الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الوادي

كلية العلوم والتكنولوجيا

رقم الترتيب :

رقم التسلسل :

مذكرة تخرج لنيل شهادة

ليسـانس أكـاديمي

مجال : علوم المادة

فرع : فيزيـاء

تخصص: فيزياء – إشعاع

من إعداد :عطاء ا أفال-فرجاني ساسية

الموضوع

دراسة نظرية للدارة RLC في ظلم قصري

نوقشت يوم2014/06/03

أمام لجنة المناقشة المكونة من:

بوراس ليلى	الرئيس
رحل علشور	**مناقش**
بن حميدة سفيان	**مؤطر**

الموسم الجامعي 2014/2013

شكر وعرفان

الشكر لله عز وجل الذي وفقنا في إتمام هذا البحث .

أتقدم بأسمى عبارات الشكر والتقدير إلى المشرف على هذا العمل الأستاذ ''بن حميدة سفيان'' الذي لم يدخر جهدا في سبيل انجاز هذا العمل سواء بتوجيهاته أو انتقاداته الموضوعية.

كما أتقدم بالشكر إلى لجنة المناقشة على قبولها مناقشة هذه المذكرة .

والى كل من ساهم من قريب أو بعيد في إنجاح هذه المذكرة.

فشكرا للجميع.

ونتمنى للكل التوفيق والنجاح في مسعاهم.

" أنفال و ساسية "

الفهرس

مقدمة عامة

الفصل الأول : عموميات حول التيار الكهربائي المتناوب الجيبي

1.1 1.1 عموميات حول التيار الكهربائي المتناوب الجيبي 4

2.1 2.1 مميزات التيار المتناوب..... 4

3.1 3.1 خصائص الشكل الموجي الجيبي للتيار المتردد..... 5

2 2 السعة أو المدى A 6

1.2 1.2 جهد القمة او الذروة Vp..... 6

1.2 1.2 الجهد من القمة إلى القمة Vpp 6

1.2 ترة الزمنية (الزمن الدوري) T..... 6

1.3 1.3 شدة التيار الجيبي المتناوب..... 6

2.3 2.3 فرق الطور التوتر بالنسبة للتيار..... 6

3.3 3.3 القدرة في دارة التيار المتناوب..... 7

4.3 4.3 التيار المعروف بجذر متوسط المربع..... 8

4 4 دوائر التيار المتردد..... 8

1.4 1.4 المقاومة الكهربائية في التيار المتناوب..... 9

2.4 2.4 المكثفة الكهربائية في حالة التيار المتناوب..... 10

3.4 3.4 الوشيعة الكهربائية في حالة التيار المتناوب..... 11

الفصل الثاني: دراسة للدارة RLC في النظام القسري

1.1 1.1 دراسة نظرية للدارة RLC 14

2.1 2.1 تمثيل فرينل 15

3.1 الرنين..... 17

1.3.1 1.3.1 التردد عند 17

الرنين.....
2.3.1 2.3.1 ممانعة الدارة عند الرنين..... 17
3.3.1 3.3.1 طور التوتر بالنسبة للتيار عند الرنين..... 18
4.1 4.1 الممررة (العصابة النافذة)..... 19
1.4.1 1.4.1 عرض المنطقة الممررة..... 20
2.4.1 2.4.1 معامل الجودة..... 21
3.4.1 3.4.1 فرق التوتر 21
1.2 1.2 دراسة تجريبية لظاهرة الرنين الكهربائي 22
الخاتمة..... 24
قائمة المراجع .....

فهرس الأشكال

شكل (1.1): موجة التيار المتذبذبAC 5

شكل (2.1): الرسم البياني لتغير الجهد مع الزمن 5

شكل (3.1): فرق الطور بين شدة التيار وفرق الكمون 7

شكل (4.1): يبين تناوب القدرة اللحظية بدلالة الزمن 7

شكل (5.1): يبين مقاومة وقوة دافعة متناوبة موصلتين على التسلسل 9

.....

شل (6.1): يبين منحنى دالتي فرق الكمون والتيار عبر المقاومة 9

.....

شكل (7.1): يبين سعة وقوة دافعة متناوبة موصلتين على التسلسل 10

شكل (8.1): يبين دالتي الشحنة على السعة وفرق كمونها 10

الظاهرين.....

شكل (9.1): يبين ملفا وقوة دافعة متناوبة موصلتين على 12

التسلسل.....

شكل (10.1): يبين فرق كمون الملف والتيار الذي يجتازه وفرق الطور بينهما 12

الظاهرين .....

شكل (1.2): الدارة المتوالية RLC 14

.....

شكل (2.2): ا نشاء فرينل للأشعة 15

.....

شكل (3.2): انشاء فرينل للدارة RLC 16

.....

شكل (4.2): الحالات التي يكون فيها الدارة حثية أو سعوية 17

شكل (5.2): الرسم البياني لتغير الممانعة مع تردد 18

الزمن.....

شكل (6.2): الرسم لفروق الكمون بين طرفي دارة RLC 19

.....

شكل (7.2): الرسم البياني لبعض ثنائيات الأقطاب الكهربائية..... 19
شكل (8.2): الرسم البياني لعرض المنطقة الممررة 20
شكل (9.2): الرسم البياني لمخطط فرينل لفروق الكمون عند الرنين 21
شكل (10.2): التركيب التجريبي للدارة RLC..... 22
شكل (11.2): منحنى تغير شدة التيار الفعالة بدلالة التردد من أجل مقاومة متغيرة RLC
..... 23

مقدمة عامة

إن أساس التقدم يعد للتطور الحاصل في العلوم الأساسية من جانبيه العملي والنظري , لذلك تهتم الدول المتقدمة بهذه العلوم أكثر من اهتمامها بالمجال التطبيقي ,فعلم الفيزياء كما هو معروف له أهمية كبيرة بين سائر العلوم الأساسية ,إذ انه يكون حجر الأساس الذي لا غنى عنه في جميع مجالات العلوم المختلفة ,فلولا التقدم في علم الفيزياء لما شاهد العالم اليوم غزو الفضاء الخارجي والوصول إلى الكواكب والنجوم ,والتحكم بمسارات الأقمار الصناعية والتطبيقات المهمة في حياتنا اليومية لأشعة الليزر والتطور الذي تشهده الالكترونات وغيرها من العلوم .

فلقد كان تطور علم الفيزياء في القرن العشرين بمثابة ثورة شاملة في مفاهيمنا وكان التطور التكنولوجي الكبير المصاحب لهذه الاكتشافات في حاجة دائما إلى نوعيات خاصة جدا من المواد التي لها صفات مختلفة منها الميكانيكية ,الحرارية والضوئية .

وسنركز دراستنا في هذا البحث عن الاهتزازات الكهربائية التي يكون حدوثها في الدارات الكهربائية من الدرجة الأولى حيث هناك اهتزازات كهربائية حرة واهتزازات متخامدة واهتزازات كهربائية قسرية هذه الأخيرة تحقق لنا ظاهرة التجاوب RESONANCE .

يتمحور الفصل الأول على عموميات حول التيار الكهربائي المتناوب الجيبي حيث سنتطرق إلى مفاهيم وخصائص الشكل الموجي للتيار المتردد ودوائر التيار المتناوب وبعض المقادير والمفاهيم المهمة والمطلوبة في هذه الدراسة .

والفصل الثاني سنقوم بدراسة نظرية بحتة للدارة RLC في الظام القسري وذلك من خلال الدراسة النظرية بطريقة تمثيل فرينل والدراسة التجريبية على ظاهرة الرنين الكهبائي لها مع استعمال بعض القوانين والمعادلات التفاضلية من الدرجة الثانية الى أن توصلنا الى العبارة الرياضية التي تميز هذه الظاهرة .

الفصل الأول:

عموميات حول

التيار الكهربائي

المتناوب الجيبي

1.1 عموميات حول التيار الكهربائي المتناوب الجيبي:

نتطرق في هذا الفصل إلى التعرف على أهم المقادير الفيزيائية التي يتميز بها التيار المتناوب أين تكون (المقاومةR، شدة التيار I وفرق الكمون V ,وكذلك الاستطاعة P) قيمها متغيرة بصفة دورية وليست مقادير ثابتة كما هو الحال في التيار المستمر.

