

(4,5 نقط): تتألف القطب RC ثعبه العلوم التجربيه مسلك علوم الحياه والارض (الدوره العاديه 2008)

نقرأ على لصيقة آلة تصوير العبارات التاليه (احذر - خطر - تفادي تفكيك الآله). يرتبط هذا التنبيه بوجود مكثف في علبه آلة التصوير، الذي يتم شحنه تحت توتر $U=300V$ عبر موصل أومي مقاومته R . نحصل على التوتر $U=300V$ بفضل تركيب إلكتروني مغذى بعمود قوته الكهرومحركة $E_0=1,5V$. وعند أخذ الصور يُفْرغ المكثف عبر مصباح وامض آلة التصوير خلال جزء من الثانيه، فيمكن اللوامض ذي المقاومه r من إضاءة شديده في وقت جد قصير.

يمثل الشكل (1) التركيب المبسط لدارة تشغيل وامض آلة التصوير.

معطيات: سعة المكثف $C = 120\mu F$ ؛ $U = 300V$

1. استجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر صاعده

نضع عند اللحظه ذات التاريخ $(t=0)$ قاطع التيار K

في الموضع (1)، فيشحن المكثف عبر الموصل

الأومي ذي المقاومه R تحت التوتر U .

1.1. أثبت أن المعادله التفاضليه التي يحققها التوتر

$$u_C(t) \text{ تكتب على الشكل } U = \tau \frac{du_C}{dt} + u_C. \text{ استنتج}$$

تعبير ثابتة الزمن τ بدلالة برامترات الدارة.

2.1. تحقق أن حل المعادله التفاضليه هو $u_C(t) = U.(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

3.1. حدد قيمه u_C في النظام الدائم.

4.1. أحسب الطاقة الكهربائيه المخزنه في المكثف في النظام الدائم.

5.1. يتطلب الاشتغال العادي للوامض طاقة كهربائيه محصوره بين 5J و 6J. هل يمكن شحن المكثف

مباشرة بواسطه العمود ذي القوه الكهرومحركة $E_0 = 1,5V$ ؟

2. استجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر نازله

نؤرجح قاطع التيار K إلى الموضع (2) عند اللحظه ذات التاريخ $(t=0)$ ، فيفْرغ المكثف عبر الموصل

الأومي ذي المقاومه r . نسجل بواسطه

راسم تذبذب ذاكراتي تغيرات التوتر $u_C(t)$

بين مربطي المكثف بدلالة الزمن، فنحصل

على المنحنى الممثل في الشكل (2).

1.2. مثل بعناية تبيانة تركيب تفريغ

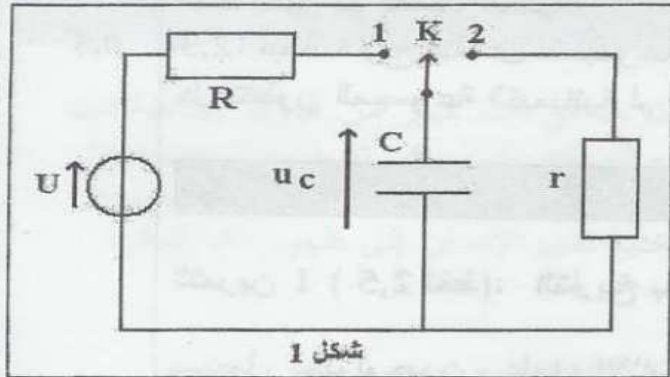
المكثف، وبين عليها كيفيه ربط راسم

التذبذب.

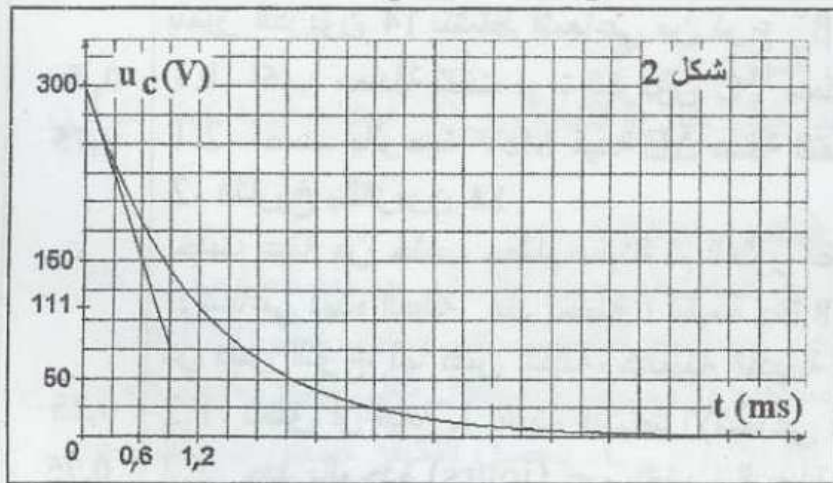
2.2. عين مبيانيا قيمه ثابتة الزمن τ

لدارة التفريغ.

