المجال : التطورات الرتيبة

الوحدة : دراسة ظواهر كهربائية

الأستاذ :....................

الموضوع : المكثفات وثنائي القطب RC

المستوى : 3ع ت + 3 ر

*- مكتسبات قبلية :

- التيار الكهربائي المستمر : هوكل تيار تكون شدته ثابتة بدلالة الزمن

- التيار الكهربائي المتناوب : هوكل تيار تكون شدته متغيرة بدلالة الزمن (جيبي ، سن المنشار ، ذو إشارة مربعة)

- تقاس شدة التيار الكهربائي بجهاز الآمبير- متر الذي يربط على التسلسل في الدارة وتقدر بوحدة الآمبير (A)

- تقاس شدة التوتر الكهربائي بجهاز الفولط - متر الذي يربط على التفرع في الدارة وتقدر بوحدة الفولط (V)

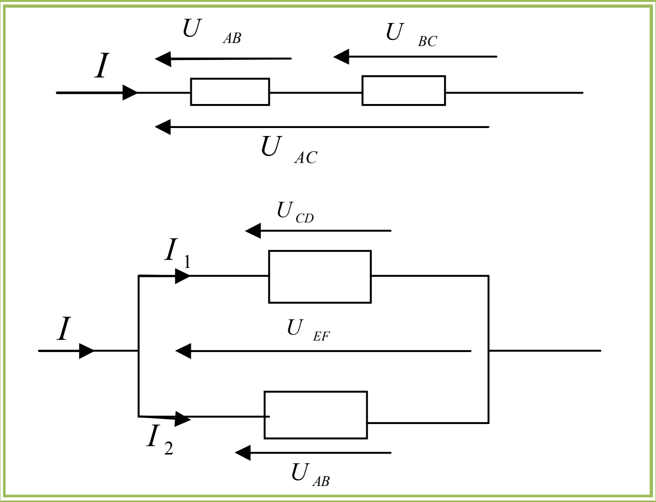
- يمثل التوتر الكهربائي في دارة بسهم يتجه من الكمون المنخفض نحو الكمون المرتفع .

- جهة التيار الاصطلاحية تكون من القطب الموجب للمولد نحو قطبه السالب .

- جهة حركة الإلكترونات تكون عكس الجهة الإصطلاحية للتيار أي من القطب السالب للمولد نحو قطبه الموجب .

- راسم الاهتزاز المهبطي يسمح بمشاهدة منحنى التوتر الكهربائي بين نقطتين حيث نقرأ الإشارة بين الأرضي وأحد المدخلين .

- قانون التوترات :



*حالة دارة على التسلسل :

$$\boxed{U_{AC} = U_{AB} + U_{BC}}$$

*حالة دارة على التفرع :

$$\boxed{U_{AB} = U_{CD} = U_{EF}}$$

- قا نون العروات (الحلقات):

- العروة هي كل إطارمغلق $(ABCA)$

وحسب قانون جمع التوترات فإن $U_{AC} = U_{AB} + U_{BC}$

$$\boxed{U_{AC} = U_{AB} + U_{BC} \Leftrightarrow U_{AB} + U_{BC} - U_{AC} = 0 \Leftrightarrow U_{AB} + U_{BC} + U_{CA} = 0}$$

نتيجة : مجموع توترات العروة الواحدة معدوم

- قانون الشدات :

حالة دارة على التسلسل : $i = C^{te}$

حالة دارة على التفرع : $i = i_1 + i_2$

قانون أوم بين طرفي الناقل الأومي : $U_R = R\cdot i$

- قانون أوم بين طرفي مولد التوتر : $U_{AB} = U_A - U_B = E - r\cdot i$ وإذا كان $r = 0$ يصبح $U_{AB} = E$ (مولد مثالي)

*ملاحظة :

- يكون مولد التوترمثاليا :عندما تبقى شدة التوتر ثابتة لاتتغير بدلالة شدة التيار .

- ويكون مولد التيارمثاليا : عندما تبقى شدة التيار ثابتة لاتتغيربدلالة التوتر .

*تجميع المقاومات :

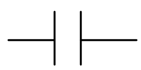
- على التسلسل : $R = R_1 + R_2 + R_3 + ...$

- على التفرع : $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + ...$

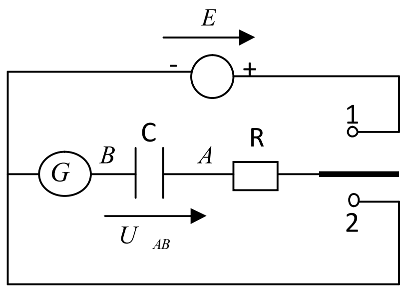
1 - المكثفات وثنا ئي القطب RC:

1.1 -خصائص المكثفة :

أ- وصف المكثفة : تتكون المكثفة من لبوسين (صفيحتين ناقلتين متماثلتين) يفصل بينهما عازل للكهرباء

مثل (الهواء ، الورق ، الشمع ، الخزف ، البرافين ....) ويرمز لها في الدارة بالرمز 

ب- شحن وتفريغ المكثفة :



نشاط تجريبي : نحقق الدارة الكهربائية المقابلة باستعمال مولد للتوترات

كما في الشكل :

أ- شحن المكثفة :لشحن المكثفة نضع البادلة في الوضع (1)

الملاحظة : نلاحظ إنحراف مؤشر الغلفانومتر ذو الصفر المركزي في جهة معينة ثم عودته إلى الصفر دلالة على مرورتيار كهربائي تحت تأثير التوتر الكهربائي للمولد حيث تغادر الإلكترونات اللبوس A فيشحن بشحنة موجبة $+q_A$ لتصل إلى اللبوس B وتتراكم عنده بسبب وجود العازل فيشحن بشحنة سالبة $-q_B$ فنقول أن المكثفة تشحن .

كما يشير الفولط – متر بين طرفي المكثفة إلى القيمة $U_{AB} = U_C$ التي تتزايد تدريجيا مع زيادة الشحنة المتنقلة بين اللبوسين حتى تبلغ القيمة $U_{AB} = U_C = E$ فنقول أن المكثفة شحنت .

- بعد مدة زمنية ينعدم التيار الكهربائي في الدارة دلالة على إنتهاء عملية شحن المكثفة .

ب- تفريغ المكثفة : لتفريغ المكثفة ننقل البادلة إلى الوضع (2)

الملاحظة : نلاحظ إنحراف مؤشر الغلفانومتر ذو الصفر المركزي في الجهة المعاكسة ثم عودته إلى الصفر دلالة على مرور تيار كهربائي في الدارة تحت تأثير التوتر الموجود بين طرفي المكثفة حيث تغادر الإلكترونات من اللبوس Bنحو اللبوس A مرورا بالمقاومة فنقول أن المكثفة تتفرغ .

- عند تفريغ المكثفة يظهر تيار في الدارة نسميه تيار التفريغ تتناقص شدته بتناقص التوتر بين اللبوسين نتيجة تناقص الشحنة عند اللبوسين - بعد مدة زمنية ينعدم التيار الكهربائي في الدارة دلالة على إنتهاء عملية تفريغ المكثفة ويصبح $U_{AB}=0$.

النتيجة : المكثفة ثنائي قطب كهربائي قادر على تخزين الشحنات الكهربائية .

ملاحظة : شحنة المكثفة هي شحنة أحد اللبوسين رمزها q وتقدر في الجملة الدولية بالكولون (C) .

ج-العلاقة بين شحنة المكثفة وشدة التيار :

شدة التيار الكهربائي هي كمية الكهرباء (الشحنة Δq)التي تجتاز ناقلا كهربائيا خلال مدة زمنية معينة (Δt) وتعطى بالعلاقة $I=\frac{\Delta q}{\Delta t}$

ولما $(\Delta t \to 0)$ نكتب : $\boxed{i=\frac{dq}{dt}}$ وهي مشتق كمية الكهرباء بالنسبة للزمن وتقدر بالآمبير (A)

ملاحظة :

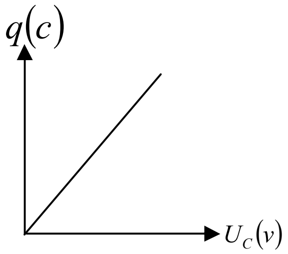
*إذاكان $i=\frac{dq}{dt}>0$ فإن شحنة المكثفة تتزايد (حالة شحن المكثفة)

*إذاكان $i=\frac{dq}{dt}<0$ فإن شحنة المكثفة تتناقص (حالة تفريغ المكثفة)

*إذاكان شدة التيار ثابتة في الدارة فإن $I=\frac{Q}{t}$

د- سعة المكثفة : إن الدراسة التجريبية لشحن وتفريغ مكثفة بينت أن هناك تناسب طردي بين التوتر الكهربائي بن طرفي المكثفة وشحنتها و ثابت التناسب يدعى سعة المكثفة رمزها C وتعطى بالعلاقة $C=\frac{q}{u_C} \Rightarrow q=C \cdot U_C$

*سعة المكثفة هي إمكانية المكثفة على تخزين شحنة كهربائية حيث كلما كانت السعة أكبر كلما خزنت المكثفة شحنة كهربائية أكبر تحت نفس التوتر ، وتقدر السعة في الجملة الدولية بوحدة الفاراد (F).



أجزاء الفاراد هي : - الميكروفاراد: $1\mu F=10^{-6}F$ وهي المستعملة أكثر

- النانوفاراد: $1nF=10^{-9}F$

- البيكوفاراد : $1PF=10^{-12}F$

هـ-العلاقة بين شدة التيار والتوتر الكهربائي بين طرفي مكثفة :

$$i(t)=\frac{dq(t)}{dt}\quad ; \quad q(t)=C\cdot U_C(t)\Rightarrow i(t)=C\cdot\frac{dU_C(t)}{dt}$$

2.1- تجميع المكثفات :

أ- على التسلسل :

$$i=C^{te}\Rightarrow q=C^{te}$$
$$U=U_1+U_2+......$$
$$\frac{q}{C}=\frac{q}{C_1}+\frac{q}{C_2}+......=q\left(\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+.....\right)$$
$$\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+.......$$

ب- على التفرع :

$$i=i_1+i_2+........$$
$$q=q_1+q_2+......$$
$$C\cdot U=C_1\cdot U+C_2\cdot U+........$$
$$C=C_1+C_2+.......$$

3.1- تطور التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة :

1- أثناء شحن المكثفة :

نحقق التركيب التالي باستعمال مكثفة غير مشحونة مع أخذ القيم التالية :

$$E=5V\,,R=10^4\Omega\,,C=2200\ \mu F$$

*نضع البادلة في الوضع (1) فيظهر على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي البيانين (1) و(2) كما في الشكل .