نقول أن التيار متناوب إذا كان يعرف بدالة رياضية ,هذه الدالة الدورية إذا هي تلك الدالة التي تعيد نفسها خلال زمن معين يدعى الدور T ،بعبارة أخرى التيار المتردد الجيبي هو تيار كهربائي يعكس اتجاهه بشكل دوري ويتذبذب في مكانه ذهابا وإيابا 50 أو 60 مرة في الثانية حسب النظام الكهربائي المستخدم.
يمكن توليده فقط حسب قانون فراداي عن طريق مولد كهربائي متردد.

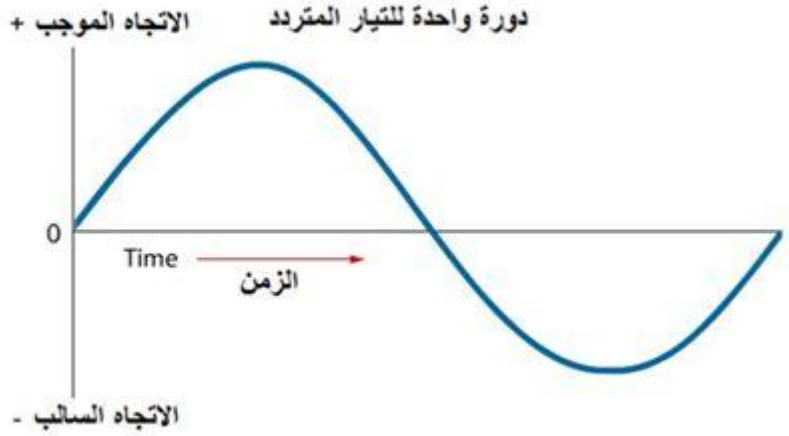
ويتم الآن استخدام التيار المتردد لنقل الطاقة الكهربائيةفي كل دول العالم رغم أسبقية التيار المستمر التاريخية ، ورغم أن أول محطة تجارية لتوليد الكهرباء في العالم وهي التي أنشأها أديسونفي نيويورك ،سنة 1882م كانت كذلك محطة لتوليد التيار المستمر حتى أن أولى الأجهزة الكهربية كانت تعمل على التيار المستمر مثل مصباح أديسون إلا أن الوضع انقلب رأسا على عقب بعد حرب التيارات فأصبح التيار المتذبذب مفضلا في عملية إيصال الطاقة لأسباب لها علاقة بنقل الطاقة من جهة ومعالجة الإشارات من جهة أخرى[1].

2.1 مميزات التيار المتناوب

يمتاز التيار المتردد بعدد من الميزات عن التيار المستمر:

- يمكن نقل القدرة الكهربائية عبر التيار المتردد إلى مسافات بعيدة جدا وهذا ما لا يمكن للتيار المستمر أن يفعله بطريقة اقتصادية أو عملية , حيث يمكن خفض ورفع جهد المولد الكهربائي باستخدام جهاز يدعى المحول لا يمكن تطبيقه على التيار المستمر بسبب عدم وجود تغير في التدفق المغناطيسي .
يقوم المحول برفع الجهد الكهربائي الآتي من المولد والذي يتراوح عادة بين (11- 36)كيلو فولت ويقوم برفعه إلى مستويات تبلغ (110- 765)كيلو فولت مما يجعل بالإمكان نقله إلى مسافات بعيدة جدا بين الدول أو حتى عبر القارات.
- تمتاز التيارات المترددة على المستمرة بقدرتها على نقل المعلومات ,فمكبر الصوت مثلا يقوم بتحويل المعلومات المحتواة في كلمة إلى تيار متردد .
- التيار المتناوب سهل التوليد من التوربينات حيث أن الوشائع والمغانط الدوارة تنتج تيارا متناوبا وللحصول على التيار المستمر منها يجب إجراء تقويم وترشيح وهذه العملية من الصعب تحقيقها في التوترات العالية.
- تنتج الخلايا الكهروكيميائية التيار المستمر مباشرة ولكنها تكون غير عملية لتلبية احتياجات مناطق سكانية كبيرة، بينما يمكن استخدام الطاقة الهائلة للمياه المخزونة خلف السدود على الأنهار، واستغلال طاقة المد والجزر للمحيطات وطاقة الرياح والوقود الاحفوري والتفاعلات النووية الآمنة لتدوير عفلت والتي بدورها تدير مولدات تيار متردد.

الجهد والتيار المتردد يتغيران بشكل مستمر والتمثيل البياني للتيار المتردد يكون على شكل موجة الجيب .
يمكن لشكل موجة الجيب أن يمثل التيار أو الجهد .
يوجد محوران : المحور الرأسي يمثل اتجاه وقيمة (مقدار –سعة) التيار أو الجهد و المحور الأفقي يمثل الزمن.

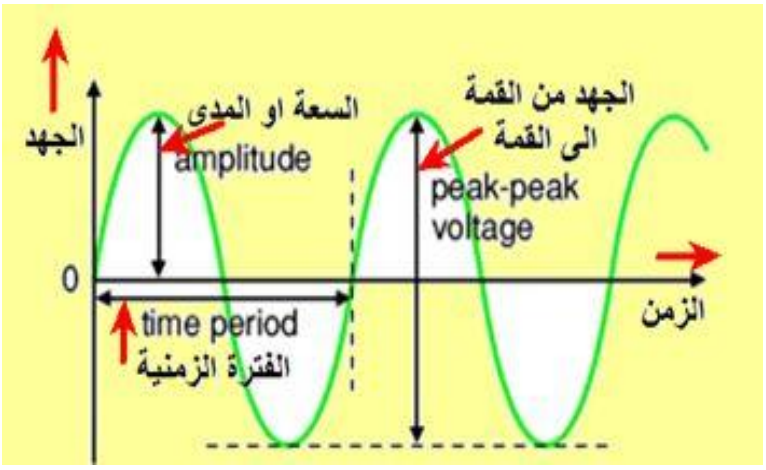


شكل (1.1): موجة التيار المتذبذبAC

عندما يكون الشكل الموجى فوق محور الزمن يمر التيار في اتجاه معين . يعرف هذا الاتجاه بالاتجاه الموجب .
عندما يكون الشكل الموجى أسفل محور الزمن يمر التيار فى الاتجاه المعاكس . يعرف هذا الاتجاه بالاتجاه السالب. ينتقل الشكل الموجى الجيبى من خلال دورة كاملة مكونة من 360 درجة والتي تعرف "بالدورة الواحدة. " التيار المتردد يشكل العديد من هذه الدورات في كل ثانية.وحدة قياس عدد الدورات في الثانية الواحدة هي الهرتز. **[2]**

2.خصائص الشكل الموجى الجيبى للتيار المتردد

الإشارة الكهربائية إما أن تكون تيار أو جهد ،و كليهما يحمل المعلومات ولكن عادة ما نعنى الجهد .
الرسم البيانى لتغير الجهد مع الزمن موضح بالشكل رقم 2 كما يوضح الخصائص المختلفة للإشارة الكهربائية وبه عدة دورات **[2]**.



الشكل (2.1) :الرسم البياني لتغير الجهد مع الزمن

1.2 السعة أو المدى A :

هى أقصى جهد تصل اليه الاشارة وتقاس بالفولت.

2.2 جهد القمة او الذروة Vp:

هو اسم آخر للسعة .

3.2 الجهد من القمة إلى القمة Vpp :

هو ضعف جهد القمة (أو السعة) . عند استخدام الأوسليسكوب عادة ما نقيس الجهد من القمة للقمة .

4.2 الفترة الزمنية (الزمن الدورى)T:

هو الزمن الذى تأخذه الإشارة فى دورة كاملة ويقاس بالثوانى.
عمليا تستخدم وحدات الملى ثانية (1ثانية = 1000 ملى ثانية) والميكروثانية (1 ثانية = مليون ميكروثانية).

1.3 شدة التيار الجيبي المتناوب :

التيار المتناوب الجيبي اللحظي تيار شدته دالة جيبية بالنسبة للزمن وتتغير إشارته مرتين في الدور.

$$i(t) = I_m.\cos(\omega t + \varphi) \qquad (1)$$

I_m :الشدة القصوى للتيار الكهربائي .

φ :طور التيار الكهربائي عند أصل التواريخ ب (rad).

w: نبض التيار الكهربائي ب rad/s.

