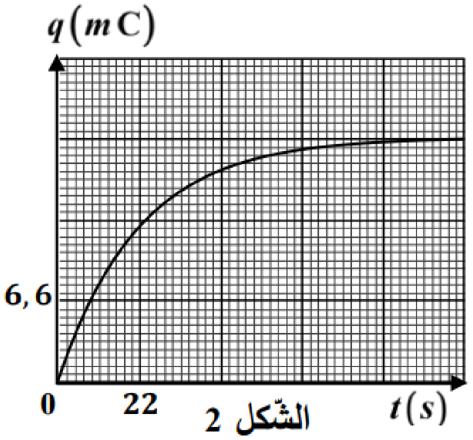
التمرين 1:

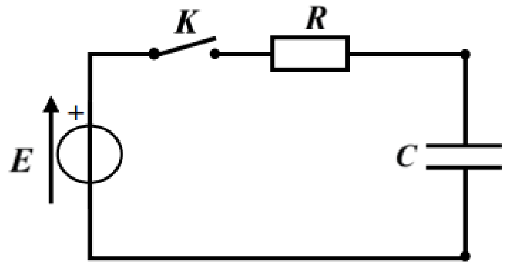
تستخدم المكثّفات في عدّة أجهزة كهربائيّة بسبب قدرتها على تخزين الطّاقة الكهربائيّة منها أجهزة الإنذار المتعلّقة بفتح وغلق الأبواب.

تتكوّن الدّارة الكهربائيّة المُبَيَّنَة في **الشّكل 1** من مكثّفة سعتّها $C = 2,2\,mF$ غير مشحونة، ناقل أومي مقاومته R ومولد توتّر ثابت قوّته المحرّكة الكهربائيّة E . نربط الدّارة بجهاز $ExAO$ (التّجريب المدعّم بالحاسوب) لمعاينة تطوّر الشّحنة الكهربائيّة $q(t)$ للمكثّفة بدلالة الزّمن.

في لحظة $t = 0$ نغلق القاطعة، فنتحصّل على المنحنى المبيّن في **الشّكل 2**.



الشّكل 2



الشّكل 1

1. أعد رسم الدّارة الكهربائيّة (**الشّكل 1**) ومثّل عليها اتّجاه مرور التيّار الكهربائي والتّوتّرات الكهربائيّة بأسهم.
2. بتطبيق قانون جمع التّوتّرات، بيّن أنّ المعادلة التّفاضليّة الّتي تحقّقها الشّحنة $q(t)$ للمكثّفة تكتب كما يلي:
$a\dfrac{dq(t)}{dt} + q(t) - b = 0$ حيث: a و b ثابتين يطلب إيجاد عبارة كلّ منهما وإعطاء مدلولهما الفيزيائي.
3. تأكّد أنّ المعادلة الزمنيّة لتطوّر الشّحنة $q(t)=b(1-e^{-\frac{t}{a}})$ هي حلّ المعادلة التفاضليّة.
4. استنتج بيانيا قيمة τ ثابت الزّمن للدّارة.
5. اكتب عبارة الطّاقة المخزّنة في المكثّفة خلال عمليّة الشّحن بدلالة $q(t)$ و C ، ثمّ احسب قيمتها عندما تبلغ شحنة المكثّفة 89% من شحنتها الأعظميّة.
6. تتحكم الدّارة السّابقة في تشغيل جهاز إنذار لثلاّجة حيث تصدر صوتا عند بقاء بابها مفتوحا لمدّة معيّنة، فبمجرد فتح باب الثلاّجة تشحن المكثّفة وعندما يبلغ التّوتّر بين طرفيها $8V$ يصدر جهاز الإنذار صوتا مُنَبِّهًا.
بالاعتماد على المنحنى البياني (**الشّكل 2**)، جِد المدّة الزّمنيّة Δt القصوى الّتي تسمح بفتح باب الثلاّجة دون انطلاق صفّارة الإنذار.

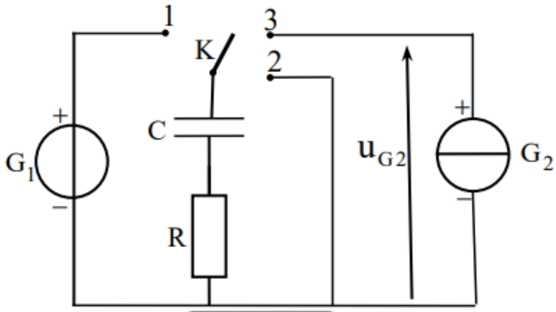
التمرين 2:

بغرض تقويم الكفاءات العلمية والتجريبية لدى فوج من التلاميذ خلال حصة الأعمال المخبرية، في موضوع الدراسة التّجريبية لشحن وتفريغ مكثفة، طلب الأستاذ من الفوج، إنجاز التركيب الكهربائي الممثّل في الشكل(5) والمكون من:
مكثفة غير مشحونة سعتها C، ناقل أومي مقاومته $R = 250\ \Omega$، مولد مثالي للتوتر G_1 قوته المحركة الكهربائية E مولد مثالي للتيار G_2 يغذي الدّارة بتيار شدّته ثابتة I وبادلة K ذات ثلاثة أوضاع (1)، (2)، (3) بالإضافة إلى راسم اهتزاز ذو ذاكرة، وطلب منهم الإجابة عن الأسئلة المرافقة لكل وضع من أوضاع البادلة K :

I- **البادلة K في الوضع** (1):

من أجل دراسة شحن المكثّفة، والبحث عن ثابت الزمن الموافق، تمّ وضع البادلة K في الوضع (1) في اللحظة $t=0$ ومعاينة تطوّر التّوتر الكهربائي $u_c(t)$ بين طرفي المكثّفة بواسطة راسم الاهتزاز ذو الذاكرة، فتمّ مشاهدة المنحنى الممثّل في الشكل(6).

(المستقيم (Δ) يمثّل مماس المنحنى في اللحظة $t=0$).



الشكل(5)

1. عرّف المكثّفة بإعطاء مبدأ تركيبها.

2. فسّر مجهريا كيف تشحن المكثّفة.

3. انقل على ورقة إجابتك مخطّط الدّارة الموافقة لوضع البادلة ومثّل عليه:

1.3. جهة مرور التيّار الكهربائي.

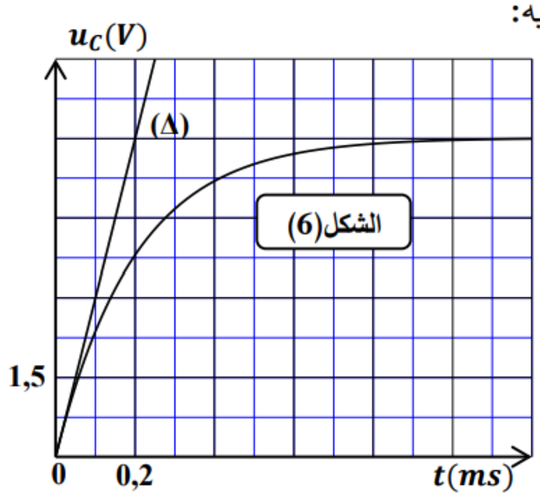
2.3. أسهم التوترات بين طرفي كل ثنائي قطب.

