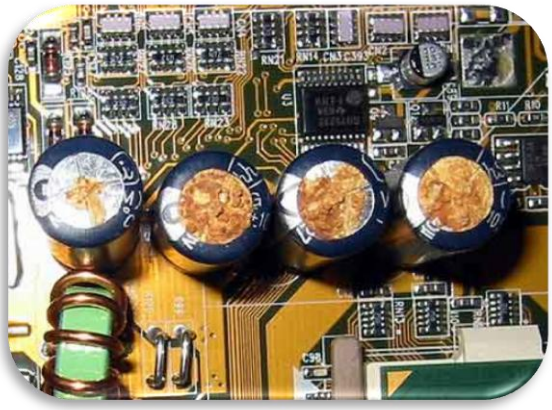
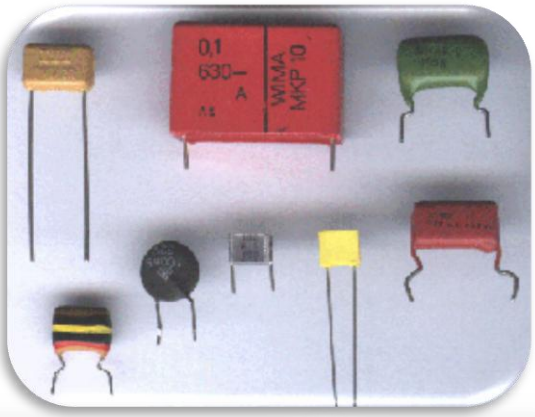
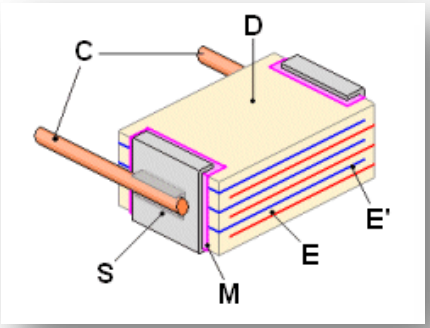
ثنائي القطب RC

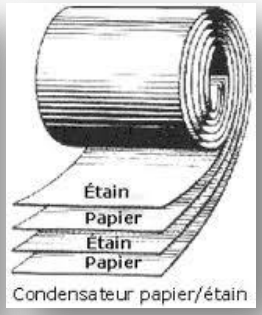
فرق الجهد بين سحابة و سطح الأرض يمكن أن يصل إلى 10^9 V مباشرة قبل حدوث البرق : الطاقة المختزنة في هذه المجموعة الطبيعية تستعاد خلال البرق . مركبة كهربائية ، تسمى المكثف ، تختزن الطاقة بنفس الشكل ....

1) المكثفات : (les condensateurs)









عازل استقطابي من السيراميك	:	D
(إلكترودين) لبوسي المكثف	:	E E'
فلز يربط بين الإلكترودات	:	M
التحام للمرابط	:	S
مرابط	:	C

المكثف مركبة كهربائية تستعمل في عدة اجهزة : مولدات التوتر ، منظم ضربات القلب ، وماض آلة التصوير ، حاسوب ، .....

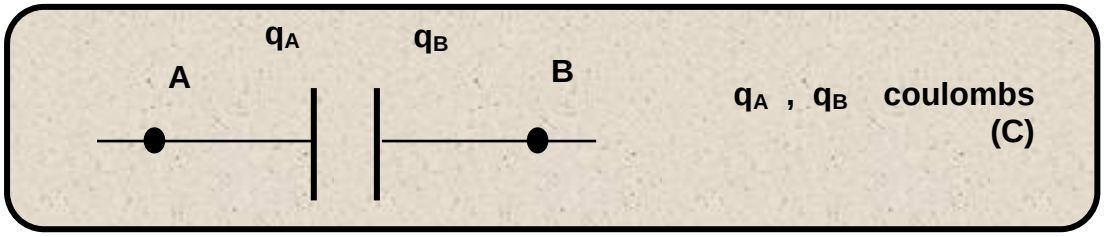
اضغط هنا لتحميل المزيد

TelmidTice.com Soutien Scolaire الدعم المدرسي

دروس - تمارين - امتحانات

1 - 1) وصف ، رمز و شحنة اللبوسين .

يتكون المكثف من موصلين في مواجهة بعضهما البعض و يسميان باللبوسين .يوجد بين هذين اللبوسين عازل الاستقطابي .
نمثل رمزيا مكثف بلبوسيه .
نربط مكثفا بعمود : عندما يصل إلكترون إلى لبوس ، يكون إلكترون آخر قد غادر اللبوس الثاني ، مما يدل على أن اللبوسين مشحونين و يوجد بينهما فرق في الجهد . يمكن إذن أن يوجد تيار كهربائي في الدارة ، رغم توفرها على عازل .
هذه الظاهرة مرحلة انتقالية فقط وليست دائمة : عند توقف انتقال الإلكترونات ، شدة التيار تنعدم ، و اللبوسين يحافظان على شحنة قصوية .



الشحن المحمولة من طرف اللبوسين دائما متساوية و لها إشارتين مختلفتين . إجمالا المكثف محايد كهربائيا رغم وجود توتر بين لبوسيه.

