القالبة الجسرية ثلاثية الطور

جامعة المنارة الدكتور نسمت أبو طبق

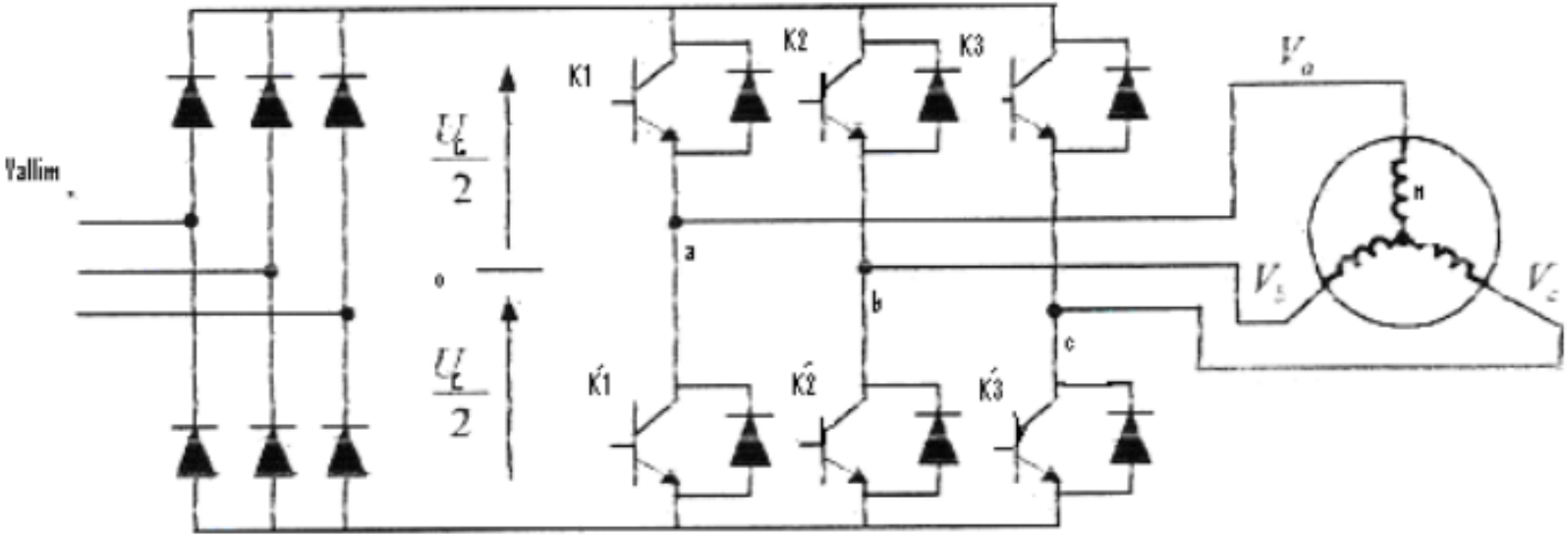
مقرر أتمتة صناعية

٢٠١٩-٢٠٢٠

تشكيل القالبة ثلاثية الطور الجسرية

قالبات ثلاثية الطور

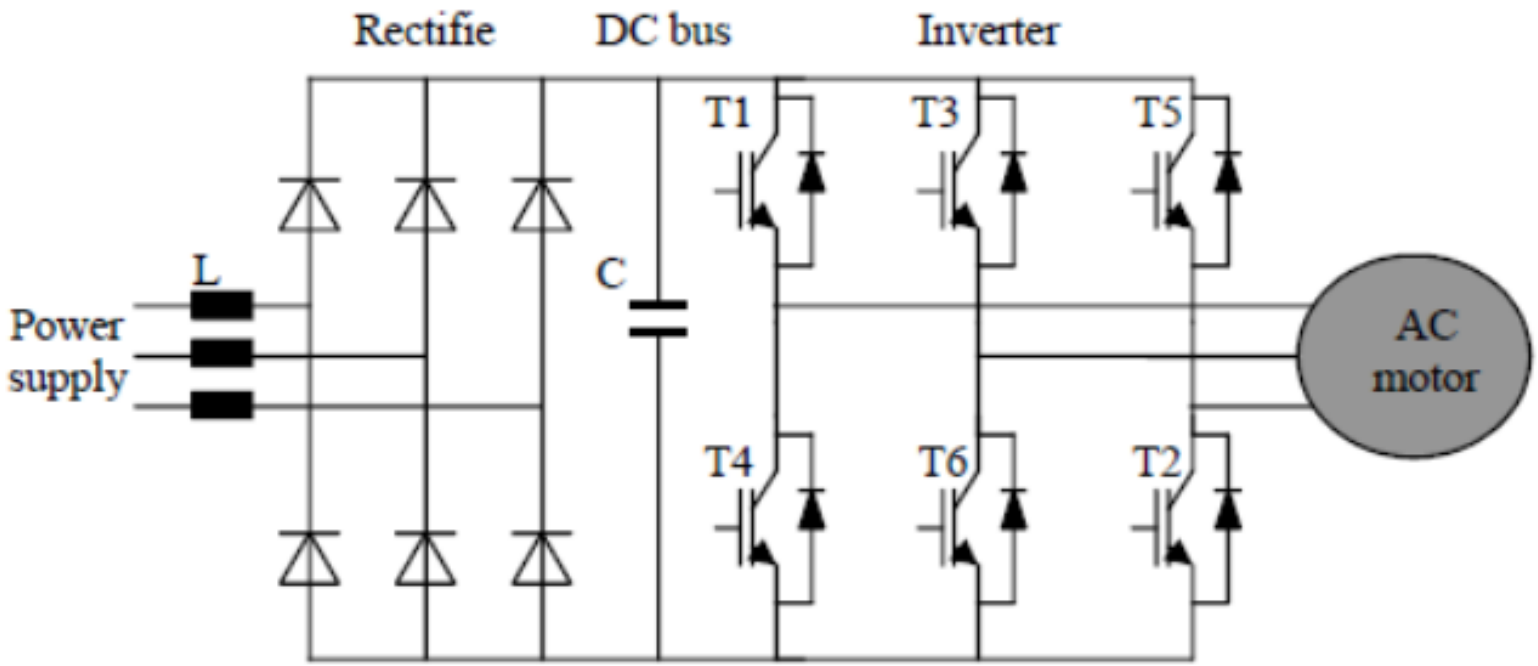
يوضح الشكل (14-) القالبة الجسرية ثلاثية الطور موصلة إلى محرك ملفاته موصلة بشكل نجمي (Star).



الشكل (14-) مبدلة ثلاثية الطور تتألف من مقوم و قالبة

تسمى القالبة هنا بذات الـ 6 مفاتيح. تحتوي ستة ترانزيستورات أو ثايرستورات و ستة ديودات. يتم الحصول على الجهد المستمر الوسيطي بواسطة مقوم ديودي جسري ثلاثي الطور يتغذى من منبع متناوب ثابت التردد و الجهد. لضمان استمرارية تيار الحمل و عدم قصر المنبع تعمل المفاتيح العلوية (upper) و هي K_1, K_2, K_3

فيما بينها بزاوية $\omega t = 120^\circ$ و بالتكامل مع المفاتيح السفلية (lower) K_1', K_2', K_3' . أي أن الزاوية بينها و بين العلوية 180°. أي أن مفتاحين على ذراع واحد لا يوصلان سوية. يمكن أيضاً أن نصادف ترتيب آخر للمفاتيح كما في الشكل (15-).



الشكل (15-) مبدلة ثلاثية الطور تضم مقوم ديودي جسري و قالبة ثلاثية الطور جسرية

يلاحظ في الشكل (14-) أن الجهد المستمر مقسم إلى نصفين بما يسمى نقطة الوسط للمنبع المستمر و ترمز بـ o. حيث تقاس الجهود في الأطوار a,b,c بالنسبة لهذه النقطة أي v_{ao}, v_{bo}, v_{co}. كمثال على ذلك $v_{ao} = \frac{U}{2}$ عندما يكون K_1 موصلاً و $v_{ao} = -\frac{U}{2}$ عندما يكون K_1 في حالة فصل (K_1' في حالة توصيل).