الشدة الفعالة للتيار الكهربائي و نرمز اليها ب I و تربطها بالشدة القصوى Iالعلاقة التالية: $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$

تقاس بواسطة جهاز الأمبير متر . **[3]**

2.3فرق الطور التوتر بالنسبة للتيار:

نكتب الشدة اللحظية للتيار الكهربائي :

$$i(t) = I_m \cos(\mu t + \varphi_i) \qquad (2)$$

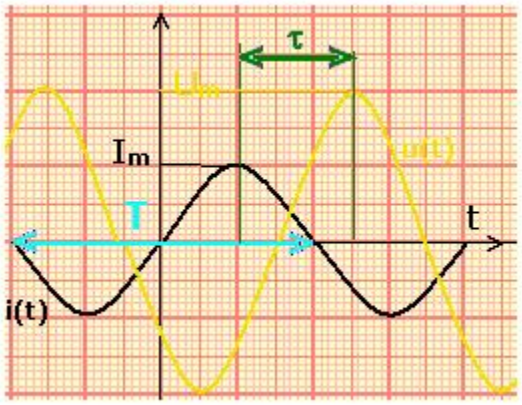
والتوتر اللحظي :

$$u(t) = U_m \cos(\mu t + \varphi_u) \qquad (3)$$

فرق الطور بين u(t) وi(t) هو $\varphi = \varphi_u - \varphi_i$ وهو مقدار جبري يعبر عنه ب (rad) .

عمليا لتحديد قيمة φ_i نبسط الدراسة ونختار القيمة i=0 عند اللحظة t=0 (الشروط الابتدائي) فتكون φ_i أي أن

$\varphi = \varphi_u$ فتصبح العلاقة : $i(t) = I_m \cos(\omega t)$ و $u(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)$.



الشكل(3.1) : فرق الطور بين شدة التيار وفرق الكمون

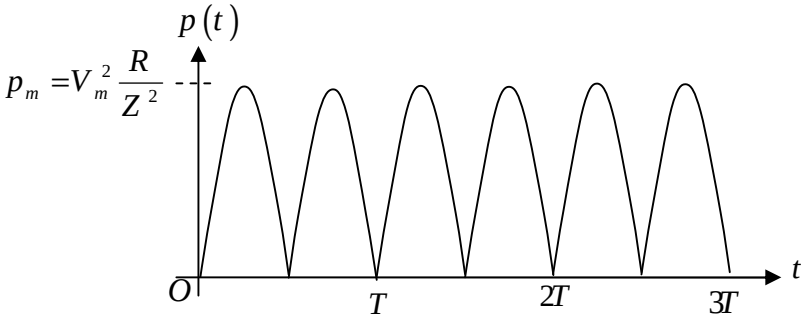
أي : $u(t) = U_m \cos\omega(t + \frac{\varphi}{\omega})$ وبذلك يوافق فرق الطور φ بين الدالتين u (t) و i(t) الفرق الزمني τ بين المنحنيين . ويمكن قياس τ على شاشة راسم التذبذب من تحديد القيمة المطلقة لفرق الطور φ عبر المعادلة **[3]**:

$$|\varphi| = 2\pi \frac{\tau}{T} \qquad (4)$$

3.3 القدرة في دارة التيار المتناوب:

عندما نتتبع فروق الكمون والتيار في الدارات المغذات بقوة دافعة متناوبة ندرك أن بينهما فرق طور، الأمر الذي يجعل التعامل مع التيار المتناوب يختلف عن التيار المستمر. نذكر بأن القدرة في الملفات والسعات لا تتبدد، بل تتناوب من عنصر إلى آخر وتتبدد القدرة في المقاوم بفعل جول كما هو موضح في الشكل (4.1). **[1]**

$$p(t) = v(t)\,i(t) = R\left[i(t)\right]^2 = RQ_m^2\omega^2\cos^2(\omega t + \varphi) = R\frac{V_m^2}{Z^2}\cos^2(\omega t + \varphi) \qquad (5)$$



الشكل.(4.1) :يبين تناوب القدرة اللحظية بدلالة الزمن

4.3 التيار المعروف بجذر متوسط المربع I_{rms} :

نود أن نبحث عن طريقة تمكننا من أن نستخدم قوانين التيار المستمر في التيار المتناوب, من أجل ذلك نعرض الملاحظة التالية، إن متوسط مربع أي دالة $x(t) = X_m \sin(\omega t + \varphi)$ متناوبة تناوبا توافقيا على دور T هو :

$$\left\langle \left[x(t)\right]^2 \right\rangle \equiv X_m^2 \left\langle \left[\sin(\omega t + \varphi)\right]^2 \right\rangle = X_m^2 \left\langle \left[\sin(\omega t)\right]^2 \right\rangle \equiv \frac{1}{2} X_m^2 \qquad (6)$$

وجذر العلاقة هو : $x_{rms} = \sqrt{\left\langle \left[x(t)\right]^2 \right\rangle} \equiv \frac{1}{\sqrt{2}} X_m$.

وما هو إلا جذر متوسط مربع x , يسمى في بعض المراجع بالقيمة الفعالة للمتغير x ؛ حيث $x_{eff} \equiv x_{rms}$.

وبناء عليه جذر متوسط مربع التيار $i(t)$ ؛ I_{rms} وفرق الكمون $v(t)$ المتناوبين تناوبا توافقيا هما: **[5]**

$$I_{rms} = \sqrt{\left\langle \left[i(t)\right]^2 \right\rangle} \equiv \frac{1}{\sqrt{2}} I_m \quad \text{و} \quad V_{rms} = \sqrt{\left\langle \left[v(t)\right]^2 \right\rangle} \equiv \frac{1}{\sqrt{2}} V_m$$

4. دوائر التيار المتردد:

إذا اعتبرنا أن تغيرات التيار المتردد على شكل موجة جيبية (وهو أشهر الأشكال) ،فإن معادلة التيار المتردد تكتب على النحو التالي:

$$I = I_{\max} \cos \omega t \qquad (7)$$

فما هو شكل الجهد بين طرفي مقاومة ومكثف وملف ؟ وما هي مقاومة كل عنصر من هذه العناصر للتيار المتردد والتي نسميها معاوقة ونعرفها كالآتي: **[1]**

$$\text{المعاوقة} = \frac{\text{القيمة العظمى للجهد}}{\text{القيمة العظمى للتيار}}$$

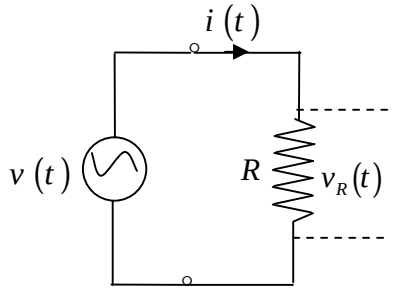
$$\frac{V_{\max}}{I_{\max}} = X \qquad (8)$$

1.4.المقاومة الكهربائية في حالة التيار المتناوب:

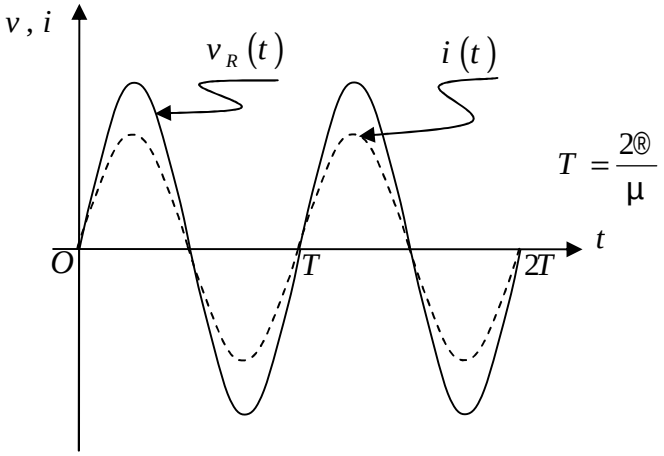
يبين الشكل دارة مكونة من عنصر واحد وهي مقاومة محضة.

