

ثنائي القطب RC Le dipôle RC

< نشاط وثائقي : المكثف

في سنة 1745 وفي مدينة لايد Leyde بهولندا استطاع الفيزيائي بتروس فان موسشنبروك (petrus van musschenbroek) صنع أول مكثف كهربائي ، بواسطة قنبلة من الزجاج ، عرفت في التاريخ باسم قنبلة لايد وهو جهاز يمكن من جميع الشحن الكهربائية السالبة ، لكن مبدأ اشتغال هذه المركبة الالكترونية (المكثف)، التي أصبحت تلعب دورا أساسيا في الأجهزة الالكترونية ، لم يكشف إلا سنة 1782 من طرف الفيزيائي الإيطالي فولطا.

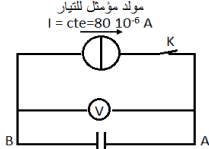
تتكون قنبلة لايد من قنبلة من الزجاج ملفوف عليها على التوالي من الداخل ومن الخارج ورقتان فلزيان A و B . تسمى الورقتان A و B لبوسى المكثف ، والزجاج الوسط العازل . عند ربط لبوسى المكثف بعمود كهربائي تنتقل الالكترونات لتتجمع على اللبوس B ، فيحمل هذا الأخير كمية من الكهرباء السالبة q_B ، في حين يغادر نفس العدد من الالكترونات اللبوس A تاركا مكانه شحنا كهربائية موجبة قيمتها q_A . توافق هذه الانتقالات مرور تيار كهربائي رغم وجود العازل بين اللبوسين . بعد مدة وجيزة تنتهي انتقالات حملة الشحنة الكهربائية فينعدم التيار الكهربائي ، نقول أن في هذه الحالة إن المكثف قد شحن.

❖ استنتج:

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

< نشاط تجريبي 1 : العلاقة بين الشحنة و شدة التيار الكهربائي –العلاقة بين الشحنة والتوتر

ننجز التركيب الكهربائي جانبه، حيث يعطي المولد المومثل للتيار، تيارا كهربائيا شدته I_0 ثابتة وقابلة للضبط ، بعدما نفرغ المكثف بوصل مربطيه بوصل 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
$q_A (\mu C)$											

1. تمثل شدة التيار الكهربائي $i(t)$ بصيب الشحنتات الكهربائية أي كمية الكهرباء المنتقلة في وحدة الزمن ويعبر عنه بالعلاقة التالية : $\frac{dq_A}{dt} = i$. بين أنه في اللحظة t يكتب المكثف الشحنة $q_A = I_0 \cdot t$
2. أتمم مالا الجدول ثم مثل المنحنى لتغيرات q_A بدلالة U_{AB}
3. 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
4. استنتج العلاقة بين I_0 و U_{AB}

< نشاط 2 : التركيب على التوالي :

- تركب مكثفين سعتهما C_1 و C_2 على التوالي ونطبق بين مربطيهما توتر U_{AB}
1. مثل الشكل ثم بين أن $q_1 = q_2 = q$ حيث q شحنة الكف المكافئ
 2. حدد سعة المكثف المكافئ C (طبق قانون إضافية التوترات)
 3. ما الفائدة من هذا التركيب

< نشاط 3 : التركيب على التوازي :

- تركب مكثفين سعتهما C_1 و C_2 على التوازي ونطبق بين مربطيهما توتر U_{AB}
1. مثل الشكل ثم بين أن $q_1 \neq q_2$
 2. بتطبيق قانون العقد بين أن $q_1 + q_2 = q$ ، حيث q شحنة الكف المكافئ
 3. حدد سعة المكثف المكافئ C (طبق قانون إضافية التوترات) ، استنتج ما الفائدة من هذا التركيب

< نشاط وثائقي : المكثف

في سنة 1745 وفي مدينة لايد Leyde بهولندا استطاع الفيزيائي بتروس فان موسشنبروك (petrus van musschenbroek) صنع أول مكثف كهربائي ، بواسطة قنبلة من الزجاج ، عرفت في التاريخ باسم قنبلة لايد وهو جهاز يمكن من جميع الشحن الكهربائية السالبة ، لكن مبدأ اشتغال هذه المركبة الالكترونية (المكثف)، التي أصبحت تلعب دورا أساسيا في الأجهزة الالكترونية ، لم يكشف إلا سنة 1782 من طرف الفيزيائي الإيطالي فولطا.

