1-المكثفة وثنائي القطبRC :

تمرين 1:

مكثفة سعتها $C = 3{,}3\mu F$ تشحن بواسطة مولد للتوتر المستمر قوته المحرك الكهربائية $E = 9V$. تتم عملية الشحن عبر ناقل أومي مقاومته $R = 100K\Omega$.

1 – أعط عبارة ثابت الزمن τ لهذه الدارة.

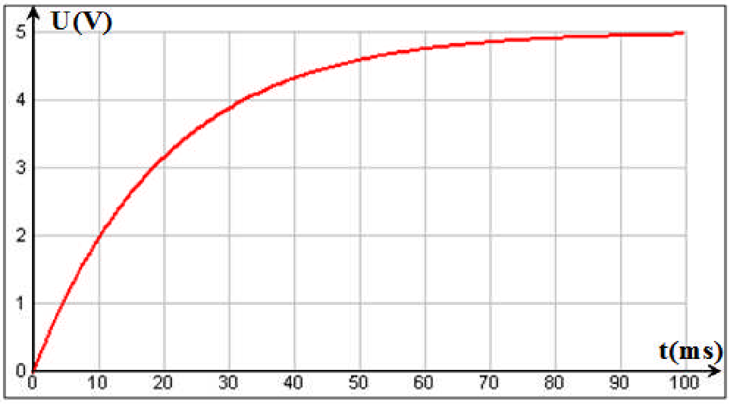
2 – بين أن وحدة τ هي وحدة زمن.

3 – أوجد قيمة ثابت الزمن τ.

4 – ما هي قيمة التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة 5 ثواني بعد غلق القاطعة.

5 – ما هي قيمة شدة التيار الكهربائي الذي يجري في فرع المكثفة 5 ثواني بعد غلق القاطعة.

تمرين 2:



يمثل الشكل المجاور تغيرات التوتر الكهربائي بين طرفي مكثفة بدلالة الزمن.

تشحن هذه المكثفة بتوتر ثابت قيمته $E = 5V$ عبر ناقل أومي مقاومته $R = 1000\Omega$.

1 – أعط تركيب الدارة الذي يسمح بتحقيق هذه المتابعة.

2 – أوجد المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر بين طرفي المكثفة.

3 – أعط عبارة حل هذه المعادلة.

4 – استنتج من البيان قيمة ثابت الزمن τ لثنائي القطب RC.

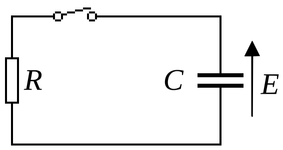
5 – استنتج سعة المكثفة.

تمرين 3:

يمثل الشكل المقابل دارة كهربائية تحتوي على مكثفة مشحونة، سعتها $C = 56\mu F$ و التوتر بين طرفيها $E = 4{,}0V$، ناقل أومي مقاومته $R = 100\Omega$ و قاطعة:

1 – في اللحظة $t = 0$ نقوم بغلق القاطعة. ما هي قيمة التوتر u_C بين طرفي المكثفة عند هذه اللحظة؟

2 – أوجد المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر u_C بين طرفي المكثفة.

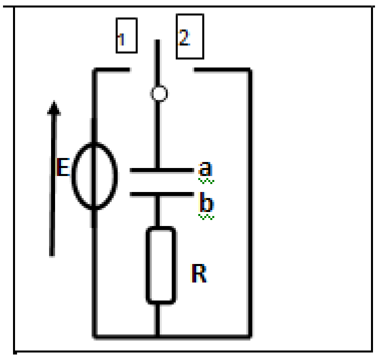


3 – تأكد أن المعادلة $u_C = Ee^{-\frac{t}{\tau}}$ تعتبر حلا للمعادلة التفاضلية.

4 – أعط عبارة طاقة المكثفة بدلالة الزمن و هذا من أجل $t > 0$

5 – أحسب قيمة هذه الطاقة من أجل $t = \tau$ ثم من أجل $t = 10ms$

التمرين 5:



لديك الدارة الكهربائية المقابلة:

1-ماذا تمثل الدارة 1 ؟ وماذا تمثل الدارة 2 ؟

وما عدد العناصر الكهربائية في كل دارة؟

2- تتميز المكثفة بسعتها C . ذكر بالوحدة المناسبة لها وكذا أجزاء الوحدة.

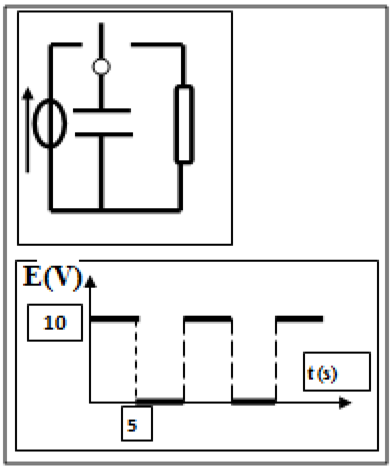
3-نضع البادلة في الوضعية 1 في لحظة نعتبرها t=0 حيث المكثفة ليست مشحونة. ما المقادير التي تعتقد انها تتغير مع الزمن وكيف؟ E: ، u_C ، q_a ، q_b ، C ، R ، i ، E_C (الطاقة المخزنة).

1-3- اعتمادا على قانون اوم لجمع للتوترات اعط المعادلة التفاضلية التي يحققها u_cفي كل لحظة.

3-2- بين انها تقبل حلا من الشكل: $u_c=E(a-e^{bt})$حيث يطلب تعيين الثوابت a و b. ثم ارسم المخطط $u_c=f(t)$ حيث
$C=1mF, R=1k \quad ,E=10v$

3-1- اعد رسم المخطط السابق حيث:($R=2k$ ، $C=1mF$) و $R=1k \quad ,C=2mF$) ثم قارن بين $t_{1/2}$ في كل حالة.

