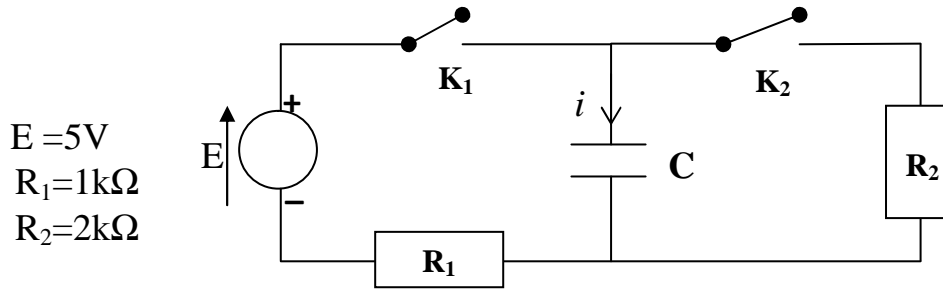


## ثنائي القطب RC تمارين مرفقة بالحلول



1

نعتبر الدارة الكهربائية التالية:



$$\begin{aligned} E &= 5V \\ R_1 &= 1k\Omega \\ R_2 &= 2k\Omega \end{aligned}$$

المكثف غير مشحون و سعته  $C=0,2\mu F$ .

### المرحلة الأولى: $K_1$ مغلق و $K_2$ مفتوح

نغلق قاطع التيار  $K_1$  عند اللحظة  $t=0$  ( $K_2$  مفتوح).

- 1- احسب قيمة ثابتة الزمن  $\tau$ .
- 2- أعط تعبير شدة التيار القصوى  $I_{max}$  للتيار الكهربائي المار بالدارة الكهربائية بدلالة معطيات التمرين، ثم احسبها.
- 3- مثل شكل منحنى تغير التوتر  $U_C(t)$  بين مربطي المكثف بدلالة الزمن  $t$ .
- 4- مثل شكل منحنى تغير شدة التيار  $i(t)$  المار في الدارة الكهربائية بدلالة الزمن  $t$ .
- 5- احسب قيمة كل من التوتر بين مربطي المكثف و شدة التيار الكهربائي المار بالدارة عند اللحظة  $t=0,2ms$ .

### المرحلة الثانية: $K_1$ مفتوح و $K_2$ مغلق

بعد انعدام شدة التيار الكهربائي نفتح قاطع التيار  $K_1$ ، ثم نغلق في لحظة نعتبرها مجددا أصلا للتواريخ قاطع التيار  $K_2$ .

- 1- احسب شحنة المكثف و شدة التيار الكهربائي عند لحظة إغلاق قاطع التيار  $K_2$ .
- 2- علل الإشارة السالبة لشدة التيار الكهربائي.
- 3- احسب قيمة ثابتة الزمن  $\tau'$ .
- 4- مثل شكل منحنى تغير التوتر  $U_C(t)$  بين مربطي المكثف بدلالة الزمن  $t$ .
- 5- مثل شكل منحنى تغير شدة التيار  $i(t)$  المار في الدارة الكهربائية بدلالة الزمن  $t$ .
- 6- احسب قيمة كل من التوتر بين مربطي المكثف و شدة التيار الكهربائي المار بالدارة عند اللحظتين  $t_1=\tau'$  و  $t_2=2\tau'$ .

يُغذى وامض (flash) آلة التصوير بواسطة عمودين مركبين على التوالي قوتها الكهرمحركة  $E=1,5V$  ، حيث تحول دائرة الكهربية التوتّر المستمر إلى توتّر متناوب ليتمّ تضخيمه فيما بعد بواسطة محول كهربيّ و تقويمه بواسطة صمام ثنائيّ.  
يتمّ بواسطة التوتّر المُقوم شحن مكثف سعته  $C= 150\mu F$  ، حيث يصبح التوتّر بين مربطي المكثف بعد الشحن هو  $U= 330V$ .

### دراسة الوامض:

1- أعط تعبير الطاقة  $E_e$  المخزنة في المكثف بعد عملية الشحن و احسب قيمتها.  
2- نقرغ المكثف، عند اللحظة  $t = 0$  ، في مصباح وامض آلة التصوير الذي نمذجّه بموصل أومي مقاومته  $R'$  ، فيرسل المصباح ومضة ضوئية تستغرق مدة زمنية  $\Delta t=5\tau=1ms$  ، مع  $\tau$  هي ثابتة الزمن لثنائي القطب  $R'C$ .

