جامعة المنارة
قسم هندسة الميكاترونكس

الكترونيات الطاقة
Power Electronic

الدكتور المهندس
علاء الدين أحمد حسام الدين

5

مفردات المقرر

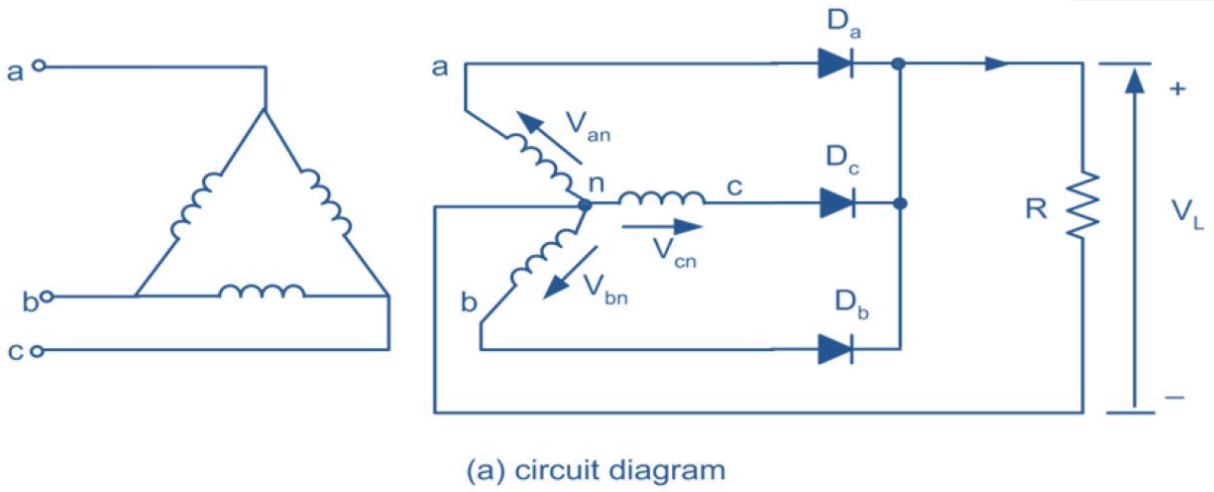
- مقدمة.
- عناصر الكترونيات القدرة، وخصائصها.
- عمل دارات المبدلات أحادية الطور على حمولة اومية.
- عمل دارات المبدلات أحادية الطور على حمولة تحريضية.
- عمل دارات المبدلات ثلاثية الأطوار على حمولة اومية.
- عمل دارات المبدلات ثلاثية الأطوار على حمولة تحريضية.
- مقطعات التيار المستمر/ مقطعات التقوية - التضعيف
- القالبات أحادية الطور Single- Phase Inverters.
- القالبات ثلاثية الأطوار Three-Phase Inverter.
- طرق التعديل المستخدمة في تنظيم جهد خرج القالبات.
- المبدلات الترددية الستاتيكية.
- حماية أنظمة القدرة وأجهزة عدم انقطاع التغذية UPS.

دارات التقويم الثلاثية الأطوار:

Three-phase Rectifier Circuits

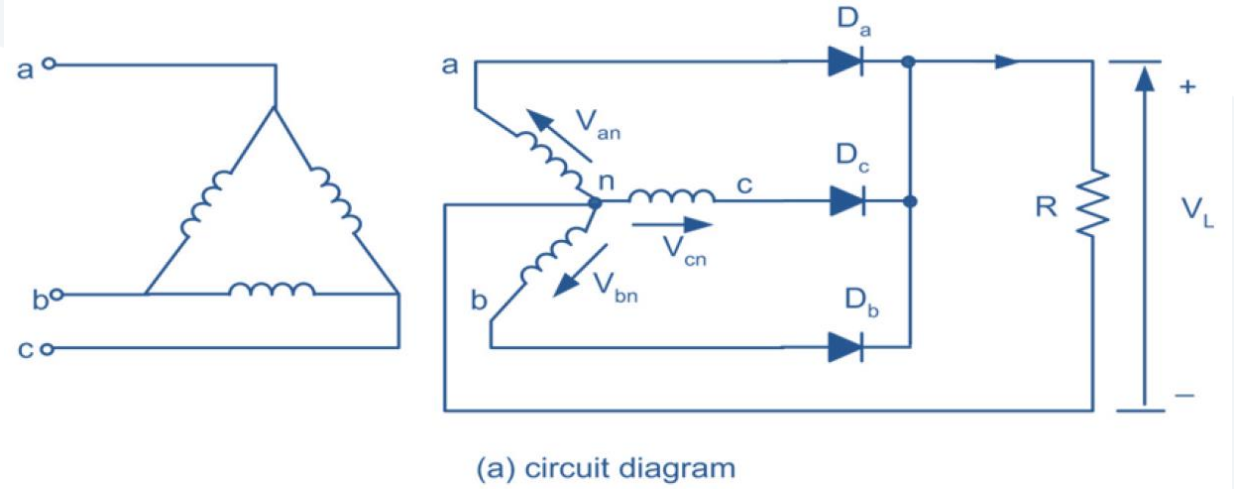
وجدنا من خلال دراسة دارات التقويم الأحادية الطور أن أقصى جهد مستمر يمكن الحصول عليه هو في دارات التقويم ذات الموجه الكاملة، وهو ($0.6366 \times V_m$)، وهذا الجهد مناسب للتطبيقات ذات الجهد حتى 15KW، أما إذا أردنا الحصول على استطاعات أعلى فلا بد من استخدام دارات التقويم الثلاثية الأطوار، والتي تقسم إلى قسمين: **دارات تقويم نصف موجة**، **ودارات تقويم موجة كاملة**، وعادة تعطي دارات الموجة الكاملة ضعف الجهد الذي تعطيه دارات تقويم نصف الموجة.

دارة تقويم نصف موجه ثلاثية الأطوار: The Three-phase Half-wave Rectifier

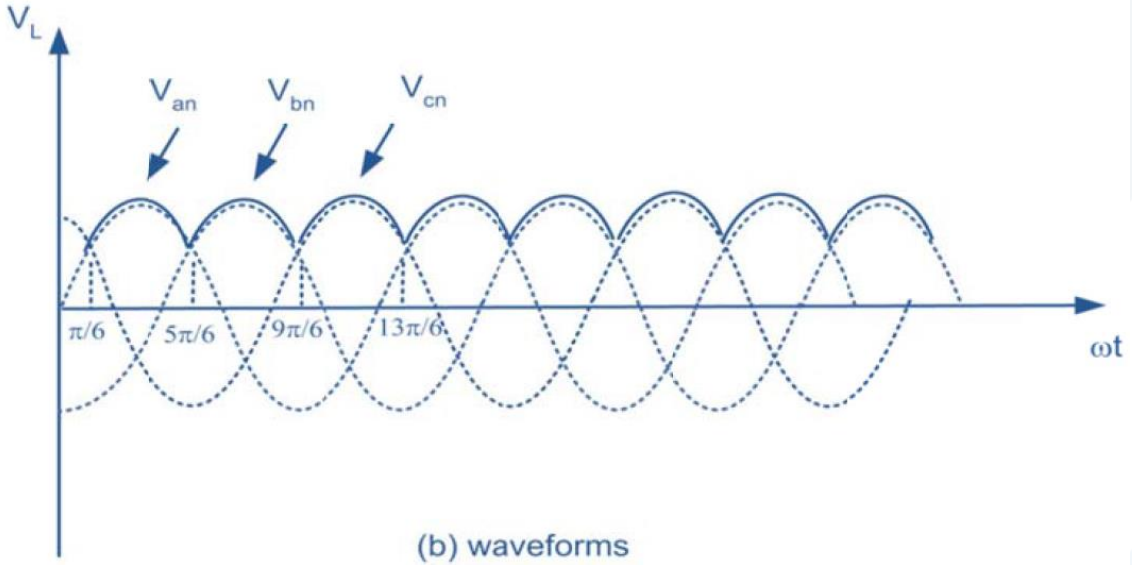


(a) circuit diagram

يبين الشكل دارة تقويم نصف موجة ثلاثية الأطوار، حيث يتم استخدام دايود مع كل طور من أطوار منبع الجهد المتناوب، ويجب أن يكون المنبع رباعي الأطراف، حيث يتم وصل الحمل بين النقطة الصفرية لخرج الدايودات الثلاثة وخط الحيادي N للمنبع.