1 - 2) العلاقة شحنة - شدة تيار

تمثل شدة التيار الكهربائي صبيب الشحنات الكهربائية في الدارة . خلال مدة زمنية معينة $\Delta t = t - t_0$ تتراكم على اللبوس A الشحنة $\Delta q_A = q_A(t) - q_A(t_0)$. الشدة المتوسطة للتيار الكهربائي هي :

$$I_m = \frac{\Delta q_A}{\Delta t}$$

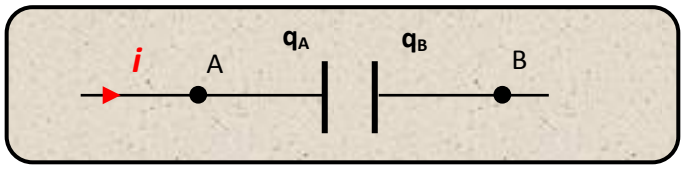
تعرف شدة التيار اللحظية عند لحظة t_0 بالعلاقة :

$$i(t_0) = \lim_{t \to t_0} \frac{q_A(t) - q_A(t_0)}{t - t_0}$$

أي عند لحظة t معينة (كاللحظة t_0) و باعتماد تعريف المشتقة :

$$i(t) = \frac{dq_A}{dt}$$

في حالة المكثف ، يعبر عن شدة التيار بالمشتقة بالنسبة للزمن للشحنة اللبوس A ، و باتخاذ الاصطلاح مستقبل التالي :

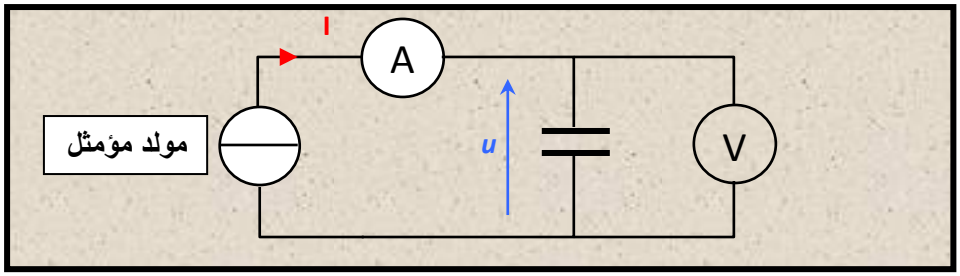


1 - 3) العلاقة شحنة - توتر .

يمكن أن نبرهن تجريبيا أنه عند كل لحظة ، النسبة $\frac{q_A(t)}{u_{AB}(t)}$ تبقى ثابتة كيفما كانت شدة التيار المار في الدارة ، و في حدود التوتر القصوي الذي يتحمله المكثف . مع $q_A(t)$ شحنة اللبوس A و $u_{AB}(t)$ التوتر الموجود بين مربطي المكثف .

اضغط هنا لتحميل المزيد
TelmidTice.com Soutien Scolaire الدعم المدرسي
دروس - تمارين - امتحانات

لإنجاز التجربة نستعمل مولدا مؤمثلا للتيار كما هو مبين في الشكل التالي :

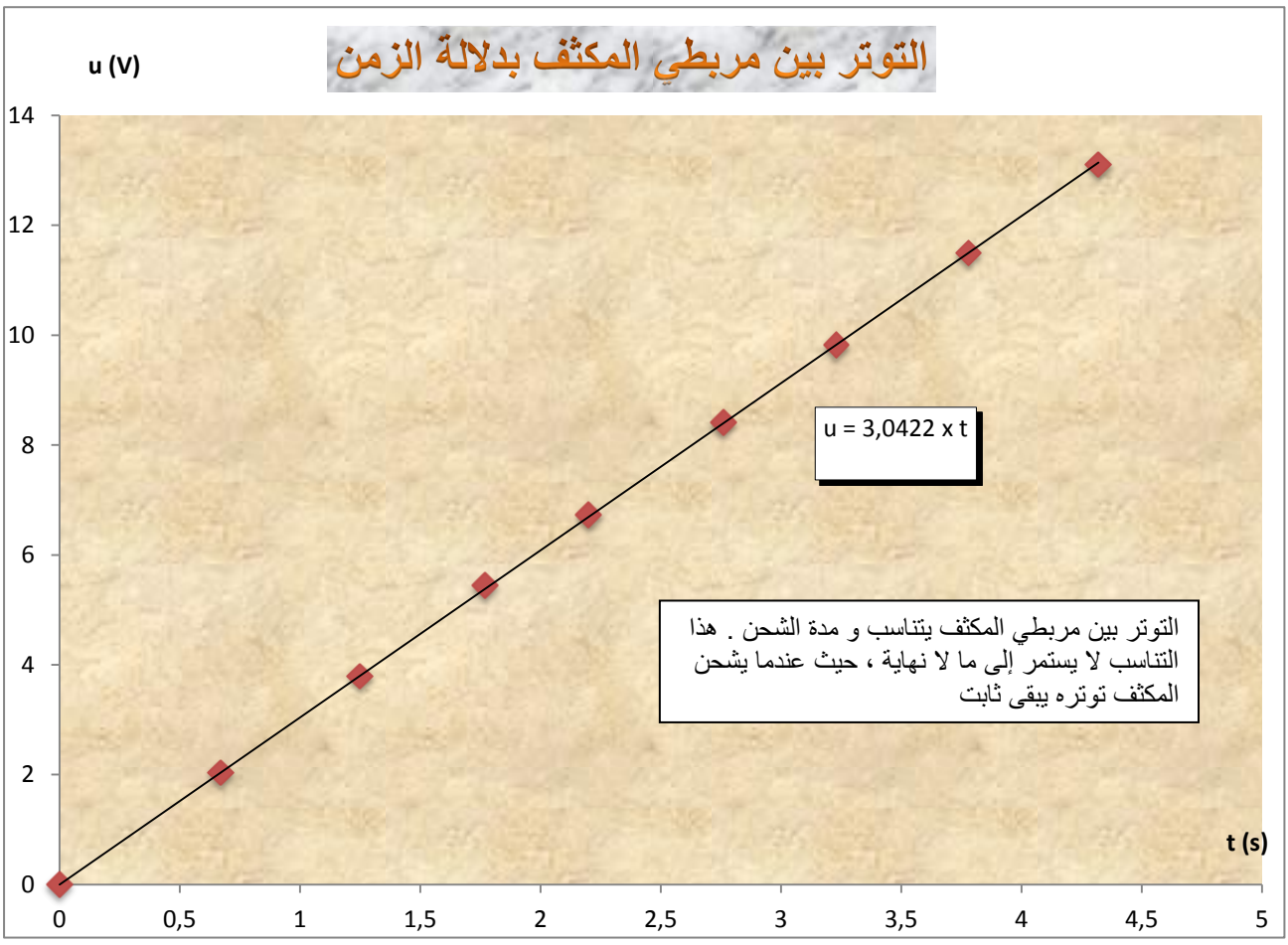


المكثف المستعمل يحمل الإشارة $C = 5,00.10^{-6}\,F$. شدة التيار ثابتة و تساوي $I = 15\mu A$.
النتائج المحصل عليها مدونة في الجدول التالي :

t (s)	0	0,67	1,25	1,77	2,20	2,76	3,23	3,78	4,32
u (V)	0	2,04	3,79	5,44	6,73	8,41	9,82	11,5	13,1
q_A (10^{-6}C)	0	10,1	18,8	26,6	33,0	41,4	48,5	56,7	64,8

