R = R_1 . i$ حيث $i = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{t}}$ فيكون $U_R = R_1 i = R_1 \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{t}}$



7 ـ الطاقة المخزنة في الوشيعة :

TP فيديو لتبيين الطاقة المخزنة اضغط هنا

الطاقة المخزنة في وشيعة ذاتيتها (L) يجتازها تيار كهربائي (i) بين اللحظتين 0 و t تعطى بالعلاقة الآتية :

$$\boxed{E_L = \frac{1}{2}L . I^2}$$

8 ـ زمن تناقص طاقة الوشيعة إلى النصف ($t_{1/2}$) :

$$\boxed{t_{\frac{1}{2}} = \frac{t}{2}\ln 2}$$