3.2. استنتج قيمه r .



شكل 1



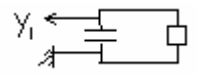
شكل 2

اجوبه: 1-1 انظر الدرس 1-2 باشتقاق الحل نحصل على $\frac{du_C}{dt} = \frac{U}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}}$ ثم نعوض في المعادله التفاضليه ، نجد أنها متحققه.

3-1 300V -4-1 5,4J -5-1 لا ، لأنه باستعمال العمود تكون الطاقة الكهربائيه المخزنه في المكثف $\xi_{e0} = 1,35 \cdot 10^{-4} J$ جد ضعيفه.

3-2 $r = 1\Omega$

2-2 $\tau = 1,2ms$

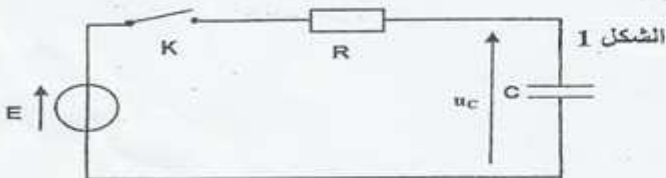


1-2

الكهرباء - استعمالات مكثف مسلك العلوم الفيزيائيه (الدوره العاديه 2008)

تتميز المكثفات بخاصية تخزين الطاقة الكهربائيه وإمكانية استرجاعها عند الحاجة. وتمكن هذه الخاصية من استعمال المكثفات في عدة أجهزة منها تشغيل مصباح وامض بعض آلات التصوير.

(1) الجزء I- شحن مكثف:



الشكل 1

ننجز التركيب التجريبي الممثل في الشكل (1)

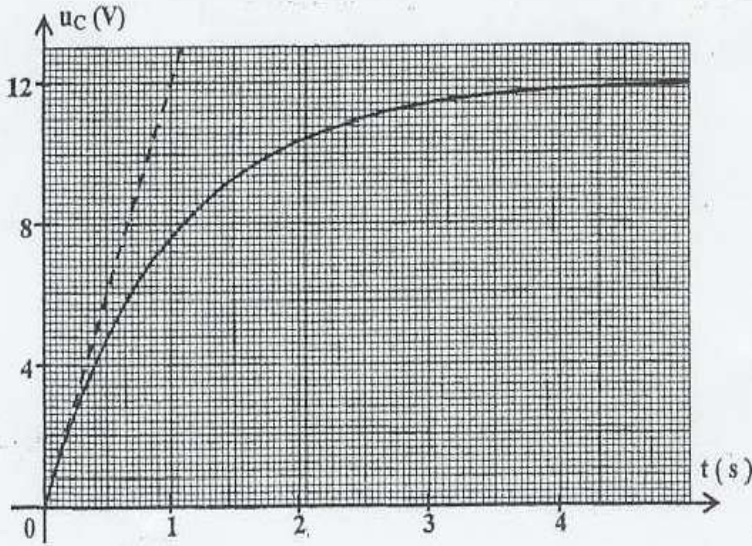
والمكون من مكثف سعته C ، غير مشحون بدنياً،

مركب على التوالي مع موصل أومي مقاومته

الكهربائيه R وقاطع التيار K.

يخضع ثنائي القطب RC لرتبة توتر معرفة كالتالي:

- بالنسبة لـ $t < 0$ ، $U = 0$ ،
 - بالنسبة لـ $t \geq 0$ ، $U = E$ حيث: $E = 12 \text{ V}$.
 نغلق الدارة عند اللحظة $t = 0$ ونعاين ، باستعمال



الشكل 2

وسيط معلوماتي على شاشة حاسوب ، تغيرات التوتر u_C بين مربطي المكثف بدلالة الزمن. يعطي الشكل (2) المنحنى $u_C = f(t)$.

