Chapter Five الفصل الخامس

دوائر التيارات العابرة

Transient Current Circuits

Sequence:37

- المقدمة.
- دائرة مقاومة – محاثة/ الجزء الثاني.

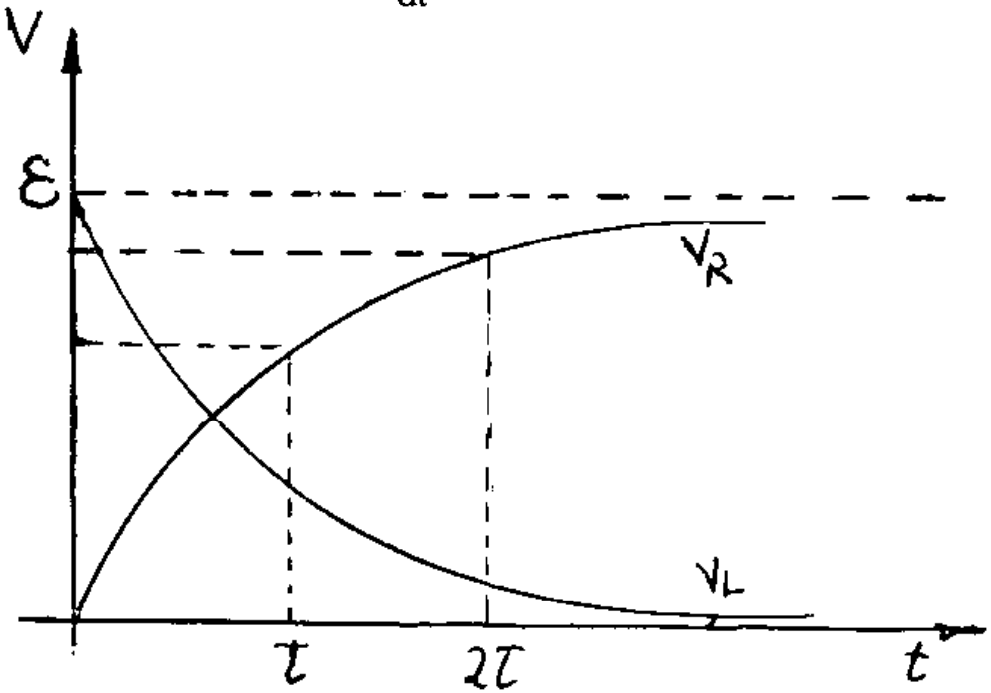
المقدمة

- في عام 1881م بدأ العالمان نيكولا تسلا وجورج ويستنكهاوس تطوير نظامهما الجديد والمعتمد على فكرة التيار المتناوب AC. أبرز ما يميز هذا النظام هو فعاليته وقدرته على التوصيل الكهربائي لمسافات طويلة جداً مقارنة بالتيار المستمر DC، فاعتمدته أغلب شركات الكهرباء في محطات التوليد والتوصيل، وأصبحت غالبية دول العالم تعتمد هذا النظام. لكن على الرغم مما أحدثه التيار المتناوب من ثورة في عالم الكهرباء، لازال البعض متمسكاً بفكرة استخدام التيار المستمر. ومن هنا بدأت بين الفريقين سلسلة من النقاشات حول جدوى استخدام أي التيارين ، حتى أطلق على ذلك مصطلح حرب التيارات. آخر أخبار هذه الحرب هو قيام إحدى الشركات العريقة في مدينة نيويورك بقطع خدمة التيار المستمر من 1600 مستهلك يسكنون أرقى أحياء المدينة – مانهاتن- أواخر عام 2005.
- ما هو الفرق بين التيار المستمر والتيار المتناوب . يسمى التيار الذي يسري باستمرار في اتجاه واحد بالتيار المستمر ، ومن أمثلته التيار الذي تنتجه البطاريات. بينما هناك نوع اخر من التيار والذي يسري احياناً الى الامام ثم الى الخلف مغيراً اتجاههُ بسرعة ويسمى هذا النوع من التيار بالتيار المتناوب ومن أمثلته التيار الذي يسري الى المنازل. ففي بعض الدول يغير تيار المنازل اتجاهه مئة مرة في الثانية مكملاً بذلك 50 دورة كاملة في الثانية الواحدة. وفي دول اخرى يغير تيار المنازل اتجاهه مئة وعشرين مرة في الثانية مكملاً بذلك 60 دورة كاملة في الثانية الواحدة .