العلاقة بين فروق الكمون بحسب معادلات كيرشوف هي:

$$v(t) = v_R(t) \qquad (9)$$



الشكل (5.1): يبين مقاومة وقوة دافعة متناوبة موصلتين على التسلسل



الشكل (6.1):يبين منحنى دالتي فرق الكمون والتيار عبر المقاومة

وبالتعويض عن كل طرف نحصل على العلاقة التالية:

$$v_R(t) = v(t) = V_m \sin \mu t = R\, i(t)$$

من ثمّ، فإن التيار المتناوب الذي يجتاز المقاومة هو:

$$i(t) = \frac{V_m}{R} \sin \mu t = I_m \sin \mu t \qquad (10)$$

وعليه، فإن نسبة مطال فرق كمون المقاومة إلى المقاومة هي مطال التيار الذي يجتازها:

$$I_m = \frac{V_m}{R} \quad \text{أو العلاقة} \quad V_m = R\, I_m \,. \qquad (11)$$

إن المتأمل في العلاقتين(9)و(10) يكتشف أن التيار الذي يجتاز المقاومة وفرق كمونها متفقتين في دالة الجيب المتناوبة في كل لحظة، كما يبين الشكل (6.1) و نعرب عن ذلك بالقول أن التيار في المقاومة وفرق كمونها متفقين في الطور(أو متوافقين) و مطال التيار تعطى بالعلاقة(11) **و من ثم عرفت لستجابة الدارة تماما،** وهي العلاقة(10). **[4]**

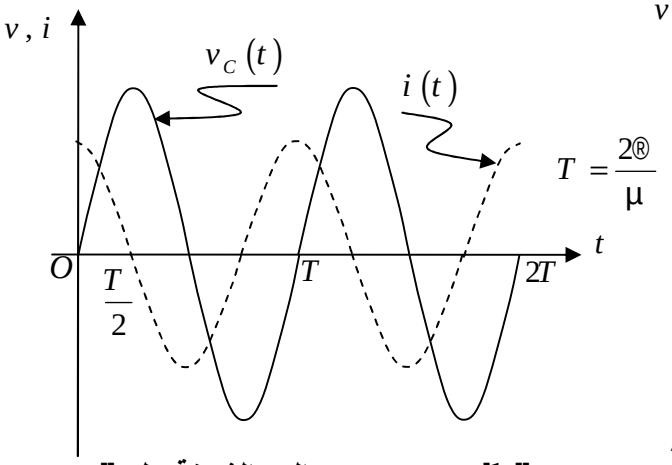
2.4. المكثفة الكهربائية في حالة التيار المتناوب :

نعتبر الدارة المكونة من المكثفة والقوة الدافعة المتناوبة موصلين على التسلسل، كما يبين الشكل(1.3أ). العلاقة بين فروق الكمون تربطهما العلاقة وذلك بحسب قانون كيرشوف :

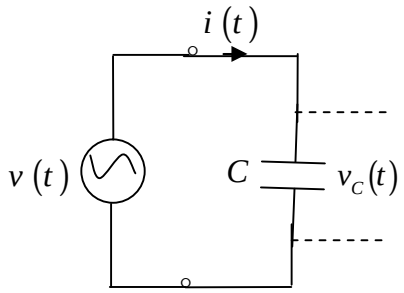
$$v(t) = v_C(t) \qquad (12)$$

وعندما نعوض عن كل طرف بقيمته نحصل على العلاقة التالية:

$$v(t) = V_m \sin \mu t = v_C(t) = \frac{q}{C} \qquad (13)$$



الشكل(8.1): يبين دالتي الشحنة على اللبعة وفرق كمونها الظاهرين



الشكل (7.1): يبين سعة وقوة دافعة متناوبة موصلتين على التسلسل

من ثم فإن

$$q(t) = V_m C \sin \mu t = Q_m \sin \mu t \qquad (14)$$

نستنتج مما تقدم أن مطال الشحنة على المكثفة هو:

$$Q_m = V_m C \qquad (15)$$

إن المتأمل في العلاقتين(10)و(13) يكتشف أن الشحنة على المكثفة وفرق كمونها $v_C(t)$ متفقتين في دالة الجيب في كل لحظة، كما يبين الشكل(8.1)و نعرب عن ذلك بالقول أن الشحنة على المكثفة وفرق كمونها متفقين في الطور، ومطال الشحنة يعطى بالعلاقة(14), من ثم عرفت استجابة الدارة تماما، وهي العلاقة(15).

أما التيار الذي يسري في الدارة المبينة في الشكل(7.1)هو :

$$i(t) = \frac{dq}{dt} = V_m C \mu \cos \mu t = I_m \cos \mu t \qquad (16)$$

حيث $I_m = V_m C\mu$. **حددت العلاقة**(16) مطال التيار ودالة تناوبه وهي تختلف عن دالة تناوب فرق كمون **المكثفة**. يمكننا إعادة كتابة العلاقة(16)، مستفيدين من التطابق $\cos^{-} \equiv \sin\left(^{-} + \frac{®}{2}\right)$، لتصير:

$$i(t) = I_m \cos\mu t \equiv I_m \sin\left(\mu\ t + \frac{®}{2}\right) \qquad (17)$$

يتضح من العلاقة(17)**أن الدا**لة التي يتناوب بها التيار بالمكثفة متقدمة بطور قدره 90° على الدالة التي يتناوب بها فرق كمونها، هذا يكافئ القول بأن فرق كمون المكثفة متأخر بطور قدره -90° عن التيار الذي يجتازها. في مثل هذه الحالة نقول أن التيار **في السعة متقدم (فرق الطور موجب)**على فرق كمونها، كما يبين **الشكل**(8.1) **العلاقة**(17)**مع العلاقة** $I_m = V_m C\mu$ يحددان استجابة هذه الدارة للقوة الدافعة.

يمكننا تعيين المقاومة التي تبديها السعة للتيار بالدارة على نفس المنوال الذي عينت به المقاومة التي يبديها سلك :

$$X_C \equiv \frac{V_m}{I_m} = \frac{V_m}{V_m C\mu} = \frac{1}{C\mu} \qquad (18)$$

أو العلاقة $V_m \equiv X_C I_m = \frac{1}{C\mu} I_m$

وحدة مقاومة السعة X_C هي الأوم والاسم المخصص لها هو ممانعة السعة. **[6]**

3.4. الوشيعة الكهربائية في حالة التيار المتناوب:

يبين الشكل **(9.1)** دارة مكونة من ملف وقوة دافعة متناوبة مربوطين على التسلسل.
العلاقة بين فروق الكمون بها تربطهما العلاقة :

$$v(t) = v_L(t) \qquad (19)$$

وعندما نعوض عن كل حد بقيمته نحصل على العلاقة:

$$v(t) = V_m \sin\mu t = v_L(t) = L\frac{di}{dt} \qquad (20)$$

من ثم فإن

$$v_L(t) = v(t) = V_m \sin\mu t \qquad (21)$$

وعبارة التيار نستمدها من تكامل العلاقة(20) بالنسبة للزمن وعليه :

$$di = dt\,\frac{V_m}{L}\sin\mu t$$

$$i(t) = \frac{V_m}{L}\int dt\,\sin\mu t = -\frac{V_m}{L\mu}\cos\mu t = -I_m\cos\mu t \qquad (22)$$

يستفاد مما تقدم أن مطال التيار في الدارة هو:

$$I_m = \frac{V_m}{L\mu} = \frac{V_m}{X_L} \quad \text{أو العلاقة} \quad V_m = L\mu I_m = X_L I_m \qquad (23)$$

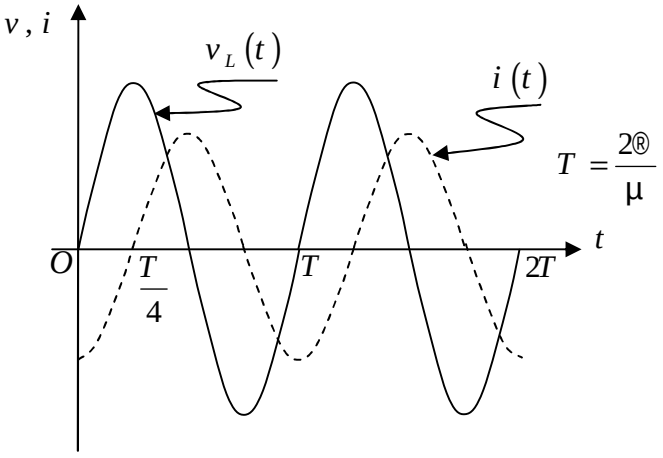
الكمية X_L تسمى ممانعة الملف، ووحدتها هي الاوم.