مبدأ عمل القالبة الجسرية ثلاثية الطور

مبدأ عمل القالبة ثلاثية الطور

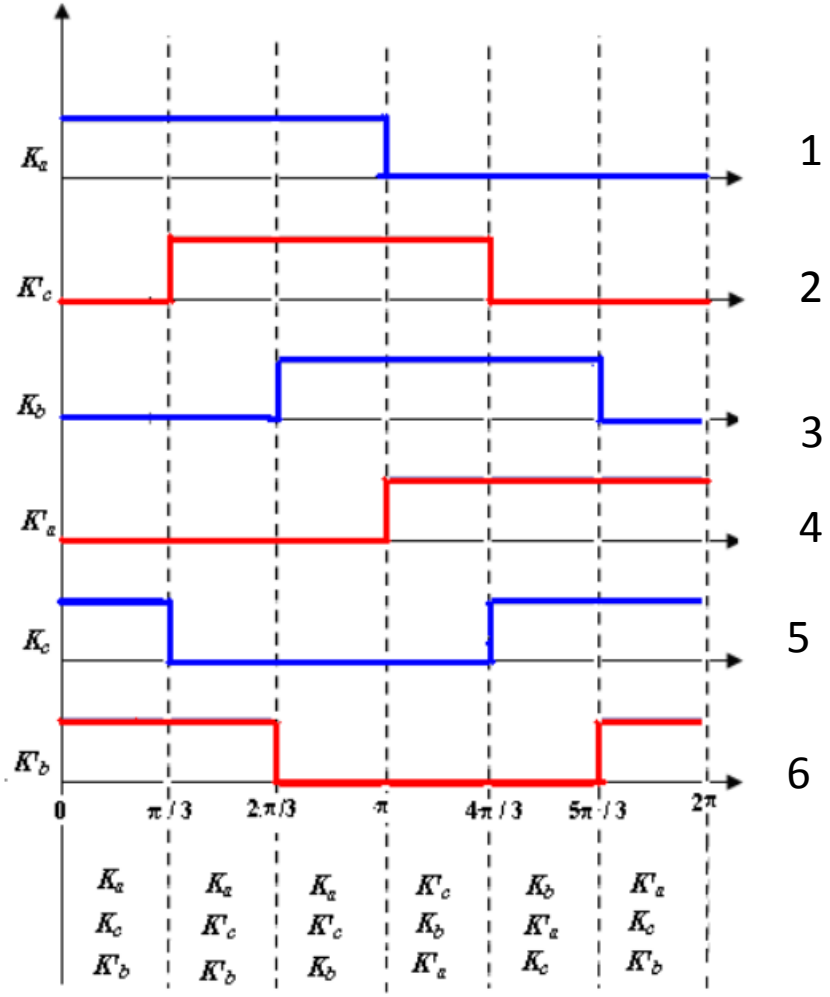
لا تعمل المفاتيح في القالبة بشكل عشوائي و إنما وفق قانون زمني محدد ينظم عمل المفاتيح على فترات زمنية محددة بدقة. يوجد عدة طرق للتحكم بعمل القالبة و تسمى استراتيجيات التبديل. في الترددات المنخفضة يتم التحكم بطريقة الموجة الكاملة يكون تردد إشارة التحكم من نفس تردد إشارة الجهد المرغوب على الخرج و يجب أن يكون الجهد المستمر متحكماً به. في الترددات العالية يتم التحكم بالقالبة بطريقة تعديل عرض النبضة. تسمح الطريقة الأخيرة بالتحكم بمطال و تردد جهد الخرج شرط أن يكون جهد الدخل المستمر ثابتاً.

إذن من أجل الحصول على خرج القالبة على جهد قريب من الجيبي يوجد عدة كرق في التحكم ندرس منها:

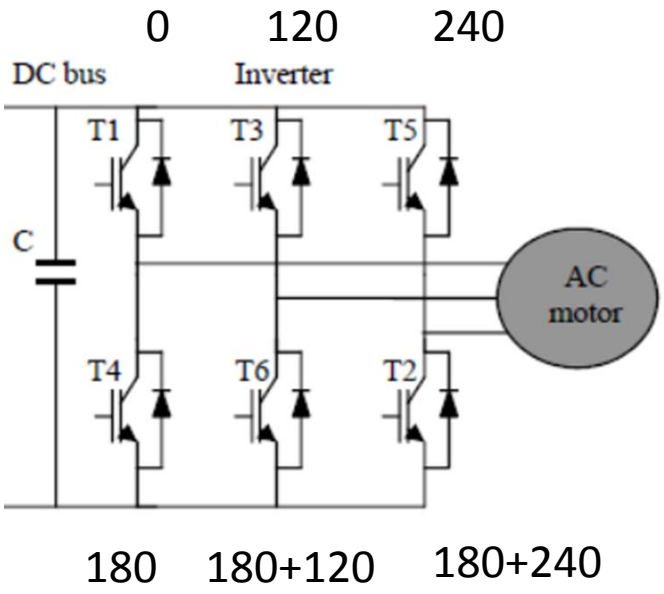
- طريقة الموجة الكاملة
- التحكم الجيبي المثلثي
- التحكم بواسطة عروة البطاء
- التحكم الشعاعي بعرض النبضة

أولاً- التحكم بالموجة الكاملة

يسمى أيضاً العمل على ست خطوات (six steps). إن فهم هذه الطريقة يسهل علينا كثيراً فهم الطرق الأخرى لذلك سنتناولها بشيء من التفصيل. في هذا النوع من التحكم يوصل كل مفتاح (ثايرستور) خلال مدة زمنية تعادل 180°. يوجد ستة أنماط عمل في كل دورة 360° حيث يدوم كل نمط 60°. ترقم الثايرستورات بحيث تتلقى نبضات بانزياح 60° كما في الشكل (16-).



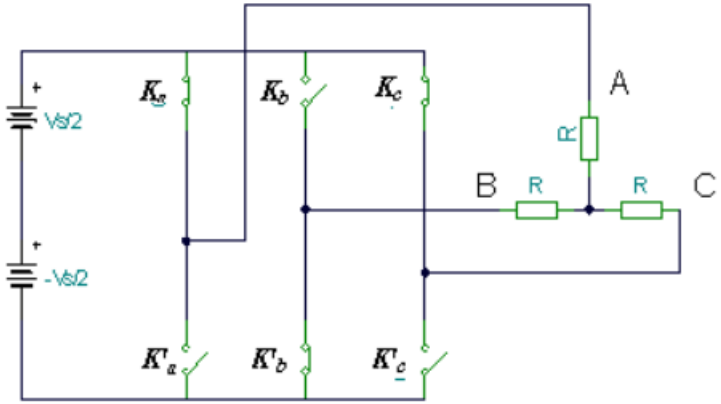
الشكل (16-) التحكم بالموجة الكاملة (180)



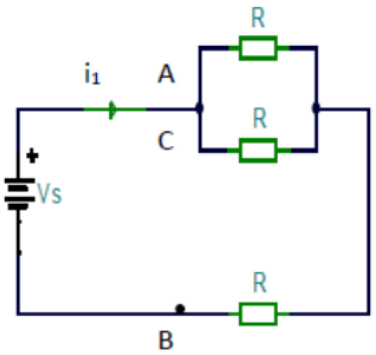
الفرق بين كل ثايرستورين متتاليين ٦٠ درجة

النمط 1 مجال الزاوية محصور بين $\omega t = 0 \rightarrow 60^\circ$

المفاتيح الموصلة هي K_a , K_c , K'_b كما في الشكل (-17) الذي يبين الدارة الكهربائية الناتجة عن هذا النمط.



الشكل (-17) النمط 1



الشكل (-18) الدارة الكهربائية المبسطة

يمكن حساب الجهد و التيار حسب التحليل الرياضي التالي:
المقاومة المكافئة، التيار الكلي، جهود الأطوار في الحمل.