- ***حساب فرق الجهد على طرفي المحاثة والمقاومة***

- (1) - لحساب فرق الجهد على طرفي المحاثة V_L نستعمل العلاقة التالية: $V_L = \mathcal{E} - i R$ ..... (6)
- ومن المعادلتين (5) $i = i_0 (1 - e^{-\frac{R}{L} t})$ و (6) نحصل على الصيغة الرياضية
- فرق الجهد على طرفي المحاثة V_L : $V_L = \mathcal{E} e^{-\frac{t}{\tau}}$ ..... (7)

- كما يمكن الحصول على المعادلة (7) باستخدام المعادلة (5) والعلاقة $V_L = L \frac{di}{dt}$. ولتوضيح المعادلة (7) نلاحظ الشكل (5).



شكل (5): يمثل علاقة الفولتية (في حالة النمو) مع الزمن.

- ********

- (2) – اما الجهد عبر المقاومة (V_R) فأنه يرتفع أسياً بالطريقة نفسها التي يتغير فيها التيار في الدائرة وذلك لان ($V_R=iR$) ، وبعد تعويض المعادلة $i = i_o (1 - e^{-\frac{R}{L}t})$ في المعادلة ($V_R=iR$) فان الجهد على طرفي المقاومة يعطى بالمعادلة التالية:

$$V_R = iR = \mathcal{E}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad \text{..... (8)}$$

- ونلاحظ من الشكل (5) السابق كيفية تغير (V_R) مع الزمن.
- *********
- ***حساب القدرة الآنية في كل من المحاثة والمقاومة***
- (1) - لحساب القدرة الآنية في المقاومة نستعمل العلاقة التالية : $P_R=i\ V_R$. وباستخدام المعادلتين (5) و (8) نحصل على الصيغة الرياضية لعلاقة القدرة في المقاومة وهي :

$$P_R = iV_R = \frac{\mathcal{E}^2}{R}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})^2 \quad \text{..... (9)}$$

- (2) - لحساب القدرة الآنية في المحاثة نستعمل العلاقة التالية : $P_L=i\ V_L$. وباستخدام المعادلتين (5) و (7) نحصل على الصيغة الرياضية لعلاقة القدرة في المحاثة وهي :

$$P_L = i\,V_L = \frac{\mathcal{E}^2}{R}(e^{-\frac{t}{\tau}} - e^{-2\frac{t}{\tau}}) \quad \text{..... (10)}$$

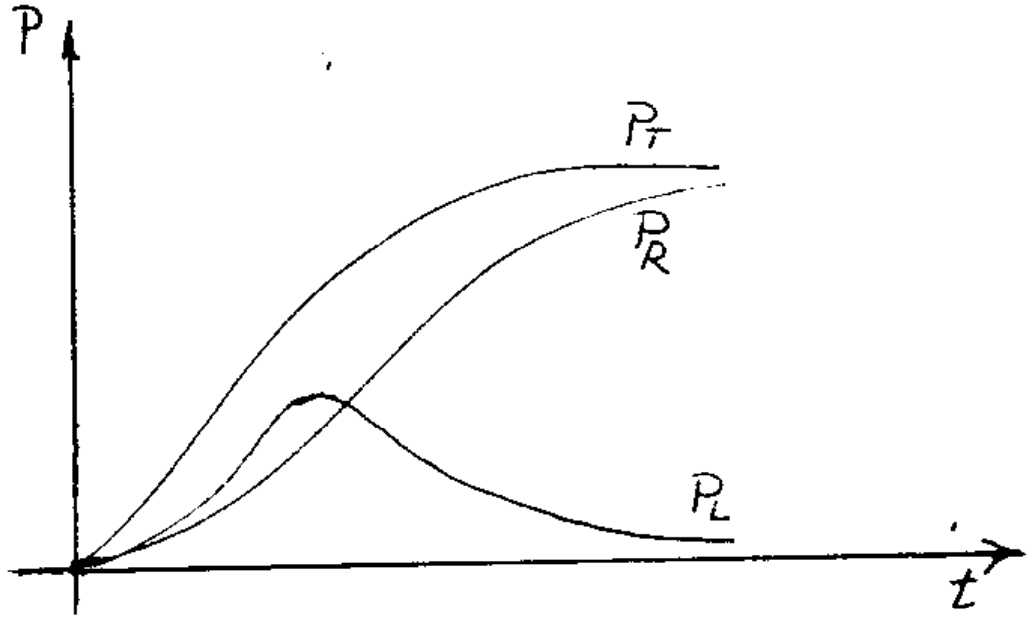
- وتحسب القدرة الآنية الكلية من مجموع القدرتيين الآنيتيين والمشار اليهما بالمعادلتين (9) و (10)، أذ ان :