3.3. كيفية ربط مدخل راسم الاهتزاز ذو الذاكرة.

4. باستثمار منحنى الشكل(6):

1.4. هل شحنت المكثفة آنيا؟ اشرح.

2.4. جد قيمة E، ثابت الزمن τ، ثمّ استنتج قيمة سعة المكثّفة C.



الشكل(6)

II- **البادلة K في الوضع** (2):

بعد مدّة كافية من الزمن، تمّ تغيير موضع البادلة K إلى الوضع (2) من أجل تفريغ المكثّفة، في لحظة نعتبرها مبدأ للأزمنة $t=0$.

1. بتطبيق قانون جمع التوترات، جد المعادلة التفاضلية التي تحقّقها شدّة التيّار المار في الدّارة .

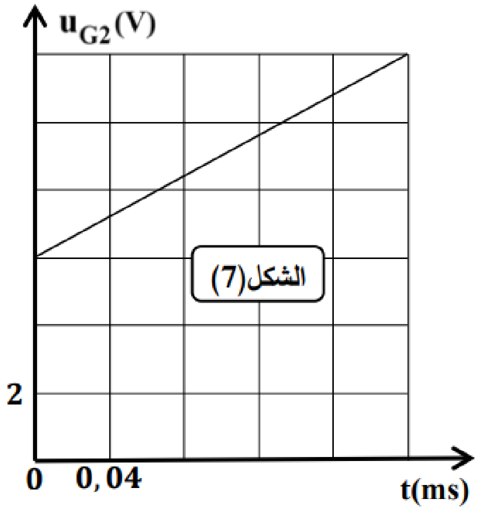
2. اختر الحل المناسب للمعادلة التفاضلية من بين الحلول الآتية، ثمّ تحقّق منه:

$$i(t)=-I_0e^{\frac{t}{RC}} \quad ، \quad i(t)=I_0e^{-\frac{t}{RC}} \quad ، \quad i(t)=-I_0e^{-\frac{t}{RC}}$$

3. مثّل كيفيا، المنحنى البياني لتغيرات شّدة التيّار المار بالدارة $i(t)$.

III- **البادلة K في الوضع** (3):

بعد تفريغ المكثّفة، توضع البادلة K في الوضع (3) في لحظة نعتبرها مبدأ جديدا للأزمنة $t=0$. لو تتبّعنا تطور التوتر الكهربائي بين طرفي مولد التيار $u_{G2}(t)$ بواسطة برنامج ملائم نتحصّل على منحنى الشكل(7).



الشكل(7)

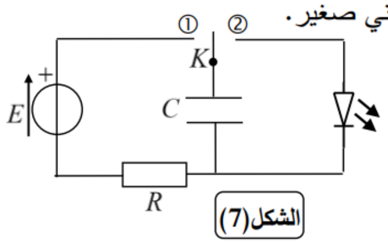
1. بتطبيق قانون جمع التّوترات، جد العبارة اللحظية للتوتر الكهربائي $u_{G2}(t)$ بين طرفي المولد G_2.

2. باستثمار منحنى الشكل(7)، جد قيمة:

شدّة التيّار I المار في الدّارة، ثمّ تحقّق من قيمة سعة المكثفة C.

التمرين 3:

لِأَجْلِ سلامة مستعملي الطُّرقات ومراقبة السيّارات التي تتجاوز السّرعة المسموحة، تُستعمل أجهزة الرّادار التي تلتقط صورتين للسّيارات المخالفة للسّرعة المسموحة. الصّورة الأولى تستهدف الأشخاص داخل السيّارة والثّانية تستهدف لوحة التّرقيم، يُصاحب التقاطهما إصدار ومضتين ضوئيتين(flash) بينهما فارق زمني صغير.



نُنَمْذِجُ الومّاض الضّوئي بالدّارة الكهربائيّة الممثّلة في (الشّكل(7))، والمتكونة من: مولّد مثالي للتوتّر قوّته المحرّكة الكهربائيّة E، ناقل أومي مقاومته $R = 47\,\Omega$، مكثّفة فارغة سعّتها C، صمّام ثنائي ضوئي (مركّب الكتروضوئي)، وبادلة K.

يهدف التّمرين إلى دراسة تطوّر التّوتّر الكهربائي بين طرفي المكثّفة $u_C(t)$ خلال عمليتي الشّحن والتّفريغ.

البادلة في الوضع①: تُشحن المكثّفة لمّا تكون البادلة في الوضع①.

1. اذكر كيف يمكن عملياً متابعة تطوّر التّوتر الكهربائي بين طرفي المكثّفة خلال عمليّة الشّحن بدلالة الزّمن.

2. متابعة تطوّر التوتّر الكهربائي بين طرفي المكثّفة، سمح بالحصول على النّتائج التّالية:

$t\,(ms)$	0	15	25	35	45	55	65	75	85	95	100
$u_C(V)$	0,00	3,00	4,00	4,80	5,20	5,50	5,70	5,80	5,90	6,00	6,00

1.2. ارسم المنحنى البياني $u_C = f(t)$، مستعملا السلّم: $1cm \to 0,5V$, $1cm \to 10ms$

2.2. بتطبيق قانون جمع التّوتّرات، جد المعادلة التّفاضلية لتطوّر التّوتّر الكهربائي $u_C(t)$.

3.2. يُعطى حلّ المعادلة التفاضليّة بالشّكل $u_C(t) = A(1 - e^{-\frac{t}{\alpha}})$ حيث A و α ثابتان يُطلب تحديد عِبَارَتَيْهِمَا بدلالة المقادير المُميّزة للدّارة.

4.2. عيّن بيانياً قيمة ثابت الزّمن τ، مع تحديد طريقة تعيينه.

5.2. استنتج قيمة سعة المكثّفة C.

البادلة في الوضع②: تُفرغ المكثّفة لمّا تكون البادلة في الوضع②.

الصّمام الالكتروضوئي يصدر ضَوْءًا بمرور التيّار الكهربائي فيه، وينطفئ عندما يبلغ التّوتّر بين طرفيه القيمة U_S، فتتحوّل البادلة آلياً إلى الوضع① وتشحن المكثّفة من جديد لتسمح للصمام بإصدار الومضة الثّانية خلال تفريغها.

