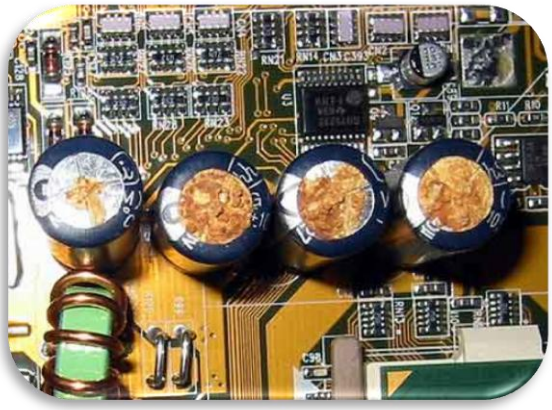
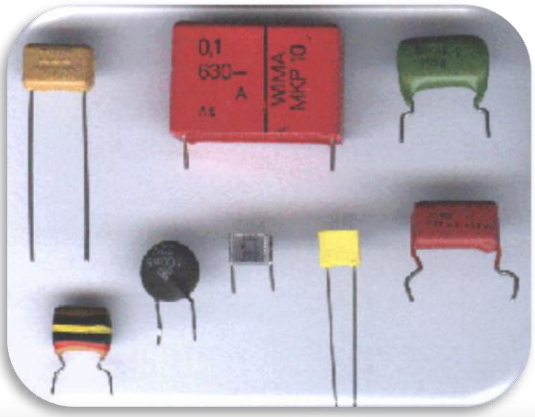
تم تحميل هذا الملف من موقع Talamidi.com

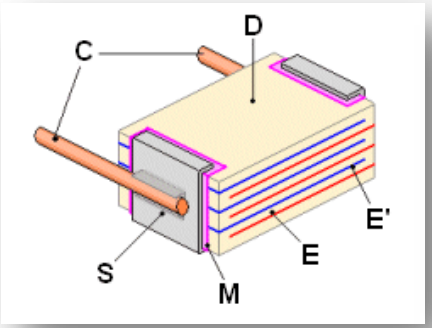
# ثنائي القطب RC

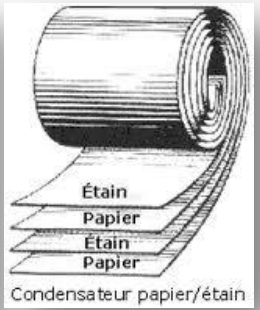
**فرق الجهد بين سحابة و سطح الأرض يمكن أن يصل إلى $10^9$ V مباشرة قبل حدوث البرق : الطاقة المختزنة في هذه المجموعة الطبيعية تستعاد خلال البرق . مركبة كهربائية ، تسمى المكثف ، تختزن الطاقة بنفس الشكل ....**

## 1 ) المكثفات : ( les condensateurs )





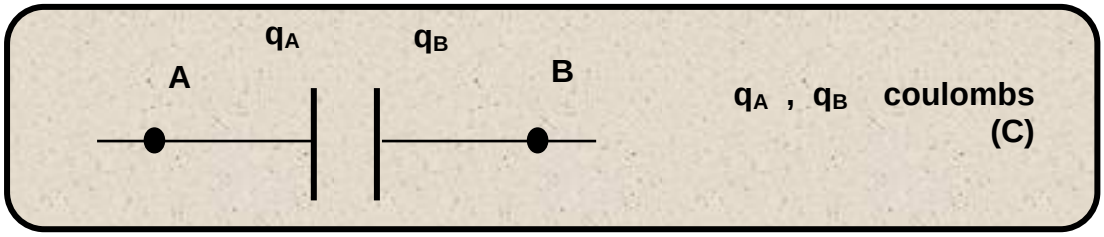

| | | |
|---|---|---|
| عازل استقطابي من السيراميك | : | D |
| إلكترودين) لبوسي المكثف ( | : | E E' |
| فلز يربط بين الإلكترودات | : | M |
| التحام للمرابط | : | S |
| مرابط | : | C |

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

Talamidi.com تم تحميل هذا الملف من موقع

### 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.

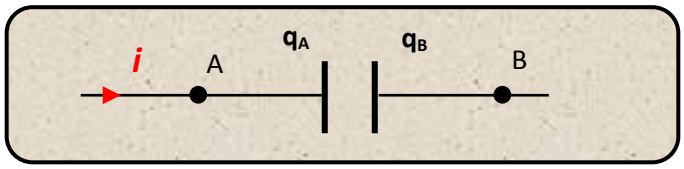
### 1 - 2 ) العلاقة شحنة - شدة تيار

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

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 :