- حدد البيان الذي يمثل (U_{AB}) والبيان الذي يمثل (U_{DB}) .

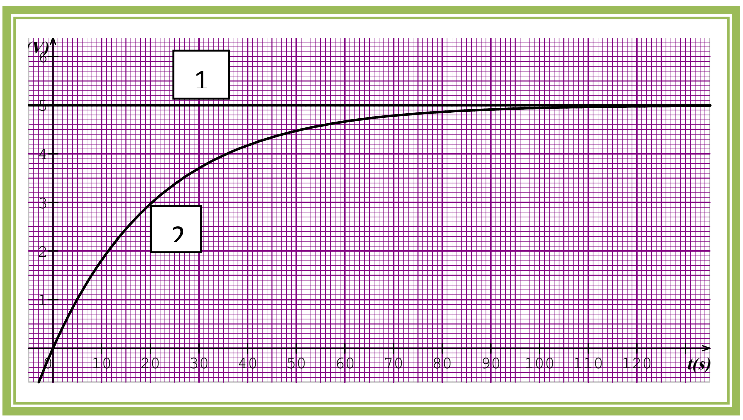
- هل عملية الشحن تتم آنيا ؟

- كيف نحسب شدة التيار الكهربائي المار بالدارة في كل لحظة ؟

- كيف تتوقع أن تتغير شدة التيار الكهربائي خلال الشحن ؟

- أرسم المماس للبيان $U_{AB}=f(t)$ عند المبدأ واستنتج فاصلة نقطة تقاطعه مع محور الأزمنة .

- قارن النتيجة مع الجداء $R\cdot C$ ماذا تلاحظ ؟



يمثل البيان(1) التوتر (U_{DB}) بين طرفي المولد وهو ثابت ويساوي $U_{DB}=E$:

يمثل البيان (2) التوتر (U_{AB}) بين طرفي المكثفة حيث يتزايد التوتر (U_{AB}) تدريجيا خلال مرحلة الشحن (مرحلة إنتقالية) حتى يصل إلى قيمة أعظمية عند نهاية الشحن (مرحلة دائمة) .

عملية الشحن لاتتم آنيا لأنه :

لدينا : $q=C\cdot U_{AB}$ و C مقدار ثابت . وبما أن U_{AB} يتطور تدريجيا فإن q يتطور تدريجيا

- نحسب شدة التيار الكهربائي المار بالدارة في كل لحظة كمايلي :

لدينا : $U_{DB}=U_{DA}+U_{AB}$ أي $E=R\cdot i+U_{AB}\Rightarrow i=\frac{E-U_{AB}}{R}$.

إذن شدة التيار الكهربائي تتناقص أثناء الشحن من قيمة أعظمية $I_0=\frac{E}{R}$ إلى الصفر .

عند رسم المماس للبيان $U_{AB}=f(t)$ عند المبدأ نجد فاصلة نقطة تقاطعه مع محور الأزمنة هي $t=22s$.

- مقارنة هذه النتيجة مع الجداء $R\cdot C$: $RC=10^{4}\times 2200\times 10^{-6}=22\ \Omega\cdot F$

- نسمي الجداء $\tau=R\cdot C$ ثابت الزمن لثنائي القطب (R,C) وهو يتناسب طردا مع كل من المقاومة R والسعة C

- من أجل $C'\rangle C$ فإن ثابت الزمن لثنائي القطب يكون $\tau'\rangle\tau$

- من أجل $R'\rangle R$ فإن ثابت الزمن لثنائي القطب يكون $\tau'\rangle\tau$

- إثبات أن وحدة ثابت الزمن هي الثانية باستعمال التحليل البعدي :

لدينا :

$$i(t)=C\frac{dU_C(t)}{dt}\Rightarrow [C]=\frac{[I]\cdot[T]}{[U]}$$

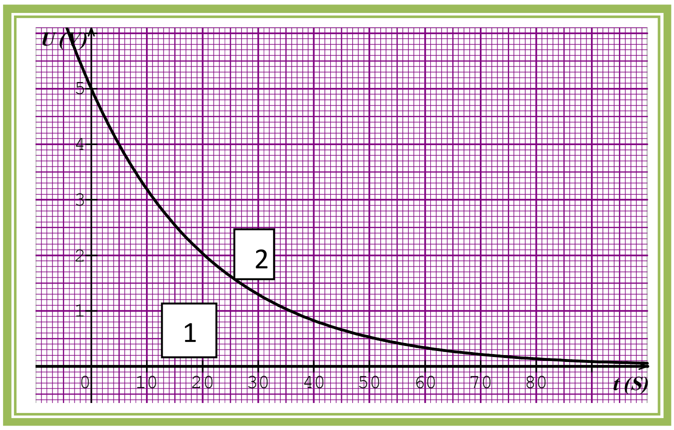
$$U_R=R\cdot i\Rightarrow [R]=\frac{[U]}{[I]}$$

$$[R]\cdot[C]=\frac{[U]}{[I]}\cdot\frac{[I]\cdot[T]}{[U]}=[T]$$

- إن الجداء $\tau=R\cdot C$ متجانس مع الزمن ووحدته هي الثانية .

2- تفريغ المكثفة :

*نضع البادلة في الوضع (2) فيظهر على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي البيانين (1) و(2) كما في الشكل .



- حدد البيان الذي يمثل (U_{AB}) والبيان الذي يمثل (U_{DB}) .

- هل عملية التفريغ تتم آنيا ؟

- كيف تتوقع أن تتغير شدة التيار الكهربائي خلال التفريغ ؟

- يمثل البيان(1) التوتر (U_{DB}) لأن $U_{DB}=0$.

- يمثل البيان (2) التوتر (U_{AB}) بين طرفي المكثفة حيث

يتناقص التوتر (U_{AB}) تدريجيا خلال مرحلة التفريغ (مرحلة إنتقالية) حتى ينعدم عند نهاية التفريغ (مرحلة دائمة) .

- عملية التفريغ لاتتم آنيا لأنه :

لدينا : $q=C\cdot U_{AB}$ و C مقدار ثابت . وبما أن U_{AB} يتطور تدريجيا فإن q يتطور تدريجيا .

- نحسب شدة التيار الكهربائي المار بالدارة في كل لحظة كمايلي :

لدينا : $U_{DB}=U_{DA}+U_{AB}$ أي $0=R\cdot i+U_{AB}\Rightarrow i=\dfrac{-U_{AB}}{R}$.

إذن شدة التيار الكهربائي تتزايد أثناء التفريغ من قيمة أعظمية $I_0=\dfrac{-E}{R}$ إلى الصفر .

ب-الدراسة النظرية :

*المعادلة التفاضلية للتطور :

بتطبيق قانون جمع التوترات : $U_{DB}=U_{DA}+U_{AB}$ نضع $U_{AB}=U_C(t)$ و $U_{DA}=U_R(t)$ تصبح $E=U_R(t)+U_C(t)$.

لدينا :

$$U_R(t)=R\cdot i(t) \quad , \quad q(t)=C\cdot U_C(t)$$

$$i(t)=\frac{dq(t)}{dt} \Rightarrow i(t)=C\cdot\frac{dU_C(t)}{dt}$$

ومنه :

$$E=U_R(t)+U_C(t)\Rightarrow RC\cdot\frac{dU_C(t)}{dt}+U_C(t)=E\Rightarrow \frac{dU_C(t)}{dt}+\frac{1}{RC}\cdot U_C(t)=\frac{E}{RC}$$

نضع $\tau=RC$ فنجد :

$$\boxed{\frac{dU_C(t)}{dt}+\frac{1}{\tau}\cdot U_C(t)=\frac{E}{\tau}}$$

وهي معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى بطرف ثاني حلها من الشكل :

$$\boxed{U_C(t)=E\left(1-e^{-\frac{t}{\tau}}\right)}$$

حالات خاصة :

$t=0 \Rightarrow U_C = E(1-e^{0}) \Rightarrow U_C = 0$	المكثفة غير مشحونة
$t=\tau \Rightarrow U_C = E(1-e^{-1}) \Rightarrow U_C = 0{,}63\,E$	المكثفة شحنت بنسبة
$t=5\tau \Rightarrow U_C = E(1-e^{-5}) \Rightarrow U_C = 0{,}99\,E$	المكثفة شحنت بنسبة 99%
$t=\infty \Rightarrow U_C = E(1-e^{-\infty}) \Rightarrow U_C = E$	المكثفة شحنت كليا (النظام الدائم)

كيفية تحديد ثابت الزمن τ بيانيا :

طريقة المماس :نرسم المماس للمنحنى عند المبدأ (0، 0) فيقطع المستقيم المقارب الأفقي $U_C = E$ في نقطة فاصلتها $t=\tau$.

طريقة 63% : τ هو الفاصلة التي توافق الترتيب $U_C = 0{,}63E$.