1.1- أثبت المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر $u_C(t)$. (ن 1)

1.2- تحقق أن التعبير $u_C(t) = E.(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ حل للمعادلة التفاضلية بالنسبة لـ $t \geq 0$ ؛ حيث τ ثابتة الزمن. (ن 0,5)

1.3- حدد تعبير τ و بين ، باعتماد معادلة الأبعاد، أن لـ τ بعدا زمنيا. (ن 0,5)

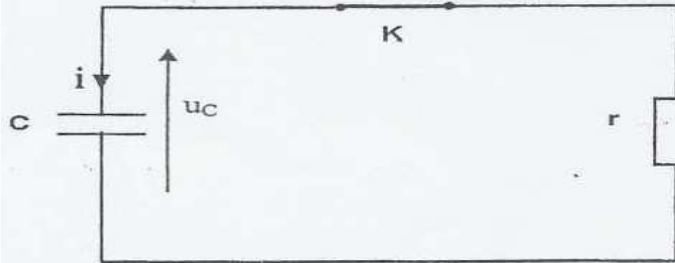
1.4- عين مبيانيا τ واستنتج أن قيمة C هي $C = 100 \mu\text{F}$. نعطي $R = 10 \text{ k}\Omega$. (ن 0,75)

1.5- احسب الطاقة الكهربائية التي يخزنها المكثف في النظام الدائم: (ن 0,75)

(2) الجزء II - تفريغ مكثف :

يتطلب تشغيل وامض آلة تصوير طاقة عالية لا يمكن الحصول عليها باستعمال المولد السابق. للحصول على الطاقة اللازمة، يُشحن المكثف السابق بواسطة دائرة إلكترونية تُمكن من تطبيق توتر مستمر بين مربطي المكثف قيمته $U_C = 360 \text{ V}$.

نفرغ المكثف، عند اللحظة $t = 0$ ، في مصباح وامض آلة التصوير الذي نمنجه بموصل أومي مقاومته r (الشكل 3)؛ فيتغير التوتر بين



الشكل 3

مربطي المكثف وفق المعادلة: $u_C = 360.e^{-\frac{t}{\tau}}$ ؛ حيث τ ثابتة الزمن و $u_C(t)$ معبر عنها بالفولط (V)

2.1- أوجد قيمة r مقاومة مصباح وامض آلة التصوير علما أن التوتر بين مربطي المكثف

يأخذ القيمة $u_C(t) = 132,45 \text{ V}$ عند اللحظة $t = 2 \text{ ms}$. (ن 1)

2.2- اشرح كيف يجب اختيار مقاومة وامض آلة التصوير لضمان تفريغ أسرع للمكثف. (ن 0,5)

اجوبة

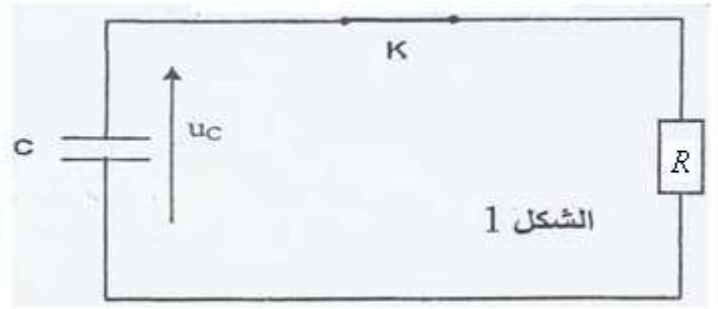
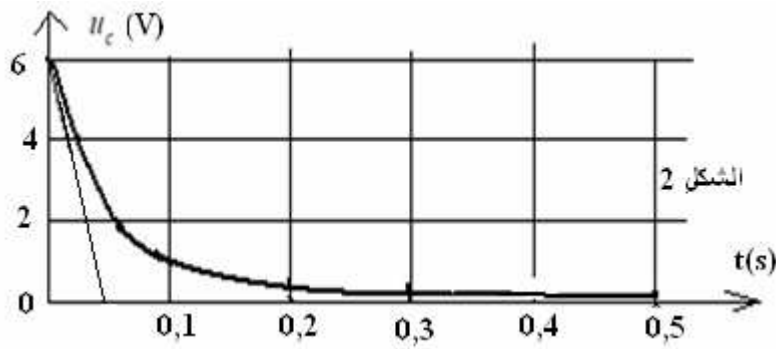
1-1-1- بتطبيق قانون تجميع التوترات: $u_R + u_C = E$ مع: $u_R = R.i = R.\frac{du_C}{dt} = R.C.\frac{du_C}{dt}$ المعادلة التفاضلية: $R.C.\frac{du_C}{dt} + u_C = E$

2-1: بالاشتقاق والتعويض نتحقق من الحل. 1-3 $\tau = R.C$ معادلة الأبعاد انظر الدرس. 4-1 $\tau = 1 \text{ s}$ ثم $\tau = \frac{1}{R.C} = \frac{1}{10^4 \times 10^{-6}} = 10^{-4} \text{ s} = 100 \mu\text{s}$

