الفصل الثاني

دوائر الموحدات غير المحكومة

Uncontrolled Rectifier Circuits

تسمى مغيرات القدرة التي تحول التيار المتردد إلى تيار مستمر بالموحدات (أو المقومات) , والموحدات التي تستخدم دايود القدرة يطلق عليها الموحدات غير المحكومة وذلك لأنها تعطي جهد خرج مستمر وثابت القيمة طالما كانت قيمة جهد الدخل (الجهد المتردد) ثابتة .

يعتبر الدايود عنصر ملائم لدوائر التوحيد غير المحكومة بسبب خواص التوصيل في اتجاه واحد , وتصنف الدوائر على أساس :

1- عدد الأوجه ,أي : وجه واحد أو ثلاثة أوجه
2- الهيئة المستخدمة (شكل موجة الخرج) , أي : نصف موجة أو موجة كاملة أو قنطرة .

سنستعرض بعض دوائر الموحدات مع افتراض أن الدايود له خواص مثالية , ويعرف الدايود المثالي بأن مقاومته للتيار في الاتجاه الأمامي تساوي الصفر بينما مقاومته للتيار في الاتجاه العكسي لا نهائية . كما أنه يوصل تيار إذا كان فرق الجهد بين الآنود والكاثود موجب (أي أن جهد الآنود أعلى من جهد الكاثود), وفي حالة التوصيل يكون فرق الجهد على طرفيه مساويا للصفر.وهذا الافتراض مقبول في دوائر الكترونيات القدرة حيث جهود وتيارات الدائرة كبيرة على عكس دوائر الالكترونيات الدقيقة حيث جهود وتيارت الدائرة صغيرة . وبذلك يمكن إهمال الفقد في الجهد على الدايود , والذي عادة لا يتعدى 1 فولت , مقارنة بجهد الدائرة والذي يقدر بعشرات الفولت .

1-2 دوائر التوحيد أحادية الوجه Single –Phase Rectifier Circuits:

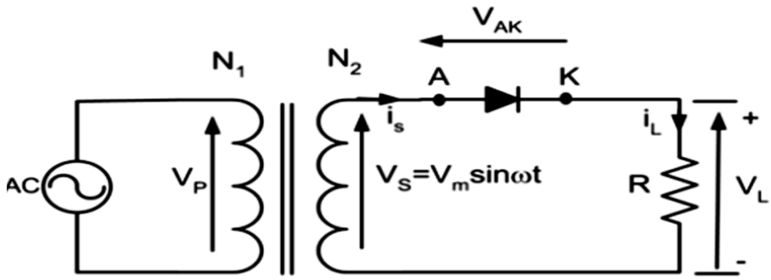
تصنف دوائر التوحيد أحادية الوجه من حيث شكل موجة الخرج إلى : دوائر توحيد نصف موجة , ودوائر توحيد موجة كاملة . ويوجد شكلان لدوائر توحيد الموجة الكاملة , وهما الموحد ذو نقطة المنتصف (Center-tap rectifier) وموحد القنطرة (Bridge rectifier) , وسوف نستعرض بالشرح والتحليل الدوائر المختلفة للتوحيد أحادية الوجه .

1-1-2 موحد نصف الموجه الأحادي الوجه

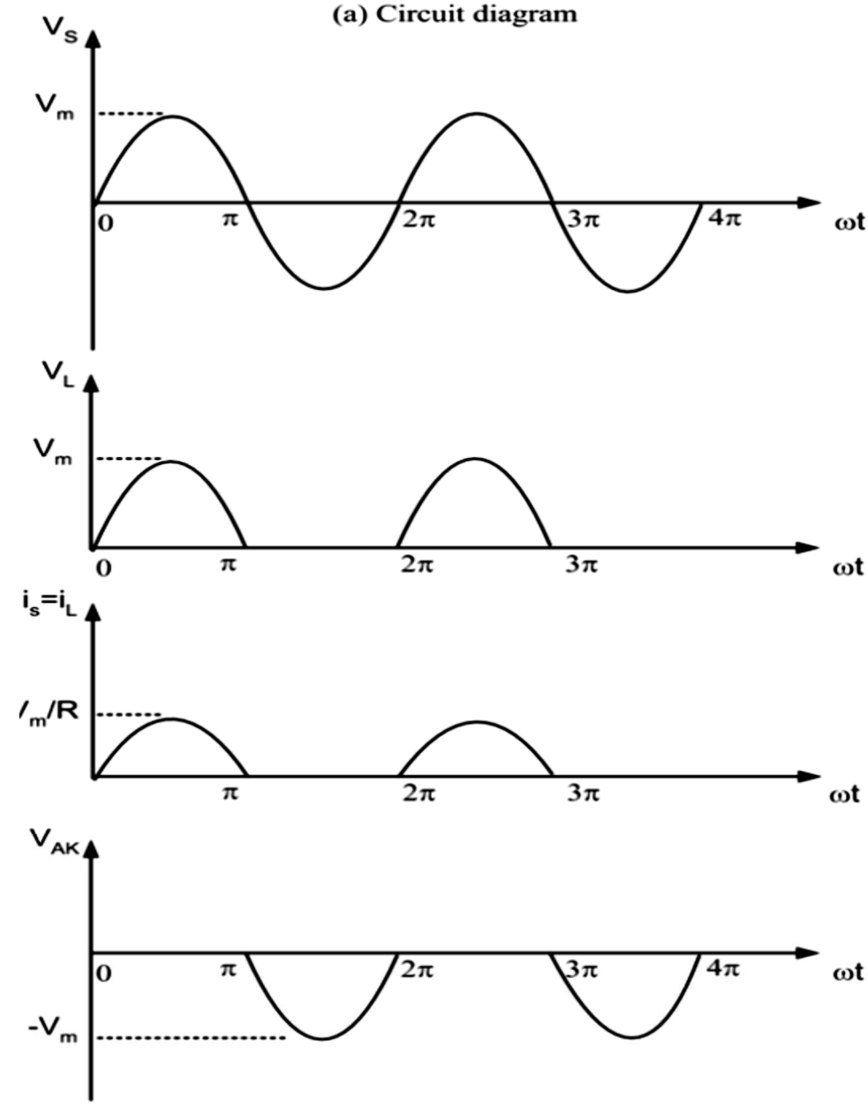
The single phase half wave rectifier

تعتبر هذه الدائرة من أبسط دوائر الموحدات ولكنها لا تستخدم في التطبيقات الصناعية , وذلك نظرا لأنها تسبب مركبة تيار مستمر (dc component) بالمصدر المتردد مما يحدث آثارا ضارة بالمحولات والمولدات الملحقة بالشبكة الكهربية . ولكن دراسة هذه الدوائر مفيدة في فهم عمل دوائر الموحدات بصفة عامة .

يوضح شكل 2-1 دائرة هذا النوع البسيط من الموحدات والتي ترتبط بمصدر التيار المتردد من خلال محول لخفض أو رفع الجهد حسب مقنن الحمل حيث الحمل في هذه الحالة عبارة عن حمل مادي (مقاومة).