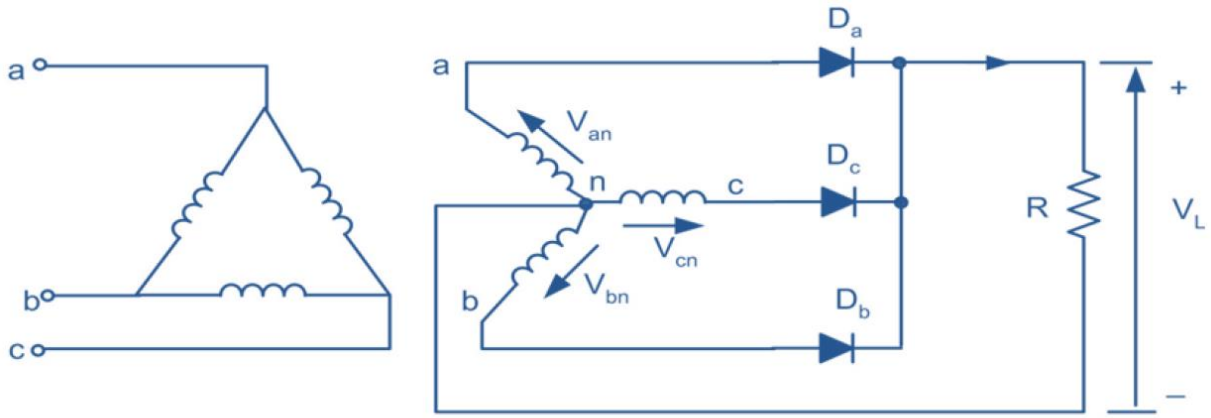
(a) circuit diagram



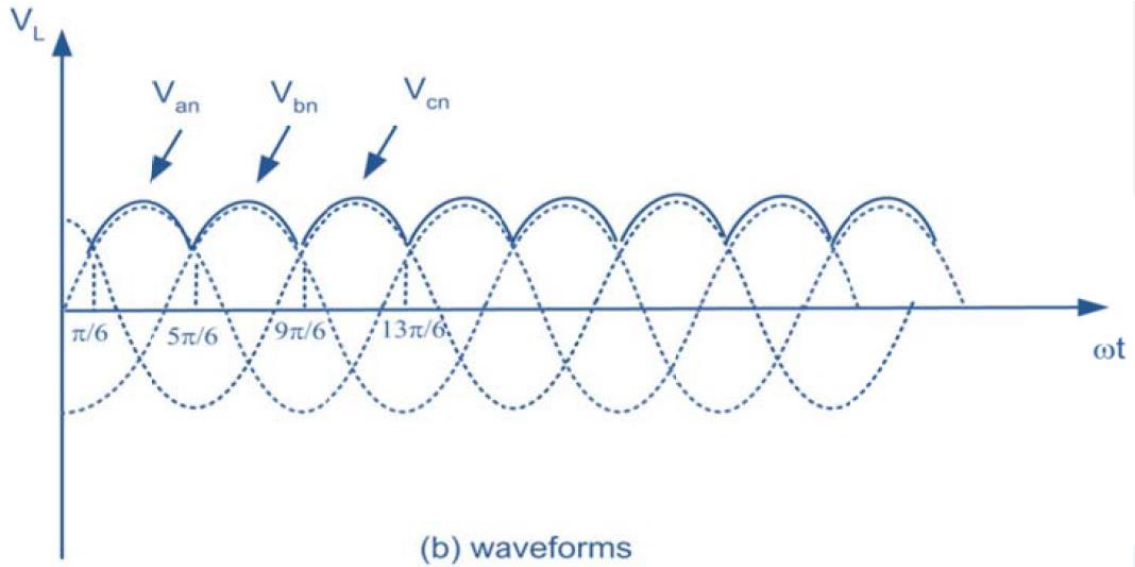
(b) waveforms

الدايود Da يوصل تياراً في الفترة من $\pi/6$ إلى $5\pi/6$ وذلك عندما يكون جهد V_a أعلى من جهد الطورين الآخرين V_c و V_b، ويوصل الدايود D_b عندما يكون الجهد V_b أعلى من جهد الطورين الآخرين، وبالمثل يوصل الدايود D_c عندما يكون جهد V_c أعلى من جهد الطورين الآخرين.