الشّكل(8)، يُمثّل بيان تطوّر التّوتّر الكهربائي بين طرفي المكثّفة خلال مرحلة التّفريغ التي تستغرق مدّة زمنيّة Δt قبل أن تشحن من جديد. (المستقيم (Δ))، يمثل مماس منحى التفريغ في اللحظة $t = 0$)

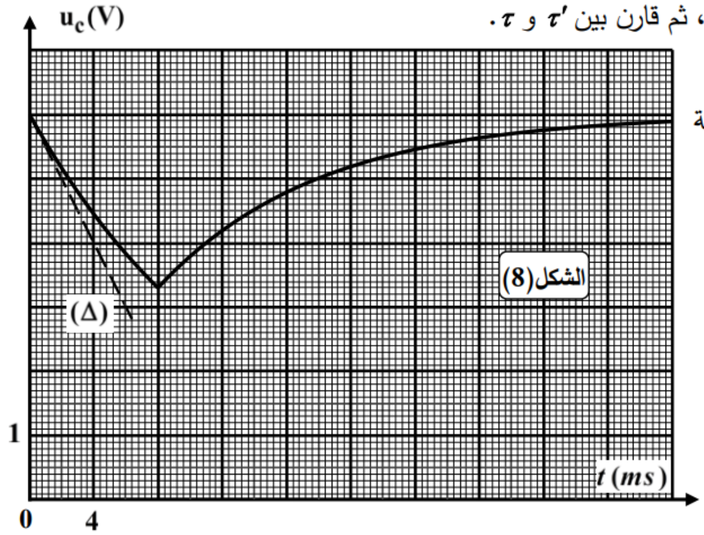
اعتمادا على البيان:

1. استنتج المدّة الزّمنيّة Δt اللاّزمة لتفريغ المكثّفة قبل شحنها من جديد.

2. عيّن ثابت الزّمن τ' الموافق لعمليّة التّفريغ، ثم قارن بين τ' و τ.

3. حدّد قيمة التّوتّر U_S.

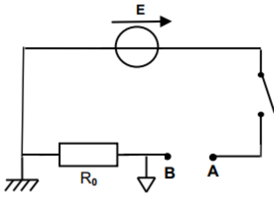
4. احسب التّغيّر في الطّاقة الكهربائيّة المخزّنة في المكثّفة بين لحظة اشتعال الومّاض ولحظة انطفائه، على أيّ شكل تُستهلك هذه الطّاقة. برّر إجابتك.



التمرين 4:

المكثّفات والوشائع ثنائيّات قطب تستعمل في كثير من الدّارات الكهربائيّة التي تدخل في تركيب الأجهزة الإلكترونيّة المستخدمة في حياتنا اليوميّة. يتعلّق سلوك الدّارة الكهربائيّة أو الإلكترونيّة بطبيعة ثنائيّات القطب المتواجدة فيها، كما يمكنها أن تتأثر بالمقادير الفيزيائيّة المميّزة لكل ثنائي قطب.

يهدف هذا التّمرين إلى ابراز مدى تأثير المكثّفة والوشيعة على شدّة التيّار المارّ في دارة كهربائيّة وتحديد قيم المقادير الفيزيائيّة المميّزة لكل ثنائي قطب.



الشكل(4)

لتحقيق هذا الهدف، نحضّر العناصر الكهربائيّة الآتية: مولّد مثالي للتوتّر قوتّه المحرّكة الكهربائيّة E، قاطعة K، ناقل أومي مقاومته $R_0 = 10\,\Omega$، راسم اهتزاز ذو ذاكرة.

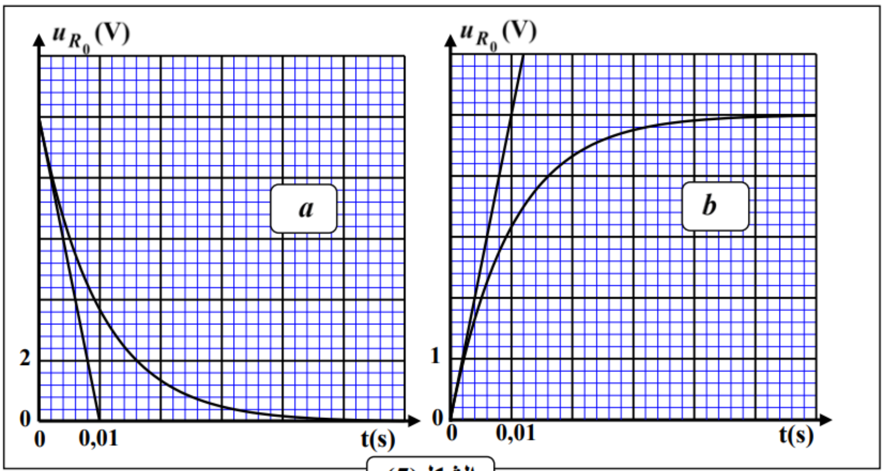
نستعمل التّركيب التّجريبي الموضّح في الشّكل (4)، بتوصيل طرفي النقطتين A و B بأحد ثنائيّي القطب الآتيين:

- مكثّفة فارغة سعّتها C
- وشيعة تحريضيّة مقاومتها r وذاتيّتها L.

فنحصل على الدارتين (RC) و (RL) على التوالي(حيث R هي المقاومة المكافئة لكل دارة).

لمعاينة تطوّر شدّة التيّار المارّ في كل دارة كهربائيّة بدلالة الزّمن، نربط راسم اهتزاز ذو ذاكرة كما في الشكل (4).

نغلق القاطعة K في لحظة نعتبرها مبدأ للأزمنة $t = 0$، فنشاهد المنحنيين (a) و (b)الممثلين في الشكل (5).



الشكل(5)

1. فسّر لماذا متابعة تطوّر التوتّر الكهربائي بين طرفي النّاقل الأومي $u_{R_0}(t)$ تمكّننا من معرفة تطوّر شدّة التيّار.

2. تعطى عبارة شدّة التيّار الأعظميّة في كلّ دارة كهربائيّة بالشّكل: $I_{max} = \dfrac{E}{R}$.

1.2. اكتب عبارة المقاومة المكافئة R في كل دارة.

2.2. باستغلال عبارة I_{max} وحساب قيمتها في كل دارة، ارفق كل منحنى بالدّارة الموافقة.

3. يُظهر المنحنيان نظامين(انتقالي ودائم).

- ابرز ما تأثير المكثّفة والوشيعة على شدّة التيّار المار في الدّارة الكهربائيّة.

4. بتطبيق قانون جمع التّوترات، بيّن أنّ المعادلة التفاضليّة التي تحقّقها شدّة التيّار المار في كلّ دارة تكتب بالشّكل:

$\tau \dfrac{di(t)}{dt} + i(t) = I_P$ (حيث: I_P شدّة التيّار المار في النّظام الدّائم، τ ثابت الزّمن المميّز للدّارة).

5. استنتج لكلّ دارة كهربائيّة: عبارة τ، وقيمة I_P.

6. إذا علمت أنّ فاصلة نقطة تقاطع الخطّ المقارب الأفقي مع مماس كلّ منحنى في $t = 0$ تمثّل ثابت الزّمن τ.

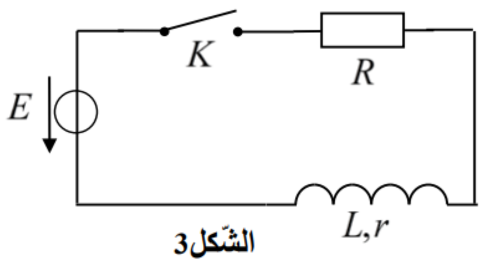
- باستثمار المنحنيين (a) و (b)، جد قيمة E، و قيم المقادير المميزة لكل من المكثفة (C)، والوشيعة (L, r).

التمرين 5:

الوشيعة عنصر كهربائي له خاصيّة تخزين الطّاقة، وهي عبارة عن سلك ناقل للكهرباء مغطّى بعازل وملفوف عدّة لفّات بأشكال مختلفة حسب استعمالاتها.