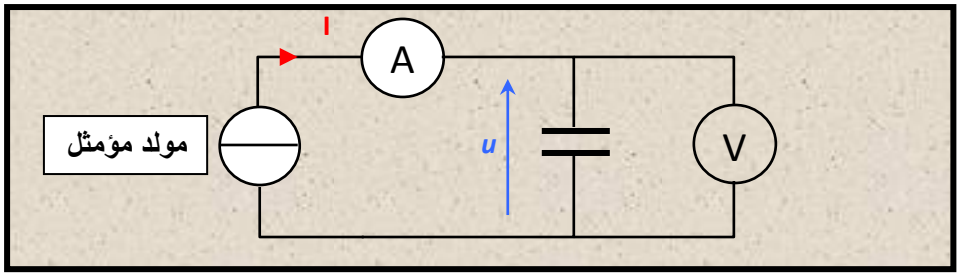



### 1 - 3 ) العلاقة شحنة - توتر .

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 .

Talamidi.com تم تحميل هذا الملف من موقع

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

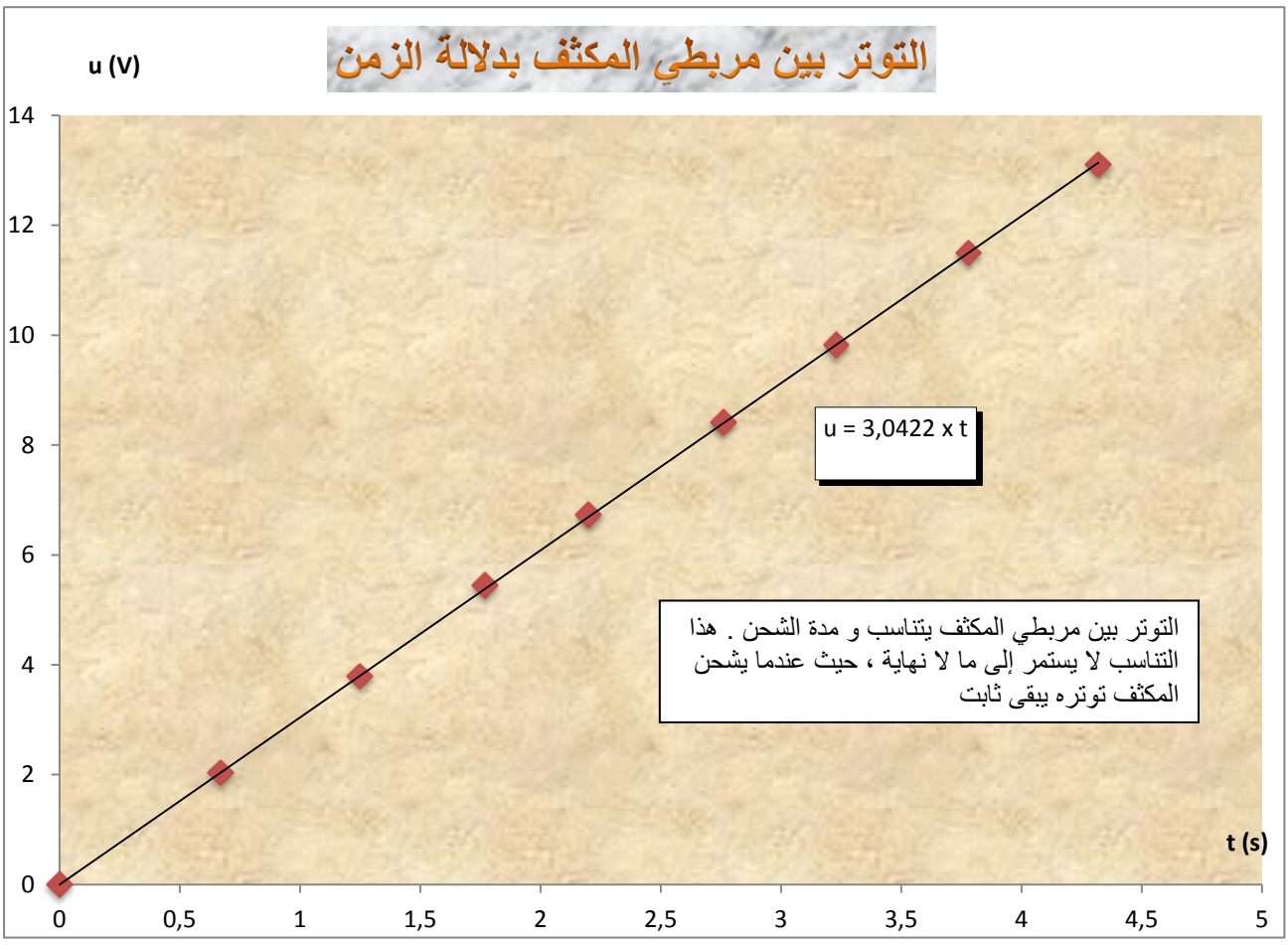



المكثف المستعمل يحمل الإشارة $C = 5,00.10^{-6}\,F$ . شدة التيار ثابتة و تساوي $I = 15\mu A$ .
النتائج المحصل عليها مدونة في الجدول التالي :