(a) Circuit diagram



(b) waveforms

شكل ٢ -١ دائرة توحيد نصف موجة أحادية الوجه

نفرض أن جهد الملف الثانوي يعطى بالعلاقة :

$$v_s = V_m \, sin\omega t$$

عندما يكون هذا الجهد موجب (في الفترة من صفر إلى π , ومن 2π إلى 3π) يصبح الدايود في حالة انحياز أمامي ويوصل تيار إلى الحمل . وبإهمال الهبوط في الجهد عبر الدايود , ينتج أن تيار الحمل يساوي :

$$i_L = \frac{v_s}{R} = \frac{V_m \sin \omega t}{R}$$

وفي حالة توصيل الدايود يظهر جهد الملف الثانوي v_s على الحمل كما هو مبين في شكل موجة الحمل (V_L) بالشكل 2-1 .

عندما يكون جهد الملف الثانوي v_s سالب (في الفترة من π إلى 2π , ومن 3π إلى 4π) يصبح الدايود في حالة انحياز عكسي ولا يوصل تيار إلى الحمل , ويكون الجهد الخارج إلى الحمل في هذه الحالة مساويا للصفر .

وبذلك يصبح الجهد الخارج على الحمل خلال دورة كاملة للتيار المتردد في اتجاه واحد كما هو مبين من خلال موجات الخرج والدخل لموحد (شكل 2-1) أيضا يوضح شكل 2-1 الجهد عبر الدايود (V_{AK}), وحيث أن الدايود موصل على التوالي مع الحمل ففي أي لحظة يعطى الجهد عبر الدايود من العلاقة :

$$V_{AK} = v_s - v_L$$

خلال فترة توصيل الدايود يكون الجهد V_{AK} مساويا للصفر , أما في حالة عدم التوصيل يظهر الجهد السالب للمصدر على أطراف الدايود .ولذلك يراعى عند

اختيار الدايود أن يتحمل أقصى جهد عكسي مسلط عليه وهو ما يعرف بـ (Peak Inverse Voltage PIV).

يلاحظ أن الجهد عبر الحمل من مركبة DC بالاضافة إلى تموج AC. هذا ويمكن تحديد مركبة DC (القيمة المتوسطة لجهد الخرج V_{dc}) من معدل موجة كاملة وذلك حسب المعادلة الآتية :

$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi}\int_{0}^{\pi} V_m \sin \omega t \;\; d(t)$$

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi}$$

ويمكن ايضا حساب القيمة المتوسطة لتيار الحمل I_{Ldc} من العلاقة التالية :

$$I_{L_{dc}} = \frac{V_{dc}}{R} = \frac{V_m}{\pi R}$$

ويمكن حساب القدرة المتوسطة (P_{dc}) المستهلكة في الحمل من العلاقة التالية :

$$P_{dc} = V_{dc} I_{dc}$$

أيضا يمكن حساب القيمة الفعالة للجهد على الحمل على الوجه الآتي :

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_{0}^{\pi} (V_m \, sin\omega t)^2 \, d\omega t}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi}\int_0^{\pi}\frac{(1-\cos 2\omega t)}{2}\,d\omega t}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{V_m^2}{4\pi}\left(\omega t - \frac{\sin 2\omega t}{2}\right)_0^{\pi}}$$

$$V_{rms} = \frac{V_m}{2}$$

أما القيمة الفعالة للتيار المار في الدايود (تيار الحمل) فيمكن حسابها بدلالة الجهد كالتالي :

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} = \frac{V_m}{2R}$$

بإهمال القدرة المفقودة في الدايود , يمكن اعتبار أن القدرة الداخلة للدائرة هي القدرة الفعالة (P_{ac}) المفقودة في مقاومة الحمل ويمكن حسابه من المعادلة التالية :

$$P_{ac} = V_{rms} I_{rms}$$

كما سبق يمكن اعتبار أن الجهد الموحد الاتجاه عبارة عن مركبة تيار مستمر V_{dc} بالإضافة إلى مركبة تيار متردد V_{ac} وهي ما تعرف بالتموج(ripple) . ويمكن حساب القيمة الفعالة لمركبة التيار المتردد من العلاقة التالية :

$$V_{ac} = \sqrt{V_{rms}^2 - V_{dc}^2}$$

هذا ويمكن حساب معاملات الأداء لدائرة التوحيد كالتالي :

- تعطى كفاءة دائرة التوحيد (η) من العلاقة التالية :

$$\eta = \frac{P_{dc}}{P_{ac}}$$

- معامل شكل الموجه FF , وهو مقياس لشكل موجة الخرج (أي مدى قربها من الجهد المستمر أي الثابت) ويعطى بالعلاقة التالية :

$$FF = \frac{V_{rms}}{V_{dc}}$$

- يكمن قياس فاعلية عملية التوحيد بإيجاد معامل التموج (RF) لموجة الخرج والذي يعرف بالعلاقة التالية :

$$RF = \frac{V_{ac}}{V_{dc}}$$

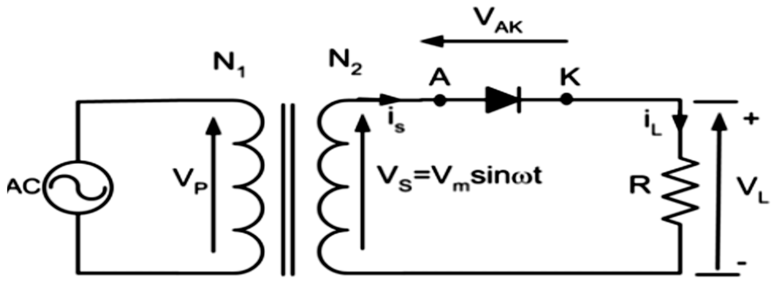
$$RF = \frac{\sqrt{V_{rms}^2 - V_{dc}^2}}{V_{dc}} = \sqrt{(\frac{V_{rms}}{V_{dc}})^2 - 1} = \sqrt{FF^2 - 1}$$

- يعتبر معامل الاستخدام للمحول (Transformer utilization factor)من معاملات الأداء الهامة لدوائر التوحيد , حيث يحدد مقنن المحول المستخدم في دوائر التوحيد .ويمكن حساب هذا المعامل TUF من العلاقة التالية :

$$TUF = \frac{P_{dc}}{V_s I_s}$$

حيث تمثل V_s القيمة الفعالة لجهد الملف الثانوي للمحول , أما I_s فيمثل القيمة الفعالة لتيار الملف الثانوي .