1-2- أوجد المعادلة التفاضلية التي يحقّقها التوتّر  $U_C$  بين مربطي المكثف.

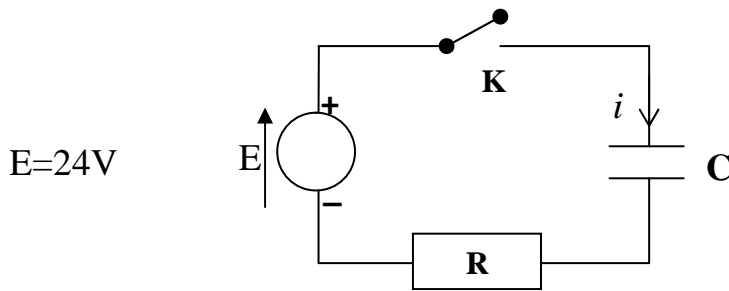
2-2- احسب قيمة مقاومة وامض آلة التصوير.

3-2- أعط تعبير التوتّر  $U_C$  بدلالة الزمن  $t$ .

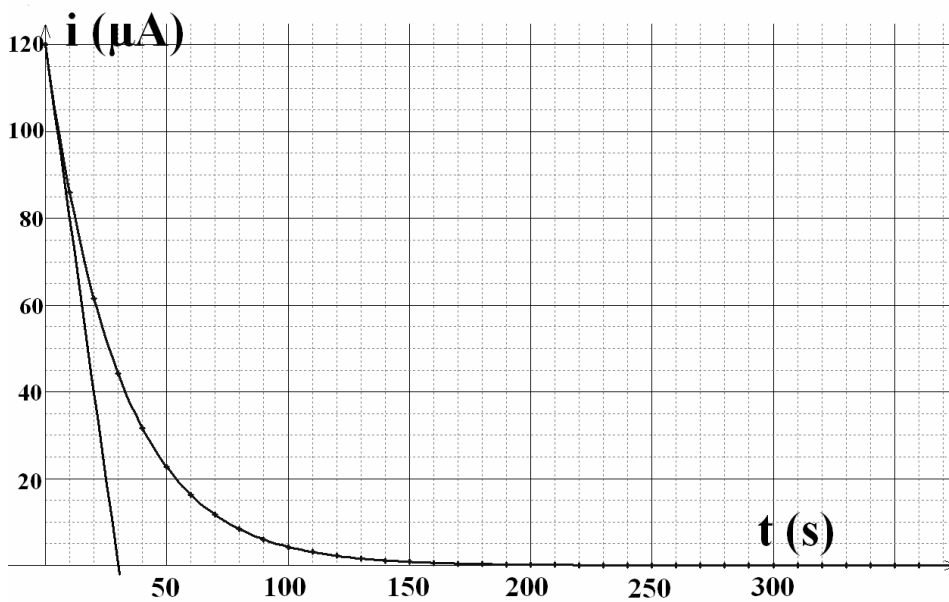
4-2- استنتج تعبير الطاقة المخزنة في المكثف بدلالة الزمن  $t$  أثناء عملية التفريغ.

### دراسة مكثف الوامض:

للتحقّق من قيمة سعة هذا المكثف أنجز تلميذ الدارة الكهربية التالية مستعملا مكثف وامض آلة التصوير السابق بعد تفريغه كلياً:

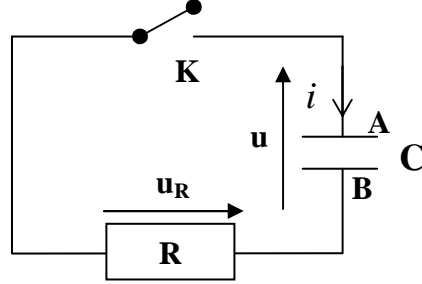


أغلق التلميذ قاطع التيار  $K$  عند لحظة نعتبرها أصلاً للتواريخ، ثم سجل في لحظات مختلفة شدة التيار المار في الدارة الكهربية و مثل منحنى تغير  $i(t)$  بدلالة الزمن فحصل على المبيان أسفله.