يظهر من شكل موجات الخرج أن كل دايود يبقى بحالة وصل مقدار 120^o $(2\pi/3)$.



(a) circuit diagram



(b) waveforms

يمكن حساب القيمة المتوسطة لجهد الحمل من العلاقة:

$$V_{av} = \frac{1}{2\pi/3} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} V_m \cdot \sin \omega t \cdot d(\omega t)$$

$$V_{av} = \frac{3\sqrt{3} \cdot V_m}{2\pi} = 0.827 \cdot V_m$$

تحسب القيمة المتوسطة لتيار الحمل، من العلاقة:

$$I_{av} = \frac{V_{av}}{R} = \frac{0.827 \cdot V_m}{R}$$

تحسب الاستطاعة المستهلكة في الحمل (استطاعة الخرج) من العلاقة:

$$P_{0(av)} = V_{av} \cdot I_{av}$$

يتم حساب القيمة الفعالة للجهد والتيار كما يلي:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{\frac{2\pi}{3}} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} (V_m \cdot \sin \omega t)^2 \cdot d(\omega t} = 0.84068 \cdot V_m$$

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} = \frac{0.84068 \cdot V_m}{R}$$

يمكن حساب الاستطاعة المستجرة من المنبع (استطاعة الدخل) من العلاقة: $P_{in} = V_{rms} \cdot I_{rms}$

معادلات الأداء لدارة تقويم نصف الموجة الثلاثية الأطوار:

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

$$\eta = \frac{P_{0(av)}}{P_{in}} \times 100 = 96.8\%$$

$$FF = \frac{V_{rms}}{V_{av}} = 1.017$$

$$RF = \sqrt{FF^2 - 1} = 0.185 = 18.5\%$$

$$TUF = 0.6643 = 66.43\%$$

مسألة:

دارة تقويم تيار متناوب ثلاثي الأطوار، موجة كاملة، غير مقادة، فإذا كانت القيمة العظمى لجهد الطور تساوي 150V بتردد 50Hz، وكانت قيمة الحمل الموصول مع الدارة 100Ω. المطلوب:

1. **ارسم الدارة الكهربائية للمقوم.**
2. **احسب القيمة الفعالة لجهد منبع التغذية.**
3. **ارسم كل من إشارة جهد المنبع، وإشارة جهد الحمل.**
4. **احسب قيمة كل من:**

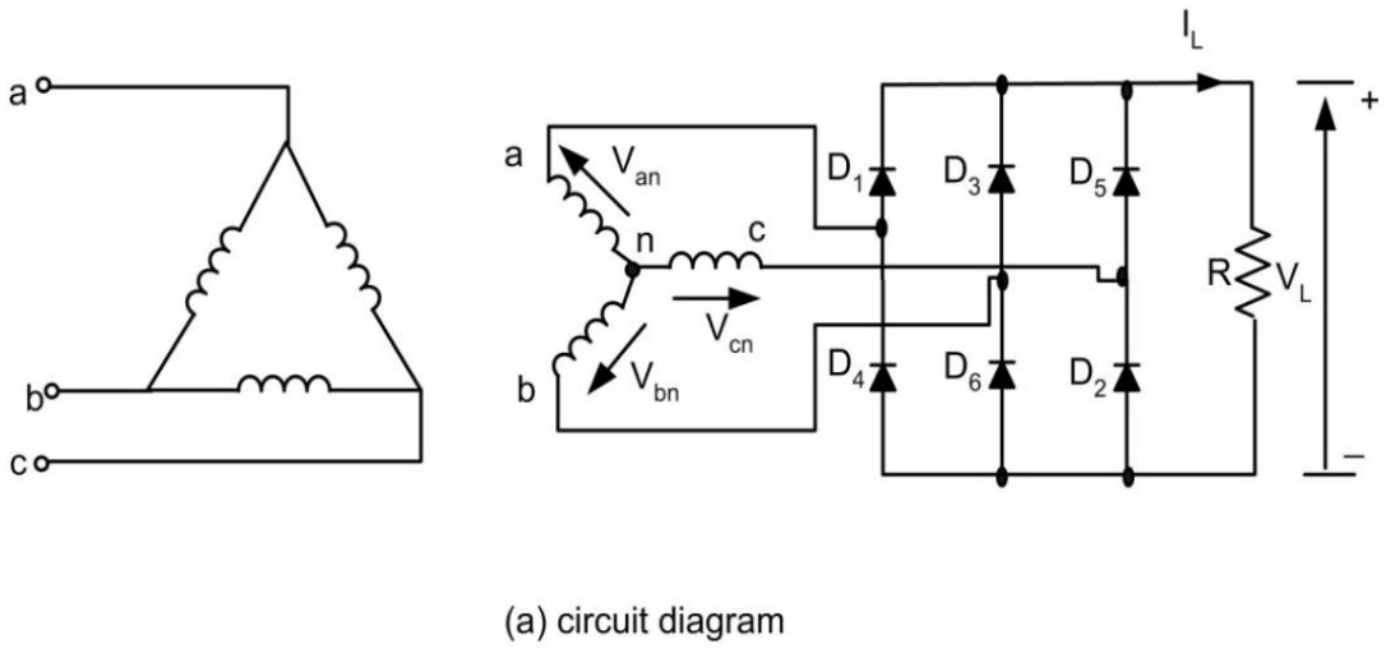
$$V_{rms(out)} , I_{rms(out)} , V_{av} , I_{av} , FF , RF , P_{dc} , P_{ac} , \eta , f_{out} , PIV$$