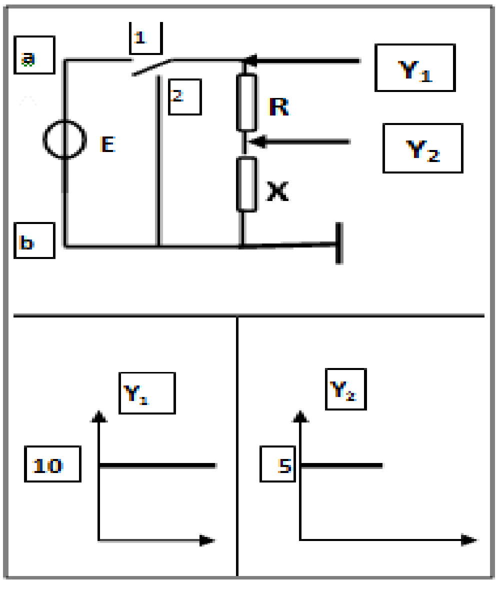
3-4-استنتج من المعادلة التفاضلية السابقة المعادلة التفاضلية التي تحققها q(t) ثماعط لها حلا.
3-5-اعط عبارة u_R بدلالة u_c ثم ارسم $u_R=f(t)$ مع البيان الاول ($u_c=f(t)$).
3-6- وضح على الدارة كيف يتم توصيل أقطاب ر/ ا / المهبطي للحصول على u_c وعلى u_R .



3-7- هل يمكن الحصول باستعمال راسم الاهتزاز المهبطي على المخطط $i=f(t)$ ؟؟
علل. وكيف يتم استنتاج البيان " $i=f(t)$" من البيان $u_R=f(t)$.؟؟
4-نضع البادلة في الوضعية 2:
ا-ما الظاهرة الحادثة؟؟ وكيف تتغير u_c خلال الزمن؟
ب-هل مدة الشحن الكلية ومدة التفريغ الكليةمتساويتان؟ لماذا؟
جـ اعط المعادلة التفاضلية التي تحققها u_c واعط حلها
5 - نغير وضعية الناقل الاومي فنتحصل على الدارة .ما الذي يتغير اثناء عملية الشحن وعملية التفريغ عندئذ؟
6- نستبدل المولد السابق بمولد يقدم جهدا متناوبا كما في الشكل ادناه:
صف ما يحدث خلال 20 ثانية الاولى.

<u>التمرين 6:</u>

لديك الشكل المقابل: اذا علمت ان $R=100$ و X ثنائي قطب مجهول الطبيعة لكنه يمكنه ان يكون ناقل اومي$R_1=R$ او مكثفة سعتها C .
اولا: نضع البادلة في الوضعية 1 وبعد مدة كافية نوصل أقطاب راسم الاهتزاز المهبطي كما في الشكل فنتحصل على المخططين: Y_1 وY_2 كما في الشكل الثاني:

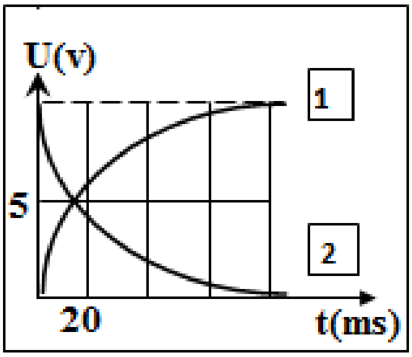


1-استنتج اشارة القطبين a و b.
2-ماذا يمثل كل من Y_1 و Y_2.استنتج قيمة E .
3-هل يمكن ان تكون X مكثفة ؟علل.
4- ماذا يمكن ان يكون (x)اذن.
5-نستبدل X بمكثفة سعتها $C=10mF$ ونضع البادلة في الوضعية 1 طبعا .اعد رسم Y_1 و Y_2 خلال 10s .
6-نضع البادلة الان في الوضعية2 فيحدث تفريغ للمكثفة اين تحولت الطاقة المخزنة اثناء هذه العملية؟؟
7-احسب قيمة الطاقة المخزنة في المكثفة

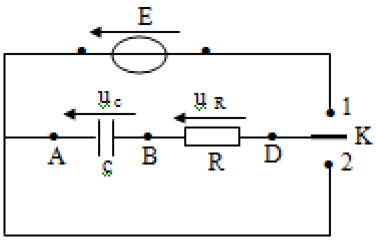
<u>التمرين 6:</u>

يتم شحن مكثفة مستوية سعتها C عبر ناقل اومي مقاومته $R=500$ تحت جهد ثابت E
1-ارسم الدارة التي تحقق ذلك.
2-في لحظة هي $t=0$ نغلق القاطعة ونسجل تطور u_c و u_R

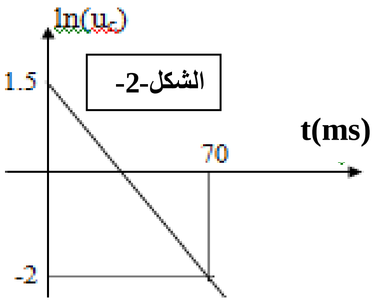
اللحظيين ونحصل على البيانين في الشكل الاول.
1- اي المنحنيين يمثل u_R ؟؟ علل.
2- اي منحنى يسمح بمتابعة تطور $i(t)$ ؟ علل
3- احسب قيمة u_R وقيمة u_c في النظام الدائم.
4- استنتج قيمة τ بطريقتين.
5- استنتج قيمة C .