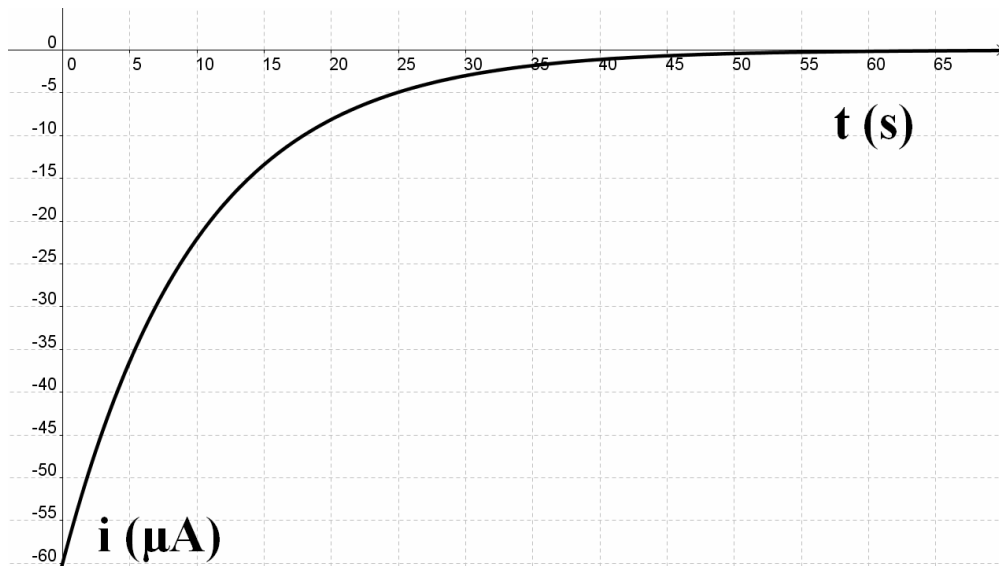
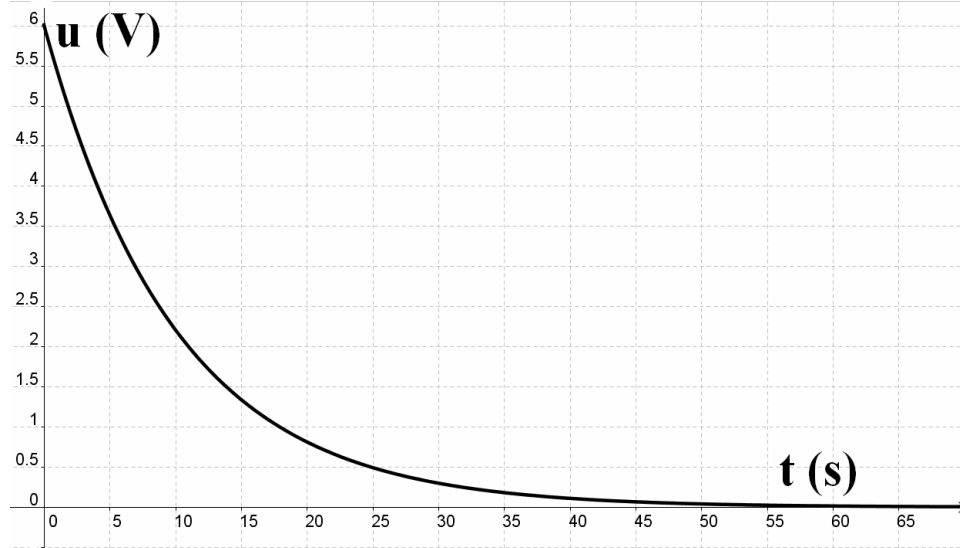


- 1- حدد قيمة المقاومة  $R$ .  
 2- استنتج من المبيان قيمة سعة المكثف. هل توافق القيمة المعطاة في بداية التمرين؟

نقوم خلال حصة أشغال تطبيقية بتفريغ مكثف يحمل شحنة كهربائية بدئية  $q_0$  باستعمال موصل أومي مقاومته  $R$  باعتماد التركيب التجريبي التالي:



نغلق قاطع التيار عند اللحظة  $t=0$  ونستعمل حاسوبا مجهزا بواجهة تسمح بتمثيل التوتر  $u$  و شدة التيار  $i$  بدلالة الزمن  $t$ ، بحيث نحصل على المنحنيين التاليين:



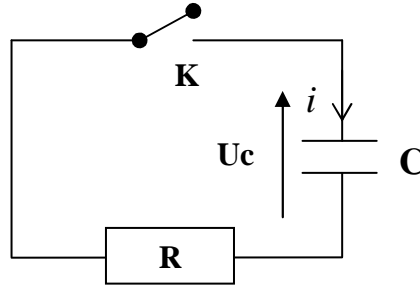
- 1- أوجد العلاقة بين  $i$  و  $\frac{du}{dt}$ .
- 2- حدد إشارة شحنة اللبوس A . علل جوابك.
- 3- حدد المنحى الحقيقي للتيار الكهربائي و منحى انتقال الإلكترونات معللا جوابك.
- 4- حدد قيمة كل من R و C.
- 5- احسب قيمة الشحنة البدئية  $q_0$  للمكثف.
- 6- أعط تعبير كل من التوتر بين قطبي المكثف  $u$  و شدة التيار  $i$  وشحنة المكثف  $q$  و التوتر  $u_R$  بين قطبي الموصل الأومي بدلالة الزمن  $t$ .

4

- يهدف هذا التمرين إلى دراسة مبدأ اشتغال جهاز الرجفان défibrillateur الذي يسمح بتطبيق صدمة كهربائية لشخص ضربات قلبه غير منتظمة.
- يتم في البداية شحن مكثف الجهاز ذي السعة C إلى أن يصبح التوتر بين قطبيه بعد الشحن هو  $U = 1,8kV$ ، ثم يُفرغ في القفص الصدري للمريض.
- ننمذج القفص الصدري بموصل أومي مقاومته  $R = 50\Omega$ .
1. حدد القيمة الدنيا  $C_m$  لسعة المكثف لتخزين طاقة  $E_0 = 324J$  بعد شحنه.
  2. تتغير الطاقة المخزنة في المكثف أثناء تفريغه في القفص الصدري للمريض وفق التعبير التالي:  $(J) E = Ae^{-\alpha t}$ ، نعتبر أصل التواريخ لحظة بداية الصدمة الكهربائية.
  - حدد قيمتي A و  $\alpha$ . باعتبار  $C = C_m$ .
  3. احسب القيمة المطلقة  $|I_{max}|$  لشدة تيار التفريغ القصوى.
  4. اكتب تعبير القيمة المطلقة  $|I|$  لشدة تيار التفريغ بدلالة الزمن  $t$ .
  5. اكتب تعبير الطاقة E بدلالة شدة تيار التفريغ  $I$ .

5

ننجز في حصة أشغال تطبيقية الدارة الكهربائية التالية:



يحمل المكثف في البداية شحنة كهربائية  $Q_0$ . نغلق قاطع التيار عند اللحظة  $t=0$ ، و ندون في لحظات مختلفة التوتر  $U_c$  بين قطبي المكثف و شدة التيار الشحن  $i$ ، فنحصل على النتائج التالية:

t (s)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
$U_c(V)$	12	4,415	1,624	0,597	0,220	0,081	0,030	0,011	0,004	0,001	0,001	0,000
$\ln(U_c)$	2,485	1,485	0,485	-0,515	-1,515	-2,515	-3,515	-4,515	-5,515	-6,515	7,52	
$-i(\mu A)$	1000	367,88	135,34	49,787	18,32	6,74	2,48	0,91	0,34	0,12	0,045	0

- 1- أوجد المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر  $U_c$ .
- 2- تحقق من أن حل هذه المعادلة يكتب كالتالي:  $U_c = Ae^{-t/RC}$ .
- 3- أوجد قيمة A.
- 4- مثل منحى تغيرات  $\ln(U_c)$  بدلالة الزمن و استنتج قيم كل من R و C و  $Q_0$ .