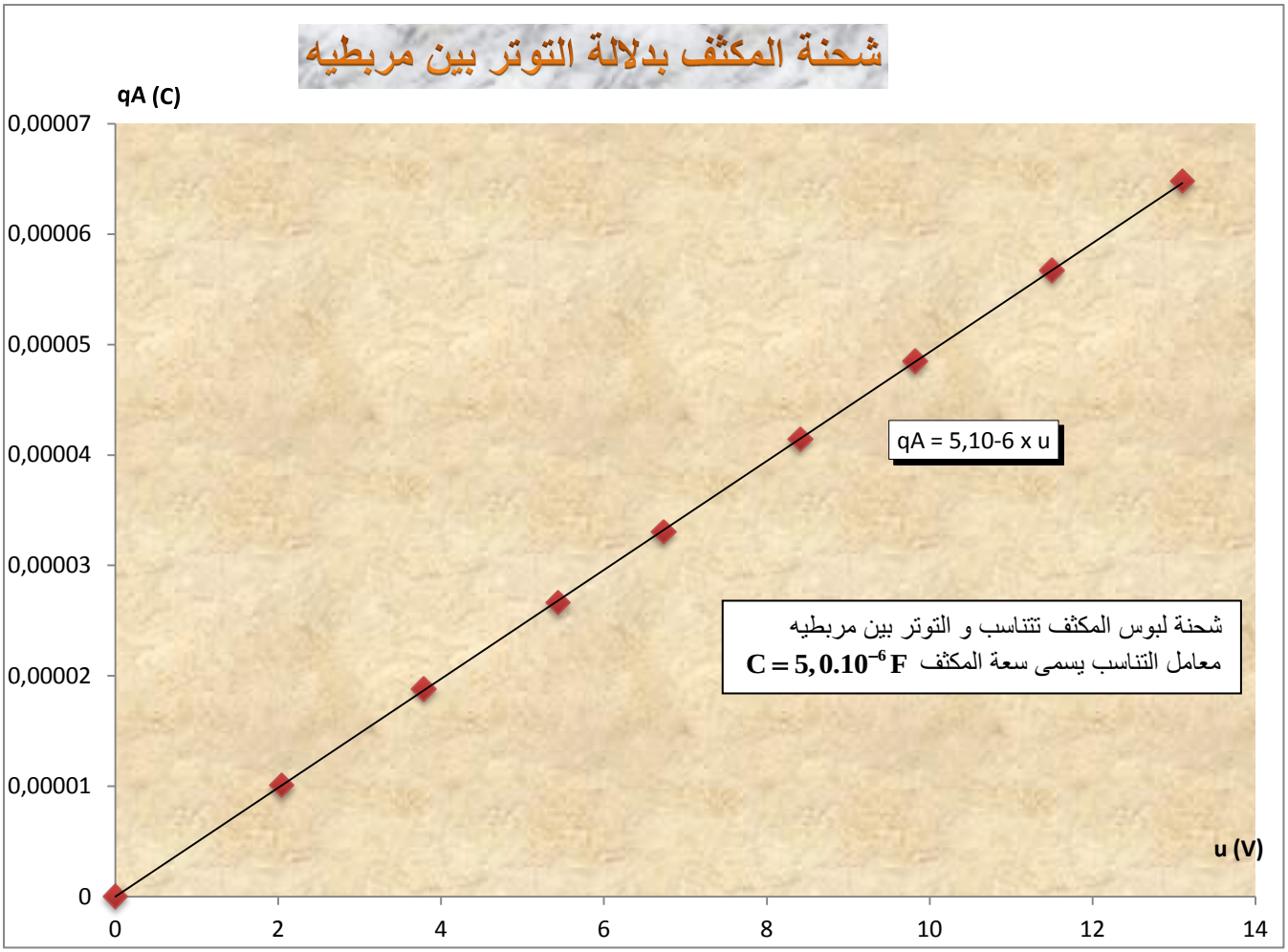
| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **t (s)** | 0 | 0,67 | 1,25 | 1,77 | 2,20 | 2,76 | 3,23 | 3,78 | 4,32 |
| **u (V)** | 0 | 2,04 | 3,79 | 5,44 | 6,73 | 8,41 | 9,82 | 11,5 | 13,1 |
| **$q_A$ ($10^{-6}$C)** | 0 | 10,1 | 18,8 | 26,6 | 33,0 | 41,4 | 48,5 | 56,7 | 64,8 |

