Bac 2021

الطالب (ة): ....

الفيزياء و الكيمياء

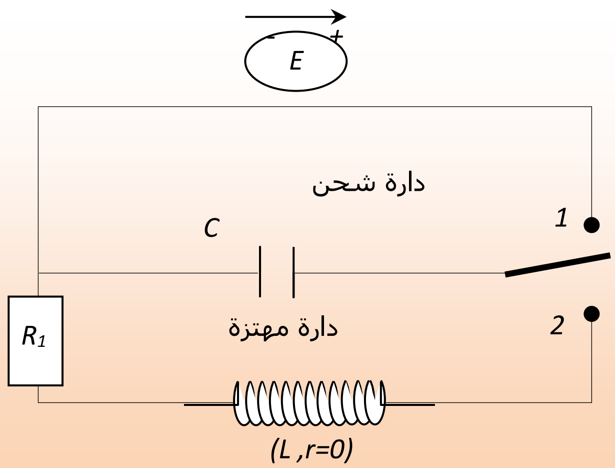
السنة الثالثة ثانوي

علوم تجريبية، رياضيات، تقني رياضي

الوحدة السابعة :

التطورات المهتزة

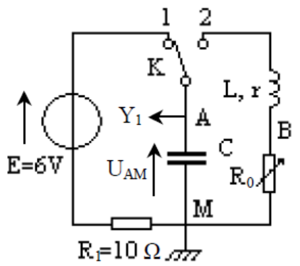
الإهتزازات الحرة لجملة كهربائية



الأستاذ: لقرع لزهر

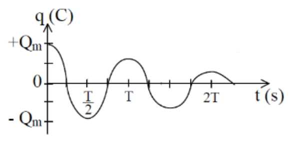
I- الاهتزازات الحرة للدارة R,L,C على التسلسل:

1- تفريغ مكثفة في وشيعة تحريضية:

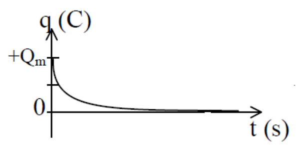


* عند تفريغ مكثفة في وشيعة تحريضية نحصل على **دارة كهربائية مهتزة** و بما أن الدارة لا تتلقى طاقة من الوسط الخارجي فإن الاهتزازات الحاصلة **حرة**.

* عند تغيير قيمة المقاومة المكافئة للدارة $(R = R_0 + r)$ نحصل على ثلاث حالات و هي:



- **حالة اهتزازات متخامدة:** نحصل على **نظام شبه دوري** عندما تكون مقاومة الدارة **صغيرة**. يزداد تخامد الاهتزازات بزيادة مقاومة الدارة (R) و نقصان ذاتية الوشيعة (L) . قيمة شبه الدور (T) تزداد بزيادة سعة المكثفة (C) و ذاتية الوشيعة (L) .



- **حالة تخامد لا دوري:** نحصل على **نظام لا دوري** عندما تكون مقاومة الدارة **كبيرة**.
- **حالة تخامد حرج:** نحصل على **نظام لا دوري حرج** عندما تكون مقاومة الدارة **معتبرة** و ذات قيمة حرجة $(R = R_C)$.

2- الدراسة التحليلية - المعادلة التفاضلية:

لدينا قانون التوترات: $U_{AM} + U_{MB} + U_{BA} = 0$

أي أن: $\frac{q}{C} + R_0.I + (L.\frac{dI}{dt} + r.I) = 0$

و لدينا: $I = \frac{dq}{dt} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{d^2q}{dt^2}$

إذن: $\frac{q}{C} + (R_0 + r).\frac{dq}{dt} + L.\frac{d^2q}{dt^2} = 0$

ومنه: $\boxed{\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{R}{L}.\frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC}.q = 0}$

و هي معادلة تفاضلية من الرتبة الثانية و متجانسة تميز الاهتزازات الحرة المتخامدة للدارة R,L,C على التسلسل.

ملاحظة:

- إذا كانت مقاومة الدارة صغيرة ($R \prec 2\sqrt{\frac{L}{C}}$) فإن حل المعادلة التفاضلية يكون من الشكل: $q(t) = Q_m \exp(-\frac{R}{2L}t) \cos(\omega.t + \varphi)$ فتكون **الدارة مهتزة** اهتزازات كهربائية متخامدة **سعتها متناقصة** بشكل أسي: $Q = Q_m \exp(-\frac{R}{2L}t)$
- إذا كانت مقاومة الدارة كبيرة ($R \succ 2\sqrt{\frac{L}{C}}$) فإن الدارة لا يهتز فنقول عن هذا النظام بأنه **لا دوري**.
- و في حالة $R = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ فإن الدارة تكون في حالة **تخامد حرج**.

II- الاهتزازات الحرة للجملة المثالية L,C :

1- المعادلة التفاضلية:

الجملة المثالية L,C تعتبر حالة خاصة أين تنعدم مقاومة الدارة.

من المعادلة التفاضلية للدارة R,L,C نستنتج أن:

$$\boxed{\frac{d^2q}{dt^2}+\frac{1}{LC}.q=0}$$

و هي معادلة تفاضلية من الرتبة الثانية و متجانسة تميز الاهتزازات الحرة غير المتخامدة للدارة L,C. حلها تابع جيبي للزمن من الشكل:

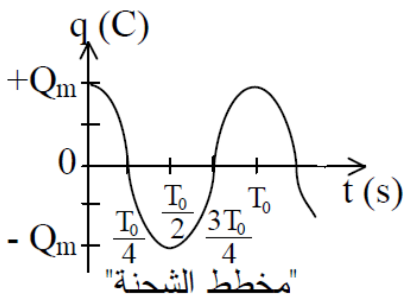
$$\boxed{q(t) = Q_m \cos(\omega_0.t+\varphi)}$$

و هي **المعادلة الزمنية لشحنة المكثفة** .

حيث: Q_m : **الشحنة العظمى** للمكثفة.

ω_0 : **نبض الاهتزازات** و يقدر بـــ rad/s

φ : **الصفحة الابتدائية** و تتعلق بالشروط الإبتدائية و تقدر بـــ rad



"مخطط الشحنة"

حيث: $\varphi = 0$

النبض الذاتي للاهتزازات هو: $\boxed{\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}}$

و **دورها الذاتي** هو: $T_0=\frac{2\pi}{\omega_0}$

أي أن: $\boxed{T_0=2\pi\sqrt{LC}}$

2- التوتر و شدة التيار الكهربائيين:

لدينا: $U_C=\frac{q}{C}$

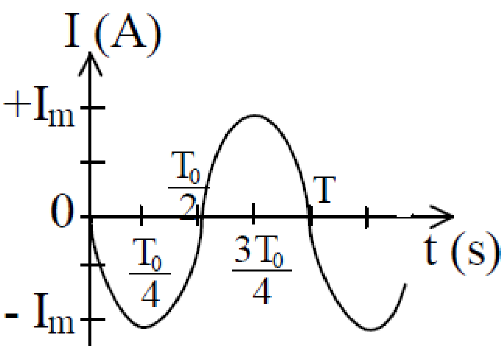
إذن: $U_C(t) = (Q_m/C)\cos(\omega_0.t+\varphi)$

و منه: $\boxed{U_C(t) = U_m \cos(\omega_0.t+\varphi)}$

و لدينا: $I=\frac{dq}{dt}$

إذن: $I(t) = -\,Q_m\,\omega_0 \sin(\omega_0.t+\varphi)$

و منه: $\boxed{I(t) = I_m \sin(\omega_0.t+\varphi+\pi)}$



"مخطط شدة التيار"

3- الدراسة الطاقوية:

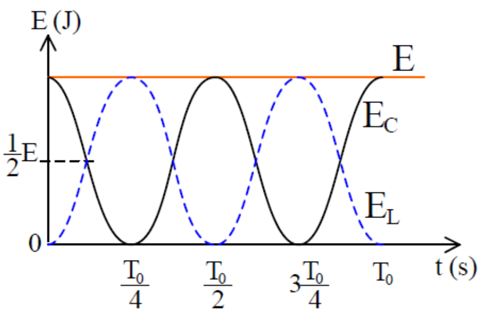
- الطاقة المخزنة في المكثفة: $E(C)=\frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$

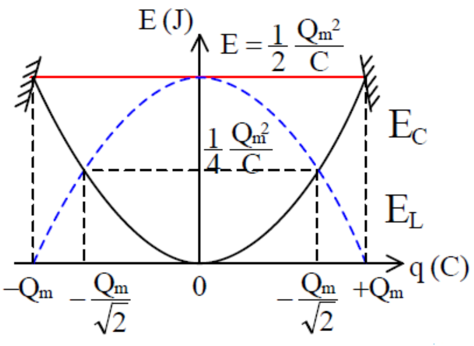
أي أن: $\boxed{E(C)=\frac{1}{2}\frac{Q_m^2}{C}\cos^2(\omega_0.t+\varphi)}$

- الطاقة المخزنة (المتولدة) في الوشيعة: $E(L)=\frac{1}{2}L.I^2$

أي أن: $\boxed{E(L)=\frac{1}{2}L\,Q_m^2\,\omega_0^2\sin^2(\omega_0.t+\varphi)}$

و لدينا: $\omega_0^2=\frac{1}{L.C}$





و منه:
$$\boxed{E(L)=\frac{1}{2}\frac{Q_m^2}{C}\sin^2(\omega_0.t+\varphi)}$$

أي أن:
$$E(L)=\frac{1}{2}\frac{Q_m^2}{C}(1-\cos^2(\omega_0.t+\varphi))$$

و منه:
$$\boxed{E(L)=\frac{1}{2C}(Q_m^2-q^2)}$$

- طاقة الدارة L,C :
$$E=E(C)+E(L)$$

و منه:
$$\boxed{E=\frac{1}{2}\frac{Q_m^2}{C}}$$

فطاقة الدارة L,C ثابتة، حيث يحدث تبادل في الطاقة بين المكثفة و الوشيعة بشكل دوري و مستمر.

III- تغذية الاهتزازات الكهربائية بتعويض التخامد:

1- طاقة الدارة R,L,C:

طاقة الدارة R,L,C هي: $E=E(C)+E(L)$

إذن:
$$E=\frac{1}{2}\frac{q^2}{C}+\frac{1}{2}L.I^2$$

باشتقاق طرفي المعادلة بالنسبة للزمن نجد:
$$\frac{dE}{dt}=\frac{1}{2C}2\,q.\frac{dq}{dt}+\frac{1}{2}L.2\,I.\frac{dI}{dt}$$

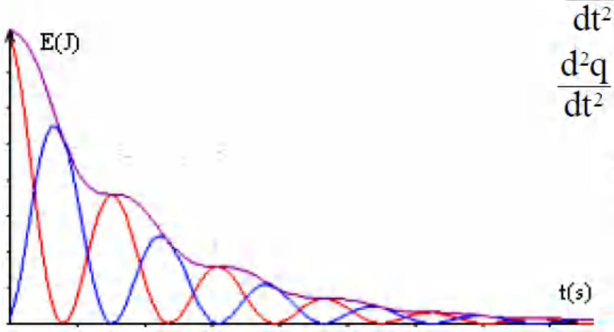
إذن:
$$\frac{dE}{dt}=\frac{1}{C}q\frac{dq}{dt}+L.\frac{dq}{dt}.\frac{d^2q}{dt^2}$$

إذن:
$$\frac{dE}{dt}=L.\frac{dq}{dt}\left(\frac{d^2q}{dt^2}+\frac{1}{L.C}.q\right)$$

المعادلة التفاضلية للدارة R,L,C هي: $\frac{d^2q}{dt^2}+\frac{R}{L}.\frac{dq}{dt}+\frac{1}{LC}.q=0$

إذن:
$$\frac{d^2q}{dt^2}+\frac{1}{LC}.q=-\frac{R}{L}.\frac{dq}{dt}$$

أي أن:
$$\frac{d^2q}{dt^2}+\frac{1}{LC}.q=-\frac{R}{L}.I$$



إذن:
$$\frac{dE}{dt}=L.\frac{dq}{dt}\left(-\frac{R}{L}.I\right)$$

إذن:
$$\frac{dE}{dt}=-R.I^2$$

و منه:
$$\boxed{dE=-R.I^2.dt}$$

إذن خلال مجال زمني Δt يكون مقدار الضياع في الطاقة هو:
$$\boxed{\Delta E=R.I^2.d\Delta}$$

فطاقة الدارة R,L,C متناقصة و مقدار التناقص يساوي إلى التحويل الحراري بفعل جول في النواقل الأومية، و هذا ما يسبب تخامد في الاهتزازات الكهربائية.

2- المعادلة التفاضلية لهزاز مغذى:

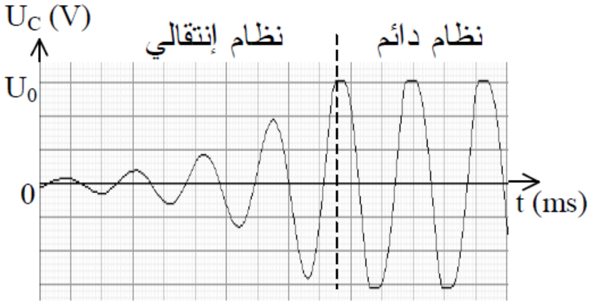
للحفاظ على سعة الاهتزازات يتم تعويض الطاقة الضائعة بفعل جول بشكل دوري و مستمر. يمكن تغذية الاهتزازات، باستعمال تركيب مناسب (المضخم العملي .A.O).

خلال الاهتزازات المغذاة، يتم تحويل للطاقة بصفة دائمة بين الوشيعة والمكثفة كما يعوض الضياع في الطاقة بفعل جول، بصفة كاملة، بواسطة التركيب المغذي. فتبقى الطاقة الكلية للدارة ثابتة.

حيث أن: $U_{AM} = R_0 I$

حسب قانون التوترات: $U_{AM} = U_{AD} + U_{DA}$

أي أن: $R_0.I = (L.\frac{dI}{dt} + r.I) + \frac{q}{C}$



لدينا: $q = C.U_C$

و لدينا: $I = \frac{dq}{dt} = C.\frac{dU_C}{dt}$

إذن: $\frac{dI}{dt} = C.\frac{d^2U_C}{dt^2}$

إذن: $L.C.\frac{d^2U_C}{dt^2} + (r - R_0).C.\frac{dU_C}{dt} + U_C = 0$

ومنه: $\boxed{\frac{d^2U_C}{dt^2} + \frac{(r - R_0)}{L}.\frac{dU_C}{dt} + \frac{1}{L.C}U_C = 0}$

بأخذ: $R_0 = r$

تصبح من الشكل: $\boxed{\frac{d^2U_C}{dt^2} + \frac{1}{L.C}U_C = 0}$

و هي معادلة تفاضلية من الرتبة الثانية و متجانسة تقبل حلا من الشكل: $\boxed{U_C(t) = U_m \cos(\omega_0.t + \varphi)}$

ملاحظة:

- إذا كانت $(R_0 < r)$ فإن النظام المحصل عليه يكون شبه دوري أو لا دوري.
- إذا كانت $(R_0 > r)$ فإن النظام المحصل عليه يكون دوريا، حيث الاهتزازات تتضخم حتى التشبع فتصبح غير جيبية.