بما أن شدة التيار ثابتة ، شحنة اللبوس A تحقق في كل لحظة العلاقة : $q_A = I.t$

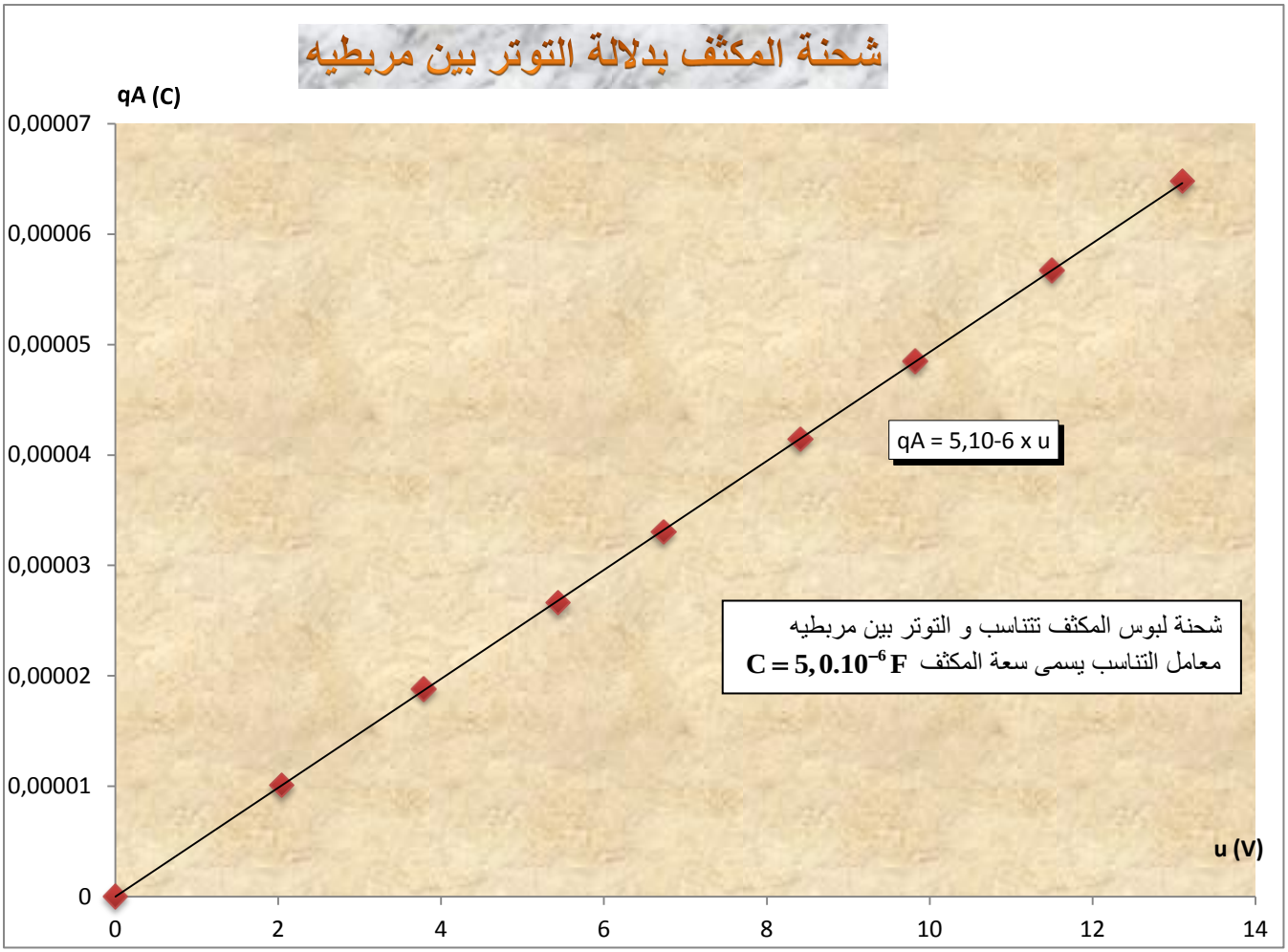
حيث : $i(t) = \dfrac{dq_A}{dt} = I \quad \Rightarrow \quad q_A(t) = I \times t$



اضغط هنا لتحميل المزيد

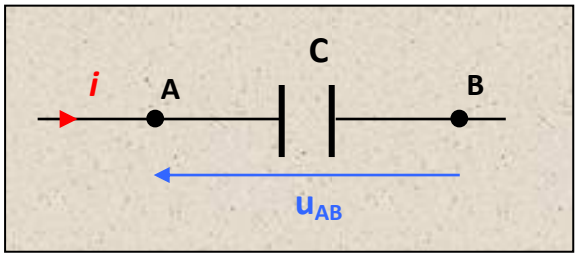
TelmidTice.com Soutien Scolaire الدعم المدرسي

دروس - تمارين - امتحانات



الشحنة $q_A(t)$ لمكثف تتناسب و التوتر بين مربطيه $u_{AB}(t)$. معامل التناسب ، يرمز له ب C ، و يسمى سعة المكثف و يعبر عنه بوحدة الفراد (F) farads . و هو مقدار دائما موجب .