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

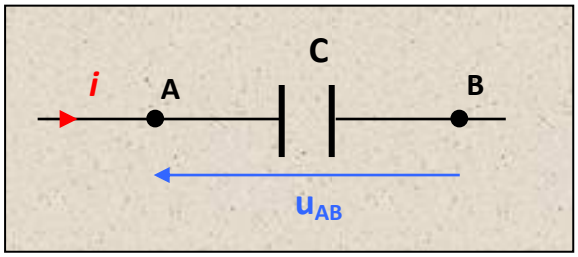
حيث : $i(t) = \dfrac{dq_A}{dt} = I \Rightarrow q_A(t) = I \times t$



تم تحميل هذا الملف من موقع Talamidi.com




**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 farads (F) . 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

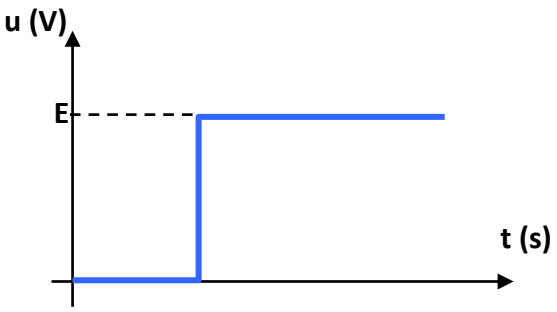
*** ملحوظة : العلاقة أعلاه صحيحة فقط باعتماد الاصطلاح مستقبل بالنسبة للمكثف .**

## 2 ) ثنائي القطب RC على التوالي .

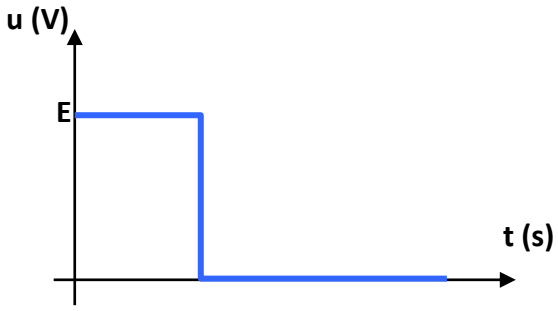
### 2 - 1 ) النتائج التجريبية .