Three-phase Bridge Rectifier

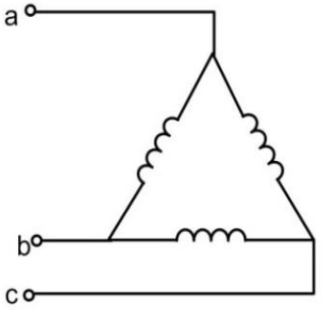
دارة التقويم الجسرية الثلاثية الأطوار:

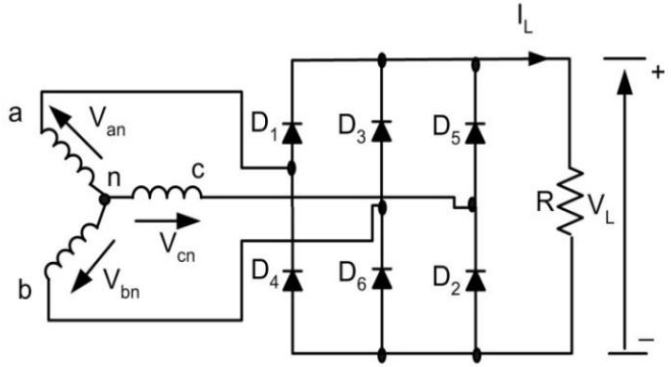
تستخدم دارة التقويم الجسرية الثلاثية الأطوار في معظم التطبيقات ذات الاستطاعات العالية، حيث تعطي جهداً وقدرة أعلى من دارة تقويم نصف الموجة، وهي تعد دارة تقويم موجة كاملة.

يبين الشكل ترتيب الدايودات لتشكل جسر التقويم الثلاثي الأطوار، ويكون توصيل التيار في الدايودات وفق التتابع التالي: D1D2 , D2D3 , D3D4 , D4D5 , D5D6 , D6D1



