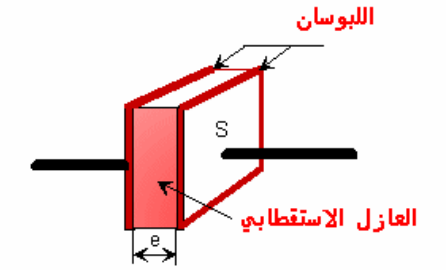
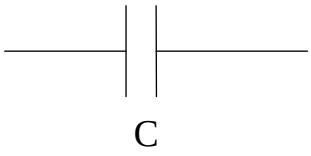
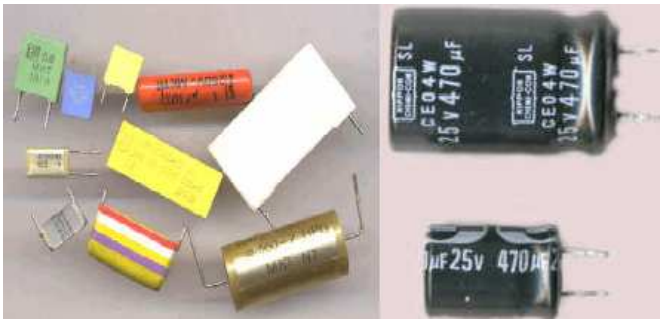
I) المكثف

1.1) تعريف : المكثف ثنائي قطب يتكون من موصلين متقابلين ،نسميهما لبوسين (armatures) يفصل بينهما عازل استقطابي (diélectrique) . ويتميز بسعة : C



1.2) رمزه :





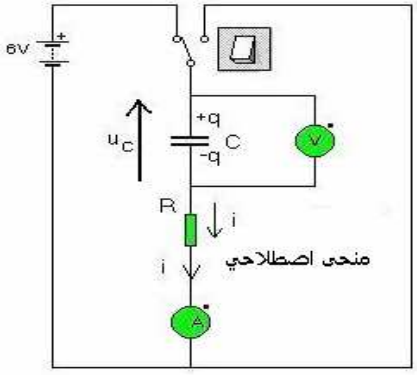
1.3) أمثلة

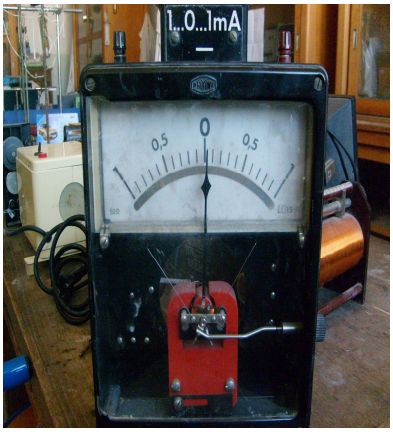
تتميز بعض المكثفات بوجود مادة إلكتروليتية كعازل استقطابي (قد يكون سائلا أو صلبا) تسمى مكثفات كيميائية وهي مستقطبة (يجب الانتباه إلى القطبيين : (+) و (-)).

II) شحن وتفريغ مكثف

1.2) شحن المكثف

- التركيب التجريبي:





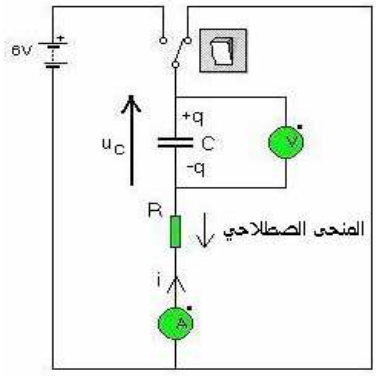
الأمبيرمتر المستعمل ذو صفر في الوسط

- عند غلق الدارة نلاحظ انحراف إبرة الأمبيرمتر ثم تعود للصفر نقول أن تيار كهربائي قد مر خلال مدة وجيزة ، نسميه تيار الشحن . مرور التيار الكهربائي هو نتيجة انتقال الالكترونات من لبوس إلى آخر فتظهر على الأول كهرباء موجبة (نتيجة فقدان إلكترونات) وتظهر على الثاني كهرباء سالبة . نقول أن المكثف قد شحن .