5-1: $\xi_e = 7,2.10^{-3} \text{ J}$ 2-2 كلما كانت τ صغيرة كلما كانت مدة التفريغ قصيرة ، وهو ما يوافق آلة التصوير ذات أصغر مقاومة. 1-2

$$r = \frac{t}{C \ln \frac{360}{u_C}} = \frac{2 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-6} \ln \frac{360}{132,45}} = \frac{2 \times 10^{-3}}{10^{-4} \times 0,99989} = 20 \Omega \quad \Leftrightarrow \quad \ln \frac{360}{u_C} = \frac{t}{r.C} \quad \Leftrightarrow \quad \ln \frac{u_C}{360} = -\frac{t}{\tau} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{u_C}{360} = e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \Leftrightarrow \quad u_C = 360 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

ينفـرغ مكثف مشـحون سـعته $c = 100\mu F$ ، عـبر موصل أومـي مـقاومته $R = 0,5k\Omega$ انـطـلاقـا مـن لـحـظـة نـعـتـبـرـها اصـلا لـلتـواريـخ.



يمثل الشكل 2 تغيرات التوتر u_c بين مربطي المكثف .

1- احسب قيمة τ ثابتة الزمن لتثاني القطب $R.c$ وقارن قيمتها مبيانيا .

2 - باستعمال معادلة الأبعاد حدد وحدة τ .

3- حدد قيمة التوتر بين مربطي المكثف عند اللحظة $t = 0$.

4- ما قيمة الطاقة الكهربائية المخزنة بدنيا في المكثف .

5- ما قيمة الطاقة الكهربائية النهائية للمكثف .

6- استنتج قيمة الطاقة الكهربائية المبددة في الدارة وحدد شكل تبدها.

أجوبة : 1- $\tau = R.c = 0,5.10^3 \Omega \times 100.10^{-6} F = 0,05s$ **2-** انظر الدرس **3-** 6V **4-** $1,8.10^{-3} J$ **5-** 0J

6- الطاقة الكهربائية الكلية التي كانت مخزنة في المكثف تبددت في الدارة على شكل طاقة حرارية بمفعول جول .

التمرين الرابع:

ننجز التركيب التجريبي الممثل في الشكل التالي ونؤرجح قاطع التيار إلى الموضع 1 وننتظر الوقت الكافي لشحن المكثف.

يمكننا المحرك خلال اشتغاله من رفع حمولة كتلتها $m = 25g$ على ارتفاع $h = 40cm$.

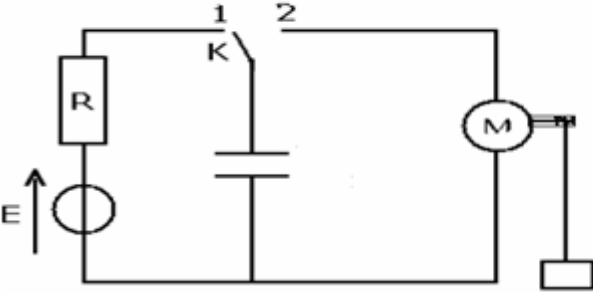
نعطي : $g = 10N/kg$ ، $E = 24V$ ، $R = 1k\Omega$ ، $c = 100\mu F$.

1- احسب الطاقة الكهربائية المخزنة في المكثف .

2- ما مقدار الطاقة اللازمة لرفع الحمولة بالارتفاع h ؟

3- يتوقف المحرك عن الاشتغال عندما يصبح التوتر بين مربطي المكثف $u_c = 4V$.

أوجد قيمة h' الارتفاع التي تبلغه الحمولة .



أجوبة : 1- $2,88.10^{-2} J$ **2-** $mgh = 25.10^{-3} kg.10N.kg^{-1}.0,4m = 0,1J$ **3-** $h' = 11,2cm \Leftarrow \frac{1}{2}c(u_{co}^2 - u_c^2) = m.g.h'$

التمرين الخامس:

يمثل الشكل التالي التركيب التجريبي الذي يمكن من دراسة تغيرات u_c

بين مربطي مكثف لتثاني قطب RC بدلالة الزمن حيث $E=5V$.

يمكن جهاز ملانم مرتبط بحاسوب من إحراز القيم اللحظية للتوتر u_c

ومعالجتها.

