

ثنائي القطب RC Le dipôle RC

1. المكثف

1. نشاط وثائقي : تعريف ورمز المكثف

في سنة 1745 وفي مدينة لايد Leyde بهولندا استطاع الفيزيائي بتروس فان موسشندبروك (petrus van musschenbroek) صنع أول مكثف كهربائي ، بواسطة قنينة من الزجاج ، عرفت في التاريخ باسم قنينة لايد وهو جهاز يمكن من تجميع الشحن الكهربائية السالبة ، لكن مبدأ اشتغال هذه المركبة الالكترونية (المكثف) ، التي أصبحت تلعب دورا أساسيا في الاجهزة الالكترونية ، لم يكشف إلا سنة 1782 من طرف الفيزيائي الايطالي فولتا .
تتكون قنينة لايد من قنينة من الزجاج ملفوف عليها على التوالي من الداخل ومن الخارج ورقتان فلزيان A و B . تسمى الورقتان A و B لبوسي المكثف ، والزجاج الوسط العازل .

عند ربط لبوسي المكثف بعمود كهربائي تنتقل الالكترونات لتتجمع على اللبوس B ، فيحمل هذا الاخير كمية من الكهرباء السالبة q_B ، في حين يغادر نفس العدد من الالكترونات اللبوس A تاركا مكانه شحنا كهربائية موجبة كميته q_A . توافق هذه الانتقالات مرور تيار كهربائي رغم وجود العازل بين اللبوسين . بعد مدة وجيزة تنتهي انتقالات حملة الشحنة الكهربائية فيعدم التيار الكهربائي ، نقول أن في هذه الحالة إن المكثف قد شحن .

❖ استثمار :

1. أرسم التنبية الموافقة لهذه التجربة
2. ما مكونات المكثف ؟ وما الدور الذي يلعبه في دارة كهربائية؟
3. ما إشارتي q_B و q_A شحنتي اللبوسين A و B للمكثف؟
4. علما أن الشحنة الكهربائية تتحفظ ، ما العلاقة التي تربط بين الشحنتين q_B و q_A عند كل لحظة؟
5. ما شحنة المكثف أ المكثف وما وحدتها؟

❖ تحليل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

❖ إستنتاج :

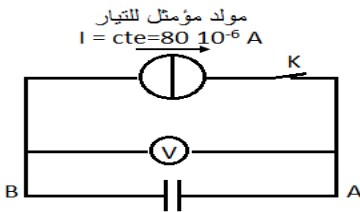
المكثف :

الترميز :

2. نشاط تجريبي : العلاقة بين الشحنة $q(t)$ و شدة التيار الكهربائي $i(t)$ – العلاقة بين الشحنة $q(t)$

والتوتر U_{AB} بين مربطي المكثف

ننجز التركيب الكهربائي جانبه، حيث يعطي المولد المؤمّل للتيار ، تيارا كهربائيا شدته I_0 ثابتة وقابلة للضبط ، بعدما نفرغ المكثف بوصل مربطيه بموصل أومي مناسب لمدة ثانية واحدة على الأقل .
نغلق قاطع تيار الذي يشغل الميقت في نفس الوقت، ثم نقيس التوتر $U_{AB}(t)$ بين مربطي المكثف كل خمس ثوان ، ثم ندون النتائج .

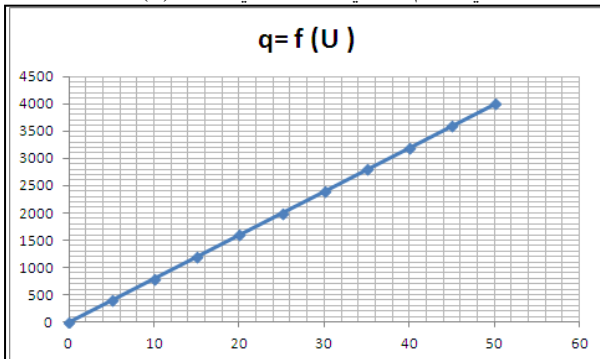


t(s)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$U_{AB}(V)$	0	0.85	1.7	2.55	3.40	4.25	5.11	5.95	6.81	7.66	8.51
$q_A (\mu C)$											

❖ استثمار :