3- عبارة دور الاهتزازات المغذاة:

باشتقاق عبارة التوتر U_C بالنسبة للزمن نجد:

$$\boxed{\frac{d^2U_C}{dt^2} = - U_C \cos(\omega_0\ t + \varphi) = - \omega_0^2.U_C}$$

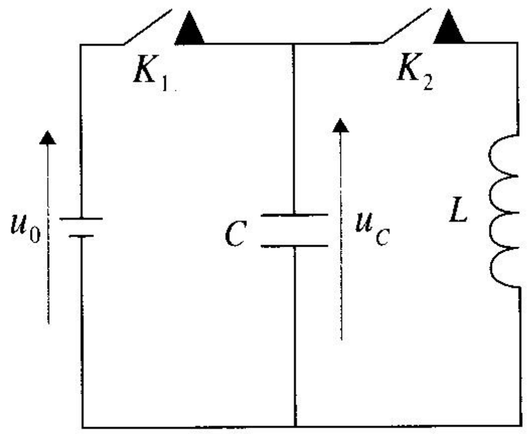
بالمطابقة بين المعادلتين نجد أن:

نبض الاهتزازات هو: $\boxed{\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}}$

و دورها هو: $\boxed{T_0 = 2\pi\sqrt{LC}}$

التمارين

التمرين 01:



يتكون التركيب جانبه من :

- مولدكهربائي يعطي توترا ثابتا قيمته U_0 .
- مكثفة سعتها C .
- وشيعةمعامل تحريضها $L = 8mH$ ومقاومتها الداخلية مهملة .
- قاطعتين للتيار K_1 و K_1 .

1- نحتفظ بالقاطعة K_2 مفتوحة و نغلق القاطعة K_1 .

1-1- عبر عن الشحنة العظمى q_0 التي تحملها المكثفة .

1-2- عبر عند نهاية الشحن للمكثفة عن كل من الطاقة E_{C0} المخزنة في المكثفة و الطاقة E_{L0} المخزنة في الوشيعة .

2- عند اللحظ ذات التاريخ $t=0$ نفتح القاطعة K_1 ونغلق القاطعة K_2 .

2-1- أثبت أن المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر u ثم أعط حل هذه المعادلة .

2-2- أكتب العبارة الزمنية لكل من الطاقة E_C المخزنة في المكثفة و الطاقة E_L المخزنة في الوشيعة .

2-3- بين أن الطاقة E الكلية في الدارة محفوظة .

2-4- أوجد بدلالة U_0 و C عبارة q شحنة المكثفة عندا تتساوى الطاقة E_C المخزنة في المكثفة مع الطاقة المخزنة في الوشيعة .

3- نعوض الوشيعة السابقة بوشيع أخرى معامل تحريضها L' ومقاومتها مهملة ، ونعيد نفس التجربة ، فنحصل على دارة كهربائية جديدة مقر تذبذبات كهربائية جيبية ، يكون دورها الخاص ضعف الدور الخاص للتذبذبات السابقة $(T'_0 = 2T_0)$ أوجد عبارة L' بدلالة L .

التمرين 02:

نشحن مكثفة سعتها $C = 0{,}25mF$ بواسطة مولد قوته المحركة الكهربائية $E = 6V$ ، ونركبه عند اللحظة $t = 0$ بين طرفي وشيعة معامل تحريضها الذاتي L و مقفاومتها r .

نعين بواسطة راسم التذبذبات تغيرات التوتر U_C بين طرفي المكثفة ، فنحصل على الشكل جانبه .

1- ما نظام التذبذبات الحاصل .

2- كيف تفسر خمود هذه التذبذبات ؟

3- أوجد المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر U_C بينطرفي المكثفة .

4- عين بيانيا شبه الدور T للتذبذبات .

5- نعتبر المقاومة $r=0$.

5-1- أكتب في هذه الحالة المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر U_C .

5-2- حل هذه المعادلة هو $u_C(t) = U_m cos(\alpha t + \varphi)$. ما عبارة كل من U_m و α و φ

3-5- استنتج عبارة كل من الشحنة $q(t)$ للمكثفة و شدة التيار $i(t)$ المار في الدارة .

4-5- أعط عبارة الدور الخاص T_0 للتذبذبات .

6- أحسب معامل التحريض الذاتي للوشيعة علما أن شبه الدور T يساوي الدور الخاص .

7- لصيانة التذبذبات ، نركب على التوالي في الدارة RLC مولدا يزودها بتوتر $U_g = R_0 i$.

ما قيمة المقاومة R_0 التي تمكن من الحصول على تذبذبات غير مخمدة جيبية .

التمرين 03:

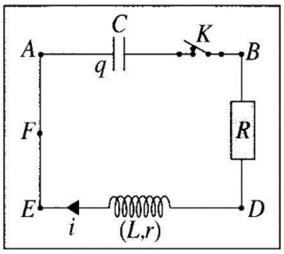
نعتبر مكثفة سعتها $C = 47nF$ مشحونة مسبقا تحت توتر مستمر $U_0 = 6V$ ، نصل مربطي هذا المكثف بوشيعة معامل تحريضها الذاتي $L = 65mH$ و مقاومتها مهملة .

1- مثل شكل توضح فيه التوتر $u_c(t)$ بين طرفي المكثفة و التوتر $u_{L(t)}$ بين طرفي الوشيعة .

2- أوجد المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر $U_C(t)$.

3- حل هذه المعادلة التفاضلية من الشكل $u_{c(t)} = U_{max} cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right)$ ، حدد قيمتي U_{max} و T_0 .

التمرين 04:

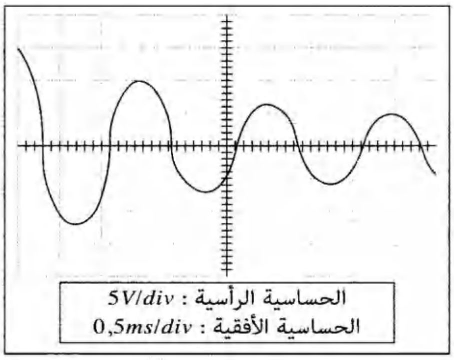


تتكون الدارة الكهربائية الممثلةفي الشكل جانبه من :

مكثفة سعتها $C = 22\mu F$ ، تم شحنها بتطبيق توتر ثابت $u_{AB} > 0$ بين مربطيه . ناقل أومي مقاومته R . وشيعة مقاومتها r و معامل تحريضها L .

K قاطعة للتيار الكهربائي .

في لحظة تاريخها $t_0 = 0$ نغلق القاطعة ونسجل بواسطة كاشف للتذبذب ذاكرتي تغيرات U_C التوتر بين مربطي المكثفة بدلالة الزمن ، يبدأ التسجيل عند اللحظة عند لحظة غلق اغلاق الدارة فنحصل على البيان جانبه :



1- حدد على بيان الدارة كيف يتم ربط تركيب كاشف التذبذب للحصول على هذا المنحنى .

2- أوجد قيمة U_{AB} التي استعملت لشحن المكثفة .

3- حدد قيمة T شبه الدور للتذبذبات ، ثم استنتج قيمة L معامل تحريض الوشيعة .

4- ما هي قيمة E_0 الطاقة المخزونة في المكثف عند $t_0 = 0s$

5- لتكن E_1 الطاقة المخزنة في المكثفة عند $t_1 = T$ و E_2 الطاقة المخزونة فيه عند $t_2 = 2T$.

1-5- حدد باعتمادك على المنحنى قيمتي كل من $\frac{E_1}{E_0}$ و $\frac{E_2}{E_1}$.

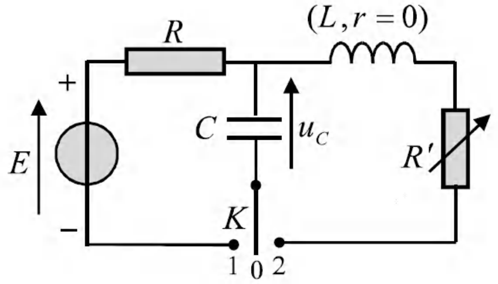
2-5 قارن هاتين القيمتين . ماذا تستنتج ؟

6- كيف يجب تركيب المدخل الثاني لكاشف التذبدب لكي نعاين التيارالكهربائي على الشاشة ؟ علل جوابك .

التمرين 05:

التجهيز المستخدم:

مولد توتر ثابت قوته المحركة الكهربائية $E=5V$، جهاز راسم الاهتزاز ذو ذاكرة، مكثفة فارغة سعتها $C=1\mu F$، وشيعة ذاتيتها L مقاومتها مهملة، ناقل أومي مقاومته R، مقاومة متغيرة R'، بادلة K، أسلاك التوصيل.

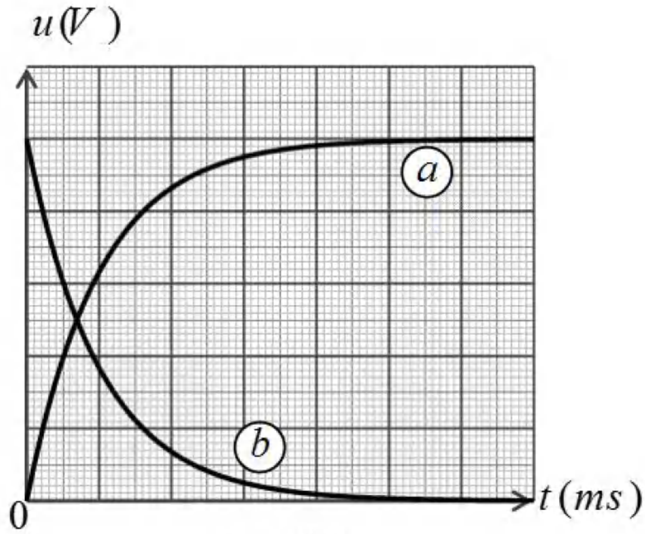


الشكل-3

لدراسة تأثير المقاومة على نمط الاهتزازات الكهربائية تم تحقيق التركيب التجريبي (الشكل-3).

- **التجربة الأولى:**

قام فوج من التلاميذ بشحن المكثفة C بوضع البادلة K في الوضع (1) وضبط الحساسية الشاقولية لراسم الاهتزاز على $1V/div$ والمسح الأفقي على $10ms/div$ فظهر على شاشته المنحنيين (a) و (b) (الشكل-4).



الشكل- 4

1) بيّن على الشكل-3 كيف تم ربط جهاز راسم الاهتزاز لمتابعة تطور التوترين الكهربائيين $u_R(t)$ و $u_C(t)$ بين طرفي كل من الناقل الأومي والمكثفة.

2) انسب مع التعليل كل من المنحنيين (a) و (b) لتطور التوتر الكهربائي الموافق.

3- أ) باستعمال المعادلة الزمنية للتوتر $u_C(t)$ ، حدّد عبارتي اللحظتين t_1 و t_2 الموافقتين لشحن المكثفة بنسبة 40% و 90% على الترتيب بدلالة ثابت الزمن للدارة τ.

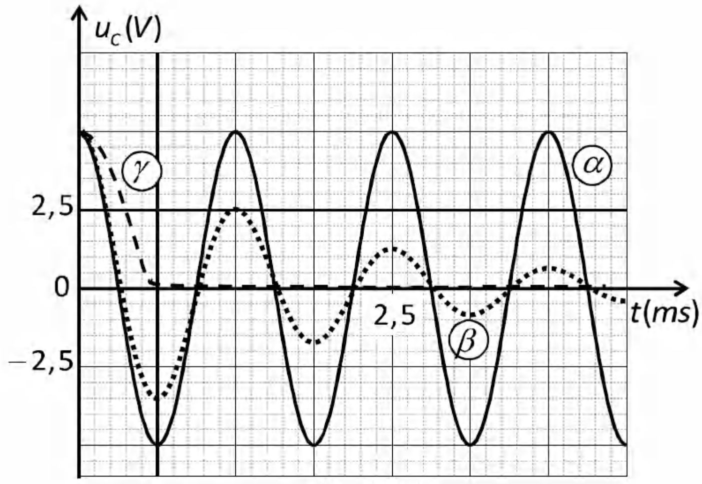
ب) تأكد من أن $\Delta t = t_2 - t_1 \approx 1,79\tau$ ثم حدّد بيانيا قيمة كل من t_1 و t_2 وباستغلال العلاقة السابقة احسب قيمة τ واستنتج قيمة R.

- **التجربة الثانية:**

بعد شحن المكثفة تماماً وفي لحظة نعتبرها كمبدأ لقياس الأزمنة $t=0$ قام فوج آخر من التلاميذ بنقل البادلة K إلى الوضع (2) وتسجيل في كل مرة تغيرات التوتر الكهربائي $u_C(t)$ بين طرفي المكثفة من أجل عدة قيم للمقاومة R' معطاة في الجدول التالي:

$R'(\Omega)$	0	100	5000

فتحصل الفوج على المنحنيات الموضحة في الشكل–5.



الشكل–5

1) ما هو نمط الاهتزازات في كل حالة؟ علّل.

2) انسب كل بيان للمقاومة المناسبة.

3) من أجل $R'=0$:

أ) أوجد المعادلة التفاضلية لتطور التوتر الكهربائي $u_C(t)$ بين طرفي المكثفة بدلالة الزمن.

ب) حل المعادلة التفاضلية السابقة هو

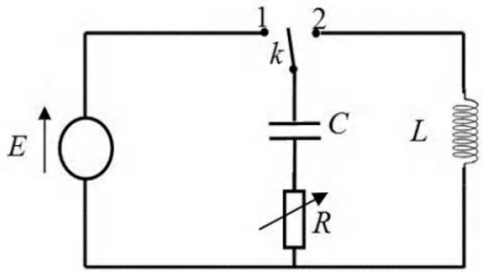
$$.u_C(t)=A\cdot\cos Bt$$

عبّر عن الثابتين A و B بدلالة مميزات الدارة.

جـ) استنتج قيمة الدور الذاتي T_0 للاهتزازات واحسب قيمة الذاتية L للوشيعة.

التمرين 06:

نحقق التركيب التجريبي الموضح في الشكل–2 والمتكون من:



الشكل–2

- مولد مثالي للتوتر الكهربائي، قوته المحركة الكهربائية E .
- مكثفة فارغة سعتها C .
- ناقل أومي مقاومته R متغيرة.
- وشيعة ذاتيتها L، مقاومتها مهملة.
- بادلة k .

1) نضع البادلة k في الوضع (1) في اللحظة $t=0s$.

أ) ماهي الظاهرة التي تحدث في الدارة؟

ب) وضح بأسهم الاتجاه الاصطلاحي للتيار الكهربائي المار في الدارة واتجاه التوترين u_c، u_R.