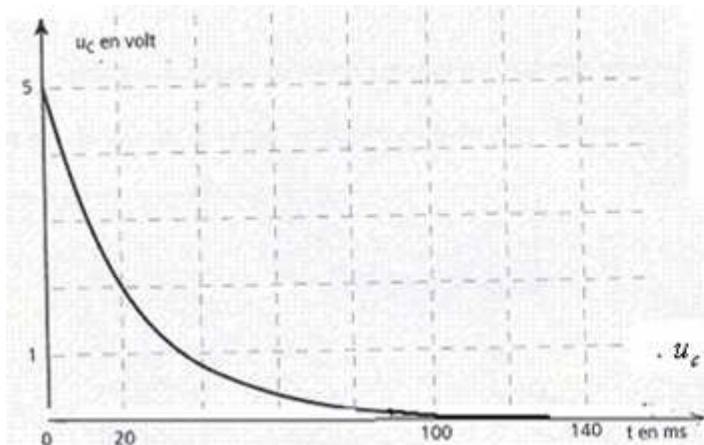
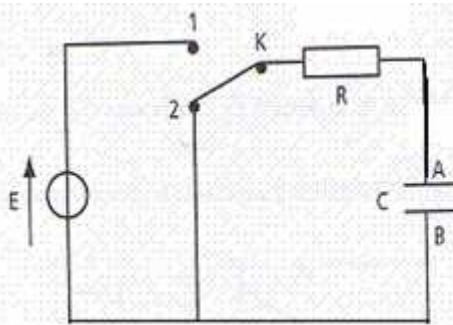
نشحن مكثفا في البداية بوضع قاطع التيار بأحد الموضعين (1) أو (2)

ثم نؤرجحه بعد مضي مدة كافية لكي يشحن خلالها المكثف فنحصل على

الوثيقة رقم 1.

1 أ) عين الوضع المناسب لعملية شحن المكثف والموضع المناسب

للحصول على المنحنى الممثل في الوثيقة 1.



(ب) عين إشارة i خلال التفريغ .

2- باحترام اصطلاح كل من المولد والمستقبل في الدارة السابقة:

1-2 مثل التغيرات على الدارة .

2-2 بتطبيق قانون جميع التوترات اوجد العلاقة بين u_R و u_c .

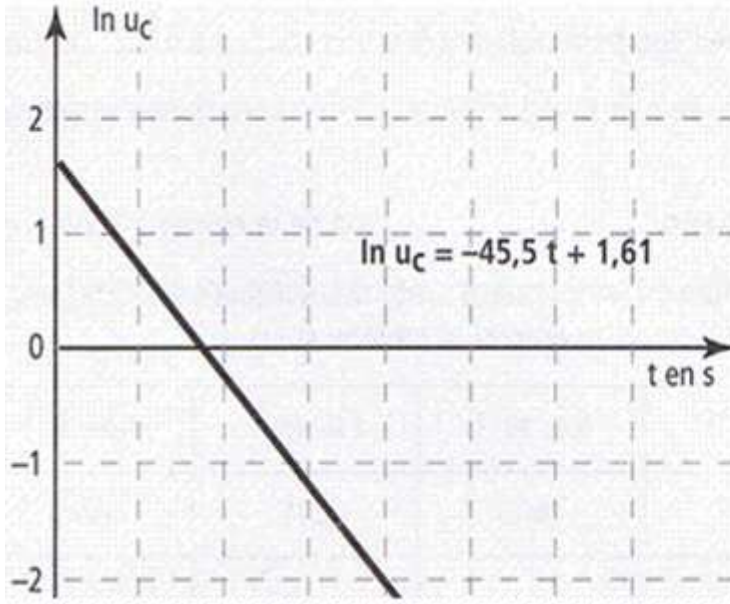
3-2 بين أن المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر u_c بين مربطي

المكثف خلال التفريغ تكتب كما يلي : $u_c + \frac{1}{\alpha} \frac{du_c}{dt} = 0$

4-2 حدد تعبير $\frac{1}{\alpha}$.

3- حل المعادلة التفاضلية السابقة يكتب على النحو التالي : $u_c = E.e^{-\alpha t}$

1-3 اكتب تعبير $\ln u_c$.



2-3- نخط بواسطة برنامج المنحنى الممثل ل : $\ln u_c$ بدلالة الزمن

فنحصل على الوثيقة 2 .

(أ) بين أن شكل المنحنى الممثل في الوثيقة 2 يتوافق مع التعبير المحصل عليه في السؤال 3-1 .