*عبارة شدة تيار الشحن : لدينا :

$$U_C(t) = E\left(1-e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \Rightarrow \frac{dU_C(t)}{dt} = \frac{E}{\tau}\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

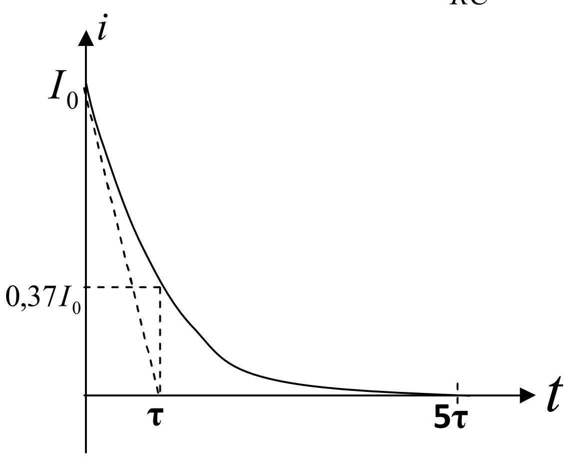
$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt} = C\cdot\frac{dU_C(t)}{dt}$$

ومنه $i(t) = C\cdot\frac{E}{RC}\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

وبما أن :

$$\boxed{I_0 = \frac{E}{R} \Rightarrow i(t) = I_0\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}}$$

*رسم المنحنى $i(t)$:



t	0	τ	5τ	∞
i	I_0	$0{,}37\,I_0$	$0{,}0067\,I_0$	0

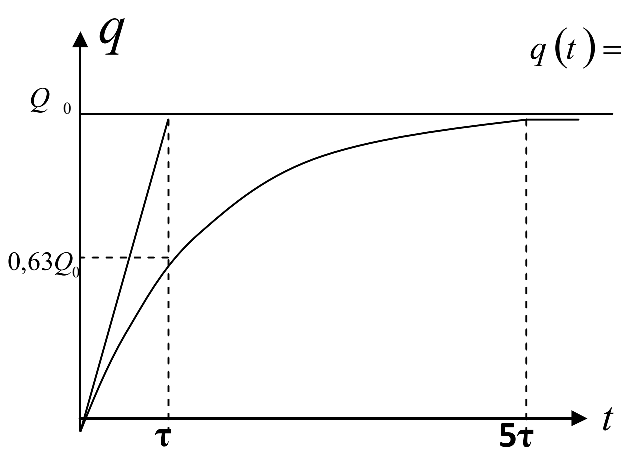
*عبارة شحنة المكثفة : $q(t) = C\cdot U_C(t) \Rightarrow q(t) = CE\,(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$

ومنه :

$$\boxed{q(t) = Q_0\left(1-e^{-\frac{t}{\tau}}\right)}\ .$$

حيث : $Q_0 = CE$ تمثل أعظم قيمة للشحنة .

رسم المنحنى : $q(t)$



t	0	τ	5τ	∞
q	0	$0{,}63Q_0$	$0{,}99Q_0$	Q_0

4.1- تطور التوتر الكهربائي أثناء التفريغ : لتفريغ المكثفة نضع البادلة في الوضع-2-

*المعادلة التفاضلية للتطور : بتطبيق قانون جمع التوترات نجد :

$$U_R(t)+U_C(t)=0 \Rightarrow RC\cdot\frac{dU_C(t)}{dt}+U_C(t)=0 \Rightarrow \frac{dU_C(t)}{dt}+\frac{1}{RC}\cdot U_C(t)=0$$

نضع : $\tau = RC$ فنجد : $\boxed{\frac{dU_C(t)}{dt}+\frac{1}{\tau}\cdot U_C(t)=0}$

وهي معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى بدون طرف ثاني حلها من الشكل : $\boxed{U_C(t)=E\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}}$

عبارة شحنة المكثفة : $\boxed{q(t)=C\cdot U_C(t)\Rightarrow q(t)=CE\cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow q(t)=Q_0\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}}$

*عبارة شدة التيار: لدينا

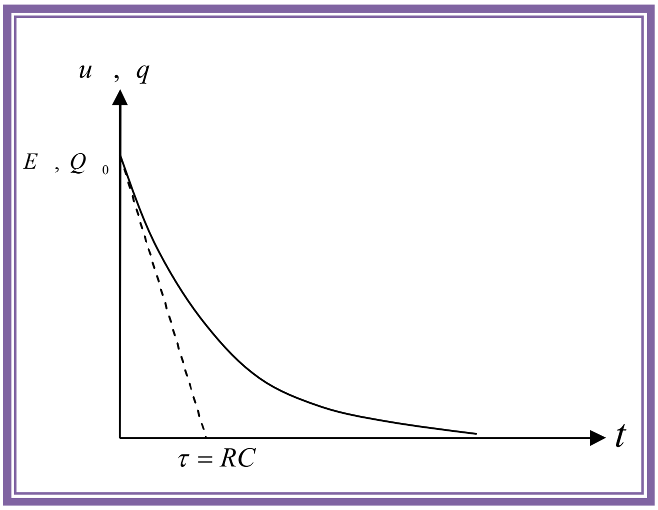
$$U_C(t)=E\cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow \frac{dU_C(t)}{dt}=-\frac{E}{\tau}\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

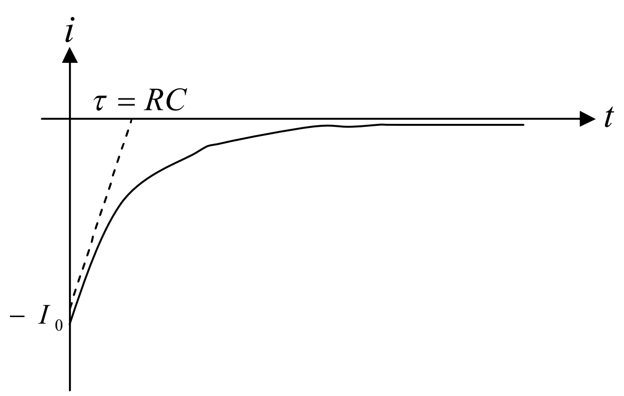
$$i(t)=\frac{dq(t)}{dt}=C\cdot\frac{dU_C(t)}{dt}=-\frac{CE}{\tau}\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}=-\frac{CE}{RC}\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}=-\frac{E}{R}\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

ومنه : $\boxed{i(t)=-I_0\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}}$

*رسم المنحنيات :

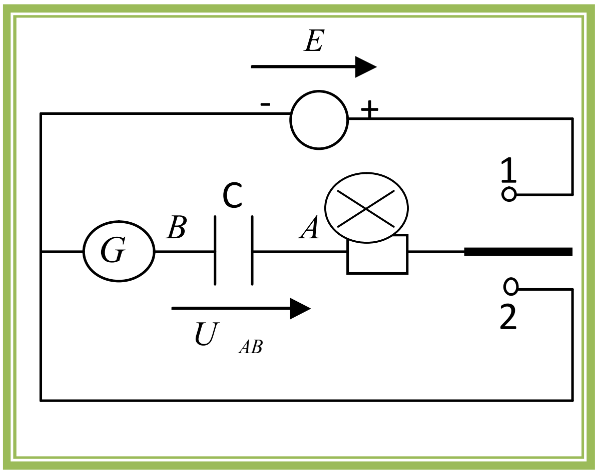
t	0	τ	5τ	∞
U_C	E	$0,37\,E$	$0,0067\,E$	0
q	Q_0	$0,37\,Q_0$	$0,0067\,Q_0$	0
i	$-I_0$	$-0,37\,I_0$	$-0,0067\,I_0$	0





1-5- الطاقة المخزنة في المكثفة :

نشاط :



- نضع البادلة في الوضع -1- فتشحن المكثفة .

- ننقل البادلة إلى الوضع – 2 – فتتفرغ المكثفة عبر المصباح الذي يتوهج .

- نستنتج أن المكثفة تخزن طاقة أثناء الشحن لتعيدها إلى الدارة أثناء التفريغ .

عبارة الطاقة المخزنة في المكثفة :

لدينا: $\boxed{E(c)=\frac{1}{2}C\cdot U_C^{\,2}=\frac{1}{2}q\cdot U_C=\frac{1}{2}\cdot\frac{q^2}{C}}$

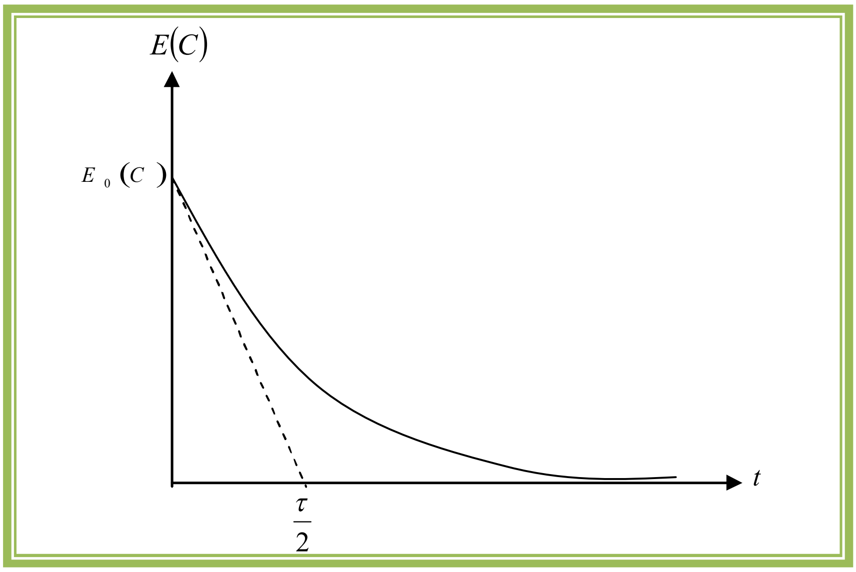
أثناء التفريغ : $U_C=E\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}\Rightarrow E(C)=\frac{1}{2}C\cdot E^2\cdot e^{-\frac{2t}{\tau}}\Rightarrow E(C)=E_0(C)\cdot e^{-\frac{2t}{\tau}}$.