بما أن الشحنة الكهربائية تنحفظ فإن : $q_A + q_B = 0$ ومنه : $q_A = - q_B$

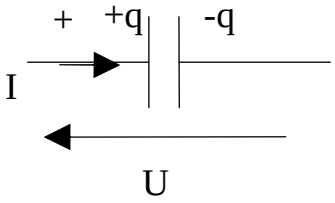
- تعريف : شحنة المكثف أو كمية الكهرباء المخزونة في المكثف هي شحنة اللبوس الموجب للمكثف ونرمز لها ب Q ويعبر عنها في النظام العالمي للوحدات ب : الكولوم ويرمز لهاب C

2.2) تفريغ مكثف



عند وضع قاطع التيار في الوضع الآخر نلاحظ انحراف الإبرة في المنحى المعاكس للمنحى السابق مما يدل على مرور تيار كهربائي يسمى تيار التفريغ

ملحوظة : وجود تيارين كهربائيين لهما منحيين متعاكسين يستلزم اختيار منحى اصطلاحي موجب (غالبا ما نختاره يوافق دخوله من اللبوس الموجب) وتجبير شدة التيار الكهربائي i

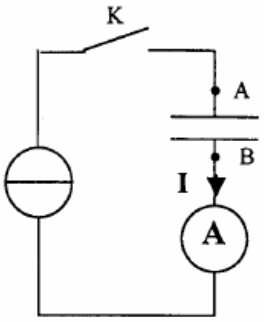


3.2) العلاقة بين شدة التيار الكهربائي و الشحنة

- شدة التيار الكهربائي هي صبيب الشحنات الكهربائية في الدارة الكهربائية
- حالة التيار المستمر : يتميز التيار الكهربائي بشدة ثابتة أي أن كمية الكهرباء Q التي تجتار مقطعا ما من الدارة خلال نفس المدة Δt نفسها وتكون $I = \frac{Q}{\Delta t}$
- حالة التيار المتغير : نبرهن أن شدة التيار الكهربائي اللحظية i(t) تمثل المشتقة الأولى بالنسبة للزمن

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

4.2) سعة مكثف : C



العدة التجريبية:

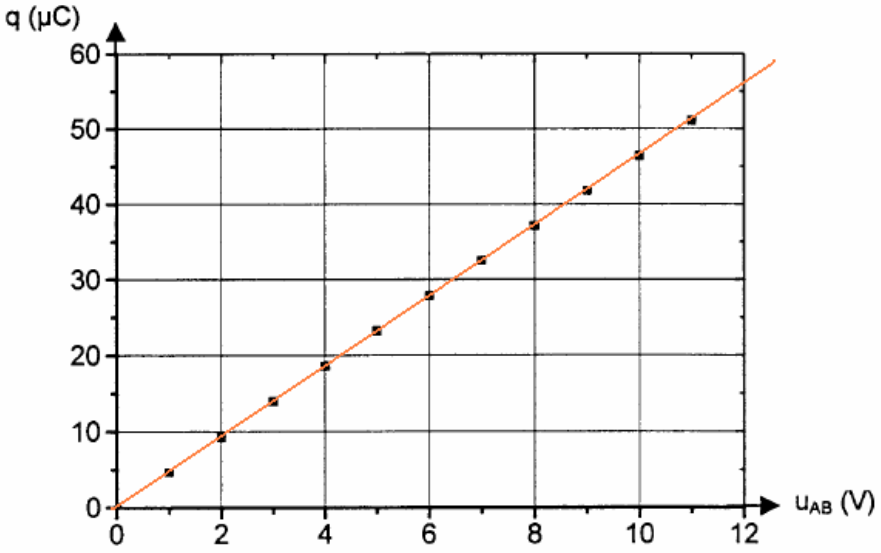
❖ نستعمل مولد مؤمثل للتوتر ، حيث يمر تيار كهربائي ثابت $I = 12\mu A$ عند اللحظة $t = 0$ نغلق الدارة الكهربائية ونطبق توترا كهربائيا مستمرا ونسجل تاريخ نطبيقه . نشسجل النتائج في الجدول التالي :

جدول القياسات

t (s)	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
u_{AB} (V)	0,00	1,32	2,64	4,00	5,35	6,70	7,98	9,20	10,6

التمثيل المبياني :

لحساب q يكفي تطبيق العلاقة $q = I.t$ (تم تحديد $I = 12\mu A$).



خلاصة :

تتناسب شحنة المكثف مع التوتر المطبق بين طرفيه $Q = C.U$

C هي سعة المكثف ويعبر عنها في النظام العالمي ب الفاراد (F) وهي وحدة كبيرة .