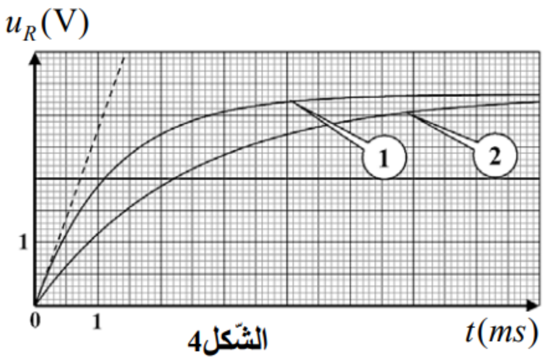
يهدف هذا التّمرين إلى دراسة تأثير نواة حديديّة على سلوك وشيعة.

من أجل اختبار سلوك وشيعة تحريضيّة عندما تكون مزوّدة بنواة حديديّة وبدونها والتّحقُّق من تأثير ذلك على ذاتيّة الوشيعة، نحقّق التّركيب التّجريبي الموضّح **بالشّكل3** والمتكوّن من:



الشّكل3

- مُولّد توتّر مثالي قوّته المحرّكة الكهربائيّة $E = 5V$؛
- أسلاك توصيل؛
- وشيعة ذاتيّتها L ومقاومتها $r = 5\Omega$؛
- ناقل أومي مقاومته $R = 10\Omega$؛
- قاطعة K.



الشّكل4

أوّلاً. الوشيعة بدون نواة حديديّة

نغلق القاطعة K في اللّحظة $t = 0$. يسمح نظام إدخال معلوماتي بالحصول على **البيان1** الموضّح في **الشّكل4** والمُمَثِّل لتطوّر $u_R(t)$ التوتّر الكهربائي اللحظي بين طرفي النّاقل الأومي بدلالة الزّمن $u_R = f(t)$.

1. أَعِدْ رسم الدّارة **(الشّكل3)** موضّحا عليها جهة التيّار واتّجاه مختلف التوتّرات الكهربائيّة.

2. أَثْبِتْ أنَّ المعادلة التفاضليّة الّتي يُحقّقها التوتّر $u_R(t)$ تكتب على الشّكل: $\frac{du_R}{dt} + \frac{(R+r)}{L}u_R = \frac{R}{L}E$

3. تَقْبَلُ المعادلة التفاضليّة السّابقة العبارة $u_R(t) = A\left(1 - e^{-\frac{1}{\tau}t}\right)$ حلاً لها، استنتج عبارتي الثّابتين A و τ بدلالة المقادير المميّزة للدّارة، معطيا مدلولهما الفيزيائي.

4. بَيّنْ أنَّ τ الثّابت المميّز للدّارة متجانس مع الزّمن. ثم حَدِّدْ قيمته بيانيّا.

5. حَدِّد بيانيّا المجال الزّمني لكل من النّظامين الانتقالي والدّائم واشرح كيف تتطوّر شدّة التيّار $i(t)$ فيهما؟

6. عَيِّنْ قيمة المقدار $\frac{di(t)}{dt}$ خلال النّظام الدّائم.

ثانيًا: الوشيعة مزوّدة بنواة حديديّة

نُعيدُ نفس التّجربة السّابقة بوضع نواة حديديّة داخل الوشيعة فنحصل على **البيان2** الموضّح في **الشّكل4**.

1. باعتبار أنَّ شكل المعادلة التفاضليّة السّابقة لا يتغيّر، ما هو المقدار المتوقّع تَغيُّره في هذه المعادلة؟

2. حَدِّدْ بيانيّا قيمة τ' ثابت الزّمن المميّز الجديد للدّارة.

3. نرمز بـ L لذاتيّة الوشيعة بدون نواة حديديّة و L' لذاتيّة الوشيعة وهي مزوّدة بنواة حديديّة. استنتج تأثير النّواة الحديديّة على ذاتيّة الوشيعة.

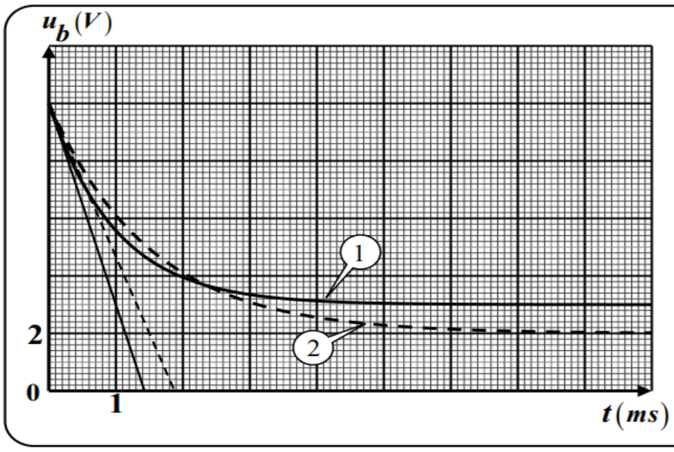
التمرين 6:

يهدف هذا التّمرين إلى إبراز تأثير ذاتيّة وشيعة على مدّة بلوغ النّظام الدّائم.

الوثيقة 01: الوسائل الضّرورية

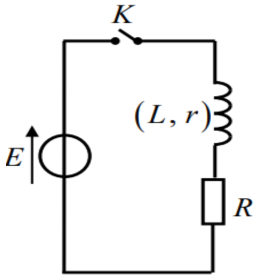
- مولد توتّر كهربائي مثالي قوّته المحرّكة الكهربائيّة E
- ناقل أومي مقاومته $R_1 = 70\Omega$
- ناقل أومي مقاومته $R_2 = 80\Omega$
- وشيعة ذاتيتها L_1 ومقاومتها $r_1 = 30\Omega$
- وشيعة ذاتيتها L_2 ومقاومتها $r_2 = 20\Omega$
- أسلاك توصيل
- قاطعة K
- تجهيز التّجريب المدعّم بالحاسوب

الوثيقة 02: تطوّر $u_b(t)$ التوتّر بين طرفي الوشيعة التحريضيّة



1. نُحقّق دارة كهربائيّة كما في **الشكل 5**.

نغلق القاطعة K في اللّحظة $t = 0$.



الشّكل 5

1.1 أعد رسم الدّارة الكهربائيّة مبيّنا عليها جهة التيّار وأسهم مختلف التّوتّرات الكهربائيّة.

2.1 بتطبيق قانون جمع التّوتّرات، جِدْ المعادلة التفاضليّة الّتي تُحقّقها $i(t)$ شدّة التيّار المار في الدّارة.

3.1 تَقْبَلُ المعادلة التّفاضليّة حلاّ من الشّكل: $i(t) = I_0\left(1 - e^{-\frac{1}{\tau}\cdot t}\right)$ ،

حيث: I_0 الشدّة العظمى للتيّار الكهربائي المار في الدّارة و τ ثابت الزّمن.