الفراد وحدة كبيرة لدى تستعمل عادة أجزاء الفراد مثل : الميلي فراد $1mF = 10^{-3}\,F$ أو الميكرو فراد $1\mu F = 10^{-6}\,F$.



$$q_A(t) = C \times u_{AB}(t)$$

q_A (C) بوحدة الكلومب
C (F) بوحدة الفراد
u_{AB} (V) بوحدة الفولط

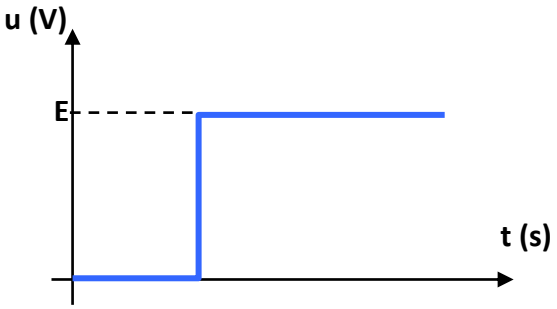
*** ملحوظة : العلاقة أعلاه صحيحة فقط باعتماد الاصطلاح مستقبل بالنسبة للمكثف .**

2) ثنائي القطب RC على التوالي .

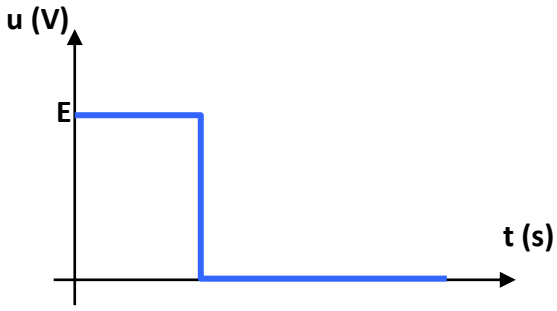
2 - 1) النتائج التجريبية .

ندرس استجابة ثنائي القطب RC على التوالي لرتبة توتر صاعدة أو نازلة .

اضغط هنا لتحميل المزيد
TelmidTice.com Soutien Scolaire الدعم المدرسي
دروس - تمارين - امتحانات

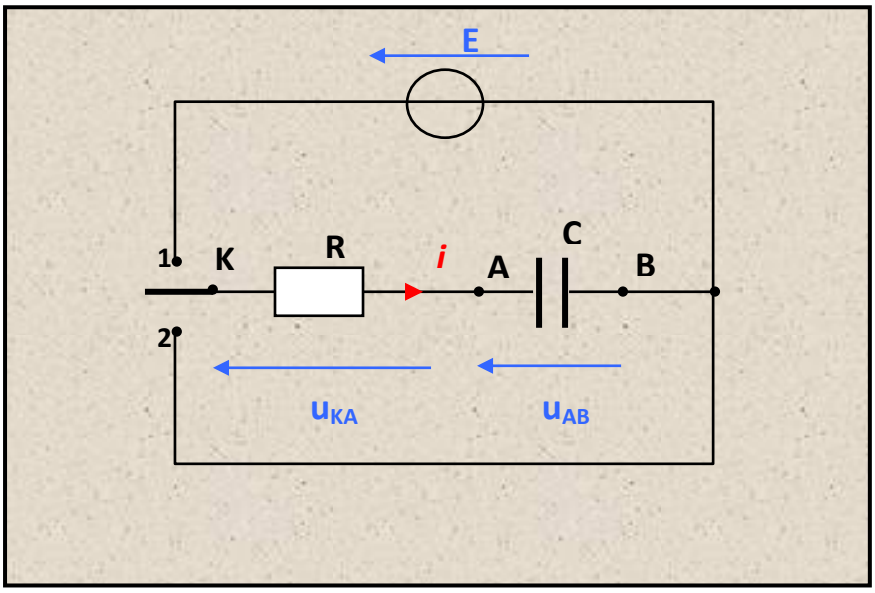


رتبة توتر صاعدة



رتبة توتر نازلة

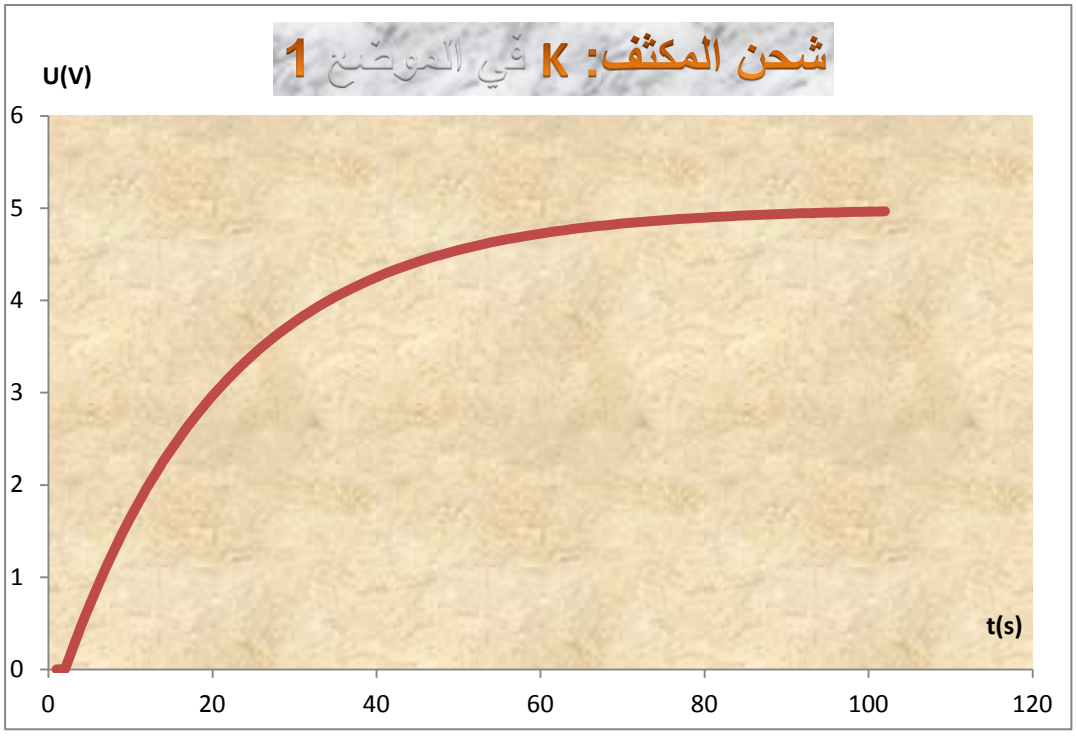
التركيب التجريبي المستعمل هو التالي :