- زمن تناقص طاقة المكثفة إلى النصف أثناء التفريغ :

لدينا : لما $t=t_{\frac{1}{2}}\Rightarrow E(C)=\frac{E_0(C)}{2}\Rightarrow\frac{E_0(C)}{2}=E_0(C)\cdot e^{-\frac{2t}{\tau}}\Rightarrow e^{-\frac{2t_{\frac{1}{2}}}{\tau}}=\frac{1}{2}\Rightarrow-\frac{2t_{\frac{1}{2}}}{\tau}=-Ln2$

ومنه : $\boxed{t_{\frac{1}{2}}=\frac{\tau}{2}\cdot Ln2}$

رسم المنحنى : $E(C)=f(t)$



إثبات أن المماس للمنحنى عند المبدأ يقطع محور الأزمنة في نقطة فاصلتها $t=\frac{\tau}{2}$:

لدينا: $\left(\frac{dE(C)}{dt}\right)_{t=0}\cdot t+E_0(C)=0\Rightarrow-\frac{2}{\tau}E_0(C)\cdot t+E_0(C)=0\Rightarrow t=\frac{\tau}{2}$

1 – أثناء شحن المكثفة :

*نضع البادلة في الوضع (1) فيظهر على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي البيانين (1) و(2) كما في الشكل .

- حدد البيان الذي يمثل (U_{AB}) والبيان الذي يمثل (U_{DB}) .

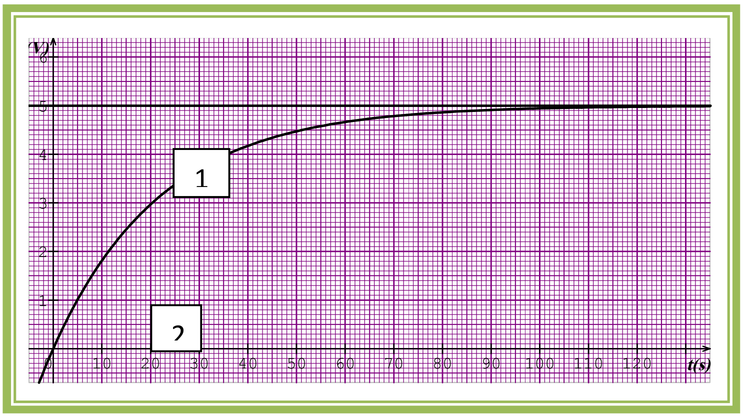
- هل عملية الشحن تتم آنيا ؟

- كيف نحسب شدة التيار الكهربائي المار بالدارة في كل لحظة ؟

- كيف تتوقع أن تتغير شدة التيار الكهربائي خلال الشحن ؟

- أرسم المماس للبيان $U_{AB} = f(t)$ عند المبدأ واستنتج فاصلة نقطة تقاطعه مع محور الأزمنة .

- قارن النتيجة مع الجداء $R \cdot C$ ماذا تلاحظ ؟



يمثل البيان(1) التوتر (U_{DB}) بين طرفي المولد وهو ثابت ويساوي $U_{DB} = E$:

يمثل البيان (2) التوتر $(U_{AB} = U_C)$ بين طرفي المكثفة وهو يبرز وجود نظامين :

نظام إنتقالي :يتزايد فيه التوتر $(U_{AB} = U_C)$ تدريجيا خلال مرحلة الشحن .

نظام دائم : يصل فيه التوتر $(U_{AB} = U_C)$ إلى قيمة أعظمية $(U_{AB} = U_C = E)$ عند نهاية الشحن.

عملية الشحن لاتتم آنيا لأنه :

لدينا : $q = C \cdot U_{AB}$ و C مقدار ثابت . وبما أن U_{AB} يتطور تدريجيا فإن q يتطور تدريجيا

- نحسب شدة التيار الكهربائي المار بالدارة في كل لحظة كمايلي :

لدينا حسب قانون جمع التوترات : $U_{DB} = U_{DA} + U_{AB}$ أي $E = R \cdot i + U_C \Rightarrow i = \dfrac{E - U_C}{R}$.

لما : $t = 0$ فإن $U_C = 0$ ومنه $i = I_0 = \dfrac{E}{R}$

ولما : $t = \infty$ فإن $U_C = E$ ومنه $i = 0$

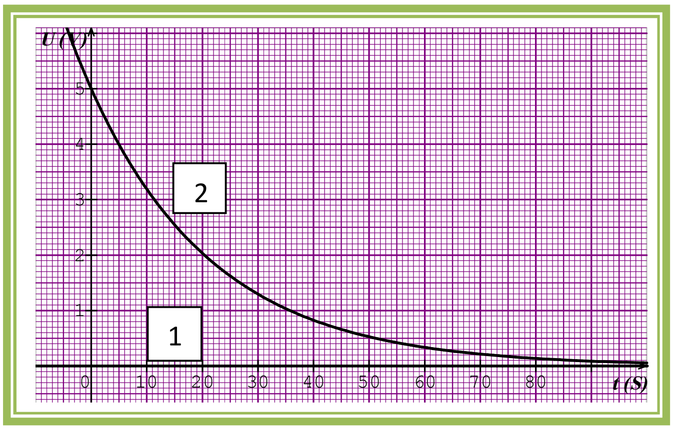
إذن شدة التيار الكهربائي تتناقص أثناء الشحن من قيمة أعظمية $I_0 = \dfrac{E}{R}$ إلى الصفر .

عند رسم المماس للبيان $U_{AB} = f(t)$ عند المبدأ نجد فاصلة نقطة تقاطعه مع محور الأزمنة هي $t = 22s$.

- مقارنة هذه النتيجة مع الجداء $R \cdot C$: $RC = 10^4 \times 2200 \times 10^{-6} = 22\ \Omega \cdot F$

2- أثناء تفريغ المكثفة :

*نضع البادلة في الوضع (2) فيظهر على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي البيانين (1) و(2) كما في الشكل .



- حدد البيان الذي يمثل (U_{AB}) والبيان الذي يمثل (U_{DB}) .

- هل عملية التفريغ تتم آنيا ؟

- كيف تتوقع أن تتغير شدة التيار الكهربائي خلال التفريغ ؟

- يمثل البيان(1) التوتر (U_{DB}) لأن $U_{DB}=0$.

- يمثل البيان (2) التوتر (U_{AB}) بين طرفي المكثفةوهو يتطور تدريجيا مبرزا نظامين :

نظام إنتقالي :يتناقص فيه التوتر $(U_{AB}=U_C)$ تدريجيا خلال مرحلة التفريغ .

نظام دائم : ينعدم فيه التوتر $(U_{AB}=U_C)$ عند نهاية التفريغ$(U_{AB}=U_C=0)$.

- عملية التفريغ لاتتم آنيا لأنه :

لدينا : $q=C\cdot U_{AB}$ و C مقدار ثابت . وبما أن U_{AB} يتطور تدريجيا فإن q يتطور تدريجيا .

- نحسب شدة التيار الكهربائي المار بالدارة في كل لحظة كمايلي :

لدينا حسب قانون جمع التوترات : $U_{DB}=U_{DA}+U_{AB}$ أي $0=R\cdot i+U_C \Rightarrow i=\frac{-U_C}{R}$.

لما : $t=0$ فإن $U_C=E$ ومنه $i=I_0=-\frac{E}{R}$

ولما : $t=\infty$ فإن $U_C=0$ ومنه $i=0$

إذن شدة التيار الكهربائي تتزايد أثناء التفريغ من قيمة أعظمية سالبة $I_0=\frac{-E}{R}$ إلى الصفر .

عند رسم المماس للبيان $U_{AB}=f(t)$ عند المبدأ نجد فاصلة نقطة تقاطعه مع محور الأزمنة هي $t=22s$.

- مقارنة هذه النتيجة مع الجداء $R\cdot C$: $RC=10^4\times 2200\times 10^{-6}=22\ \Omega\cdot F$

ونسجل قيم $U_C(t)$ فنحصل على جدول القياسات التالي :

t(s)	0,0	5,0	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
$U_C(V)$	0,0	1,0	1,8	2,5	3,0	3,4	3,7	4,0	4,2	4,4	4,5	4,6	4 ,7

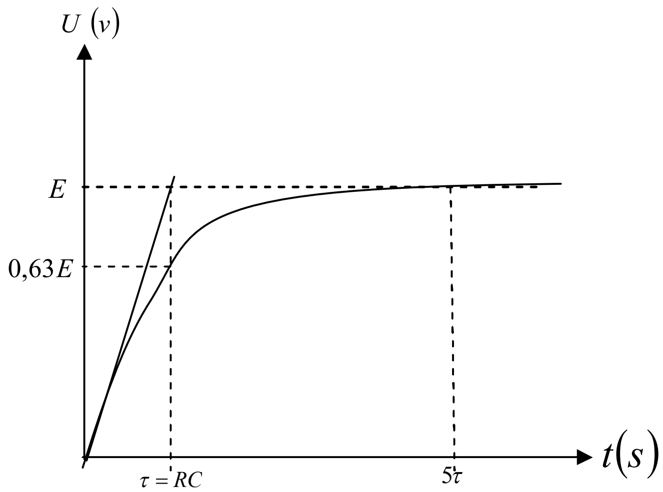
***رسم المنحنى** $U_C = f(t)$

*إن المنحنى $U_C = f(t)$ يبرز وجود نظامين

- نظام إنتقالي : يتزايد فيه U_C من الصفر إلى القيمة E.

- نظام دائم : يصل فيه U_C إلى قيمة حدية ثابتة $U_C = E$.

*نرسم المماس للمنحنى $U_C = f(t)$ عند المبدأ(0,0)فنلاحظ



أنه يقطع المستقيم $U_C = E$ في نقطة فاصلتها t=22s.

- هذه القيمة توافق الجداء RC

بحيث $RC = 10^4 \times 2200 \times 10^{-6}$

ومنه $RC = 22\ \Omega \cdot F$

*ثابت الزمن :

نسمي الجداء RC بثابت الزمن لثنائي القطب $\tau = RC$

*تحديد وحدة τ بالتحليل البعدي :

لدينابالنسبة للمكثفة :

$$i(t) = C\frac{dU_C(t)}{dt} \Rightarrow [C] = \frac{[I]\cdot[T]}{[U]}$$

$$\Rightarrow [RC] = \frac{[U]}{[I]}\cdot\frac{[I]\cdot[T]}{[U]} = [T]$$

بالنسبة للمقاومة :

$$U_R = R\cdot I \Rightarrow [R] = \frac{[U]}{[I]}$$

***تأثير R,C على ثابت الزمن :**

تزداد مدة شحن المكثفة المشكلة لثنائي القطب RC بزيادة السعة والمقاومة وبالتالي يزداد τ.