(قيمة السعة في الدراسة السابقة تمثل المعامل الموجه للمستقيم الممثل للدالة : $q = f(u)$ ومنه $C = 5.10^{-6} F$)

ملحوظة: يمكن أن نكتب العلاقات التالية التي تربط المقادير: U ;C ;q ;i

$i = dq/dt$

$q = C.u_C$

$dq/dt = C.du_C/dt$; $i = C.du_C/dt$

5.2) الطاقة المخزونة من طرف المكثف

يمكن المكثف من تخزين كمية من الكهرباء Q ويعيدها عبد الحاجة نقول أن المكثف يختزن طاقة كهربائية .

كل مكثف ذو سعة C وتحت توتر U يختزن طاقة كهربائية E_C :

$E_C = \frac{1}{2} C.u_C^2 = \frac{1}{2} q^2/C$ حيث C بالفاراد و U بالفولط و Q بالكولوم

III) تجميع المكثفات

1.3) التجميع على التوازي

$Q = \sum_i Q_i$

$U_1 = U_2 = ... = U_n$

$Q_i = C_i.U_i$

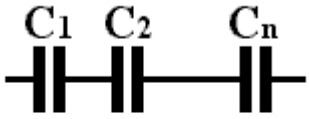
2.3) التجميع على التوالي :

بتطبيق قانون العقد و التجميع على التوازي والتوالي

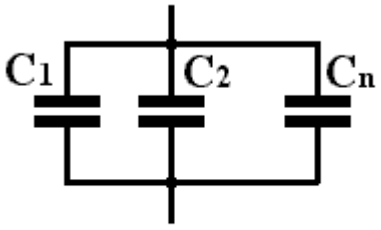
$U = \sum_i U_i$

$Q_1 = Q_2 = ... = Q_n$

$U_i = \frac{Q_i}{C_i}$



$$\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\ldots+\frac{1}{C_n}$$

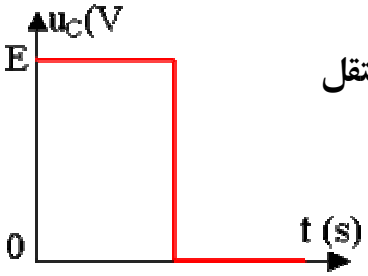


$$C = C_1 + C_2 + \ldots + C_n$$

IV) الدراسة التجريبية لاستجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر

1.4) الدراسة التجريبية لشحن مكثف :

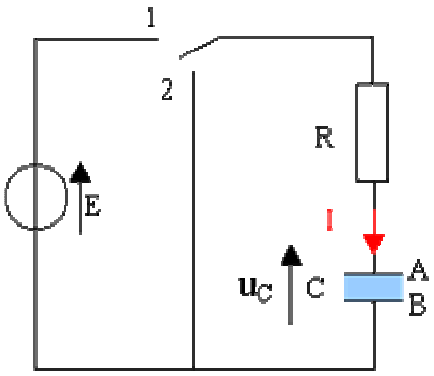
1.14) رتبة توتر Echelon de tension



نقول أن ثنائي قطب يخضع لرتبة توتر إذا كان التوتر المطبق بين طرفيه ينتقل فجأة من قيمة منعدمة إلى قيمة ثابتة E والعكس صحيح .

2.14) التركيب التجريبي

نركب على التوالي موصلا أوميا ذو مقاومة R ومكثفا ذو سعة C لنحصل على ثنائي قطب (RC) ، ونخضعه لرتبة توتر . نحتفظ بنفس العدة التجريبية السابقة



يمكن معاينة تطور التوتر بين طرفي ثناقي القطب (RC) بواسطة راسم التذبذب (باستعمال توتر مستطيلي) أو بواسطة حاسوب يتوفر على نرنم:

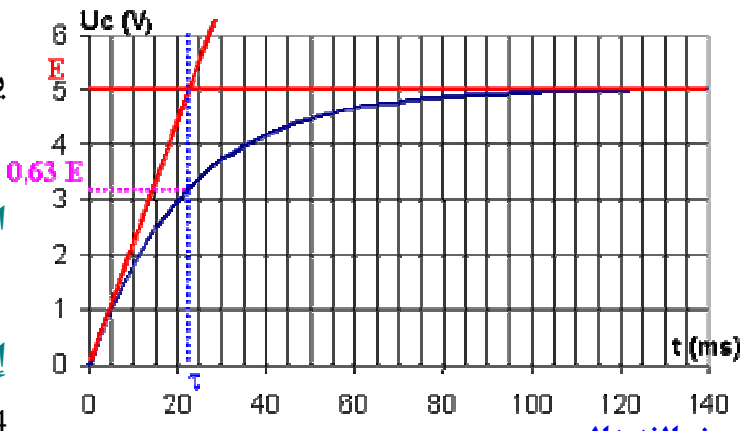
- (logiciel : **EsAO 4 Généris**)
- المجدول و راسم المنحنيات ريكريسي .