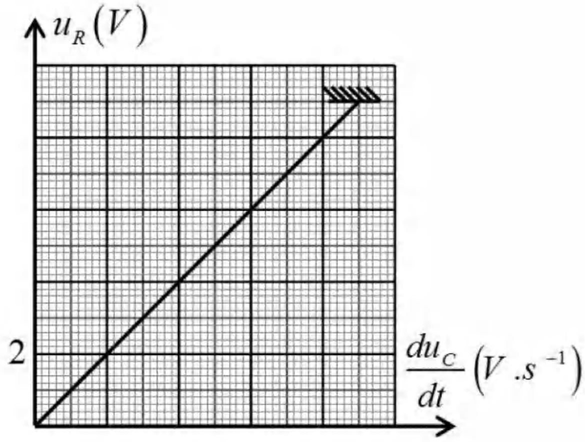
2– أ) بتطبيق قانون جمع التوترات، اكتب المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة $u_C(t)$

ب) تقبل المعادلة التفاضلية السابقة حلا من الشكل : $u_C(t)=A+Be^{-\alpha t}$

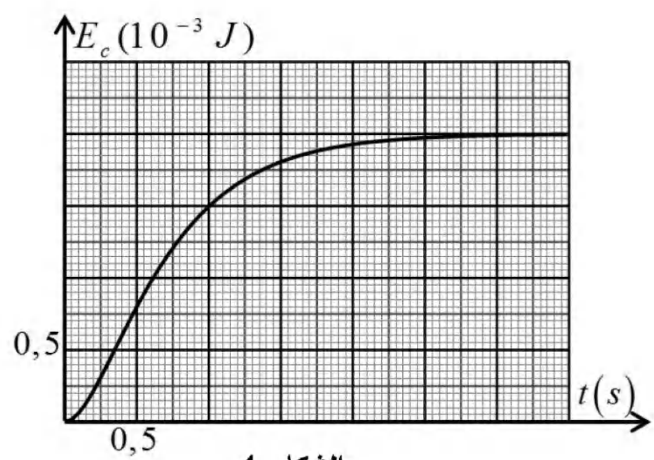
حيث: A، B $(B\neq 0)$، α مقادير ثابتة يطلب تحديد عباراتها بدلالة المقادير المميزة للدارة.

جـ) باستعمال التحليل البعدي، أوجد وحدة قياس المقدار α في جملة الوحدات الدولية.

3) مكنت برمجية خاصة من رسم بيانيّ العلاقتين: $u_R=f\left(\frac{du_c}{dt}\right)$ و $E_C=g(t)$ الممثلين على الترتيب في الشكلين (3) و (4). (E_c تمثل الطاقة المخزنة في المكثفة عند اللحظة t)



الشكل–3



الشكل–4

باستغلال البيانين أوجد:

أ) ثابت الزمن للدارة τ .

ب) القوة المحركة الكهربائية للمولد E .

ج) سعة المكثفة C .

د) مقاومة الناقل الأومي R .

4) بعد إتمام شحن المكثفة، نجعل مقاومة الناقل الأومي ($R=0$) ونضع البادلة في الوضع (2) عند اللحظة $t=0s$.

أ) اكتب المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر الكهربائي $u_C(t)$ بين طرفي المكثفة.

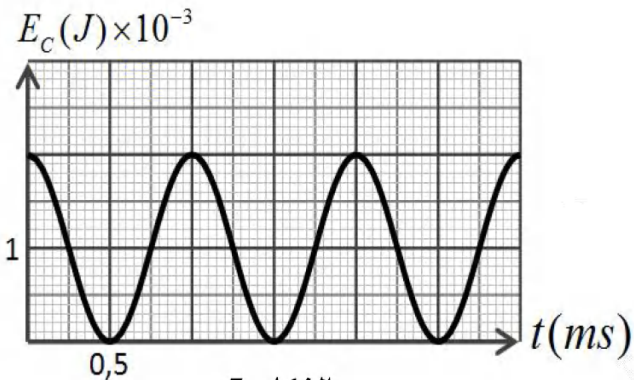
ب) بيّن أن: $u_C(t)=A\cos(\frac{1}{\sqrt{LC}}t)$ حلا للمعادلة التفاضلية السابقة ثم حدد عبارة كل من الدور الذاتي للاهتزازات (T_0) والعدد A بدلالة المقادير المميزة للدارة

ج) يمثل البيان الموضح في الشكل–5 تغيرات الطاقة المخزنة في المكثفة $E_c(t)$ بدلالة الزمن.

باستعمال البيان استنتج قيمة:

– الدور الذاتي (T_0) للاهتزازات.

– ذاتية الوشيعة (L).



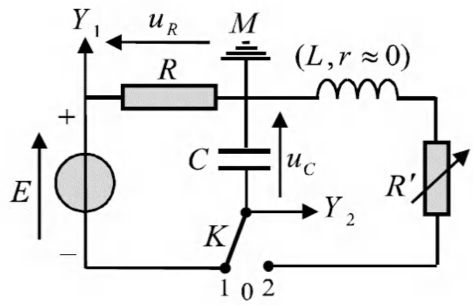
الشكل–5

حل التمرين 05:

__التجربة الأولى:__

1) كيفية ربط جهاز راسم الاهتزاز: لاحظ الشكل

ملاحظة: تقلب إشارة المدخل Y_2.



0,25 | **0,25**

0,50	0,25 0,25	2) المنحنى (a) يوافق تطور التوتر $u_C(t)$. التعليل: في اللحظة $t=0$، حيث $u_R(0)=E$ و حسب قانون جمع التوترات: $E=u_R+u_C$ يكون: $u_C(0)=0$ المنحنى (b) يوافق تطور التوتر $u_R(t)$. التعليل: في اللحظة $t=0$: $i(0)=I_0$ و حسب العلاقة $u_R(t)=R\cdot i(t)$ فإن $u_R(0)=(u_R)_{\max}=E$. (تقبل كل الإجابات الصحيحة الأخرى).
1	0,25 0,25 0,25 0,25	3) أ- عبارتي t_1 و t_2: من معادلة البيان (a): $u_C(t)=E\cdot(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$ $t_1 \longrightarrow u_C(t_1)=E\cdot(1-e^{-\frac{t_1}{\tau}})=0,40E$ و منه: $t_1=-\tau\cdot\ln 0,6$ $t_2 \longrightarrow u_C(t_1)=E\cdot(1-e^{-\frac{t_2}{\tau}})=0,90E$ و منه: $t_2=-\tau\cdot\ln 0,1$ ب- التحقق من أن $\Delta t=t_2-t_1\approx 1,79\tau$ وحساب قيمة τ واستنتاج قيمة R: من عبارتي t_1 و t_2 السابقتين نجد: $\Delta t=\tau(\ln 0,6-\ln 0,1)=1,79\tau$ من البيان (a) نقرأ: $t_1=5ms$ و $t_2=23ms$ و منه: $\tau=10ms$ (تقبل الإجابة بتوظيف العبارة Δt فقط). قيمة R: بالتعريف $R=\dfrac{\tau}{C}$ و منه: $R=10\times10^3\Omega=10k\Omega$
0,75	0,25 0,25 0,25	**التجربة الثانية:** 1) نمط الاهتزازات في كل حالة: * المنحنى (α): اهتزازات حرة غير متخامدة (نظام دوري). التعليل: سعة الاهتزاز ثابتة (لا يوجد ضياع في طاقة الجملة). * المنحنى (β): اهتزازات حرة متخامدة (نظام شبه دوري). التعليل: سعة الاهتزاز تتناقص خلال الزمن (يوجد ضياع في طاقة الجملة في مقاومة الدارة بمفعول جول). * المنحنى (γ): نظام لا دوري حرج. التعليل: لا توجد اهتزازات .
0,25	0,25	2) البيان الموافق لكل مقاومة: اعتمادا على ما سبق يوافق: * المنحنى (α): المقاومة $R'=0$. * المنحنى (β): المقاومة $R'=100\Omega$. * المنحنى (γ): المقاومة $R'=5000\Omega$.
01,25	0,25	3) أ- المعادلة التفاضلية لتطور التوتر $u_C(t)$ من أجل $R'=0$: بتطبيق قانون تجميع التوترات في الدارة المهتزة (LC): $u_C(t)+u_L(t)=0$ لكن: $u_L(t)=L\cdot\dfrac{di(t)}{dt}=L\cdot\dfrac{d^2q(t)}{dt^2}=LC\cdot\dfrac{d^2u_C(t)}{dt^2}$ و منه: $u_C(t)+LC\cdot\dfrac{d^2u_C(t)}{dt^2}=0$ أو $\dfrac{d^2u_C(t)}{dt^2}+\dfrac{1}{LC}\cdot u_C(t)=0$

ب- عبارتي الثابتين A و B بدلالة مميزات الدارة (LC):

حل م. ت. السابقة $u_C(t)=A\cdot\cos Bt$، و منه: $\frac{d^2u_C(t)}{dt^2}=-A\cdot B^2\cdot\cos Bt$

بالتعويض نجد: $A\cdot\left(\frac{1}{LC}-B^2\right)\cos Bt=0$

المعادلة محققة من أجل: $\frac{1}{LC}-B^2=0$ و منه: $B=\frac{1}{\sqrt{LC}}$ — 0,25

في اللحظة $t=0$، المكثفة مشحونة تماما، بالتالي: $u_C(0)=A\cdot\cos(B\times0)=E$ و منه: $A=E$ — 0,25

جـ- قيمتي الدور الذاتي T_0 للاهتزازات و الذاتية L للوشيعة:

من البيان (α)، نقرأ: $2T_0=2,5ms$ و منه: $T_0=1,25\times10^{-3}s$ — 0,25

بالتعريف: $T_0=2\pi\cdot\sqrt{LC}$ و منه:

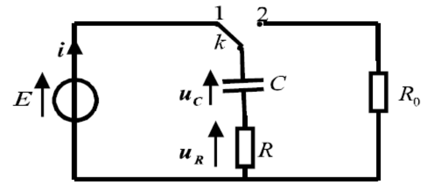
$$L=\frac{T_0^2}{4\pi^2\cdot C}=0,04H=40mH$$ — 0,25

حل التمرين 06:

0,5

1-أ/الظاهرة التي تحدث في المكثفة هي ظاهرة الشحن . — 0,25

ب/ اتجاه التيار المار في الدارة ، واتجاه التوترين u_C و u_R: — 0,25



1,25

2-أ/ إيجاد المعادلة التفاضلية التي يحققها $u_C(t)$

التوتر بين لبوسي المكثفة :

$$u_C+u_R=E$$

$$u_C+RC\frac{du_C}{dt}=E$$

$$\frac{du_C}{dt}+\frac{1}{RC}u_C=\frac{E}{RC}$$ — 0,25

ب / تعيين عبارات A ، B و α بدلالة المقادير المميزة للدارة :

$$u_C(t)=A+Be^{-\alpha t}\Rightarrow\frac{du_C}{dt}=-B\alpha e^{-\alpha t}$$

بالتعويض في المعادلة التفاضلية نجد : $-B\alpha e^{-\alpha t}+\frac{1}{RC}\left(A+Be^{-\alpha t}\right)=\frac{E}{RC}$

$$Be^{-\alpha t}\left(-\alpha+\frac{1}{RC}\right)+\left(\frac{A}{RC}-\frac{E}{RC}\right)=0$$

$$\begin{cases}\left(-\alpha+\frac{1}{RC}\right)=0\Rightarrow\alpha=\frac{1}{RC}\\ \frac{A}{RC}-\frac{E}{RC}=0\Rightarrow A=E\end{cases}$$ — 0,25 — 0,25

من الشروط الابتدائية :عند t=0 يكون $u_C(0)=0$

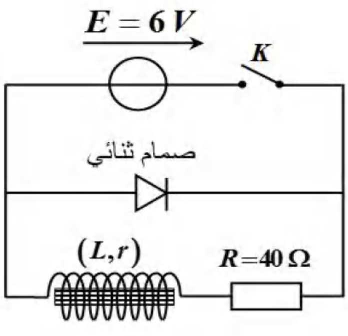
$u_C(0)=A+B=0$ ومنه $B=-A$ — 0,25

ومنه : $$u_C(t)=E\left(1-e^{-\frac{1}{RC}t}\right)$$

		ج - إيجاد وحدة قياس المقدار α في ج و د :
		لدينا : $\alpha = \frac{1}{RC}$
	0,25	بتطبيق قواعد التحليل البعدي نجد: $[\alpha]=\frac{1}{[R]\times[C]}=\frac{[I]}{[U]}\cdot\frac{[U]}{[Q]}=\frac{[I]}{[Q]}=\frac{[I]}{[I][T]}=[T]^{-1}$
		3- أ / إيجاد ثابت الزمن τ :
	0,25	عند : $E_C(\tau)=\frac{1}{2}CE^2(1-e^{-\tau/\tau})^2=E_{cmax}\times(0,63)^2=7,9\times10^{-4}J$
	0,25	من البيان (4) نجد: $\tau = 0,5\,s$
1.25		ب- إيجاد القوة المحركة الكهربائية للمولد:
	0,25	عند اللحظة $t=0$ يكون $u_R(0)=u_{R\max}=E=9V$
	0,25	ج - إيجاد سعة المكثفة : $E_{C\max}=\frac{1}{2}CE^2 \Rightarrow C=\frac{2E_{C\max}}{E^2}=49,4\mu F$
	0,25	د- إيجاد مقاومة الناقل الأومي R : $R=\frac{\tau}{C}=\frac{0,5}{49,4\times10^{-6}}=10,1\times10^3\Omega$
		4- أ) المعادلة التفاضلية لتطور التوتر $u_C(t)$
		بتطبيق قانون تجميع التوترات في الدارة المهتزة (LC) : $u_C(t)+u_L(t)=0$
		لكن: $u_L(t)=L\cdot\frac{di(t)}{dt}=L\cdot\frac{d^2q(t)}{dt^2}=LC\cdot\frac{d^2u_C(t)}{dt^2}$
	0,25	و منه: $u_C(t)+LC\cdot\frac{d^2u_C(t)}{dt^2}=0$ أو $\frac{d^2u_C(t)}{dt^2}+\frac{1}{LC}\cdot u_C(t)=0$
		ب) تبيان حل المعادلة التفاضلية:
01		حل م. ت. السابقة $u_C(t)=A\cdot\cos\frac{1}{\sqrt{LC}}t$ ، و منه: $\frac{d^2u_C(t)}{dt^2}=-A\cdot(\frac{1}{\sqrt{LC}})^2\cdot\cos\frac{1}{\sqrt{LC}}t$
	0,25	ومنه نجد: $\frac{d^2u_C(t)}{dt^2}=-\frac{1}{LC}\cdot u_C(t)$ وهو المطلوب.
		عبارة الدور الذاتي: $T_0=\frac{2\pi}{\omega_0}$ حيث $\omega_0^2=\frac{1}{LC}$ ومنه $T_0=2\pi\sqrt{LC}$
		عبارة A : عند t=0S $u_C(0)=A=E$
	0,25	ج) قيمة الدور الذاتي: $T_0=4\times0,5=2s$
	0,25	قيمة ذاتية الوشيعة: $L=\frac{T_0^2}{4\pi^2C}=\frac{(2\times10^{-3})^2}{4\times\pi^2\times50\times10^{-6}}=2\times10^{-3}H=2mH$

التمرين 07:

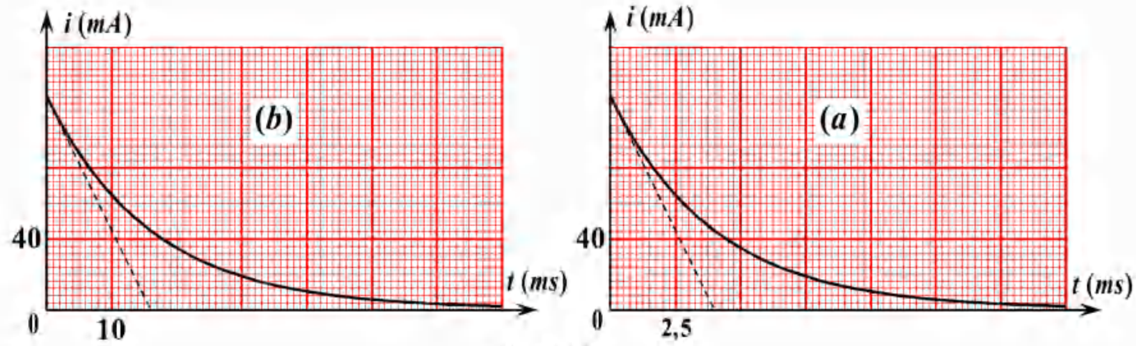
I-حقّق فوج من التلاميذ الدارة الكهربائية المبينة في **(الشكل-5)**.



