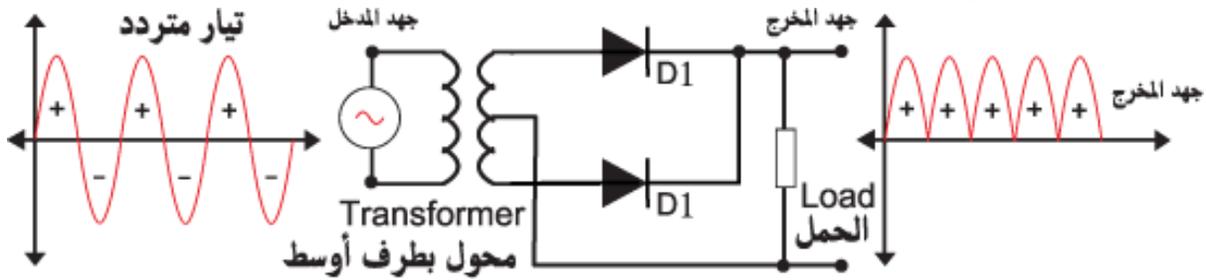


مقوم الموجة الكاملة (full wave rectifier)

تتركب دائرة معدل موجة كاملة من ثنائيين ومحولة ذات نقطة تفرع مركزي (center- tap transformer) وذلك لتجزئة الموجة الداخلة الى جزئين (جهدين) متساويين فرق الطور بينهما 180° كما في الشكل (4-2) وقد سميت هذه الدائرة بمعدل موجة كاملة لانها تستفيد من الموجة المتناوبة الداخلة بنصفها الموجب والسالب لتعطي قدرة معينة لمقاومة الحمل. ان الكاثودين (لثنائيين) المربوطين مع بعضها يشكلان الطرف الموجب للجهد المستمر الخارج على طرفي مقاومة الحمل, اما الطرف السالب فهو مربوط الى نقطة التفرع المركزي لملف المحولة الثانوي.



شكل (4-2) مقوم موجة كاملة مع الاشارة الاداخلة والاشارة الخارجة

عندما يكون الثنائي D_1 موصلا للتيار في النصف الموجب للجهد الداخل فان التيار i_1 يمر في مقاومة الحمل ويكون D_2 غير موصلا للتيار. وفي النصف السالب للجهد الداخل فان D_2 يكون موصلا للتيار i_2 بينما يكون D_1 غير موصل, اي ان الشائيان يقومان بالتوصيل بالتناوب ويصبح التيار المار في مقاومة الحمل ذو اتجاه واحد كما في الشكل (4-2). اي ان الجهد الداخل:

$$V_i = V_m \sin wt$$

$$V_i' = -V_m \sin wt$$

وتكون معادلات التيار كما يلي:

$$i_1 = \frac{V_m}{(R_L + R_f)} \sin wt = I_m \sin wt$$

$$i_2 = 0$$

$$\text{when } 0 \leq wt \leq \pi$$

$$i_1 = 0$$

$$i_2 = \frac{-V_m}{(R_L + R_f)} \sin wt = -I_m \sin wt$$

$$\text{when } \pi \leq wt \leq 2\pi$$

المعادلات اعلاه تبين ان i_1, i_2 دائما موجبة. وبما ان الخارجتان متساويتان ومتشابهتان بالشكل ويمران في مقاومة الحمل في اتجاه واحد لذا فان متوسط التيار $I_{D.C}$ يمكن حسابها بتكامل معادلة التيار لقيم wt المحصورة بين الصفر و π مقسمة على الفترة wt المساوية للقيمة π . اي ان:

$$I_{D.C} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} i_1 d(wt)$$

$$I_{D.C} = \frac{2I_m}{\pi} = 0.636 I_m$$

ما متوسط الجهد الخارج, على طرفي مقاومة الحمل فهو:

$$V_{D.C} = I_{D.C} R_L = \frac{2I_m}{\pi} R_L$$

$$V_{D.C} = \frac{2}{\pi} \frac{V_m}{(R_L + R_f)} R_L = \frac{2}{\pi} \frac{V_m}{(1 + \frac{R_f}{R_L})}$$

$$V_{D.C} = 0.636 V_m - I_{D.C} R_f$$

ويتبين من المعادلتين ان متوسط التيار والجهد الخارج في دائرة معدل موجة كاملة هو ضعف تلك القيم في معدل نصف الموجة. اما القيمة الفعالة للتيار المار في مقاومة الحمل فتحسب كما يلي:

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} i_1^2 d(wt)} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} I_m^2 \sin^2(wt) d(wt)} \rightarrow I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

اما القيمة الفعالة للجهد على مقاومة الحمل:

$$V_{rms} = I_{rms} R_L = \frac{I_m}{\sqrt{2}} R_L = \frac{V_m}{\sqrt{2} (R_L + R_f)} R_L$$

$$V_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{V_m}{(1 + \frac{R_f}{R_L})}$$

ويتبين من المعادلتين ان القيمة الفعالة للتيار والجهد في دائرة معدل موجة كاملة اكبر من القيم لدائرة معدل نصف الموجة بمقدار $\sqrt{2}$.

وبذلك تكون القدرة المستمرة الخارجة:

$$P_{D.C} = \left(\frac{2I_m}{\pi}\right)^2 R_L$$

$$P_{A.C} = I_{rms}^2 (R_L + R_f) = \left(\frac{I_m}{\sqrt{2}}\right)^2 (R_L + R_f)$$

وتكون كفاءة التعديل لدائرة معدل الموجة الكاملة:

$$\eta = \frac{\left(\frac{2I_m}{\pi}\right)^2 R_L}{\left(\frac{I_m}{\sqrt{2}}\right)^2 (R_L + R_f)} \times 100\% = \frac{81}{1 + \frac{R_f}{R_L}} \%$$

وعندما تكون $R_f \ll R_L$, فإن الكمية $\frac{R_f}{R_L}$ تكون صغيرة ويمكن اهمالها. وبهذا تكون اعلى قيمة نظرية لكفاءة التعديل لمعدل موجة كاملة هي 81% اي انها ضعف كفاءة التعديل لمعدل نصف الموجة.

اما انتظام الجهد فيمكن حسابه لهذه الدائرة كما يلي:

$$V_{D.C} = \frac{2V_m}{\pi}$$

ان الجهد المستمر بدون حمل هو:

$$V_{D.C} = \frac{2}{\pi} \frac{V_m}{(R_L + R_f)} R_L$$

اما الجهد المستمر في حالة حمل كامل فهو:

$$\gamma = \frac{\frac{2V_m}{\pi} \frac{2V_m R_L}{\pi (R_L + R_f)}}{\frac{2V_m R_L}{\pi (R_L + R_f)}} = \frac{R_f}{R_L}$$

وبالتعويض في معادلة (4-2) فان γ تساوي:

اي ان انتظام الجهد يعتمد على قيمة مقاومة الثنائي R_f في التوصيل الامامي بالنسبة الى مقاومة الحمل R_L .

اما القيمة العظمى للجهد المعكوس (V_{piv}) على احد الثنائيين في دائرة معدل موجة كاملة $V_{piv} = 2V_m =$

$$2\sqrt{2} V_{rms}$$

ويكون عامل التموج (r) لدائرة معدل موجة كاملة كما يلي:

$$r = \sqrt{\left(\frac{I_{rms}}{I_{D.C}}\right)^2 - 1} \rightarrow r = \sqrt{\left(\frac{I_m/\sqrt{2}}{2I_m/\pi}\right)^2 - 1} = 0.48$$

يتضح ان عامل التموج في حالة مقوم موجة كاملة صغيراً بالنسبة الى عامل التموج في دائرة نصف الموجة.

● مقارنة بين معدل موجة كاملة ومعدل نصف الموجة

1- في حالة معدل الموجة الكاملة يمر تياران متساويان في نصفي الملف الثانوي للمحولة في اتجاهين متعاكسين حيث يولد فيضاً مغناطيسياً متناوباً في قلب المحولة. وهذا ينتج عن عدم حدوث اشباع في قلب المحولة، فالاشباع يرفع من التيار المغنط فيؤدي الى وجود موجات فوق اساسية في التيار الخارج من الملف الثانوي اضافة الى التيار الجيبي في الملف الابتدائي وهذا ما يحدث في حالة معدل نصف الموجة حيث ان التيار يمر باتجاه واحد في الملف الثانوي فيؤدي الى اشباع قلب المحولة.