مثال 2-1 : للدائرة الموضحة , إذا كان جهد الملف الإبتدائي للمحول 230 فولت ونسبة التحويل للمحول 5 وقيمة مقاومة الحمل 10 أوم .احسب الآتي : الكفاءة , معامل شكل الموجه , معامل التموج , أقصى جهد عكسي مسلط على الدايود , معامل استخدام المحول



الحل :

V_p = 220

N_1/N_2 =5

R=10 Ω

$$\frac{V_p}{N_1} = \frac{V_s}{N_2}$$

$$V_s = \frac{V_p N_2}{N_1} = \frac{220 * 1}{5} = 44V$$

$$V_m = \sqrt{2}V_s = \sqrt{2} * 44 = 62.23\ V$$

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} = \frac{62.23}{\pi} = 19.8\ V$$

$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R} = \frac{19.8}{10} = 1.98\ A$$

$$V_{rms} = \frac{V_m}{2} = \frac{62.23}{2} = 31.12\ V$$

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} = \frac{31.12}{10} = 3.112\ A$$

$$P_{dc} = V_{dc}I_{dc} = 19.8 * 1.98 = 39.204\ W$$

$$P_{ac} = V_{rms}I_{rms} = 31.12 * 3.112 = 96.845\ W$$

$$\eta = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} = \frac{39.204}{96.845} = 0.405 = 40.5\ \%$$

$$FF = \frac{V_{rms}}{V_{dc}} = \frac{31.12}{19.8} = 1.57 = 157\ \%$$

$$RF = \sqrt{FF^2 - 1} = \sqrt{1.57^2 - 1} = 1.21 = 121\ \%$$

$$PIV = V_m = 62.23\ V$$

للدائرة الموضحة فإن القيمة الفعالة لتيار الملف الثانوي I_s تساوي القيمة الفعالة لتيار الحمل I_{rms}.

$$TUF = \frac{P_{dc}}{V_s I_s} = \frac{39.204}{44 * 3.112} = 0.286$$

ويجب ملاحظة أن $1/TUF = 3.496$ وهذا يعني أنه يجب استخدام محول في دائرة التوحيد بقيمة تساوي 3.496 من القيمة المقننة عندما يستخدم ليضخ نفس القدرة من منبع جهد متردد .

كما يجب أيضا ملاحظة أن المحول يحمل تيار مستمر نظرا لتوحيد نصف موجة وهذا بطبيعة الحال يؤدي إلى تشبع المحول وينتج مشاكل للشبكة الكهربية .

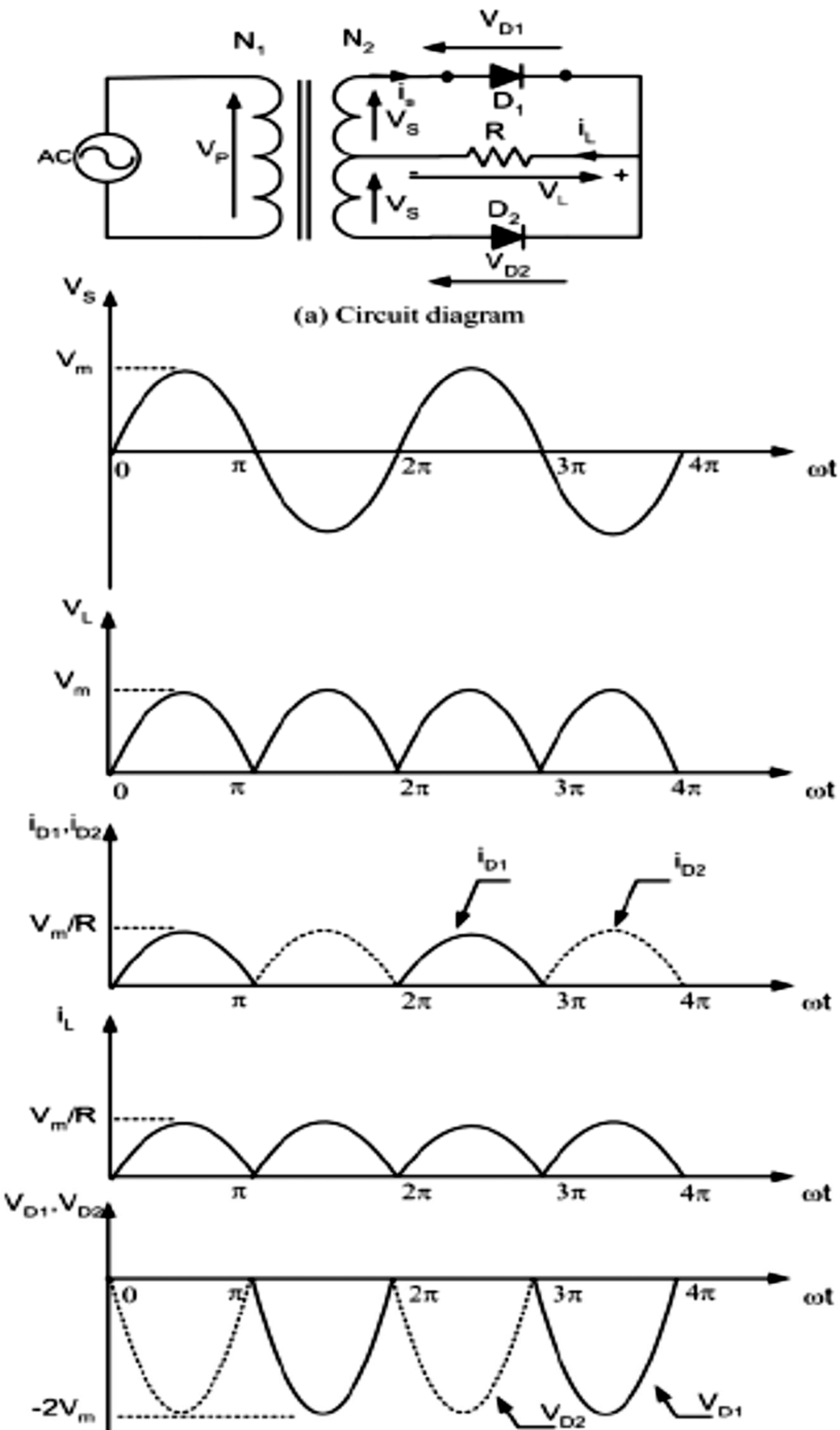
2-1-2 موحد الموجة الكاملة ذو نقطة المنتصف الأحادي الوجه

Single phase full wave center tap rectifier

يوضح شكل 2-2 دائرة موحد ذات نقطة المنتصف وكذلك شكل موجات الخرج . وتتميز هذه الدائرة بأنها تحتاج فقط إلى زوج واحد من الدايود يوصل كل منهما بالتبادل خلال نصف موجة وبذلك نحصل على موجة كاملة موحدة الإتجاه .

ففي نصف الموجة الموجبة للمنبع يكون الجهد للنهاية العليا في الملف الثانوي للمحول موجب وبذلك يوصل الدايود D_1ويكون جهد الخرج على الحمل مساويا للجهد V_s ويكون الجهد العكسي المسلط على الدايود D_2مساويا لجهد الملف الثانوي $2V_s$, لذا يكون الدايود D_2 في حالة عدم توصيل .