الشكل-5

التجربة الأولى(الوشيعة بداخلها نواة حديدية): بعد غلق القاطعة K لمدة طويلة، فُتِحت عند اللحظة $t=0$، فتمكن التلاميذ من الحصول على البيان $i=f(t)$ الممثل لتغيرات شدة التيار بدلالة الزمن.

التجربة الثانية(الوشيعة بدون النواة الحديدية): أُعيدت نفس التجربة السابقة بعد سحب النواة الحديدية، فتمكن التلاميذ من الحصول على البيان $i=g(t)$ أنظر **(الشكل-6)**.



الشكل-6

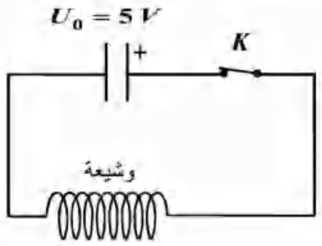
1) حدّد المنحنى الموافق لكل حالة مع التعليل.

2.أ) احسب قيمة مقاومة الوشيعة المستعملة.

ب) استنتج قيمة ذاتية الوشيعة في كل من التجربتين.

3) احسب قيمة الطاقة الأعظمية المخزنة في الوشيعة في كل من التجربتين. برر الاختلاف بين القيمتين.

II- تم ربط وشيعة أخرى على التسلسل مع مكثفة تحمل شحنة قدرها $Q=2,5\,\mu C$ ،مع العلم أن هذه المكثفة شُحنت كليا تحت توتر كهربائي $U_0=5\,V$ في الدارة الموضحة في **(الشكل-7)**.



الشكل-7

يمثل البيان الموضح في **(الشكل-8)** تغيرات الطاقة المخزنة $\mathscr{E}(t)$ داخل المكثفة بدلالة الزمن.

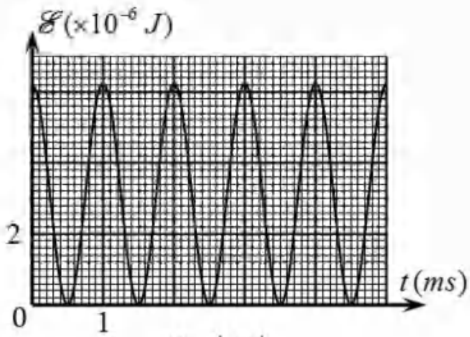
1) احسب سعة المكثفة.

2-أ) حدّد نمط الاهتزازات الملاحظ، علّل.

ب) استنتج قيمة ذاتية الوشيعة المستعملة في الدارة ؛

جـ) هل هذه الوشيعة مماثلة لتلك المستعملة سابقا؟ برّر إجابتك.

يعطى: $\sqrt{10}=\pi$.



الشكل-8

حل التمرين 07:

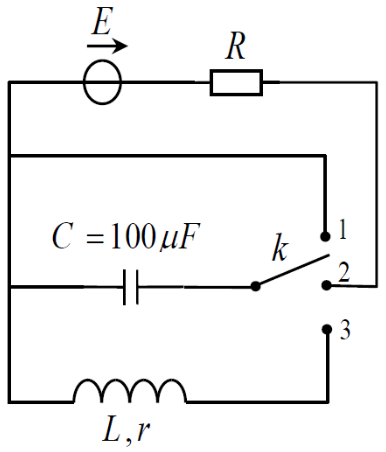
I - 1 - تحديد المنحنى الموافق: المنحنى (a) : $\tau_a = 4ms$ و المنحنى (b) : $\tau_b = 16ms$ و نعلم أنه عند وجود النواة داخل الوشيعة يرفع قيمة ذاتيتها، مما يزيد في قيمة τ. إذن: المنحنى (a) يوافق $i = g(t)$ و المنحنى (b) يوافق $i = f(t)$.	0,75	**0,75**
2- أ) مقاومتها الوشيعة : $R_T = R + r = \frac{E}{I_0} = \frac{6}{0,12} = 50\Omega$ ، وبالتالي: $r = 50 - 40 = 10\Omega$ ب) ذاتيتها: - بدون نواة: $L = \tau_a .(R+r) = 4\times10^{-3}.50 = 0,2\ H$. - بوجود نواة: $L = \tau_b .(R+r) = 16\times10^{-3}.\ 50 = 0,8\ H$.	0,5 0,5 0,5	**01,5**
3) حساب مقدار الطاقة الأعظمية المخزنة في الوشيعة: $\mathscr{E} = \frac{1}{2} L.I_0^{\ 2}$ * وجود النواة: $\mathscr{E} = \frac{1}{2}\times 0,8\times 0,12^2 = 5,76\times10^{-3}\ J$. * عدم وجود النواة: $\mathscr{E} = \frac{1}{2}\times 0,2\times 0,12^2 = 1,44\times10^{-3}\ J$. التبرير: الاختلاف ناتج عن الاختلاف في الذاتية	0,5 0,5 0,25	**1,25**
II -1 - حساب سعة المكثفة: $C = \frac{Q}{U_0} \Rightarrow C = \frac{2,5}{5} = 0,5\mu F$	0,5	**0,5**
2- أ) الاهتزازات حرة غير متخامدة ودورية لأن الجملة لم تتلق الطاقة من الوسط الخارجي والسعة ثابتة (عدم وجود مقاومة). ب) قيمة ذاتية الوشيعة المستعملة في الدارة المهتزة: من منحنى الطاقة $\mathscr{E}(t)$ لدينا: $\frac{T_0}{2} = 1ms \Rightarrow T_0 = 2ms$. وعلاقة دور الاهتزازات الحرة: $T_0 = 2\pi\sqrt{L'C}$	0,5 0,5	**02**
و منه: $L' = \frac{T_0^{\ 2}}{4\pi^2 C}$ ت.ع: $L' = \frac{(2\times10^{-3})^2}{4\pi^2\times0,5\times10^{-6}} = 0,2H$ جـ) الوشيعة الجديدة غير مماثلة للوشيعة السابقة. التبرير: * الوشيعة الجديدة: مقاومتها معدومة نظرا لوجود اهتزازات حرة غير متخامدة، رغم أن ذاتيتها تساوي $0,2H$).	0,5 0,5	

التمرين 08

1. تهدف الدراسة إلى التعرف على سلوك مكثفة عند ربطها على التسلسل مع عناصر كهربائية مختلفة .

لأجل هذا الغرض نحقق الدارة الكهربائية الموضحة بالشكل –2– والتي تتكون من العناصر التالية:

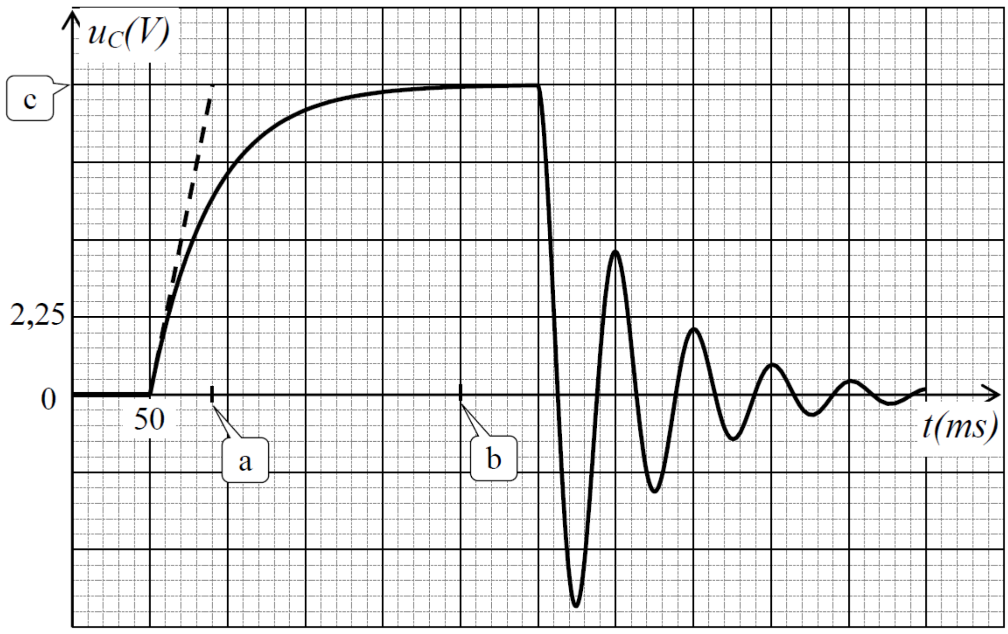
- مولد ذو توتر ثابت E.
- مكثفة غير مشحونة سعتها $C=100\mu F$.
- ناقل أومي مقاومته R.
- وشيعة حقيقية $(L,\ r)$.
- بادلة k ذات ثلاثة مواضع مبرمجة زمنيا وفق الجدول الآتي:



الشكل–2–

وضع البادلة k	المجال الزمني
1	$[t_0,t_1]$
2	$[t_1,t_2]$
3	$[t_2,t_3]$

باستعمال راسم اهتزاز ذي ذاكرة ، تمكنا من المتابعة الزمنية لتطور التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة $U_C=f(t)$ الموضح في الشكل –3–



الشكل–3–

1.1. أعد رسم الدارة ثم حدّد عليها كيفية توصيل راسم الاهتزاز لمعاينة تطور التوتر بين طرفي المكثفة.

2.1. في أيّ وضع للبادلة k تتحقق دارة الشحن؟

2. بالاعتماد على المنحنى البياني:

1.2. حدّد المجال الزمني لمختلف أوضاع البادلة $(3,2,1)$.

2.2. أعط المدلول الفيزيائي للمقادير الموضحة على البيان (c,b,a) و استنتج قيمها .

3.2. باستعمال قانون جمع التوترات (من أجل البادلة في الوضع $-2-$) جِد المعادلة التفاضلية المعبرة عن التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة.

4.2. احسب قيمة مقاومة الناقل الأومي R.

3. في المجال الزمني $[t_2,t_3]$.

1.3. ما هي الظاهرة الفيزيائية التي يوضحها البيان؟

2.3. استنتج دور الاهتزازات الكهربائية .

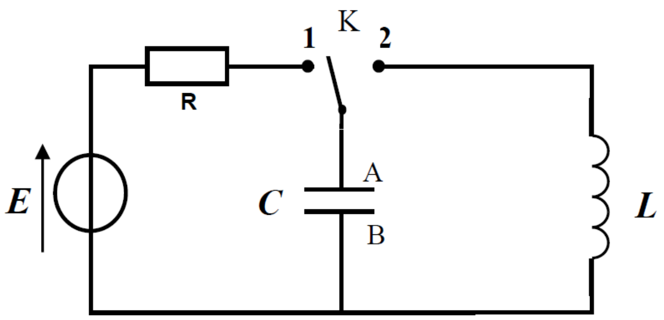
3.3. باستعمال التحليل البعدي ، حدد العبارة الصحيحة للدور T من بين العبارات الآتية :

$T=2\pi.\sqrt{\frac{L}{C}}$ ، $T=2\pi.\sqrt{LC}$ ، $T=\frac{2\pi}{\sqrt{LC}}$.

4.3 . استنتج قيمة ذاتية الوشيعة L .

4. أرسم كيفيا مقطع من المنحنى السابق ضمن المجال الزمني $[t_2,t_3]$ إذا ما اعتبرنا الوشيعة صرفة $(L,r=0)$.

التمرين 09:



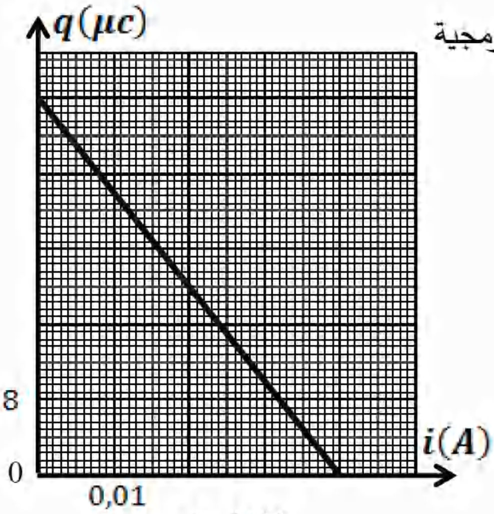
الشكل -3-

تستخدم المكثفات والوشائع في عدة أجهزة كهربائية .

من أجل التحقق التجريبي من قيمة السعة C لمكثفة والذاتية L لوشيعة ، تم إنجاز التركيب التجريبي الممثل في الشكل $-3-$ والمتكون من:

- مولد مثالي للتوتر قوته المحركة الكهربائية E.
- ناقل أومي مقاومته $R=100\Omega$.
- مكثفة فارغة سعتها C .
- وشيعة صافية ذاتيتها L .
- بادلة K .

I) عند اللحظة $t=0$ ، نضع البادلة K في الوضع (1) و نعاين بواسطة برمجية إعلامية مناسبة ، تغيرات شحنة المكثفة $q(t)$ بدلالة شدة التيار $i(t)$ المار في الدارة ، فنحصل على المنحنى الممثل في الشكل –4– .



الشكل –4–

1. فسّر مجهريا الظاهرة التي تحدث في المكثفة.

2. جِد المعادلة التفاضلية التي تحققها الشحنة $q(t)$.

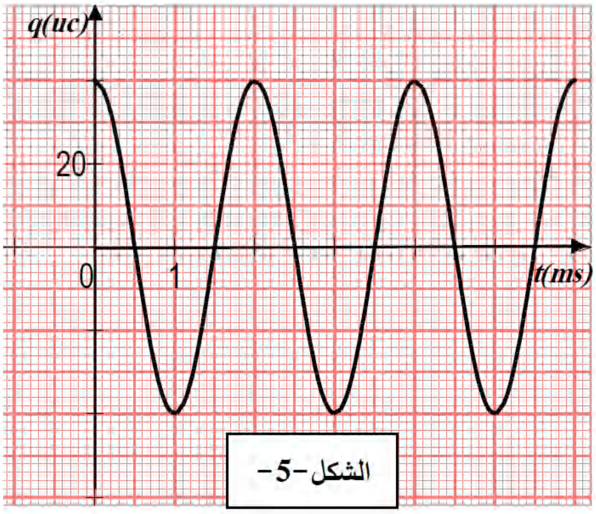
3. بيّن أنّ المعادلة التفاضلية السابقة تكتب على الشكل: $q=a.i+b$

حيث a و b ثابتين يطلب كتابة عبارتيهما .

4. اكتب معادلة المنحنى البياني ثم استنتج :

قيمة كل من سعة المكثفة C ، القوة المحركة الكهربائية للمولد E والشدة الأعظمية للتيار I_0 .

II) بعد الانتهاء من شحن المكثفة التي نعتبر أنّ سعتها $C=10\mu F$ ، نقوم بتغيير البادلة إلى الوضع (2) عند اللحظة $t=0$. نعاين تغيرات الشحنة $q(t)$ للمكثفة بواسطة نفس البرمجية السابقة فنحصل على المنحنى الممثل في الشكل –5– .



الشكل –5–

1. ما هو نمط الاهتزاز المتحصل عليه ؟ وأيّ نظام للاهتزازات يبيّنه الشكل –5–؟

2. جِد المعادلة التفاضلية التي تحققها الشحنة $q(t)$ للمكثفة.