فإذا قارنا العلاقتين(10)**و**(22) يتبين أن التيار الذي يجتاز الملف وفرق كمونه $v_L(t)$ يختلفان في الدالة **المتناوبة، الشكل(10.1)** يبين اختلاف بينهما. يمكن استخدام الميزة $\sin\left(\mu t - \frac{\pi}{2}\right) \equiv -\cos\mu t$ **في العلاقة**(23)، فتصير:

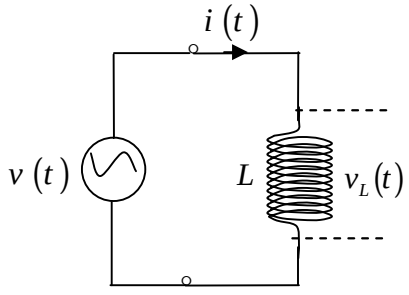
$$i(t) = -I_m\cos\mu t \equiv I_m\sin\left(\mu t - \frac{\pi}{2}\right) \qquad (24)$$

يظهر جليا في العلاقة(24)أن التيار الذي يجتاز الملف متأخر على فرق كمونه $v_L(t)$ **بطور قدره** -90° ،

و بلفظ آخر فرق كمون الملف متقدم على التيار الذي يجتازه بطور قدره 90° ، كما يبين **الشكل(10.1). [1]**



الشكل (10.1): يبين فرق كمون الملف و التيار الذي يجتاز ه فرق الطور بينهما ظاهرين



الشكل (9.1) : يبين ملفا وقوة دافعة متناوبة موصلتين على التسلسل

الفصل الثاني:

دراسة للدارة RLC في النظام القسري

مقدمة:

بعد ما تناولنا في الفصل السابق دوائر التيار المتناوب و قمنا بمعرفة دور كل من المقاومة و الوشيعة و المكثفة في تغير قيم كل يار و فرق الكمون ، سوف نتناول في هذا الفصل دراسة نظرية بطريقة تمثيل فرينل و دراسة تجريبية على ظاهرة الرنين الكهربائي للدارة RLC في نظامها القسري مع استخلاص بعض المقادير المهمة و الضرورية في هذه الدراسة.

نقول عن جملة ما في شروط معينة إنها تتعرض لاهتزازات قسرية عندما يفرض عامل خارجي دور اهتزازاته على هذه الجملة, ونقول إن الجملة المهتزة دخلت في حالة التجاوب عندما تأخذ سعة اهتزازاتها قيمة عظمى .

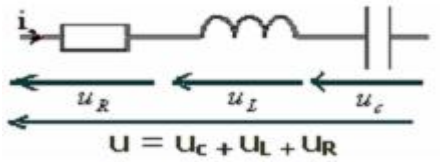
تتعرض كل جملة مهتزة حقيقية ميكانيكية كانت أم كهربائية إلى تخامد في اهتزازاتها بسبب فقدان هذه الجملة لجزء من طاقتها الكلية على شكل تحويل حراري و هذا يكون **[4]**:

-في الجمل الميكانيكية يكون الضياع بفعل الاحتكاكات.

-في الجمل الكهربائية يكون الضياع بفعل جول في المقاومات .(لكي نحافظ على استمرار الاهتززات يجب تعويض الطاقة الضائعة بشكل يتناسب مع طبيعة المهتز).

1.1.دراسة نظرية للدارة RLC :

نعتبر الدارلمتوالية RLC ولتكن شدة التيار : $i(t) = I_m \cos \mu t$ وليكن φ طور التوتر بالنسبة للتيار: $u(t) = U_m \cos(\mu t + \varphi)$ **[3]** .



الشكل (1.2): الدارة المتوالية RLC

بتطبيق قانون إضافية التوترات اللحظية (قانون كيرشوف) :

$$U = U_R + U_L + U_C \qquad (1.2)$$

بالنسبة للوة التي نعتبر (مقاومتها منعدمة) $U_L = L.\frac{di}{dt}$:

و بالتعويض في المعادلة (1) تصبح كما يلي :

$$U = R.i + L.\frac{di}{dt} + \frac{\int_0^t i.dt}{C} \qquad (2.2)$$

وهي المعادلة التفاضلية للدارمتوالية RLC ،ويعرف حلها كما يلي : $i(t) = I_m \cos \mu t$

د الاشتقاق والمكاملة لقيمة التيار يمكن كتابة المعادلة التفاضلية كما يلي :

$$U_m.\cos(\mu t + \ddot{}) = R.I_m.\cos\mu t + L.\mu.I_m.\cos(\mu t + \frac{®}{2}) + \frac{I_m}{C.\mu}.\cos(\mu t - \frac{®}{2}) \qquad (3.2)$$

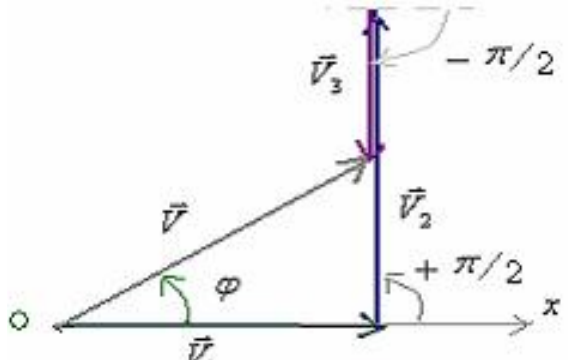
2.1. تمثيل فرينل:

يهدف حل هذه المعادلة إلى تحديد كل من السعة U_m والطور $\ddot{}$.

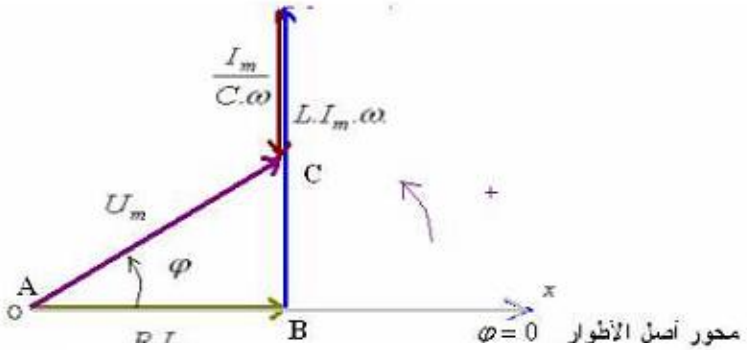
من اجل ذلك نستعمل إنشاء فرينل ونقرن بكل دالة جيبية متجهة فرينل المناسبة ;

- نقرن بالدالة $R.I_m.\cos\mu t$ متجهة بالشعاع $\vec{V_1}$ منظمها $R.I_m$ وتكون زاوية $(\vec{V_1},\vec{ox}) = 0$ أي منطبقة مع ox .
- نقرن بالدالة $L.\mu.I_m.\cos(\mu t + \frac{®}{2})$ متجهة بالشعاع $\vec{V_2}$ منظمها $L.\omega.I_m$ وتكون زاوية $(\vec{V_2},\vec{ox}) = +\frac{®}{2}$ مع المحور ox .
- ونقرن بالدالة $\frac{I_m}{C.\mu}.\cos(\mu t - \frac{®}{2})$ متجهة بالشعاع $\vec{V_3}$ منظمها $\frac{I_m}{C.\omega}$ وتكون زاوية $(\vec{V_3},\vec{ox}) = -\frac{®}{2}$ مع المحور ox .
- ونقرن بالدالة $U_m\cos(\mu t + \ddot{})$ متجهة بالشعاع $\vec{V}$ منظمها U_m وتكون زاوية $\ddot{}$ مع ox

ونحصل على فرينل بتمثيل المجموع : $\vec{V} = \vec{V_1} + \vec{V_2} + \vec{V_3}$.