أما في نصف الموجة السالب للمنبع تصبح النهاية السفلى للملف الثانوي موجبة وبذلك يصبح الدايود D_2 في حالة انحياز أمامي والدايود D_1 في حالة انحياز عكسي ويوصل تيار إلى الحمل . ويبقى التيار في الحمل موحد الاتجاه . ولكن يعيب هذه الدائرة حتمية وجود محول للحصول على نقطة المنتصف .



(a) Circuit diagram

(b) waveforms

شكل ٢ -٢ موحد موجة كاملة ذو نقطة المنتصف

يمكن إيجاد القيمة المتوسطة للجهد الخارج على الحمل V_{dc} من العلاقة التالية :

$$V_{dc} = \frac{1}{\pi}\int_{0}^{\pi} V_m \sin\omega t \quad d(\omega t)$$

$$V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi}$$

ويمكن أيضا حساب القيمة المتوسطة لتيار الحمل I_{Ldc} من العلاقة التالية :

$$I_{L_{dc}} = \frac{V_{dc}}{R} = \frac{2V_m}{\pi R}$$

أيض يمكن حساب القيمة الفعالة للجهد على الحمل على الوجه الآتي :

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi}\int_{0}^{\pi} (V_m\, sin\omega t)^2\, d\omega t \quad d\omega t}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{V_m^2}{\pi}\int_{0}^{\pi} \frac{(1-\cos 2\omega t)}{2}\, d\omega t}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{V_m^2}{\pi}\left(\omega t - \frac{\sin 2\omega t}{2}\right)_0^{\pi}}$$

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\pi}$$

أما القيمة الفعالة للتيار المار في الدايود (تيار الحمل) فيمكن حسابها بدلالة الجهد كالتالي :

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} = \frac{V_m}{\sqrt{2}\,R}$$

يتضح من هذا أن الجهد المتوسط على الحمل لموحد الموجة الكاملة يساوي ضعف الجهد لموحد نصف الموجة , ولكن الدايود يتعرض لجهد عكسي PIV يساوي أيضا ضعف الجهد لدايود موحد نصف الموجة مما يزيد من مقنن الدايود .

يمكن حساب معاملات الأداء لموحد الموجة الكاملة بنفس العلاقات والقوانين المستخدمة لموحد نصف الموجة . مع مراعاة المعادلات لموحد الموجة الكاملة بدلا من موحد نصف الموجة لحساب تلك المعاملات .**(تمرين)**

3-1-2 <u>**موحد القنطرة ذو الموجة الكاملة أحادي الوجه-Single –phase full-wave bridge rectifier**</u>

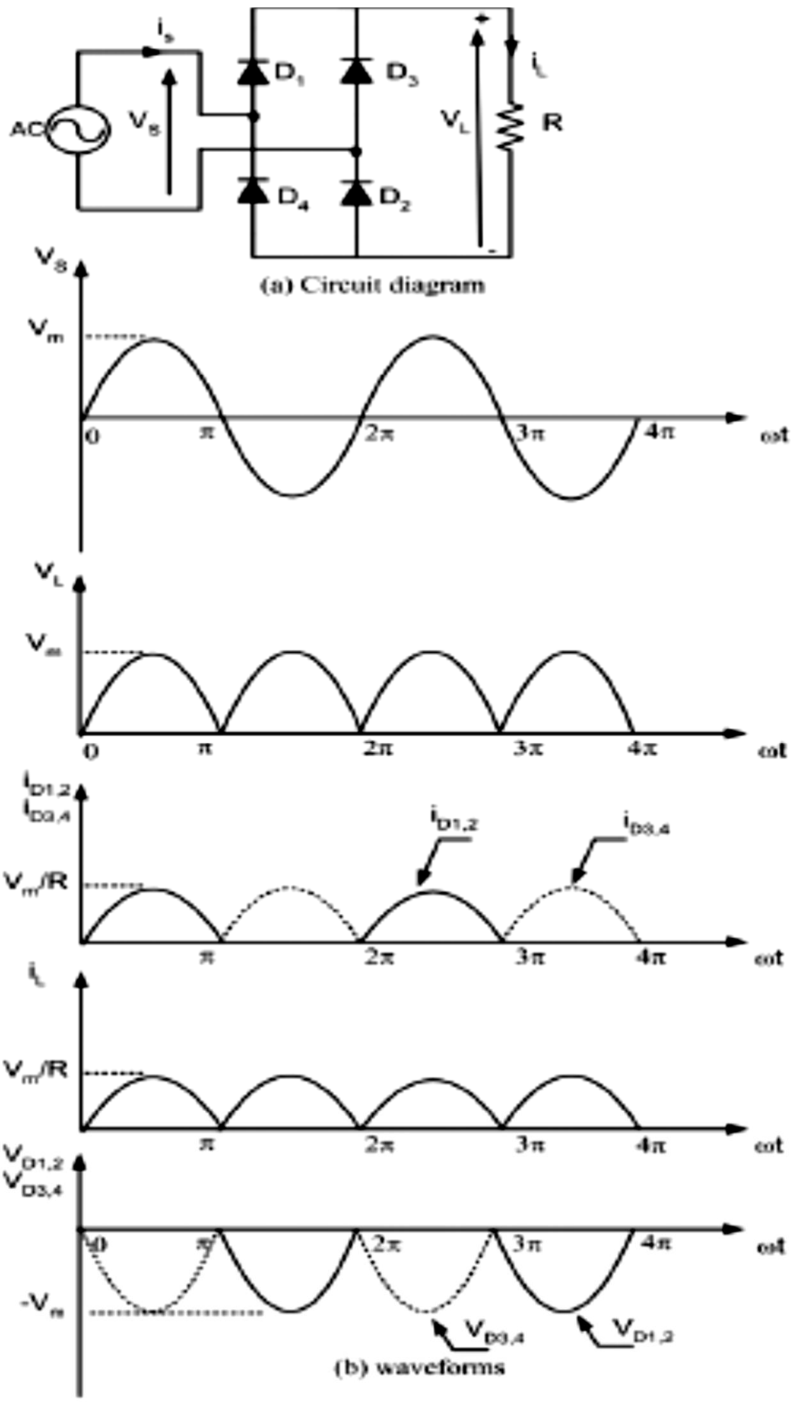
يمكن الاستغناء عن المحول لموحد القنطرة إلا إذا كانت قيمة جهد المنبع المتردد غير مناسبة لقيمة الجهد المستمر المطلوب , ولكن هذا الموحد يحتاج إلى أربعة دايود , يوضح شكل 2-3 دائرة هذا الموحد وكذلك شكل الموجات للجهود والتيارات في الدائرة .

عندما يكون جهد المنبع V_s موجب (الفترة من صفر إلى π) يصبح الدايود D_1 في حالة انحياز أمامي ويمر تيار خلال الدايود D_1 إلى الحمل ثم من خلال الدايود D_2 إلى المنبع مرة أخرى. ويكون الجهد العكسي المسلط على D_3,D_4 مساويا للجهد V_s .