قاطع التيار K الموضع 1 :
ثنائي القطب RC خاضع
لرتبة توتر صاعدة

قاطع التيار K الموضع 2 :
ثنائي القطب RC خاضع
لرتبة توتر نازلة

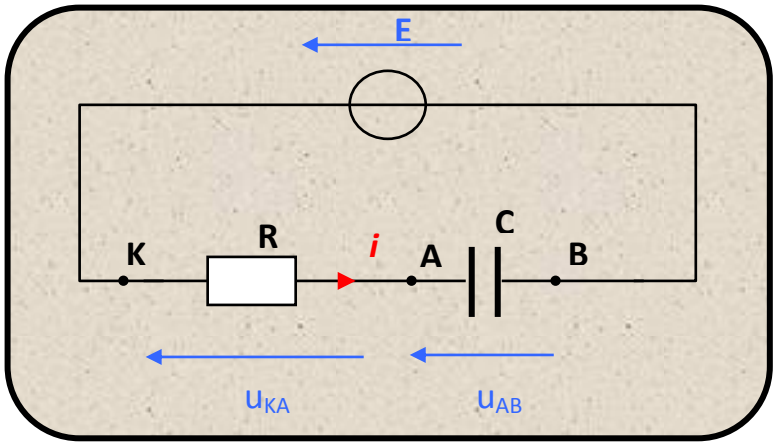
النتائج المحصل عليها كالتالي :
نلاحظ نظام انتقالي متبوع بنظام دائم .



اضغط هنا لتحميل المزيد
TelmidTice.com
Soutien Scolaire الدعم المدرسي
دروس - تمارين - امتحانات

2 - 2) الاستجابة لرتبة توتر صاعدة .

نطبق قوانين الكهرباء على الدارة السابقة في حالة قاطع التيار في الموضع 1 :



حسب قانون إضافية التوترات :

$E = u_{AB}(t) + u_{KA}(t)$

حسب قانون أوم ، و تعبير شدة التيار المتعلق بالمكثف :

$$u_{KA}(t) = R\,i(t) = R\frac{dq_A}{dt} = RC\frac{du_{AB}}{dt}$$

و منه :

$$E = u_{AB}(t) + RC\frac{du_{AB}}{dt}$$

و يمكن أن نكتب كذلك :

$$\frac{du_{AB}}{dt} = -\frac{1}{RC}u_{AB}(t) + \frac{E}{RC}$$

التوتر $u_{AB}(t)$ يحقق اذن المعادلة التفاضلية السابقة التي تقبل كحل لها :

$$u_{AB}(t) = Ke^{-\frac{t}{RC}} + E$$

نحدد الثابتة K باعتماد الشروط البدئية : عند $t=0$ ، $u_{AB}(t=0) = K + E$

لدينا اذن $K = u_{AB}(t=0) - E$ ، عندما يكون $u_{AB}(t=0) = 0$ فإن $K = -E$

حل المعادلة التفاضلية يكتب على الشكل :

$$u_{AB}(t) = E\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

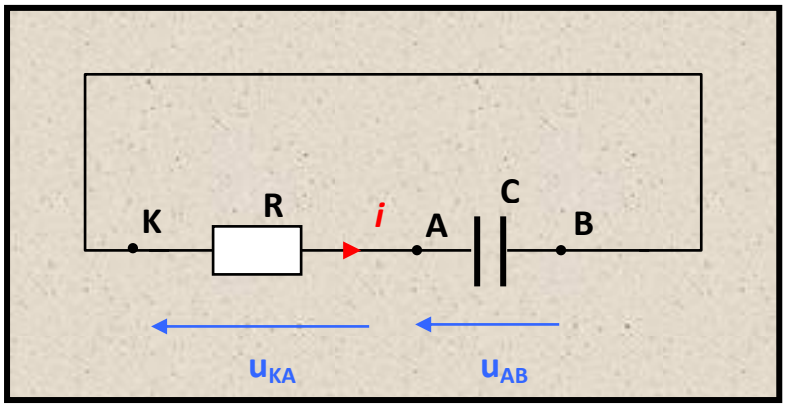
اضغط هنا لتحميل المزيد

TelmidTice.com Soutien Scolaire الدعم المدرسي

دروس - تمارين - امتحانات

2 - 3) الاستجابة لرتبة توتر نازلة .

نضع قاطع التيار في الموضع 2 فنحصل على التركيب التالي :



بتطبيق قانون إضافية التوترات نكتب :

$u_{AB}(t) + u_{KA}(t) = 0$

فنحصل على المعادلة التفاضلية :

$$\frac{du_{AB}}{dt} = -\frac{1}{RC}u_{AB}(t)$$

و التي حلها يكتب على الشكل : $u_{AB}(t) = Ke^{-\frac{t}{RC}}$

كسابقا نحدد الثابتة K باستثمار الشروط البدئية ،

و خاصة في حالة $u_{AB}(t=0) = E$ ، حيث نحصل على : $K = E$.

حل المعادلة التفاضلية يكتب على الشكل :

$$u_{AB}(t) = Ee^{-\frac{t}{RC}}$$

2 - 4) ثابتة الزمن لثنائي القطب RC .

المعادلتين التفاضليتين السابقتين يضمان نفس الجداء RC . بملاحظة التعبيرين نبحث عن بعد هذا الطرف

$$\frac{du_{AB}}{dt} = -\frac{1}{RC}u_{AB}(t) = -\frac{u_{AB}}{RC}$$

هذا العلاقة تشير إلى أنه متجانس مع الزمن . الجداء $\tau = RC$ يسمى ثابتة الزمن ، حيث نعبر عنه بوحدة الثانية .