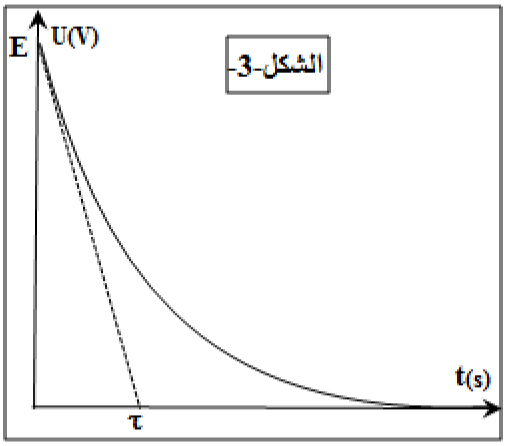
التمرين 7:
لدينا الدارة الكهربائية التالية :
يعطى : $R= 20\ K\Omega$ ونعتبر أن المكثفة مشحونة بداية ، نريد تفريغها لذلك نضع البادلة K في أحد الوضعين 1 أو 2 عند $t=0$



1- أين يجب وضع البادلة ؟
2- نريد مشاهدة البيان $U_{AB} = u_c(t) = f(t)$ على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي .
أ- ماذا يمثل البيان $U_{AB} = u_c(t) = f(t)$ ؟
ب- صل الدارة براسم الاهتزاز المهبطي حتى يمكن مشاهدة البيان السابق .
- هل البيان الممثل في الشكل-3 يوافق الذي تظهره شاشة راسم الاهتزاز المهبطي علل .
3- أ- باستخدام قانون التوترات أثناء التفريغ بين أن المعادلة التفاضلية لها الشكل :
$$\frac{du_{Ab}(t)}{dt}+\alpha\, u_{AB}(t) = 0$$
. ماذا يمثل α وما هي وحدة قياسه ؟

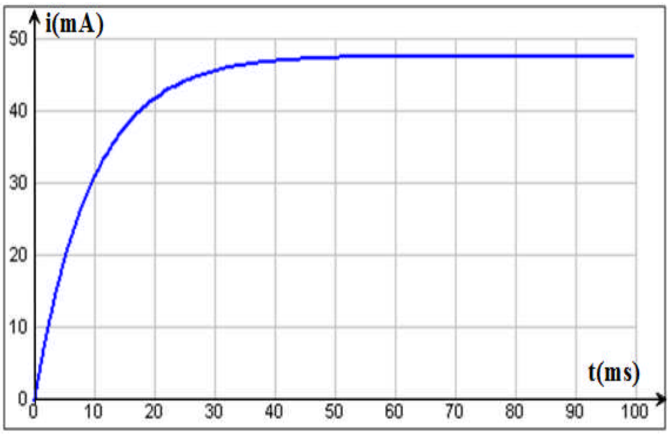


ب- بين أن: $u_{AB}(t) = E.\, e^{-t/\tau}$ هو حل للمعادلة التفاضلية السابقة
4- البيان المرفق في الشكل-2- يمثل تغيرات $\ln(u_c) = f(t)$
أ- أكتب المعادلة الرياضية لهذا البيان
ب- أوجد ثابت الزمن τ
جـ- أحسب سعة المكثفة c
د- حدد قيمة فرق الكمون للمولد E



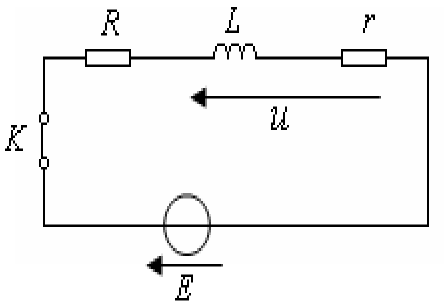
2 الوشيعة وثنائي القطبLR

تمرين 1:
نقوم بمتابعة تطور ظهور التيار الكهربائي في دارة RL بدلالة الزمن، فنحصل على البيان التالي:
1 – أعط رسم الدارة الكهربائية التي تسمح لنا بإجراء هذه المتابعة.
2 – أرسم المماس للمنحنى عند اللحظة $t=0$. استنتج قيمة ثابت الزمن τ الخاص بهذه الدارة.
3 – أوجد من البيان اللحظة التي يصل فيها التوتر إلى 63% من قيمته العظمى.
4 - إذا علمت أن قيمة القوة المحركة الكهربائية للمولد هي $E=5V$ ، أحسب مقاومة الدارة R_t .
5 – استنتج ذاتية الوشيعة L .

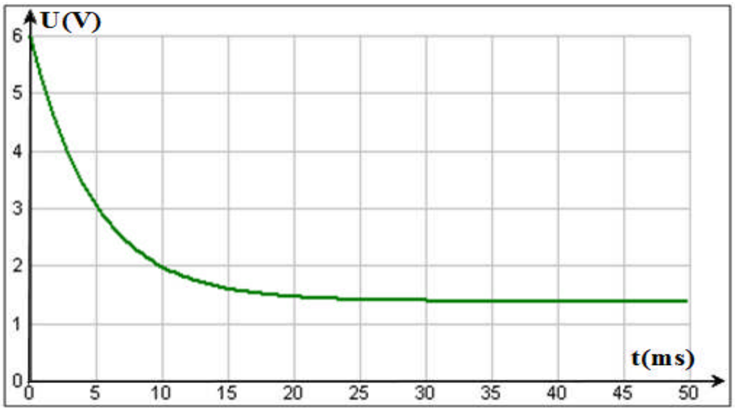


تمرين 2:
نحقق الدارة الكهربائية التالية لمتابعة تطور التوتر الكهربائي بين طرفي الوشيعة (L,r) بدلالة الزمن. المولد المستعمل هو مولد للتوتر المستمر قيمة قوته المحركة

الكهربائية $E = 6V$ ، مقاومة الوشيعة $r = 15\Omega$
و مقاومة الناقل الأومي $R = 50\Omega$ نتائج القياس تسمح لنا برسم البيان التالي



1-بين طريقة توصيل راسم الاهتزاز المهبطي للحصول على هذا المنحنى؟.
2 – استنتج من المنحنى ثابت الزمن τ الخاص بالدارة RL.
3 – أعط عبارة τ بدلالة L,r,R. بين أن ثابت الزمن له وحدة زمنية.
4 – استنتج من المقدار τ قيمة الذاتية L.