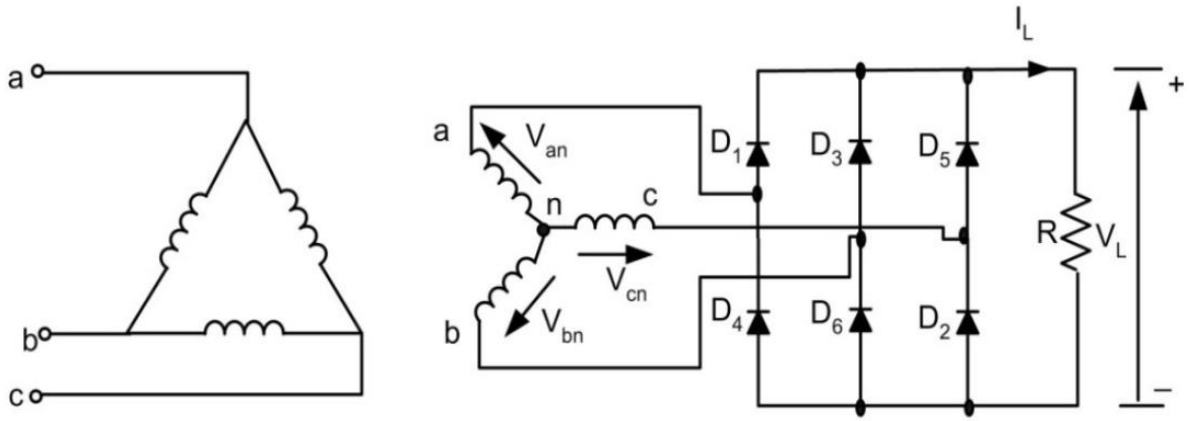
(a) circuit diagram



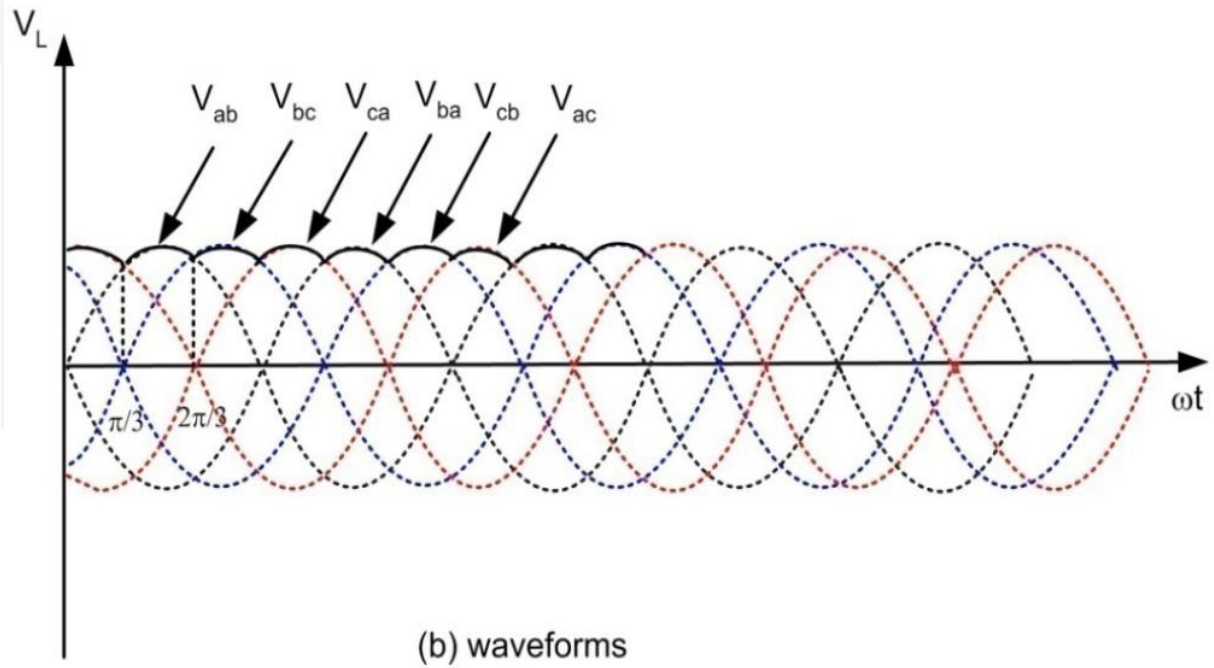


- ✓ يتم تغذية دارة التقويم من منبع ثلاثي الأطوار، أي أن ثانوي المحول يكون موصول بشكل Δ أو Y.
- ✓ الجهد المطبق على الحمل هو جهد الخط (طور-طور).
- ✓ يتصل اثنين من الدايودت بكل طور من الأطوار الثلاثة، وبالتالي يوجد 6 دايودات في هذه الدارة، تتوزع على أذرع ثلاثة، كل ذراع عليها دايودين يتم توصيل طرف المنبع المتناوب بينهما.
- ✓ يكون اثنين من الدايودات في حالة توصيل (دايود من المجموعة العليا، ودايود من المجموعة السفلى من ذراع أخرى)، بينما الدايودات الأربعة المتبقة فتكون في حالة انحياز عكسي.
- ✓ الدايودان اللذان يكونان في حالة توصيل هما اللذان يكونان على اتصال بجهد الخط الذي يكون أعلى جهد من الخطين الآخرين.
- ✓ فترة عمل كل دايود عبارة عن 120° (2π/3 rad)، بحيث يعمل الدايود 60° مع دايود آخر، ويكمل الـ 60° الأخرى مع دايود جديد.
- ✓ تتم عملية التبديل بين كل دايودين عند نقاط تقاطع قيم الجهد لكل طورين متتابعين.
- ✓ خلال دور واحد من أدوار جهود المنبع نحصل على 6 نبضات كهربائية على خرج دارة التقويم، لذلك تسمى هذه الدارة بدارة مقوم 6 نبضات.
- ✓ تردد إشارة الخرج يساوي 6 أضعاف تردد إشارة الدخل.

