

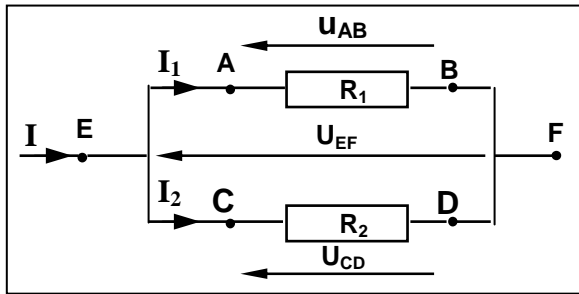
1 - مكتسبات قبلية :

1 - 1 - التيار الكهربائي المستمر : هو كل تيار كهربائي شدته ثابتة بدلالة الزمن .

1 - 2 - التيار الكهربائي المتناوب : هو كل تيار كهربائي شدته متغيرة بدلالة الزمن .

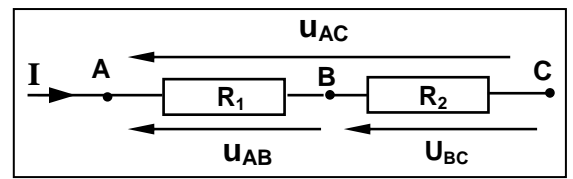
1 - 3 - قانون التواترات :

ب - حالة الدارة المتفرعة :



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

أ - حالة الدارة المتسلسلة :



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

ج - قانون العروات :

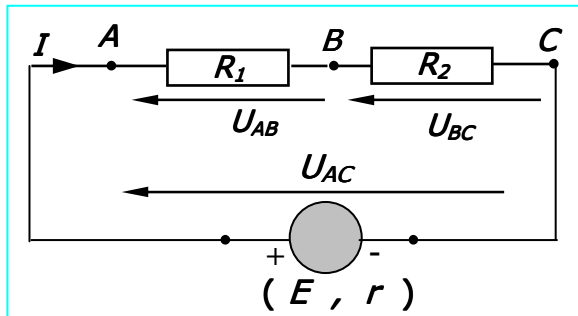
* العروة : هي كل اطار مغلق مثل العروة ABCA .
حسب قانون التواترات :

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

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

$$U_{AB} + U_{BC} + U_{CA} = 0$$

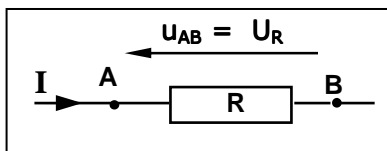
نتيجة : مجموع تواترات العروة الواحدة معدوم .



1 - 4 - قانون الشدات :

ب - حالة الدارة المتفرعة : $I = I_1 + I_2$

أ - حالة الدارة المتسلسلة : $I = cte$ (ثابت)



$$U_R = R \cdot I$$

R : مقاومة الناقل الاومي (اوم Ω) .

1 - 6 - قانون اوم بين طرفي مولد التوتر :

$U_{AB} = E - rI$ <p>مولد</p>	$U_{AB} = E$ <p>مولد مثالي</p>

ملاحظة : يجب التفريق بين مولد التوتر و مولد التيار .

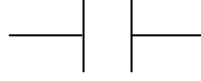
مولد التوتر : تبقى E ثابتة مهما كانت الدارة .
مولد للتيار : تبقى I ثابتة مهما كانت الدارة
مثال : الدينامو .

2 - المكثفات و ثنائي القطب RC :

2 - 1 - خصائص المكثفة :

2 - 1 - 1 - وصف المكثفة :

تتكون المكثفة من صفيحتين ناقلتين تفصل بينهما مادة عازلة للكهرباء (الهواء ، خزف ، ميكا ، ورق ، شمع ،) تدعى كل صفيحة لبوس المكثفة ويرمز لها بالرمز :

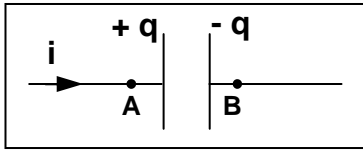


2 - 1 - 2 - العلاقة بين شحنة مكثفة q و شدة التيار i :

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

شدة التيار الكهربائي هي كمية الكهرباء Δq التي تجتاز ناقل خلال مجال زمني Δt تعطى بالعلاقة :

Δq : كمية الكهرباء (كولوم C) . I : شدة التيار الكهربائي (امبير A) . Δt : المدة الزمنية (ثانية S) .



$$dq = i dt \Rightarrow i = \frac{dq}{dt} \quad \text{لما } \Delta t \rightarrow 0 \text{ نكتب}$$

ملاحظات :

- 1 - نرسم للمقادير اللحضية (المقادير التي تتغير بتغير الزمن) بالرموز الصغيرة (q, u, i) ، ونرمز لقيمتها العظمى بالرموز الكبيرة (Q, U, I) أو (Q_0, U_0, I_0) .
- 2 - $q_A = q_B = q$.
- 3 - اذا كان $i > 0$ فان شحنة المكثفة q تتزايد (شحن المكثفة) .
- 4 - اذا كان $i < 0$ فان شحنة المكثفة q تتناقص (تفريغ المكثفة) .

2 - 1 - 3 - سعة المكثفة :

وجد تجريبيا أن كمية الكهرباء q تتناسب طرذا مع التوتر الكهربائي بين طرفيها u_c حيث :

$$q = C \cdot u_c \Rightarrow C = \frac{q}{u_c} \quad \text{. } u_c : \text{ التوتر بين طرفي المكثفة (V) . } C : \text{ شحنة المكثفة (C) .}$$

C : سعة المكثفة (فاراد F) .