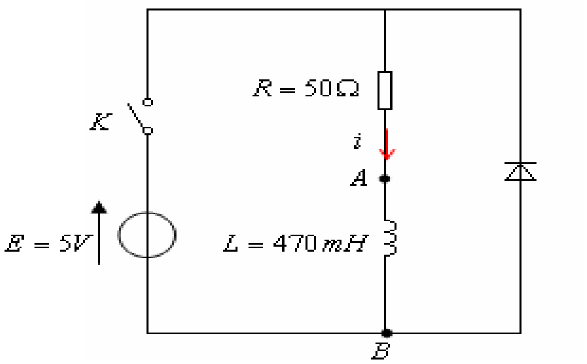


تمرين 3

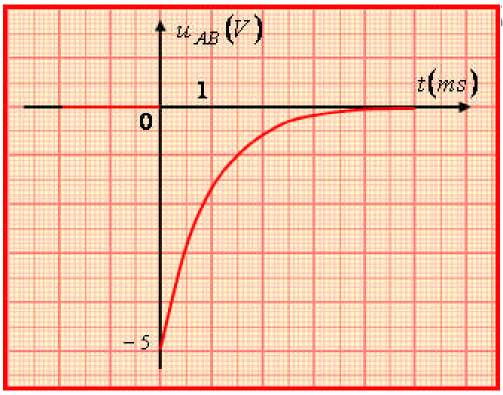
نحقق الدارة الكهربائية المبينة على الشكل:
1 – في البداية، نعتبر أن القاطعة قد أغلقت من وقت طويل.
أعط عبارة شدة التيار الكهربائي I_0 بدلالة مميزات التركيب.
أحسب هذه القيمة.
2 – أعط عبارة الطاقة التي تلقتها الوشيعة ثم أحسب قيمتها.
3 – في اللحظة $t = 0$ نفتح القاطعة K.
أ / أعط عبارة المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار الكهربائي في الدارة.
ب / تأكد أن هذه المعدلة تقبل الحل التالي:

$$i(t) = \frac{E}{R} e^{-\frac{R}{L}t}.$$

جـ / استنتج عبارة $u_{AB}(t)$.



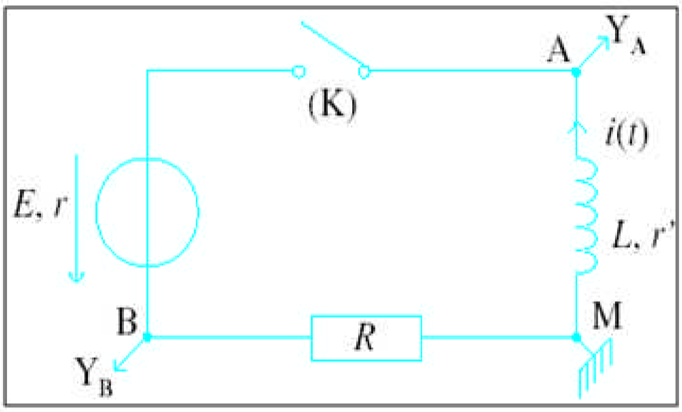
4 – نقوم بالمتابعة الزمنية لتطور التوتر الكهربائي u_{AB} عند فتح القاطعة. نتائج القياس تسمح لنا برسم البيان التالي:



أ / بين أن شكل المنحنى يوافق المعادلة المستخرجة في السؤال 3-جـ.
ب / لتعيين قيمة ثابت الزمن لثنائي القطب RL نتبع الطريقة التالية:
ليكن t_1 هي اللحظة التي يزداد فيها التوتر u_{AB} بـ 10% بالنسبة لقيمته الابتدائية و اللحظة t_2 هي اللحظة التي يصل فيها التزايد إلى 90% من القيمة الابتدائية. أعط ،بدلالة ثابت الزمن τ ، زمن الصعود الذي نرمز $t_m = t_2 - t_1$.
جـ / استنتج قيمة ثابت الزمن τ ثم قارن هذه القيمة مع القيمة التي تحسب انطلاقا من L و R

تمرين4

I - نمرر تيار في الدارة التالية الشكل1:
شدة التيار تساوي الصفر عند اللحظة t=0
نغلق القاطعة K فنتحصل على المنحنى التالي
عند احد المداخل A أوB الشكل2 .
L= 20 mH و قتمتي r و r' مهملتين.
1- ما هي ميزة راسم الاهتزاز المهبطي الواجب استعماله.
2- المنحنى الموالي هل هو منحنى المدخل A أو المدخل B ؟برر اجابتك.
3- عين قيمة E موضحا الطريقة المستعملة.
4- عين بطريقتين مختلفتين ثابت الزمن للثنائي القطب RL .



الشكل1

-5 بعد مقارنة النتائج وضح ما هي الطريقة الأكثر دقة وضح لماذا؟

-6 استنتج قيمة R .

-7 ارسم كيفيا شكل المنحنى اذا ضاعفنا :

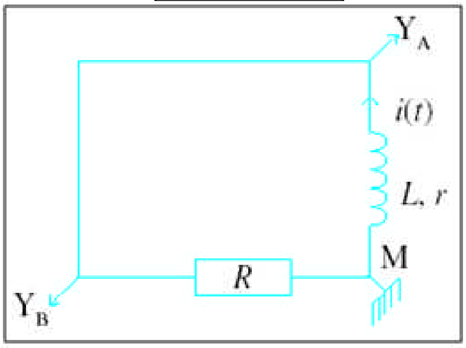
أ- ذاتية الوشيعة

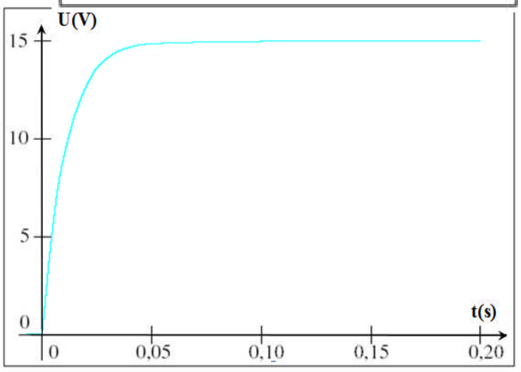
ب- المقاومة الكلية.

