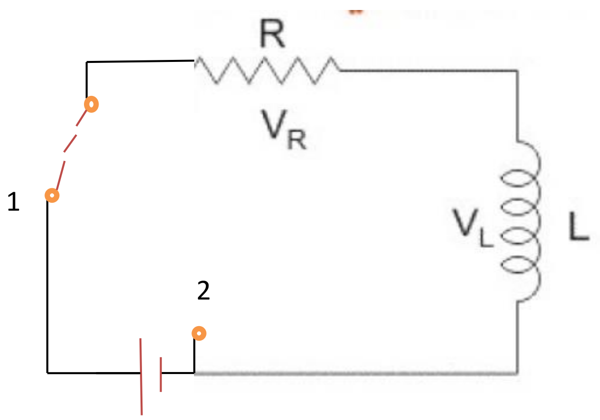
التيار المستمر هو تيار ذو قيمه ثابته مع الزمن ويمكن الحصول عليه عند ربط مقاومه بطرفي مصدر للتيار المستمر ويأخذ قيمه ثابته مباشره بعد غلق الدائرة. لكن اذا احتوت الدائرة على متسعه أو محاثة أوكليهما بالإضافة الى المقاومة سوف تظهر تيارات عابرة تضمحل بعد وقت قصير من نشوئه.

4-1 دوائر التيارات العابرة RL- Circuit



الدائرة تحتوي على ملف معامل حثه الذاتي =L مربوط على التوالي مع مقاومة R .

اذا كان التيار المار في الدائرة ثابت القيمة فليس هناك اي تأثير للمحاثة على الدائرة الكهربائية الأ ان تأثيرها يظهر عند يكون التيار

(1) نمو التيار Growth of current

عند وضع المفتاح على الموضع (1) فأن الملف والمقاومة يكونان مربوطين بمصدرثابت القوه الدافعة الكهربائية(نهمل المقاومة الداخلية للمصدر ق.د.ك =ε)

في للحظة يمس فيها المفتاح الموضع (1) t=0 فان فأنه قيمة التيار المار في الدائرة مساويه الى الصفر($i = 0$) وبعدها يبدا بالازدياد ولاحتواء الدائرة على مقاومه ومحاثة فأنه قيمة التيار لا ترتفع مباشرة الى $i_\circ$(القيمة النهائية للتيار) .

ولكنها تأخذ فترة معينه من الزمن وبعدها تستقر على القيمة الثابته $i_\circ$.

عندما يبدأ التيار بالنمو فسوف ينشا فيضا متغيرا في الملف يؤدي (حسب قانون فاراداي وقانون نويمان (*Neumann's Law*) **كما يسمى احيانا قانون لينز**) الى توليد قوه دافعة كهربائية محتثة مقدارها $L\frac{di}{dt}$ وتكون معاكسه للتغير الحاصل للتيار (الزيادة في هذه الحالة): اي انها تكون مضادة للقوة الدافعة الكهربائية الموجودة اصلا في الدوائر. *بما ان المقدار التغير في بمرور الزمن لذا فان القوة الدافعة الكهربائية* المحتثه(ق.د. ك المحتثه) الموجودة تتناقص قيمتها مع الزمن .

وبسبب وجود (ق.د. ك المحتثه)تكون محصلة ق.د. ك التي تولد التيار في الدائرة هي $\varepsilon - L\frac{di}{dt}$

نفرض ان التيار الآني المار في الدائرة بعد زمن مقداره t $= i$

بتطبيق قانون كيرشوف الثاني للجهد على الدائرة ، او باستخدام التيارات المغلقه او معادلة الدائرة : $\sum \varepsilon = \sum iR$

$$\therefore V_L + V_R = \varepsilon$$

V_R =فرق الجهد على المقاومة $R = iR$

V_L =فرق الجهد على الملف $L = L\frac{di}{dt}$

$$\varepsilon - V_L = V_R$$

$$L\frac{di}{dt} + iR = \varepsilon \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$ معادلة الدائرة