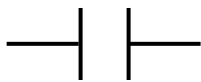
* الفاراد وحدة كبيرة جدا أمام ساعات المكثفات المستعملة ولهذا تقدر في الغالب بأجزاء الفاراد وهي :

$$1nF = 10^{-9} F : \text{ النانوفاراد (nF)}$$

$$1\mu F = 10^{-6} F : \text{ الميكروفاراد (} \mu F \text{)}$$

$$. 1pF = 10^{-12} F : \text{ البيكوفاراد (pF)}$$

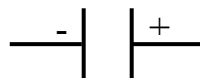
2 - 1 - 4 - أنواع المكثفات :



أ - المكثفة المستوية (غير مستقطبة) : مكثفة لبوساها مستويان متوازيان البعد بينهما (d) و سطح كل منهما (S) سعتها تعطى بالعلاقة :

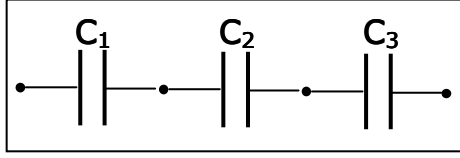
$$C = \epsilon \frac{S}{d} \quad \text{حيث } \epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r \quad \text{ثابت العزل الكهربائي } \epsilon_0 \text{ ، ثابت العزل الكهربائي المطلق للفراغ}$$

. ϵ_r : ثابت العزل الكهربائي النسبي (يميز العازل) . $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} (F \cdot m^{-1})$

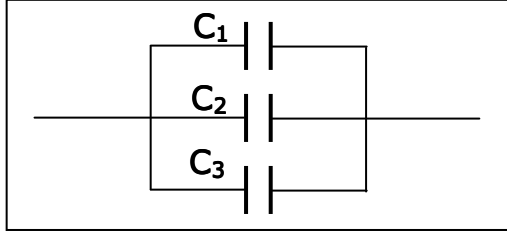


ب - المكثفات الالكتروكيميائية (مستقطبة) :

2 - 1 - 5 - ربط المكثفات :

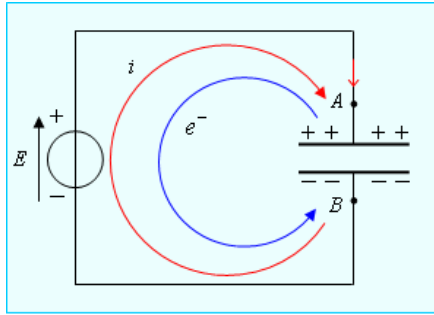


أ - الربط على التسلسل : $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$



ب - الربط على التفرع : $C = C_1 + C_2 + C_3$

2 - 1 - 6 - التفسير المجهري لشحن و تفريغ مكثفة :

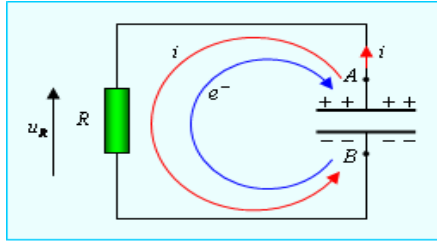


أ - حالة الشحن :

ان التيار المار في الدارة ناتج عن انتقال الالكترونات نحو اللبوس B لكن وجود العازل لايسمح بانتقال الالكترونات الى اللبوس A لذا تتراكم عند اللبوس B و يشحن سلبا ، في نفس الوقت تغادر الالكترونات اللبوس A و يشحن موجبا ، عندما يصبح عدد الالكترونات التي تغادر اللبوس A مساويا لعدد الالكترونات التي تصل الى اللبوس B نقول أن عملية الشحن انتهت وأصبحت المكثفة مشحونة و يتحقق عندها :

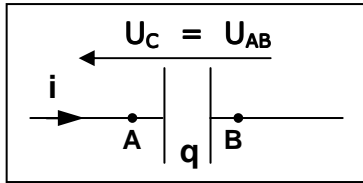
نسمي q_A و q_B شحنة المكثفة . $q_A = -q_B$

ب - حالة التفريغ :



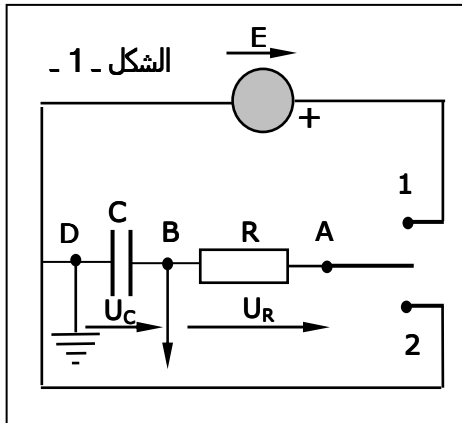
ان الالكترونات المتراكمة على اللبوس B عند الشحن ، تنتقل عبر اسلاك التوصيل و عبر المقاومة الى اللبوس A فيمر بذلك تيار كهربائي في الاتجاه المعاكس و يتناقص مع مرور الزمن حتى يتوقف فنقول أن المكثفة فرغت . نتيجة : تخزن المكثفة أثناء شحنها كمية من الكهرباء و تعيدها أثناء التفريغ .

2 - 1 - 7 - العلاقة بين شدة التيار و التوتر الكهربائي بين طرفي مكثفة :



لدينا : $q(t) = C \cdot U_C(t)$ ، $i(t) = \frac{dq}{dt}$

$\Rightarrow i(t) = \frac{d[C \cdot U_C(t)]}{dt} \Rightarrow i(t) = C \cdot \frac{dU_C(t)}{dt}$



3 - تطور التوتر الكهربائي بين طرفي مكثفة :

3 - 1 - الدراسة التجريبية : (TS MICROMEGA)

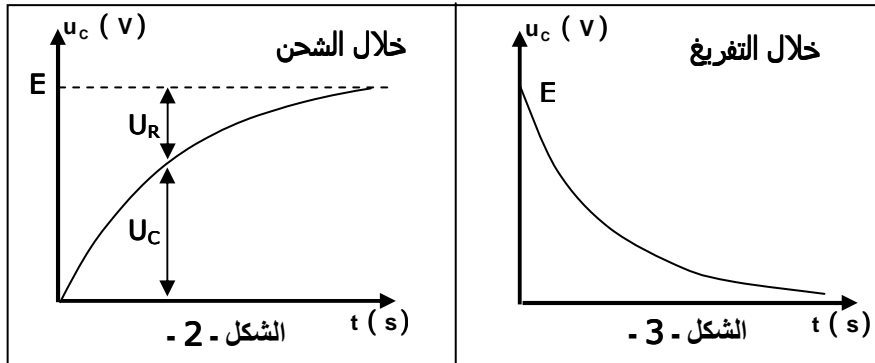
- نشاط : نحقق الدارة المبينة في الشكل - 1 - .
- * مولد لتوتر ثابت مثالي ($E = 12 V$, $r = 0$) .
- * مكثفة سعتها ($C = 15.5 \mu F$) .
- * ناقل اومي ($R = 100 K \Omega$) .