ت- القوة المحركة

ث- الكهربائية للمولد E .

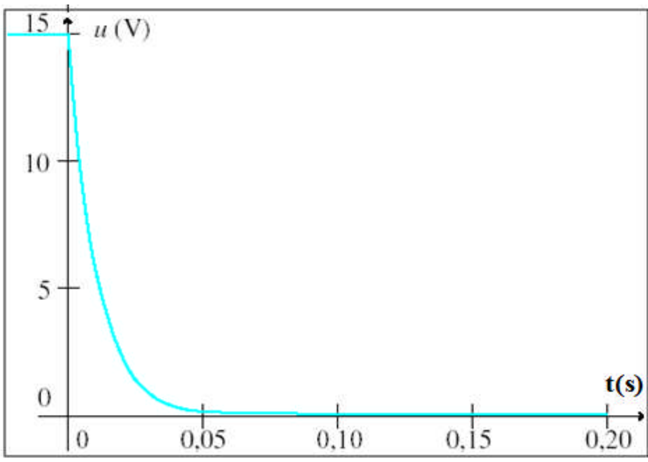
الشكل3





الشكل2

II - نضع وشيعة في دارة كما هو موضح في الشكل ، باستعمال تركيب غير ممثل على الشكل 3 نخلق توتر كهربائي ابتدائي U_0 بين طرفي الناقل الأومي . نفس أسئلة الجزء I مع تعويض E بـ U_0 و استعمال المنحنى4 الموالي:



الشكل4

تمرين 5

إليك التركيب المقابل: المولد مثالي له قوة محركة كهربائية تساوي E

1.1-ماهو فرق الكمون الملاحظ على المدخل Y_1؟نفس السؤال للمدخل Y_2؟

2.1- لماذالايمكن مشاهدة u_R وu_L معا على شاشة راسم الإهتزازالمهبطي؟

1.3- القاطعة مفتوحة,ماهي قيم u_L, u_R وu_{AC}؟

2.في اللحظة $t=0$,نغلق القاطعة:

1.2- أكتب u_{AB}بدلالة R وi؟

2.2-أكتب عبارة u_{BC} بدلالة L, r وi ثم بدلالة L, R, r وu_{AB}؟

3.2- أوجد المعادلة التفاضليةالأتية: $L\times\frac{di}{dt}+(R+r)\times i=E$؟

4.2-حل هذه المعادلة التفاضلية من الشكل: $i(t)=Ae^{-kt}+B$

أوجدعبارة $i(t)$بدلالة L, R, r وE علماأنه عند البداية i معدوم.

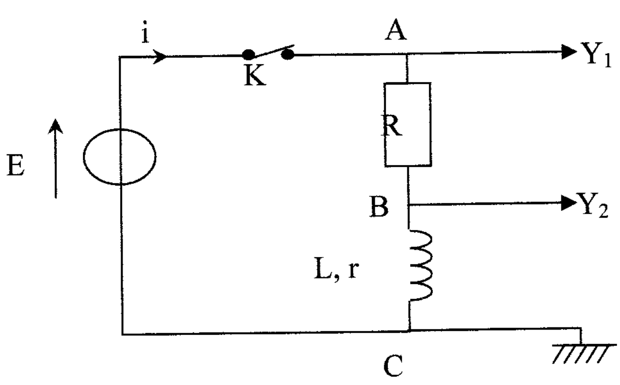
——— ماهي عبارة k؟

5.2-إستنتج قيمة $i(t)$في النظام الدائم؟

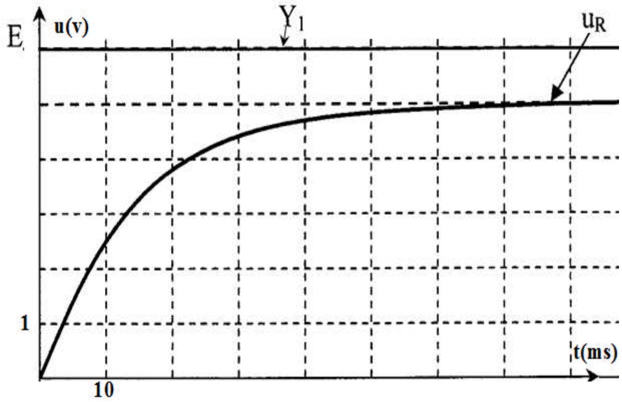
1.3-بالإعتماد على عبارة $i(t)$,أوجد عبارة $u_{AB}(t)$ و$u_{BC}(t)$؟

2.3-بين أنه في أية لحظة: $u_{AB}(t)+u_{BC}(t)=E$؟

1.4-أوجد بيانيا قيمة القوة المحركة الكهربائية E واللحظة التي يصبح فيها النظام دائم(5τ)؟(أنظر البيان)



2.4-على هذا البيان أرسم باللون الأخضر المنحنى المشاهد على المدخل Y_2 لراسم الإهتزاز المهبطي؟



3.4-بالإعتماد على منحنى u_R,أوجد قيمة شدة التيار i المار في الدارة وذلك في النظام الدائم علماأن $R = 50\Omega$ ؟

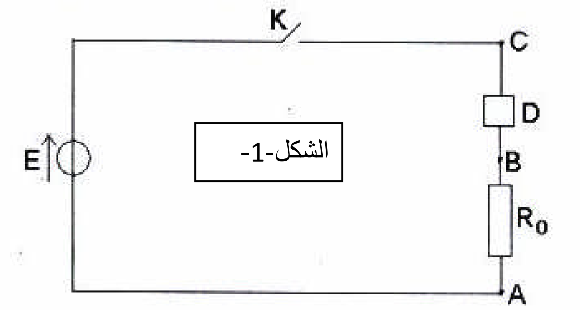
4.4- استنتج قيمة المقاومة r للوشيعة؟

5.4-إذا علمت أن $\tau = \frac{1}{k}$ مع k هو العبارة الموجودة في السؤال 4.2,أحسب قيمة الذاتية L ؟

تمرين6

نريد تعيين الطبيعة الحقيقية لثنائي قطب كهربائي **D** والذي يمكن ان يكون مكثفة سعتها **C** أو وشيعة ذاتيتها **L** ومقاومتها الداخلية **r** من اجل ذلك نحقق التركيب المبين في الشكل - 1- والذي يحتوي على التسلسل على مولد ينتج بين قطبيه توتر كهربائي **E=6V** ومقاومة $R_0 = 100\Omega$ وثنائي القطب **D** وبادله **K**.