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{2}{R} \Rightarrow R' = \frac{R}{2}$$

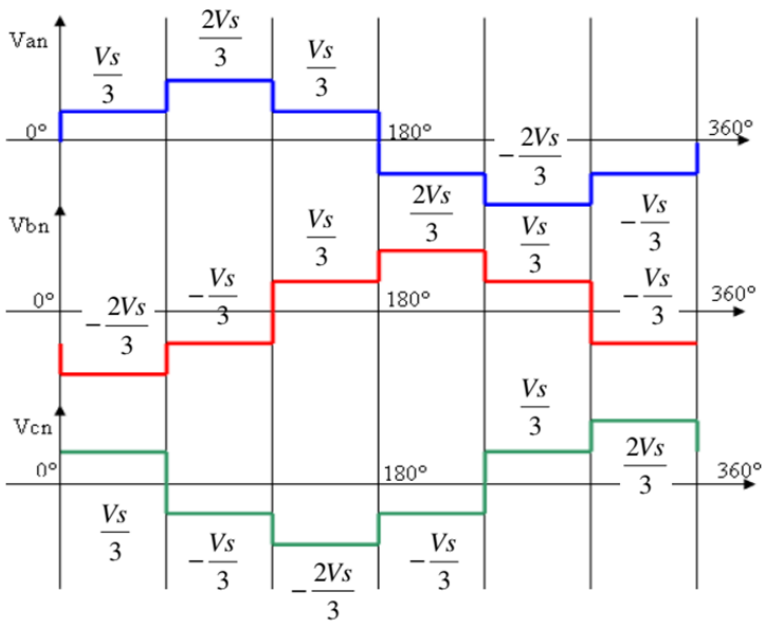
$$Req = R' + R = \frac{3}{2}R$$

$$i_1 = \frac{V_S}{Req} = \frac{2V_S}{3R}$$

$$Van = Vcn = i_1 \frac{R}{2} = \frac{Vs}{3}$$

$$Vbn = -i_1 \cdot R = \frac{-2Vs}{3}$$

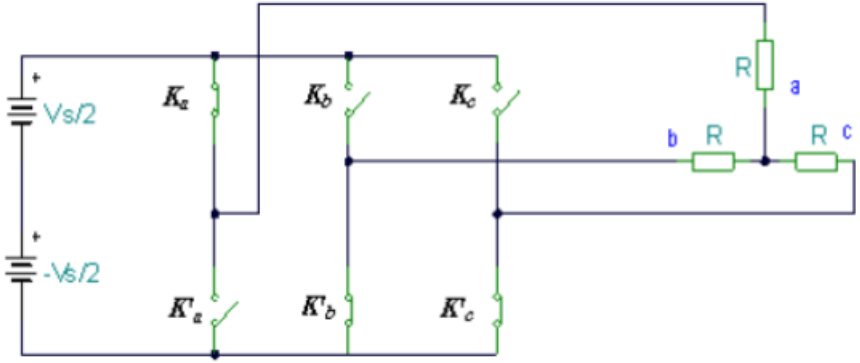
قمنا بمعالجة 3 أنماط لتغطية نصف موجة و يمكن بطريقة مشابهة معالجة الأنماط الثلاث المتبقية لتغطية كامل الموجة. بالتالي يمكن الحصول بعد تجميع النتائج في منحنيات على الشكل (-23).



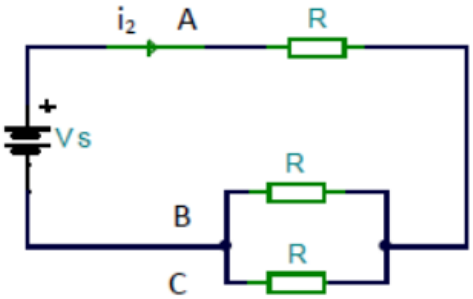
الشكل (23) الجهود الطورية على خرج القالبة

النمط 2 مجال الزاوية $\omega t = 60^\circ \rightarrow 120^\circ$

المفاتيح الموصلة K_a , K'_c , K'_b موضحة بالشكل (-19).

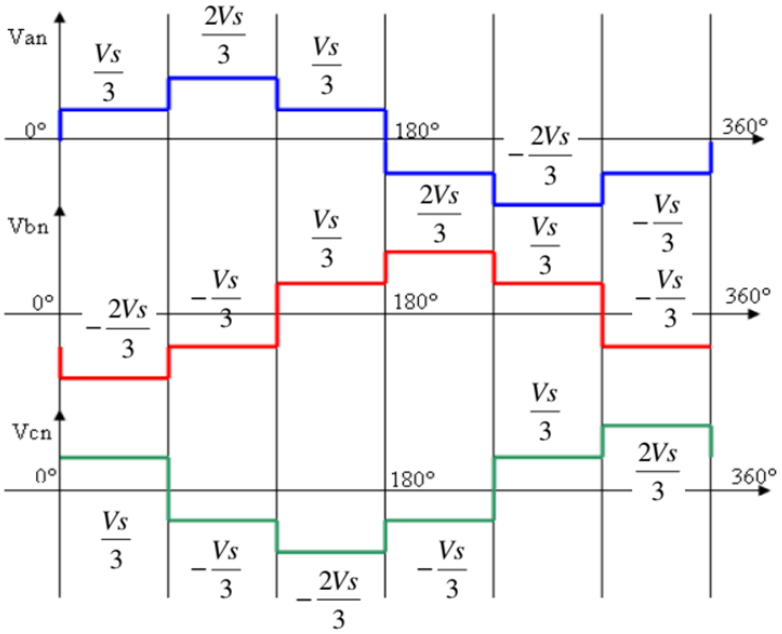


الشكل (19) النمط 2



الشكل (-20) الدارة الكهربائية المبسطة

قمنا بمعالجة 3 أنماط لتغطية نصف موجة و يمكن بطريقة مشابهة معالجة الأنماط الثلاث المتبقية لتغطية كامل الموجة. بالتالي يمكن الحصول بعد تجميع النتائج في منحنيات على الشكل (-23).



الشكل (23) الجهود الطورية على خرج القالبة

$$R_{eq} = \frac{R}{2} + R = \frac{3}{2}R$$

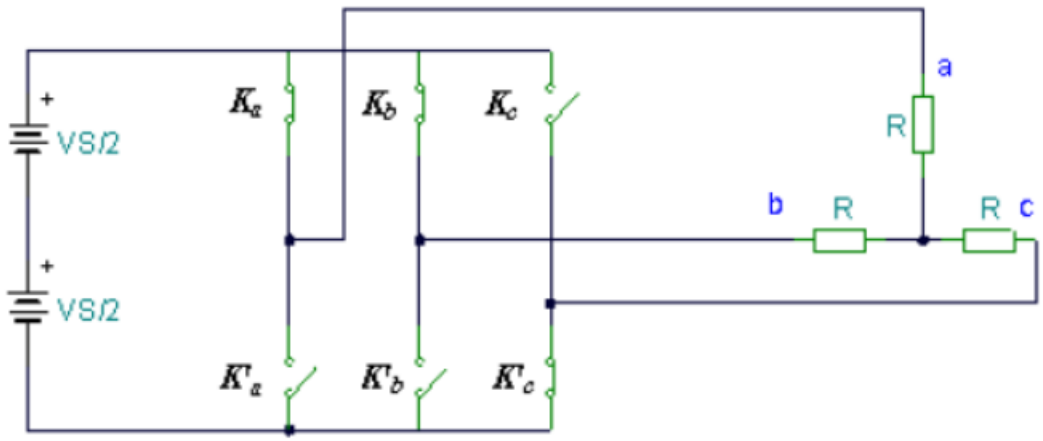
$$i_2 = V_S / R_{eq} = 2Vs / 3R$$

$$Van = i_2 \cdot R = 2Vs / 3$$

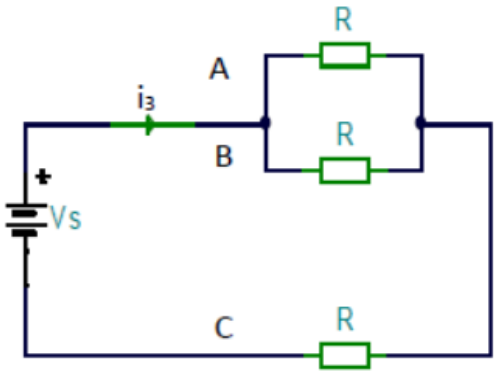
$$Vbn = Vcn = -i_2 \cdot R / 2 = -Vs / 3$$

النمط 3 مجال الزاوية $\omega t = 120^\circ \rightarrow 180^\circ$

المفاتيح الموصلة K_a, K'_c, K_b كما هو موضح بالشكل (21-).