حالة الشحن :

نضع البادلة على الموضوع 1 فتشحن المكثفة فيظهر على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي المنحني $U_c = f(t)$ كما في الشكل - 2 . .

حالة التفريغ :

نضع البادلة على الموضوع 2 فتتفرغ المكثفة فيظهر على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي المنحني $U_c = g(t)$ كما في الشكل - 3 . .



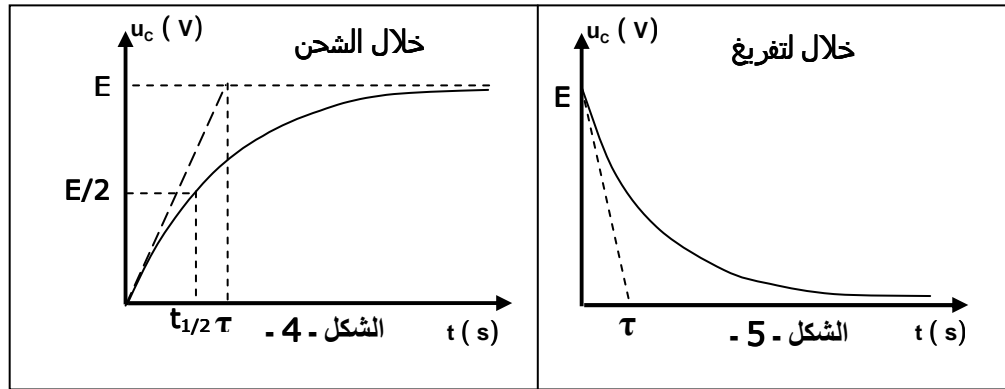
3 - 2 - ثابت الزمن τ للدارة RC :

$$T = R C$$

- * نسمي الجداء RC بثابت الزمن τ لثنائي القطب RC وحدته الثانية (S) و نكتب :
- * ثابت الزمن τ : هو الزمن اللازم لشحن المكثفة ب 63% من شحنتها الأعظمية أو هو الزمن اللازم لتفريغ المكثفة ب 63% من شحنتها الأعظمية.
- * يعين ثابت الزمن τ و زمن نصف الشحن بيانيا كما في الشكلين 4 ، 5 ،
- * التحليل البعدي لثابت الزمن τ :

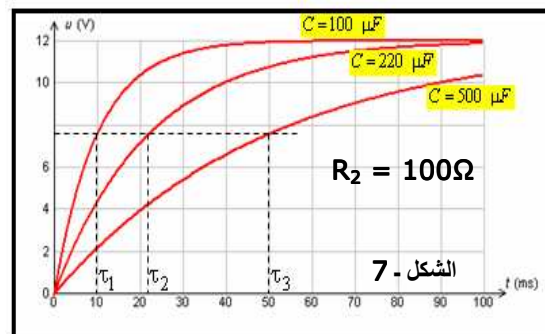
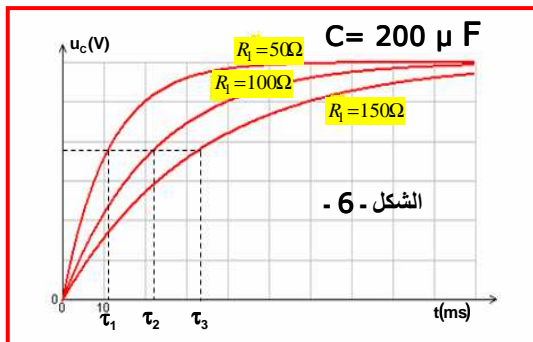
$$[\tau] = [R] [C] = \frac{[U] [I] [T]}{[I] [U]} = [T]$$

ومنه الثابت $T = R C$ مقدار متجانس مع الزمن .



3 - 3 - تأثير المقاومة R وسعة المكثفة C على ثابت الزمن τ :

- * يزداد ثابت الزمن τ مع زيادة قيمة المقاومة التي تشحن عبرها المكثفة الشكل - 6 . .
- * يزداد ثابت الزمن τ مع زيادة قيمة سعة المكثفة الشكل - 7 . .



3 - 4 - الدراسة النظرية :

3 - 4 - 1 - المعادلة التفاضلية لتطور التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة :

أ - خلال الشحن (القاطعة في الوضع 1) :

$$U_{AD} = U_{AB} + U_{BD} \Leftrightarrow E = Ri + U_C \Leftrightarrow E = RC \frac{dU_C}{dt} + U_C \Rightarrow$$

$$\frac{dU_C}{dt} + \frac{1}{RC} U_C - \frac{E}{RC} = 0$$

$$U_{AD} = U_{AB} + U_{BD} \Leftrightarrow E = Ri + U_C \Leftrightarrow E = RC \frac{dU_C}{dt} + U_C \Rightarrow$$

$$U_C = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \Leftrightarrow U_C = E(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

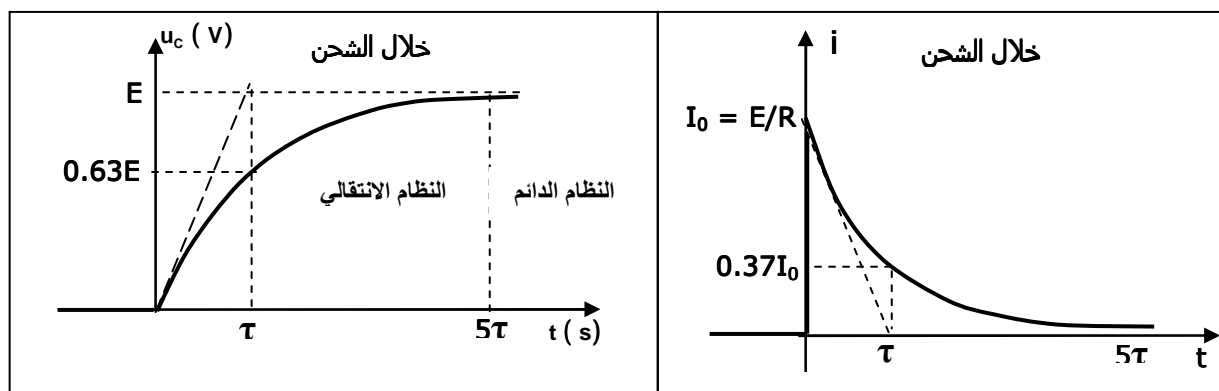
معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى حلها من الشكل