1. تمثل شدة التيار الكهربائي $i(t)$ صبيب الشحنات الكهربائية أي كمية الكهرباء المتقلّة في وحدة الزمن ويعبر عنه بالعلاقة التالية : $i = \frac{dq_A}{dt}$. بين أنه في لحظة t يكتسب المكثف الشحنة $q_A = I_0 \cdot t$
2. أتمم ملاء الجدول
3. مثل المنحنى لتغيرات q_A بدلالة U_{AB}
4. معامل التناسب بين q_A و U_{AB} ، مقدار فيزيائي يسمى سعة المكثف ، ويرمز له بالحرف C ، وحدته في النظام العالمي للوحدات هي الفاراد (F) ، أحسب C
5. استنتج العلاقة بين I_0 و U_{AB}

❖ تحليل :



❖ خلاصة :

- العلاقة بين شحنة المكثف $q(t)$ والتيار الكهربائي المار فيه $i(t)$ هي :
- العلاقة بين شحنة المكثف $q(t)$ والتوتر بين مربطي المكثف $U_c(t)$ هي :
- العلاقة بين $U_c(t)$ توتر بين مربطي المكثف و $i(t)$ التيار الكهربائي المار فيه هي :
- اصطلاح المستقبل : اصطلاح المولد :

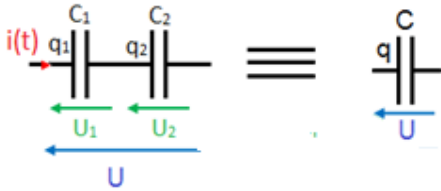
◀ ملحوظة :

- ✓ سعة المكثف مقدار موجب, وهو يميز المكثف, ولا يتعلق بالتوتر المطبق بين مربطيه ولا بمدة الشحن.
- ✓ الفاراد (Farad (F) وحدة كبيرة, لهذا لا نستعمل إلا أجزاء الفاراد: $1F=10^3mf=10^6\mu F=10^9nF=10^{12}pF$

II. تجميع المكثفات

1. التجميع على التوالي

نركب مكثفين سعتهما C_1 و C_2 على التوالي ونطبق بين مربطيهما توترا U_{AB} كما يبين الشكل التالي :

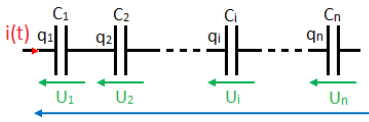


❖ استثمار :

1. بين أن $q_1 = q_2 = q$
2. حدد سعة المكثف المكافئ C بتطبيق قانون إضافية التوترات
3. ما الفائدة من هذا التركيب

❖ تحليل :

❖ تعميم :



سعة المكثف المكافئ لتجميع n مكثفات على التوالي هي :

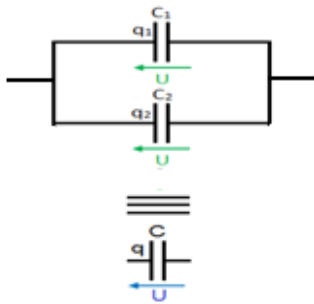
◀ تمرين تطبيقي :

نطبق توترا $U=300V$ بين قطبي مجموعة مكونة من مكثفين مركبين على التوالي, سعتهما هي: $C_1=1\mu F$; $C_2=2\mu F$

1. حدد التوتر بين مربطي كل مكثف.
2. احسب الشحنة المخزنة من لدن كل مكثف

2. التجميع على التوازي :

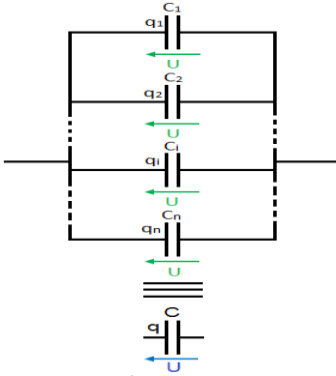
نركب مكثفين سعتهما C_1 و C_2 على التوازي ونطبق بين مربطيهما توترا U_{AB} كما يبين الشكل التالي :



❖ استثمار :

1. بين أن $q_1 \neq q_2$
2. بتطبيق قانون المعقد في النقطة I بين أن $q = q_1 + q_2$
3. استنتج سعة المكثف المكافئ C
4. ما الفائدة من هذا التركيب

❖ تحليل :



❖ تعميم :