هذه المعادلة هي معادلة تفاضلية خطيه($\frac{dy}{dx} + py = Q(x)$) *تحل باستخراج عامل التكامل* $I.F = e^{\int pdx}$

او باستخدام طريقة فصل المتغيرات

$$L\frac{di}{dt} = (\varepsilon + iR)$$

$$\frac{di}{\varepsilon + iR} = \frac{dt}{L} \ldots\ldots\ldots. (2)$$

بتكامل طرفي المعادلة ينتج

$$\frac{-1}{R}\ln(\varepsilon - iR) = \frac{t}{L} + C \ldots\ldots\ldots. (3)$$

C = ثابت التكامل نجد قيمته باستخدام الشروط الابتدائيه عندما t=0 فأن i=0

$$\therefore C = \frac{-1}{R}\ln(\varepsilon) \ldots\ldots\ldots (4)$$

نعوض قيمه C في (3)

$$(-1)/R \;\ln(\varepsilon - iR) = t/L + (-1)/R \;\ln(\varepsilon)$$

$$\frac{-1}{R}\left(\ln\left(\frac{\varepsilon - iR}{\varepsilon}\right)\right) = \frac{t}{L}$$

$$\ln\left(\frac{\varepsilon - iR}{\varepsilon}\right) = \frac{-R}{L}t$$

$$1 - \frac{R}{\varepsilon}i = e^{\frac{-R}{L}t}$$

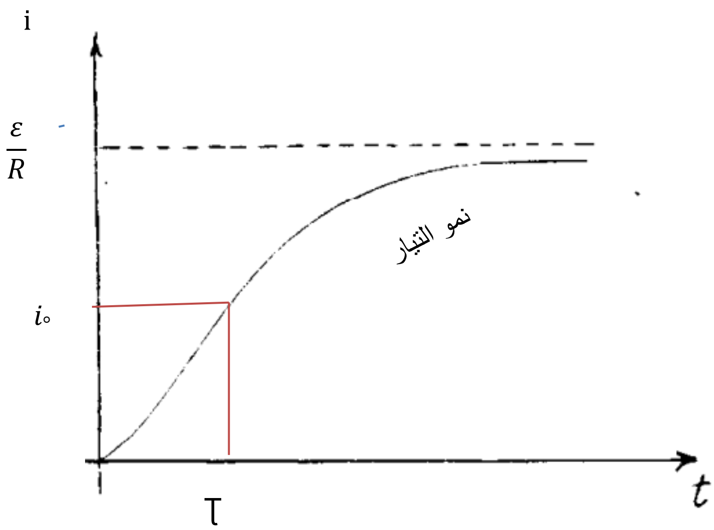
$$i = \frac{\varepsilon}{R}\left(1 - e^{\frac{-R}{L}t}\right)$$

القيمه النهائيه للتيار عندما يكون $t = \infty$

$$i_{\circ} = \frac{\varepsilon}{R}$$

$$\therefore i = i_{\circ}\left(1 - e^{\frac{-R}{L}t}\right) \ldots\ldots\ldots (5)$$

عند رسم معادلة رقم(5) نلاحظ ان التيار يزداد اسيا مع الزمن الى ان يصل الى القيمة النهائية $i_{\circ}$



من رسم هذه العلاقة نلاحظ ان التيار يزداد أسيا في الدائرة ويقترب من $i_\circ$ عندما $t = \infty$.
نظريا نلاحظ ان التيار الكهربائي يصل قيمته النهائية الثابتة بعد مرور زمن طويل جدا عند احتواء الدائرة على محاثة ويمكن ان تصل قيمة التيار الى قيمه قريبه من قيمته العظمى $i_\circ$ بعد مرور زمن قصير جدا عند ربط الدائرة الكهربائية وهذا يعتمد على قيمة المقدار($\frac{L}{R}$) , *وتسمى هذه النسبه بثابت الزمن للدائرة ويرمز لها بالرمز (Ʈ) وتقاس بالثواني.*

$$\text{Ʈ} = \frac{L}{R} \leftrightarrow \frac{Henry}{ohm} = \frac{\frac{V}{Amp/sec}}{\Omega} = \frac{V}{V/sec} = sec$$