* عبارة شدة التيار :

$$i(t) = C \cdot \frac{dU_C(t)}{dt} \Rightarrow i(t) = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} \Leftrightarrow i(t) = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

حالات خاصة :

- * عند نهاية الشحن $i = 0$ ، $U_{C_{MAX}} = E \Rightarrow q_{MAX} = CE$ ،
- * لما $(t = \tau \Rightarrow U_C = 0.63E)$ أي تكون المكثفة قد شحنت بـ 63% من شحنتها الأعظمية .
- * لما $(t = 5\tau \Rightarrow U_C = 0.99E)$ أي تكون المكثفة قد شحنت بـ 99% من شحنتها الأعظمية .
- * لما $t = 0$ نجد $i(0) = I_0$.
- * لما $t = \tau$ نجد $i(\tau) = 0.37I_0$ أي تبقى لشحنتها 37% من شحنتها الأعظمية .
- * لما $t = 5\tau$ تكون شدة التيار معدومة تقريبا .



ب - خلال التفريغ (القاطعة في الوضع 2) :

حسب قانون التوترات :

$$U_{AD} = U_{AB} + U_{BD} \Leftrightarrow 0 = Ri + U_C \Leftrightarrow 0 = RC \frac{dU_C}{dt} + U_C \Rightarrow \frac{dU_C}{dt} + \frac{1}{RC} U_C = 0$$

$$U_C = E e^{-\frac{t}{\tau}} \Leftrightarrow U_C = E e^{-\frac{t}{RC}}$$

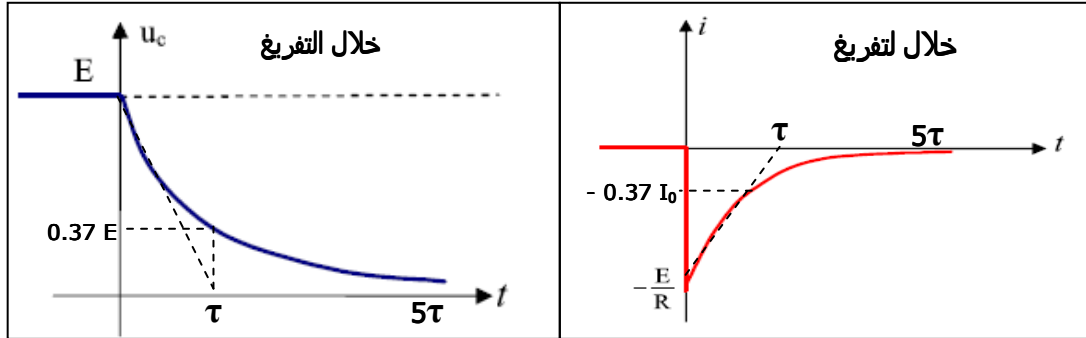
معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى حلها من الشكل

* عبارة شدة التيار :

$$i(t) = C \cdot \frac{dU_C(t)}{dt} \Rightarrow i(t) = -\frac{E}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} \Leftrightarrow i(t) = -I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

حالات خاصة :

- * لما $t = 0$ نجد $U_C(0) = E$
- * لما $(t = \tau \Rightarrow U_C = 0.37E)$ أي تبقى في المكثفة شحنة قدرها 37% من شحنتها الأصلية .
- * لما $(t = 5\tau \Rightarrow U_C = 0.99E)$ أي تكون المكثفة قد تفرغت ب 99% من شحنتها الأصلية .
- * لما $t = 0$ نجد $i(0) = -I_0$
- * لما $t = \tau$ نجد $i(\tau) = -0.37I_0$ أي تبقى في المكثفة شحنة قدرها 37% من شحنتها الأصلية .
- * لما $t = 5\tau$ تكون شدة التيار معدومة تقريبا .



3 - 4 - 2 - المعادلة التفاضلية لتطور التوتر الكهربائي بين طرفي الناقل الاومي :

أ - خلال الشحن : حسب قانون التوترات :

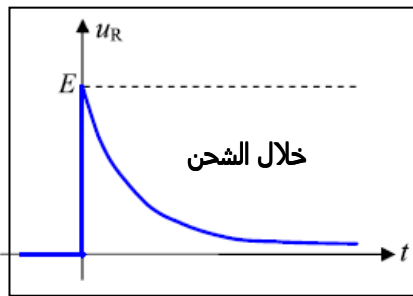
$$U_{AD} = U_{AB} + U_{BD} \Leftrightarrow E = U_R + U_C$$

$$U_C = \frac{q}{C} \Rightarrow E = U_R + \frac{q}{C} \quad \text{..... (1)}$$

$$0 = \frac{dU_R}{dt} + \frac{1}{C} \frac{dq}{dt} \quad \text{..... (2)}$$

نشتق طرفي المعادلة (1) بالنسبة للزمن فنجد :

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{U_R}{R} \quad \text{..... (3)} \quad \text{لدينا :}$$



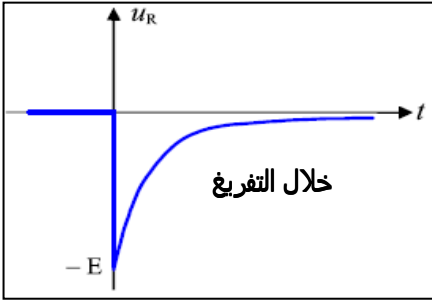
$$\frac{dU_R}{dt} + \frac{1}{RC} U_R = 0$$

نعوض (3) في (2) فنجد

معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى حلها من الشكل

$$U_R = E e^{-\frac{t}{\tau}} \Leftrightarrow U_R = E e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$U_R = R i = R \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{RC}} \Rightarrow U_R = E e^{-\frac{t}{RC}} \quad \text{طريقة ثانية :}$$



$$\frac{dU_R}{dt} + \frac{1}{RC} U_R = 0$$

ب - خلال التفريغ : نفس الطريقة نجد :

$$U_R = -E e^{-\frac{t}{RC}}$$

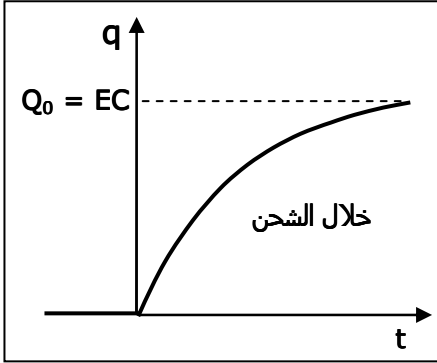
معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى حلها من الشكل

$$U_R = R i = R \left(-\frac{E}{R} e^{-\frac{t}{RC}} \right) \Rightarrow U_R = -E e^{-\frac{t}{RC}} \quad \text{طريقة ثانية :}$$