ب-الدراسة النظرية :

*المعادلة التفاضلية للتطور :

بتطبيق قانون جمع التوترات : $U_{DB}=U_{DA}+U_{AB}$ نضع $U_{AB}=U_C(t)$ و $U_{DA}=U_R(t)$ تصبح $E=U_R(t)+U_C(t)$.

لدينا : $U_R(t)=R\cdot i(t) \quad , \quad q(t)=C\cdot U_C(t)$

$$i(t)=\frac{dq(t)}{dt} \quad \Rightarrow \quad i(t)=C\cdot\frac{dU_C(t)}{dt}$$

ومنه : $E=U_R(t)+U_C(t) \Rightarrow RC\cdot\frac{dU_C(t)}{dt}+U_C(t)=E \Rightarrow \frac{dU_C(t)}{dt}+\frac{1}{RC}\cdot U_C(t)=\frac{E}{RC}$

نضع $\tau = RC$ فنجد : $\frac{dU_C(t)}{dt}+\frac{1}{\tau}\cdot U_C(t)=\frac{E}{\tau}$

وهي معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى بطرف ثاني حلها من الشكل : $U_C(t)=E\left(1-e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$

حالات خاصة :

$t=0 \Rightarrow U_C=E\left(1-e^{0}\right) \Rightarrow U_C=0$	المكثفة غير مشحونة
$t=\tau \Rightarrow U_C=E\left(1-e^{-1}\right) \Rightarrow U_C=0,63\,E$	المكثفة شحنت بنسبة
$t=5\tau \Rightarrow U_C=E\left(1-e^{-5}\right) \Rightarrow U_C=0,99\,E$	المكثفة شحنت بنسبة 99%
$t=\infty \Rightarrow U_C=E\left(1-e^{-\infty}\right) \Rightarrow U_C=E$	المكثفة شحنت كليا (النظام الدائم)

كيفية تحديد ثابت الزمن τ بيانيا :

طريقة المماس : نرسم المماس للمنحنى عند المبدأ (0، 0) فيقطع المستقيم المقارب الأفقي $U_C=E$ في نقطة فاصلتها $t=\tau$.

طريقة 63% : τ هو الفاصلة التي توافق الترتيب $U_C=0{,}63E$.

*عبارة شدة تيار الشحن :

لدينا :

$$U_C(t)=E\left(1-e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \Rightarrow \frac{dU_C(t)}{dt}=\frac{E}{\tau}\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

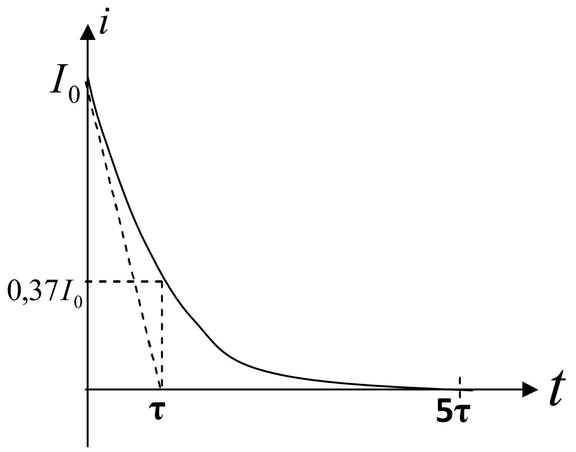
$$i(t)=\frac{dq(t)}{dt}=C\cdot\frac{dU_C(t)}{dt}$$

ومنه $i(t)=C\cdot\frac{E}{RC}\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

وبما أن : $I_0=\frac{E}{R} \Rightarrow i(t)=I_0\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

*رسم المنحنى $i(t)$:

t	0	τ	5τ	∞
i	I_0	$0{,}37\,I_0$	$0{,}0067\,I_0$	0



*عبارة شحنة المكثفة :

$$q(t) = C \cdot U_C(t) \Rightarrow q(t) = CE\,(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

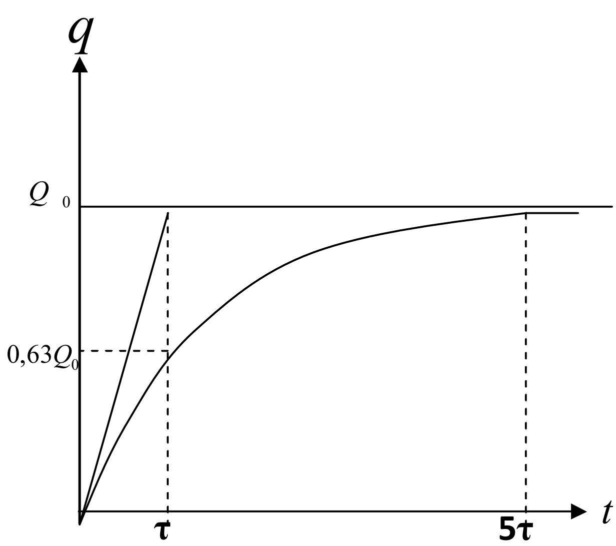
ومنه :

$$q(t) = Q_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

حيث : $Q_0 = CE$ تمثل أعظم قيمة للشحنة .

رسم المنحنى : $q(t)$

t	0	τ	5τ	∞
q	0	$0{,}63Q_0$	$0{,}99Q_0$	Q_0



4.1- تطور التوتر الكهربائي أثناء التفريغ :

لتفريغ المكثفة نضع البادلة في الوضع-2-

*المعادلة التفاضلية للتطور :

بتطبيق قانون جمع التوترات :

$$U_R(t) + U_C(t) = 0 \Rightarrow RC \cdot \frac{dU_C(t)}{dt} + U_C(t) = 0 \Rightarrow \frac{dU_C(t)}{dt} + \frac{1}{RC} \cdot U_C(t) = 0$$

نضع : $\tau = RC$ فنجد $\frac{dU_C(t)}{dt} + \frac{1}{\tau} \cdot U_C(t) = 0$ وهي معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى بدون طرف ثاني حلها من الشكل : $U_C(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

عبارة شحنة المكثفة : $q(t) = C \cdot U_C(t) \Rightarrow q(t) = CE \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow q(t) = Q_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

*عبارة شدة التيار :لدينا

$$U_C(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow \frac{dU_C(t)}{dt} = -\frac{E}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt} = C \cdot \frac{dU_C(t)}{dt} = -\frac{CE}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = -\frac{CE}{RC} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = -\frac{E}{R} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

ومنه : $i(t) = -I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

*رسم المنحنيات :

t	0	τ	5τ	∞
U_C	E	$0{,}37\,E$	$0{,}0067\,E$	0
q	Q_0	$0{,}37\,Q_0$	$0{,}0067\,Q_0$	0
i	$-I_0$	$-0{,}37\,I_0$	$-0{,}0067\,I_0$	0

2 – الوشائع وثنائي القطب RL :

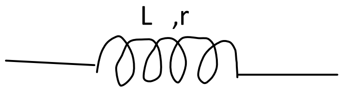
1.2- الوشيعة وتصرفها في جزء من الدارة :

أ- تعريف الوشيعة :

هي عنصركهربائي يتألف من سلك ناقل (عادة من النحاس) محاط بعازل ملفوف بشكل حلقات وتتميز بثابتين هما :

* المقاومة الداخلية (r): وحدتها الأوم Ω

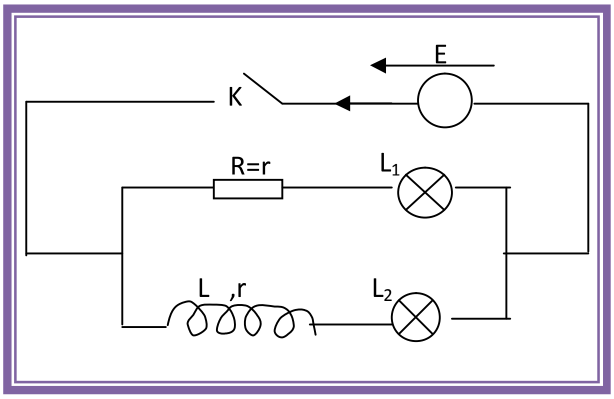
* الذاتية أومعامل التحريض الذاتي (L): وحدتها الهنري H



* رمزها الإصطلاحي في الدارة كمايلي :

ب- تأثير الوشيعة على التيار :

نحقق التركيب كما في الشكل الجانبي .



* عند غلق القاطعة نلاحظ توهج المصباح L_1 قبل المصباح L_2 وبعد مدة قصيرة يتوهجان بنفس الشدة

*عند فتح القاطعة ينطفىء المصباح L_1 قبل المصباح L_2

* التفسير :

- الوشيعة تقاوم التغيير المفاجىء في شدة التيار وذلك بسبب ظاهرة التحريض حيث تولد تيارا متحرضا يعاكس بأفعاله السبب الذي أدى إلى حدوثه .

- إن قطع التيار عن الوشيعة يجعلها تتحرض ذاتيا لتعطي توترا مفرطا .

*نتيجة : الوشيعة ليست مجرد ناقل أومي فهي تتصرف وفق نظامين :

- نظام إنتقالي : تؤخر الوشيعة لوقت قصير إقامة وانعدام التيار في الدارة .

- نظام دائم : تتصرف الوشيعة كناقل أومي عندما يجتازها تيار ثابت الشدة .

