

المركز الوطني للمتميزين



دارات التيار المتناوب

تقديم: الطالب محمّد حلّاق

إشراف: الأستاذ محمود نوح

تاريخ: 2015/2016

**ملخص:**

يدرس هذا البحث التيار المتناوب وخصائصه وداراته بمختلف أنواعها حسب العناصر المتواجدة فيها مع توضيح للقوانين واستنتاجاتها، كما ويحوي على لمحة عن دارات التقويم، ويخلص بنتائج مفيدة ومكرّسة لمحتوى البحث.

**الفهرس:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **القسم** | **عنوان القسم** | **الصفحة** |
| فهرس الصور |  | 2 |
| المقدمة |  | 3 |
| الباب الأوّل | التيار المتناوب | 4 |
| الفصل الأوّل | تعريف بالتيار المتناوب | 4 |
| الفصل الثاني | ميزات التيار المتناوب | 6 |
| الباب الثاني | دارات التيار المتناوب | 7 |
| الفصل الأوّل | تعريف بالدارات | 7 |
| الفصل الثاني | أنواع دارات التيار المتناوب | 9 |
| الفصل الثالث | دارات التقويم | 19 |
| النتائج |  | 21 |
| الخاتمة |  | 22 |
| المصادر والمراجع |  | 23 |

**فهرس الصور:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **رقم الصورة** | **عنوان الصورة** | **رقم الصفحة** |
| 1 | منحنى بياني للتوتر المتناوب الجيبي | 4 |
| 2 | مخطط ضابط الطور للدارة الحاوية على مقاومة | 9 |
| 3 | تمثيل فرينل للدارة الحاوية على مقاومة | 9 |
| 4 | مخطط ضابط الصور لدارة تحوي وشيعة | 11 |
| 5 | تمثيل فرينل للدارة الحاوية على وشيعة | 11 |
| 6 | مخطط ضابط الطور لدارة تحوي على مكثفة | 12 |
| 7 | تمثيل فرينل لدارة حاوية على مكثفة | 12 |
| 8 | دارة RCL موصولة على التسلسل | 15 |
| 9 | تمثيل الممانعة في *دارة RCL موصولة على التسلسل* | 16 |
| 10 | دارة LRC موصولة على التفرع | 17 |
| 11 | تمثيل الممانعة في دارة RCL موصولة على التفرع | 18 |
| 12 | تمثيل فرينل للشدة العظمى | 18 |
| 13 | الأشكال الموجية لدارة المقوم نصف الموجة | 20 |
| 14 | الأشكال الموجية لدارة قنطرة التقويم الموجي | 20 |

**المقدمة:**

قبل قرنٍ من الآن كان الجدال قائماً ما بين العالم توماس أديسون والعالم الآخر نيكولا تسلا، حيث فضّل أديسون استعمال التيار الكهربائي المتواصل لإيصال الكهرباء إلى المنازل وتوظيفه في جوانب أخرى، أمّا الثاني ففضّل استخدام التيار الكهربائي المتناوب أو المتردد عوضاً عن المتواصل، وبعد سجالٍ طويل ومشاريع عدّة، ربح تسلا وذلك عندما أنار ساحة كبيرة في مدينة نيويورك بالولايات المتحدة الأمريكية بمصابيح كهربائية عملت بواسطة التيار المتناوب، وبهذا بدأ ازدهار التيار المتناوب وبدأت الشركات تفتتح محطات توليد التيار الكهربائي لإيصاله للمنازل، ولكن لم تتوقف استخداماته هنا بل تم تمديدها لتصل إلى كل المجالات وذلك عبر دارات خاصة به كان لها الفضل الأكبر في كلّ ما يحيط بنا في الوقت الراهن، فلو نظرنا حولنا لوجدنا كيفما تحركنا الكهرباء أو أشياءً ترتبط بها، ربما قابساً أو تلفازاً أو أيّة أداة أخرى لم تكن لتعمل لولا التيار المتناوب الذي يغذي منازلنا،

فما هو هذا التيار المتناوب؟ ما هي فوائده وما هي ميزاته على حدٍّ سواء؟ وما هي الدارة، وما أقسامها؟ مم تتكون دارات التيار المتناوب؟ وماهي القوانين والمبادئ التي تخضع لها هذه الدارات؟

ماذا يعني مفهوم تقويم التيار المتناوب، وماهي داراته؟

هذه التساؤلات حثتني على المضي قدماً في هذا البحث المشوّق والمليء بالمعلومات المفيدة والممتعة والتي زادت من رصيدي العلمي وشكلت أساساً نظرياً متيناً لبحوث عملية أكبر وأكثر فائدة.