3 - 4 - 3 - المعادلة التفاضلية لتطور الشحنة على لئوسبي المكثفة :

أ - خلال الشحن : لدينا :

$$U_{AD} = U_{AB} + U_{BD} \Leftrightarrow E = Ri + U_C \quad i = \frac{dq}{dt} \quad U_C = \frac{q}{C}$$

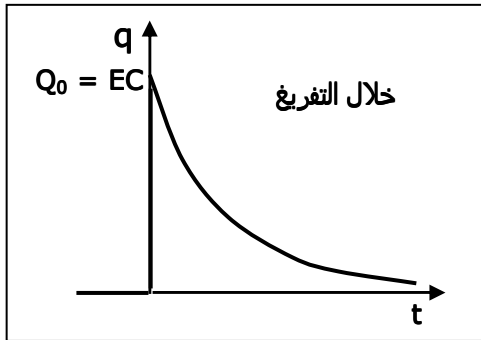


$$E = R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} \Rightarrow \frac{dq}{dt} + \frac{1}{RC} q - \frac{E}{R} = 0 \quad \text{ومنه}$$

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

معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى حلها من الشكل

$$U_{AD} = U_{AB} + U_{BD} \Leftrightarrow 0 = Ri + U_C \quad , \quad i = \frac{dq}{dt} \quad , \quad U_C = \frac{q}{C} \quad \text{ب - خلال التفريغ : لدينا}$$

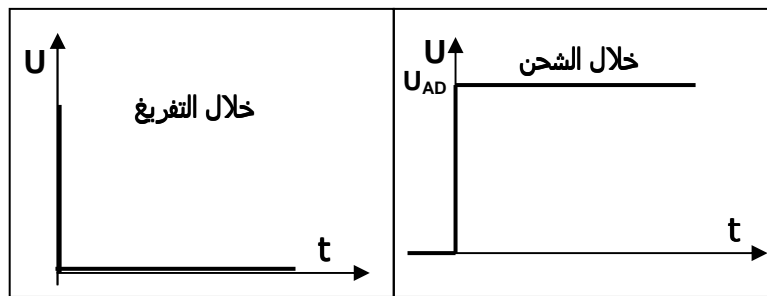


$$0 = R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} \Rightarrow \frac{dq}{dt} + \frac{1}{RC} q = 0 \quad \text{ومنه}$$

معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى حلها من الشكل

$$q = EC e^{-\frac{t}{\tau}} \Leftrightarrow q = Q_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

3 - 4 - 4 - تطور التوتر الكهربائي بين طرفي الدارة U = U_{AD} :

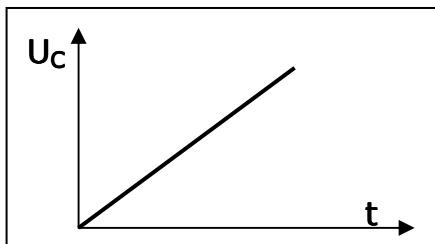


3 - 4 - 5 - تطور التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة :

باستعمال مولد للتيار (I = cst) :

$$U_C = a t \quad \text{..... (1)} \quad \text{البيان خط مستقيم معادلته من الشكل}$$

$$U_C = \frac{q}{C} \Rightarrow U_C = \frac{I}{C} t \quad \text{..... (2)} \quad \text{لدينا نظريا}$$

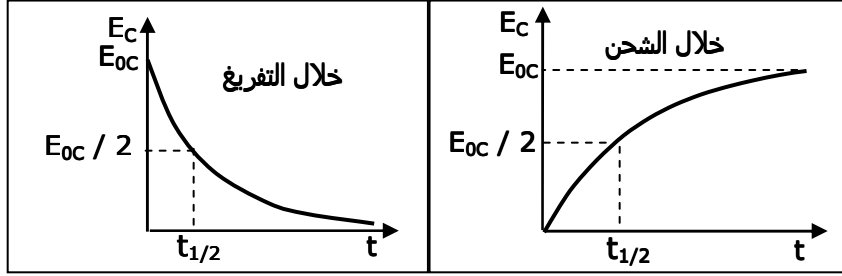


بمطابقة العلاقتين ① و ② نجد : $a = \frac{I}{C} \Rightarrow C = \frac{I}{a}$: ميل البيان

4 - الطاقة المخزنة في المكثفة :

$$E_c = \frac{1}{2} q U_c \quad \text{أو} \quad E_c = \frac{1}{2} C U_c^2 \quad \text{أو} \quad E_c = \frac{1}{2} q U_c$$

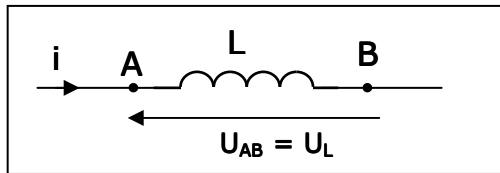
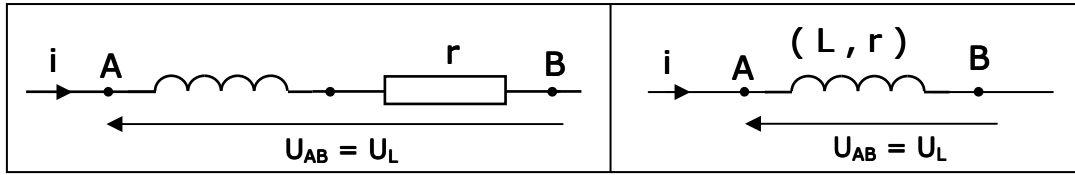
5 - زمن تناقص طاقة المكثفة الى النصف ($t_{1/2}$) : يعطى بالعلاقة الآتية : $t_{1/2} = \frac{\tau}{2} \ln 2$



6 - الوشائع و ثنائي القطب RL :

6 - 1 - تعريف الوشيجة :