## الأجوبة

1

المرحلة الأولى:  $K_1$  مغلق و  $K_2$  مفتوح

-1

لدينا:  $\tau = R_1 C$

ت ع:  $\tau = 1000 \cdot 2 \cdot 10^{-7} = 2 \cdot 10^{-4} \text{s} = 0,2 \text{ms}$

-2

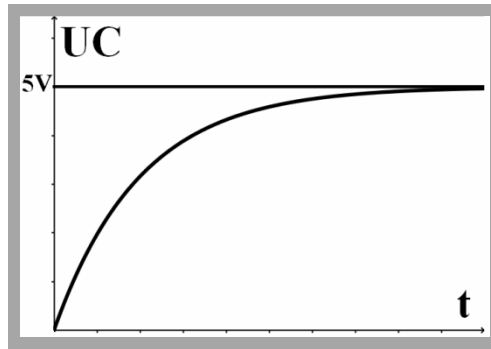
نعلم أن شدة التيار تتناقص تدريجياً مع الزمن خلال مرحلة شحن المكثف ، و بالتالي نحصل على قيمتها القصوى عند اللحظة  $t=0$  لحظة إغلاق قاطع التيار ( $U_c=0V$ ):

$$R_1 I_{\max} = E \Rightarrow I_{\max} = \frac{E}{R_1}$$

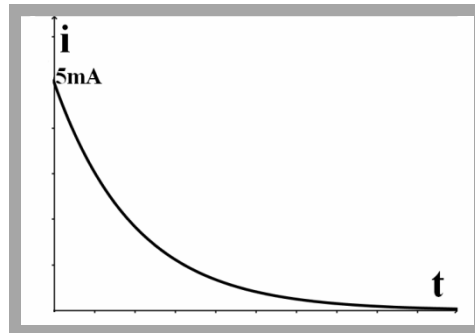
ت ع:

$$I_{\max} = \frac{5}{1000} = 5 \cdot 10^{-3} \text{A} = 5 \text{mA}$$

-3



-4



-5

لدينا  $t = \tau = 0,2 \text{ms}$  إذن:

$$U_c(t=0,2 \text{ms}) = 0,63E = 3,15 \text{V}.$$

$$i(t=0,2 \text{ms}) = 0,37I_{\max} = 1,85 \text{mA}.$$

المرحلة الثانية:  $K_1$  مفتوح و  $K_2$  مغلق

1- عند  $t=0$  لدينا:

$$U_c(t=0) = \frac{q(t=0)}{C} = -R_2 i(t=0) = 5V$$

إذن:

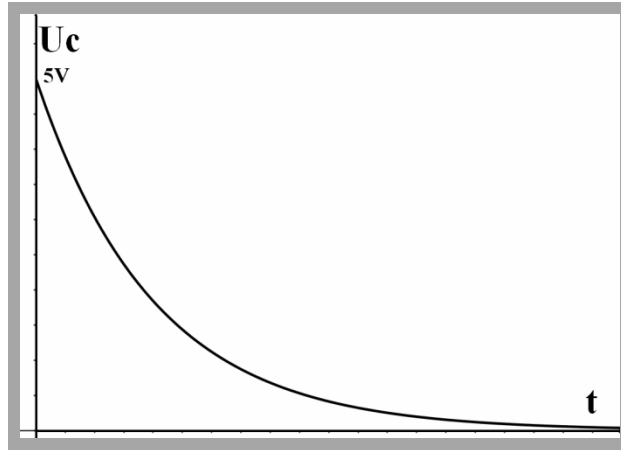
$$q(t=0) = U_c(t=0).C = 5.2.10^{-7} = 10^{-6} C = 1\mu C$$

$$i(t=0) = -\frac{U_c(t=0)}{R_2} = -\frac{5}{2000} = -2,5.10^{-3} A = -2,5mA$$

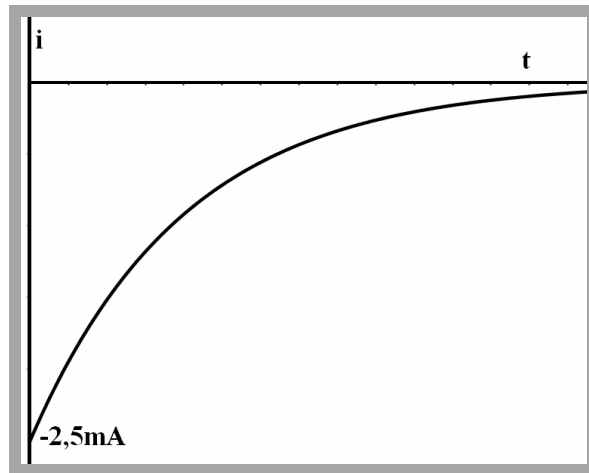
2- تعزى الإشارة السالبة لشدة التيار إلى كون المنحى الذي تم اختياره لمنحى التيار الكهربائي (الممثل على الشكل) معاكس للمنحى الاصطلاحي للتيار الكهربائي.