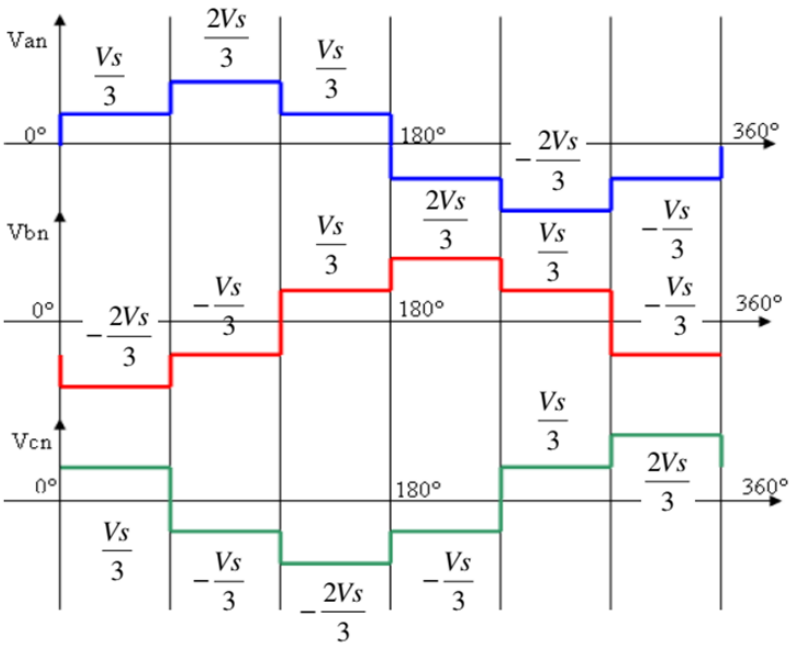


الشكل (21-) النمط 3



الشكل (22-) الدارة الكهربائية المبسطة

قمنا بمعالجة 3 أنماط لتغطية نصف موجة و يمكن بطريقة مشابهة معالجة الأنماط الثلاث المتبقية لتغطية كامل الموجة. بالتالي يمكن الحصول بعد تجميع النتائج في منحنيات على الشكل (23-).



الشكل (23) الجهود الطورية على خرج القالبة

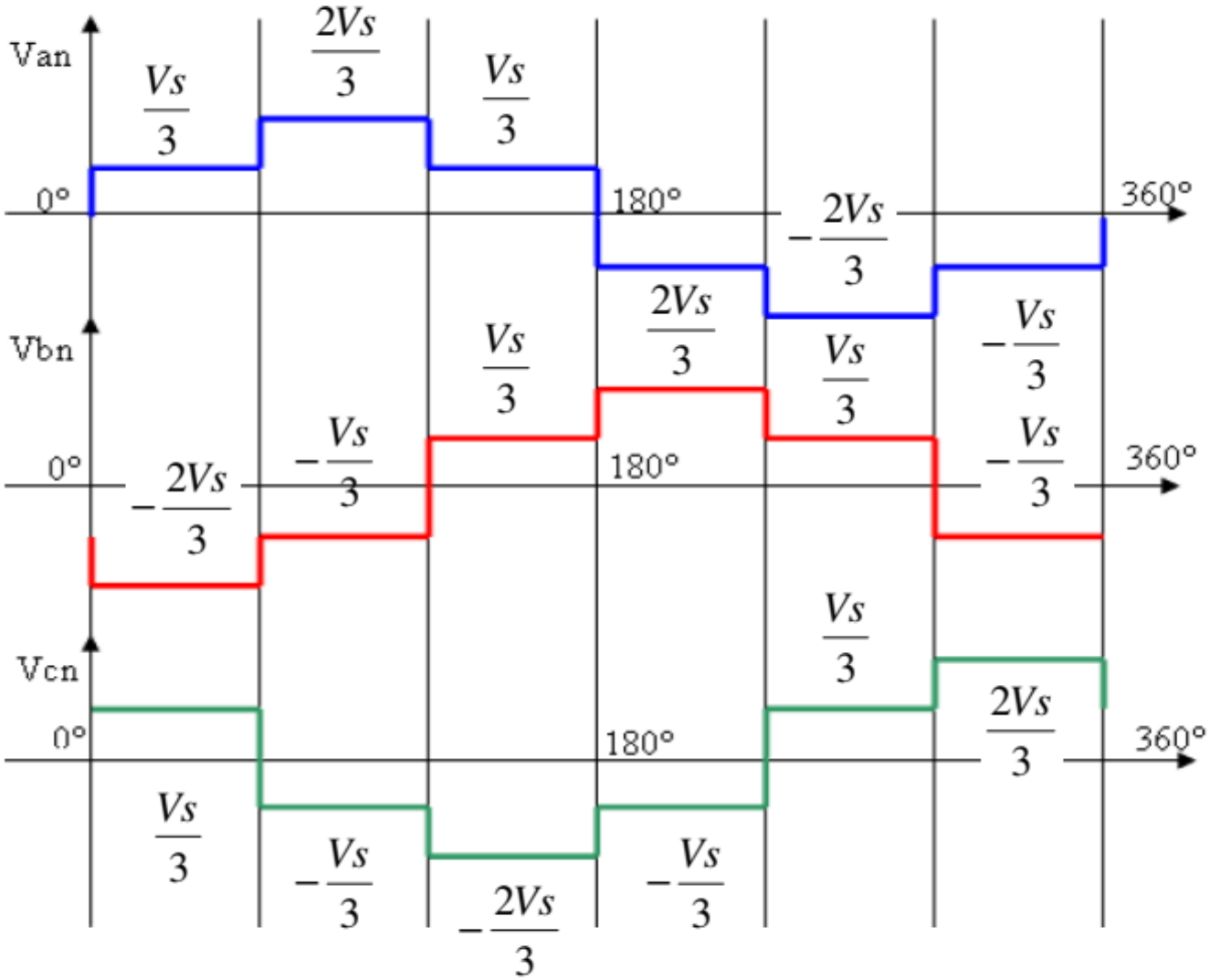
$$R_{eq} = \frac{R}{2} + R = \frac{3}{2}R$$

$$i_3 = V_S / R_{eq} = 2Vs / 3R$$

$$Van = Vbn = i_3 \cdot R_{eq} = Vs / 3$$

$$Vcn = -i_3 \cdot R = -2Vs / 3$$

قمنا بمعالجة 3 أنماط لتغطية نصف موجة و يمكن بطريقة مشابهة معالجة الأنماط الثلاث المتبقية لتغطية كامل الموجة. بالتالي يمكن الحصول بعد تجميع النتائج في منحنيات على الشكل (23-).