3. علما أنّ حل المعادلة التفاضلية السابقة هو من الشكل: $q(t)=Q_0\cos(\frac{2\pi}{T}t)$ حيث T يمثل دور الاهتزازات .

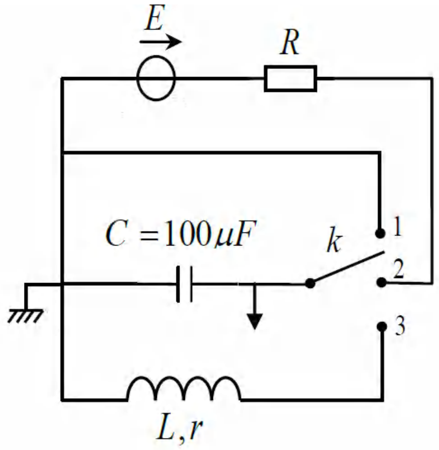
1.3. جِد عبارة الدور T بدلالة مميزات الدارة .

2.3. استنتج قيمة ذاتية الوشيعة L .

4. اكتب المعادلة الزمنية لتغيرات شدة التيار $i(t)$ ثم أرسم المنحنى $i=f(t)$.

حل التمرين 08:

1.1- **رسم الدارة و كيفية توصيل راسم الاهتزاز:**	0.25	
2.1- **وضع البادلة الذي يحقق عملية الشحن** هو الوضع 2	0.25	
1.2- **المجالات الزمنية لأوضاع البادلة:**	0.25 0.25 0.25	1.25



المجال الزمني(ms)	وضع البادلة
[0 , 50]	1
[50 , 300]	2
[300 , 550]	3

2.2- **المقادير الموضحة على البيان وقيمها:**

a: لحظة شحن المكثفة % 63 من شحنتها الاعظمية حيث $a = 90\ ms$ — 0.25

b: لحظة شحن المكثفة% 99 من شحنتها الاعظمية ، حيث $b = 250\ ms$ — 0.25

c: التوتر الكهربائي الاعظمي بين طرفي المكثفة حيث $c = E = 2.25\times 4 = 9\ V$ — 0.25 — 0.50

3.2- **المعادلة التفاضلية المعبرة عن** $u_C(t)$:

بتطبيق قانون جمع التوترات: $u_C + u_R = E$ — 0.25

نجد $u_C + R.i = E$ ومنه $u_C + R.\dfrac{dq}{dt} = E$ نجد $\dfrac{du_C}{dt} + \dfrac{1}{R.C}u_C = \dfrac{E}{R.C}$ — 0.50

4.2- **حساب قيمة R** : من علاقة ثابت الزمن $\tau = R.C$ حيث $\tau = 40ms$ — 0.50

نجد $R = \dfrac{\tau}{C} = \dfrac{40\times 10^{-3}}{100\times 10^{-6}} = 400\ \Omega$ — 0.25

1.3- **الظاهرة التي يبرزها البيان في المجال الزمني** [300 ms , 550 ms]**:**

اهتزازات كهربائية حرة متخامدة — 0.25

2.3- **شبه الدور** T_0 **من المنحنى البياني** : $T_0 = 50\ ms$ — 0.25 — 3.00

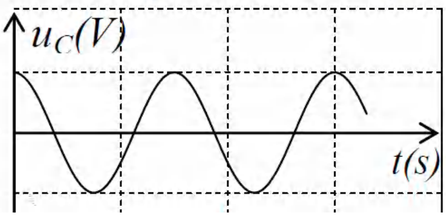
3.3- **العبارة الصحيحة للدور** T_0 : هي العبارة $T_0 = 2\pi\sqrt{L.C}$ لان — 0.25

$$[T_0] = [L]^{1/2}[C]^{1/2} = \frac{[U]^{1/2}[T]^{1/2}}{[I]^{1/2}} \times \frac{[I]^{1/2}[T]^{1/2}}{[U]^{1/2}} = [T]$$ — 0.50

4.3-**استنتاج ذاتية الوشيعة** L : لدينا $T_0 = 2\pi.\sqrt{L.C}$ — 0.25

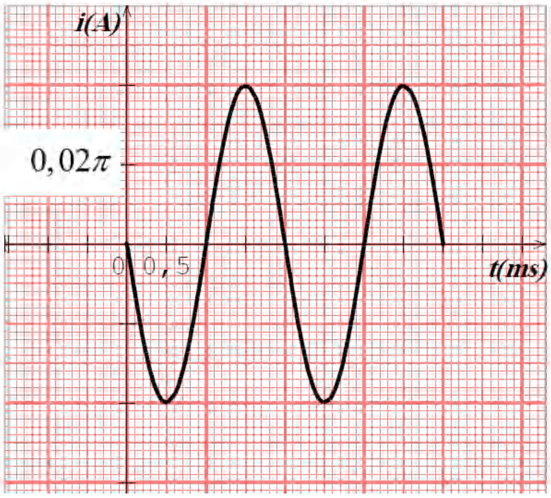
ومنه $L = \dfrac{T_0^2}{4\pi^2.C} = \dfrac{(0.05)^2}{4\pi^2\times 100\times 10^{-6}} = 0.63\ H$ — 0.50

4- **رسم مقطع من المنحنى** ضمن المجال الزمني [300 ms , 550 ms] من اجل وشيعة صرفة — 0.50 — 2.00



حل التمرين 09:

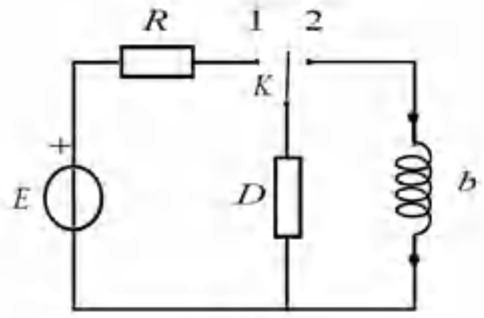
I. عند اللحظة $t = 0$ نضع البادلة في الوضع (1).		
1– التفسّير المجهري للظاهرة التي تحدث في المكثفة .		
عند الوضع (1) تحدث ظاهرة شحن المكثفة حيث تنتقل الإلكترونات من الصفيحة A الى الصفيحة B الى غاية بلوغ $U_c = E$	0.50	**0.50**
2– إيجاد المعادلة التفاضلية التي تحققها الشحنة $q(t)$:		
$u_c + u_R = E \Rightarrow \frac{q}{C} + R.i = E \Rightarrow \frac{q}{C} + R\frac{dq}{dt} = E \Rightarrow \frac{dq(t)}{dt} + \frac{1}{RC}q(t) = \frac{E}{R}$	0.75	**0.75**
-3 عبارة q بدلالة i :		
في المعادلة التفاضلية نعوض $\frac{dq}{dt} = i$ فنجد $q = -(RC).i + CE$ و بتطابق العلاقة مع العلاقة المطلوبة نجد $a = -(RC)$ ، $b = CE$	0.75	**0.75**
4– –معادلة المنحنى :		
معادلة البيان : $q = -10^{-3}.i + 40.10^{-6}....C$	0.25	
استنتاج :		
قيمة سعة المكثفة C : $RC = 10^{-3} \Rightarrow C = \frac{10^{-3}}{100} = 10^{-5}F = 10\mu F$	0.25	
قيمة القوة المحركة الكهربائية E : $CE = 40.10^{-6} \Rightarrow E = \frac{40.10^{-6}}{10^{-5}} = 4V$	0.25	**1.00**
قيمة الشدة الاعظمية I_0 : $I_0 = \frac{E}{R} = \frac{4}{100} = 0,04A$	0.25	
.II		
1–نمط الإهتزاز الملاحظ : اهتزاز كهربائي حر غير متخامد. النظام : دوري	2×0.25	**0.5**
2– المعادلة التفاضلية التي تحققها شحنة المكثفة:		
$U_c + U_L = 0 \Rightarrow \frac{q}{C} + L\frac{di}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{1}{C}q(t) + L\frac{dq^2(t)}{dt^2} \Rightarrow \frac{dq^2(t)}{dt^2} + \frac{1}{LC}q(t) = 0$	0.75	**0.75**
1.3.ايجاد عبارة الدور		
$q = Q_0\cos\frac{2\pi}{T}t \Rightarrow \frac{dq}{dt} = -\frac{2\pi}{T}Q_0\sin\frac{2\pi}{T} \Rightarrow \frac{d^2q}{dt^2} = -\frac{4\pi^2}{T^2}Q_0\cos\frac{2\pi}{T}$		
نعوض في المعادلة التفاضلية :		
$-\frac{4\pi^2}{T^2}Q_0\cos\frac{2\pi}{T} + \frac{1}{LC}Q_0\cos\frac{2\pi}{T} = 0 \Rightarrow (-\frac{4\pi^2}{T^2} + \frac{1}{LC})Q_0\cos\frac{2\pi}{T} = 0$	0.50	**1.00**
ومنه: $-\frac{4\pi^2}{T^2} + \frac{1}{LC} = 0 \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{LC}$		
2.3. قيمة ذاتية الوشيعة: $T = 2\pi\sqrt{LC} \Rightarrow L = \frac{T^2}{4\pi^2 C}$	0.50	

0.75	0.25	من المنحنى : قيمة الدور الذاتي: $T=2ms$ و منه $L=\dfrac{(2.10^{-3})^2}{4\pi^2.10^{-5}}=0,01H$
		4-المعادلة الزمنية لشدة التيار: $i=\dfrac{dq}{dt}=-\dfrac{2\pi}{T}Q_0\sin\dfrac{2\pi}{T}\Rightarrow i=-0,04\pi\sin1000\pi t..........(A)$
	0.50	منحنى شدة التيار: 

التمرين 10:

يعتمد تشغيل انارة سلالم العمارات على دارات كهربائية تحتوي مصابيح ومؤقتة تنظم وتتحكم في مدة اشتغال المصابيح.

يهدف هذا التمرين إلى دراسة ثنائيات قطب واهتزاز جملة كهربائية.



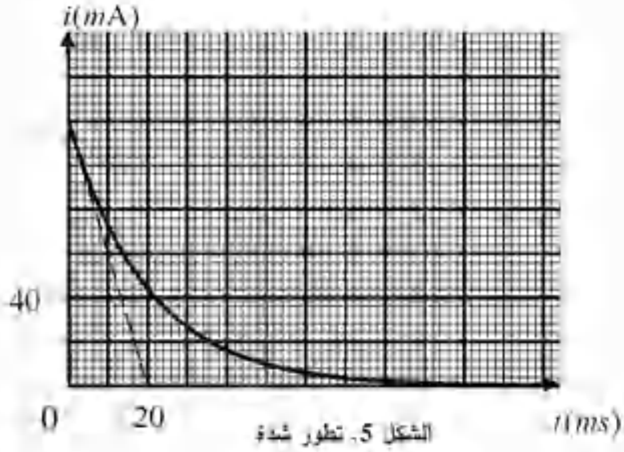
الشكل 4

.1 احدى هذه الدارات الكهربائية التي تتحكم في المؤقتة مُبيّنة في الشكل 4 والتي تتكوّن من:

- مولد كهربائي توتره ثابت E.
- ناقل أومي مقاومته $R=100\ \Omega$.
- ثنائي قطب D مجهول يمكن أن يكون: ناقل أومي، مكثفة أو وشيعة.
- وشيعة b ذاتيتها L ومقاومتها r مهملة.
- بادلة K وأسلاك توصيل.

.1.1 نضع البادلة في الوضع (1) عند اللحظة $t=0$، نعاين بواسطة برمجية مناسبة التطور الزمني لشدة التيار الكهربائي $i=f(t)$ المار بالدارة الكهربائية كما هو موضح في الشكل 5.

.1.1.1 حدّد طبيعة ثنائي القطب D مع التعليل.



الشكل 5. تطور شدة التيار بدلالة الزمن

2.1.1. كم يكون التوتر الكهربائي الأعظمي $U_{D_{max}}$ بين طرفي ثنائي القطب D ؟

2.1. نعتبر الآن أن ثنائي القطب D مكثفة سعتها C.

1.2.1. تأكد أن المعادلة التفاضلية للتوتر u_C بين طرفي المكثفة تكتب على الشكل الآتي:

$\frac{du_C}{dt}+A\cdot u_C=B$ حيث: A و B ثابتين.

جد العبارة الحرفية لكل من الثابتين A و B؛

2.2.1. المعادلة التفاضلية للتوتر الكهربائي u_C تقبل إحدى الحلول الآتية:

$u_C=E(1-e^{-t/RC})$ ، $u_C=E\cdot e^{-t/RC}$ ، $u_C=CE(1-e^{-t/RC})$. حدّد الحلّ المناسب مع التعليل.

3.2.1. جِد قيمة كل من: ثابت الزمن τ، سعة المكثفة C.

2. عندما يبلغ التوتر الكهربائي u_C بين طرفي المكثفة قيمته العظمى $U_{C_{max}}$، نضع البادلة في الوضع (2) في لحظة نعتبرها مبدأ للأزمنة $t=0$.

1.2. بتطبيق قانون جمع التوترات، جِد المعادلة التفاضلية التي تحققها الشحنة الكهربائية $q(t)$ للمكثفة.

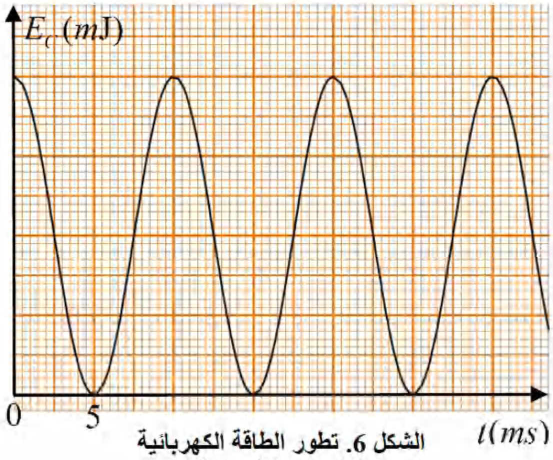
2.2. إنّ حَل هذه المعادلة التفاضلية من الشكل: $q(t)=Q_0\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t+\varphi\right)$ حيث Q_0 تمثل الشحنة الأعظمية للمكثفة، T_0 الدور الذاتي لاهتزازات الدارة الكهربائية و φ الصفحة الابتدائية. جِد العبارة الحرفية لكل من الثابتين Q_0 و T_0.

3.2. الدراسة الطاقوية مكنتنا من تمثيل تطور الطاقة الكهربائية المخزنة في المكثفة بدلالة الزمن $E_C=g(t)$ كما يوضحه الشكل 6.

1.3.2. باستعمال المنحنى $E_C=g(t)$، تأكد من أن الوشيعة صافية $(r=0)$.

2.3.2. احسب الطاقة الكهربائية العظمى $E_{C_{max}}$ المخزنة في المكثفة.

3.3.2. عيّن بيانيا قيمة الدّور الذاتي T_0 للدارة المهتزة ثم استنتج قيمة الذاتية L للوشيعة.