وعندما يصبح جهد المنبع V_s سالب (الفترة من π إلى 2π) يصبح الدايود D_3 في حالة انحياز أمامي ويمر تيار خلال الدايود D_3 إلى الحمل ثم من خلال الدايود D_4 إلى المنبع مرة أخرى . ويكون الجهد العكسي المسلط على D_1 , D_2 مساويا للجهد V_s.

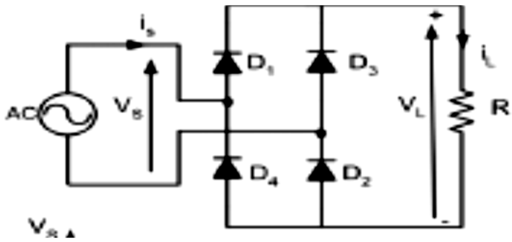
تستخدم نفس العلاقات لحساب الجهود والتيارات كما في حالة موحد الموجة الكاملة ذو المنتصف .

ويجب ملاحظة أن الدايود في موحد القنطرة يتعرض لجهد عكسي يساوي نصف الجهد الذي يتعرض له الدايود في الموحد ذو المنتصف مما يقلل من مقنن الدائرة .إلا أن استخدام أربع دايود يزيد نسبيا من تكلفة الدائرة , وكذلك من الجهد الأمامي المفقود على الدايود.



شكل ٢ -٣موحد قنطرة ذو موجة كاملة

مثال 2-2 : للدائرة الموضحة , إذا كان جهد المنبع 44 فولت وقيمة مقاومة الحمل 10 أوم . احسب التالي : الكفاءة , معامل شكل الموجة , معامل التموج , أقصى جهد عكسي مسلط على الدايود .



الحل :

$V_s = 33$ V

R=10 Ω

$$V_m = \sqrt{2}\,V_s = \sqrt{2} * 44 = 62.23\ V$$

$$V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi} = \frac{2 * 62.23}{\pi} = 39.6\ V$$

$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R} = \frac{39.6}{10} = 3.96\ A$$

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{62.23}{\sqrt{2}} = 44\ V$$

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} = \frac{44}{10} = 4.4\ A$$

$$P_{dc} = V_{dc} I_{dc} = 39.6 * 3.96 = 156.816\ W$$

$$P_{ac} = V_{rms} I_{rms} = 44 * 4.4 = 193.6\, W$$

$$\eta = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} = \frac{156.816}{193.6} = 0.81 = 81\%$$

$$FF = \frac{V_{rms}}{V_{dc}} = \frac{44}{39.6} = 1.11 = 111\%$$

$$RF = \sqrt{FF^2 - 1} = \sqrt{1.11^2 - 1} = 0.48 = 48\%$$

$$PIV = V_m = 62.23\, V$$

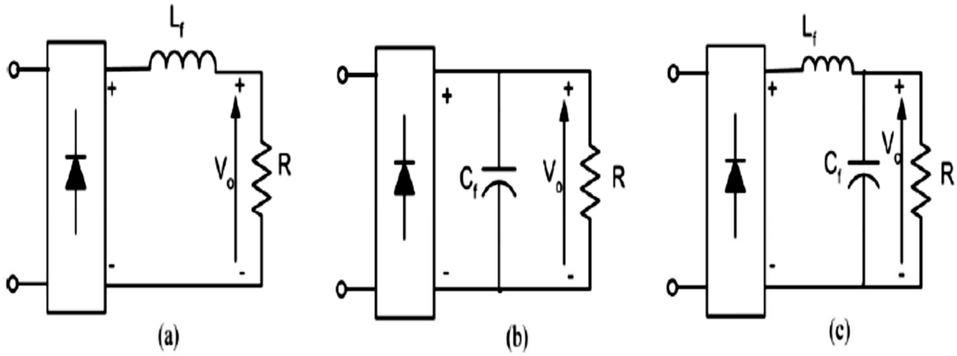
يتضح من النتائج أن أداء موحد الموجة الكاملة أفضل من أداء موحد نصف الموجة ,حيث الكفاءة أعلى وتشوه موجة الخرج أقل . أيضا موحد الموجة الكاملة يعطي جهد أعلى من موحد نصف الموجة .

2-2 دوائر التنعيم والتنقية :

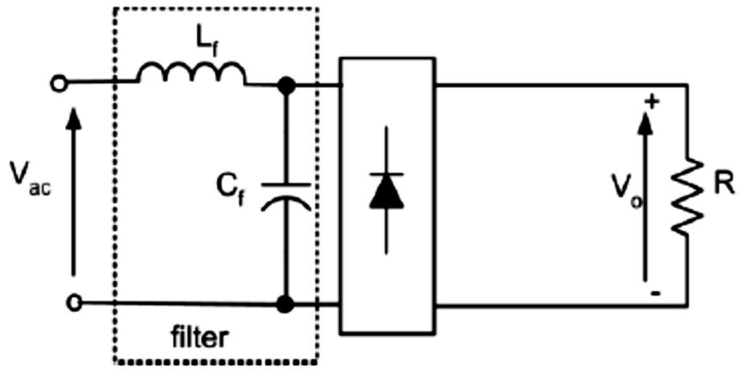
يتضح من خلال دوائر التوحيد السابقة أن الجهد الموحد الاتجاه الخارج على الحمل يحتوي على تموجات (ripple)وهذه التموجات يعبر عنها معامل التموج ومعامل شكل الموجة كما سبق ذكره .

وللحصول على جهد مستمر ثابت القيمة تستخدم دوائر تنعيم وتنقية (filters) وذلك لمنع وصول التموجات إلى الحمل . وتسمى أحيانا دائرة التنعيم بالمرشح . هذا ويستخدم المرشح لتنعيم الجهد المستمر الخارج على الحمل . والمرشح المستخدم لذلك يعرف بمرشح التيار المستمر (dc filter). وعادة يكون مرشح التيار المستمر إما محاثة L أو مكثف C أو محاثة ومكثف LC كما هو موضح في شكل 2-4 . أيضا يمكن أن يستخدم مرشح تيار متردد (ac filter) ناحية منبع

التيار المتردد حيث يمكن أن يتشوه جهد المصدر نتيجة عملية التوحيد , ويوضح شكل 2-5 مرشح تيار متردد من نوع محاثة ومكثف LC .