(ب) عين من بين القيم التالية لذاتية الزمن ، القيمة الموافقة للنتائج النمذجة المعتمدة في الوثيقة رقم 2 . ثم حدد مبيانيا قيمة E .

$$\tau = 22ms \quad \tau = 2,2ms \quad \tau = 0,40ms$$

نعطي :

$$\ln ab = \ln a + \ln b$$

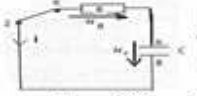
$$\ln a^x = x \cdot \ln a$$

$$\ln e = 1$$

أجوبة : (1-1) الموضع المناسب لعملية الشحن هو : 1 المنحنى 2 يوافق تفريغ المكثف الموضع المناسب هو : 2 (ب) $i < 0$

$$1-2-2 \quad 1-2 \quad \text{انظر الشكل} \quad 2-2 \quad u_R + u_c = 0 \quad 3-2 \quad R \cdot \frac{du_c}{dt} + u_c = 0 \quad 4-2 \quad \frac{1}{\alpha} \frac{du_c}{dt} + u_c = 0 \quad 1-3-3 \quad \frac{1}{\alpha} = R \cdot c$$

2-3 $\ln u_c = \ln E - \alpha t$ فإن $\ln e^1 = 1$ وبما أن $\ln u_c = \ln E - \alpha t \cdot \ln e^1 \Leftrightarrow u_c = E \cdot e^{-\alpha t}$



$$\begin{cases} \ln u_c = -\alpha \cdot t + \ln E \\ \ln u_c = -45,5 t + 1,61 \end{cases} \quad \text{بمقارنة التعبيرين :}$$

$$E = e^{1,61} = 5V \quad \text{فإن } \ln E = 1,61 \quad \text{وبما أن } \tau = 22ms \quad \Leftrightarrow \tau = \frac{1}{45,5} \approx 0,022s = 22ms \quad \Leftrightarrow \frac{1}{\tau} = 45,5 \quad \Leftrightarrow \alpha = 45,5 \quad \text{نجد}$$

التمرين السادس:

ننجز التركيب الممثل في الشكل جانبه ثم نغلق قاطع التيار K مدة كافية لكي يصبح

المكثف مشحونا . نعطي : $E = 5V$ ، $g = 10N/kg$ ، $c = 400\mu F$.

1) هل يشتغل المحرك؟ لماذا؟

2) احسب الطاقة الكهربائية المخزنة في المكثف .

3) نفتح قاطع التيار K فيشتغل المحرك ، ترتفع الكتلة المعلقة في طرف الخيط

الملفوف على مروود المحرك ذات الكتلة $m = 5g$ بالارتفاع h . أحسب قيمة

الارتفاع h .

4- في الواقع ارتفاع الكتلة هو $h' = 7cm$.

1-4 فسر لماذا ؟

2-4 - احسب مردود المحرك .

أجوبة :

1- لا يشتغل المحرك عندما يكون K مغلق لأن الصمام الثاني مركب في المنحنى المعاكس لا يسمح بمرور التيار الكهربائي عبر المحرك .

$$2- \quad \xi_e = \frac{1}{2} c \cdot E^2 = 5 \cdot 10^{-3} J \quad 3- \quad \xi_e = m \cdot g \cdot h \quad 4- \quad h = \frac{\xi_e}{m \cdot g} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-3} \times 10} = 0,1m = 10cm \quad 1-4 \quad \text{لأن قسما من الطاقة}$$

الكهربائية يبذل على مستوى الموصل الاومي بمفعول جول 2-4 مردود المحرك = خارج الطاقة النافعة على الطاقة المكتسبة

$$r = \frac{mgh'}{\xi_e} = \frac{5 \cdot 10^{-3} kg \cdot 10N \cdot kg^{-1} \cdot 7 \cdot 10^{-2} m}{5 \cdot 10^{-3} J} = 0,7 = 70\%$$

التمرين السابع:

I شحن مكثف بواسطة عدة للتيوتر المستمر :

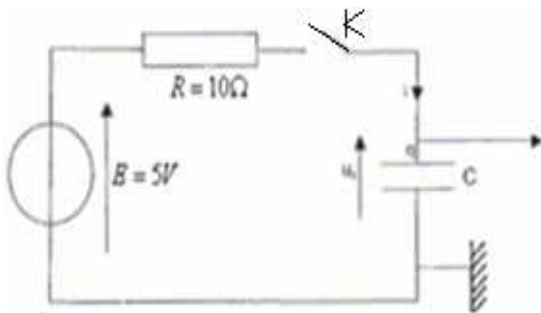
للتحقق من قيمة سعة المكثف التي وضعها عليه الصانع : $c = 1F$ ، ننجز التركيب