بصفة عامة نعتبر أن المكثف مشحون كليا أو مفرغ كليا خلال المدة 5τ .

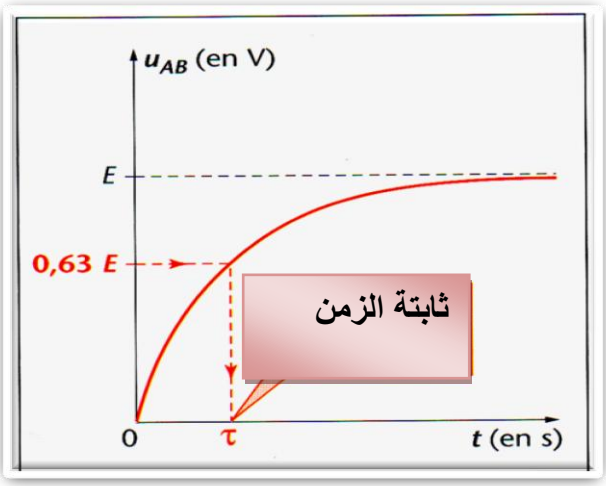
*** كيفية تحديد τ مبيانيا .**

لنأخذ مثال شحن مكثف .

الطريقة الأولى : النسبة 63% .

يمكن أن نحسب $u_{AB}(t=\tau)$ حيث نجد $u_{AB}(t=\tau) = 0,63E$: من اللحظة $t=0$ يشحن المكثف بالنسبة **63%** عند اللحظة $t=\tau$.

(أو **37%** من E خلال التفريغ) .



الطريقة الثانية : المماس عند الأصل .

τ هي أفصول نقطة تقاطع بين المماس عند الأصل للمنحنى $u_{AB}(t)$ و مقاربه الأفقي .

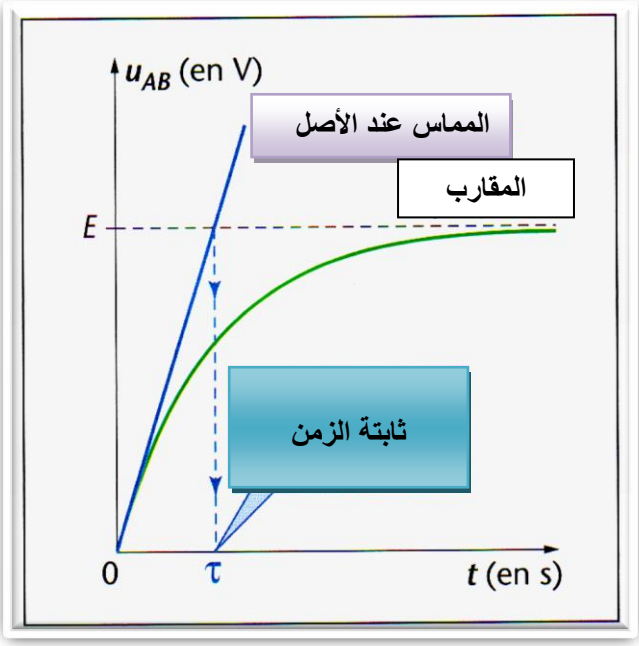
البرهنة : المماس له المعادلة : $u(t) = u'(t=0)\times t + 0 = -\frac{E}{RC}t = -1/\tau \times E \times t$

يقطع المقارب $u = E$ بالنسبة ل $-1/\tau \times E \times t = E$ أي أن $t = \tau$

اضغط هنا لتحميل المزيد

TelmidTice.com Soutien Scolaire الدعم المدرسي

دروس - تمارين - امتحانات



4) تعبير المقادير الكهربائية الأخرى .

بمعرفة التوتر بين مربطي المكثف $u_{AB}(t)=u_C(t)$ ، نحصل على تعبير كل من شدة التيار $i(t)$ و الشحنة $q(t)$ المتعلقين بالمكثف .

فحسب العلاقة بين الشحنة و التوتر ، نستنتج تعبير الشحنة : $q_A(t)=C.u_{AB}(t)$

و من العلاقة بين الشحنة و شدة التيار ، نستنتج تعبير شدة التيار : $i(t)=\frac{dq_A(t)}{dt}=C.\frac{du_{AB}(t)}{dt}$

	التوتر $u_{AB}(t)$	الشحنة $q_A(t)$	شدة التيار $i(t)$
الاستجابة لرتبة توتر صاعدة الشحن	عندما يكون $u_{AB}(to)=0\ V$ $u_{AB}(t)=E\left(1-e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$	عندما تكون $q_A(to)=0\ C$ $q_A(t)=CE\left(1-e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$	$i(t)=\frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$
الاستجابة لرتبة توتر نازلة التفريغ	عندما يكون $u_{AB}(to)=E$, $u_{AB}(t)=Ee^{-\frac{t}{\tau}}$	عندما تكون $q_B(to)=CE$, $q_A(t)=CEe^{-\frac{t}{\tau}}$	$i(t)=-\frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$

الاستجابة لرتبة توتر صاعدة :

بدئيا شدة التيار تكون قصوية و موجبة $(i=\frac{E}{R})$. منحى التيار هو المنحى المشار إليه ، و شدته تتناقص أسيا لكي تؤول إلى الصفر 0 .

التوتر بين مربطي المكثف ، كالشحنة ، بدئيا منعدم ثم يتزايد أسيا ليؤول إلى القيمة E (أو CE بالنسبة للشحنة)

الاستجابة لرتبة توتر نازلة :

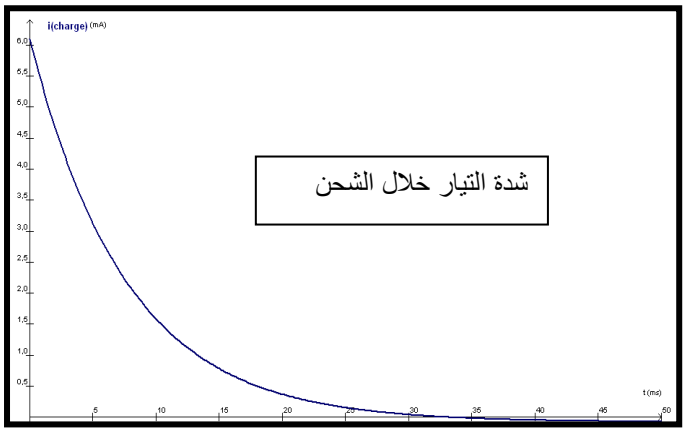
بدئيا شدة التيار دنوية و سالبة $(i=-\frac{E}{R})$. منحى التيار هو عكس المنحى المشار إليه ، و القيمة المطلقة لشدته تتزايد أسيا لكي تؤول إلى 0 .