3.14) المعاينة :

حالة الشحن : وضع قاطع التيار في (1) .

يبرز منحنى u (t) وجود نظامين :

- نظام انتقالي يلاحظ ازدياد التوتر خلال الزمن
- نظام دائم يصل خلاله التوتر إلى قيمة حدية ثابتة . (عندها تنعدم شدة التيار i)



ملحوظة: يمكن ابراز العوامل المؤثرة سرعة تطور الشحن وذلك بتغيير :

1. التوتر E التي يطبقها المولد لا يغير من سرعة تطور المجموعة (يكفي تغيير E بقيم أخرى 4V ...)
2. كل ماكانت R كبيرة كلما تطلب ذلك وقتا أكبر لتأخذ $U_C(t)$ قيمة E .
3. كل ماكانت C كبيرة كلما تطلب ذلك وقتا أكبر لتأخذ $U_C(t)$ قيمة E

4.12) تعيين ثابتة الزمن لثنائي القطب

نعرف المقدار $\tau = RC$ ثابتة الزمن لثنائي القطب (RC) وهو مقدار يميز تطور ثنائي القطب له بعد الزمن :

هو المدة اللازمة لكي يصبح التوتر بين طرفي المكثف يساوي E.

يحدد $\tau = RC$ باعتماد الطريقة التجريبية عن طريق المماس عند أصل التواريخ. أنظر المنحنى السابق .

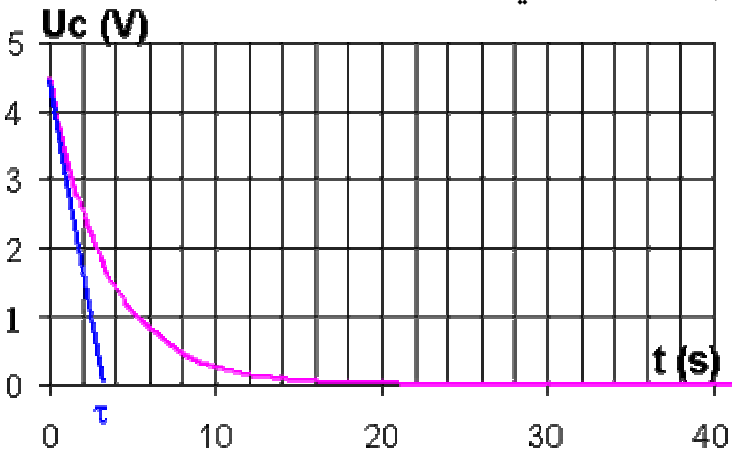
يمكن تحديده نظريا : $u_C = 0{,}63\ E$ (انظر الدراسة النظرية)

2.4) الدراسة التجريبية لتفريغ مكثف :

نأرجح قطع التيار K إلى الوضع (2) نلاحظ تفريغ المكثف .

يمر التفريغ من مرحلتين شبيهتين بالدراسة السابقة :

- نظام انتقالي : تناقص التوتر خلال الزمن
- نظام دائم : انعدام التوتر (انعدام التيار الكهربائي)



ملحوظة : نفس العوامل المؤثرة على الشحن هي المؤثرة على التفريغ ونفس الطريقة لتحديد ثابتة الزمن $\tau = RC$

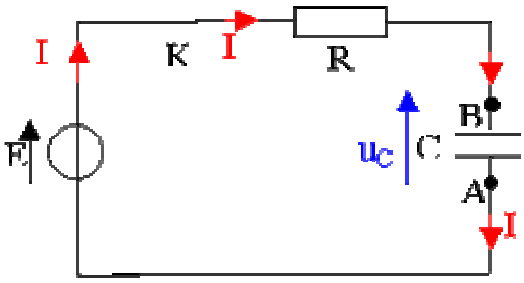
إلا أن الطريقة النظرية تختلف حيث :

$u_C = 0{,}37\ E$ (انظر الدراسة النظرية)

V) الدراسة النظرية لشحن وتفريغ مكثف

1.5) دراسة الشحن

نسعى من خلال هذه الدراسة إلى التحقق من الدراسة التجريبية باعتماد قوانين الكهرباء الخاصة بالدارة الكهربائية : قانون قابلية التوترات للجمع و خاصية التركيب على التوالي وقانون أوم .