شكل (2.2) : إنشاء فرينل للأشعة



شكل (3.2): إنشاء فرينل للدارة RLC

مبرهنة فيثاغورس :**في المثلث** ABC القائم الزاوية لدينا $AC^2 = AB^2 + BC^2$: **أي أن :**

$$U_m{}^2 = R^2.I_m{}^2 + (L\mu - \frac{1}{C\mu})^2.I_m{}^2 \quad (3.2)$$

ومنه : $$Z^2.I_m{}^2 = R^2.I_m{}^2 + (L\mu - \frac{1}{C\mu})^2.I_m{}^2$$

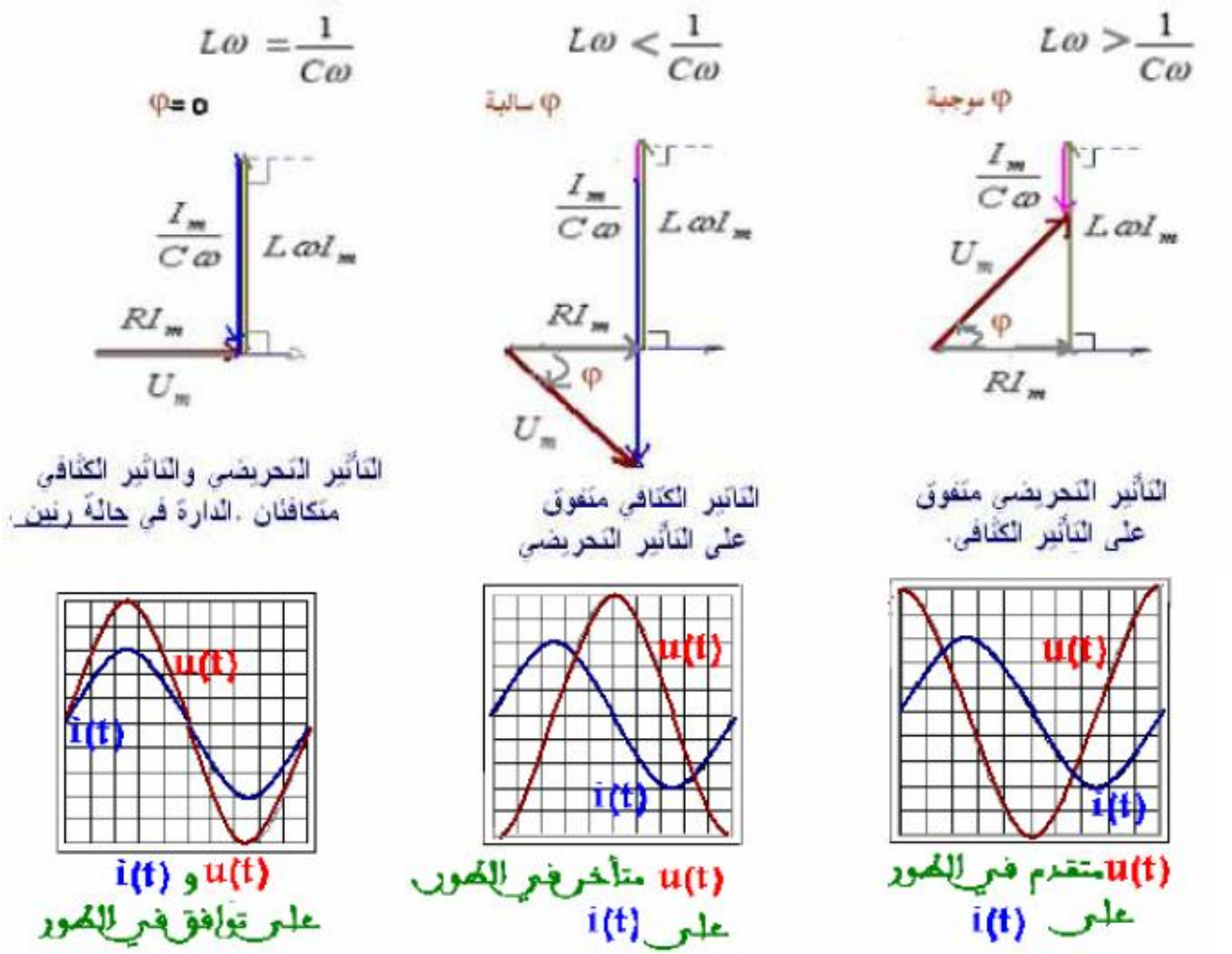
$$Z^2 = R^2 + (L\mu - \frac{1}{C\mu})^2 \quad (4.2)$$

و هي تمثل قيمة الممانعة في دارة RLC.

ولدينا في المثلث ABC القائم الزاوية $tg\varphi = \frac{BC}{AB}$ **و :** $Cos\varphi = \frac{AB}{AC}$ **أي أن عبارة الطور تكتب:**

$$tg\varphi = \frac{L\mu - \frac{1}{C\mu}}{R}$$ **أو :** $$Cos\varphi = \frac{R.I_m}{U_m} = \frac{R}{Z}.$$

ومنه ستكون الدارة بين تأثيرين حسب التأثير التحريضي للوشيعة حسب المعامل ($L\mu$) أو حسب التأثير السعوي(الكثافي) **للمكثفة حسب المعامل** ($\frac{1}{C\mu}$) **و** المخططات التالية تبين هذا التأثير : **[1]**



شكل (4.2) :الحالات التي يكون فيها الدارة حثية أو سعوية

3.1.الرنين :

1.3.1.التردد عند الرنين:

عند الرنين تكون I قصوى و هذا عندما تكون Z في اقل قيمة لها أي : $L\mu - \frac{1}{C\mu} = 0$ و منه $L.C.\mu^2 = 1$ و

منه نجد **نبض الرنين :** $\mu = \mu_0 = \frac{1}{\sqrt{L.C}}$ **(4.2)**

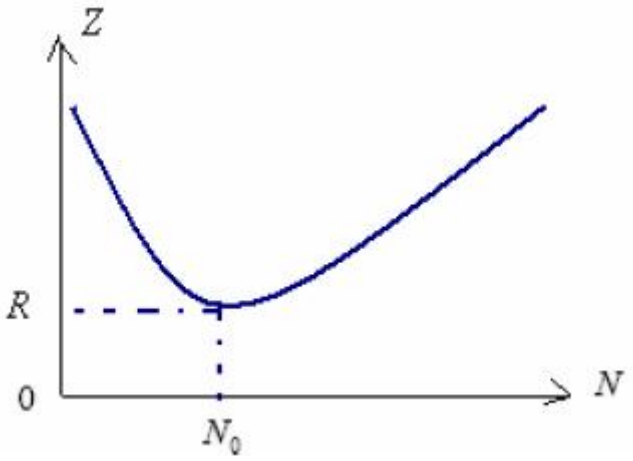
بينما يكون التوتر عند الرنين **[1]** : $N = N_0 = \frac{1}{2\text{®}.\sqrt{L.C}}$

2.3.1.ممانعة الدارة عند الرنين:

عند الرنين نجد الممانعة تكون مساوية إلى القيمة الحقيقية للمقاومة أي :

$$Z = R \Leftarrow L.\mu = \frac{1}{C.\mu} \quad \textbf{(5.2)}$$

التمثيل البياني لتغير الممانعة بدلالة التغير في قيم التردد تعطى في الشكل المقابل :



شكل (5.2):الرسم البياني لتغير الممانعة مع التردد الزمن

من المنحنى نلاحظ أن الممانعة عند الرنين تأخذ قيمة دنيا تساوي إلى R . **[1]**

3.3.1طور التوتر بالنسبة للتيار عند الرنين:

لدينا : $tg\varphi = \dfrac{L\mu - \dfrac{1}{C\mu}}{R}$

وعند الرنين $L\mu - \dfrac{1}{C\mu} = 0 \Leftarrow tg\varphi = 0 \Leftarrow \varphi = 0$.

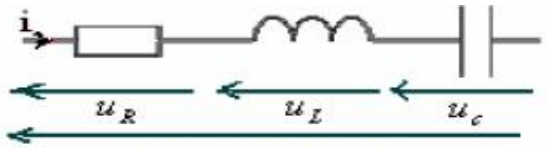
عند الرنين يكون التوتر اللحظي U_{RLC} و الشدة اللحظية للتيار $i(t)$ **المار في الدارة على توافق في الطور** .

4.1ملاحظات :

- إذا كانت مقاومة الوشيعة غير مهملة فإن ممانعة الدارة تكتب: $Z = \sqrt{(R+r)^2 + (L\mu - \dfrac{1}{C\mu})^2}$

$tg\varphi = \dfrac{L\mu - \dfrac{1}{C\mu}}{R}$ **و** $Cos\varphi = \dfrac{R+r}{Z}$ عند الرنين : $I_0 = \dfrac{U}{R+r}$.