التوتر بين مربطي المكثف ، كالشحنة ، بدئيا قصوية ثم تتناقص أسيا ليؤول إلى 0 .

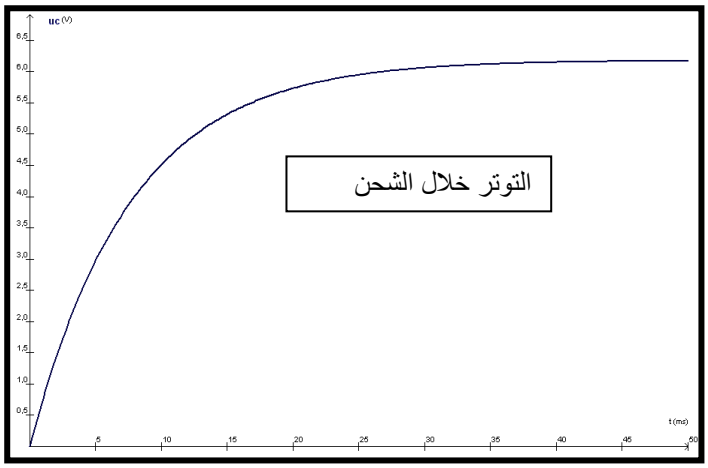
اضغط هنا لتحميل المزيد

TelmidTice.com Soutien Scolaire الدعم المدرسي

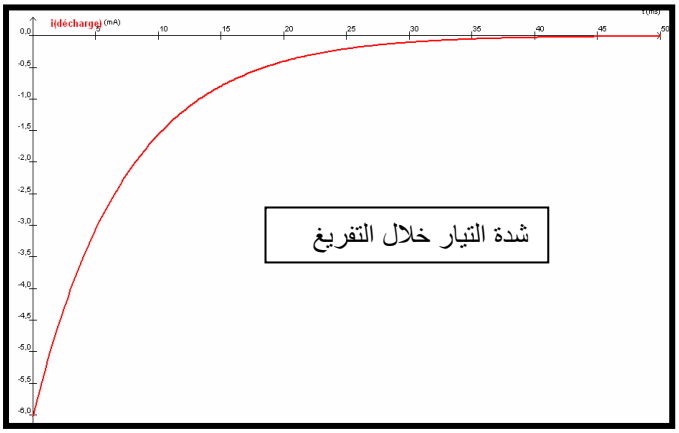
دروس - تمارين - امتحانات



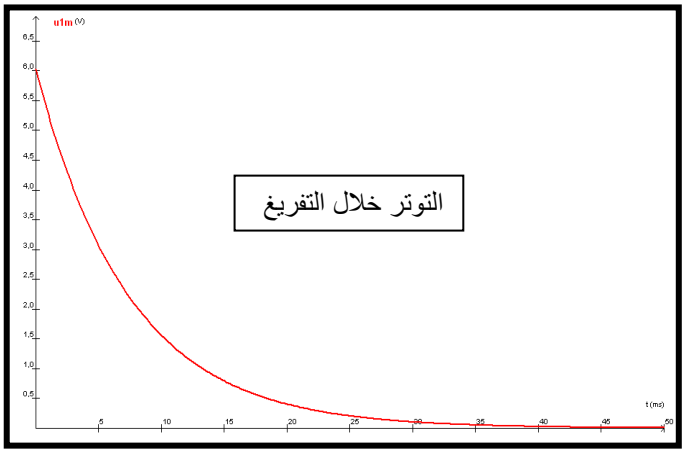
شدة التيار خلال الشحن



التوتر خلال الشحن



شدة التيار خلال التفريغ

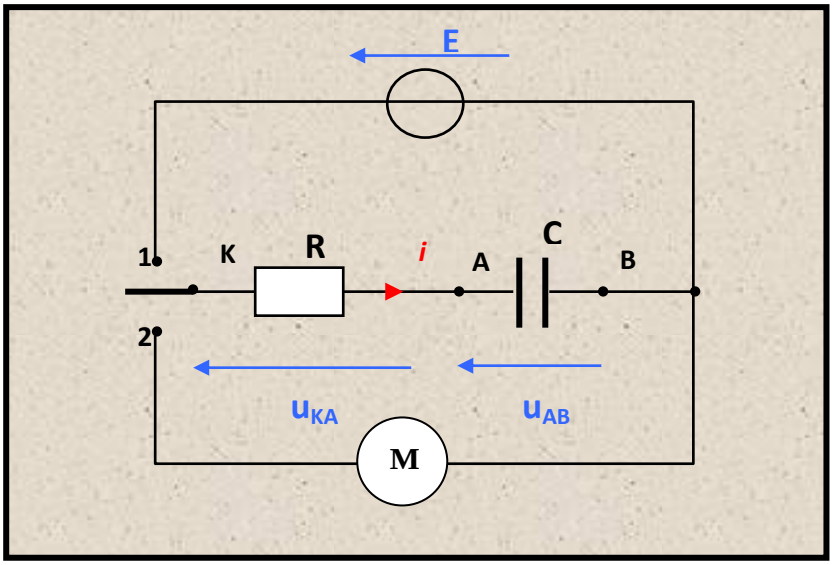


التوتر خلال التفريغ

5) الطاقة المختزنة في المكثف .