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

Talamidi.com تم تحميل هذا الملف من موقع

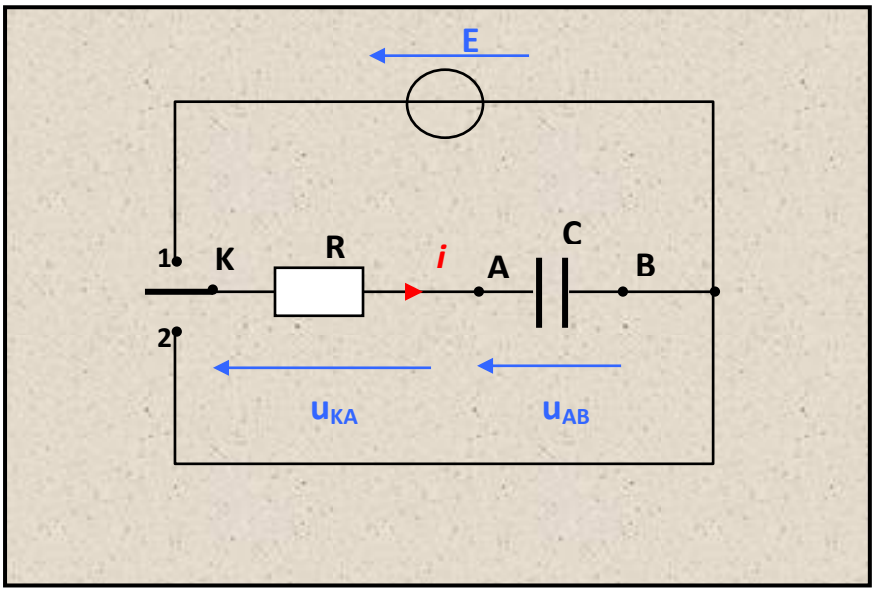



رتبة توتر صاعدة




رتبة توتر نازلة

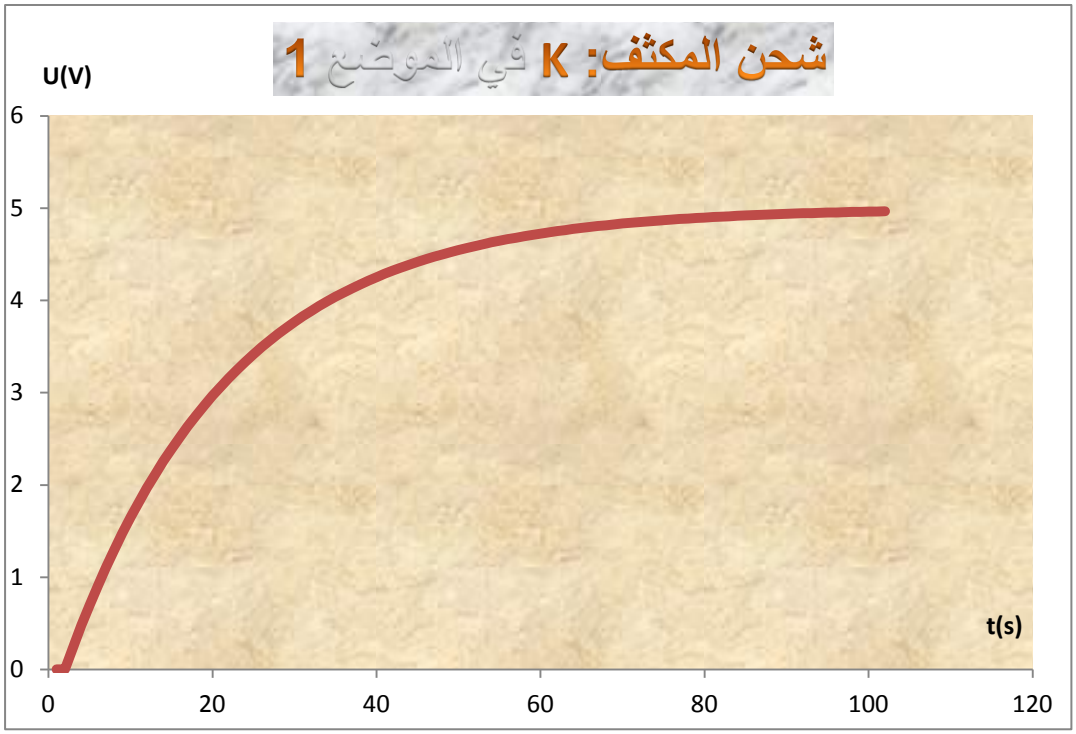
**التركيب التجريبي المستعمل هو التالي :**




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

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

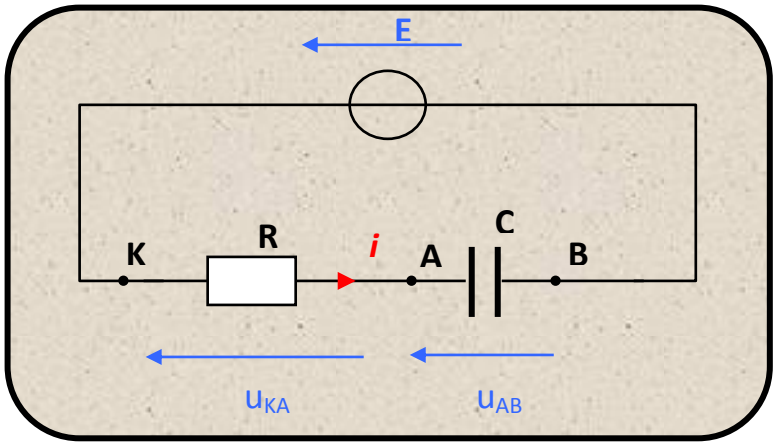
النتائج المحصل عليها كالتالي :
نلاحظ نظام انتقالي متبوع بنظام دائم .



Talamidi.com تم تحميل هذا الملف من موقع

**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 $K = -E$

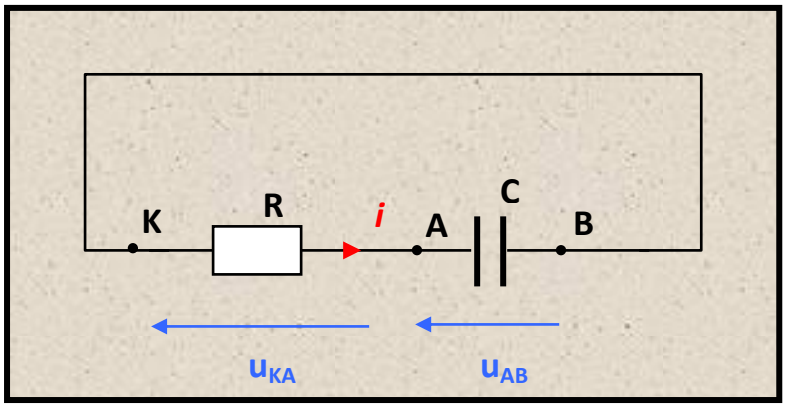
حل المعادلة التفاضلية يكتب على الشكل :