$$3- \tau' = R_2 C = 2.10^3 . 2.10^{-7} = 4.10^{-4} s = 0,4ms$$

4-



5-



$$6- U_c(t_1=\tau) = 0,37U_{c0} = 0,37.5 = 1,85V$$

$$i(t_1=\tau) = 0,37i_0 = -0,37.2,5mA = -0,925mA$$

$$U_c(t_2=2\tau) = 0,37U_c(t_1=\tau) = 0,37.1,85 = 0,6845V$$

$$i(t_2=2\tau) = 0,37i(t_1=\tau) = -0,37.0,925mA = -0,34225mA$$

دراسة الواضع:

-1

$$E_e = \frac{1}{2} CU^2$$

ت ع:

$$E_e = \frac{1}{2} 1,5 \cdot 10^{-4} (330)^2 = 8,1675 J \approx 8,17 J$$

-2

-1-2 لدينا:

$$U_c + U_{R'} = 0$$

$$U_c + R' i = 0$$

$$U_c + R' \frac{dq}{dt} = 0$$

$$U_c + R' C \frac{dU_c}{dt} = 0$$

-2-2

نعلم أن  $\tau = R'C$  و بما أن  $\Delta t = 5\tau = 1 \text{ ms}$  إذن:  $\tau = 0,2 \text{ ms}$  و بالتالي

$$R' = \frac{\tau}{C} = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{1,5 \cdot 10^{-4}} = 1,33 \Omega$$

3-3 نعلم أن حل المعادلة التفاضلية هو:

$$U_c = A e^{-t/\tau}$$

بحيث:

$$A = U_c(t=0) = 330 \text{ V}$$

$$\tau = R'C = 2 \cdot 10^{-4} \text{ s}$$

و بالتالي نكتب حل المعادلة كالتالي:

$$U_c = 330 e^{-5000t} \text{ (V)}$$

-4-3 لدينا:

$$E_e = \frac{1}{2} C (U_c)^2$$

و بالتالي:

$$E_e = 8,17 \cdot e^{-10000t} \text{ (J)}$$

**دراسة مكثف الوامض:**  
1- لدينا حسب الدارة الكهربائية:

$$U_C + U_R = E$$

$$U_C + Ri = E$$

لدينا عند اللحظة  $t=0$  المكثف غير مشحون و بالتالي:

$$U_C(t=0) = 0 \Rightarrow Ri(t=0) = E \Rightarrow R = \frac{E}{i(t=0)}$$

لدينا  $E=24V$  و حسب المنحنى نستنتج أن  $i(t=0) = 120\mu A$  إذن:

$$R = \frac{24}{12 \cdot 10^{-5}} = 2 \cdot 10^5 \Omega = 200k\Omega$$

2- نلاحظ أن المماس للمنحنى عند اللحظة  $t=0$  يتقاطع مع محور الزمن في اللحظة  $t=\tau=30s$  و لدينا:

$$\tau=RC$$

إذن:

$$C = \frac{\tau}{R} = \frac{30}{2 \cdot 10^5} = 1,5 \cdot 10^{-4} F = 150\mu F$$

و هذه القيمة تطابق القيمة المعطاة في بداية التمرين.

**3**

1- لدينا:

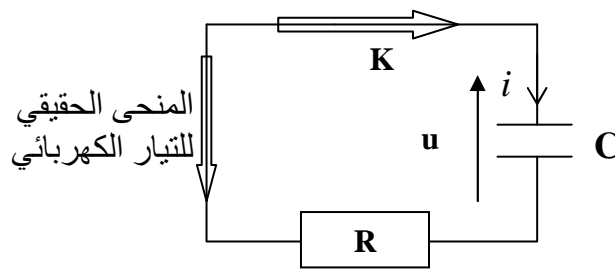
$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d(Cu)}{dt} = C \frac{du}{dt}$$

2- نلاحظ من المبيان الأول أن التوتر  $u > 0$  و بما أن  $u=U_{AB}$  إذن اللبوس A يحمل شحنة موجبة.