لذا يمكن ان نكتب العلاقه رقم(5) بالشكل التالي :

$$i = i_\circ\left(1 - e^{-\text{Ʈ}/t}\right) \ldots\ldots\ldots..(6)$$

$$\frac{1}{e} \cong 0.37 \quad , e^{-1} = 2.72$$

عندما t=Ʈ فأن

$$i = 0.63 i_\circ$$

لذا يمكن ان نعرف ثابت الزمن (Ʈ) بأنه الفترة الزمنية اللازمة لكي تنمو قيمة التيار الى 0.63 من قيمته النهائية $i_\circ$.

من المعادلة (6) نلاحظ ان التيار يصل الى 0.99 من قيمته النهائية($i_\circ$) بعد مرور زمن مقداره (4.6Ʈ) من غلق الدائرة ، لذا يمكن ان نعتبر عمليا ان التيار يصل الى قيمته النهائية بعد مرور زمن مقداره (5Ʈ) .

كلما صغرت قيمة ثابت الزمن (اي عندما تكون قيمة L صغيرة) فأنه قيمة i تصل الى قيمتها النهائية بصورة اسرع.

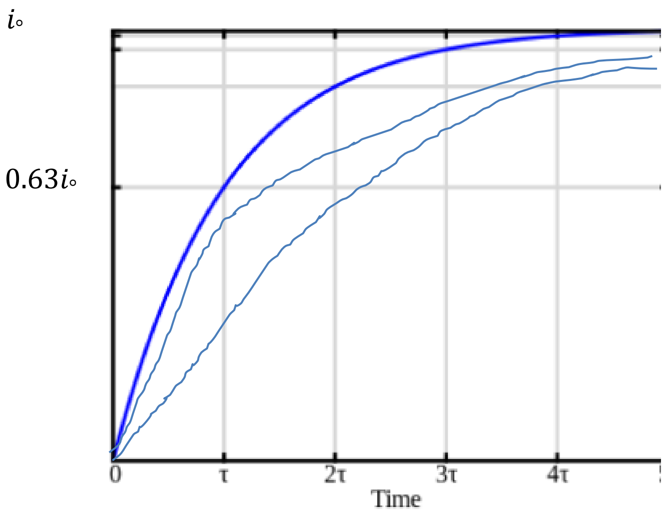
اما اذا كان الملف يحتوي على عدد كبير جدا من اللفات او كانت اللفات ملفوفه حول مادة فيرومغناطيسية فأنه قيمة L لا تكون ثابته وتكون قيمتها كبيرة في هذه الحالة يحتاج نمو التيار الى مدة اطول لكي يصل الى $i_\circ$.

من الممكن ان نلاحظ ان سرعة زيادة التيار مع الزمن في دائرة تحتوي على ملف ومقاومة وهي

$$\frac{di}{dt} = i_\circ \frac{R}{L} e^{-\frac{R}{L}t} = \frac{R}{L}(i_\circ - i)$$

اذن سرعة زيادة التيار تتوقف على $\left(\frac{L}{R}\right)$.

لحساب فرق الجهد على طرفي المحاثة V_L



4Ʈ > 3Ʈ > 2Ʈ > Ʈ

اما نستخدم $V_L = \varepsilon - iR$

$$V_L = L\frac{di}{dt} \dots\dots\dots (7)$$

من معادلة(6) و(7) نجد ان

$$V_L = \varepsilon e^{-\frac{t}{\tau}} \dots\dots\dots\dots 8$$

اما القدرة الانيه

$$P_L = iV_L = \frac{\varepsilon^2}{R}\left(e^{-\frac{t}{\tau}} - e^{-\frac{2t}{\tau}}\right) \dots\dots\dots..9$$

الجهد عبر R هو

$$V_R = iR = \varepsilon\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \dots\dots\dots 10$$