**الباب الأوّل: التيار المتناوب:**

**الفصل الأوّل: تعريف بالتيار المتناوب:**

التيار المتناوب(AC): هو تيار متغيّر (عكس التيار المستمر)، إذ تتغيّر شدّته مع الزمن وهو دوريّ بمعنى أنّ شدّته تعاود أخذ قيمة بعينها في لحظات متعاقبة يفصلها مجال زمني ثابت يسمى الدور. وهو يعكس جهته خلال الدور الواحد، أي أنّه خلال جزء من الدور (يسمى نوبة) يمر في جهة أولى، ثم يمر خلال الجزء الآخر أو النوبة الأخرى في الجهة المعاكسة 1، حيث ينشأ من الحركة الاهتزازيّة للإلكترونات الحرّة حول مواضع وسطيّة بسعة صغيرة من مرتبة الميكرومتر. وأبرز التيارات المتناوبة هي التيارات المتناظرة أي تلك التي تأخذ بعد انقضاء نصف الدور (النوبة الأولى) القيمة نفسها التي كانت للتيار بعد قلب إشارتها. والقيمة المتوسطة معدومة في حالة التيار المتناظر؛ ومعنى هذا أن كميتي الكهرباء، المنقولتين بالتيار في كل من الاتجاهين خلال نوبتين متعاقبتين متساويتين.

وأهم التيارات المتناظرة وأبسطها هو التيار الجيبي وتعطى شدته بدلالة الزمن بالمعادلة الجيبية: 

حيث: هي شدة التيار العظمى وواحدته أمبير.

الصورة(1) منحنى بياني للتوتر المتناوب الجيبي

 : نبض التيار وواحدته، و بحيث هي الدور وواحدته و هو التواتر وواحدتههرتز.

: الطور في مبدأ الزمن، و) (الطور في اللحظة .

كما تنطبق المعادلة الجيبية السابقة على التوتر(الجهد):



حيث هي أقصى قيمة للكمون وواحدته فولط.[[1]](#footnote-1)

"إذا طبقنا بين طرفي مقاومة أوميةفرقاً في الكمون دورياً فيمر تيار شدته  ،تنتشر كمية من الحرارة في المقاومة خلال زمن قصير قدرها :

 أمّا كمية الحرارة الكلية الضائعة خلال الدور فتحسب وفق العلاقة التالية :  وبفرض أننا مررنا تياراً مستمراً شدته ثابتة  تساوي الشدة المنتجة للتيار الدوري الذي مر في هذه الدارة خلال نفس الزمن تكون كمية الحرارة الضائعة في هذه الحالة هي :  ينتج من مساواة كمية الحرارة المحسوبة في العلاقتين الأخيرتين تعريف الشدة المنتجة للتيار  والتي تعطى بالعلاقة:

فعندما يتم قياس قيمة التيار المتولّد من مولد للتيار المتناوب والذي تكون شدّته عظمى  عن طريق مقياس أمبير نلاحظ على المقياس قيمة أخرى هي تدعى بالقيمة المنتجة (الفعّالة)1" ،بحيث  وهي قيمة ثابتة  ومنه كذلك نجد أنّ الجهد الفعّال أو المنتج. كما يطلق على هذه القيم قيم جذر متوسطات المربعات rms حيث أنّها ناتجة عن تربيع القيم المأخوذة ومن ثمّ أخذ المتوسط الحسابي لها وأخيراً جذر هذا المتوسط.

وعند جداء التوتر اللحظي بالشدّة اللحظيّة نحصل على الاستطاعة اللحظيّة  وهي استطاعة تتغير بالزمن وذلك تبعاً لتغيّرات كلّ من التوتر والشدة وواحدتها واط ().

وفي حال أخذنا مجالاً زمنيّاً طويلاً كفايةً فإنّ قطعة الدارة تمتص طاقة خلاله تدعى الاستطاعة المتوسطة الممتصة أو الاستطاعة الحقيقية  بحيث ( هي فرق الطور بين التوتر اللحظي والشدة اللحظية ، حيث يساعدنا فرق الطور في تمثيل كلّ من التيار والتوتر بما يسمى تمثيل فرينل ) وعندما   حيث هي الاستطاعة الظاهرية .

 تدعى هذه النسبة بعامل الاستطاعة، ولمعامل الاستطاعة أهمية كبرى. "ففي منشأة يغديها توتر ثابت، كمأخذ تيار المدينة، تتطلب الدارة التي تمتص استطاعة معينة، تياراً تزداد شدته كلما صغر معامل استطاعة الدارة، فيؤدي ذلك إلى ازدياد ضياع الطاقة بأثر جول (سواء في خط نقل التيار أو في المنوبة التي تغذيه) وإلى صِغَر مردود المجموعة المكونة من: المنوبة، خط النقل، الآخذة. ولهذا السبب يتطلب منتجو الطاقة الكهربائية أن يقع معامل استطاعة التجهيزات بين 0.8 و0.9 حيث يتم تحسينه بإضافة مكثفات توصل على التفرع.[[2]](#footnote-2)"2