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

Talamidi.com تم تحميل هذا الملف من موقع

**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 $5\tau$ .

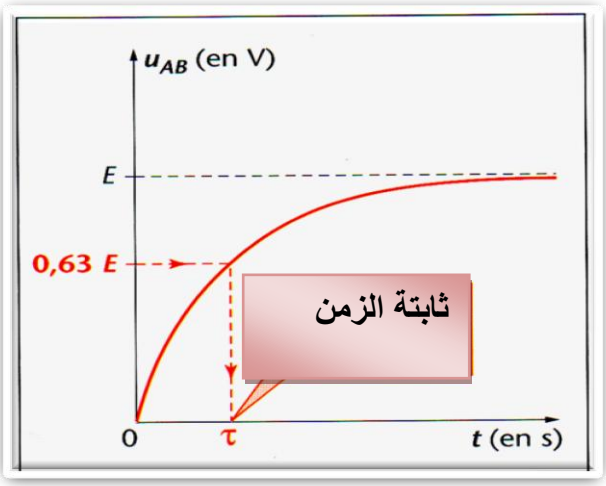
*** كيفية تحديد $\tau$ مبيانيا .**

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 ) .



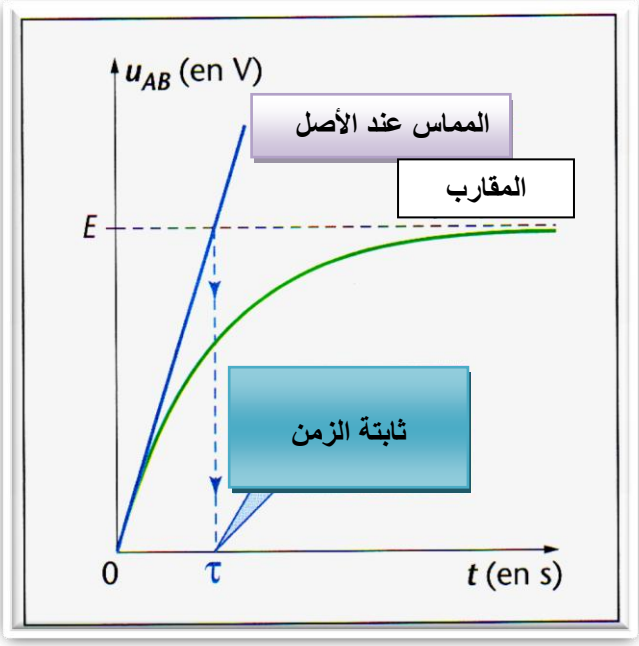

الطريقة الثانية : المماس عند الأصل .

$\tau$ 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 $t = \tau$

تم تحميل هذا الملف من موقع Talamidi.com




**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 $u_{AB}(to)=0\ V$ <br> $u_{AB}(t)=E\left(1-e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$ | عندما تكون $q_A(to)=0\ C$ <br> $q_A(t)=CE\left(1-e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$ | $i(t)=\frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$ |
| الاستجابة لرتبة توتر نازلة التفريغ | عندما يكون $u_{AB}(to)=E$, <br> $u_{AB}(t)=Ee^{-\frac{t}{\tau}}$ | عندما تكون $q_B(to)=CE$, <br> $q_A(t)=CEe^{-\frac{t}{\tau}}$ | $i(t)=-\frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$ |

**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 .

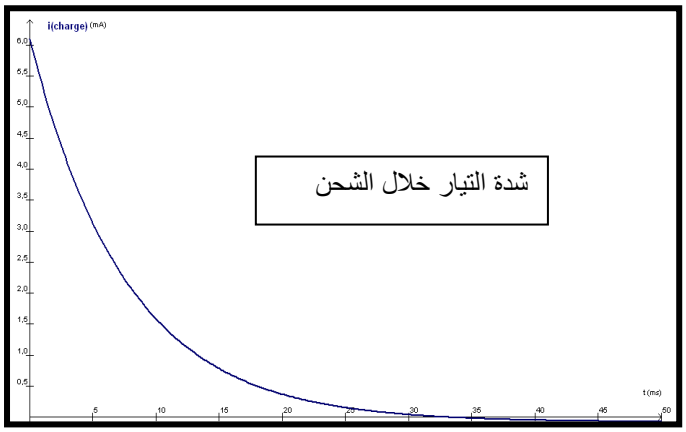
التوتر بين مربطي المكثف ، كالشحنة ، بدئيا منعدم ثم يتزايد أسيا ليؤول إلى القيمة $E$ ( أو $CE$ بالنسبة للشحنة )