- التوترات اللحظية هي التي نقوم بجمعها و ليست التوترات الفعالة التي تجمع ;



$U = U_C + U_L + U_R$

بالقيم القصوية $U_m \neq U_{R_m} + U_{L_m} + U_{C_m}$

بالقيم الفعالة $U \neq U_R + U_L + U_C$

الشكل (6.2) : الرسم لفروق الكمون بين طرفي دارة RLC

- قانون اوم في التيار الكهربائي المتناوب :

a. بالنسبة للقيم اللحظية : $u = Z.i$

b. بالنسبة للقيم الفعالة : $U = Z.\mathrm{I}$

c. بالنسبة للقيم القصوى : $U_m = Z.\mathrm{I}_m$

نعطى في الجدول التالي ملخص لبعض ثنائيات الأقطاب الكهربائية المستعملة كثيرا في الإلكترونيات : **[5]**

ثنائي القطب	R موصل أومي	C مكثف	L ، r=0 وشيعة	L ، r=0 R
قانون أوم للقيم الفاعلة	$U = RI$	$U = \frac{I}{C\omega}$	$U = L\omega.I$	$U = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2}.I$
الممانعة Z	$Z = R$	$Z = \frac{1}{C\omega}$	$Z = L\omega$	$Z = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2}$

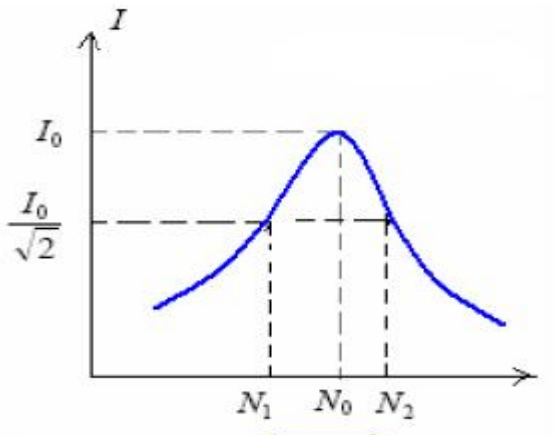
الشكل (7.2) : الرسم البياني لبعض ثنائيات الإقطاب الكهربائية

5.1.المنطقة الممررة (العصابة النافذة):

المنطقة الممررة في الدارة RLC هي مجال الترددات $[N_1, N_2]$ حيث تكون الشدة الفعالة للتيار عند الرنين I_0 أكبر من أو يساوي إلى $\frac{I_0}{\sqrt{2}}$. **[2]**

1.5.1. عرض المنطقة الممررة:

يرمز لعرض المنطقة الممررة ب: ΔN مع : $\Delta N = N_2 - N_1$ حيث N_1 و N_2 يمثلان الترددان الموافقان لـ: $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ الشكل التالي يوضح ذلك .



الشكل (8.2) :الرسم البياني لعرض المنطقة الممررة

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (L\mu - \frac{1}{C\mu})^2}} \quad \text{عند الرنين} \quad I_0 = \frac{U}{R}$$

الآن نقوم بالبحث عن القيمتين μ_1 و μ_2 اللتان تحددان المنطقة الممررة.

$$I = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \quad \text{مع} \quad I_0 = \frac{U}{R} \Leftarrow I = \frac{U}{R}.\frac{1}{\sqrt{2}} \quad \text{بالتعويض في قيمة } I \text{ نجد :} \quad \frac{U}{R}.\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (L\mu - \frac{1}{C\mu})^2}}$$

$$\frac{1}{2.R^2} = \frac{1}{\sqrt{R^2 + (L\mu - \frac{1}{C\mu})^2}} \Rightarrow 2.R^2 = R^2 + (L\mu - \frac{1}{C\mu})^2 \Rightarrow L\mu - \frac{1}{C\mu} = \pm R$$

$$\begin{cases} L.C.\mu_2^2 - 1 = +R.C.\mu_2 \\ L.C.\mu_1^2 - 1 = -R.C.\mu_1 \end{cases}$$

$$L.C.(\mu_2^2 - \mu_1^2) = R.C.(\mu_2 + \mu_1)$$

$$\Rightarrow L.C.(\mu_2 - \mu_1) = R.C \Leftrightarrow \Delta\mu = \mu_2 - \mu_1 = \frac{R}{L}$$

$$\Delta\mu = \frac{R}{L}$$

و بما ان : $\mu = 2\pi.N$ فإن $\Delta\mu = 2\pi.\Delta N$ و منه عرض المنطقة الممررة $\Delta N = \frac{\Delta\mu}{2\pi} = \frac{R}{2\pi.L}$ **[6].**

2.5.1 معامل الجودة :

معامل الجودة Q **لثنائي القطب** RLC هو حاصل قسمة تردد الرنين و عرض المنطقة الممررة : $Q = \frac{N_0}{\Delta N}$
و هو مقدار بدون وحدة و هو يميز حدة الرنين ، بحيث كلما كان معامل الجودة كبيرا كلما كان الرنين حادا .

بما ان : $\mu = 2\pi.N$ **فإن** : $Q = \frac{N_0}{\Delta N} = \frac{\mu_0}{\Delta \mu}$ **و نعلم أن** $\Delta \mu = \frac{R}{L}$ **إذن** $Q = \frac{L.\mu_0}{R}$ و من خلال علاقة الرنين لدينا : $L.\mu_0 = \frac{1}{C.\mu_0} \Rightarrow Q = \frac{L.\mu_0}{R} = \frac{1}{R.C.\mu_0} = \frac{1}{R}.\sqrt{\frac{L}{C}}$ حيث : $\mu_0 = \frac{1}{\sqrt{L.C}}$. **[1]**

3.5.1 فرط التوتر:

التوتر الفعال بين مربطي المكثف عند الرنين : $U_C = \frac{I_0}{C.\mu}$

التوتر الفعال بين مربطي الو شيعة عند الرنين : $U_L = L.\mu.I_0$

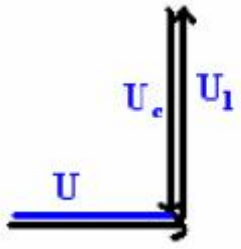
و بما أنه عند الرنين يتكافأ التأثير السعوي و التأثير التحريضي فإن :

$$U_C = U_L \Rightarrow L.\mu_0.I_0 = \frac{I_0}{C.\mu_0} \quad \text{مع} \quad U = R.I_0$$

$$U_C = \frac{I_0}{C.\mu_0} = \frac{U}{R.C.\mu_0} = Q.U$$

$$U_L = L.\mu_0.I_0 = \frac{L.\mu_0.U}{R} = Q.U$$

$$Q = \frac{U_C}{U} = \frac{Q_L}{U}$$



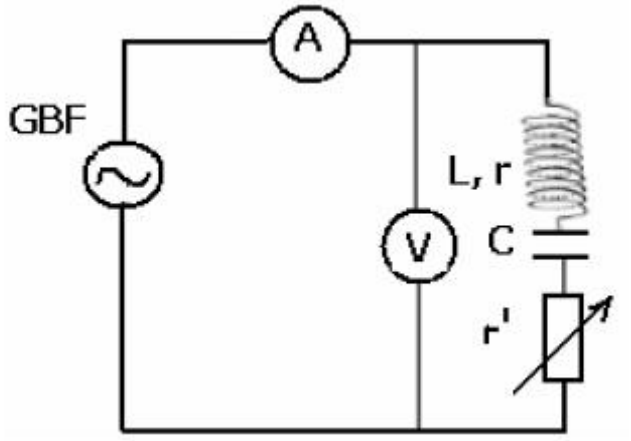
الشكل (9.2) :الرسم البياني للمخطط فرينل لفرق الكمون عند الرنين

عند الرنين يكون التوتر بين مربطي الو شيعة **و المكثف أكبر** Q **مرة من التوتر الفعال** U بين مربطي الدارة RLC كما نلاحظ أنه كلما كانت المقاومة الدارة صغيرة كلما كان معامل الجودة كبيرا و تكون الدارة في حالة فرط توتر . **[3]**

1.2. دراسة تجريبية لظاهرة الرنين الكهربائي :

نحصل على اهتزازات قسرية في دارة كهربائية RLC لما يجبر المولد المنخفض التواتر (GBF) الدارة RLC على الاهتزاز بدور مساو لدوره .نسمي المولد الجملة المحرضة (المحرض) والدارة RLC الجملة المجاوبة (الرنان) .عندما يكون التواتر N الذي يفرضه المحرض (المولد GBF) يساوي التواتر No للمجاوب (الدارة RLC) ،نقول ان الدارة في حالة تجاوب كهربائي **[5]** .