ج- العبارة اللحظية للتوتر بين طرفي وشيعة :

تعطى بالعلاقة :

$$U_b(t) = r \cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt}$$

ملاحظة : إذا كانت الوشيعة صافية فإن :

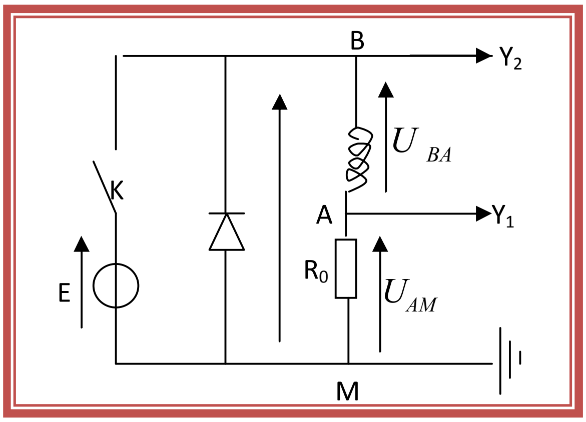
$$r = 0 \Rightarrow U_b(t) = L \cdot \frac{di(t)}{dt}$$

* في النظام الدائم تتصرف الوشيعة كناقل أومي :

$$\boxed{i = C^{te} \Rightarrow \frac{di(t)}{dt} = 0 \Rightarrow U_b(t) = r \cdot i(t)}$$

2.2- تطور التيار الكهربائي المار في ثنائي القطب RL:

1-الدراسة التجريبية :



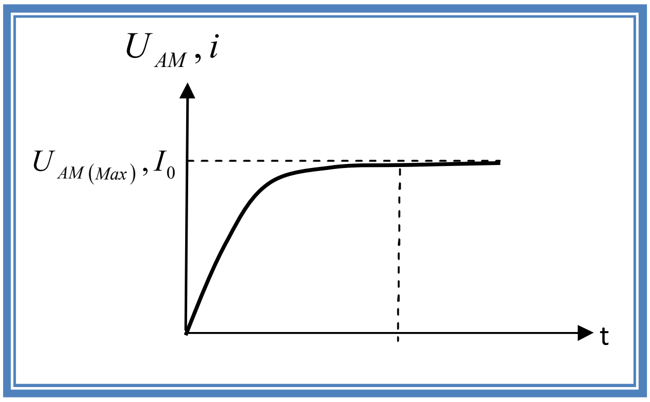
نحقق التركيب كما في الشكل الجانبي :

الصمام الثنائي يسمح بمرور التيار في جهة واحدة

ودوره هو حماية الدارة من التوتر المفرط الناشىء

عن تحريض الوشيعة أثناء قطع التيار عنها فجأة .

أ- ظهور التيار :



عند غلق القاطعة يظهر على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي

المنحنى $U_{AM} = f(t)$ الذي يتطور تدريجيا وفق نظامين :

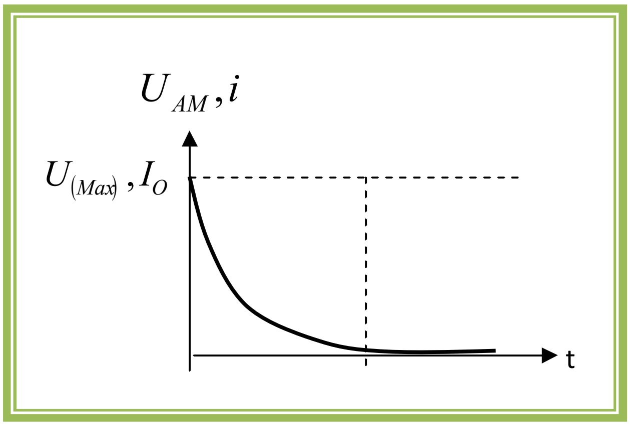
بما أن $U_{AM} = R_0 \cdot i$ و $R_0 = C^{te}$ فإن المنحنى $i = f(t)$

يتطور تدريجيا وفق نظامين مثل $U_{AM} = f(t)$:

*نظام دائم : تتزايد فيه شدة التيار مقتربة من القيمة الحدية .

*نظام إنتقالي : تبلغ فيه شدة التيار قيمتها العظمى : $I_0 = \dfrac{U_{AM\,(Max)}}{R_0}$

ب-إنقطاع التيار :



عند فتح القاطعة يظهر على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي

المنحنى $U_{AM} = f(t)$ الذي يتطور تدريجيا وفق نظامين :

وكذلك بالنسبة لشدة التيار كما في الشكل .

*نظام إنتقالي : تتناقص فيه شدة التيار مقتربة من قيمة معدومة .

*نظام دائم : تنعدم فيه شدة التيار .

ج- ثابت الزمن لثنائي القطب RL:

يعطى بالعلاقة التالية :

$$\tau = \frac{L}{R + r}$$

* التحليل البعدي لعبارة ثابت الزمن :

لدينا:

$$U_b(t) = L \cdot \frac{di(t)}{dt} \Rightarrow [L] = \frac{[U]\cdot[T]}{[I]} \qquad , [R] = \frac{[U]}{[I]} \Rightarrow [\tau] = \frac{[U]\cdot[T]}{[I]} \cdot \frac{[I]}{[U]} = [T]$$

ومنه τمتجانس مع الزمن ووحدته الثانية .

2- الدراسة التحليلية :

1.2- عند ظهور التيار – القاطعة مغلقة -

حسب قانون جمع التوترات :

$$E = U_R(t) + U_b(t)$$

$$E = R \cdot i(t) + r \cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt}$$

$$E = (R + r)\cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt}$$

بالقسمة على R+r نجد :

$$\frac{E}{R + r} = \frac{L}{R + r} \cdot \frac{di(t)}{dt} + i(t)$$

$$\tau = \frac{L}{R + r} \quad , \quad I_0 = \frac{E}{R + r}$$

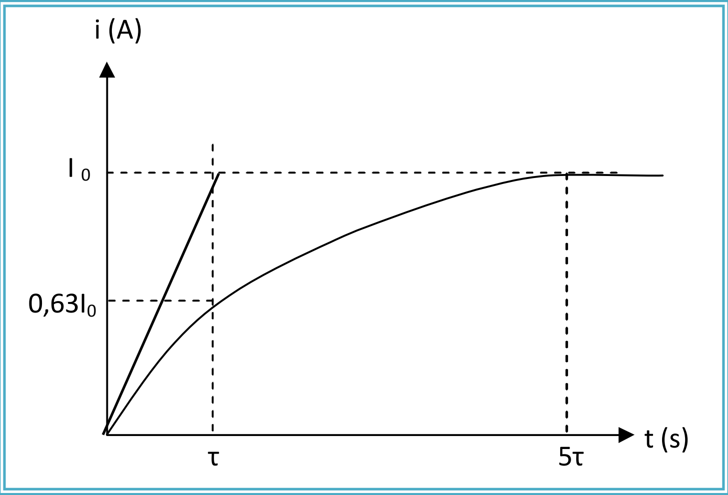
$$\tau \cdot \frac{di(t)}{dt} + i(t) = I_0$$

$$\frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{\tau} \cdot i(t) = \frac{I_0}{\tau}$$

وهي معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى حلها من الشكل :

$$i(t) = I_0\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

رسم المنحنى : $i = f(t)$



t	0	τ	5τ	∞
i	0	$0,63\ I_0$	$0,99I_0$	I_0

*عبارة التوتر بين طرفي الناقل الأومي :

$$U_R(t) = R \cdot i(t) = R \cdot I_0\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

*عبارة التوتر بين طرفي الوشيعة :

$$U_b(t) = r \cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt}$$

$$i(t) = I_0\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \Rightarrow \frac{di(t)}{dt} = \frac{I_0}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{(R+r)I_0}{L} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

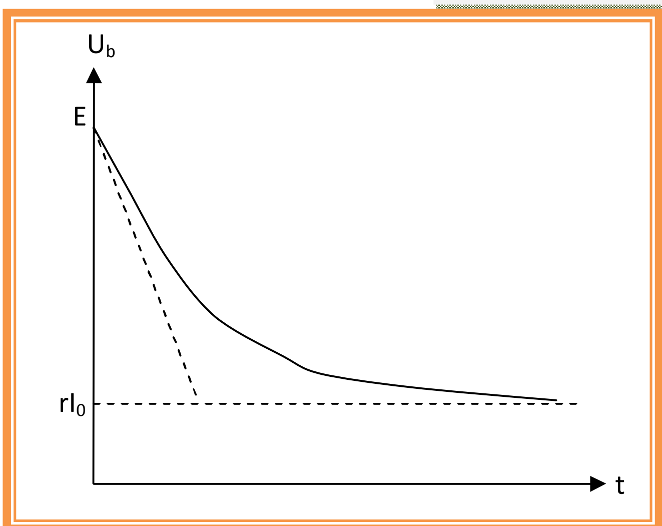
$$U_b(t) = rI_0 - rI_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + (R+r)I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$U_b(t) = rI_0 - rI_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$U_b(t) = rI_0 + (E - rI_0)e^{-\frac{t}{\tau}}$$

رسم المنحنى : $U_b = f(t)$

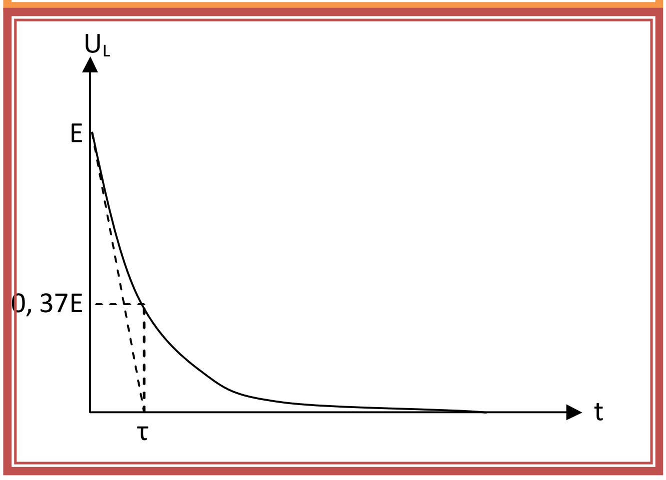
t	0	∞
U_b	E	rI_0



*عبارة التوتر بين طرفي وشيعة صافية :(r=0)

$$U_b(t) = L \cdot \frac{di(t)}{dt} = L \cdot \frac{RI_0}{L} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$U_b(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$