عند غلق القاطعة نشاهد بواسطة راسم الاهتزاز المهبطي التوتر U_{BA} بين طرفي المقاومة فنحصل بذلك على البيان المعطى في الشكل -2-



الشكل-1-

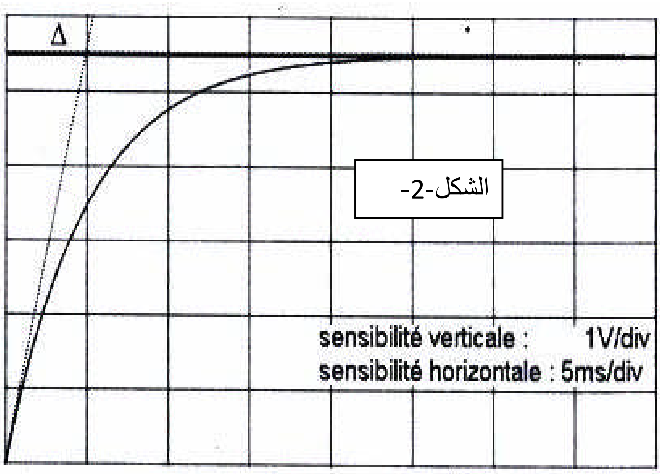
1-أعد رسم الدار "الشكل -1-" وبين كيفية توصيل راسم الاهتزاز المهبطي.

2-بين ان ثنائي القطب **D** عبارة عن وشيعة , واشرح التأخر في وصول الدارة الى حالة النظام الدائم.

3-بتطبيق قانون العروات بين أن U_{BA} بين طرفي المقاومة يحقق المعادلة التفاضلية :

$$\frac{dU_{BA}}{dt} + \frac{1}{\tau}U_{BA} = \frac{R_0}{L}E$$

حيث $\tau = \frac{L}{R}$ تمثل ثابت الزمن مع $R=R_0+r$



الشكل-2-

4-علما أن $U_{BA} = \frac{R_0}{R_0 + r}E\,(1-e^{-t/\tau})$ عين بيانيا قيمة τ.

5-استنتج قيمة المقاومة **r** وكذلك ذاتية الوشيعة **L** .

أجوبة التمارين

تمرين 1:

1 – عبارة ثابت الزمن هي: $\tau = RC$

2 – نبين أن وحدة المقدار τ هي وحدة زمن

$$\tau = \frac{u}{i}\frac{q}{u} = \frac{i \times t}{i} = t$$

إذن نرى بوضوح أن وحدة ثابت الزمن τ هي وحدة زمن.

3 – تحسب قيمة ثابت الزمن بحساب المقدار RC

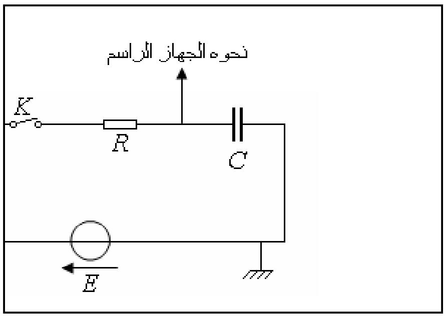
$$\tau = RC = 100.10^3 \times 3{,}3.10^{-6} = 0{,}33s = 330ms$$

4 – قيمة التوتر الكهربائي 5 ثواني بعد غلق القاطعة تعطى بالعلاقة:

$$u_C = E\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = 9 \times \left(1 - e^{-\frac{5}{0{,}33}}\right) = 9V$$

5 – بما أن التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة أصبح يساوي قيمة التوتر الذي يطبق المولد على المكثفة هذا يعني أن شدة التيار الكهربائي في الدارة أصبحت منعدمة.

تمرين 2:



1 – تركيب الدارة:

2 – المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر بين طرفي المكثفة:

بتطبيق قانون العروة على هذه الدارة نجد:

$$u_C + u_R = E$$

و منه نكتب:

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

و نعوض بعد ذلك $\tau = RC$ فنصل إلى النتيجة التالية:

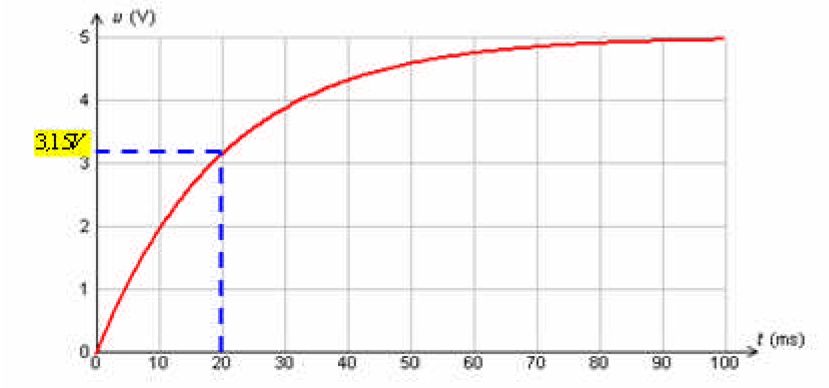
$$\boxed{\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{\tau}u_C = \frac{E}{\tau}}$$

3 – تقبل هذه المعادلة حلا من الشكل:

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

4 – نعوض في حل المعادلة التفاضلية $t = \tau$ فنجد:

$$u_C = 0{,}63E = 0{,}63 \times 5 = 3{,}15V$$



نبحث في المنحنى عن اللحظة التي يكون فيها التوتر بين طرفي المكثفة يساوي هذه القيمة فنجد: $\tau = 20ms$

5 – لدينا: $\tau = 20ms = RC$ و منه نجد:

$$C = \frac{\tau}{R} = \frac{20.10^{-3}}{100} = 2.10^{-4}F$$

<u>تمرين 3:</u>

1 – قيمة التوتر u_C بين طرفي المكثفة عند اللحظة $t = 0$ هي:

$$u_C = 4{,}0V$$

2 – بتطبيق قانون العروة على هذه الدارة نجد: $u_C + u_R = 0$

و منه نكتب: $u_C + RC\frac{du_C}{dt} = 0$ و نعوض بعد ذلك $\tau = RC$ فنصل إلى النتيجة التالية:

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{\tau}u_C = 0$$

3 – نعوض الحل المقترح في المعادلة التفاضلية فنجد:

$$\frac{d\left(Ee^{-\frac{t}{\tau}}\right)}{dt} + \frac{1}{\tau}Ee^{-\frac{t}{\tau}} = 0$$

$$-\frac{1}{\tau}Ee^{-\frac{1}{\tau}} + \frac{1}{\tau}Ee^{-\frac{1}{\tau}} = 0$$

نلاحظ أن الحل المقترح يحقق المعادلة التفاضلية.

4 – عبارة طاقة المكثفة من أجل $t > 0$ تكون:

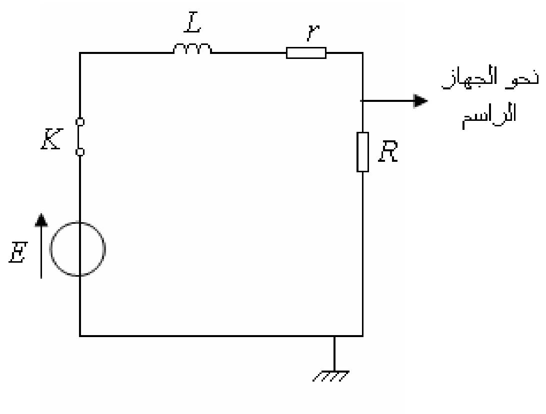
$$E_{cond} = \frac{1}{2}C.\left[Ee^{-\frac{t}{\tau}}\right]^2$$

5 – قيمة هذه الطاقة من أجل $t = \tau$ هي: $E_{cond} = 6{,}1.10^{-5}\,j$

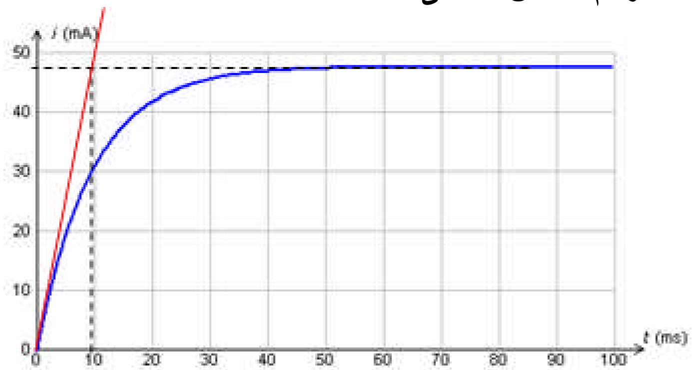
و تكون قيمتها من أجل $t = 0{,}01s$: $E_{cond} = 1{,}3.10^{-5}\,j$

<u>تمرين 4:</u>

1 – الدارة الكهربائية التي تسمح لنا بالحصول على هذا المنحنى هي:



2 – رسم المماس للمنحنى عند اللحظة $t=0$



فاصلة نقطة تقاطع المماس مع الخط المقارب الأفقي للدالة هي ثابت الزمن τ .

نقرأ من المنحنى: $\tau = 10ms$

3 – **على المنحنى نقرأ قيمة الخط المقارب الأفقي فنجدها تساوي:** $47{,}6mA$ **و هي القيمة العظمى التي تصل إليها شدة التيار الكهربائي في الدارة.**

اللحظة التي توافق 63% **من هذه القيمة تقرأ على البيان**

$$\frac{63}{100} \times 47{,}6 = 30mA$$

اللحظة التي توافق هذه القيمة هي: $t = 30ms$.

4 – **نعلم أن معادلة الخط المقارب الأفقي للدالة** $i(t)$ **هي:** $i = \dfrac{E}{R_t}$.

و منه نجد:

$$R_t = \frac{E}{i} = \frac{5}{47{,}6.10^{-3}} = 105\Omega$$

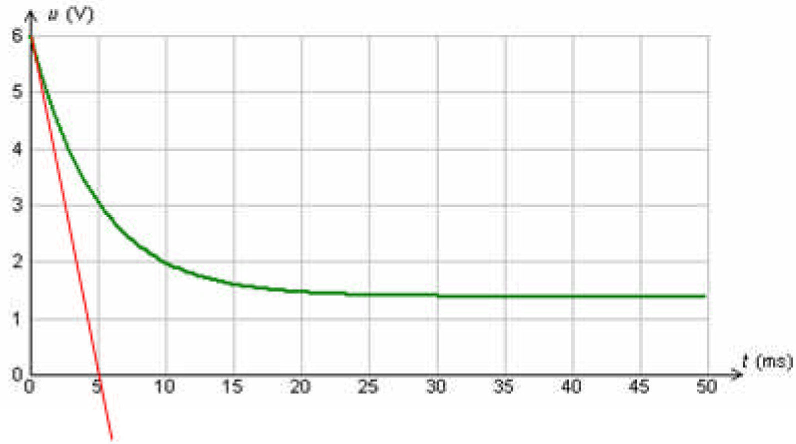
5 – **نعلم أن ثابت الزمن للدارة هو:** $\tau = \dfrac{L}{R_t}$ **و منه نجد:**

$$L = 105 \times 10.10^{-3} = 1{,}05H$$

<u>تمرين 5:</u>

1 – **نرسم المماس للمنحنى عند اللحظة** $t=0$. **فاصلة نقطة تقاطع المماس مع محور الأزمنة تمثل قيمة ثابت الزمن** τ .