$$P_T = P_R + P_L$$

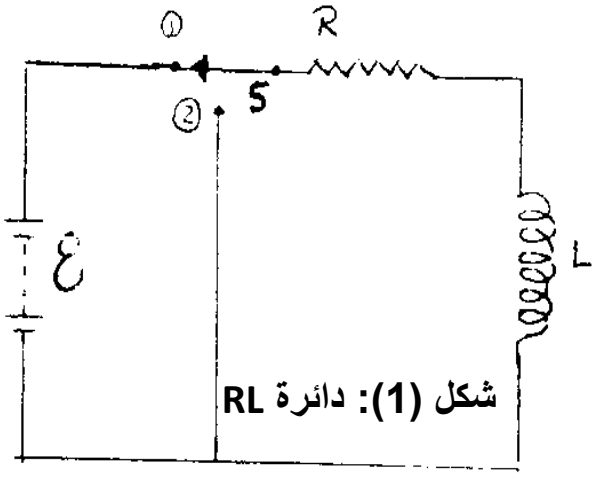
$$P_T = \frac{\mathcal{E}^2}{R}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \qquad \text{..... (11)}$$

- والشكل (6) يوضح علاقة القدرة الآنية
- في كل من المقاومة (P_R) والمحاثة (P_L)
- والقدرة الكلية (P_T) بالزمن.

- ********



شكل (6): يمثل علاقة القدرة الآنية في المقاومة والمحاثة والقدرة الكلية مع الزمن.



شكل (1): دائرة RL

- **(أ) اضمحلال التيـــــار**
- **نتصور الآن وبعد مرو زمن كافٍ على تحريك المفتاح الى الموضع (1)**
- **اي ان التيار قد وصل الى قيمته النهائية (i_o) . سوف نقوم الآن بتحريك**
- **المفتاح S الى الموضع (2) في الزمن (t=0) كما في الشكل السابق (1)**
- **وبتطبيق قاعدة التيارات المغلقة على هذه الدائرة فأن معادلة الدائرة**
- **الكهربائية في هذه الحالة تأخذ العلاقة التالية:**

$$L\frac{di}{dt} + R\,i = 0 \quad \text{..... (12)}$$

- **حيث نلاحظ ان الطرف الايمن للمعادلة (12) يساوي صفراً**
- **وذلك لان البطارية (القدرة المجهزة للدائرة) انفصلت عن الدائرة الكهربائية. وبعد فصل المتغيريين (i) و (t) الى طرفي المعادلة (12) نحصل على ما يلي:**

$$\frac{di}{i} = -\frac{R}{L}\,dt$$

- **وبعد أجراء عملية التكامل على طرفي المعادلة الأخيرة نحصل على:**

$$\int \frac{di}{i} = -\frac{R}{L}\int dt$$

- **وعند أنجاز عملية التكامل نحصل على العلاقة التالية:**

$$\ln i = -\frac{R}{L}\,t + A'$$

$$\therefore i = B' e^{-\frac{R}{L}t} \quad \text{..... (13)}$$

- **اذ ان كلا من A' ، B' ثابتين لا على التعيين وان $B' = e^{A'}$ ،**
- **ولاستخرج قيمة الثابت الاخير نستعمل القيم الأبتدائية لكل من الزمن (t) والتيار (i) ، حيث ان قيمة التيار عند الزمن (t=0) يساوي القيمة العظمى للتيار (i_o) والتي تساوي ($\frac{\mathcal{E}}{R}$) ، وبتعويض هاتين القيمتين لكل من التيار والزمن في المعادلة رقم (13) نحصل على :**