2- ان التموجات في معدل موجة كاملة اصغر من تلك في معدل نصف الموجة ولها تردد اعلى وسعة اصغر. اي ان تاثير مرشح معين في ترشيح التموجات الخارجة من معدل موجة كاملة يكون اكبر من تلك في معدل نصف موجة.

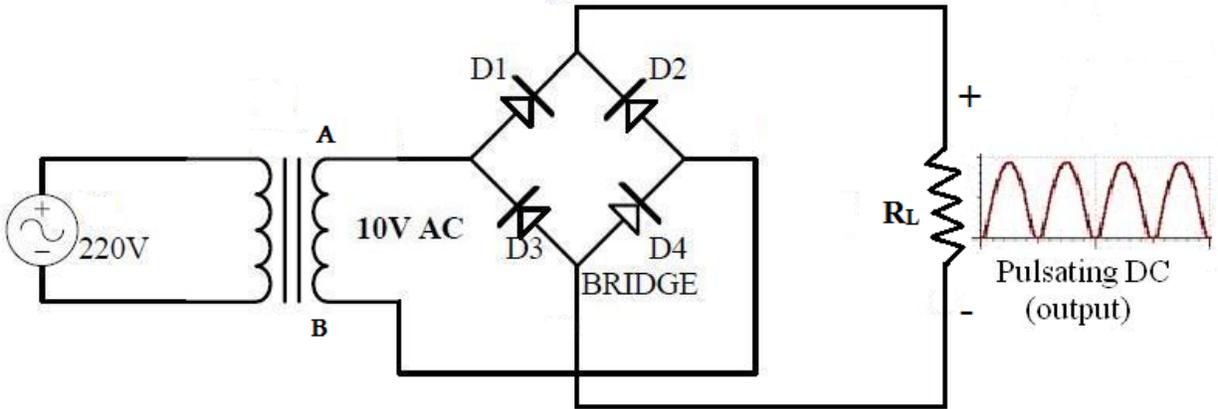
3- ان التيار المستمر في معدل موجة كاملة هو ضعف التيار المستمر في معدل نصف الموجة في مقاومة حمل معينة. اي ان القدرة المستمرة الخارجة في دائرة معدل موجة كاملة تكون اربعة اضعاف القدرة المستمرة الخارجة في دائرة معدل نصف الموجة. ولقدرة معينة خارجة فان دائرة معدل موجة كاملة تحتاج الى محولة اصغر من تلك التي تحتاجها دائرة معدل نصف الموجة. ولتيار مستمر معين خارج فان كل ثنائي في دائرة معدل موجة كاملة يحمل نصف التيار الثنائي في دائرة معدل نصف الموجة. ولهذا فان الحرارة المتولدة في ثنائي دائرة معدل موجة كاملة هي ربع الحرارة المتولدة في ثنائي دائرة معدل نصف الموجة.

- 4- كفاءة التعديل في معدل موجة كاملة هي ضعف كفاءة التعديل في معدل نصف الموجة.
- 5- ان القيمة العظمى للجهد المعكوس على الثنائي في دائرة معدل موجة كاملة هي ضعف تلك القيمة لدائرة معدل نصف الموجة.
- 6- ان تصميم دائرة معدل نصف موجة بسيطاً بالنسبة لدائرة معدل موجة كاملة. لهذا تستعمل في الحالات التي تتغلب فيها بساطة التصميم على مساوئها الاخرى كما في بعض اجهزة الاستقبال او في حالة الحاجة الى تيار قليل جدا في مقاومة الحمل

3- القنطرة المعدلة (Bridge Rectifier)

ان البديل لمعدل الموجة الكاملة المتكون من ثنائيين ومحولة ذات تفرع مركزي هو القنطرة المعدلة. ويبين الشكل (4-3) ربط دائرة القنطرة المعدلة, حيث تتكون من اربعة ثنائيات مرتبة على شكل قنطرة. وتعمل دائرة القنطرة المعدلة كما يلي:

اثناء النصف الموجب للجهد المسلط تكون النهاية A للملف الثانوي للمحولة موجبة بالنسبة الى B, فيمر التيار خلال الثنائي D1 الى المقاومة R_L ثم يمر خلال الثنائي D4 الى الطرف السالب. اما الثنائيان D2, D3 فانها لا يوصلان خلال النصف الموجب الموجب لان انخيازها عكسياً.