2.2- إنقطاع التيار – فتح القاطعة –

بتطبيق قانون جمع التوترات نجد :

$$0 = U_R(t) + U_b(t)$$
$$0 = R \cdot i(t) + r \cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt}$$
$$0 = (R + r) \cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt}$$

بالقسمة على R+r نجد :

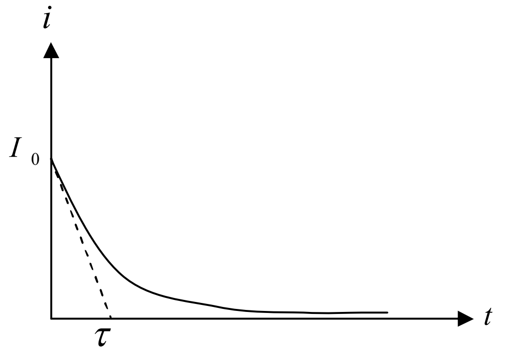
$$0 = \frac{L}{R + r} \cdot \frac{di(t)}{dt} + i(t)$$
$$\tau = \frac{L}{R + r} \quad , \quad I_0 = \frac{E}{R + r}$$
$$\tau \cdot \frac{di(t)}{dt} + i(t) = 0$$
$$\frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{\tau} \cdot i(t) = 0$$

وهي معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى حلها من الشـــــــــــــــكل :

$$i(t) = I_0 \left(e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

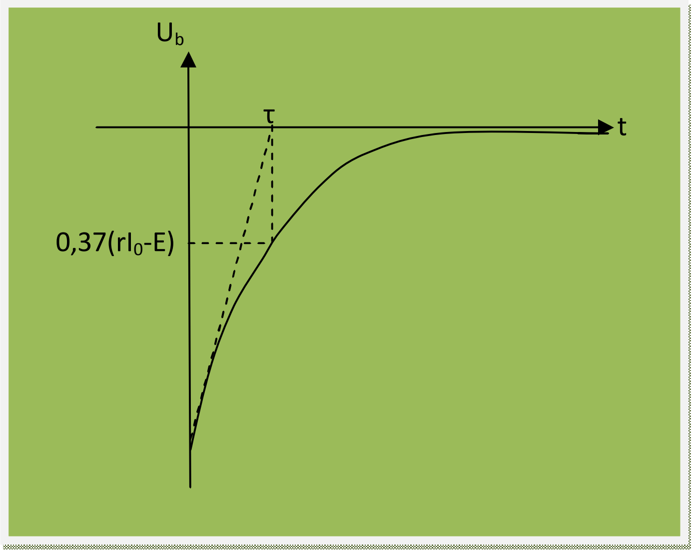
رسم المنحنى : $i = f(t)$

t	0	τ	5τ	∞
i	I_0	0,37 I_0	0,0067I_0	0



$$U_b(t) = r \cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt}$$
$$i(t) = I_0 \left(e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \Rightarrow \frac{di(t)}{dt} = -\frac{I_0}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = -\frac{(R + r) I_0}{L} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$
$$U_b(t) = r I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} - (R + r) I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$
$$U_b(t) = (r I_0 - E) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

رسم المنحنى : $U_b = f(t)$



t	0	∞
U_b	rI_0-E	0

عبارة التوتر بين طرفي وشيعة صافية :

$$U_L(t) = L \cdot \frac{di(t)}{dt} = L \cdot \left(\frac{-I_0}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

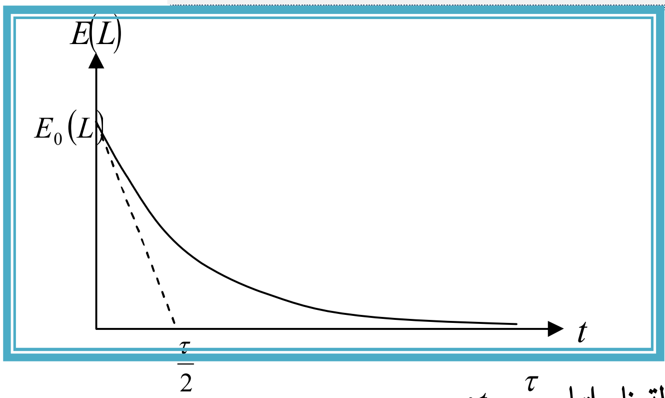
$$U_L(t) = -E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

3.2- الطاقة المخزنة في الوشيعة : عند مرور تيار كهربائي في وشيعة فإنها تخزن طاقة كهربائية تعطى عبارتها كمايلي :

$$E_L(t) = 1/2 \cdot L \cdot i^2(t)$$

لدينا :

$$i(t) = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow E_L(t) = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I_0^2 \cdot e^{-\frac{2t}{\tau}} \Rightarrow E(L) = E_0(L) \cdot e^{-\frac{2t}{\tau}}$$



إثبات أن المماس للمنحنى عند المبدأ يقطع محور الأزمنة في نقطة فاصلتها $t = \frac{\tau}{2}$:

لدينا:

$$\left(\frac{dE(L)}{dt}\right)_{t=0} \cdot t + E_0(L) = 0 \Rightarrow -\frac{2}{\tau} E_0(L) \cdot t + E_0(L) = 0 \Rightarrow t = \frac{\tau}{2}$$

- زمن تناقص طاقة الوشيعة إلى النصف أثناء فتح القاطعة :

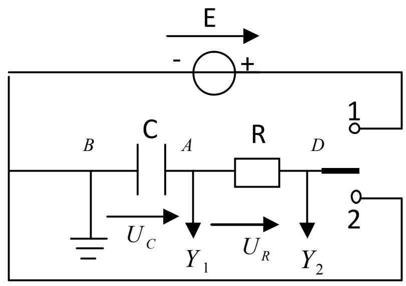
لدينا لما:

$$t = t_{\frac{1}{2}} \Rightarrow E(L) = \frac{E_0(L)}{2} \Rightarrow \frac{E_0(L)}{2} = E_0(L)\cdot e^{-\frac{2t}{\tau}} \Rightarrow e^{-\frac{2t_{\frac{1}{2}}}{\tau}} = \frac{1}{2} \Rightarrow -\frac{2t_{\frac{1}{2}}}{\tau} = -Ln2 \Rightarrow t_{\frac{1}{2}} = \frac{\tau}{2}\cdot Ln\,2$$

أنشطة الوحدة الثالثة

3.1- تطور التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة :

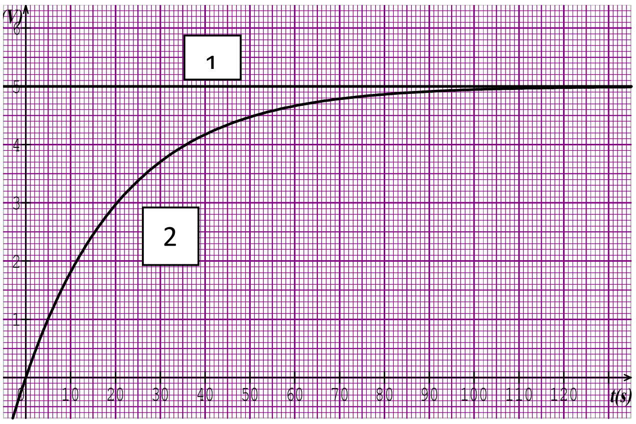
1- أثناء شحن المكثفة :



نحقق التركيب التالي باستعمال مكثفة غير مشحونة مع أخذ القيم التالية :

$$E = 5V\,, R = 10^4\Omega\,, C = 2200\ \mu F$$

*نضع البادلة في الوضع (1) فيظهر على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي البيانين (1) و(2) كما في الشكل .



- حدد البيان الذي يمثل (U_{AB}) والبيان الذي يمثل (U_{DB}) .

- هل عملية الشحن تتم آنيا ؟

- كيف نحسب شدة التيار الكهربائي المار بالدارة في كل لحظة ؟

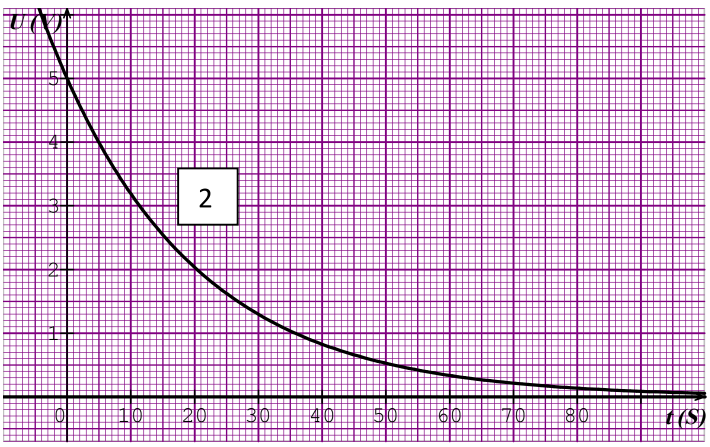
- كيف تتوقع أن تتغير شدة التيار الكهربائي خلال الشحن ؟

- أرسم المماس للبيان $U_{AB} = f(t)$ عند المبدأ واستنتج فاصلة نقطة تقاطعه مع محور الأزمنة .

- قارن النتيجة مع الجداء $R\cdot C$ ماذا تلاحظ ؟

2- تفريغ المكثفة :

*نضع البادلة في الوضع (2) فيظهر على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي البيانين (1) و(2) كما في الشكل .

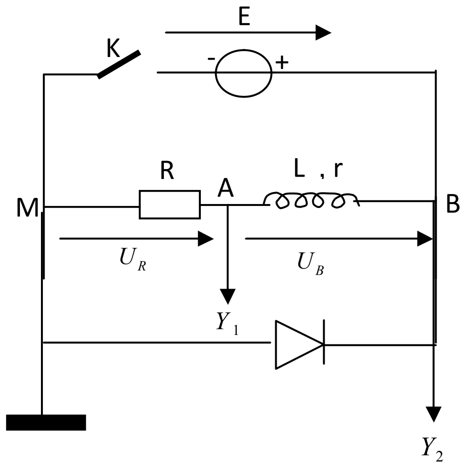


- حدد البيان الذي يمثل (U_{AB}) والبيان الذي يمثل (U_{DB}) .