بيّن أنّ التوتّر الكهربائي بين طرفي الوشيعة يكتب بالعبارة: $u_b(t) = I_0\left(r + Re^{-\frac{1}{\tau}\cdot t}\right)$

2. بغرض إبراز تأثير ذاتيّة وشيعة على مدّة بلوغ النّظام الدّائم في دارة RL على التّسلسل، نتابع تطوّر $u_b(t)$ التّوتّر الكهربائي بين طرفي الوشيعة التّحريضيّة للدّارة السّابقة **(الشّكل 5)** باستعمال الوسائل المذكورة في **الوثيقة01** وهذا بإنجاز التّجربتين 01 و 02 الموالتين:

	الوشيعة	النّاقل الأومي	المولد
التّجربة رقم 01	$b_1(L_1\ ,\ r_1 = 30\Omega)$	$R_1 = 70\,\Omega$	$E(V)$
التّجربة رقم 02	$b_2(L_2\ ,\ r_2 = 20\Omega)$	$R_2 = 80\,\Omega$	$E(V)$

نغلق القاطعة K في لحظة نعتبرها مبدأ للأزمنة $t = 0$ في كلّ تجربة، ونتابع تطوّر التوتّر $u_b(t)$ بين طرفي الوشيعة عن طريق تجهيز التّجريب المدعّم بالحاسوب $(ExAO)$ فنتحصّل على المنحنيين ① و ② **(الوثيقة 02)**.

1.2 اشرح معتمدا على **الوثيقة 02**، كيف يتطوّر $u_b(t)$ التوتّر بين طرفي الوشيعة.

2.2 هل نتحصّل على نفس شدّة التيّار الكهربائي في النّظام الدّائم في التّجربتين؟ علّل.

3.2 المنحنى① يوافق $u_{b_1}(t)$ **(التّجربة رقم 01)**. علّل.

4.2 حدّد بيانيا قيمة كل من:

– E القوّة المحرّكة الكهربائيّة للمولّد.

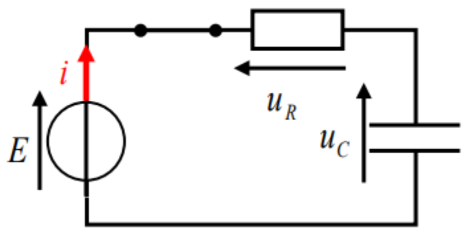
– ثابتي الزّمن τ_1 **(التّجربة رقم 01)** و τ_2 **(التّجربة رقم 02)**.

5.2 استنتج قيمتي L_1 و L_2.

6.2 برّر سبب تأخّر بلوغ النّظام الدّائم في **التّجربة رقم 02** عن **التّجربة رقم 01**.

التمرين 1:

1. جهة التيار وأسهم التوترات:



2. المعادلة التفاضلية التي تحققها شحنة المكثفة:

$$u_C + u_R = E \Rightarrow \frac{q(t)}{C} + \frac{Rdq(t)}{dt} = E$$

$$RC\frac{dq(t)}{dt} + q(t) - EC = 0$$

بالمطابقة: $a = RC \quad , \quad b = EC$

المدلول الفيزيائي: a هو ثابت الزمن و يمثل الزمن اللازم لبلوغ شحنة المكثفة 63% من قيمتها الأعظمية.
b هو الشحنة الأعظمية

3. التأكد من حل المعادلة التفاضلية:

بتعويض العبارة $q(t) = EC(1-e^{-\frac{t}{RC}})$ في المعادلة التفاضلية نجد:

$$RC\frac{d(EC(1-e^{-\frac{t}{RC}}))}{dt} + EC(1-e^{-\frac{t}{RC}}) - EC = 0$$

$$EC.e^{-\frac{t}{RC}} + EC - EC.e^{-\frac{t}{RC}} - EC = 0$$

ملاحظة: يمكن استعمال المعادلة التفاضلية و الحل المعطى بدلالة الثوابت.

4. تحديد قيمة ثابت الزمن بيانيا: $\tau = 22\,s$

5. عبارة الطاقة:

$$E_C = \frac{1}{2}C\left(u_C(t)\right)^2 \Rightarrow E_C = \frac{\left(q(t)\right)^2}{2.C}$$

قيمة الطاقة عندما تبلغ شحنتها 89% من شحنتها الأعظمية:

من البيان الشحنة العظمى للمكثفة: $Q_{max} = 6,6 \times 3 = 19,8\,mC$

منه: $E_C = \frac{1}{2}\frac{(0,89 \times Q_{max})^2}{C} = \frac{\left(0,89 \times 19,8 \cdot 10^{-3}\right)^2}{2 \times 2,2 \times 10^{-3}} = 0,07 = 7 \times 10^{-2}\,J$

6. إيجاد المدة الزمنية القصوى:

شحنة المكثفة الموافقة للتوتر $8V$: $q = C \times u_C = 2,2 \times 10^{-3} \times 8 = 17,6 \times 10^{-3}\,C$

من البيان نستنتج أن: $\Delta t \simeq 48,4\,s$

التمرين 2:

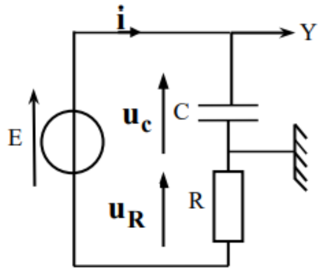
I- البادلة (K) في الوضع (1):

1. تعريف المكثفة بإعطاء مبدأ تركيبها:

المكثفة ثنائي قطب، يتكون من ناقلين كهربائيين يدعى كل منهما لبوس المكثفة، يفصل بينهما عازل كهربائي.

2. التفسير المجهري لشحن المكثفة:

عند شحن المكثفة، يُحدث المولد اختلالا في التوازن الكهربائي بين لبوسي المكثفة، فتحدث هجرة جماعية للإلكترونات من اللبوس المرتبط بالقطب الموجب للمولد (و يشحن موجبا) إلى اللبوس المرتبط بالقطب السالب للمولد(ويشحن سالبا)، فتتكاثف عليه دون الانتقال عبر العازل الكهربائي.



3. تمثيل على مخطط الدارة:

1.3. جهة مرور التيار الكهربائي:

2.3. أسهم التوترات:

3.3. كيفية ربط راسم الاهتزاز ذو الذاكرة:

4. استثمار منحنى الشكل (6):

1.4. شحن المكثفة:

المكثفة لم تشحن آنيا، وإنما شحنت وفق نظام انتقالي مدته **1ms** حتى بلوغ نظام دائم.