**[[3]](#footnote-3)الفصل الثاني: ميزات التيار المتناوب:**

1. 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.
2. "تمتاز التيارات المترددة على المستمرة بقدرتها على نقل المعلومات. فمكبر الصوت مثلا يقوم بتحويل المعلومات المحتواة في كلمة إلى تيار متردد.
3. 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.
4. تنتج الخلايا الكهروكيميائة 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 عنفات والتي بدورها تدير مولدات تيار متردد."1
5. "إن الأثر الحراري الرئيسي للتيار الكهربائي هو أثر جول الذي يتجلى بانبعاث الحرارة في الناقل، ومن ثَم في سخونته مهما تكن جهة التيار. وعندما يجتاز الناقلَ تيارٌ متناوب تنشأ الحرارة في كل نوبة: ويضيء المصباح المتوهج بالتيار المتناوب كإضاءته بالتيار المتواصل. ولكن نشوء الحرارة يحدث دورياً بتردد يساوي ضعف تردد التيار، وتعاني درجة حرارة الفتيل ترجحات (تغيرات) حول قيمة متوسطة، فينجم عنها تغيرات في النور الصادر. وفي حالة التيار الصناعي ذي التردد 50 هرتز لا تحسّ العين هذه التغيرات التي ترددها 100 هرتز."2

**الباب الثاني: دارات التيار المتناوب:**

**الفصل الأوّل: تعريف بالدارات:**

يُطلق اسم الدارة الكهربائية electric circuit على أي مسار بمقدوره نقل تيار كهربائي. وتشتمل الدارة الكهربائية عادةً على منبع، كالبطارية أو المولِّد، يقدم الطاقة الكهربائية إلى الشحنات الكهربائية المشكِّلة للتيار، وعلى أدوات تستخدم ذلك التيار كالمصابيح والمحركات الكهربائية وغيرها، وكذلك على أسلاك توصيل أو خطوط نقل. "تُصنف الدارات وفقاً لمعايير عدة مرتبطة بطبيعة عناصرها أو بنيتها أو وظيفتها أو تقانتها.

ـ الدارة المطاوعة هي التي لا يمكنها توليد الطاقة أو تضخيمها، أي ليس بمقدورها أن تقدم للحمل طاقة تتجاوز تلك التي تُغذى بها. فإذا لم يكن هناك ضياع في الطاقة يُقال عن الدارة إنها عديمة الضياع. فعلى سبيل المثال إذا تضمنت دارة وشيعة مثالية ومكثفة مثالية فقط من دون مقاومات فهي مطاوعة وعديمة الضياع.

ـ الدارة الخطية التي تتضمن عناصر خطية ومولِّدات مستقلة فقط. ويكون العنصر خطياً إذا بقيت قيمته ثابتة عندما يتغير التيار الذي يجتازه.

ـ الدارة اللامتغيرة مع الزمن التي تحوي عناصر غير متغيرة مع الزمن. ويكون العنصر غير متغير مع الزمن إذا لم يتغير منحني خواصه بمرور الزمن، أي أن العلاقة بين الاستجابة والتحريض تبقى على حالها من دون لحظة تطبيق التحريض.

ـ توصف الدارة بذات عناصر مجمعة إذا كانت الأبعاد الفيزيائية لكل مكوناتها مهملة مقارنة بطول موجة الإشارة. أما إذا كانت تلك الأبعاد قريبة من طول الموجة فيقال عن الدارة إنها ذات عناصر موزعة.

ـ تكون الدارة إنها صوتية إذا كانت ترددات الإشارات المطبقة صوتية (مثال: مازج إشارات موسيقية)، و راديوية إذا كانت ترددات الإشارات راديوية (مكبِّرات الاستطاعة في أجهزة الاستقبال الراديوي مثلاً)، ويُقال إنها مكروية إذا كانت ترددات العمل مكروية (مثال: أجهزة الاستقبال الفضائي التلفزيوني).

كما تكون الدارة منفصلة إذا كانت مكونة من عناصر كهربائية منفصلة، كالمقاومات والوشائع والمكثفات، موصولة فيما بينها بأسلاك. وتكون متكاملة إذا كانت عناصرها مُصنعةً على رقاقة واحدة من أنصاف النواقل."[[4]](#footnote-4)1

هذا ويتم ربط عناصر الدارة بطريقتين إمّا على التفرّع وإمّا على التسلسل. القوانين التي تحكم عمل الدارات الكهربائيّة:

1. قانون أوم 
2. قانونا كيرشوف
3. قانون التيار: وينص على أن مجموع التيارات الداخلة إلى نقطة تفرع يساوي مجموع التيارات الخارجة. وهو ناشئ من مبدأ حفظ الشحنة الكهربائية. 
4. قانون التوتر: وينص على أنه لن يكون هناك تغير في الكمون الكهربائي لدى القيام بدورة كاملة حول دارة. أي أن المجموع الجبري للقوى المحركة الكهربائية وفروق الكمون حول أي دارة مغلقة معدوم.
5. نظريتا ثيفينين ونورتون:
6. نظرية ثيفنين تنص على أن أي طرفين في الدارة (قابس كهربائي على سبيل المثال) يمكن استبدالهما بـمصدر كمون واحد موصول على التسلسل مع مقاومة واحدة.
7. نظرية نورتون تنص على أن أي طرفين في الدارة يمكن استبدالهما بـمصدر تيار وحيد موصول على التفرع مع مقاومة واحدة.
8. نظرية التراكب: وهذه النظرية تستخدم في أي نظام خطي. وتنص على أنه لكل نظام يحتوي على أكثر من مصدر يشتركون في التأثير على الناتج أو المخرج فإنه يمكن حساب المخرج أو الناتج الكلي وهو التيار الكهربائي أو الكمون الكهربائي في نقطة معينة في الدارة الكهربائية من خلال حساب المجموع الجبري لكل نواتج كل مصدر على حدة عند تخميد(عدم تفعيل) بقية المصادر في كل مرة.
9. قانون جول: ينص هذا القانون على أن كمية الحرارة المنتشرة في وحدة الزمن في ناقل ما، تتناسب مع مقاومته ومع مربع شدة التيار المار فيه.[[5]](#footnote-5)

**الفصل الثاني: أنواع دارات التيار المتناوب:**

1. دارة تحوي مقاومة:

المقاومة: هي عنصر يبدد الاستطاعة الكهربائية على شكل حرارة. ويُقال عن مقاومة إنها خطيّة إذا كان مميزها في المستوي (u, i) مستقيماً يمر من المبدأ. ويرمز للمقاومة بالرمز R وواحدتها الأوم. كما يطلق على مقلوب المقاومة اسم الناقلية (σ) وواحدتها سيمنز (S).

التوتر بين طرفي المقاومة يكون: 

إذاً التيار الناتج يكون :،حيث 



 تدعى ممانعة المقاومة، وتقدر بالأوم.

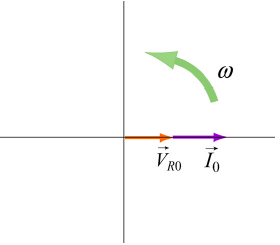


و  

و

وهذا يدل على أنّ الطاقة تصرف بشكل حراري بفعل جول.

يمكن ملاحظة أنّ التوّتر المطبّق بين طرفي الدارة على توافق بالطور مع الشدّة.



الصورة(3) تمثيل فرينل لدارة حاوية على مقاومة

الصورة(2) مخطط ضابط الطور للدارة الحاوية على مقاومة

1. دارة تحوي على وشيعة:

الوشيعة: هي عنصر يختزن الطاقة المغنطيسية ويمكنه تحريرها في وقت لاحق. إذ ينتج عن مرور تيار في سلك نشوء حقل مغنطيسي حوله، وعندما يُلف السلك على شكل وشيعة فإن الحقل المغنطيسي يزداد قوة. ونسمي التحريضية للملف وواحدتها الهنري (H) النسبة بين التدفق المغنطيسي بالويبر (Wb) وتيار التحريض الذي ينشأ عنه بالأمبير. ويتناسب فرق الكمون  على طرفي وشيعة ومشتق التيار بالنسبة للزمن:

 و  ⇐ 

و⇒

  يدعى هذا المقدار بممانعة الوشيعة (ردّية الوشيعة) "وهي تمثّل الأثر المعوّق للوشيعة كما تعتبر هذه العلاقة مكافئةً لقانون أوم في حالة الوشيعة وبالتالي تقدّر بالأوم، حيث أنّها تزداد في حالة التواترات العالية وتنقص عند التواترات المنخفضة حيث ."1

 ⇒

و  ⇒

وتكون القيم المنتجة  .

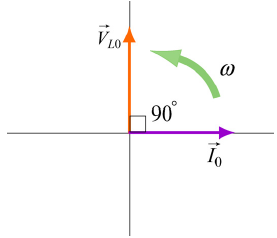
و  ، وفي حالة الوشيعة فإنّ



أي أنّ الاستطاعة المتوسطة في الوشيعة معدومة. فالوشيعة تختزن طاقة كهرطيسية خلال ربع الدور الأوّل لتعيدها كهربائيّاً إلى الدارة الخارجية خلال ربع الدور الذي يليه. أي أنّ الوشيعة لا تستهلك طاقة.

كما يمكن ملاحظة أنّ التوتر يتقدم بالطور على الشدة بمقدار  .