شكل ٢ -٤ دوائر تنعيم التيار المستمر dc filters

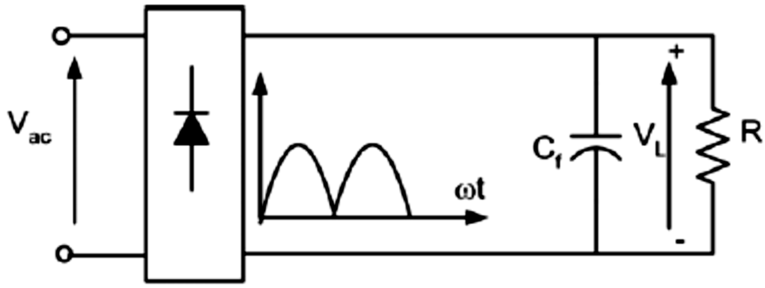


شكل ٢ -٥ دوائر تنعيم التيار المتردد ac filters

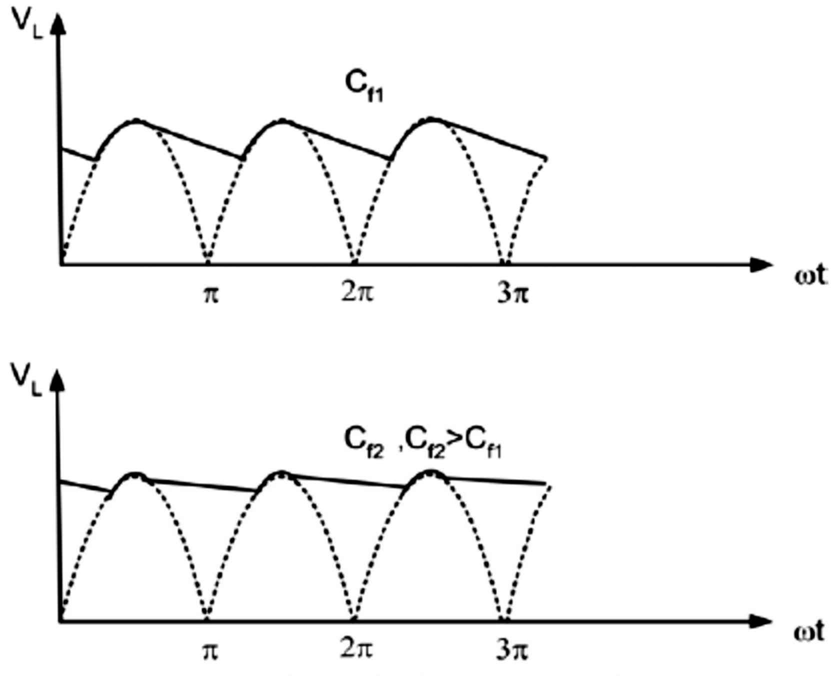
يستخدم عادة مرشح تيار مستمر من نوع المكثف (شكل 2-4 ب) في دوائر التوحيد سواء كانت توحيد نصف موجة أو توحيد موجة كاملة.

ويوضح شكل 2-6 استخدام مرشح تيار مستمر مع دائرة توحيد موجة كاملة .يبين الشكل أيضا تأثير تغير قيمة المكثف على شكل موجة الخرج .فكلما زادت قيمة السعة للمكثف قل التعرج (التموج) في موجة الخرج وبذلك يثبت شكل موجة

الخرج ويقترب من قيمة ثابتة . ويمكن القول أن الجهد الموحد قد تحول إلى جهد مستمر بمفهومه المعروف .



(a) circuit diagram



(b) waveforms for full-wave rectifier

شكل ٢ -٦ دائرة تنعيم تيار مستمر لموحد موجة كاملة

يمكن حساب القيمة المتوسطة لجهد الحمل من العلاقة التالية:

$$V_{dc} = V_m - \frac{V_m}{4fRC_f}$$

حيث يمثل f قيمة التردد للموجة الموحدة وهي ضعف تردد المنبع في حالة دوائر توحيد الموجة الكاملة , ويساوي تردد المنبع في حالة دوائر توحيد نصف موجة . وتوضح المعادلة أن قيمة الجهد المتوسط تزداد بزيادة قيمة السعة للمكثف C_f .

ويمكن أيضا حساب معامل التموج لجهد الحمل من العلاقة التالية :

$$RF = \frac{1}{\sqrt{2}\,(4fRC_f - 1)}$$

2-3 دوائر التوحيد الثلاثية الأوجه :

عرفنا أن أقصى جهد مستمر يمكن الحصول عليه من دوائر التوحيد أحادية الوجه ذي الموجة الكاملة هو$0.6366\ V_m$ وهذا الجهد مناسب لتطبيقات حتى 15 كيلو وات .

إذا أردنا الحصول على جهود أعلى وبالتالي قدرات مرتفعة فيمكن استخدام دوائر توحيد ثلاثية الأوجه . وتنقسم دوائر توحيد موجة كاملة .وعادة دوائر توحيد الموجة الكاملة تعطي جهد مستمر ضعف دوائر توحيد نصف الموجة .

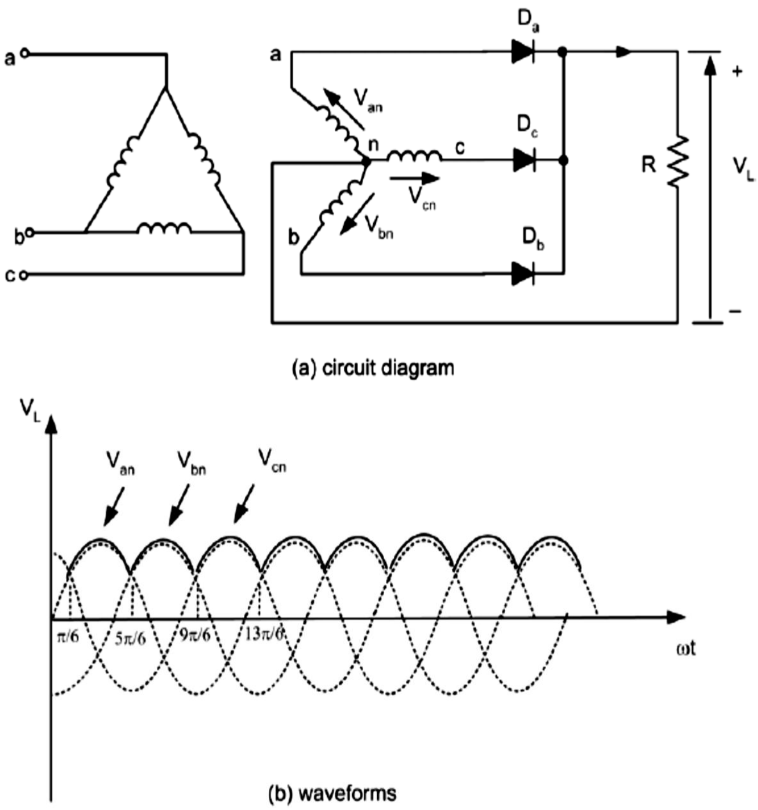
الشكل 2-7 يبين دائرة توحيد نصف موجة ثلاثية الأوجه , حيث يستخدم دايود مع كل وجه من الأوجه الثلاثة لمنبع الجهد المتردد ويستلزم أن يكون منبع الجهد ذا أربع أطراف .ويوصل الحمل بين النقطة المشتركة لخرج الدايودات الثلاثة وبين الطرف الرابع لمنبع الجهد (نقطة التعادل).