2.4. *ايجاد قيمة كل من E و τ :

– في النظام الدائم $U_{c\,max} = E$ و بيانيا $E = 6V$

– فاصلة نقطة تقاطع المماس (Δ) مع الخط المقارب للمنحنى تمثل τ، و بيانيا نجد:

$$\tau = 0,2ms$$

*استنتاج قيمة سعة المكثفة C :

$\tau = R.C$ و منه $C = \dfrac{\tau}{R}$ (تطبيق عددي) : $C = \dfrac{0,2.10^{-3}}{250}$ نجد $C = 8.10^{-7}F = 0,8\,\mu F$

II. البادلة (K) في الوضع (2):

1. ايجاد المعادلة التفاضلية لشدة التيار i(t) بتطبيق قانون جمع التوترات:

بتطبيق قانون جمع التوترات : $u_C(t) + u_R(t) = 0$ أي : $\dfrac{1}{C}.q(t) + Ri(t) = 0$

بالاشتقاق بالنسبة للزمن: $\dfrac{1}{C}\dfrac{dq(t)}{dt} + R\dfrac{di(t)}{dt} = 0$ ، حيث $i(t) = \dfrac{dq(t)}{dt}$ و بالقسمة على R

ينتج : $\dfrac{di(t)}{dt} + \dfrac{1}{RC}i(t) = 0$

2. *اختيار الحل المناسب للمعادلة التفاضلية:

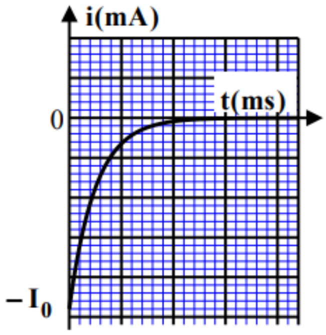
$$i(t) = -I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

* التحقق من الحل:

نشتق الحل $\frac{di(t)}{dt} = \frac{I_0}{RC} e^{-\frac{t}{RC}}$

و نعوضه في المعادلة التفاضلية:

ومنه: $\frac{I_0}{RC} e^{-\frac{t}{RC}} - \frac{1}{RC} . I_0 e^{-\frac{t}{RC}} = 0 \Leftarrow$ الحل محقق.



3. تمثيل كيفي للبيان $i = f(t)$:

ملاحظة: المعادلة التفاضلية تقبل الحل التالي $i(t) = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$

و بالتالي يكون البيان مقلوبا.

III. البادلة (K) في الوضع (3):

1. العبارة اللحظية للتوتر $u_{G2}(t)$:

$$u_{G2}(t) = u_C(t) + u_R(t)$$

حيث: $u_R(t) = R.I$, $u_c(t) = \frac{q(t)}{C} = \frac{I}{C}.t$ بالتعويض نجد: $u_{G2}(t) = \frac{I}{C}.t + R.I$

2. *باستثمار منحنى الشكل (7) ايجاد قيمة شدة التيار I:

معادلة البيان: $u_{G2}(t) = a.t + b$ (حيث a معامل توجيه البيان و b ترتيبة تقاطع البيان)

العبارة النظرية: $u_{G2}(t) = \frac{I}{C}.t + R.I$

بالمطابقة : $R.I = b$, $\frac{I}{C} = a$ و منه $I = \frac{b}{R}$ حيث من البيان: $b = 6\,V$

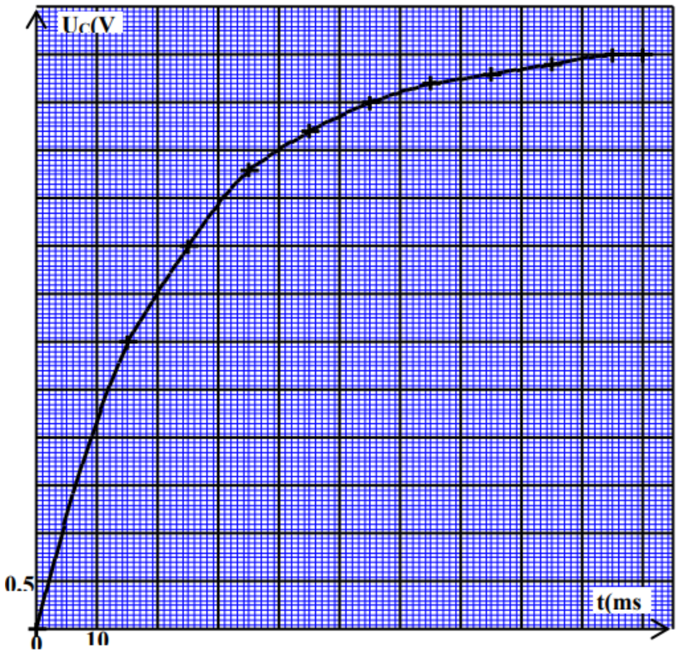
(تطبيق عددي) $I = \frac{6}{250}$ نجد $I = 0{,}024\,A = 24\,mA$

*التحقق من قيمة C:

لدينا $\frac{I}{C} = a$ و منه $C = \frac{I}{a}$ حيث $a = \frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{6}{0{,}2.10^{-3}} = 3.10^4\,V.s^{-1}$

(تطبيق عددي) $C = \frac{0{,}024}{3.10^4}$ نجد $C = 8.10^{-7}\,F = 0{,}8\,\mu F$

التمرين 3:



البادلة في الوضع(1):

1. المتابعة العملية لتطور التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة:

بما أن الفارق الزمني بين ومضتين صغير ، يمكن استعمال راسم اهتزاز ذي ذاكرة أو ExAO

1.2. رسم المنحنى البياني $u_c(t)$:

2.2. بتطبيق قانون جمع التوترات، إيجاد المعادلة التفاضلية لـ $u_c(t)$:

$u_R(t)+u_c(t)=E$ حيث

$$u_R(t)=RC\frac{du_C}{dt}$$

بالتعويض في قانون جمع التوترات نجد

$RC\,\dfrac{du_C(t)}{dt}+u_c(t)=E$ (يمكن كتابتها على الشكل : $\dfrac{du_C(t)}{dt}+\dfrac{1}{RC}u_c(t)=\dfrac{E}{RC}$)

3.2. تحديد عبارتي الثابتين A و α:

حل المعادلة التفاضلية هو $u_c(t)=A(1-e^{-\frac{t}{\alpha}})$ بالاشتقاق نجد $\dfrac{du_c(t)}{dt}=\dfrac{A}{\alpha}e^{-\frac{t}{\alpha}}$ بالتعويض نجد

$RC\dfrac{A}{\alpha}e^{-\frac{t}{\alpha}}+A-Ae^{-\frac{t}{\alpha}}=E \Leftarrow Ae^{-\frac{t}{\alpha}}(\dfrac{RC}{\alpha}-1)+A=E$ و عليه :

$(\dfrac{RC}{\alpha}-1)=0$ و منه $\alpha=RC$ ، $A=E$

4.2. تعيين بيانيا قيمة ثابت الزمن τ مع تحديد طريقة تعيينه:

باستخدام طريقة حساب u_C لما $t=\tau$ ، حيث من المعادلة الزمنية $u_c(t)$:

$u_c(\tau)=0,63\times E=0,63\times 6=3,78\,V$ بالإسقاط على المنحنى البياني نجد: $\tau \simeq 23\,ms$

ملاحظة: يمكن ذكر طريقة مماس المنحنى لما $t=0$ ، وتقبل قيم τ في مجال $[21\,s-24s\,]$

5.2. استنتاج قيمة سعة المكثفة:

$\tau=RC \Leftarrow C=\dfrac{\tau}{R}$ (تطبيق عددي): $C=\dfrac{23.10^{-3}}{47}$ نجد $C=4,89.10^{-4}F\simeq 490\,\mu F$

ملاحظة: تقبل قيم C في مجال $[450\mu F-500\mu F]$

البادلة في الوضع(2):