$$B' = i_o = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

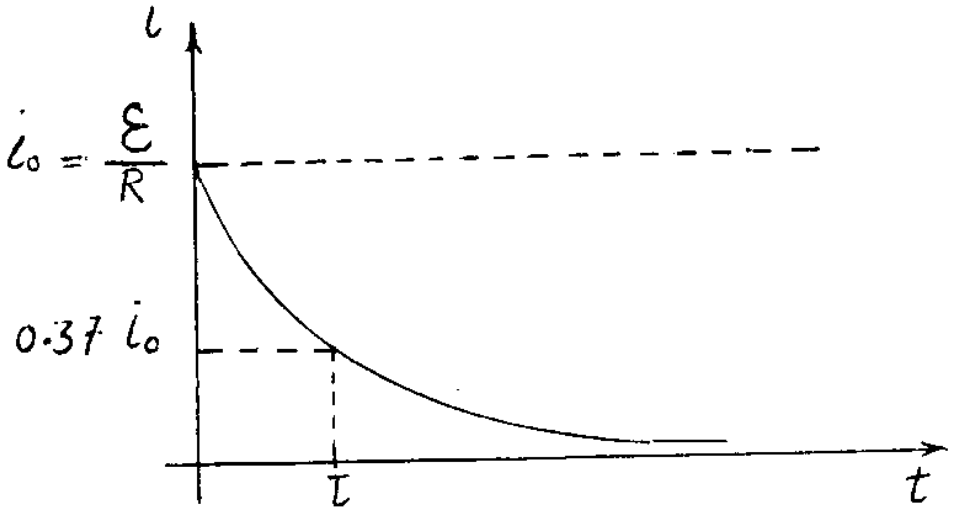
- **وبتعويض هذه القيمة في المعادلة (13) نحصل على الصيغة الرياضية للتيار**
- **في دائرة RL في حالة اضمحلال التيار وبالشكل التالي :**

$$\boxed{i = \frac{\mathcal{E}}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}} \quad \text{..... (14)}$$

- **اذ ان (τ) يمثل ثابت الزمن للدائرة الكهربائية وهو يساوي (L/R) ويعرف بأنه الزمن اللازم لهبوط التيار الى**

- **(0.37) من قيمته العظمى. والشكل رقم (7) يوضح كيفية تغير التيار العابر مع الزمن في هذه الحالة وباستعمال المعادلة رقم (14) والتي تمثل دالة أسية تناقصية.**

- **********



شكل (7): يمثل علاقة التيار(في حالة الأضمحلال) مع الزمن.

- ***<u>حساب فرق الجهد على طرفي المحاثة والمقاومة</u>***

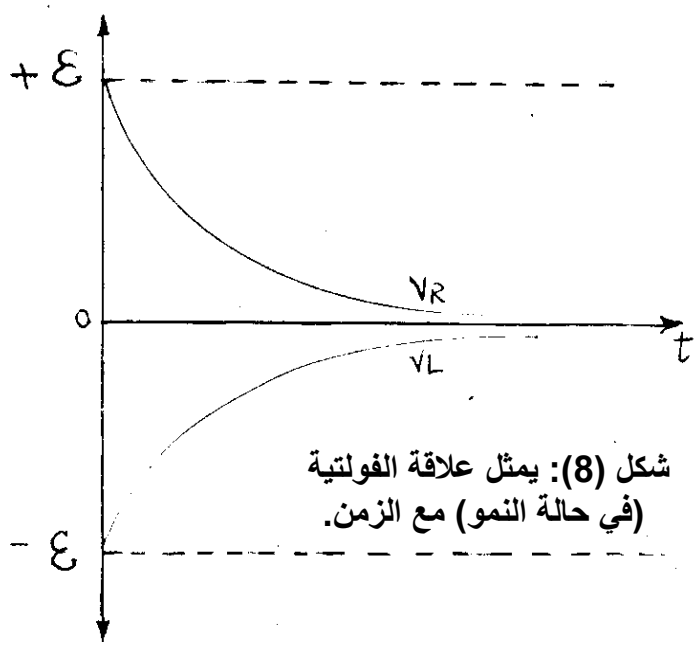
- **(1) – لحساب الجهد عبر المقاومة (V_R) فأنه ينخفض أسياً بالطريقة نفسها التي يتغير فيها التيار في الدائرة وذلك لان ($V_R=iR$) ، وبعد تعويض المعادلة (14) في المعادلة ($V_R=iR$) فان الجهد على طرفي المقاومة يعطى بالمعادلة التالية:**