سعة المكثف المكافئ لتجميع عدة مكثفات على التوازي هي :

III. استجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر

1. تعاريف

❖ ثنائي القطب RC هو :

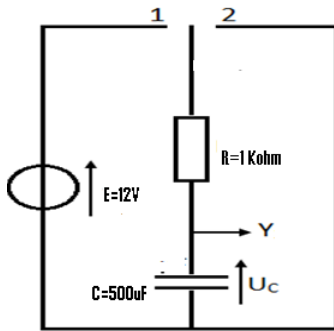
❖ رتبة توتر هي إشارة كهربائية $u(t)$ ، ونميز بين:

$$\begin{cases} u(t) = E & t \geq 0 \\ u(t) = 0 & t < 0 \end{cases} \quad \checkmark \text{ رتبة توتر صاعدة ومعادلتها هي:}$$

$$\begin{cases} u(t) = 0 & t \geq 0 \\ u(t) = E & t < 0 \end{cases} \quad \checkmark \text{ رتبة توتر نازلة ومعادلتها هي:}$$

2. استجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر

أ. الدراسة التجريبية :



بعد تفريغ المكثف ننجز التركيب الكهربائي جانبه. حيث يمكن هذا التركيب من معاينة التوتر بين مربطي المكثف U_C بدلالة الزمن على كاشف التذبذب، يتألف هذا التركيب من مولد مستمر مثبت على القيمة $E = 12V$ ، مكثف سعته $C = 500\mu F$ و موصل أومي مقاومته $R = 1K\Omega$ ، قاطع التيار وكاشف التذبذب لمعاينة التوتر بين مربطي المكثف U_C

❖ شحن المكثف : إستجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر صاعدة

نورجح قاطع التيار K الى الموضع 1 في لحظة $t=0$ عند إغلاق قاطع التيار k ينتقل التوتر بين مربطي المكثف U_C لحظيا من الصفر الى قيمة حدية فنشاهد على شاشة كاشف التذبذب المنحنى التالي:

استثمار: <

1. نقوم بنمذجة المنحنى المحصل عليه على كاشف التذبذب بالدالة $U(t) = K(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

حيث K و τ ثابتان تحددان بواسطة البرنم (regressi)، فنجد أن $U_C(t)$ و $U(t)$ متقاربتين وبالتالي التوتر بين مربطي المكثف أثناء الشحن تكتب على الشكل التالي :

$$U_C(t) = K(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

2. يبرز المنحنى وجود نظامين : نظام انتقالي ونظام دائم، حدد هاذين النظامين في المنحنى مبرزا تغيرات كل نظام

3. عين $U_C(t)$ عند اللحظة $t=0$ ثم $U_C(\alpha)$ قيمة $U_C(t)$ عندما تؤول t إلى ما لا نهاية

4. تعرف على الثابتة K

5. استنتج تعبير $U_C(t)$ بدلالة E و τ

6. عبر عن $U_C(t=\tau)$ ثم استنتج تعريف τ

7. استنتج طريقة مبيانية تمكن من تحديد τ ثم أوجد قيمته

8. قارن بين τ و RC

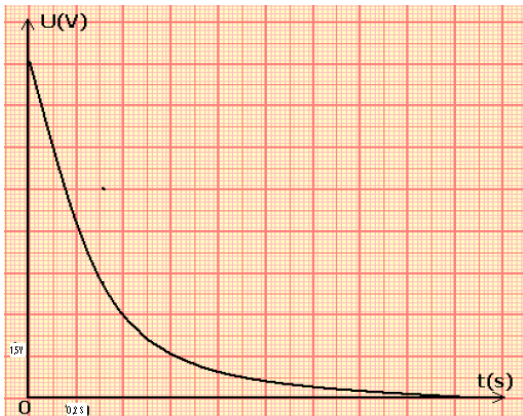
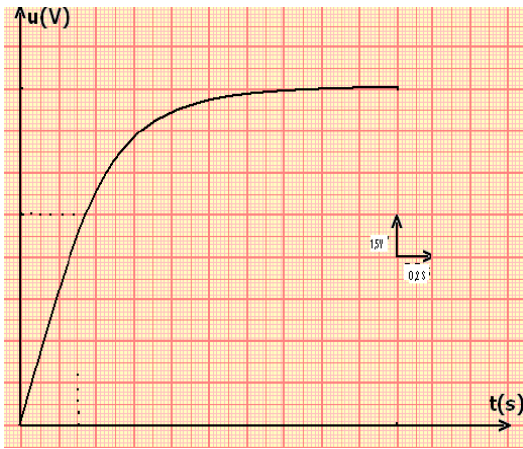
9. تسمى τ ثابتة الزمن، باستعمال معادلة الإبعاد (التحليل البعدي أو تجانس الوحدات)، بين أن τ عبارة عن زمن