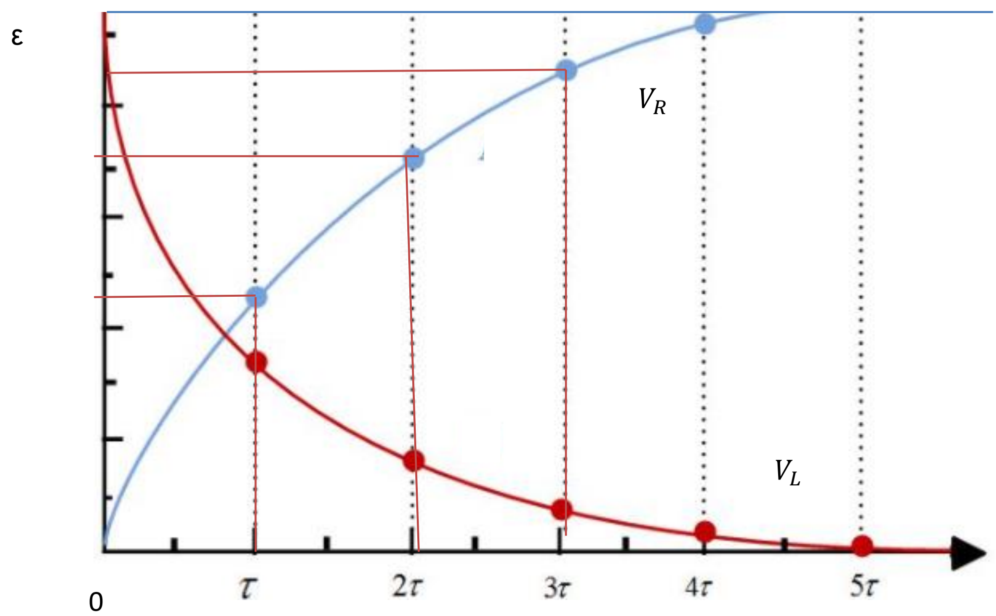
والقدرة الانيه

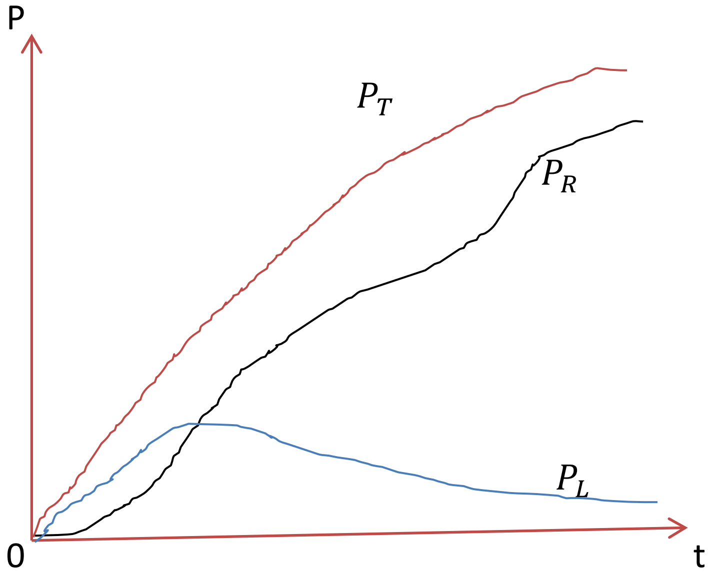
$$P_R = iV_R = \frac{\varepsilon^2}{R}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)^2 \dots\dots\dots\dots.11$$

اذن القدرة الكلية هي

$$P_T = P_L + P_R$$

$$P_T = \frac{\varepsilon^2}{R}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \dots\dots\dots..12$$





عندما t=0 فأنه تغير التيار بالنسبة للزمن $\left(\frac{di}{dt}\right)$ يكون في قيمته العظمى ويساوي ε

وهذا يجعل V_L في قيمة القصوى وان $P_L = 0$ (لان $i = 0$ عندما t=0)

وعندما $t = \infty$ فأنه $\frac{di}{dt}$ وان $V_L = 0$ وكذلك $P_L = iV_L = 0$

من الشكل نجد ان مجموع V_L و V_R يساوي دائما ε وهذا يحقق قانون كريشهوف .

مثال :   *دائرة*