[[6]](#footnote-6)



الصورة(5) تمثيل فرينل لدارة تحوي على وشيعة

الصورة(4) مخطط ضابط الصور لدارة تحوي وشيعة

1. دارة تحوي على مكثفة:

المكثّفة: هي عنصر يختزن الطاقة الكهربائية، ويمكنه تحريرها في وقت لاحق. وتتألف المكثفة البسيطة من صفيحتين ناقلتين متوازيتين يفصل بينهما عازل كهربائي، وتكون الشحنة المختزنة في عازل مكثفة مثالية (عديمة الضياع) متناسبة والجهد على طرفيها. ويطلق على ثابت التناسب سعة المكثفة (C) ويقاس بالفاراد (F). ويتناسب تيار شحن المكثفةومشتق الجهد على طرفيها بالنسبة للزمن:



يكون تابع الشدة اللحظية المارة في دارة المكثفة على النحو التالي:

كما أنّ شحنة المكثّفة تتغيّر بتغيّر الزمن وفق 

بمكاملة الطرفين نجد: 

⇒ 

و ⇒

ولكن  ⇐



و  ⇐



 يدعى هذا المقدار بممانعة المكثّفة (اتساعيّة المكثّفة أو الممانعة السعوية للمكثفة)، "وتمثّل إعاقة سريان الشحنة، حيث تمثّل هذه الصيغة مكافئاً لقانون أوم بوجود المكثّفة لذا تقدر بالأوم، كما تزداد الممانعة في التواترات الضعيفة وتنخفض في التواترات الكبيرة، حيث."1

⇐ 

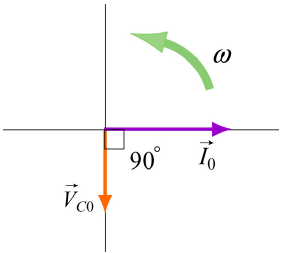
ولكن  ⇐ 

وتكون القيم المنتجة 

 وفي حالة المكثّفة فإنّ

، هذا يدلّ على أنّ المكثّفة لا تستهلك طاقة؛ لأنّها تختزن الطاقة كهربائيّاً خلال ربع الدور، وتعيدها نفسها كهربائيّاً في ربع الدور الذي يليه.

ويمكن ملاحظة أنّ التوتر بين طرفي المكثّفة يتأخّر عن التيار بمقدار. 



الصورة(6) مخطط ضابط الطور لدارة تحوي على مكثفة

[[7]](#footnote-7)

الصورة(7) تمثيل فرينل لدارة تحوي على مكثفة

1. دارة تحوي على وشيعة ومقاومة:

إذا أخذنا دارة تحوي على وشيعة عامل تحريضها الذاتي وعلى مقاومة ،يمكن أن تكون هي نفس مقاومة سلك الوشيعة وبوجود مولد تيار متناوب قوته المحركة الكهربائية 

وبتطبيق قانون كيرشوف الثاني فيها، نجد:



هذه المعادلة تقبل حلّاً من الشكل: 

وعند تبديل كلّ من و تصبح المعادلة من الشكل:



ولكي تتحقق هذه العلاقة مهما يكن الزمن يجب أن تتساوى أمثال في طرفي العلاقة وأمّا أمثال فيجب أن تساوي الصفر، أي:

 ⇐و 

نحصل بتربيع طرفي المعادلتين الأخيرتين وجمعهما مع بعضهما البعض على الشدة العظمى للتيار:



أمّا الشدة المنتجة أو الفعالة للتيار فتعطى بالعلاقة:



"حيث يدعى المقدار  الذي واحدته الأوم بممانعة الدارة ويرمز لها ب

حيث عندما تكون ممانعة الوشيعة أكبر بكثير من المقاومة تصبح ممانعة الدارة مساوية تقريباً  وأمّا فرق الطور فيحسب من العلاقة :  على التسلسل و  في الوصل على التفرع".[[8]](#footnote-8)1

"فعندما يسعى نبض التيار إلى اللانهاية يسعى فرق الطور إلى أي يتقدم فرق الكمون على التيار بزاوية،كما هو في حالة دارة حاوية على وشيعة فقط"1 ، حيث تكون  في هذه الدارة.[[9]](#footnote-9)

وأمّا بالنسبة للاستطاعة الوسطية فهي:



وبما أنّ 

1. دارة تحوي على مكثفة ومقاومة:

في الدارة الحاوية على مكثفة سعتها وعلى مقاومة وبوجود مولد تيار متناوب قوته المحركة الكهربائية من الشكل: 

وبتطبيق قانون كيرشوف الثاني فيها، نجد:



هذه المعادلة تقبل حلّاً من الشكل: 

وعند تبديل كلّ منو تصبح المعادية من الشكل:



ولكي تتحقق هذه العلاقة مهما يكن الزمن يجب أن تتساوى أمثال في طرفي العلاقة وأمّا أمثال فيجب أن تساوي الصفر، أي:



⇐  و 

نحصل بتربيع طرفي المعادلتين الأخيرتين وجمعهما مع بعضهما البعض على الشدة العظمى للتيار:



أمّا الشدة المنتجة أو الفعالة للتيار فتعطى بالعلاقة:[[10]](#footnote-10)



حيث يدعى المقدار  الذي واحدته الأوم بممانعة الدارة ويرمز لها ب، حيث عندما تكون ممانعة المكثفة أكبر بكثير من المقاومة تصبح ممانعة الدارة مساوية تقريباً  .