الشكل (23) الجهود الطورية على خرج القالبة

القيمة الفعالة

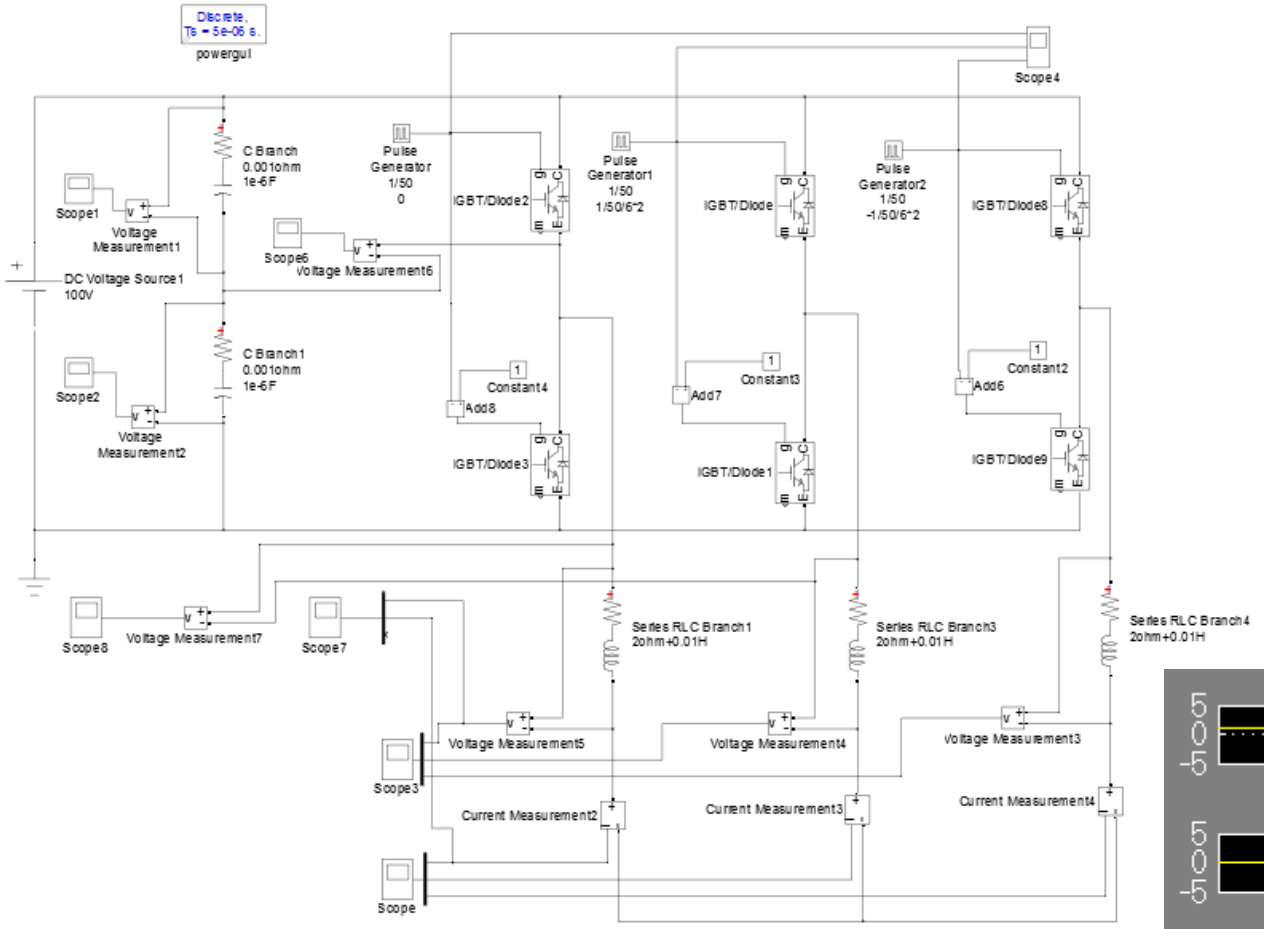
القيمة الفعالة للجهد المركب (بين طورين)

$$V = \left[\frac{2}{2\pi} \int_0^{\infty} Vs^2 \, dwt \right]^{1/2} = 0.81 \text{ Vs}$$

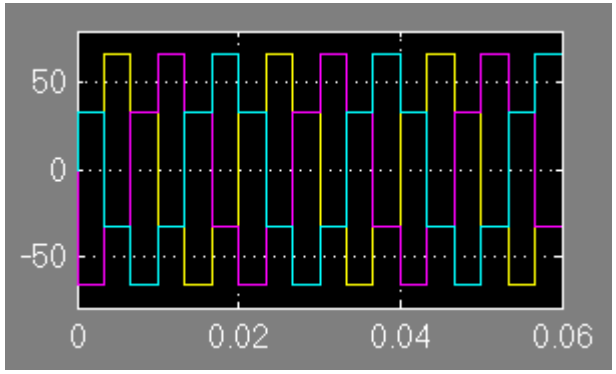
بما أن خرج القالبة ليس جيبياً صرفاً يعني أنه يحوي توافقيات تسبب ضياعات إضافية في النظام و تسبب عزم عند تردد منخفض و تذبذب في سرعة الدوران للآلة التحريضية. إن طريقة التعديل الجيبي المثلثي تفيد في تخفيض التوافقيات من طريق:

- تغيير تردد جهد القالبة
- إزالة مجموعة من توافقيات الجهد

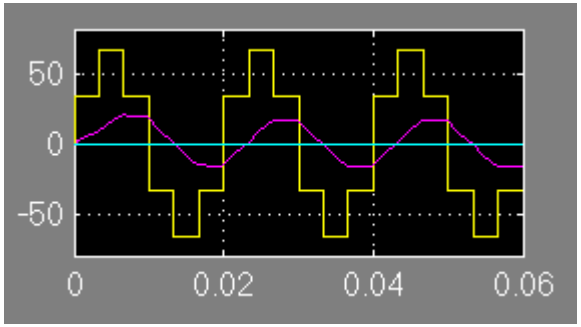
التعديل بالموجة الكاملة



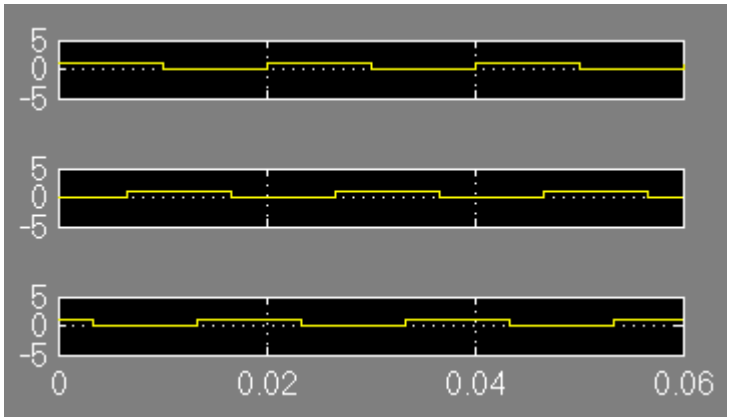
جهود الأطوار



جهد وتيار الطور

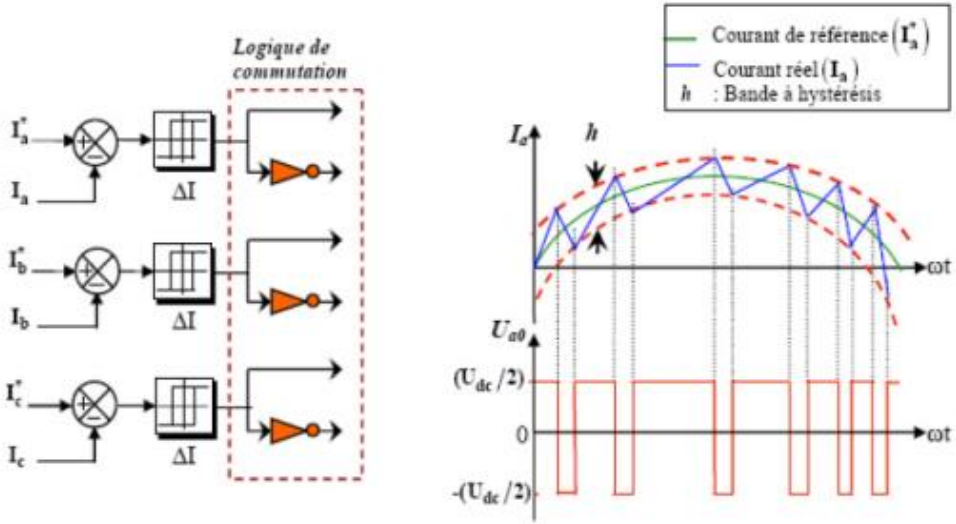


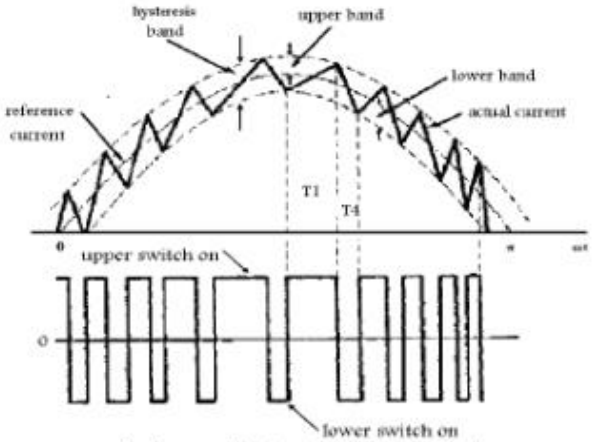
نبضات القدح للمفاتيح العلوية



التعديل باستخدام عروة بطاء التيار

يوضح الشكل (44-) مبدأ العمل في التعديل باستخدام عروة البطاء لنظام ثلاثي الطور.