10. عين التوتر بين مربطي المكثف عند اللحظة $t = 5\tau$ ، $U_C(t=5\tau)$ ، ماذا تستنتج؟

11. حدد معادلة المماس $y(t)$ عند اللحظة $t=0$

12. استنتج طريقة مبيانية ثانية تمكن من تحديد τ

13. ما تأثير قيمة كل من R و C على شحن المكثف



❖ تفريغ المكثف : إستجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر نازلة

نورجح قاطع التيار K الى الموضع 2 فنلاحظ على الشاشة المنحنى الممثل جانبه

$$U(t) = k \exp(-\frac{t}{\tau'})$$

1. حدد الثابتة k

2. ما تمثل τ' ثم عين هذه الثابتة بطريقتين مختلفتين

3. عين $U_C(t=5\tau')$ ، ماذا تستنتج؟

4. نغير τ' الى τ'' حيث $\tau'' < \tau'$ فنحصل على المنحنى الممثل بالخط المتقطع، ماذا تستنتج؟

5. ما تأثير كل من سعة المكثف C والمقاومة R على تفريغ المكثف؟

6. نعوض مولد التوتر المستمر بمولد التردد المنخفض GBF، أعط التنبؤية الموافقة ثم أرسم المنحنى $U_C(t)$ المحصل عليه تجريبيا محددًا عملية الشحن والتفريغ (مبرزا كذلك النظامين الإنتقالي والدائم في كل عملية)

❖ شحن المكثف : إستجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر صاعدة

1. نمذجة $U_C(t)$ توتر بين مرطبي المكثف (المنحنى المحصل عليه بواسطة كاشف التذبذب) بالدالة $U(t) = K(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ بواسطة برنم regressi

2. تحديد النظام الإنتقالي والدائم في المنحنى وإبراز تغيرات كل نظام

3. تعيين قيم $U_C(t)$ ، توتر بين مرطبي المكثف، عند اللحظة $t=0$ و $t=\infty$

4. تحديد الثابتة K

5. إستنتاج تعبير $U_C(t)$ ، توتر بين مرطبي المكثف،

6. تعبر $U_C(t=\tau)$ ثم استنتج تعريف τ

7. استنتاج طريقة مبيانية تمكن من تحديد τ وتحديد قيمتها

8. مقارنة τ و RC

9. تحديد وحدة الثابتة τ باستعمال معادلة الأبعاد

10. تعيين $U_C(t=5\tau)$ توتر بين مرطبي المكثف عند اللحظة $t=5\tau$

11. تحديد معادلة المماس $y(t)$ عندة اللحظة $t=0$

12. إستنتاج طريقة مبيانية ثانية تمكن من تحديد τ

13. تأثير قيمة كل من R و C على شحن المكثف

❖ تفريغ المكثف : إستجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر نازلة

1. تحديد الثابتة k

2. تحديد الثابتة τ بطريقتين مختلفتين

3. تعيين ($U_C(t=5\tau')$)

4. تأثير ثابتة الزمن على تفريغ المكثف

5. تأثير كل من سعة المكثف C والمقاومة R على تفريغ المكثف

6. تمثيل المنحنى الممثل لتغيرات $U_C(t)$ ، توتر بين مرطبي المكثف بدلالة الزمن

ب. الدراسة النظرية :

❖ عملية شحن المكثف: إستجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر صاعدة

• إيجاد المعادلة التفاضلية :

المعادلة التفاضلية : هي معادلة رياضية تجمع مقدار متغير $X(t)$ ومشتقات لهذا المقدار