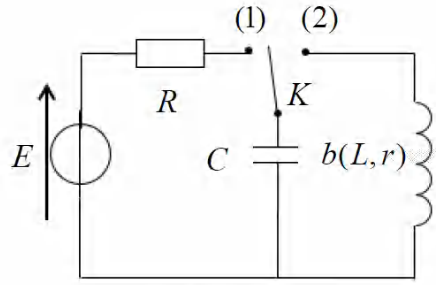


الشكل 6. تطور الطاقة الكهربائية المخزنة في المكثفة بدلالة الزمن

التمرين 11:

ننجز التركيب التجريبي الممثل في الشكل 5 والمتكون من العناصر الكهربائية التالية:

- مولد توتر كهربائي ثابت قوته المحركة الكهربائية $E=6\,V$
- ناقل أومي مقاومته R
- مكثفة سعتها C
- وشيعة b ذاتيتها L ومقاومتها r
- بادلة K

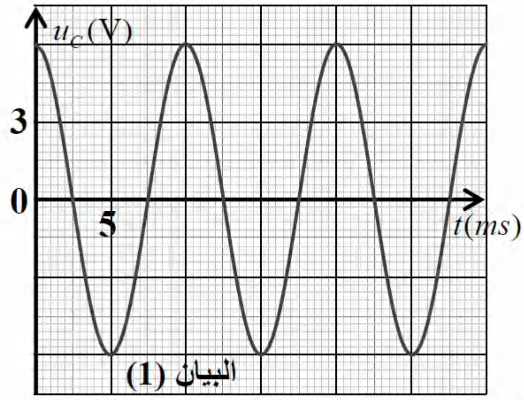


الشكل 5

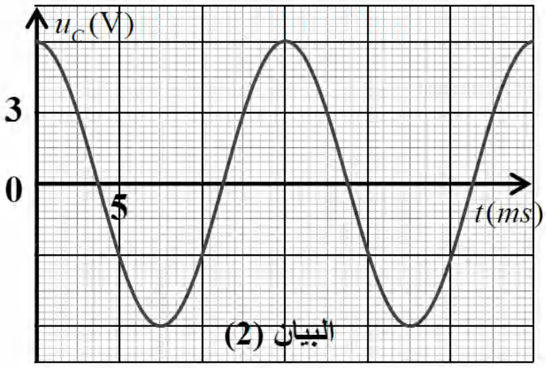
1. نضع البادلة في الوضع (1) فتشحن المكثفة كليا وتخزن كمية من الكهرباء قدرها: $Q_0=1,32\times10^{-4}C$. احسب الطاقة الأعظمية التي تخزنها المكثفة في نهاية عملية الشحن واستنتج سعة المكثفة.
2. نُنجز ثلاث تجارب باستعمال في كل مرة إحدى الوشائع الثلاث b_1، b_2 و b_3 ذات المميزات التالية:

$b_1(L_1=260\,mH\,,r_1=0)$ ، $b_2(L_2=115\,mH\,,r_2=0)$ ، $b_3(L_3\,,r_3=10\Omega)$.

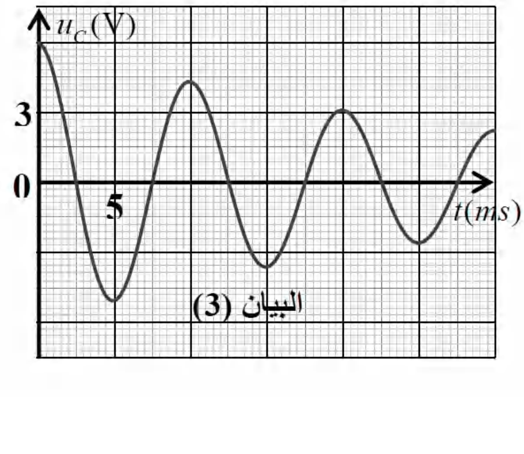
في كل تجربة نشحن المكثفة كليا ونضع البادلة في الوضع (2)، يسمح تجهيز $ExAO$ بالحصول على البيانات التالية للتوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة بدلالة الزمن $u_C(t)$.



البيان (1)



البيان (2)



البيان (3)

1.2. حدّد نمط الاهتزازات الذي يبينه البيان(1) والبيان(3).

2.2. أرفق كل بيان بالوشيعة التي توافقه في التجربة مع التعليل.

3.2. نعتبر حالة تفريغ المكثفة في الوشيعة $b_2(L_2=115\,mH\,,r_2=0)$

1.3.2. جِد المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة $u_C(t)$.

2.3.2. يعطى حل المعادلة التفاضلية بالشكل:

$$u_C(t)=U_{C_{max}}\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t+\varphi\right)$$

جِد قيمة كل من: $U_{C_{max}}$ ، T_0 ، ω_0 و φ.

3.3.2. بيّن أن الطاقة الكلية للدارة L,C ثابتة، احسب قيمتها.

4.2. فسّر لماذا تتناقص سعة الاهتزازات في البيان (3).

حل التمرين 10:

الإجابة	العلامة	المجموع
(1 **.1.1** **.1.1.1** طبيعة ثنائي القطب D : مكثفة. التعليل: لأن شدة التيار منعدمة في النظام الدائم.	0.25 0.25	**3.25**
.2.1.1 التوتر الأعظمي $U_{Dmax}=E=R.I_0=100\times0,12=12\text{V}$	0.25	
.2.1 **.1.2.1** التأكد من المعادلة التفاضلية للتوتر U_C: $u_R(t)+u_C(t)=E\Rightarrow RC\frac{du_C}{dt}+u_C(t)=E\Rightarrow\frac{du_C}{dt}+\frac{1}{RC}u_C(t)=\frac{E}{RC}$ من الشكل $\frac{du_C}{dt}+A.u_C=B$ حيث: $\begin{cases}A=1/RC\\B=E/RC\end{cases}$	0.25 0.25 0.25 0.25 0.25	
.2.2.1 المعادلة التفاضلية للتوتر u_C تقبل $u_C=E(1-e^{-t/RC})$ حلاً لها: التعليل: لأن العبارة $u_C=E(1-e^{-t/RC})$ تحقق المعادلة التفاضلية.	0.25 0.25	
.3.2.1 من البيان: ثابت الزمن $\tau=0,02s$ ، $c=\frac{\tau}{R}=\frac{0,02}{100}=2\times10^{-4}\text{F}$	0.25 0.25 0.25	
(2 .1.2 المعادلة التفاضلية لـ: $q(t)$ $u_b(t)+u_C(t)=0\Rightarrow\quad L\frac{di(t)}{dt}+u_C(t)=0$ ومنه: $\frac{d^2q(t)}{dt^2}+\frac{1}{LC}q(t)=0$	0.25 0.25 0.25	
.2.2 العبارة الحرفية للثابتين Q_0 و T_0 : بتعويض الحل في المعادلة التفاضلية نجد : $T_0=2\pi\sqrt{LC}$ ومن الشروط الابتدائية $Q_0=CE$	0.25 0.25	**2.75**
.3.2 .1.3.2 الوشيعة صرفة $(r=0)$: لأنه لا يوجد ضياع في الطاقة.	0.25	
.2.3.2 حساب $E_{C\ max}$: $E_{C\ max}=\frac{1}{2}C.E^2=\frac{1}{2}\times2\times10^{-4}\times(12)^2=14,4mJ$	0.25 0.25	
.3.3.2 $T_0=2\cdot T_{Energie}=2\times10ms=20ms$ استنتاج الذاتية L للوشيعة: $T_0=2\pi\sqrt{LC}\Rightarrow L=\frac{T_0^2}{4\pi^2C}=\frac{(0.02)^2}{40\times2\times10^{-4}}=0,05\text{H}$	0.25 0.25 0.25	

حل التمرين 11

1	0.25 0.25 0.25 0.25	1. الطاقة الأعظمية: $$E_{Cmax} = \frac{1}{2}\times Q_0 \times U_{Cmax} = \frac{1}{2}\times Q_0 \times E$$ $$E_{C\max} = 3,96\times 10^{-4}\,\mathrm{J}$$ سعة المكثفة: $C = \frac{Q_0}{E} = 22\times 10^{-6}\,\mathrm{F}$
5	0.25 0.25	2. 1.2. نمط الاهتزازات الذي يبينه البيان (1): اهتزازات حرة غير متخامدة نمط الاهتزازات الذي يبينه البيان (3): اهتزازات حرة متخامدة
	4x0.25	2.2. البيان (3): نظام شبه دوري لوجود مقاومة بالدارة فهو يوافق الوشيعة $b_3(L_3\ ,\ r_3 = 10\Omega)$، 0.25 البيانين (1) و (2) نظام دوري تنعدم فيهما المقاومة فهما يوافقان الوشيعتين $b_1(L_1 = 260mH,\ r_1 = 0)$ ، $b_2(L_2 = 115mH\ ,\ r_2 = 0)$ لكن : $L_2 < L_1$ فإن: $T_2 < T_1$ حسب عبارة الدور : $T = 2\pi\sqrt{L\cdot C}$ 0.25 إذن: البيان (1) يوافق الوشيعة $b_2(L_2 = 115mH\ ,\ r_2 = 0)$ 0.25 و البيان (2) يوافق الوشيعة $b_1(L_1 = 260mH\ ,\ r_1 = 0)$ 0.25
	4x0.25	3.2. 1.3.2. حالة تفريغ المكثفة في الوشيعة $b_2(L_2 = 115mH\ ,\ r_2 = 0)$ إيجاد المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر بين طرفي المكثفة $u_C(t)$: بتطبيق قانون جمع التوترات لدينا $u_C + u_L = 0 \Rightarrow u_C + L\frac{di}{dt} = 0$ 0.25 0.25 حيث $i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt}$ و ومنه : $\frac{di}{dt} = C\frac{d^2u_C}{dt^2}$ $LC\frac{d^2u_C}{dt^2} + u_C = 0$ 0.25 بالقسمة على LC نجد : $\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{1}{LC}u_C = 0$ 0.25
	0.25 0.25 0.25 0.25	2.3.2. حل المعادلة التفاضلية بالشكل: $u_C(t) = u_{Cmax}\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$ - إيجاد قيمة كل من: U_{Cmax} و T_0، ω_0 و φ : $u_{C\max} = E = 6V$ (القيمة العظمى للتوتر) $T_0 = 2\pi\sqrt{L\times C} = \frac{2\pi}{\omega_0} = 10ms$ (الدور الذاتي للاهتزازات للبيان (1)) $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \frac{2\pi}{0.01} = 200\pi\ \ rad/s$ (النبض الذاتي للاهتزازات) من البيان (1) لدينا لما $t = 0$ يكون: $u_C(0) = U_{C\max} = U_{C\max}\cos\varphi \Rightarrow \cos\varphi = 1 \Rightarrow \varphi = 0$ (الصفحة الابتدائية)

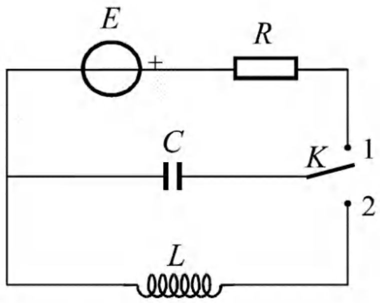
4x0.25	**2.3.3.** إثبات أن الطاقة الكلية للدارة L,C ثابتة: $E_T = E_C + E_L = \frac{1}{2}Cu_C^2 + \frac{1}{2}Li^2$ حيث $u_C = E\cos(\omega_0 t + \varphi)$ 0.25 و $i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt} = -C\omega_0 E\sin(\omega_0 t + \varphi)$ 0.25 $E_T = \frac{1}{2}CE^2\cos^2(\omega_0 t + \varphi) + \frac{1}{2}L(-C\omega_0 E)^2\sin^2(\omega_0 t + \varphi)^2$ حيث: $T_0^2 = 4\pi^2 L \times C$ 0.25 و $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$ ومنه : $E_T = \frac{1}{2}CE^2 = C^{te}$ نستنتج أن : طاقة الدارة LC ثابتة والدارة مثالية. قيمتها: $E_T = 3{,}96\times10^{-4}\,\mathrm{J}$ 0.25
0.50	**2.4.** تفسير تناقص سعة الاهتزازات في البيان (3): تناقص سعة الاهتزازات في البيان (3) نتيجة وجود مقاومة (وهي مقاومة الوشيعة b_3) أي هناك ضياع للطاقة على شكل حرارة بفعل جول.

التمرين 12

نحقّق الدارة الكهربائية الموضحة بالشكل−1− والتي تتألف من مولد ذي توتر ثابت $E = 6V$، ناقل أومي مقاومته R، مكثفة غير مشحونة سعتها C، بادلة K ووشيعة ذاتيتها L مقاومتها مهملة.

باستعمال تجهيز التجريب المدعم بالحاسوب تمكنا من الحصول على المنحنى البياني $i = f(t)$ الممثل لتغيرات شدة التيار المار في الدارة بدلالة الزمن أثناء عملية شحن المكثفة، الشكل−2−.

الشكل−2−



الشكل−1−

1) أعد رسم دارة الشحن موضحا عليها الجهة الاصطلاحية للتيار الكهربائي وبيّن بسهم التوتر الكهربائي بين طرفي كل عنصر كهربائي.

2) باستعمال قانون جمع التوترات اكتب المعادلة التفاضلية للشحنة q بدلالة الزمن.

3) إنَّ حل المعادلة التفاضلية السابقة يعطى بالعبارة: $q(t) = A(1-e^{-bt})$. جد عبارة كل من A و b .

4) جد عبارة شدة التيار $i(t)$.

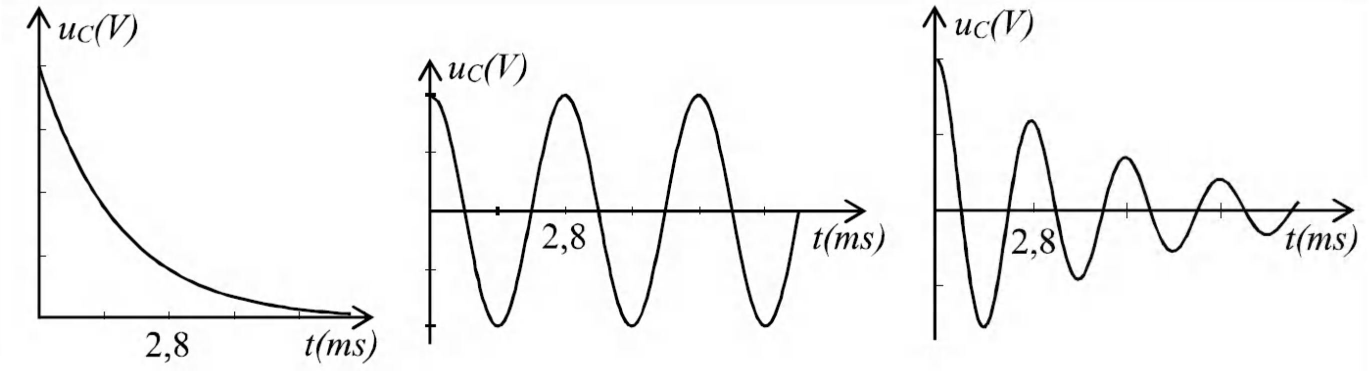
5) باستعمال البيان: أ) احسب مقاومة الناقل الأومي R .

ب) بيّن أنَّ سعة المكثفة $C = 2\mu F$.

6) بعد إتمام عملية الشحن، وفي اللحظة $t = 0$ نغيّر البادلة إلى الوضع (2).

أ) بيّن أنّ المعادلة التفاضلية للتوتر بين طرفي المكثفة تعطى بالعبارة: $\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{1}{L.C}u_C = 0$

ب) من المنحنيات الآتية، أيها يوافق حل هذه المعادلة مع التعليل.



الشكل-5   الشكل-4   الشكل-3

جـ) بالاعتماد على المنحنى المختار احسب ذاتية الوشيعة L .