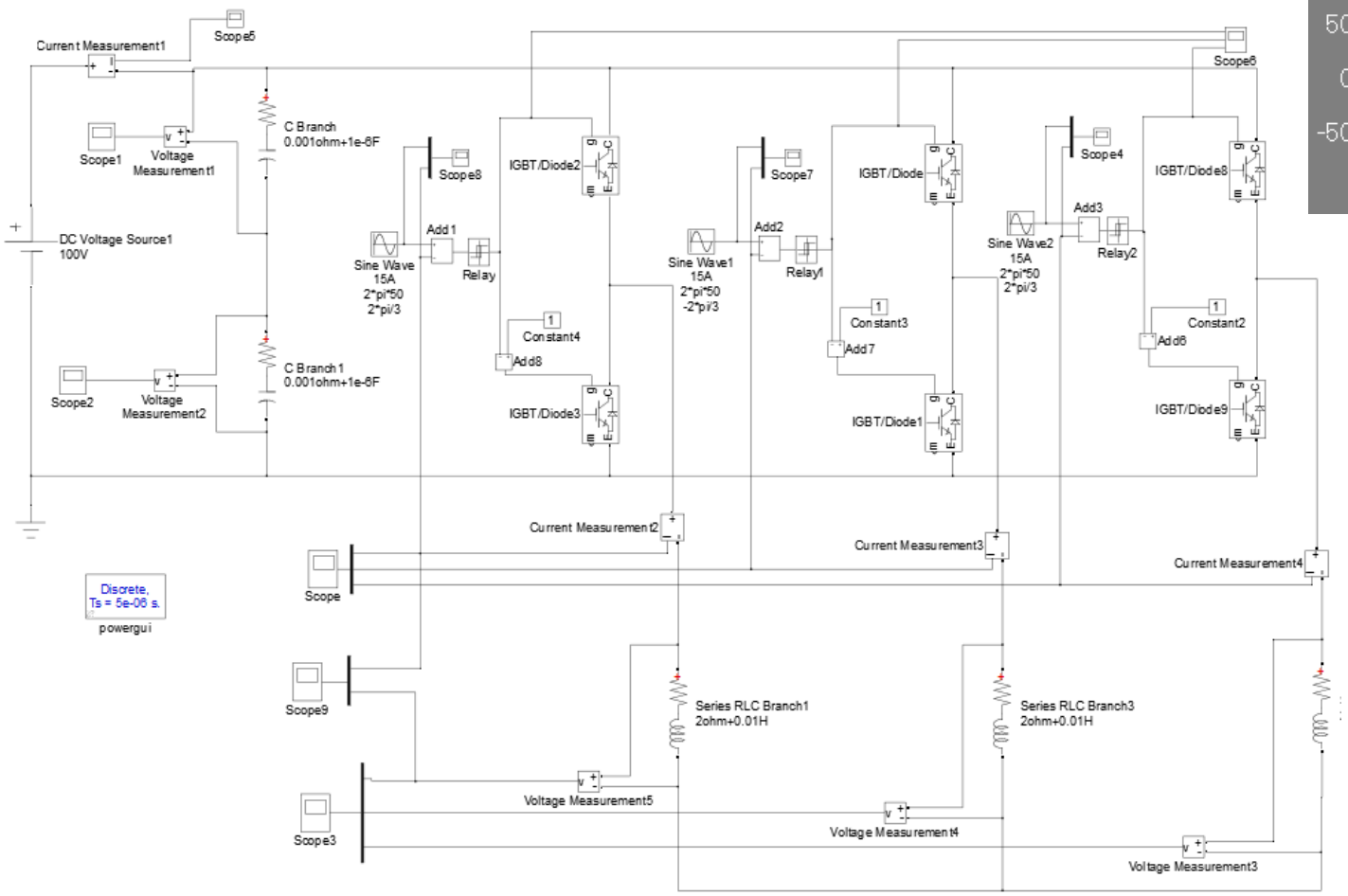


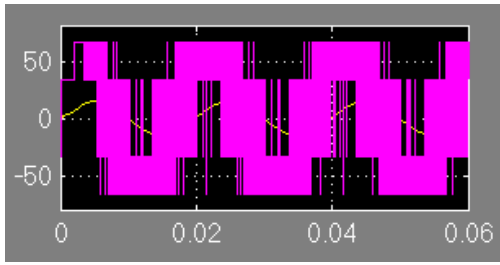


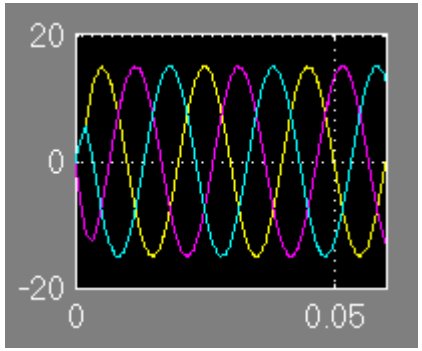
الشكل (44-) التحكم بواسطة عروة البطاء

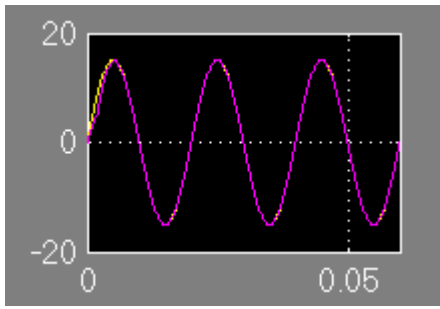
يقارن تيار المرجع (reference current) للطور مع تيار الطور المقاس (actual) فينتج خطأ التيار (error current) الذي عندما يتجاوز تيار الخطأ عرض النطاق لعروة البطاء (Hysteresis band) يفصل القاطع العلوي (upper switch) في نصف الجسر الموافق للطور المعني و يوصل القاطع السفلي (lower switch).
عندما ينخفض خطأ التيار تحت عرض العروة يحصل فصل و وصل معاكس للحالة السابقة.
يختار عرض العروة بحيث لا يتجاوز تردد الفصل و التوصيل التردد المقبول لأنصاف النواقل المتحكم بها و لتقليل توافقيات التيار قدر الإمكان.