للنجز التجربة التالية :

المكثف بدئيا مشحون (بقي قاطع التيار مدة طويلة في الموضع 1) . عندما نؤرجح قاطع التيار إلى الموضع 2 ، نلاحظ اشتغال المحرك M .



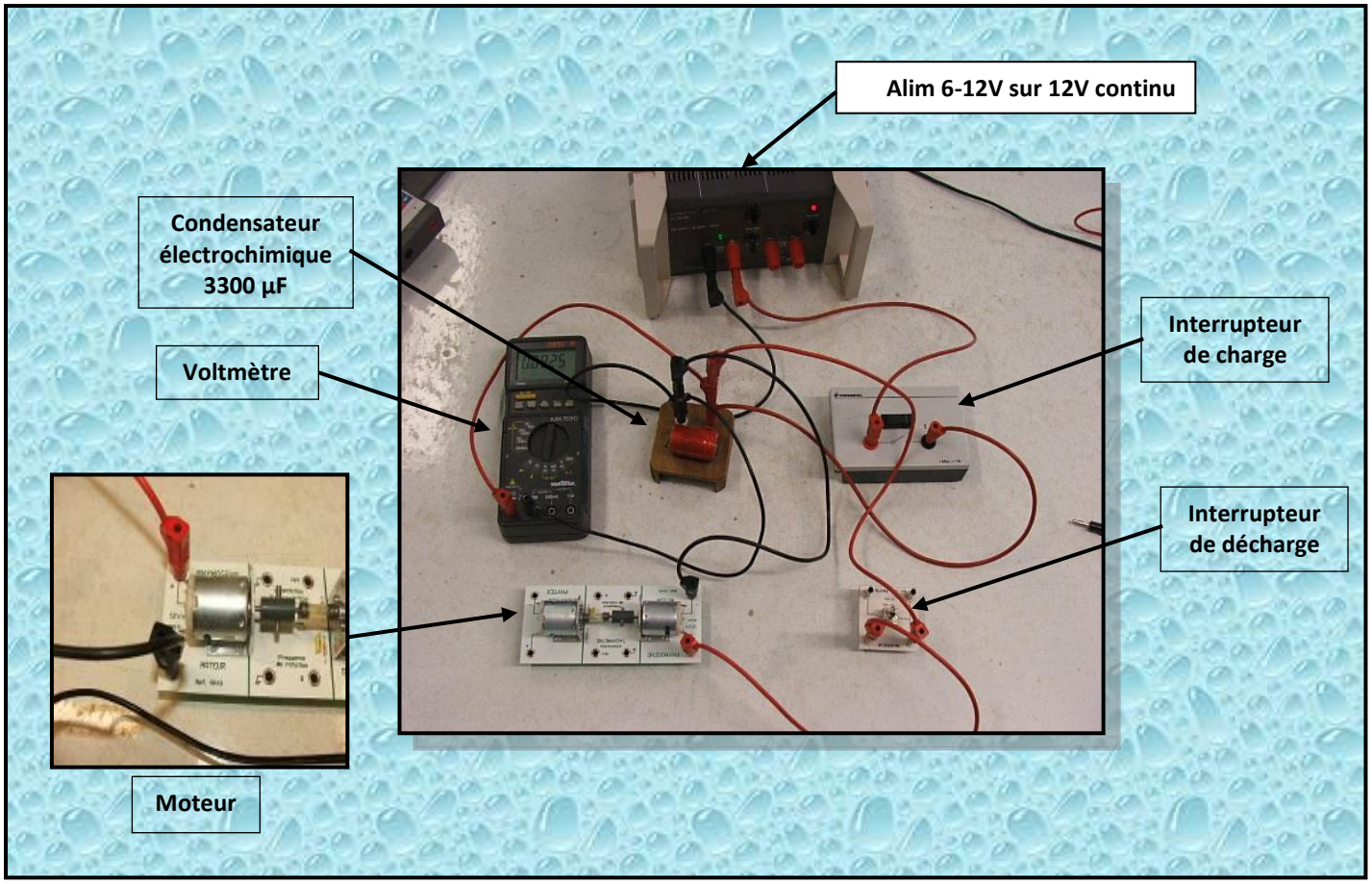
الطاقة المكتسبة من طرف المحرك ، تأتي من الطاقة المختزنة في المكثف .

نستنتج أن المكثف قادر على تخزين الطاقة مؤقتا لكي يعيدها خلال تفريغه .

اضغط هنا لتحميل المزيد

TelmidTice.com Soutien Scolaire الدعم المدرسي

دروس - تمارين - امتحانات



5 - 1) تعبير الطاقة المختزنة في المكثف .

خلال شحن مكثف ذي سعة C بالتوتر $u_{AB}(t)$ و تحت شدة التيار $i(t)$ فإنه يكتسب قدرة كهربائية :

$$P(t) = u_{AB}(t) \times i(t)$$

و منه نكتب :

$$P(t) = u_{AB}(t) \times \frac{dq_A}{dt}(t) = u_{AB}(t) \times C \frac{du_{AB}}{dt}(t)$$

$$\Rightarrow \qquad P(t)\,dt = u_{AB}(t)\,du_{AB}(t)$$

و بإنجاز التكامل خلال مدة الشحن ، نحصل على الطاقة المختزنة في المكثف :

$$E(t) = \int P(t)\,dt = \int C\,u_{AB}(t)\,du_{AB}(t) = \frac{1}{2} C\,u_{AB}{}^2(t)$$

5 - 2) استمرارية التوتر بين مربطي المكثف :($u_{AB}(t)$ دالة متصلة) .

تنتقل الطاقة بسرعة محدودة ، اذن تتغير بشكل متصل خلال الزمن . اعتمادا على العلاقة السابقة ، نلاحظ أن :

$$u_{AB}(t) = \sqrt{\frac{2E(t)}{C}}$$

و هذا يفرض تغير متصل للتوتر بين مربطي المكثف .

دروس - تمارين - امتحانات
TelmidTice.com Soutien Scolaire الدعم المدرسي
اضغط هنا لتحميل المزيد