د) احسب قيمة الطاقة المخزنة في المكثفة من أجل البادلة في الوضع (2) عند اللحظتين:

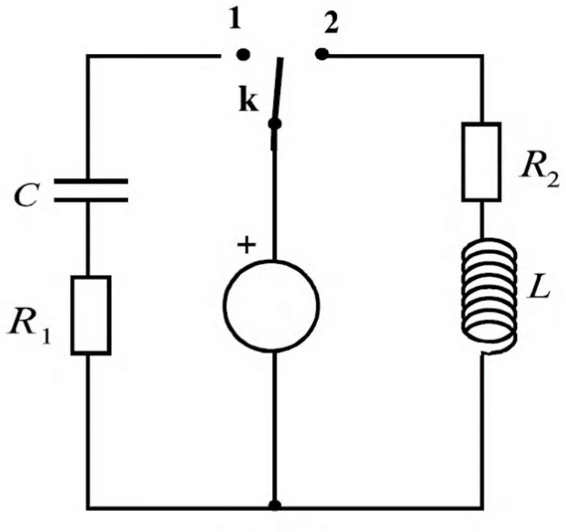
$t = 0s$ ، $t = \frac{T}{4}s$ حيث T دور الاهتزاز.

هـ) فسّر التغير الحادث في هذه الطاقة.

التمرين 13:

نحقق الدارة الكهربائية الممثلة في (الشكل -1-) باستعمال العناصر الكهربائية التالية:

- مولد للتوتر الكهربائي مثالي قوته المحركة الكهربائية E.
- ناقلان أوميان مقاومتيهما R_1، R_2 حيث $R_1 = R_2 = R$.
- مكثفة فارغة سعتها C.
- وشيعة صافية ذاتيتها L.
- بادلة K.



الشكل -1-

1) في اللحظة $t = 0$، نضع البادلة K في الوضع (1).

أ) ما هي الظاهرة الكهربائية التي تحدث في الدارة؟

ب) مثل الجهة الاصطلاحية للتيار المار في الدارة وبيّن بسهم التوتر الكهربائي بين طرفي كل عنصر كهربائي.

جـ) جد المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة $U_c(t)$.

د) بيّن أن $U_c(t)=E(1-e^{-\frac{t}{RC}})$ هو حل للمعادلة التفاضلية.

2) نضع الآن البادلة في الوضع (2) في لحظة نعتبرها مبدأ للأزمنة.

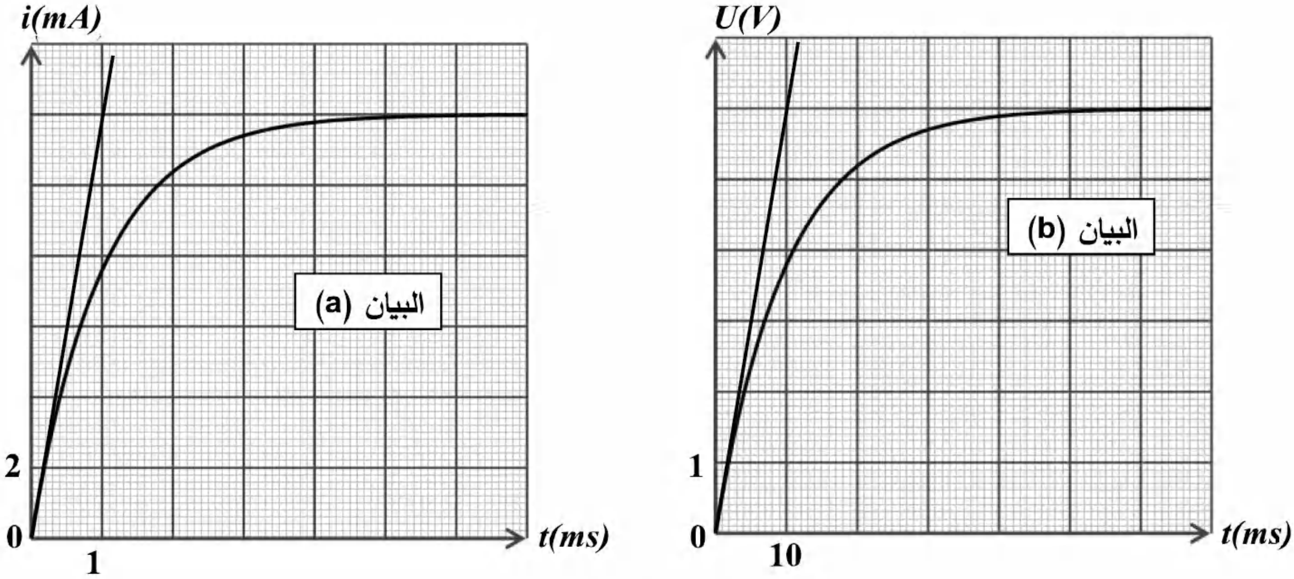
أ) جد المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار $i\left(t\right)$.

ب) حل المعادلة التفاضلية السابقة هو من الشكل: $i\left(t\right)=Ae^{-\frac{R}{L}t}+B$

حيث A و B ثابتين. جد عبارة كل منهما.

3) بواسطة برمجية خاصة تمكنا من الحصول على البيانين (a) و (b) الممثلين في (الشكل −2−).

أحدهما يوافق البادلة في الوضع (1) والآخر يوافق البادلة في الوضع (2).



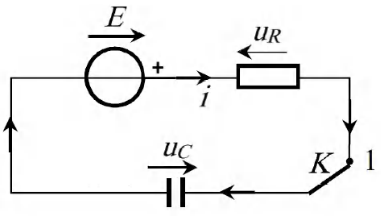
الشكل − 2 −

أ) أرفق كل منحنى بالوضع المناسب للبادلة مع التعليل.

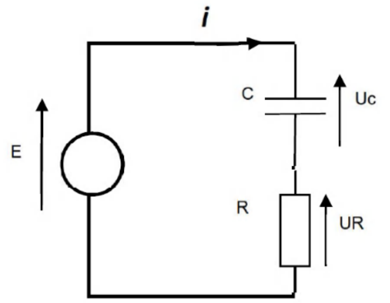
ب) باستعمال البيانين جد قيم المقادير التالية : L,C,R,E.

حل التمرين 12:

التمرين الثاني:(07 نقاط)

الإجابة	العلامة مجزأة	المجموع
1- توضيح الجهة الاصطلاحية للتيار والتوترات:  	0,25 0,25 0,25 0,25	01
2- المعادلة التفاضلية للشحنة q: لدينا $u_R + u_C = E$ ومنه $R.i + \frac{1}{C}q = E$ حيث $i = \frac{dq}{dt}$ نجد $\frac{dq}{dt} + \frac{1}{R.C}q - \frac{E}{R} = 0$	0,25 0,25 0,25	0,75
3- عبارة A ، b: نشتق الحل نجد $\frac{dq}{dt} = Abe^{-bt}$ بالمطابقة نجد $Abe^{-bt} + \frac{A}{R.C} - \frac{A}{R.C}e^{-bt} = \frac{E}{R}$ نخلص إلى $A = E.C$ ، $b = \frac{1}{R.C}$ (نقبل $A = Q_{max}$ ، $b = \frac{1}{\tau}$)	0,25 0,25 0,25	0,75
4- عبارة شدة التيار: لدينا $i = \frac{dq}{dt}$ بالاشتقاق نجد $i(t) = \frac{E}{R}e^{-\frac{t}{R.C}}$	0,25	0,25
5-أ) مقاومة الناقل الاومي: عند اللحظة $t = 0$ يكون $u_C = 0$ ومنه $u_R = R.i = E$ نجد $R = \frac{E}{i_0} = \frac{6}{4.8\times10^{-3}} = 1250\ \Omega$ ب) إثبات قيمة سعة المكثفة: من المماس عند $t = 0$ نجد $\tau = R.C$ من البيان $C = \frac{\tau}{R} = \frac{2.5\times10^{-3}}{1250} = 2\mu F$	0,25 0,25 0,25 0,25	01
6- أ)إثبات المعادلة التفاضلية: لدينا $u_C + u_L = 0$ ومنه $u_C + L\frac{di}{dt} = 0$ حيث $i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt}$ بالاشتقاق والتعويض نجد $\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{1}{L.C}u_C = 0$ ب) المنحنى الموافق لحل المعادلة التفاضلية هو الشكل -4 التعليل: المعادلة التفاضلية حلها جيبي والوشيعة مثالية (لا تحتوي مقاومة داخلية) حيث لا تستهلك الطاقة ومنه لا يحدث تخامد في الاهتزازات (ثبات في السعة) ج) حساب ذاتية الوشيعة: تعطى عبارة الدور الذاتي بالعلاقة: $T_0 = 2\pi\sqrt{L.C}$ ومن المنحنى البياني $T_0 = 2,8\times10^{-3}s$ بالمطابقة نجد $L = \frac{T_0^{\ 2}}{(2\pi)^2\times C} = 0,1\,H$	0,25 0,25 0,25 0,25 0, 5 0,25 0,25	03,25
د) حساب الطاقة المخزنة في المكثفة : $E(C) = \frac{1}{2}C.u_C^{\ 2}$ عند $t = 0s$ نجد $E(C) = 3,6\times10^{-5}\ joules$ عند $t = \frac{T}{4}s$ نجد $E(C) = 0\ joules$ هـ) التفسير : خلال ربع الدور يتناقص التوتر بين طرفي المكثفة من قيمته الأعظمية (6V) إلى الصفر بسب انتقال الطاقة من المكثفة إلى الوشيعة دون ضياع.	0,25 0,25 0,25 0,5	

حل التمرين 13:

الإجابة	العلامة	المجموع
1-		
أ- الظاهرة الكهربائية : شحن المكثفة	0,25	
ب- 	0,75	1,75
ج) المعادلة التفاضلية: $\frac{dU_C}{dt}+\frac{1}{RC}U_C=\frac{E}{RC}$	0,5	
د) $u_c(t)=E(1-e^{-(t/RC)})$ هو حل للمعادلة التفاضلية	0,25	
2- أ- المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار :		
$\frac{di(t)}{dt}+\frac{R}{L}i(t)=\frac{E}{L}$	0,5	
ب- ايجاد عبارة كل من: A و B		
$i(t)=Ae^{-\frac{R}{L}t}+B$	0,25	1,5
$\frac{di(t)}{dt}=-\frac{AR}{L}e^{-\frac{R}{L}t}$		
$-\frac{AR}{L}e^{-\frac{R}{L}t}+\frac{R}{L}(Ae^{-\frac{R}{L}t}+B)=\frac{E}{L}$		
$\frac{RB}{L}=\frac{E}{L}\Rightarrow B=\frac{E}{R}$	0,25	
$i(0)=A+B=0\Rightarrow A=-\frac{E}{R}$	0,25	
	0,25	
3- أ) ارفاق كل منحنى بالوضع المناسب للبادلة شدة التيار في الوشيعة تتزايد مع مرور الزمن بينما في المكثفة تتناقص و بالتالي البيان(a) يوافق البادلة في الوضع (2) و البيان (b) يوافق البادلة في الوضع (1) و هو $u_c(t)$.	0,5	
ب- قيم المقادير E,R,C,L		
من البيان (b): $u_{cmax}=E=6\ V$ ……………………………………	0,25	
من البيان (a): $R=\frac{E}{I_{max}}$	0,25	
$R=500\Omega$	0,25	2,75
من البيان (b): $\tau_b=10ms$ ……………………………………	0,25	
$C=\frac{\tau_b}{R}$	0,25	
$C=2\times10^{-5}F$	0,25	
$\tau_a=1ms$	0,25	
من البيان (a): $\tau_a=\frac{L}{R}$	0,25	
$L=500mH=0,5H$	0,25	

التمرين 14:

تستعمل الوشائع، المكثفات والنواقل الأومية في الدارة الكهربائية لمختلف الأجهزة الكهربائية، ولإبراز دور (تصرف) هذه العناصر الكهربائية، قام أستاذ مع فوج من تلاميذ السنة النهائية بتركيب الدارتين الكهربائيتين الآتيتين:

I. التركيب الأول الممثل في **الشكل−3** والمكون من:

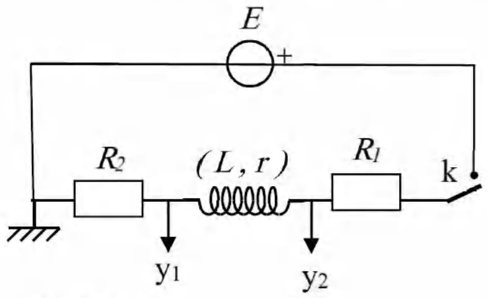
– وشيعة ذاتيتها L ومقاومتها الداخلية r .

– ناقلين أوميين مقاومتهما R_1 ، $R_2 = 80\ \Omega$.

– مولد للتوتر الثابت قوته المحركة الكهربائية E .

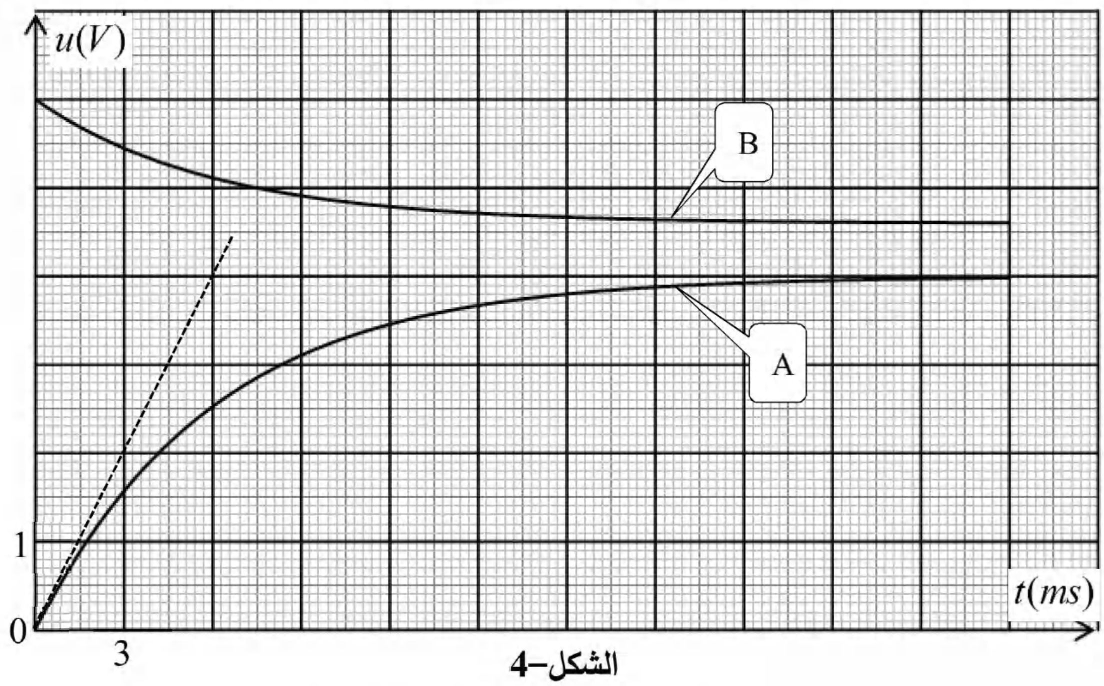
– قاطعة K .

– راسم اهتزاز رقمي ذو ذاكرة.



الشكل−3

نغلق القاطعة عند اللحظة $t = 0$ نحصل على المنحنيين البيانيين الممثلين في **الشكل−4**.



الشكل−4

1) عيّن المنحنى البياني الذي يمثل التوتر الكهربائي بين طرفي الناقل الأومي R_2 ، علل .