نعتبر الدارة المتوالية التالية :

قابلية التوترات للجمع $u_R + u_C = E$

قانون أوم $u_R = R \cdot i$

شدة التيار الكهربائي وفق الاصطلاح مستقبل $i = dq / dt$

$u_R = R.C.du_C/dt$ ومنه $q = C.u_C \Rightarrow dq/dt = C.du_C/dt$

لنحصل على المعادلة التالية : $R.C.du_C/dt + u_C = E$ (1)

نسميها المعادلة التفاضلية (وهي معادلة تجمع دالة رياضية ومشتقاتها تحدد ربتة المعادلة من رتبة الاشتقاق)

نقبل أن حل المعادلة السابقة له تعبير عام : $u_C = a.e^{-t/\tau} + b$ المطلوب تحديد قيم τ ; a ; b لكي يكون حل للمعادلة (1)

نعوض U_C في المعادلة :

مع $du_C/dt = -(a/\tau).e^{-t/\tau}$ إذا : $-R.C.(a/\tau).e^{-t/\tau} + a.e^{-t/\tau} + b = E$

$\Rightarrow a.e^{-t/\tau}.(1 - R.C/\tau) + b = E$

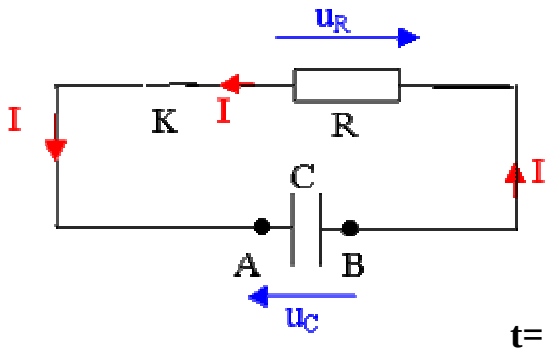
لكي تتحقق العلاقة السابقة أيا كان الزمن يجب : $b = E$ و $\tau = R.C \Rightarrow 1 - R.C/\tau = 0$

تحديد الثابتة a ، لدينا : $u_C = a.e^{-t/RC} + E$ عند $t = 0$ لدينا $u_C = 0\ V$ ومنه : $a + E = 0 \Rightarrow a = -E.$

خلاصة :

$$u_C = E.(1 - e^{-t/RC}).$$

2.5) دراسة التفريغ



بنفس الطريقة نصل إلى نفس المعادلة التفاضلية

$R.C.du_C/dt + u_C = E$ (1)

وحلها هو $u_C = a.e^{-t/\tau} + b$ نعوض في المعادلة

و نبحث عن a وb التي تمكن من تحقيق الشروط الأولية

وهي : u_C حل للمعادلة أيا كان الزمن وأن $U_C = E$ عند اللحظة $t = 0s$

إذا : $b = 0$ و : $a = E.$ حل المعادلة التفاضلية الخاص بالتفريغ هو : $u_C = E.e^{-t/RC}$

3.5) دراسة تغيرات شدة التيار i (t) خلال الشحن والتفريغ :

اعتمادا على قانون أوم و قابلية التوترات للجمع : $i = u_R / R$

- حالة الشحن : $u_R = E - u_C$ ومنه

$$i = (E - u_C)/R = (E - E + E.e^{-t/RC})/R = (E/R).e^{-t/RC}$$

نضع : $i_0 = E/R \Leftarrow$ $i(t) = i_0.e^{-\frac{t}{RC}}$

شدة التيار الكهربائي تتناقص وفق قانون أسي : شدة التيار تتناقص خلال الشحن من قيمة قصوية $i_0 = E/R$ إلى قيمة تقارب الصفر كلما تقدمت مرحلة الشحن صعب شحن المكثف .

- حالة التفريغ : $u_R = -u_C$ ومنه

$$i = -u_C/R = -E.e^{-t/RC}/R$$

$$i(t) = i_0 .e^{-\frac{t}{RC}}$$ ⇐ $i_0 = -E / R$: نضع

4.5) معادلة الأبعاد لثابتة الزمن $\tau = RC$

لدينا : [RC] = [R].[C]

$$\mathbf{R = U / I \Rightarrow [R] = [U].[I]^{-1}}$$
$$\mathbf{C = q / u \Rightarrow [C] = [Q]/[U] \Rightarrow [C] = [I].[t]/[U]}$$

$$\mathbf{[RC]=[U].[I]^{-1}.[I].[t].[U]^{-1} \Rightarrow [RC] =[t]}$$

ل$\tau = RC$ بعد الزمن ويعبر عنها في النظام العالمي بك الثانية s