الدايود D_a يوصل تيار في الفترة من $\pi/6$ إلى $5\pi/6$ وذلك عندما يكون جهد الوجه a أعلى من جهد الوجهين الآخريين , أيضا يوصل الدايود D_b عندما يكون جهد الوجه b أعلى من جهد الوجهين الآخريين , وبالمثل يوصل الدايود D_c

عندما يكون جهد الوجه c أعلى من جهد الوجهين الآخريين . ويتضح من شكل موجات الخرج أن كل دايود يوصل 120 درجة (2π/3) . ويمكن حساب القيمة المتوسطة لجهد الخرج من العلاقة التالية :

$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi/3}\int_{\pi/6}^{5\pi/6} V_m \sin\omega t \; d\omega t$$

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} V_m$$

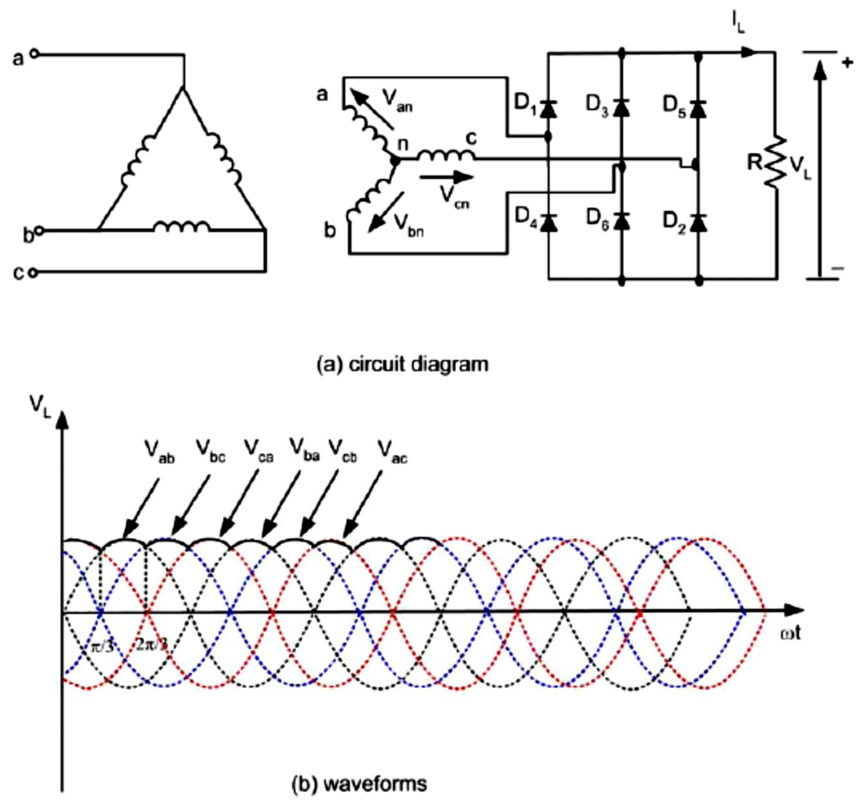


شكل ٢ -٧ دائرة توحيد نصف موجة ثلاثية الأوجه

تستخدم دائرة توحيد القنطرة الثلاثية الأوجه في معظم التطبيقات ذات القدرات المرتفعة حيث تعطي جهد وقدرة أعلى من دائرة توحيد نصف الموجة . وهي تعتبر دائرة توحيد موجة كاملة . ويبين الشكل 2-8 ترتيب الدايودات لتشكل قنطرة توحيد ثلاثية الأوجه , ويكون توصيل التيار في الدايودات على حسب التتابع الآتي : $D_1 D_2$,$D_2 D_3$, $D_3 D_4$, $D_4 D_5$, $D_5 D_6$ and $D_6 D_1$, هذا ويمكن اعتبار القنطرة عبارة عن دائرتي توحيد نصف موجة متصلتين على التوالي وبذلك يكون الجهد الخارج من القنطرة ضعف الجهد لدائرة توحيد نصف الموجة وتعطي القيمة المتوسطة للجهد الخارج من القنطرة بالعلاقة التالية:

$$V_{dc} = \frac{1}{\pi/3} \int_{\pi/3}^{2\pi/3} V_m \sin\omega t \; d\omega t$$

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} V_m$$



(a) circuit diagram

(b) waveforms

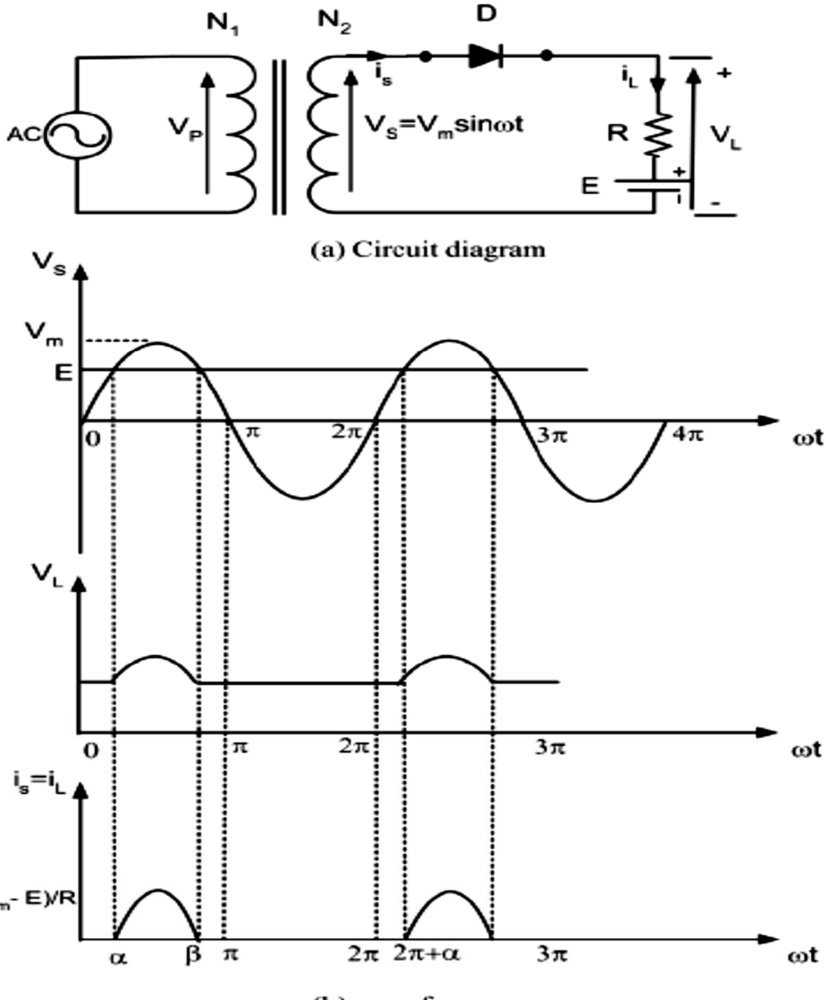
شكل ٢ -٨ دائرة توحيد موجة كاملة ثلاثية الأوجه

4-2 <u>تطبيقات :</u>

من اهم تطبيقات دوائر التوحيد استخدامها كشاحن للبطاريات أيضا تستخدم دوائر التوحيد لتغذية محركات التيار المستمر , حيث يتم تحويل التيار المتردد إلى تيار مستمر مناسب لتغذية هذه المحركات . كما تستخدم أيضا كمرحلة هامة في دوائر التحكم في سرعة المحركات التأثيرية حيث تغذى عاكسات التيار التي تحول التيار المستمر إلى تيار متردد متغير الجهد والتردد , علاوة على ذلك تستخدم دوائر

التوحيد لشحن بطاريات أجهزة الـ UPS (منبع قدرة ضد انقطاع التيار) وكذلك كشافات إنارة الطوارىء .