3- لدينا حسب المبيان الثاني  $i < 0$  و هذا يعني أن المنحنى الذي تم تمثيله في التبيان معاكس للمنحنى الحقيقي للتيار الكهربائي.

**التعليل الثاني:** بما أن اللبوس A يحمل شحنة موجبة و اللبوس B يحمل شحنة سالبة، فإن الإلكترونات ستنتقل عبر الدارة الكهربائية من اللبوس ذي الشحنة السالبة (B) نحو اللبوس ذي الشحنة الموجبة (A) و بطبيعة الحال سيكون منحنى التيار الكهربائي الحقيقي معاكس لمنحنى انتقال الإلكترونات.

منحنى انتقال الإلكترونات





4- لدينا:

$$u = -Ri \Rightarrow R = -\frac{u}{i} (\forall t)$$

$$R = -\frac{u(t=0)}{i(t=0)} = -\frac{6}{-6.10^{-5}} = 10^5 \Omega = 100k\Omega$$

عند تمثيل المماس لأحد المنحنيين نجد أن هذا المماس يقطع محور الزمن عند اللحظة  $t=\tau=10s$  و بما أن:

$$\tau=RC$$

إذن:

$$C = \frac{\tau}{R} = \frac{10}{10^5} = 10^{-4} F = 100\mu F$$

5- لدينا:

$$q_0 = C.u(t=0) = 6.10^{-4} C$$

-6

$$u = 6e^{-0,1t} (V)$$

$$i = -60e^{-0,1t} (\mu A)$$

$$q = 6.10^{-4} e^{-0,1t} (C)$$

$$u_R = -u = -6e^{-0,1t} (V).$$

4

1- لدينا

$$E_m = E_0 = \frac{1}{2} C_m U^2 \Rightarrow C_m = \frac{2E_0}{U^2}$$

ت ع:

$$C_m = \frac{2.324}{1,8^2.10^6} = 2.10^{-4} F = 200\mu F$$

2- بما أن  $E = Ae^{-\alpha t}$  إذن A تمثل الطاقة الكهربائية للمكثف عند اللحظة  $t=0$  ، أي:

$$A = E_0 = 324J.$$

$$\tau = RC_m = 50.2.10^{-4} = 10^{-2} s = 10ms$$

لدينا نرسم للتوتر بين قطبي المكثف في لحظة t بالرمز  $U_c$  و بالتالي نعبر عن طاقته الكهربائية في لحظة t بالعلاقة:

$$E = \frac{1}{2} C_m U_c^2$$

و بما أننا نقوم بتفريغ المكثف و أصل التواريخ لحظة بداية الصدمة الكهربائية إذن:

$$U_c = U_{c_0} e^{-t/\tau} \Rightarrow E = \frac{1}{2} C_m U_{c_0}^2 e^{-2t/\tau} = E_0 e^{-2t/\tau}$$

إذن:

$$\alpha = \frac{2}{\tau} = \frac{2}{RC_m} = \frac{2}{10^{-2}} = 200s^{-1}$$

-3

$$|I_{\max}| = |I(t=0)| = \frac{U_c(t=0)}{R} = \frac{1,8 \cdot 10^3}{50} = 36A$$

-4

$$|I| = |I_{\max}| e^{-t/\tau} = |I_{\max}| e^{-t/0,01} = |I_{\max}| e^{-100t} = 36e^{-100t} (A)$$

-5

الطريقة الأولى:  
لدينا:

$$E = \frac{1}{2} C_m U_c^2 = \frac{1}{2} C_m (RI)^2 = \frac{1}{2} C_m R^2 I^2 = \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot 50^2}{2} I^2 = 0,25 I^2$$

$$E = 0,25 I^2$$

الطريقة الثانية:  
لدينا:

$$E = 324e^{-200t}$$

$$I = 36e^{-100t}$$

$$I^2 = 1296e^{-200t}$$

$$\frac{E}{I^2} = \frac{324}{1296} = 0,25 \Rightarrow E = 0,25 I^2$$

5

-1 لدينا:

$$U_c + U_R = 0$$

$$U_c + Ri = 0$$

$$U_c + R \frac{dq}{dt} = 0$$

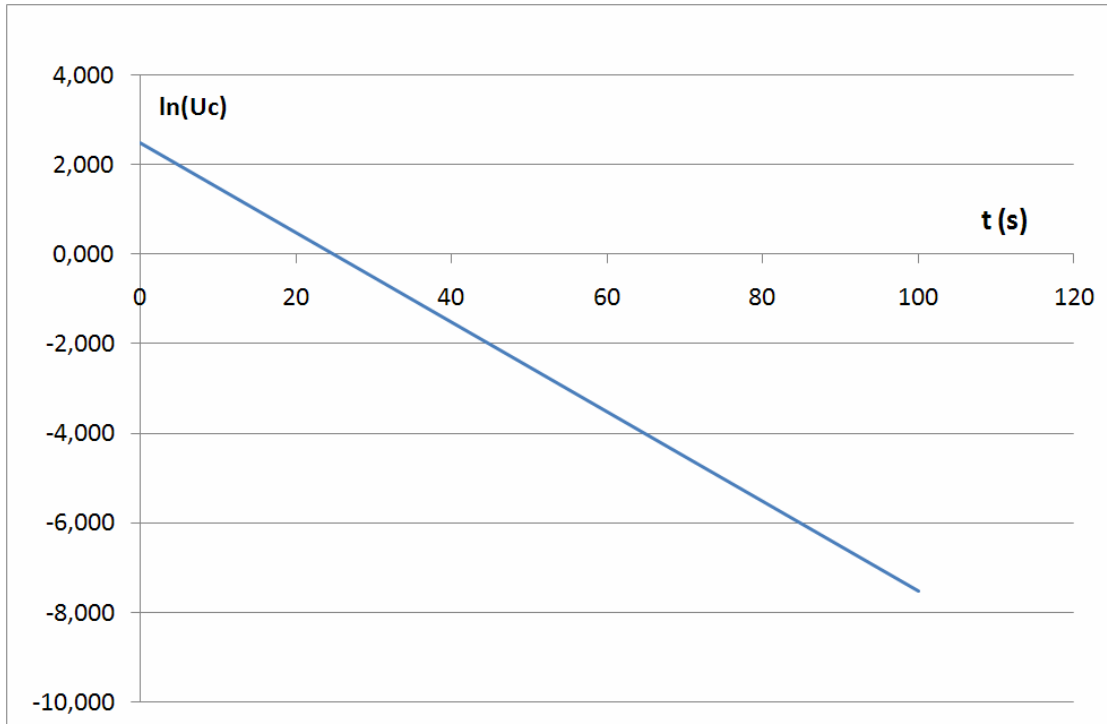
$$U_c + RC \frac{dU_c}{dt} = 0$$

-2

$$U_c = Ae^{-t/RC} \Rightarrow \frac{dU_c}{dt} = -\frac{1}{RC} Ae^{-t/RC} = -\frac{1}{RC} U_c \Rightarrow U_c + RC \frac{dU_c}{dt} = U_c + RC \cdot \left(-\frac{1}{RC} U_c\right) = 0$$

(نعتمد معطيات الجدول)  $A = U_c(t=0) = 12V$  -3

$$U_c = 12e^{-t/RC} (V)$$



لدينا:

$$R = -\frac{U_c(t=0)}{i(t=0)} = -\frac{12}{-10^{-3}} = 12 \cdot 10^3 \Omega = 12k\Omega$$

$$U_c = 12e^{-t/RC} \Rightarrow \ln(U_c) = \ln 12 - \frac{t}{RC} = 2,485 - \frac{t}{RC}$$

إذن:  $-\frac{1}{RC}$  - يمثل المعامل الموجه للمنحنى:

$$-\frac{1}{RC} = \frac{\Delta(\ln(U_c))}{\Delta t} = \frac{2,485 - (-5,515)}{0 - 80} = -\frac{8}{80} = -0,1s^{-1}$$

$$\tau = RC = 10s$$

و بالتالي:

$$C = \frac{\tau}{R} = \frac{10}{1,2 \cdot 10^4} \approx 8,33 \cdot 10^{-4} F = 833\mu F$$

$$Q_0 = CU_c(t=0) = 10^{-2} C$$