تتكون الوشيجة من سلك ناقل طويل جدا من النحاس معزول بطبقة من الورنيش ملفوف بشكل حلقات و تمتاز بذاتية (L) تقدر بالهنري (H) و مقاومة داخلية (r) تقدر بالأوم (Ω) وتمثل كما يلي :



ملاحظة : اذا كانت الوشيجة صافية (r = 0) فتمثل كما يلي :

6 - 2 - العلاقة بين شدة التيار و التوتر بين طرفي الوشيجة :

$$U_L = L \frac{di}{dt} + r i$$

ملاحظة :

$$\frac{di}{dt} = 0 \Rightarrow U_L = r i$$

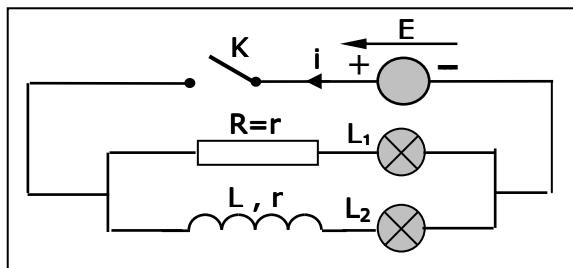
أ - حالة تيار ثابت الشدة : الوشيجة تتصرف كناقل اومي :

$$r = 0 \Rightarrow U_L = L \frac{di}{dt}$$

ب - حالة وشيجة صرفة :

6 - 3 - تصرف الوشيجة في جزء من دائرة كهربائية :

نشاط : نحقق الدارة الكهربائية الموضحة في الشكل :



1 - عند غلق القاطعة :

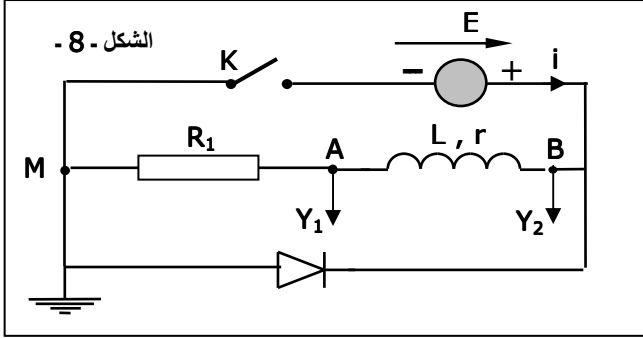
الملاحظة : توهج (L_1) مباشرة أما (L_2) فيتوهج متأخرا عن المصباح (L_1) و بعد ثواني تصبح اضاءة المصباحين متماثلة .
نتيجة : ان الوشيجة تمنع التغير المفاجئ في شدة التيار بتحريض تيار متحرض يعاكس تيار المولد أي أن التيار المار في الدارة هو محصلة تيارين .

2 - عند فتح القاطعة :

الملاحظة : ينطفئ (L_1) قبل (L_2) وبعد ثواني ينطفئ (L_2) .
نتيجة : ان الوشيعه تخزن الطاقة الكهربائية .
نتيجة عامة :

* تمنع الوشيعه لوقت قصير تغير التيار في الدارة (نظام انتقالي)
 * تصرف الوشيعه كناقل أومي عندما يجتازها تيار ثابت الشدة (نظام دائم) .

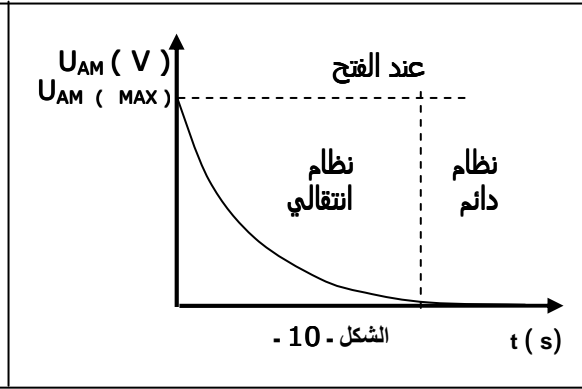
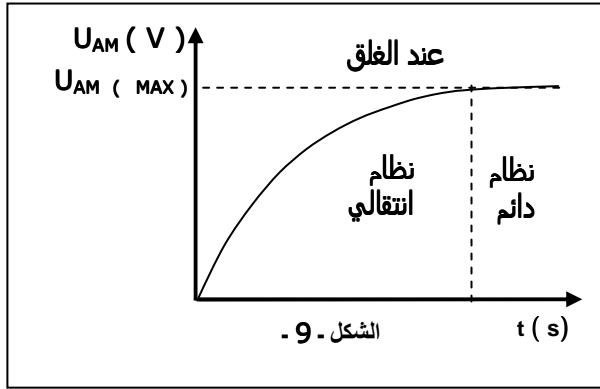
6 - 4 - تطور شدة التيار الكهربائي المار في وشيعة تحريضية :



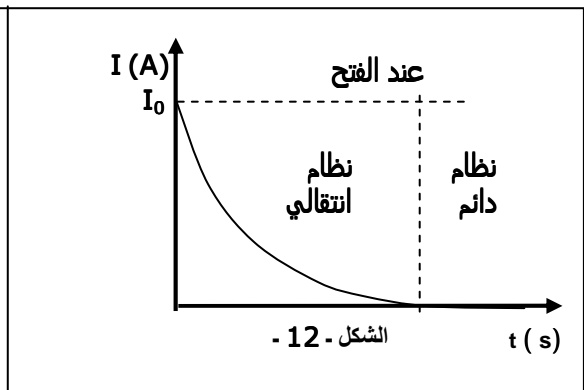
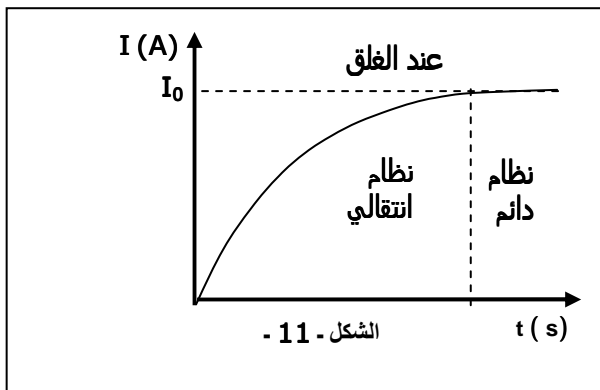
6 - 4 - 1 - الدراسة التجريبية :

نشاط : نحقق الدارة المبينة في الشكل - 8 - :
أ - عند غلق القاطعة : يظهر على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي البيان $U_{AM} = f(t)$ كما في الشكل - 9 -

ب - عند فتح القاطعة : يظهر على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي البيان $U_{AM} = g(t)$ كما في الشكل - 10 -
ملاحظة : دور الصمام هو منع حدوث الشرارة الكهربائية عند القاطعة عند فتحها



بمأن $U_{AM} = R_1 i$ و $R_1 = Cst$ فان البيان $i = f(t)$ مماثل للبيان $U_{AM} = f(t)$ و البيان $i = g(t)$ مماثل للبيان $U_{AM} = g(t)$ كما في الشكلين - 11 - و - 12 -



نتيجة : ان شدة التيار الكهربائي تمر بمرحلتين :

1 - **مرحلة انتقالية :** يتطور فيها التيار حتى يبلغ قيمة حدية أو ينعدم .