وأمّا فرق الطور فيحسب من العلاقة : على التسلسل و في الوصل على التفرع.

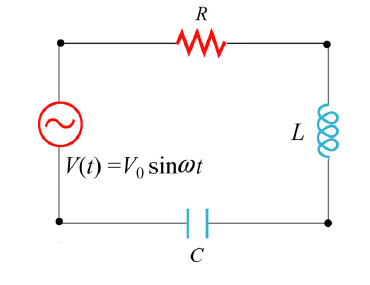
"فعندما يسعى نبض التيار إلى الصفر يسعى فرق الطور إلى أي يتأخر فرق الكمون عن التيار بزاوية ،كما هو في حالة دارة حاوية على مكثفة فقط ، حيث تكون  في هذه الدارة."1

وأمّا بالنسبة للاستطاعة الوسطية فهي:



وبما أنّ 

1. دارات ال RLC الموصولة على التسلسل:

في دارة تحوي على وشيعة عامل تحريضها الذاتي، ومكثفة سعتها وعلى مقاومة ، يمكن أن تكون هذه المقاومة هي مقاومة سلك الوشيعة نفسه وبالإضافة لمولد تيار جيبي موصولة على التسلسل، تعطى القوة المحركة الكهربائية له بالعلاقة:

الصورة(8)دارة RCL موصولة على التسلسل



بتطبيق قانون كيرشوف الثاني على هذه الدارة نحصل عل العلاقة: .........(1)

هذه المعادلة تقبل حلاً من الشكل: [[11]](#footnote-11)

يمكن التعبير عن فرق الكمون بين طرفي الدارة باستخدام الطريقة العقدية، حيث:



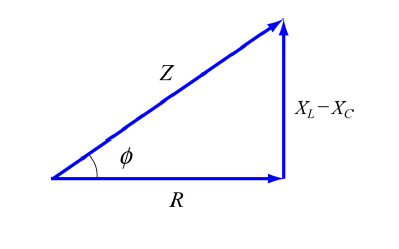


  بحيث أنّ  ،  المطال العقدي للتيار.

و بحيث  ،  المطال العقدي للتوتر.

بالتعويض في (1) نجد أنّ:

 ، وبالتالي فإنّ المطال العقدي للتيار يعطى بالعلاقة:

 ، وندعو المقدار  بممانعة الدارة ونرمز له ب  وواحدته الأوم ، بحيث أنّ القيمة العددية لها تساوي :  و فرق الطور لها يعطى بالعلاقة التالية: 

الصورة(9)تمثيل الممانعة في دارة RCL موصولة على التسلسل

ومنه القيمة المنتجة  ، وفرق الطور للتيار : 

وفي حال كانت ممانعة الوشيعة  أكبر من ممانعة المكثفة  أي  يكون التيار متأخراً عن التوتر.

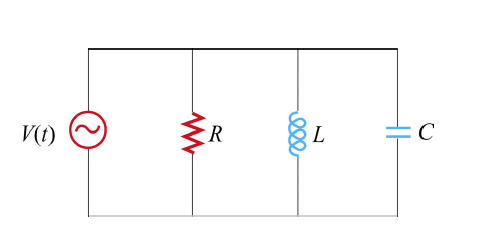
في حال كانت ممانعة المكثفة أكبر بكثير من ممانعة الوشيعةأييكون التيار متقدماً على التوتر.

عندما تتساوى كلٌّ من و تكون ممانعة الدارة في هذه الحالة أصغر ما يمكن، وتساوي قيمة المقاومة فقط، وتكون قيمة التيار الذي يمر في الدارة أكبر ما يمكن  كما أنّ التيار يصبح متفقاً في الطور مع التوتّر، حيث  ويقال أنّ الدارة في حالة تجاوب كهربائي أو طنين

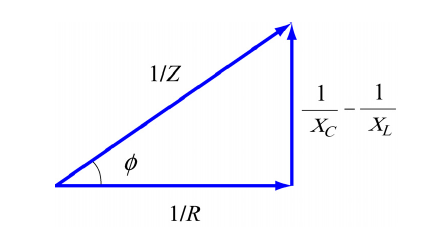
وتحسب قيمة عامل الاستطاعة من العلاقة:  حيث عند حدوث التجاوب تكون  وتصبح الاستطاعة الوسطية المستهلكة في الدارة مساوية للاستطاعة الضاهرية أي 

"ومن مميزات الدارة التجاوبية التسلسلية عند التجاوب:

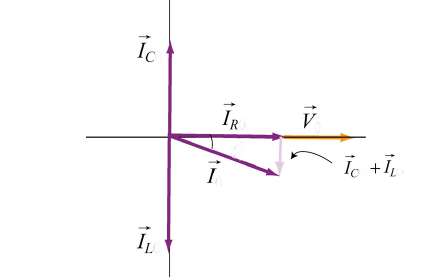
1. تصبح ممانعة الدارة صغرى أي وشدة التيار عظمى وقيمتها:  .
2. نعرف عامل جودة الدارة بالعلاقة التالية: .
3. عند حدوث التجاوب يصبح فرق الكمون المنتج بين طرفي المقاومة: أي فرق الكمون بين طرفي المقاومة يساوي فرق الكمون بين طرفي الدارة.
4. فرق الكمون بين طرفي الوشيعة يصبح:  .
5. فرق الكمون بين طرفي المكثفة يصبح:  .
6. قيمة فرق الكمون بين طرفي الوشيعة تساوي قيمة فرق الكمون بين طرفي المكثفة وهي أكبر بكثير من فرق الكمون بين طرفي الدارة، حيث أنّ عامل الجودة أكبر من الواحد ، لكنّ فرق الكمون بين طرفي الوشيعة يتقدم بزاوية  على فرق الكمون بين طرفي المكثفة وبالتالي تنعدم محصلتهما."1[[12]](#footnote-12)
7. دارات ال RLC الموصولة على التفرّع:

في دارة تحوي على وشيعة عامل تحريضها الذاتي، ومكثفة سعتها وعلى مقاومة ، يمكن أن تكون هذه المقاومة هي مقاومة سلك الوشيعة نفسه وبالإضافة لمولد تيار جيبي موصولة على التفرع فيما بينها:

الصورة(10)دارة LRC موصولة على التفرع

الممانعة المكافئة لثلاث ممانعات على التفرع تعطى بالعلاقة التالية:  وبالتالي و وطويلتها تساوي  وتحسب زاوية فرق طورها بالعلاقة : 

الصورة(11)تمثيل الممانعة في دارة RCL موصولة على التفرع

ومن تمثيل فرينل يمكن إيجاد زاوية الطور بين التيار والتوتر: 

الصورة(12)تمثيل فرينل للشدة العظمى

هذا و يحدث التجاوب عندما أي تصبح الاستطاعة الظاهرية .

**الفصل الثالث: دارات التقويم:**

تشتغل معظم الأجهزة الإلكترونية وكثير من الأجهزة الكهربائية بالتيار المستمر، ولتوفير القدرة لهذه الأجهزة عبر شبكات التوزيع ذات التيار المتردد نحتاج إلى مقومات (وتسمى موحدات) لتحويل التيار المتردد إلى تيار مستمر.

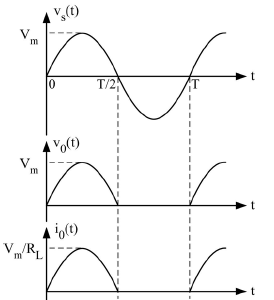
يمكن أن يتم التقويم باستخدام تجهيزات ميكانيكية دوارة، وهذا ما يُعرف منذ نشوء الآلات الكهربائية ويطبق في مولدات التيار المستمر وفي آلات التيار المتناوب ذات التبديل، معتمدة في عملها على مبدأ المبدّل والمَسافر. ويُحتفظ عموماً باسم أنظمة التقويم أو مجموعات التقويم، للأنظمة الإلكترونية التي تستخدم عناصر إلكترونية ساكنة لتحقيق عملية التقويم مثل الديود أو الثايرستورthairestor.وهي "أجهزة إلكترونية مصنوعة من أشباه الموصلات (السيليكون غالباً) لا تسمح بمرور التيار إلّا في اتجاه واحد، ونسمي القطب الذي يدخل منه التيار بالمصعدanode، كما نسمي القطب الآخر الذي يخرج منه التيار بالمهبط cathode ."1

* دارة تقوم نصف الموجة:

تتكون من مصدر تيار متردد وديود غالباً وحمل مكون من مقاومة R يتغير الجهد بين طرفيها بتغير الزمن ولكن قطبيته ثابتة، وأمّا القيمة المتوسطة فتحسب من : بحيث أنّ  هي القيمة القصوى لتوتر المصدر.