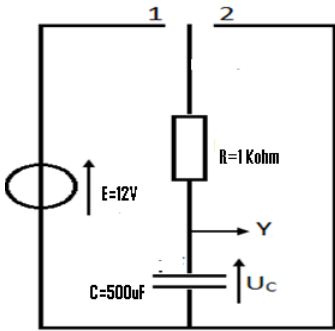
1. نضع قاطع التيار على الموضع 1 ، ارسم التبيانة التجريبية الموافقة
2. مثل توترات على التبيانة بسهم : $U_R(t)$ توتر بين مرطبي الموصل الاومي، $U_C(t)$ توتر بين مرطبي المكثف ، $U(t)$ توتر المولد
3. ما تمثل هذه الظاهرة ؟
4. بتطبيق قانون اضافيات التوترات ، أوجد العلاقة بين $U(t)$ و $U_R(t)$ و $U_C(t)$
5. بتطبيق قانون اوم اوجد العلاقة بين $i(t)$ و $U_R(t)$
6. اعط العلاقة بين $U(t)$ و $q(t)$ ثم العلاقة بين $i(t)$ و $q(t)$
7. استنتج العلاقة بين $U_C(t)$ و $i(t)$
8. حدد المعادلة التفاضلية ل $U_C(t)$
9. استنتج المعادلة التفاضلية ل $q(t)$

• حل المعادلة التفاضلية.

ان حل المعادلة التفاضلية هو ايجاد تعبير $U_C(t)$ بدلالة الزمن

اذا علمت أن حل المعادلة التفاضلية $E = U_C + \tau \frac{dU_C}{dt}$ يكتب على النحو التالي $U_C = Ae^{-\frac{t}{\tau}} + B$ حيث A و B و τ ثوابت نحددها باشتقاق U_C وبمعرفة الشروط البدئية

10. أوجد الثوابت A و B و τ وأكتب تعبير $U_C(t)$ بدلالة الزمن
 11. مثل $U_C(t)$ بدلالة الزمن ميرزا النظامين
 12. أذكر 4 طرق لتحديد ثابتة الزمن τ
 13. استنتج تعبير $q(t)$ بدلالة الزمن
 14. استنتج تعبير شدة التيار الكهربائي $i(t)$ بدلالة الزمن
 15. مثل المنحنى الممثل لتغيرات شدة التيار الكهربائي $i(t)$ بدلالة الزمن ميرزا النظامين
- ❖ عملية تفريغ المكثف: إستجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر نازلة
1. نضع قاطع التيار في الموضع 2 ، ارسم التبيانة الموافقة موضحا التوترات U_C و U_R عليها
 2. بتطبيق قانون اضافية التوترات والقوانين الاخرى أوجد المعادلة التفاضلية ل $U_C(t)$
 3. أوجد تعبير $U_C(t)$ توتر بين مرطبي المكثف (حل المعادلة التفاضلية)
 4. مثل المنحنى الممثل لتغيرات $U_C(t)$ بدلالة الزمن ميرزا النظامين
 5. استنتج تعبير $q(t)$ بدلالة الزمن
 6. استنتج تعبير شدة التيار الكهربائي $i(t)$ ميرزا النظامين
 7. مثل المنحنى الممثل لتغيرات شدة التيار الكهربائي $i(t)$ بدلالة الزمن
 8. مثل المنحنى الممثل لتغيرات $U_C(t)$ بدلالة الزمن أثناء شحن المكثف وتفريغه ماذا تستنتج ؟
 9. مثل المنحنى الممثل لتغيرات شدة التيار الكهربائي $i(t)$ بدلالة الزمن أثناء شحن المكثف وتفريغه ، ماذا تستنتج ؟



❖ تحليل :

◀ عملية شحن المكثف: إستجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر صاعدة
1. التبيانة التجريبية الموافقة

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

IV. الطاقة المخزونة في المكثف

1. الإبراز التجريبي للطاقة المخزونة في المكثف E_e :

❖ استثمار:

1. اقترح تجربة بسيطة لإبراز الطاقة المخزونة في المكثف
2. أدرس تأثير كل من C سعة المكثف و U_C توتر بين مربطي المكثف على حدة ، على الطاقة المخزونة في المكثف E_e

2. تعبير الطاقة المخزونة في المكثف E_e

❖ استثمار :

1. أوجد تعبير الطاقة المخزونة في المكثف E_e
2. ما هي العوامل المؤثرة على الطاقة المخزونة في المكثف