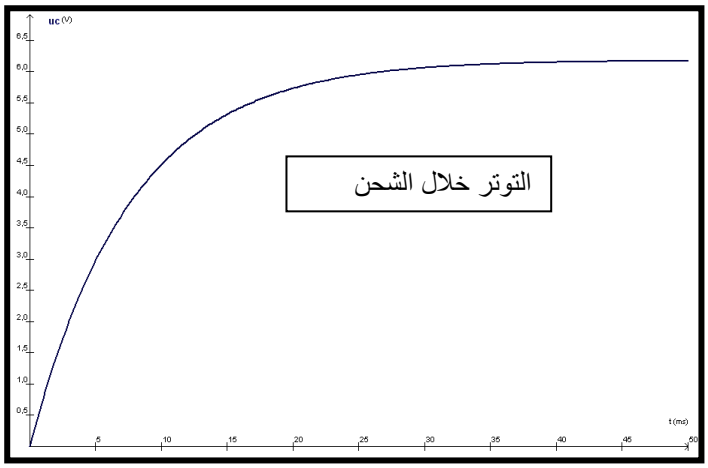
**الاستجابة لرتبة توتر نازلة :**

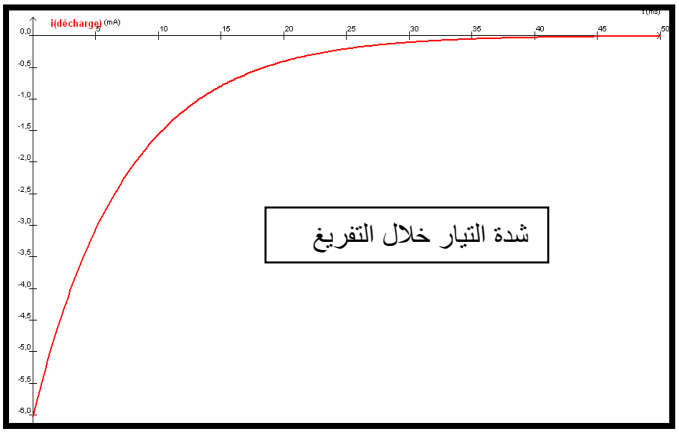
بدئيا شدة التيار دنوية و سالبة $(i=-\frac{E}{R})$ . منحى التيار هو عكس المنحى المشار إليه ، و القيمة المطلقة لشدته تتزايد أسيا لكي تؤول إلى 0 .

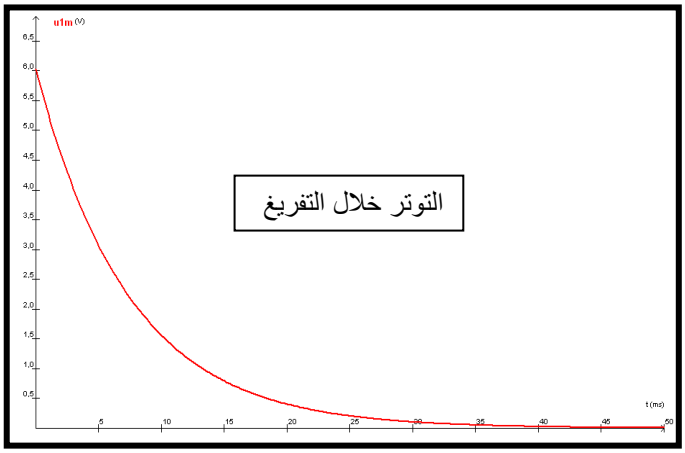
التوتر بين مربطي المكثف ، كالشحنة ، بدئيا قصوية ثم تتناقص أسيا ليؤول إلى 0 .

Talamidi.com تم تحميل هذا الملف من موقع



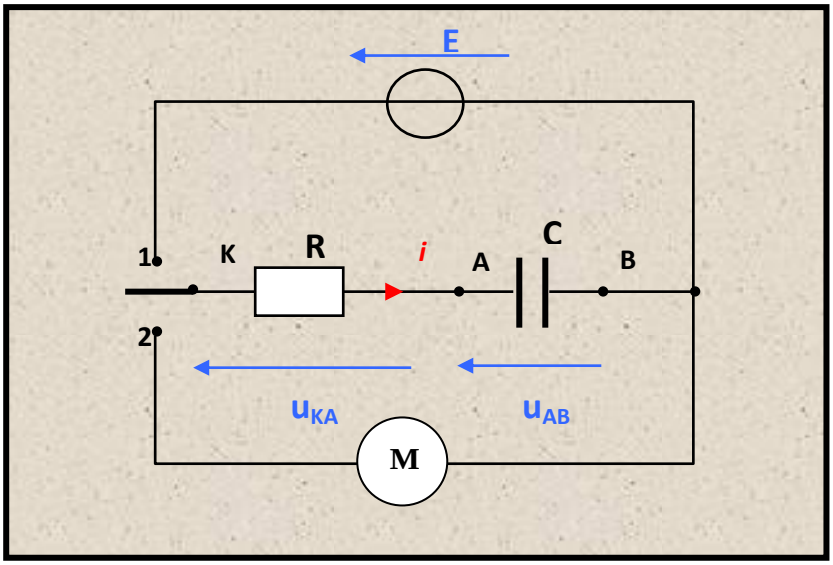




**5 ) الطاقة المختزنة في المكثف .**

للنجز التجربة التالية :