1. استنتاج المدة الزمنية Δt اللازمة لتفريغ المكثفة:

بيانيا نجد $\Delta t = 8\,ms$

2. تعيين ثابت الزمن τ' الموافق لعملية التفريغ:

بتمديد مماس منحنى التفريغ لما $t=0$ نجد $\tau' \simeq 12\,ms$

*مقارنة τ' و τ:

$\tau > \tau'$ (مقاومة دارة التفريغ أصغر من مقاومة دارة الشحن)

3. تحديد قيمة التوتر U_S:

بيانيا نجد $U_S = 3{,}3\,V$

4. *حساب التغير في الطاقة الكهربائية:

$$E_C(t=0) = \frac{1}{2}CE^2 = \frac{1}{2}\times 490\times 10^{-6}\times 6^2 \;,\quad E_C(t=0) = 8{,}8.10^{-3}J$$

$$E_C(t=8) = \frac{1}{2}C\,u_C^2(t=8) = \frac{1}{2}\times 490\times 10^{-6}\times (3{,}3)^2 \;,\quad E_C(t=8) = 2{,}7.10^{-3}J$$

$$\Delta E_C = E_C(t=8) - E_C(t=0) \simeq -6\times 10^{-3}J$$

ملاحظة: تقبل قيم $E_C(t=0)$ في مجال $\left[8.10^{-3}J - 9.10^{-3}J\right]$

تقبل قيم $E_C(t=8)$ في مجال $\left[2.10^{-3}J - 3.10^{-3}J\right]$

*شكل الطاقة المستهلكة:

تستهلك هذه الطاقة على شكل حرارة وضوء لأن الصمام الثنائي له مقاومة، غير مثالي.

التمرين 4:

1. تفسير متابعة $i(t)$ من $u_{R0}(t)$:

حسب قانون أوم $u_{R0}(t) = R_0\, i(t)$ ومنه $i(t) = \dfrac{u_{R0}(t)}{R_0}$ أي أن $i(t)$ و $u_{R0}(t)$ يتناسبان طرديا

و منه تغيرات $i(t)$ هي نفسها تغيرات $u_{R0}(t)$.

1.2. عبارة المقاومة المكافئة في كل دارة:

الدارة (RC): $R = R_0$ ، الدارة (RL): $R = R_0 + r$

2.2. ارفاق كل منحنى بالدارة الوافقة:

الدارة (RC): $I_{\max} = \dfrac{E}{R_0}$ ، الدارة (RL): $I_{\max} = \dfrac{E}{R_0 + r}$

نلاحظ أن $I_{\max}(RC) \rangle I_{\max}(RL)$ ، لنحسب $I_{\max}$ الموافق لكل منحنى:

بالنسبة للمنحنى (a): $I_{\max} = \dfrac{U_{R0}}{R_0} = \dfrac{10}{10} = 1\,A$

بالنسبة للمنحنى (b): $I_{\max} = \dfrac{U_{R0}}{R_0} = \dfrac{5}{10} = 0{,}5\,A$

و منه : المنحنى (a) يوافق الدارة (RC) والمنحنى (b) يوافق الدارة (RL)

3. ابراز تأثير المكثفة والوشيعة على تغيرات شدة التيار:

– بالنسبة لدارة تحتوي على مكثفة: في النظام الانتقالي تكون شدة التيار أعظمية لحظة غلق الدارة $i(0) = I_{\max}$، لتتناقص بشكل رتيب حتى تنعدم، وفي النظام الدائم تبقى شدة التيار منعدمة.

– بالنسبة لدارة تحتوي على وشيعة تحريضية: في النظام الانتقالي تكون شدة التيار منعدمة لحظة غلق الدارة $i(0) = 0$ ، لتتزايد بشكل رتيب حتى تبلغ قيمة أعظمية، وفي النظام الدائم تبقى شدة التيار ثابتة عند القيمة الأعظمية.

4. المعادلة التفاضلية لشدة التيار، بتطبيق قانون جمع التوترات:

– بالنسبة للدارة (RC): $u_{R0}(t) + u_C(t) = E$ أي $R_0 i(t) + \dfrac{1}{C} q = E$ باشتقاق العبارة نجد:

$R_0 \dfrac{di(t)}{dt} + \dfrac{1}{C} i(t) = 0$ بالضرب في المقدار (C) نجد: $R_0 C \dfrac{di(t)}{dt} + i(t) = 0$

– بالنسبة للدارة (RL): $u_b(t) + u_{R0}(t) = E$ أي $L\dfrac{di(t)}{dt} + r i(t) + R_0 i(t) = E$

و منه $L\dfrac{di(t)}{dt} + (R_0 + r) i(t) = E$ بالقسمة على المقدار $(R_0 + r)$ نجد:

$$\frac{L}{(R_0 + r)} \frac{di(t)}{dt} + i(t) = \frac{E}{(R_0 + r)}$$

5. استنتاج عبارة τ وقيمة I_P لكل دارة:

بالتطابق مع العلاقة: $\tau\dfrac{di(t)}{dt}+i(t)=I_P$

- بالنسبة للدارة (RC): $\tau=R_0C$ ، $I_P=0$

- بالنسبة للدارة (RL): $\tau=\dfrac{L}{R_0+r}$ ، $I_P=I_{\max}=0,5\ A$

6. إيجاد قيمة كل من: E، C ، r و L:

من المنحنى (a) (الدارة (RC)): - لما $(t=o)$ نعلم أن $u_{R0}(0)=E$ $\Leftarrow$ $E=10\,V$

- بيانيا $\tau=0,01\,s$ و $\tau=R_0C\Leftarrow C=\dfrac{\tau}{R_0}$ (تطبيق عددي) $C=\dfrac{0,01}{10}$ نجد $C=10^{-3}F$

من المنحنى (b) (الدارة (RL)): - حسب قانون جمع التوترات في النظام الدائم لدينا:

$U_{R0}+U_b=E$ أي $R_0I_{\max}+rI_{\max}=E$ و منه $rI_{\max}=E-R_0I_{\max}=10-5=5\,V$

$\Leftarrow$ $r=R_0=10\,\Omega$

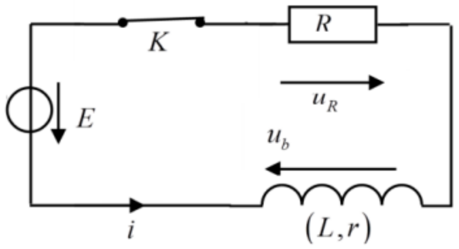
- بيانيا $\tau=0,01\,s$ و $\tau=\dfrac{L}{R_0+r}\Leftarrow L=\tau(R_0+r)$ (تطبيق عددي) $L=0,01(10+10)$

نجد $L=0,2\,H$.