2 - **مرحلة دائمة :** يتوقف فيها التيار أو يبلغ فيها قيمة عظمى .
 $I_0 = \frac{U_{AM (MAX)}}{R_1}$

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{L}{R_1 + r}$$

6 - 4 - 2 - ثابت الزمن للدارة RL :

التحليل البعدي لعبارة ثابت الزمن :

$$L = \frac{Edt}{di} \text{ ومنه } E = L \frac{di}{dt} \text{ ومنه } (r = 0) \text{ نفرض أن } E = L \frac{di}{dt} + r i, \tau = \frac{L}{R} \text{ لدينا}$$

$$[L] = \frac{[U][T]}{[I]} \text{ أي أن}$$

$$[R] = \frac{[I]}{[U]} \text{ ومنه } R = \frac{I}{U} \text{ لدينا أيضا } [\tau] = \frac{[U][T]}{[I]} \times \frac{[I]}{[U]} = [T] \text{ ومنه}$$

ومنه الثابت τ متجانس مع الزمن .

5-6 - الدراسة الكمية :

5-6-1 - المعادلة التفاضلية لتطور شدة التيار الكهربائي المار في الوشيعه :

$$U_{BM} = U_{BA} + U_{AM} \Leftrightarrow E = L \frac{di}{dt} + r i + R_1 i \text{ أ - عند غلق القاطعة :}$$

$$E = L \frac{di}{dt} + R i \Rightarrow \frac{di}{dt} + \frac{R}{L} i - \frac{E}{L} = 0 \text{ ومنه نكتب } R = R_1 + r \text{ نضع}$$

$$i = \frac{E}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = I_0 (1 - e^{-\frac{Rt}{L}}) \text{ معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى حلها من الشكل}$$

حالات خاصة :

$$i(0) = 0 \text{ نجد } t=0 \text{ من أجل } t = \tau \text{ نجد } i(\tau) = 0.63 I_0 \text{ * من أجل}$$

$$U_L = E e^{-\frac{t}{\tau}} \text{ * من أجل وشيعه صرفة } (r = 0) \text{ نجد}$$

$$0 = U_{BA} + U_{AM} \Leftrightarrow 0 = L \frac{di}{dt} + r i + R_1 i \text{ ب - عند فتح القاطعة :}$$

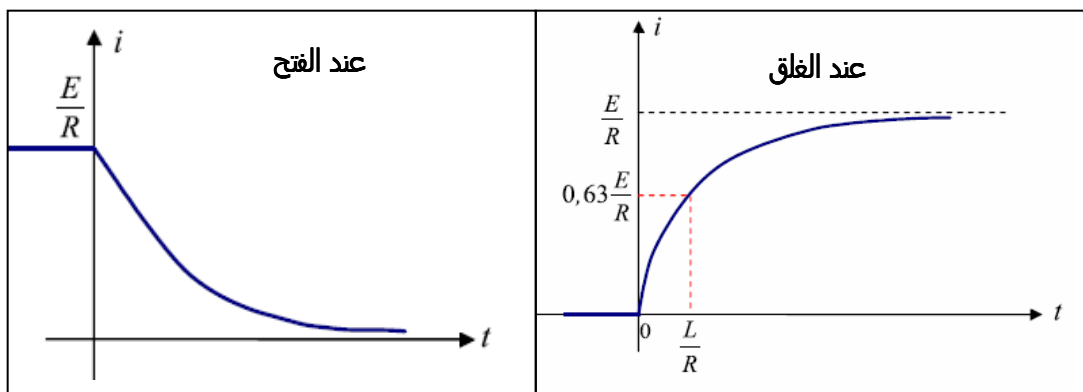
$$L \frac{di}{dt} + R i = 0 \Rightarrow \frac{di}{dt} + \frac{R}{L} i = 0 \text{ ومنه نكتب } R = R_1 + r \text{ نضع}$$

$$i = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} = I_0 e^{-\frac{Rt}{L}} \text{ معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى حلها من الشكل}$$

حالات خاصة :

$$i(0) = I_0 \text{ نجد } t=0 \text{ من أجل } t = \tau \text{ نجد } i(\tau) = 0.37 I_0 \text{ * من أجل}$$

$$U_L = - E e^{-\frac{t}{\tau}} \text{ * من أجل وشيعه صرفة } (r = 0) \text{ نجد}$$



5-6-2 - عبارة التوتر الكهربائي بين طرفي الوشيعه (U_L) :

أ - عند غلق القاطعة :

$$\frac{di}{dt} = \frac{E}{L} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad , \quad i = \frac{E}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad , \quad U_L = r i + L \frac{di}{dt} \quad \text{لدينا}$$