$$V_R = R\,i = \mathcal{E} e^{-\frac{t}{\tau}} \qquad \text{..... (15)}$$

- **(2) – اما فرق الجهد على طرفي المحاثة V_L فنستعمل العلاقة التالية:**

$$V_L = L\frac{di}{dt} = -\mathcal{E} e^{-\frac{t}{\tau}} \qquad \text{..... (16)}$$

- والشكل رقم (8) يوضح كيفية تغير كل من فرق الجهد على طرفي
- المقاومة والمحاثة مع الزمن في حالة اضمحلال التيار.



شكل (8): يمثل علاقة الفولتية (في حالة النمو) مع الزمن.

- **********

- ***حساب القدرة الآنية في كل من المحاثة والمقاومة***

- (1) - لحساب القدرة الآنية في المقاومة نستعمل العلاقة التالية : $P_R = i\ V_R$. وباستخدام المعادلتين (14) و (15) نحصل على الصيغة الرياضية لعلاقة القدرة في المقاومة وهي :

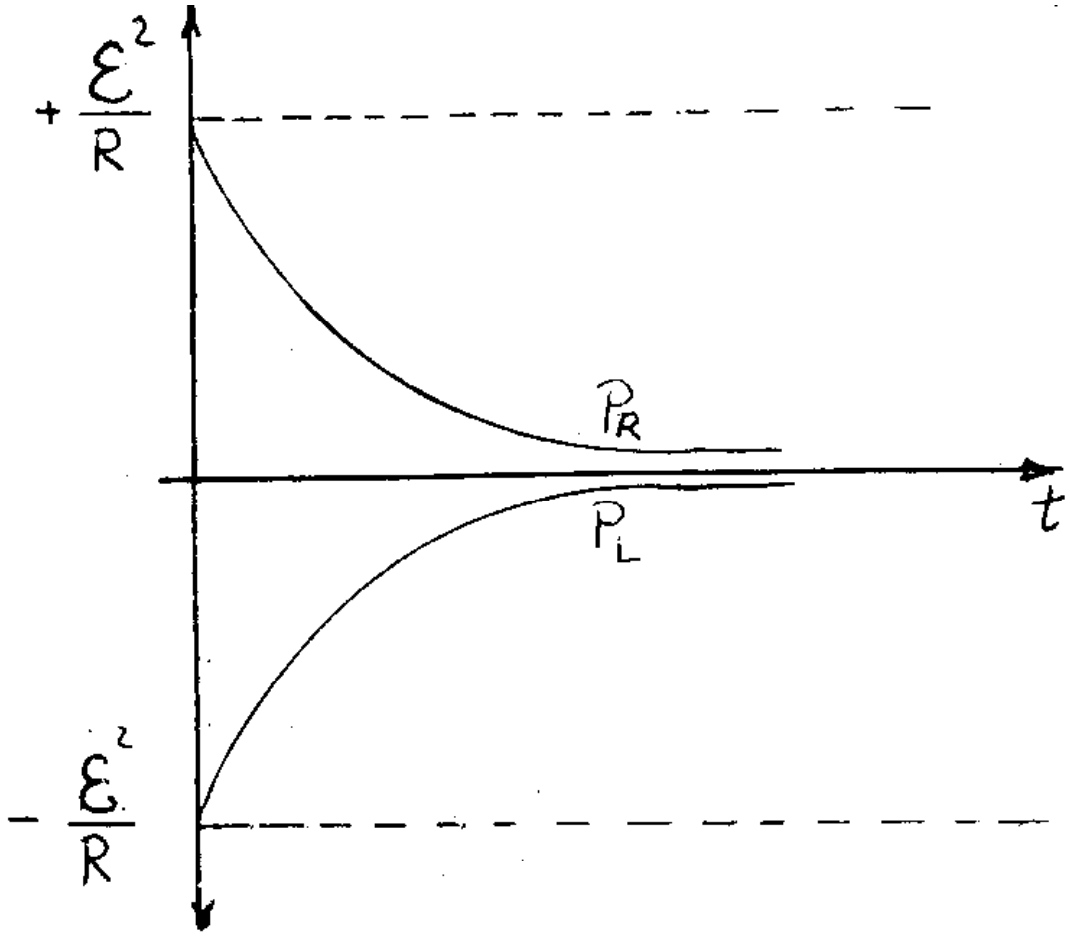
$$P_R = i\ V_R = \frac{\varepsilon^2}{R} e^{-2\frac{t}{\tau}} \quad \text{..... (17)}$$