التمرين 5:

أولا: الوشيعة بدون نواة حديدية

1. جهة التيار واتجاه أسهم التوتر:



---

2. إثبات المعادلة التفاضلية للدارة الكهربائية:

بتطبيق قانون جمع التوترات: $u_R + u_b = E \Rightarrow R.i + r.i + L\dfrac{di}{dt} = E$

بأخذ : $i = \dfrac{u_R}{R}$ نجد : $(R+r)\cdot\dfrac{u_R}{R} + L\cdot\dfrac{1}{R}\cdot\dfrac{du_R}{dt} = E$

منه : $\dfrac{du_R}{dt} + \dfrac{(R+r)}{L}\cdot u_R = \dfrac{R}{L}\cdot E$

---

3. استنتاج عبارة الثابتين A و τ:

من: $u_R(t) = A\left(1 - e^{-\frac{1}{\tau}t}\right)$ نجد : $\dfrac{du_R(t)}{dt} = \dfrac{A}{\tau}e^{-\frac{1}{\tau}t}$ ونعوض في المعادلة التفاضلية:

$\dfrac{A}{\tau}e^{-\frac{1}{\tau}t} + \dfrac{(R+r)}{L}\cdot A\left(1 - e^{-\frac{1}{\tau}t}\right) = \dfrac{R}{L}\cdot E$ بالنشر نجد:

$$\left(\frac{A}{\tau} - \frac{(R+r)}{L}.A\right).e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{(R+r)}{L}.A - \frac{R}{L}\cdot E = 0$$

$$\begin{cases} \left(\dfrac{A}{\tau} - \dfrac{(R+r)}{L}.A\right) = 0 \\ \dfrac{(R+r)}{L}.A - \dfrac{R}{L}\cdot E = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \tau = \dfrac{L}{R+r} \\ A = \dfrac{E.R}{R+r} = R.I_0 = U_{R\max} \end{cases}$$

المدلول الفيزيائي: τثابت الزمن وهو الزمن اللازم لبلوغ قيمة $u_R(t)$ 63% من قيمته العظمى.

A : التوتر الأعظمي بين طرفي الناقل الأومي

4. التحليل البعدي لثابت τ المميز للدارة وتحديد قيمته بيانيا:

$$\tau = \frac{L}{R+r} \Rightarrow [\tau] = \frac{[L]}{[R]} = \frac{\dfrac{[\cancel{u}][t]}{[\cancel{i}]}}{\dfrac{[\cancel{u}]}{[\cancel{i}]}} = [t] = T$$

τ له بُعْدُ الزّمن

تحديد قيمته بيانيا: $u_R(\tau) = 0{,}63\cdot U_{Rmax} = 2{,}1\text{V}$

من البيان (1) نقرأ : $\tau = 1{,}2ms$

---

5. التحديد البياني للمجال الزمني لكل من النظامين الانتقالي والدائم:

النظام الانتقالي: $t\in[0\ ;\ 6]s$ (تقبل الإجابة من أجل $t\in[0\ ;\ 7]s$)

النظام الدائـــم: $t>6s$ (تقبل الإجابة $t>7s$)

حسب قانون أوم $i(t)=\frac{1}{R}u_R(t)$ يتطور التيار $i(t)$ بنفس كيفية تطور التوتر $u_R(t)$

أي تؤخر الوشيعة ظهور التيار في الدارة، فتزداد شدة التيار الكهربائي لفترة قصيرة من قيمة معدومة في اللحظة $t=0$ إلى قيمة عظمى I_0 (نظام انتقالي) ثم تحافظ على نفس القيمة (نظام دائم).

---

6. تعيين قيمة المقدار $\frac{di(t)}{dt}$ أثناء النظام الدائم:

شدة التيار ثابتة $i(\infty)=I_0=C^{te}$ منه: $\frac{di(t)}{dt}=0$

ثانيا : الوشيعة مزودة بنواة حديدية

1. المقدار المتوقع تغيره هو ذاتية الوشيعة.

---

2. تحديد بيانيا الثابت τ' المميز للدارة الجديدة:

$u_R(\tau)=0{,}63.U_{Rmax}=2{,}1\text{V}$ من البيان (2) نقرأ: $\tau'=2{,}4ms$

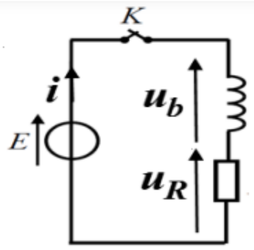
---

3. تأثير النواة الحديدية على ذاتية الوشيعة:

$$\begin{cases}\tau=\dfrac{L}{R+r}\\ \tau'=\dfrac{L'}{R+r}\end{cases}.....\tau'>\tau\Rightarrow L'>L$$

عند إدخال نواة حديدية في قلب وشيعة تزداد الذاتية L للوشيعة وبالتالي يزداد ثابت الزمن.

التمرين 6:



1.1.جهة التيار وأسهم التوترات:

2.1. إيجاد المعادلة التفاضلية التي تُحققها شدّة التيار المار في الدارة:

بتطبيق قانون جمع التوترات: $u_R + u_b = E$

$$Ri + ri + L\frac{di}{dt} = E$$

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

3.1. إثبات عبارة التوتر الكهربائي: $u_b = E - u_R = E - Ri = I_0\left(r + Re^{-\frac{R_T}{L}\cdot t}\right)$

أو $u_b = L\frac{di}{dt} + ri = I_0\left(r + Re^{-\frac{R_T}{L}\cdot t}\right)$

1.2.كيفية تطور التوتر بين طرفي الوشيعة:

يتناقص التوتر $u_b(t)$ من قيمة عظمى في اللحظة $t = 0$ إلى قيمة صغرى (نظام انتقالي) ثم يحافظ على نفس القيمة (نظام دائم).

2.2. شدة التيار الكهربائي في النظام الدائم في التجربتين:

$I_{01} = \frac{E}{r_1 + R_1}$; $I_{02} = \frac{E}{r_2 + R_2}$ حيث: $r_1 + R_1 = r_2 + R_2$

منه: $I_{01} = I_{02}$

شدة التيار الكهربائي في النظام الدائم هي نفسها في التجربتين

3.2. المنحنى (1) يوافق $u_{b_1}(t)$:

في النظام الدائم $\left.\begin{array}{l} u_{b1} = I_0 \cdot r_1 \\ u_{b2} = I_0 \cdot r_2 \end{array}\right\}$

$r_1 > r_2$ منه $u_{b1} > u_{b2}$ (في النظام الدائم)

وعليه المنحنى (1) يوافق $u_{b1}(t)$.

4.2. إيجاد بيانيا قيمة كل من:

- E القوة المحركة الكهربائية للمولد: $E=2\times 5=10V$
- ثابت الزمن τ_1 : $\tau_1=1ms$
- ثابت الزمن τ_2 : $\tau_2=1,5ms$

5.2. استنتاج قيمتي L_1 و L_2 :

$$\tau_1=\frac{L_1}{R_T}\Rightarrow L_1=0,1H$$

$$\tau_2=\frac{L_2}{R_T}\Rightarrow L_2=0,15H$$

6.2. تبرير سبب تأخر بلوغ النظام الدائم في التجربة الثانية عن التجربة الأولى:

زمن بلوغ النظام الدائم هو 5τ و $\tau=\frac{L}{R_T}$. بما أن R_T نفسها فإن التأخر في بلوغ النظام الدائم في التجربة الثانية يعود الى قيمة ذاتية الوشيعة L_2 أكبر من L_1.