ننجز التركيب التجريبي للدارة RLC الموضح في الشكل المقابل مع اختيار قيم كل من $L = 1.1H$ و $C = 0.9«F$

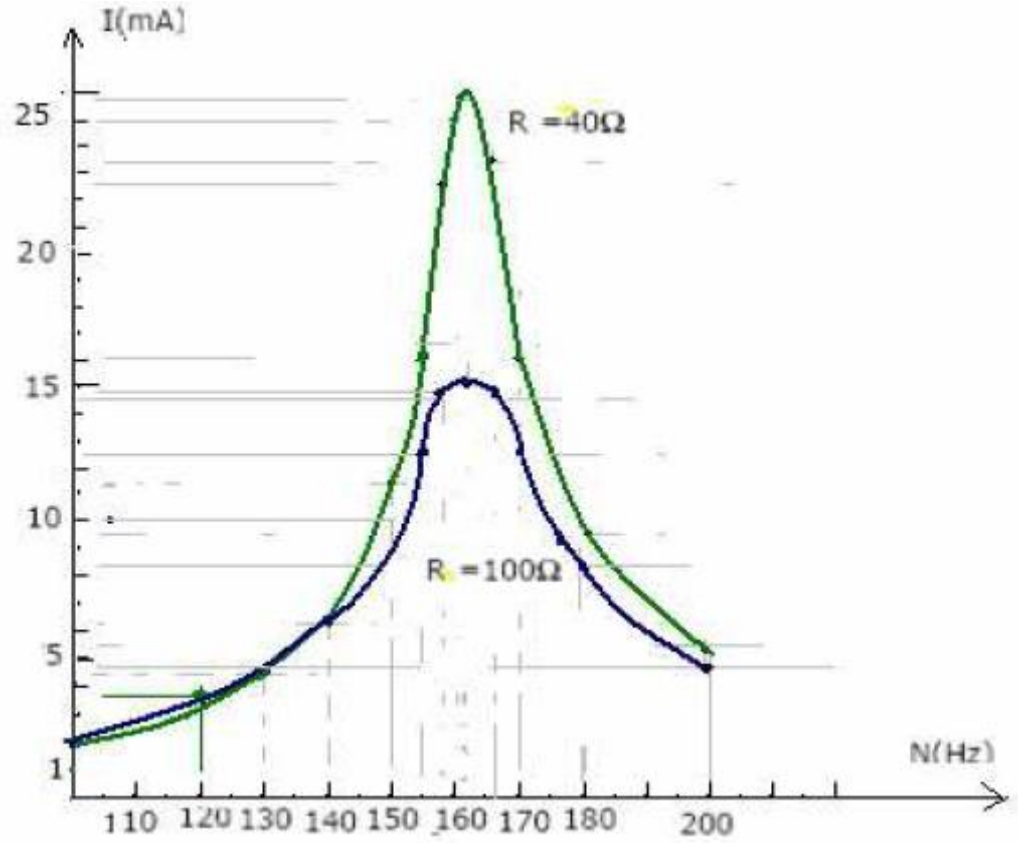


الشكل (10.2) : التركيب التجريبي للدارة RLC

نقيس تغيرات الشدة الفعالة للتيار الكهربائي في الدارة بدلالة تغيرات التردد ، ثم نغير قيمة المقاومة الكلية للدارة و نعيد الدراسة التجريبية و منه بعد إجراء التجربة نتحصل على الجدول التالي :

	N(Hz)	100	120	130	140	150	155	158	160	166	170	180	200
R =40Ω	I(mA)	2	3,12	4,37	6,25	11,25	16,6	22,5	25	23,12	16	9,37	5,37
R =100Ω	I(mA	2	3,75	4,37	6,25	10	12,5	14,5	14,75	14,5	12,5	8,25	4,75

نقوم برسم منحنى تغير شدة التيار بدلالة التغير في التردد نجد المنحنى التالي :



الشكل (11.2) :منحنى تغير شدة التيارالفعالة بدلالة التردد من اجل مقاومة متغيرة RLC

تبين التجربة ما يلي:

- تأخذ الشدة الفعالة للتيار عند الرنين في الدارة أعلى قيمة لها.
- كلما كانت مقاومة الدارة صغيرة كلما كان الرنين حادا.
- التردد عند الرنين لا يتعلق بقيمة مقاومة الدارة.
- عند الرنين تردد المولد يكون مساويا إلى $N = N_0 = 160Hz$ و يكون بنفس قيمة التردد الخاص المعبر عليه في العلاقة التالية: $N_0 = \frac{1}{2\pi.\sqrt{L.C}}$.

الخاتمة العامة

الخاتمة

عند تغذية دارة كهربائية تحتوي على مقاومة ومكثفة و وشيعة بمولد ذبذبات فإننا نقوم بتعويض الطاقة الضائعة بفعل جول وهذا ما يسمى بالاهتزازات القسرية وبالتالي تهتز الجملة بعدة تواترت وتصل سعتها إلى قيمة أعظمية عند تردد وحيد يسمى تردد التجاوب وتسمى هذه الظاهرة بالرنين الكهربائي .

ونظرا لأهمية هذه الظاهرة تطرقنا في الفصل الأول الى دراسة عامة حول التيار الكهربائي المتناوب الجيبي حيث تناولنا أهم المقادير الفيزيائية التي يتميز بها التيار المتناوب وقمنا في الفصل الثاني بتطبيقات على الدارة الكهربائية RLC في نظامها القسري وهذا بهدف الوصول الى ظاهرة الرنين الكهربائي من خلال طريقة تمثيل فرينل .

قائمة المراجع

[1] كتاب العلوم الفيزيائية للسنة 3 من التعليم الثانوي الجزء الأول الديوان الوطني للمطبوعات المدرسية 2012-2011م .

[2]أحمد علي عبيد الله فيزياء التيار الكهربائي دار صفا للطباعة والنشر والتوزيع عمان الأردن الطبعة الأولى 2010م .

[3] مواقع عديدة على شبكة الانترنيت .

[4] أ. د.بسيوني البرادعي "أساسيات الكهرباء والالكترونيات " الناشر مؤسسة اورد العالمية للشؤون الجامعية البحرين 2006م .

[5]محمد أحمد إمحمد علي " المثالي في الدارات الكهربائية والالكترونية " الناشر دار إبن كثير طرابلس ليبيا 2008.

[6] د.عبد القادر الامين " تحليل الدوائر الكهربائية والالكترونية" الناشر المكتب الوطني للبحث و التطوير 2004.

توجد عدة أنواع من الاهتزازات الكهربائية منها:

الاهتزازات الحرة والاهتزازات المتخامدة والاهتزازات القسرية.

في هذا البحث تمحور العمل على النوع الأخير ألا وهو الاهتزازات الكهربائية القسرية من خلال دراستنا النظرية بطريقة فرينل ودراستنا التجريبية على ظاهرة الرنين الكهربائي للدارة RLC في النظام القسري مع استخلاص بعض المقادير المهمة والضرورية في هذه الدراسة . حيث يتم تعويض الضياع الطاقوي بفعل جول وذلك بتغذية الدارة بجهد دوري.

فعندما تغذى الدارة RLC بتوتر متناوب جيبي يفرض المولد دور اهتزازه على الدارة ويؤثر ذلك على سعة اهتزاز الجملة المجاوبة الى أن تصل الى سعة اهتزازها الى أقصى قيمة (القيمة العظمى) عند تردد وحيد يسمى تردد التجاوب فنقول أن الدارة في حالة رنين كهربائي (**تجاوب**) .

There are several types of electric vibrations , including: Free vibrations and vibrations Almtkhamdh and forced vibrations .

In this research work focused on the latter type , namely electric vibrations through our study of coercive manner Fresnel theory and experimental study on the phenomenon of resonance electrical RLC circuit in the system with a forced draw some important and necessary ingredients in this study. Where the energy loss is compensated by Gul and the feeding circuit voltage periodically.

When recharging circuit RLC nervously alternating Pocket imposes born role Ahtzazh on the circuit and it affects the amplitude vibration wholesale transponders to be up to the capacity of vibrations to the maximum value (maximum value) when the frequency of a single so-called frequency response , we say that the circuit in the case of ring electrodes (response) .