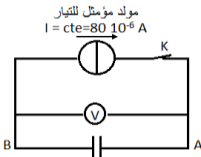
تتكون قنبلة لايد من قنبلة من الزجاج ملفوف عليها على التوالي من الداخل ومن الخارج ورقتان فلزيان A و B . تسمى الورقتان A و B لبوسى المكثف ، والزجاج الوسط العازل . عند ربط لبوسى المكثف بعمود كهربائي تنتقل الالكترونات لتتجمع على اللبوس B ، فيحمل هذا الأخير كمية من الكهرباء السالبة q_B ، في حين يغادر نفس العدد من الالكترونات اللبوس A تاركا مكانه شحنا كهربائية موجبة قيمتها q_A . توافق هذه الانتقالات مرور تيار كهربائي رغم وجود العازل بين اللبوسين . بعد مدة وجيزة تنتهي انتقالات حملة الشحنة الكهربائية فينعدم التيار الكهربائي ، نقول أن في هذه الحالة إن المكثف قد شحن.

❖ استنتج:

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

< نشاط تجريبي 1 : العلاقة بين الشحنة و شدة التيار الكهربائي –العلاقة بين الشحنة والتوتر

ننجز التركيب الكهربائي جانبه، حيث يعطي المولد المومثل للتيار، تيارا كهربائيا شدته I_0 ثابتة وقابلة للضبط ، بعدما نفرغ المكثف بوصل مربطيه بوصل 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
$q_A (\mu C)$											

1. تمثل شدة التيار الكهربائي $i(t)$ بصيب الشحنتات الكهربائية أي كمية الكهرباء المنتقلة في وحدة الزمن ويعبر عنه بالعلاقة التالية : $\frac{dq_A}{dt} = i$. بين أنه في اللحظة t يكتب المكثف الشحنة $q_A = I_0 \cdot t$
2. أتمم مالا الجدول ثم مثل المنحنى لتغيرات q_A بدلالة U_{AB}
3. 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
4. استنتج العلاقة بين I_0 و U_{AB}

< نشاط 2 : التركيب على التوالي :

- تركب مكثفين سعتهما C_1 و C_2 على التوالي ونطبق بين مربطيهما توتر U_{AB}
1. مثل الشكل ثم بين أن $q_1 = q_2 = q$ حيث q شحنة الكف المكافئ
 2. حدد سعة المكثف المكافئ C (طبق قانون إضافية التوترات)
 3. ما الفائدة من هذا التركيب

< نشاط 3 : التركيب على التوازي :

- تركب مكثفين سعتهما C_1 و C_2 على التوازي ونطبق بين مربطيهما توتر U_{AB}
1. مثل الشكل ثم بين أن $q_1 \neq q_2$
 2. بتطبيق قانون العقد بين أن $q_1 + q_2 = q$ ، حيث q شحنة الكف المكافئ
 3. حدد سعة المكثف المكافئ C (طبق قانون إضافية التوترات) ، استنتج ما الفائدة من هذا التركيب

الدراسة التجريبية : استجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر

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 $R = 600\Omega$ ، قاطع التيار وكاشف التذبذب لمعاينة التوتر بين مربطي المكثف U_C

❖ شحن المكثف : استجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر صاعدة

نؤرجح 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 $U_C(\infty)$ 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 : استجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر نازلة

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

نقوم بنمذجة المنحنى المحصل عليه بالدالة $U(t) = k' \exp(-\frac{t}{\tau'})$

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 التبيانة الموافقة ثم أرسم المنحنى $U_C(t)$ المحصل عليه تجريبيا محددا عملية الشحن والتفريغ (مبرزا كذلك النظامين الإنتقالي والدائم في كل عملية)

الدراسة النظرية : ايجاد المعادلة التفاضلية وحلها بالنسبة للتوتر والتيار الكهربائي

❖ شحن المكثف : استجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر صاعدة

• ايجاد 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 مربطي الموصل الأومي ، $U_C(t)$ توتر بين مربطي المكثف ، $U(t)$ توتر المولد

3. ما تمثل هذه الظاهرة ؟

4. بتطبيق قانون إضافيات التوترات ، أوجد العلاقة بين $U(t)$ و $U_R(t)$ و $U_C(t)$

5. بتطبيق قانون اوم أوجد 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. استنتج المعادلة التفاضلية ل $U_C(t)$

9. أكتب من جديد المعادلة التفاضلية باعتبار $\tau = RC$

• 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 $U_C = Ae^{-at} + B$ حيث A و B و α ثوابت نحددها باشتقاق U_C وبمعرفة الشروط البدئية

1. أوجد الثوابت A و B و α وأكتب تعبير $U_C(t)$ بدلالة الزمن

2. ارسم $U_C(t)$ بدلالة الزمن

3. استنتج تعبير شدة التيار الكهربائي $i(t)$ بدلالة الزمن و E و τ

4. ارسم التيار الكهربائي بدلالة الزمن

❖ تفريغ المكثف : استجابة 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 اضافيات التوترات والقوانين الأخرى أوجد المعادلة التفاضلية ل $U_C(t)$

3. نضع $\tau = RC$ أوجد من جديد المعادلة التفاضلية

4. حل المعادلة التفاضلية ل $U_C(t)$

5. استنتج حل المعادلة التفاضلية لشدة التيار الكهربائي $i(t)$