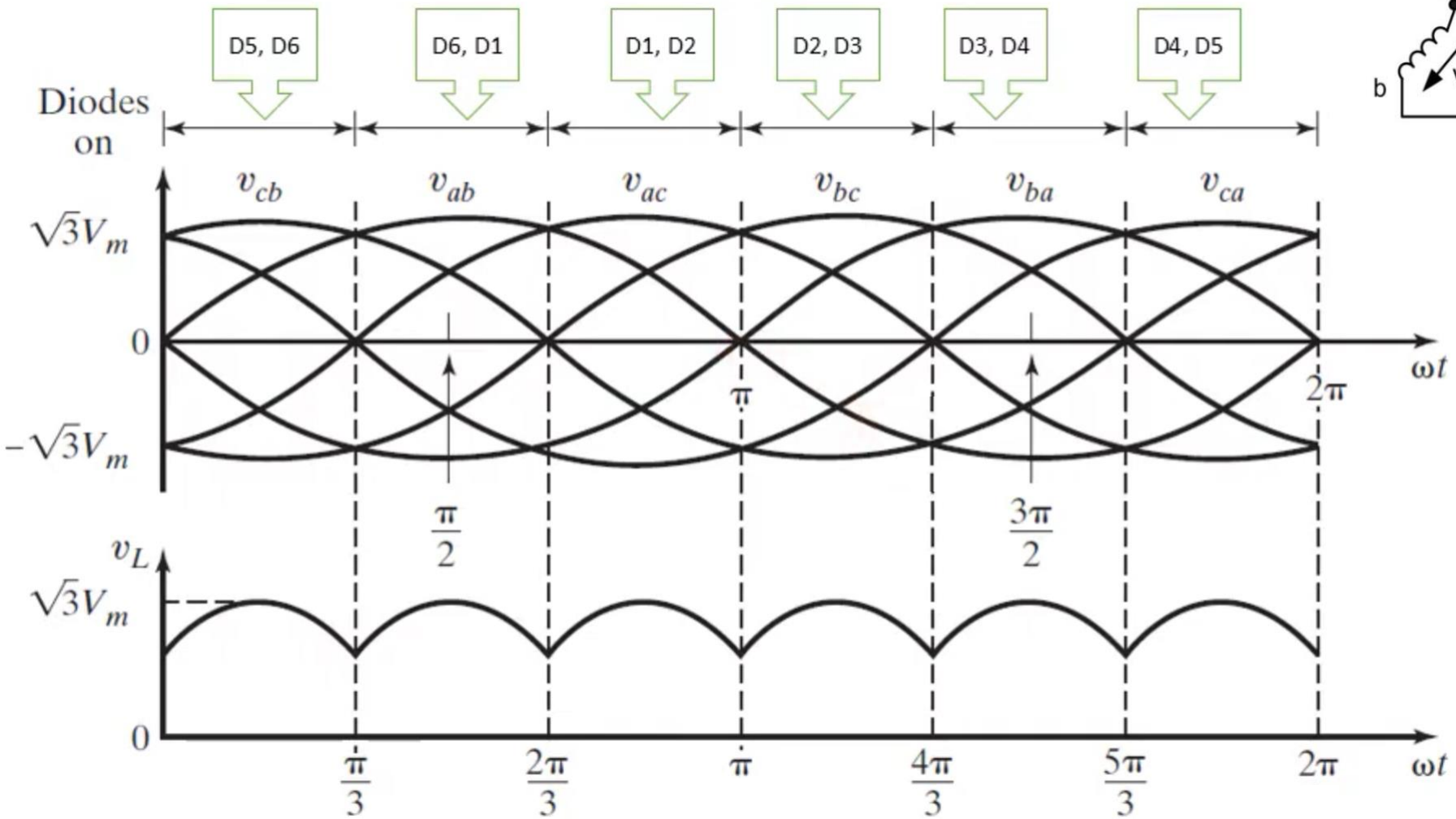
يبين الشكل موجات الجهد على خرج الدارة.