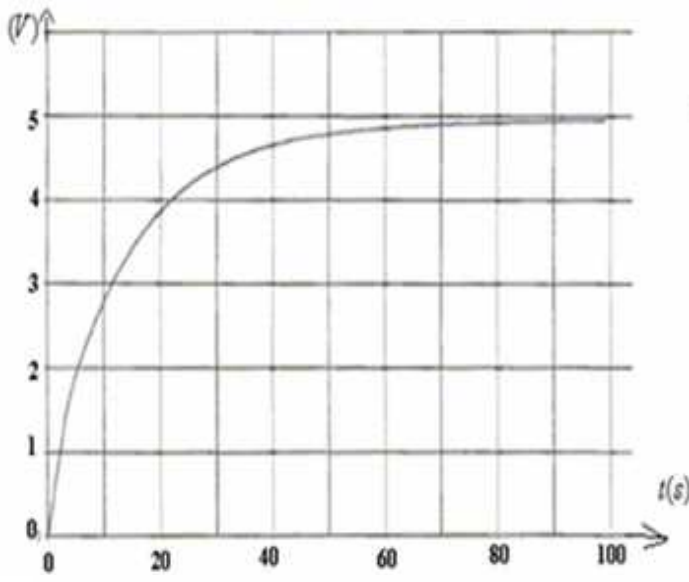
التجريبي التالي : نركب ثنائي قطب RC بين مولد قوته الكهربائي $E = 5V$.

نربط المكثف بوسيط معلوماتي مرتبط بحاسوب .

عند اللحظة $t=0$ نغلق قاطع التيار الكهربائي فنحصل على المنحنى جانبه .

1- أوجد المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر بين مربطي المكثف .





2- بين أن : $u_c = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ حل للمعادلة التفاضلية بالنسبة لقيمة m

يجب تحديد تعبيرها بين أن هذا الحل يتوافق مع الحالة البدئية $t=0$

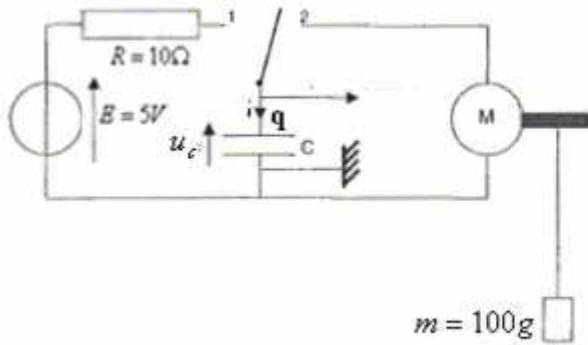
3- استنتج تعبير شدة التيار $i(t)$ المار في الدارة.

4- انطلاقاً من المنحنى وباعتماد طريقة من اختيارك يجب توضيحها حدد قيمة السعة c للمكثف المدروس وقارنها مع القيمة التي يشير إليها الصانع ، كيف تفسر الاختلاف؟

5- في أية لحظة t تكون شدة التيار في الدارة قصوى ؟

حدد هذه الشدة $i_{\max}$ ثم ارسم شكل منحنى الدالة $i(t)$.

6- ما الأنظمة التي يبرزها هذا المنحنى؟



II الطاقة المخزنة في مكثف حالة تفريغ المكثف.

بالنسبة لهذه المرحلة نأخذ $c = 1F$ وننجز التركيب التجريبي التالي :

الشكل يشير على المنحنى الموجب للتيار الكهربائي في الدارة وكذا إلى التوترين E و u_c وشحنة اللبوس q .

التركيب يحتوي على محرك وخط منقوف حول مروود يحمل في طرفه الآخر جسماً كتلته $m = 100g$.

1- نعتبر لحظة وضع القاطع في الموضع 2 أصلاً للتواريخ .

يبدأ المكثف في التفريغ، والمحرك في الاشتغال فنلاحظ صعود الجسم بارتفاع $h = 3m$ خلال المدة $\Delta t = 15s$.

البرنامج يعطي القياسات التالية :

- $t=0s$ بداية اشتغال المحرك : $u_c(0) = 5V$

- $t=15s$ لحظة توقف المحرك $u_c(15) = 2V$

يمكن تسجيل مختلف قيم التوتر u_c بواسطة البرنامج من نمذجته بمستقيم معادلته تكتب كما يلي : $u_c(t) = a.t + b$ ، حدد a و b ووحدة كل منهما.

2 - حدد تعبير الشحنة $q(t)$ للمكثف بدلالة الزمن ، واستنتج قيمة شدة التيار $i(t)$. كيف تفسر الإشارة السالبة لـ $i(t)$.