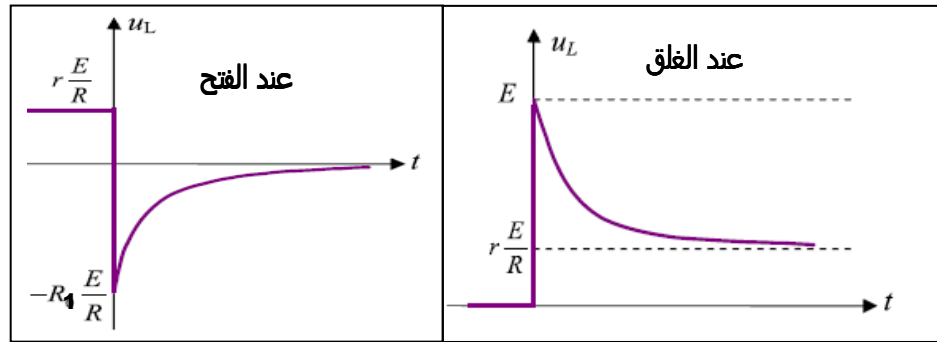
$$U_L = r \frac{E}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) + E \frac{L}{L} e^{-\frac{t}{\tau}} \Leftrightarrow U_L = r \frac{E}{R} - r \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} + E e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \text{ومنه}$$

$$U_L = r \frac{E}{R} + E e^{-\frac{t}{\tau}} (1 - \frac{r}{R})$$

ب - عند فتح القاطعة :

$$\frac{di}{dt} = -\frac{E}{L} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad , \quad i = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad , \quad U_L = r i + L \frac{di}{dt} \quad \text{لدينا}$$

$$U_L = E \frac{r}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} - L \frac{E}{L} e^{-\frac{t}{\tau}} \Leftrightarrow U_L = E e^{-\frac{t}{\tau}} (\frac{r}{R} - 1)$$



6 - 5 - 3 - المعادلة التفاضلية للتوتر بين طرفي الناقل الاومي (R) :

$$U_{BM} = U_{BA} + U_{AM} \Leftrightarrow E = L \frac{di}{dt} + r i + U_R \quad , \quad i = \frac{U_R}{R_1} \quad \text{أ - عند غلق القاطعة :}$$

$$L \frac{d(\frac{U_R}{R_1})}{dt} + r \frac{U_R}{R_1} + U_R = E \Leftrightarrow \frac{L}{R_1} \frac{dU_R}{dt} + r \frac{U_R}{R_1} + U_R = E$$

$$\frac{dU_R}{dt} + (1 + \frac{r}{R_1}) \frac{R_1}{L} U_R - \frac{E R_1}{L} = 0$$

$$U_R = R_1 i = R_1 \frac{E}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى حلها من الشكل

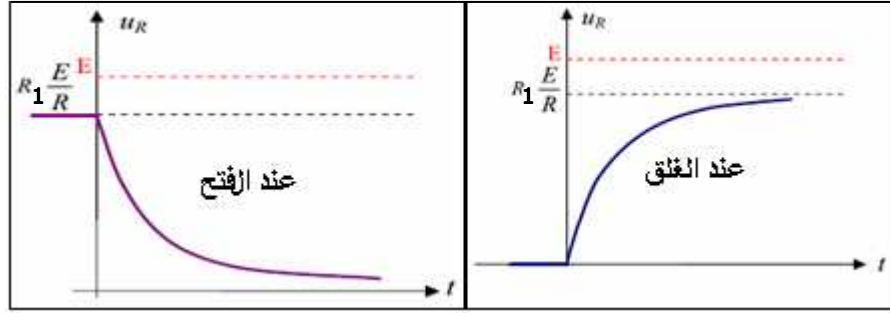
$$U_{BM} = U_{BA} + U_{AM} \Leftrightarrow 0 = L \frac{di}{dt} + r i + U_R \quad , \quad i = \frac{U_R}{R_1} \quad \text{ب - عند فتح القاطعة :}$$

$$L \frac{d(\frac{U_R}{R_1})}{dt} + r \frac{U_R}{R_1} + U_R = 0 \Leftrightarrow \frac{L}{R_1} \frac{dU_R}{dt} + r \frac{U_R}{R_1} + U_R = 0$$

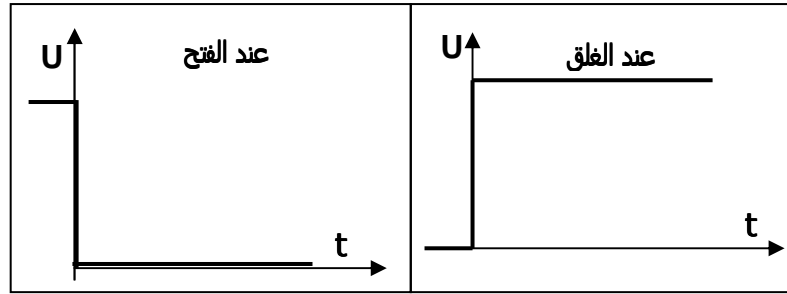
$$\frac{dU_R}{dt} + \left(1 + \frac{r}{R_1}\right) \frac{R_1}{L} U_R = 0$$

$$U_R = R_1 i = R_1 \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى حلها من الشكل



6 - 5 - 4 - التوتر بين طرفي الدارة ($U_{BM} = U$) :

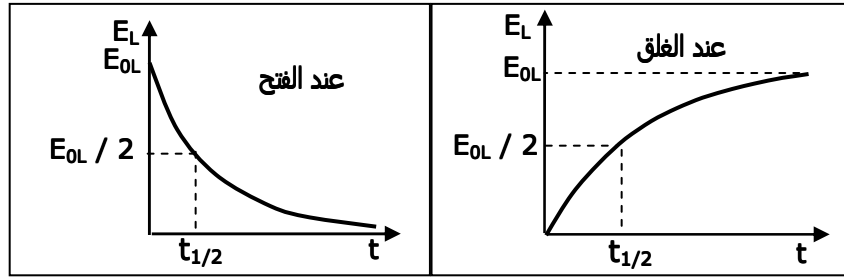


7 - الطاقة المخزنة في الوشيعية : الطاقة المخزنة في وشيعة ذاتيتها (L) يجتازها تيار كهربائي (i) بين اللحظتين

$$E_L = \frac{1}{2} L I^2 \quad \text{و } 0 \text{ تعطى بالعلاقة الآتية :}$$

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{\tau}{2} \ln 2$$

8 - زمن تناقص طاقة الوشيعية الى النصف ($t_{1/2}$) :



ملاحظات هامة :

- 1 - نقطة تقاطع المماس عند $t = 0$ مع محور الفواصل في البيانات $q = f(t), i = f(t), U_R = f(t), U_C = f(t), U_L = f(t)$ يمثل $t = \tau$.
- 2 - نقطة تقاطع المماس عند $t = 0$ مع محور الفواصل في البيانيين $E_C = f(t), E_L = f(t)$ يمثل $t = \frac{\tau}{2}$.
- 3 - (المكثفة او الوشيعية) $t_{\frac{1}{2}} \neq t_{\frac{1}{2}}$ (الطاقة)