2) أوجد المعادلة التفاضلية بدلالة شدة التيار المار في الدارة .

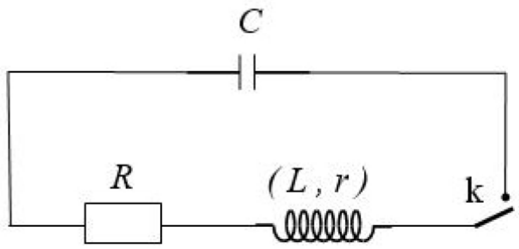
3) اعتمادا على **الشكل−4:**

أ) أوجد قيمة E .

ب) حدّد قيمة كل من: r ، R_1.

جـ) احسب قيمة L بطريقتين مختلفتين.

II. التركيب الثاني الممثل في **الشكل-5** والمكون من:



الشكل-5

- الوشيعة السابقة
- مكثفة سعتها $C = 47\ \mu F$ مشحونة كليا .
- ناقل اومي مقاومته $R = 28\ \Omega$.
- قاطعة K .
- راسم إهتزاز رقمي ذو ذاكرة .

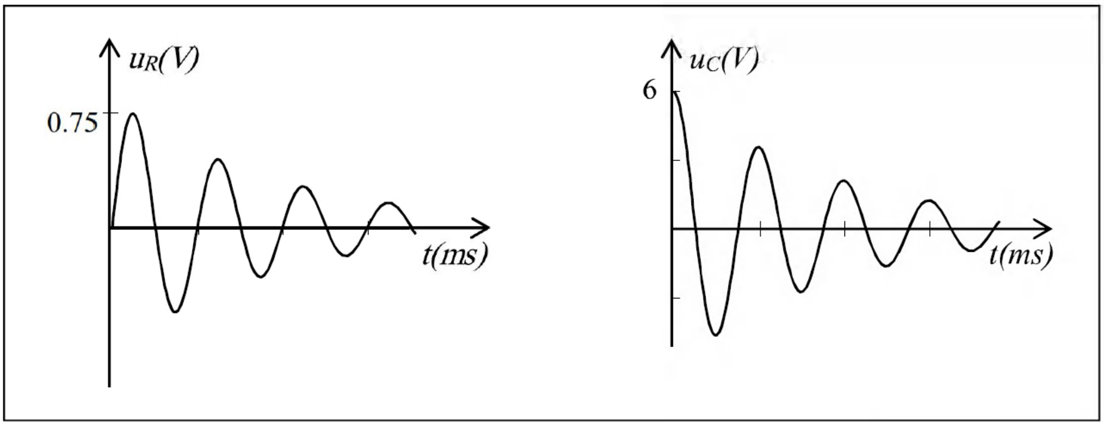
نغلق القاطعة عند اللحظة $t = 0$ نحصل على المنحنيين البيانيين الممثلين في **الشكل-6** .

1) كيف تتحقق تجريبيا من أنّ المكثفة مشحونة؟

2) ما هو نمط الإهتزازات الملاحظ؟ علّل.

3) احسب قيمة الطاقة الكلية للدارة عند اللحظتين $t = 0$ و $t = T/4$ حيث T هو شبه الدور للاهتزازت الكهربائية. ماذا تستنتج؟

4) كيف تتوقع شكل المنحنى البياني $u_C(t)$ عند حذف الناقل الأومي R ؟



حل التمرين 14:

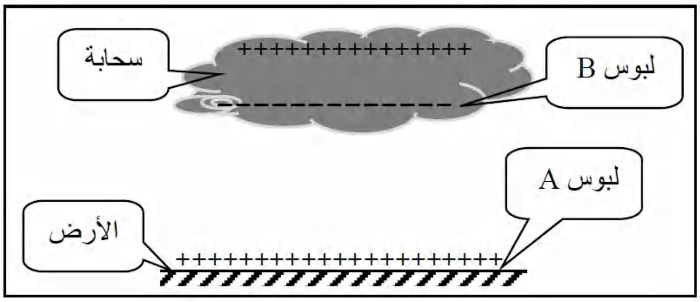
0,5	0,5	I-1- المنحنى البياني الذي يوافق u_{R2} هو المنحنى A (عند اللحظة $t = 0$ يكون $u_R = 0$)
0,75	0,25 0,25 0,25	2- المعادلة التفاضلية بدلالة شدة التيار $u_{R1} + u_{R2} + u_b = E$ نجد $R_1 i + R_2 i + ri + L\, di/dt = E$ $\left(R_1 + R_2 + r\right)i + L\, di/dt = E$, نخلص إلى $\dfrac{di}{dt} + \dfrac{\left(R_1 + R_2 + r\right)}{L} i = \dfrac{E}{\left(R_1 + R_2 + r\right)}$

03,25	0,25 0,25 0,25 0,25 0,5 0,5 1,25	3-أ)- قيمة E $\quad E = 6\ V$ ب)- قيمة r: لدينا $u_{max} = (r + R_2).i_0$ ولدينا $i_0 = \frac{u_{R_2}}{R_2} = \frac{4}{80} = 0.05\ A$ نجد $r = \frac{u_{max}}{i_0} - R_2 = 12\ \Omega$ قيمة R_1 : $E = (r + R_2 + R_1).i_0$ نجد $R_1 = 28\ \Omega$ ج)- قيمة L :ط1 : من البيان $\tau = 0.006\ s$ نجد $L = \tau(R_1 + R_2 + r) = 0.72H$ $L(\frac{di}{dt})_{t=0} = E \Rightarrow \frac{L}{R_2}(\frac{du_{R_2}}{dt})_{t=0}$ ط2: $L = \frac{E.R_2}{(\frac{du_{R_2}}{dt})_{t=0}}$ من البيان A : $(\frac{du_{R_2}}{dt})_{t=0} = \frac{2}{3} \times 10^3 V/s$ ومنه $L = 0,72H$
0,5	0,5	II – 1)- التحقق التجريبي: توصيل طرفي المكثفة بجهاز الفولط متر ، انحراف المؤشر يدل على أنها مشحونة.
0,25	0,25	2)- نمط الاهتزازات حرة متخامدة لأنها لا تستقبل طاقة من الوسط الخارجي وتحتوي الدارة على ناقل أومي .
01,25	0,5 0,5 0,25	3)- حساب الطاقة الكلية : $E_T = E_c(0) = \frac{1}{2}C.u_c^2(0)$ عند $t = 0$: $E_T = E_c(0) = \frac{1}{2}C.u_c^2(0) = 8.5\times10^{-4}\ J$ عند $t = T/4$: $E_T = E_L(T/4) = \frac{1}{2}L.i^2(T/4) = 2.58\times10^{-4}\ J$ ومنه $E_T(0) > E_T(T/4)$ ومنه ضياع في الطاقة(طاقة غير محفوظة)
0,5	0,5	4)- عند حذف الناقل الأومي يزداد زمن التخامد دون تأثر الدور ، يكون ضياع الطاقة أقل (يقبل التفسير بيانيا)

التمرين 15:

هل تعلم؟ في 27 أكتوبر 1998، قتلت الصاعقة فريق كرة قدم بأكمله في جمهورية الكونغو الديمقراطية.

أثناء العاصفة الرعدية، تُسبب التيارات العنيفة في السحاب تصادمات بين جزيئات الماء، ظهور شحنات موجبة وشحنات سالبة. الشحنتان متعاكستان ومنفصلتان: قاعدة السحابة مشحونة سلبًا والجزء العلوي إيجاباً. في نفس الوقت تكون التربة مشحونة إيجاباً كما بالشكل 1 المنمذج للصورة المقابلة. وبالتالي، فإنها تشكل مكثفة مشحونة، أحد لبوسيها هو الأرض (اللبوس A الموجب) والآخر قاعدة السحابة (اللبوس B السالب)، سعتها C، التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة هو $U_{AB}=E=10^{8}\ \text{V}$.

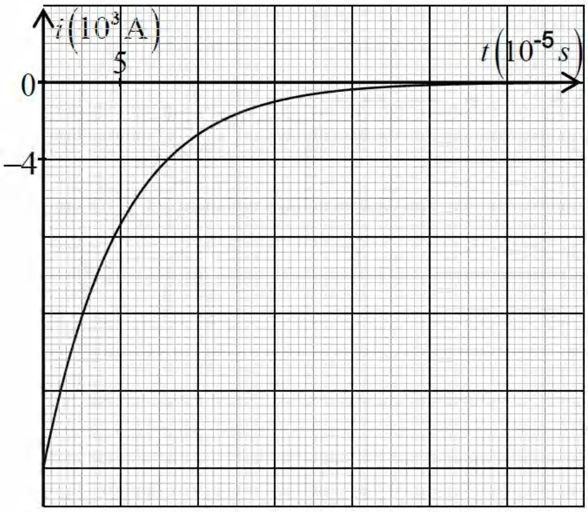


الشكل 1. رسم تخطيطي للصورة

يهدف هذا التمرين إلى حساب المقاومة الكهربائية للهواء وذاتية وشيعة.

1. البرق ظاهرة كهربائية طبيعية تحدث نتيجة تفريغ كهربائي في الهواء الرطب ما بين الأرض وسحابة. نعتبر الهواء الرطب ناقلا أوميا مقاومته R.

تتطور شدة التيار الكهربائي أثناء التفريغ وفق المنحنى البياني الشكل 2.



الشكل 2. تطور شدة التيار الكهربائي بدلالة الزمن

1.1. ارسم شكلا تخطيطيا لدارة التفريغ الكهربائية المنمذجة للظاهرة الموصوفة بالشكل 1.

2.1. بتطبيق قانون جمع التوترات الكهربائية، أسس المعادلة التفاضلية لتطور شدة التيار $i(t)$.

3.1. بيّن أن: $i(t)=-I_0\cdot e^{-\frac{t}{RC}}$ حلا للمعادلة التفاضلية السابقة.

4.1. باستغلال البيان (الشكل 2):

1.4.1. استخرج قيمة كل من شدة التيار الكهربائي العظمى I_0 وثابت الزمن τ لثنائي القطب R,C.

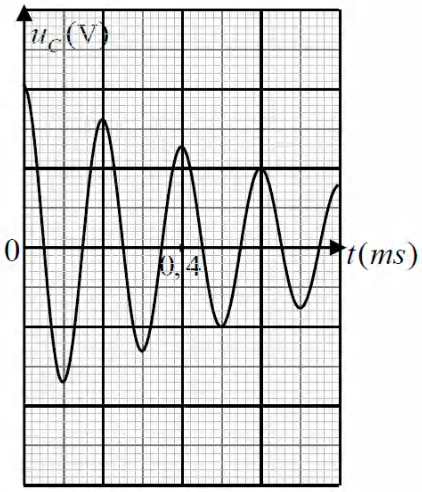
2.4.1. احسب قيمة R واستنتج قيمة سعة المكثفة C.

5.1. المثلان القائلان «عندما يهدر الرعد، اذهب إلى الداخل» و«إذا كان هناك برق بالقرب من موقعك، فأنت لست آمنا بالخارج». على ضوء هذا أعط بعض قواعد الحماية من الصاعقة.

2. نربط مكثفة مشحونة سعتها $C=10^{-2}\mu F$ مع وشيعة ذاتيتها L ومقاومتها r. بواسطة التجريب المدعم بالحاسوب $(ExAO)$ تم الحصول على منحنى تطور التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة $u_C(t)$ الشكل 3.

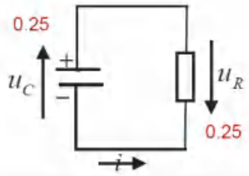
1.2. حدّد نمط الاهتزاز واستنتج قيمة شبه الدور T.

2.2. جِد قيمة ذاتية الوشيعة L باعتبار $T \approx T_0$ حيث: T_0 الدور الذاتي للدارة المثالية L,C.



الشكل 3. تطور التوتر $u_C(t)$

حل التمرين 15:

5	3×0.25	1.1.الشكل التخطيطي لدارة التفريغ الكهربائية المنمذجة للظاهرة الموصوفة. $(i<0)$ 0.25 
	4×0.25	2.1. تأسيس المعادلة التفاضلية لتطور شدة التيار $i(t)$: بتطبيق قانون جمع التوترات الكهربائية $u_C(t)+u_R(t)=0$ 0.25 أو $\begin{cases} u_C(t)=\frac{1}{C}\cdot q(t) \\ u_R(t)=R\cdot i(t) \end{cases}$ 0.25 $\frac{1}{C}\cdot q(t)+R\cdot i(t)=0$ باشتقاق طرفي المعادلة بالنسبة للزمن $\frac{1}{C}\cdot\frac{dq(t)}{dt}+R\cdot\frac{di(t)}{dt}=0$ 0.25 حيث $\frac{di}{dt}+\frac{1}{R\cdot C}\cdot i=0$ 0.25
	4×0.25	3.1. لنبيّن أن: $i(t)=-I_0\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ حلا للمعادلة التفاضلية السابقة: نشتق $i(t)$ بالنسبة للزمن نجد $\frac{di}{dt}=\frac{I_0}{\tau}\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ 0.25، نعوض في المعادلة التفاضلية السابقة 2x0.25 $\frac{I_0}{\tau}\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}-\frac{I_0}{\tau}\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}=0$ ومنه $i(t)=-I_0\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ 0.25 حل للمعادلة التفاضلية.
	3×0.25	1.4.1. باستغلال البيان (الشكل 2) لتستنتج قيمة كل من: – شدة التيار الكهربائي العظمى I_0: عند اللحظة $t=0$ يكون $i(t=0)=-I_0=-2\cdot10^4\,A$ ومنه $I_0=2\times10^4\,A$ 0.25 – ثابت الزمن τ: عند اللحظة $t=\tau$ يكون $i(t=\tau)=-0,37\cdot I_0=-0,74\,A$ 0.25 بإسقاط القيمة على بيان $i=f(t)$ نحصل على $\tau=5\times10^{-5}\,s$. 0.25 ملاحظة: يمكن تحديد قيمة ثابت الزمن τ بطريقة المماس عند المبدأ.
	4×0.25	2.4.1. استنتاج كل من: – قيمة R: $E=R\cdot I_0\Rightarrow R=\frac{E}{I_0}=\frac{10^8}{2\cdot10^4}=5000\,\Omega=5k\Omega$ 0.25 0.25 – قيمة سعة المكثفة C: $\tau=R\cdot C\Rightarrow C=\frac{\tau}{R}=\frac{5\cdot10^{-5}}{5\cdot}=10\,nF$ 0.25 0.25
	0.5	5.1. بعض قواعد الحماية من البرق: ذكر قاعدتين على الاقل - تجنب التواجد في المرتفعات العالية عند حدوث البرق. - تجنب التواجد قرب الأبراج المعدنية. - تجنب التواجد قرب مصادر المياه.
1	2×0.25	1.2. تحديد نمط الاهتزاز واستنتج قيمة شبه الدور T: – نمط الاهتزاز : اهتزازات كهربائية حرة متخامدة – استنتاج قيمة شبه الدور T: $2\cdot T=0,4\Rightarrow T=\frac{0,4}{2}=0.2\,ms$
	2×0.25	2.2. قيمة ذاتية الوشيعة L باعتبار أن $T\approx T_0$ $T\approx T_0=2\cdot\Pi\sqrt{L\cdot C}\Rightarrow L=\frac{T^2}{4\cdot\Pi^2\cdot C}=\frac{4\cdot10^{-8}}{40\cdot10^{-8}}=0,1\text{H}$ 0.25 0.25