3- أحسب على التوالي :

1-3 الطاقة E_0 المخزنة في المكثف عند اللحظة $t=0$.

2-3 الطاقة E_1 المتبقية عند اللحظة $t=15s$.

3-3 طاقة الوضع الثقالية $E_3 = mgh$ المكتسبة من طرف الكتلة .

4-3 الطاقة الممنوحة من طرف المكثف E_2 .

5-3 مردود المحرك . نعطي $g = 10N/kg$.

أهمية : 1 - بتطبيق قانون تجميع التوترات : $u_R + u_c = E$ مع : $u_R = Ri = R \frac{du_c}{dt} = R.c \frac{du_c}{dt}$ المعادلة التفاضلية : $R.c \frac{du_c}{dt} + u_c = E$

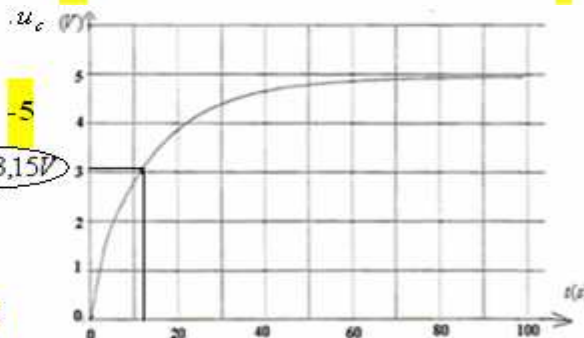
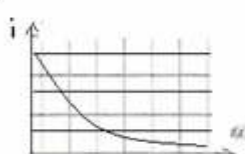
2 - بالتعويض في المعادلة التفاضلية نحصل على : $R.c.m.E.e^{-\frac{t}{\tau}} + E - E.e^{-\frac{t}{\tau}} = E$ $\frac{du_c}{dt} = m.E.e^{-\frac{t}{\tau}} \Leftrightarrow u_c = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

عند $t=0$ $u_c = 0$ $\Leftrightarrow E.e^{-\frac{t}{\tau}}(R.c.m. - 1) = 0 \Leftrightarrow R.c.m.E.e^{-\frac{t}{\tau}} - E.e^{-\frac{t}{\tau}} = 0 \Leftrightarrow m = \frac{1}{R.c} = \frac{1}{\tau}$

4 - عند اللحظة $t = \tau$ $u_c = E(1 - e^{-1}) = 0,63E = 3,15V$ ، نحصل على $\tau \approx 11s$

• وهي قيمة من نفس المقدار الذي وضعه الصانع . $c = \frac{\tau}{R} = \frac{11}{10} = 1,1F$

5 - عند $t=0$ تكون i قصوى ، قيمتها : $i = \frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{E}{R}e^0 = \frac{E}{R} = \frac{5}{10} = 0,5A$



6 - المنحنى يبرز نظامين : نظام انتقال ، يتزايد خلاله التوتر ونظام دائم : يصبح خلاله التوتر ثابتاً.

II - 1- لدينا : $u_c(t) = a.t + b$ وعند $t=0$ ، $u_c = 5V$ $\Leftrightarrow 5 = a \times 0 + b \Leftrightarrow b = 5V$ ومنه $u_c(t) = a.t + 5$

ولدينا : عند $t=15s$ ، $u_c = 2V$ $\Leftrightarrow 2 = a \times 15 + 5 \Leftrightarrow a = \frac{2-5}{15} = -0,2V/s$ ومنه : $u_c(t) = -0,2.t + 5$

2- تعبير الشحنة $q(t)$: لدينا : $q = c.u_c = c.(-0,2.t + 5) = 1 \times (-0,2.t + 5) = -0,2.t + 5$

$i(t) = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}(-0,2.t + 5) = -0,2A$ الإشارة - تدل على أن تيار التفريغ له عكس منحى تيار الشحن .

$$E_3 = mgh = 0,1kg \times 10N.kg^{-1} \times 3m = 3J \quad -3-3 \quad E_1 = \frac{1}{2}cu_c^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 2^2 = 2J \quad -2-3 \quad E_o = \frac{1}{2}cE^2 = 12,5J \quad -1-3 \quad -3$$

$$r = \frac{E_3}{E_2} = \frac{3}{10,5} = 0,28. = 28\% \quad -5-3 \quad E_2 = E_o - E_1 = 12,5 - 2 = 10,5J \quad -4-3 \quad \text{ل طاقة الممنوحة من طرف المكثف}$$

SBIRO Abdelkrim