- (2) - لحساب القدرة الآنية في المحاثة نستعمل العلاقة التالية : $P_L = i\ V_L$. وباستخدام المعادلتين (14) و (16) نحصل على الصيغة الرياضية لعلاقة القدرة في المحاثة وهي :

$$P_L = i\ V_L = -\frac{\varepsilon^2}{R} e^{-2\frac{t}{\tau}} \quad \text{..... (18)}$$

- والشكل رقم (9) يوضح كيفية تغير القدرة الآنية في كل من المقاومة والمحاثة مع الزمن في حالة اضمحلال التيار.

- **********



شكل (9): يمثل علاقة القدرة الآنية في المقاومة والمحاثة مع الزمن.

مثـــــــال : دائرة كهربائية تحتوي على مقاومة R وملف حثه الذاتي (10) هنري مربوطين على التوالي عبر فولتية مقدارها 10 فولت والتي تم فصلها من الدائرة بصورة فجائية. احسب التيار المار في الدائرة بعد ثانية واحدة : 1- اذا كانت المقاومة 20 أوم 2- اذا كانت المقاومة 0.1 أوم.

الحـــــل:

لآيجاد التيار في اللحظة (t=0) عند نقل المفتاح الى الموضع (2) نطبق المعادلة رقم (14) في حالة اضمحلال التيار:

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

1- اذا كانت المقاومة 20 أوم فأن :

قيمة التيار بعد مرور ثانية واحدة يساوي

$$i = \frac{10}{20} e^{-\frac{20}{10}\times 1} = 0.067 \quad Amp \quad .$$

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

1- اذا كانت المقاومة 0.1 أوم فأن

قيمة التيار بعد مرور ثانية واحدة يساوي

$$i = \frac{10}{0.1} e^{-\frac{0.1}{10}\times 1} = 99.00 \quad Amp \quad .$$

الخلاصة Summary

- تضمنت المحاضرة النقاط المهمة التالية :
- - حساب فرق الجهد على طرفي المحاثة والمقاومة في حالة نمو و اضمحلال التيار. حيث ان الجهد عبر المقاومة (V_R) يرتفع أسياً بالطريقة نفسها التي يتغير فيها التيار في الدائرة.
- حساب القدرة الآنية في كل من المحاثة والمقاومة في حالة نمو و اضمحلال التيار.
- تعريف ثابت الزمن للدائرة الكهربائية وهو يساوي (L/R) ويعرف بأنه الزمن اللازم لهبوط التيار الى (0.37) من قيمته العظمى. في حالة اضمحلال التيار.
- - ان قيمة التيار تعتمد على قيمة ثابت الزمن (L/R) في حالتي نمو او اضمحلال التيار في الدائرة الكهربائية RL.
- مثـــــال .
- أختبـــار.

Start Formative Assessment