يوضح شكل 2 -9 دائرة توحيد نصف موجة لشحن بطارية ذات جهد E في الشكل يوصل الدايود تيار عندما يكون جهد الآنود أكبر من جهد الكاثود , أي أنه عندما يكون جهد الملف الثانوي V_S أعلي من جهد البطارية E وتكون فترة التوصيل من الزاوية α إلى الزاوية β .



(b) waveforms

شكل ٢ -٩ دائرة شحن بطارية

ويمكن حساب الزاوية α والزاوية β كالتالي :

$$V_m \, sin\alpha \, = E$$

وهذه المعادلة تعطي قيمة الزاوية α كدالة في جهد البطارية وجهد المنبع

$$\alpha = \, sin^{-1} \frac{E}{V_m}$$

عندما يصبح جهد الملف الثانوي V_s أقل من جهد البطارية , يطفىء الدايود وذلك عند الزاوية β التي يمكن حسابها من العلاقة التالية :

$$\beta = \, \pi - \, \alpha$$

وبذلك يمكن حساب تيار الشحن من العلاقة التالية :

$$i_L \, = \, \frac{v_s - E}{R} = \frac{V_m \, sin\omega t - E}{R} \quad for \, \alpha \, < \, \omega t \, < \, \beta$$

حيث يمثل التيار i_L القيمة اللحظية لتيار الحمل , ومن المعادلة 2-28 يمكن حساب القيمة المتوسطة لتيار الشحن (تيار الحمل) حسب العلاقة التالية :

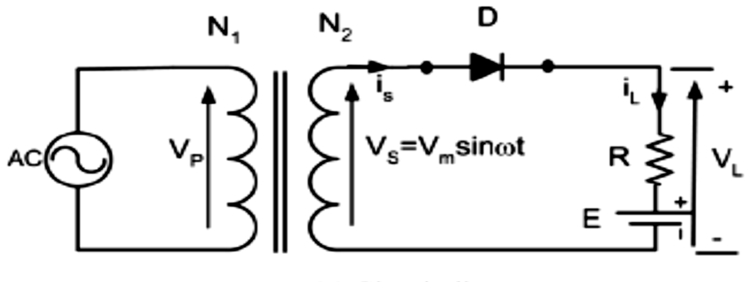
$$I_{dc} \, = \, \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\beta} \frac{V_m \sin \omega t - E}{R} \, d(\omega t)$$

$$= \, \frac{1}{2\pi R} |-V_m \, cos\omega t - E(\omega t)|_{\alpha}^{\beta}$$

$$I_{dc} \, = \, \frac{1}{2\pi R} \, (2V_m \, cos\alpha + 2E\alpha - \, \pi E)$$

مثال 2-3 : في الدائرة الموضحة إذا كان جهد البطارية 12 فولت وسعتها 100وات ساعة والقيمة المتوسطة لتيار الشحن 5 أمبير وجهد المنبع 120 فولت ونسبة التحويل للمحول 2:1 . احسب التالي :

زاوية التوصيل للدايود – قيمة مقاومة تحديد التيار – القدرة المقننة للمقاومة – زمن شحن البطارية – كفاءة دائرة التوحيد – أقصى جهد عكسي يتحمله الدايود .



الحل :

$E = 12\,V$

$V_p = 120$ V

$I_{dc} = 5$ A

$N_1:N_2 = 2:1$

$V_s=V_p/2=120/2=60$ V

$$\alpha = \sin^{-1}\frac{E}{V_m} = \sin^{-1}\frac{12}{84.85} = 0.1419\,rad = 8.13^0$$

$$\beta = \pi - \alpha = 180 - 8.13 = 171.87^o$$

تحسب زاوية توصيل الدايود δ من العلاقة التالية :

$$\delta = \beta - \alpha = 171.87^{o} - 8.13^{o} = 163.74^{o}$$

يحسب تيار شحن البطارية I_{dc} من العلاقة التالية :

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi R}\left(2V_m\, cos\alpha + 2E\alpha - \pi E\right)$$

من معادلة التيار يمكن حساب قيمة المقاومة R اللازمة لتحديد قيمة التيار عند 5 أمبير كالتالي :

$$R = \frac{1}{2\pi I_{dc}}\left(2V_m\, cos\alpha + 2E\alpha - \pi E\right)$$

$$= \frac{1}{2\pi * 5}\left(2 * 84.8 * \cos 8.13^{0}\right)$$

$$= 4.26 \quad + 2 * 12 * 0.1419 - \pi * 12) = 4.26\ \Omega$$

يمكن حساب القيمة الفعالة لتيار الشحن من العلاقة التالية :

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\beta}\left(\frac{V_m\, sin\omega t - E}{R}\right)^2 d(\omega t)}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2\pi R^2}\left[\left(\frac{V_m^2}{2} + E^2\right)(\pi - 2\alpha) + \frac{V_m^2}{2}\sin 2\alpha - 4V_m\, E\, cos\alpha\right]}$$

$$= 8.2\ \text{A}$$

من حساب القيمة الفعالة للتيار يمكن حساب القدرة المقننة للمقاومة R من العلاقة التالية :

$$P_R = I_{rms}^2 R = 8.2^2 * 4.26 = 286.4\, W$$

تعطي المعادلة التالية قيمة القدرة المتوسطة أو قدرة الشحن للبطارية :

$$P_{dc} = E\, I_{dc} = 12 * 5 = 60\, W$$

ومنها يمكن حساب زمن الشحن كالتالي :

$$h\, P_{dc} = 100$$

$$or \quad h = 100/P_{dc} = \frac{100}{60} = 1.667\, hour$$

يمكن حساب كفاءة دائرة التوحيد η حسب العلاقة التالية :

$$\eta = \frac{P_{dc}}{P_{dc} + P_R} = \frac{60}{60 + 286.4} = 17.32\%$$

أقصى جهد عكسي يتحمله الدايود يحسب من العلاقة التالية :

$$PIV = V_m + E = 84.85 + 12 = 96.85\ V$$

من المثال يتضح أن كفاءة الدائرة لا تتعدى 18% , ويمكن تحسين كفاءة دائرة الشحن إذا استبدلت دائرة التوحيد لنصف موجة بدائرة توحيد موجة كاملة .

تمرين : أعد الحل مستخدما دائرة توحيد موجة كاملة ثم قارن النتائج مع نتائج المثال السابق .