- هل عملية التفريغ تتم آنيا ؟

- كيف تتوقع أن تتغير شدة التيار الكهربائي خلال التفريغ ؟

3.1- تطور شدة التيار الكهربائي بين طرفي وشيعة تحريضية :

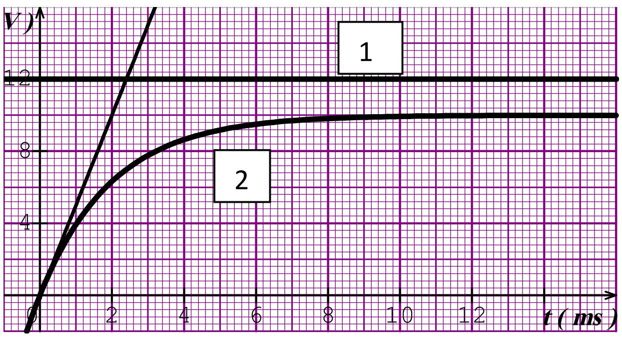


نحقق التركيب التالي باستعمال العناصر الكهربائية التالية :

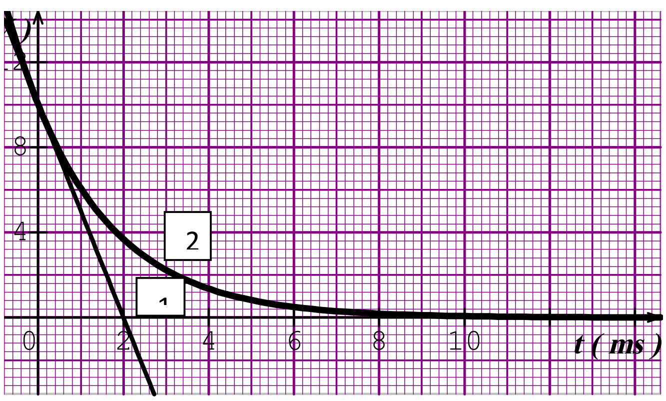
- مولد توتر ثابت $E = 12\,V$.
- وشيعة $(L = 24m\,H \quad , r = 2\,\Omega)$.
- مقاومة $R = 10\,\Omega$.
- صمام ثنائي يسمح بمرور التيار في جهة ولايسمح له بالمرور في الإتجاه المعاكس .
- راسم اهتزاز مهبطي ذو ذاكرة - قاطعة

1- تطور شدة التيار نحو قيمة ثابتة غير معدومة :

*نغلق القاطعة فيظهر على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي البيانين (1) و(2) كما في الشكل .



- حدد البيان الذي يمثل $(U_{AM} = U_R)$ والبيان الذي يمثل (U_{BM}) .
- كيف يتغير التوتر الكهربائي (U_{AM}) ؟
- أي البيانين يمكننا من متابعة تغير شدة التيار الكهربائي ؟
- كيف تتغير شدة التيار الكهربائي المار بالدارة في كل لحظة ؟
- ماهي القيمة العظمى لشدة التيار الكهربائي ؟
- المماس للبيان $U_{AM} = f(t)$ عند المبدأ يقطع المستقيم المقارب الأفقي $(U_{AM})_{\max}$ في نقطة حدد فاصلتها على محور الأزمنة.
- قارن النتيجة التي تحصلت عليها مع قيمة المقدار $\dfrac{L}{R+r}$ ماذا تلاحظ ؟
- باستعمال التحليل البعدي حدد وحدة هذا المقدار .



2- تطور شدة التيارالكهربائي نحو قيمة ثابتة معدومة :

*نفتح القاطعة فيظهر على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي

البيانين (1) و(2) كما في الشكل .- ماذا يمثل كل بيان .

- كيف تتغير شدة التيار الكهربائي في الدارة ؟

- تطور شدة التيار الكهربائي بين طرفي وشيعة تحريضية :

نحقق التركيب التالي باستعمال العناصر الكهربائية التالية :

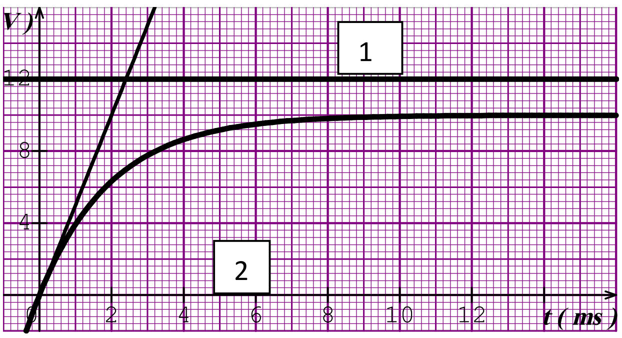
- مولد توتر ثابت $E = 12\,V$. - وشيعة $(L = 24m\,H \quad , r = 2\,\Omega)$. - مقاومة $R = 10\,\Omega$.

- صمام ثنائي يسمح بمرور التيار في جهة ولايسمح له بالمرور في الإتجاه المعاكس .

- راسم اهتزاز مهبطي ذو ذاكرة - قاطعة

1- تطور شدة التيار نحو قيمة ثابتة غير معدومة :

*نغلق القاطعة فيظهر على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي البيانين (1) و(2) كما في الشكل .



- البيان الذي يمثل (U_{BM}) هو البيان (1) لأن $(U_{BM} = C^{te})$.

والبيان الذي يمثل $(U_{AM} = U_R)$ هو المنحنى (2)

- يتغير التوتر الكهربائي (U_{AM}) تدريجيا مبرزا نظامين :

- نظام إنتقالي : يتزايد فيه التوتر تدريجيا مقتربا من قيمة عظمى .

- نظام دائم :يثبت فيه التوتر عند القيمة العظمى.

- البيان الذي يمكننا من متابعة تغير شدة التيار الكهربائي هو البيان (2) لأن :

$U_R = R \cdot i(t)$ وبما أن $R = C^{te}$ فإن $i(t)$ يتطور تدريجيا وفق نظامين مثل المنحنى $(U_{AM} = U_R)$

- نظام انتقالي : تتزايد فيه شدة التيار مقتربة من القيمة العظمى .

نظام دائم :يثبت فيه شدة التيار عند القيمة العظمى

- القيمة العظمى لشدة التيار الكهربائي هي : حسب قانون جمع التوترات $E = (R + r) \cdot I_0 \Rightarrow I_0 = \dfrac{E}{R + r} = 1A$

أو : $I_0 = \dfrac{U_{R\,max}}{R} = 1A$

- المماس للبيان $U_{AM} = f(t)$ عند المبدأ يقطع المستقيم المقارب الأفقي $U_{AM} = 10V$ في نقطة فاصلتها هي $t = \tau = 2 \times 10^{-3}\,s$.

- مقارنة النتيجة المتحصل عليها مع قيمة المقدار $\dfrac{L}{R + r}$

- قيمة المقدار $\frac{L}{R+r}=\frac{24\times10^{-3}}{12}=2\times10^{-3}s$

نلاحظ أن $\tau=\frac{L}{R+r}$ ويسمى ثابت الزمن لثنائي القطب (R,L)

- تحديد وحدة هذا المقدار باستعمال التحليل البعدي .

$$U_L(t)=L\cdot\frac{di(t)}{dt}\Rightarrow[L]=\frac{[U]\cdot[T]}{[I]} \qquad ,[R]=\frac{[U]}{[I]}\Rightarrow[\tau]=\frac{[U]\cdot[T]}{[I]}\cdot\frac{[I]}{[U]}=[T]$$

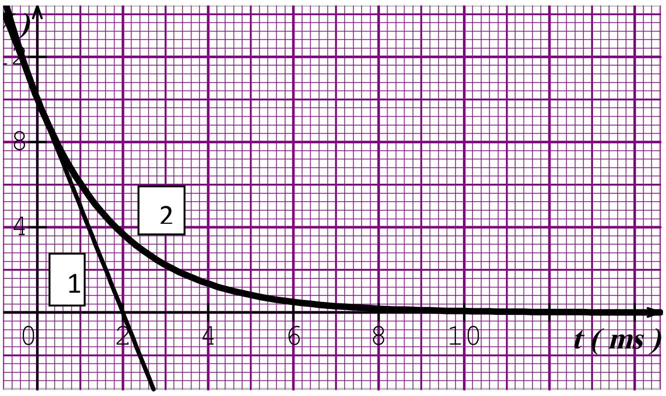
ومنه ثابت الزمن $\tau=\frac{L}{R+r}$ متجانس مع الزمن ووحدته هي الثانية

2- تطور شدة التيارالكهربائي نحو قيمة ثابتة معدومة :

*نفتح القاطعة فيظهر على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي

البيانين (1) و(2) كما في الشكل .-ماذا يمثل كل بيان .

- كيف تتغير شدة التيار الكهربائي في الدارة ؟



البيان الذي يمثل $(U_{AM}=U_R)$ هو المنحنى (2)

- يتغير التوتر الكهربائي (U_{AM}) تدريجيا مبرزا نظامين :

- نظام إنتقالي : يتناقص فيه التوتر تدريجيا مقتربا من قيمة معدومة .

- نظام دائم: ينعدم فيه التوتر بين طرفي الناقل الأومي .

- البيان الذي يمكننا من متابعة تغير شدة التيار الكهربائي هو البيان (2) لأن :

$U_R=R\cdot i(t)$ وبما أن $R=C^{te}$ فإن $i(t)$ يتطور تدريجيا وفق نظامين مثل المنحنى $(U_{AM}=U_R)$

- نظام انتقالي : تتناقص فيه شدة التيار مقتربة من قيمة معدومة .

نظام دائم :تنعدم فيه شدة التيار .