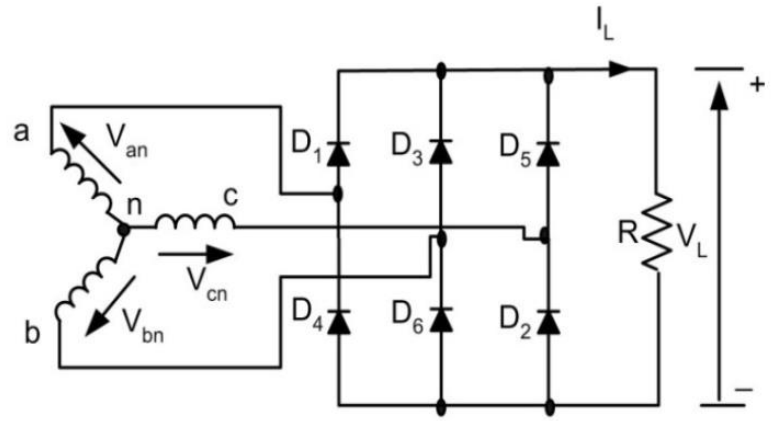


(a) circuit diagram



(b) waveforms


D5, D6
D6, D1
D1, D2
D2, D3
D3, D4
D4, D5
Diodes on
v_{cb}
v_{ab}
v_{ac}
v_{bc}
v_{ba}
v_{ca}
$\sqrt{3}V_m$
0
$-\sqrt{3}V_m$
ωt
π
2π
$\frac{\pi}{2}$
$\frac{3\pi}{2}$
v_L
$\sqrt{3}V_m$
0
$\frac{\pi}{3}$
$\frac{2\pi}{3}$
π
$\frac{4\pi}{3}$
$\frac{5\pi}{3}$
2π
ωt


I_L
a
V_{an}
n
c
V_{cn}
b
V_{bn}
D_1
D_3
D_5
D_4
D_6
D_2
R
V_L
+
–

يمكن اعتبار الجسر عبارة عن دارتي تقويم نصف موجة متصلتين على التسلسل، وبالتالي يكون الجهد الخارج من الجسر مساوٍ لضعف الجهد الخارج من دارة التقويم نصف الموجة. تعطى القيمة المتوسطة للجهد الخارج من الجسر بالعلاقة التالية:

$$V_{av} = \frac{1}{\pi/3} \int_{\pi/3}^{2\pi/3} \sqrt{3} \cdot V_m \cdot \sin \omega t \cdot d(\omega t)$$

$$V_{av} = \frac{3\sqrt{3} \cdot V_m}{\pi} = 1.654 \cdot V_m$$

تحسب القيمة المتوسطة لتيار الحمل، من العلاقة:

$$I_{av} = \frac{V_{av}}{R} = \frac{1.654 \cdot V_m}{R}$$

تحسب الاستطاعة المستهلكة في الحمل (استطاعة الخرج) من العلاقة:

$$P_{0(av)} = V_{av} \cdot I_{av}$$

يتم حساب القيمة الفعالة للجهد والتيار كما يلي:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{\frac{2\pi}{6}} \int_{\pi/3}^{2\pi/3} (V_m \cdot \sin(\omega t))^2 \cdot d(\omega t} = 1.655 \cdot V_m$$

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} = \frac{1.655 \cdot V_m}{R}$$

يمكن حساب الاستطاعة المستجرة من المنبع (استطاعة الدخل) من العلاقة: $P_{in} = V_{rms} \cdot I_{rms}$

معادلات الأداء لدارة تقويم نصف الموجة الثلاثية الأطوار:

$$V_{ac} = \sqrt{V_{rms}^2 - V_{av}^2} = 0.0575 \cdot V_m$$

$$\eta = \frac{P_{0(av)}}{P_{in}} \times 100 = 99.83\%$$

$$FF = \frac{V_{rms}}{V_{av}} = 1.0008 = 100.08\%$$

$$RF = \sqrt{FF^2 - 1} = 0.04 = 4\%$$

$$TUF = 0.9542 = 95.42\%$$