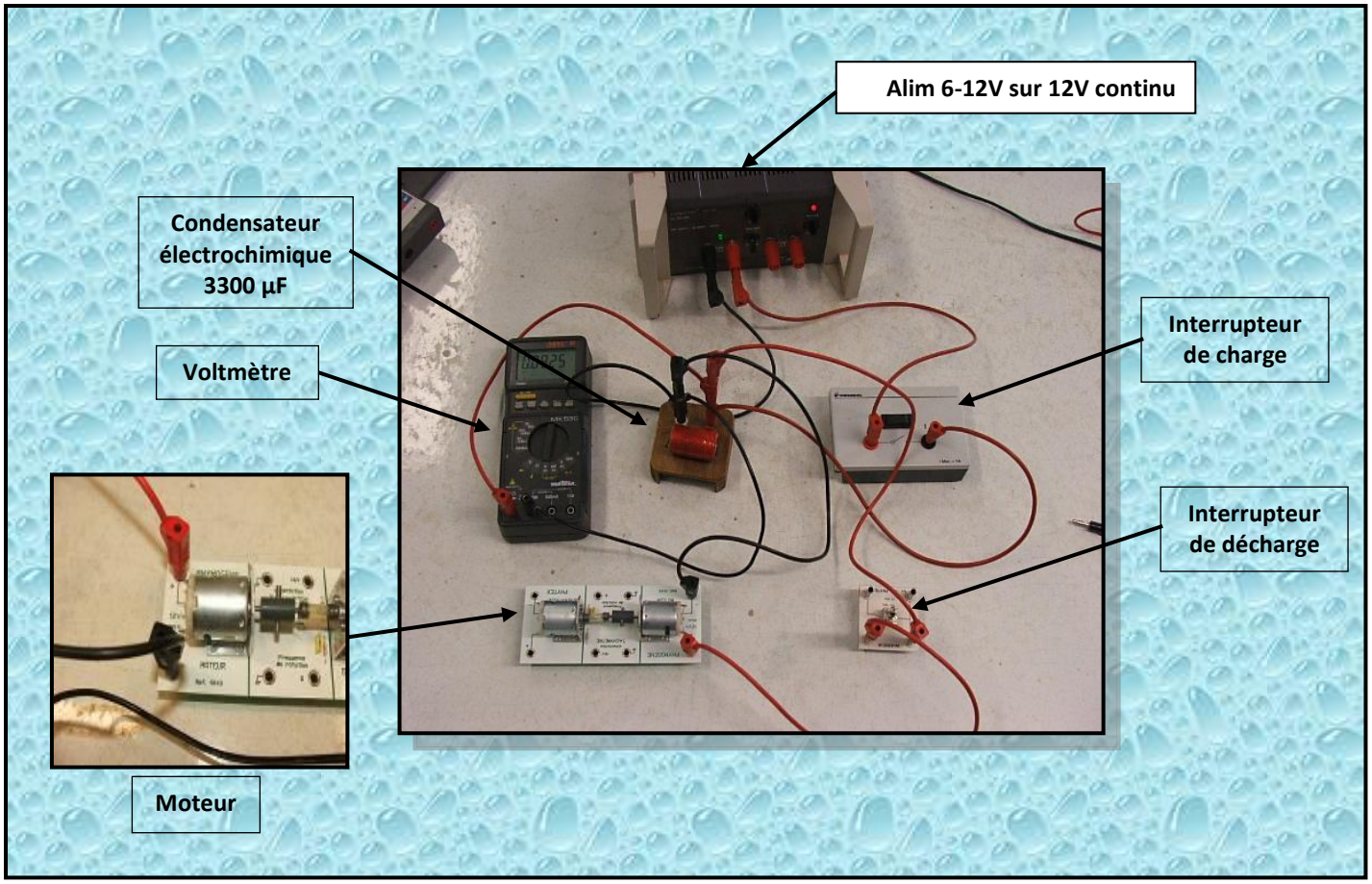
المكثف بدئيا مشحون ( بقي قاطع التيار مدة طويلة في الموضع 1 ) . عندما نؤرجح قاطع التيار إلى الموضع 2 ، نلاحظ اشتغال المحرك M .




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

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

Talamidi.com تم تحميل هذا الملف من موقع




**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 .