شكل (4-3) دائرة القنطرة المعدلة مع شكل الاشارة الخارجة

وفي نصف الموجة السالب حيث تكون النهاية B موجبة بالنسبة الى A فان الثنائيان D1, D4 لا يمران التيار اما الثنائيان D2, D3 فانها يقومان بالتوصيل. ويكون التيار المار في مقاومة الحمل له اتجاه واحد في كلا نصفي الجهد المسلط. ويبين الشكل (4-3) شكل موجة الجهد او التيار الخارج في R_L , ومتوسط الجهد الخارج على طرفيها هو:

$$V_{D.C} =$$

$$\frac{2V_m}{\pi}$$

حيث ان V_m هو القيمة العظمى (السعة) للجهد الداخل على طرفي الملف الثانوي للمحولة بأجمعها، وهو ايضا مسلط على ثنائيين مربوطين على التوازي في دائرة القنطرة، فعندما لا يقومان هذين الثنائيين بالتوصيل فإن القيمة العظمى للجهد المعكوس على كل منهما هو V_m .

جدول (4-1) مقارنة عامة بين انواع المعدلات

| اقل تردد | η | r | $V_{D.C}$ | V_{piv} | عدد الثنائيات | دائرة المعدل | |
|----------|--------|------|------------|-----------|---------------|--------------|------------|
| f | 0.405 | 1.21 | V_m/π | V_m | 1 | | نصف موجة |
| 2f | 0.81 | 0.48 | $2V_m/\pi$ | $2V_m$ | 2 | | موجة كاملة |
| 2f | 0.81 | 0.48 | $2V_m/\pi$ | V_m | 4 | القنطرة | |

مثال/ في دائرة معدل موجة كاملة كان الثنائيان من نوع الصمام المفرغ وكانت مقاومة الحمل $R_L = 5000\Omega$. فإذا كانت مقاومة الصمام في حالة التوصيل (الانحياز الامامي) $R_f = 400\Omega$ والجهد الداخل لكل صمام هو $200 \sin(2\pi \times 50t)$. احسب 1- سعة التيار (I_m). 2- متوسط التيار ($I_{D.C}$). 3- القيمة الفعالة للتيار (I_{rms}). 4- القدرة المستمرة الخارجة ($P_{D.C}$). 5- القدرة الداخلة. 6- كفاءة التعديل. 7- عامل التموج.

الحل/

$$1- I_m = \frac{V_m}{R_L + R_f} = \frac{200V}{(5000+400)\Omega} = 0.03704A = 37.04 \text{ mA}$$

$$2- I_{D.C} = \frac{2I_m}{\pi} = \frac{2 \times 0.037A}{3.14} = 0.0236 A = 23.6 \text{ mA}$$

$$3- I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{0.037A}{\sqrt{2}} = 0.0262 A = 26.2 \text{ mA}$$

$$4- P_{D.C} = (I_{D.C})^2 R_L = (0.0236 A)^2 5000 \Omega = 2.8 \text{ watt}$$

$$5- P_{A.C} = (I_{rms})^2 (R_L + R_f) = (0.0262 A)^2 \times 5400 \Omega = 3.7 \text{ watt}$$

$$6- \eta = \frac{(P_{D.C})_{out}}{(P_{A.C})_{in}} \times 100\% = \frac{2.8 \text{ watt}}{3.7 \text{ watt}} \times 100\% = 75.7\%$$

$$7- r = \sqrt{\left(\frac{I_{rms}}{I_{D.C}}\right)^2 - 1} = \sqrt{\left(\frac{0.0262 A}{0.0236 A}\right)^2 - 1} = 0.48$$