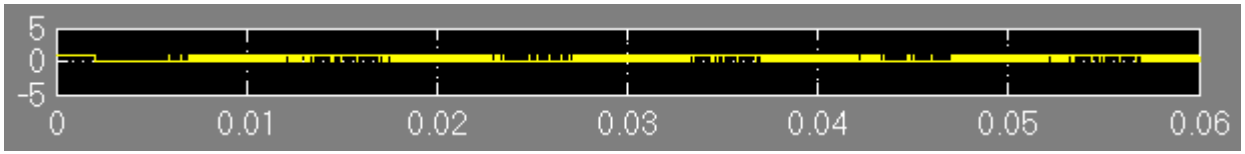
التعديل باستخدام عروة بطاء التيار





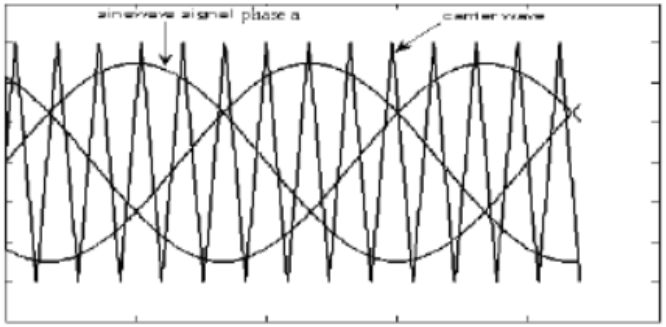




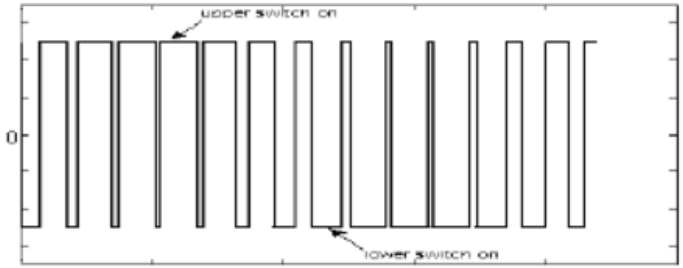


التعديل الجيبي المثلثي

أما الشكل (32-) فيبين الإشارات الجيبية ثلاثية الطور المرجعية و الإشارة المثلثية و إشارة النبضات على الطور a حيث النبضات الموجبة تحدد فترة توصيل K_1 و النبضات السالبة فترة توصيل $K_1^{'}$.



(a) sine wave and carrier signals

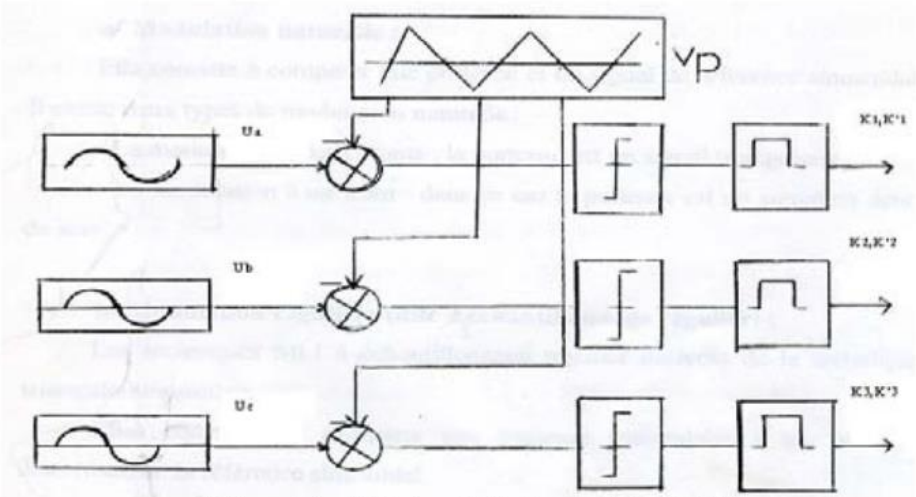


(b) states of switches of phase a

الشكل (32) مبدأ توليد النبضات في التعديل الجيبي المثلثي

تتحدد لحظات التبديل بنقاط التقاطع بين الإشارة المرجعية و الإشارة المثلثية أي أن تردد عمل المفاتيح يتعلق بالإشارة المثلثية الحاملة.

في النظام الثلاثي الطور يوجد 3 إشارات مرجعية جيبية من نفس التردد مزاحة عن بعضها بـ $2\pi/3$ راديان أو 120° كهربائية كما يوضح الشكل (25-) التالي.



الشكل (25-) توليد نبضات المفاتيح بطريقة التعديل الجيبي المثلثي

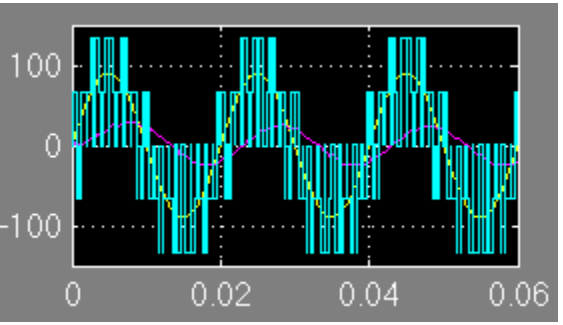
من الشكل (25-) و عندما يكون المرجع أعلى من الحامل تعطى نبضة (on) للمفتاح العلوي المرتبط و في الحالة المعاكسة (off) تعطى نبضة للمفتاح السفلي من نفس الذراع.

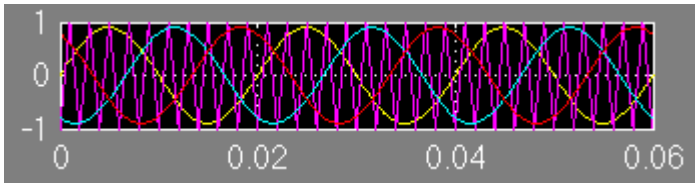
يمكن تلخيص مبدأ هذه الطريقة بالعلاقة التالية

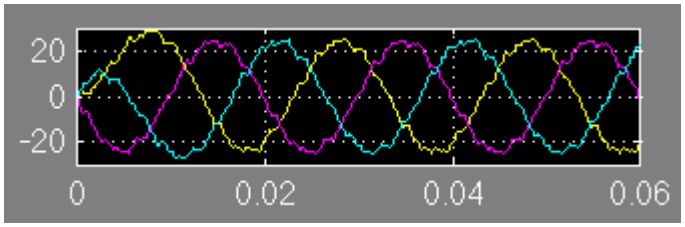
$$U_r \geq U_p \Rightarrow s(t) = 1$$

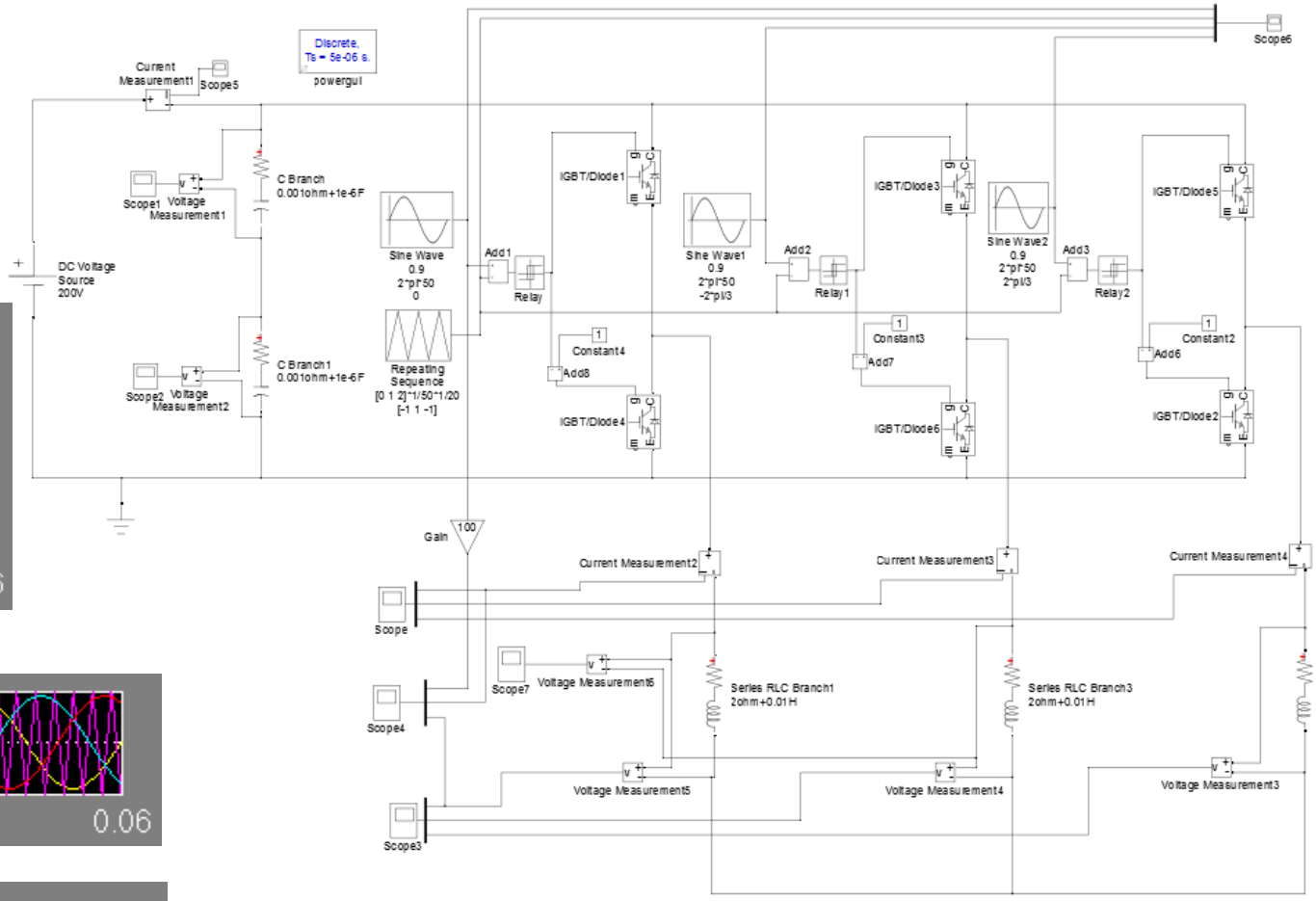
$$U_r \langle U_p \Rightarrow s(t) = 0$$