من المنحنى نجد: $\tau = 5ms$



2 – من خلال ما رأيناه في الدرس، عبارة ثابت الزمن هي: $\tau = \dfrac{L}{R_t}$

3 – قيمة الذاتية هي:

$$L = \tau \times R_t = 5.10^{-3} \times 65 = 0,32H$$

<u>تمرين 6:</u>

1 – عبارة شدة التيار الكهربائي في الدارة تعطى بالعلاقة: $I_0 = \dfrac{E}{R}$

التطبيق العددي يعطي: $I_0 = \dfrac{5}{50} = 0,1A$

2 – عبارة الطاقة التي تتلقاها الوشيعة هي: $E_{bob} = \dfrac{1}{2} L I_0^2$

التطبيق العددي يعطي: $E_{bob} = \dfrac{1}{2} \times 0,47 \times 0,1^2 = 2,4.10^{-3}\ j$

3 – أ / بتطبيق قانون العروة على الدارة التي تحتوي على الصمام، الوشيعة و المقاومة نجد: $u_{AB} + u_R + u_D = 0$

الصمام في هذه الحالة يمرر التيار و هو بذلك يعتبر قاطعة مغلقة، و يكون التوتر بين طرفيه $u_D = 0$.

ومنه نكتب: $L\dfrac{di}{dt} + Ri = 0$ و منه نجد:

$$\boxed{\frac{di}{dt} + \frac{R}{L} i = 0}$$

3 – ب / لتأكد من أن المعادلة تقبل الحل المقترح، نعوض في المعادلة التفاضلية:

$$\frac{di}{dt} + \frac{R}{L} i = \frac{d\left(\frac{E}{R} e^{-\frac{R}{L}t}\right)}{dt} + \frac{R}{L}\frac{E}{R} e^{-\frac{R}{L}t} = 0$$

$$-\frac{E}{R}\frac{R}{L} e^{-\frac{R}{L}t} + \frac{E}{L} e^{-\frac{R}{L}t} = 0$$

نرى بوضوح أن الحل المقترح يحقق المعادلة التفاضلية.

جـ / عبارة $u_{AB}(t)$ تكون: $u_{AB}(t) = L\dfrac{di}{dt}$ و منه نجد:

$$\boxed{u_{AB}(t) = -Ee^{-\frac{t}{\tau}}}$$

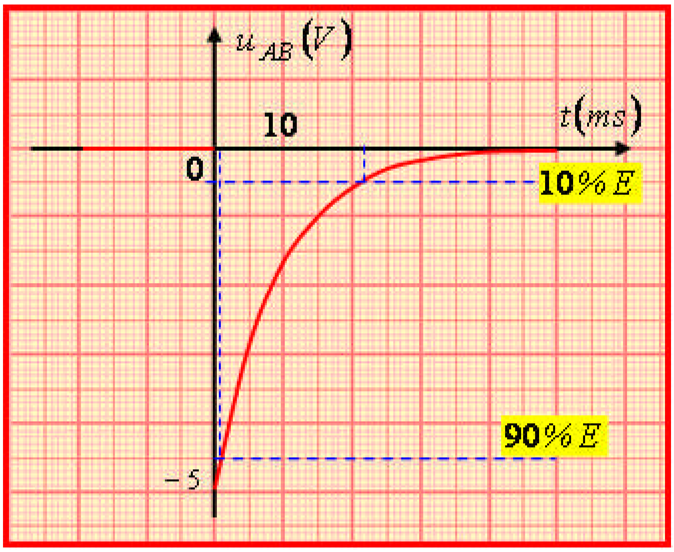
مع $\tau = \frac{L}{R}$

4 – أ / المنحنى الذي تحصلنا عليه يوافق دالة من الشكل :

$$u_{AB}(t) = -Ee^{-\frac{t}{\tau}}$$

في اللحظة الصفر يكون التوتر سالبا و لما $t \to \infty$ يؤول التوتر بين طرفي الوشيعة إلى القيمة صفر.

4 – ب /



في اللحظة t_1 يكون التوتر بين طرفي الوشيعة قد زاد بـ 10%، هذا يعني أن قيمته عند هذه اللحظة تمثل :

$$u_{AB} = -90\% E = -0{,}9.E = -Ee^{-\frac{t_1}{\tau}}$$

أي $0{,}9 = e^{-\frac{t_1}{\tau}}$ **و هو ما يؤدي إلى** $t_1 = -\tau Ln\, 0{,}9$

في اللحظة t_2 يصل التوتر إلى 90% من التزايد، هذا يعني أن قيمته عند هذه اللحظة هي

$$u_{AB} = -10\% E = -0{,}1.E = -Ee^{-\frac{t_2}{\tau}}$$

أي $0{,}1 = e^{-\frac{t_2}{\tau}}$ **و هو ما يؤدي إلى** $t_2 = -\tau Ln\, 0{,}1$

زمن الصعود يكون: $t_2 - t_1 = \tau(Ln0{,}9 - Ln0{,}1)$ **و هو ما يؤدي إلى:**

$$t_m = t_2 - t_1 = 2{,}18\ \tau$$

4 – جـ / من البيان نجد: $t_m = t_2 - t_1 = 21ms$

و منه تكون قيمة ثابت الزمن:

$$\tau = \frac{21}{2{,}18} = 9{,}6ms$$

القيمة الحسابية لثابت الزمن تعطى: $\tau = \frac{L}{R} = \frac{0{,}47}{50} = 9{,}4.10^{-3}s = 9{,}4ms$ **و هو ما يتفق مع القيمة البيانية**

بالتوفيق و النجاح