كما أنّ القيمة المتوسطة للتيار تساوي 

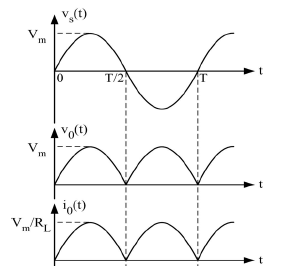
[[13]](#footnote-13)



الصورة(13) الأشكال الموجية لدارة المقوم نصف الموجة

* دارة قنطرة التقويم الموجي الكامل:

تتكون من أربعة ديودات على شكل قنطرة ومقاومة R حيث يعطى التوتر المتوسط بالمعادلة 

والقيمة المتوسطة للتيار ب 

الصورة(14) الأشكال الموجية لدارة قنطرة التقويم الموجي

حيث يمكن أن نلاحظ بأنّ هذه الدارة تعطي قيمة تيار مستمر أكبر من سابقتها.

**النتائج:**

بات بالإمكان بعد نهاية هذا البحث الإجابة عن جميع التساؤلات التي كانت الدافع الأساسي وراء قيامه، حيث:

1. تكونت فكرة واضحة وعميقة حول التيار المتناوب ولاسيما التيار الجيبي بكل عناصره ومعادلاته من تيار وفرق جهد(توتر).
2. بات بالإمكان التمييز إلى حدّ كبير بين التيارين المتناوب والمستمر.
3. التعرف على ميزات وخصائص التيار المتناوب من حيث نقل الطاقة الكهربائية والمعلومات، التوليد والأثر الحراري.
4. تضمن البحث تعريفاً بالدارة وأقسامها والقوانين التي تضبط عمل تلك الأقسام، كما تضمن تعداداً لأنواعها مع شرح لكل نوع على حذا.
5. التعرف على أنواع دارات التيار المتناوب واستنتاج المعادلات والعبارات الرياضية المعبرة عنها بشكل مفصل.
6. تعلم مفهوم تقويم التيار المتناوب والتعرف على نوعيين من دارات التقويم.

**الخاتمة:**

من الصعب جداً تخيل ما كانت لتؤول إليه حياتنا لولا وجود التيار الكهربائي المتناوب وداراته، فهو المصدر الرئيسي لنقل الكهرباء إلى المسافات البعيدة وتعتمد عليه جميع المنازل في الوقت الحاضر، وحتى الاقتصاد بأكمله يعتمد عليه، فهو موجود في المصانع والمعامل حيث يعد المصدر الأساسي للطاقة الكهربائية التي تغذي المعدات والأجهزة، ولداراته الفائدة نفسها بحيث تدخل في جميع المجالات، فيكاد يخلو أيّ جهازٍ من حولنا لايحتويها ولا تكون فيه العنصر الأساسي واللازم لعمله، وفي النهاية يتوجب علينا شكر كل من عمل واجتهد في هذا المجال مطوراً ومحسناً فيه بالشكل الذي وصل به إلينا الآن، ويبقى الشكر الأكبر موجهاً لطموح وعنفوان شابٍ اختار التحدي العنوان الأبرز والأسمى لعمله وفكره ألا وهو نيكولا تسلا، فيظل الفضل الأكبر له في إدخال النور إلى هذا الكوكب والمساعدة في إنارته بكلّ ما تعنيه الكلمة من معنى.

**المصادر والمراجع:**

الحسيني, م. "التيار الكهربائي." .

from [http://www.arab-ency.com/\_/details.php?full=1&nid=159926#](http://www.arab-ency.com/_/details.php?full=1&nid=159926)

شاهين, م. خ. "الدارات الكهربائية."

[http://www.arab-ency.com/\_/details.php?full=1&nid=160467#](http://www.arab-ency.com/_/details.php?full=1&nid=160467). from

غانم, د. ح. (2009-2010). الفيزياء 2. جامعة البعث-كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

كتاب مبادئ التيار المتردد وتحليل دوائره.

1. الحسيني, م. "التيار الكهربائي." 1 [↑](#footnote-ref-1)
2. 1,2 - غانم, د. ح. (2009-2010). الفيزياء 2 [↑](#footnote-ref-2)
3. 1 - غانم, د. ح. (2009-2010). الفيزياء 2

   2 الحسيني, م. "التيار الكهربائي." [↑](#footnote-ref-3)
4. 1 شاهين, م. خ. "الدارات الكهربائية." [↑](#footnote-ref-4)
5. [↑](#footnote-ref-5)
6. 1- غانم, د. ح. (2009-2010). الفيزياء 2 [↑](#footnote-ref-6)
7. 1- غانم, د. ح. (2009-2010). الفيزياء 2 [↑](#footnote-ref-7)
8. 1- غانم, د. ح. (2009-2010). الفيزياء 2 [↑](#footnote-ref-8)
9. 1- غانم, د. ح. (2009-2010). الفيزياء 2 [↑](#footnote-ref-9)
10. [↑](#footnote-ref-10)
11. 1- غانم, د. ح. (2009-2010). الفيزياء 2 [↑](#footnote-ref-11)
12. 1- غانم, د. ح. (2009-2010). الفيزياء 2 [↑](#footnote-ref-12)
13. 1 مبادئ التيار المتردد وتحليل دوائره [↑](#footnote-ref-13)