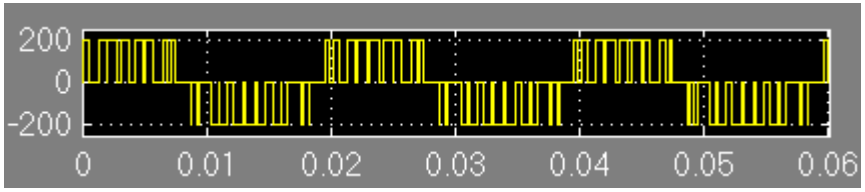
التعديل الجيبي المثلثي











التعديل الجيبي (بحقن التوافقية الثالثة) المثلثي

حقن الإشارة المرجعية بالتوافقية الثالثة

الإشارة المرجعية الجيبية

$$V_{ref\,a} = A_r \sin(2\pi.f..t)$$

$$v_{ref\,b} = A_r \sin(2\pi.f..t - \frac{2\pi}{3})$$

$$V_{refc} = A_r \sin(2\pi.f.t - \frac{4\pi}{3})$$

الإشارة الحاملة

$$Vp(t) = \begin{cases} V_p(4.f_p.t - 1) & si \quad 0 \le t \le \frac{T_p}{2} \\ V_p(-4f_p.t + 3) & si \quad \frac{T_p}{2} \le t \le T_p \end{cases}$$

$$f_p = \frac{1}{T_p}$$

التعديل الجيبي (بحقن التوافقية الثالثة) المثلثي

حقن التوافقية الثالثة في الإشارة المرجعية يعطي فترات الوصل و الفصل للمفاتيح الإلكترونية كما يلي.

$$V_{ref\,a}(t) = \frac{uc}{2}(r.\sin(\omega.t) \ + a.\sin(3.\omega.t))$$

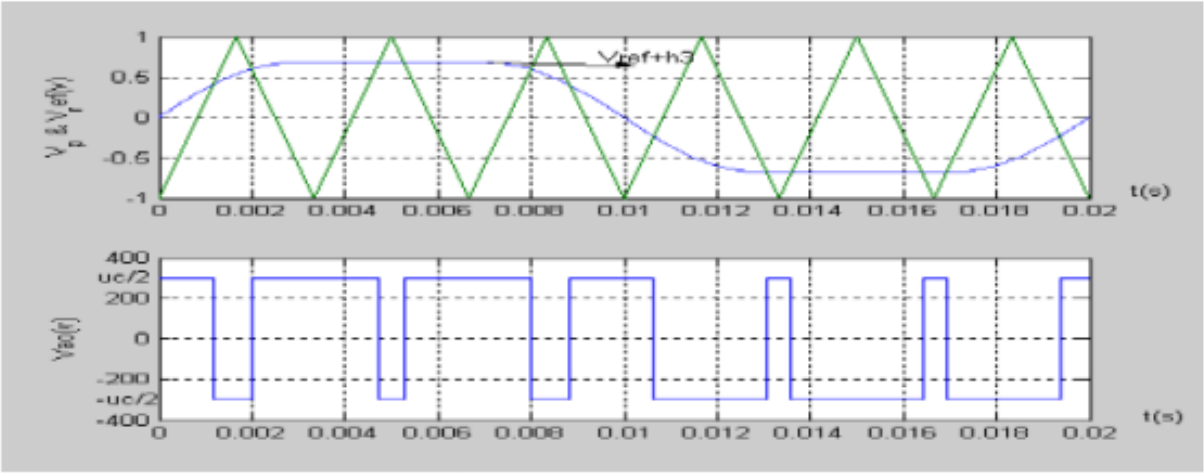
$$v_{ref\,b}(t) = \frac{uc}{2}(r.\sin(\omega.t - \frac{2\pi}{3}) \ + a.\sin 3.(\omega t - \frac{2\pi}{3}) \ )$$

$$V_{refc}(t) = \frac{uc}{2}(r.\sin(\omega t - \frac{4\pi}{3}) \ + a.\sin 3.(\omega t - \frac{4\pi}{3}) \ )$$

معامل التركيز $e = a.\sin(3.\omega t)$

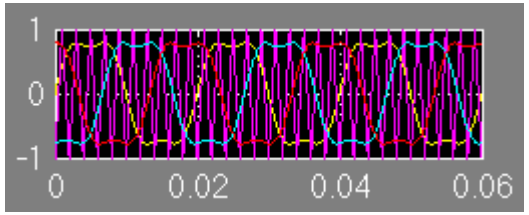
$$r/4 \le a \le r/6$$

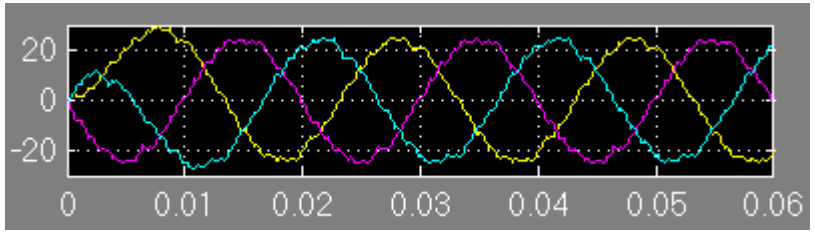
يسمح حقن التوافقية الثالثة في المرجع بزيادة مطال التوافقية الأساسية في خرج القالبة.

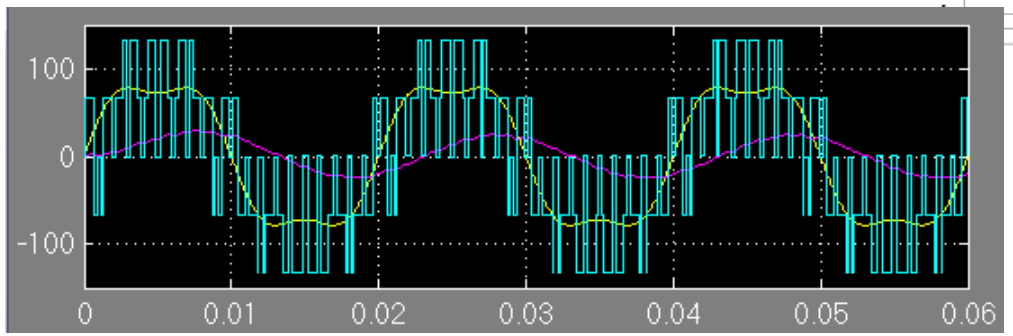


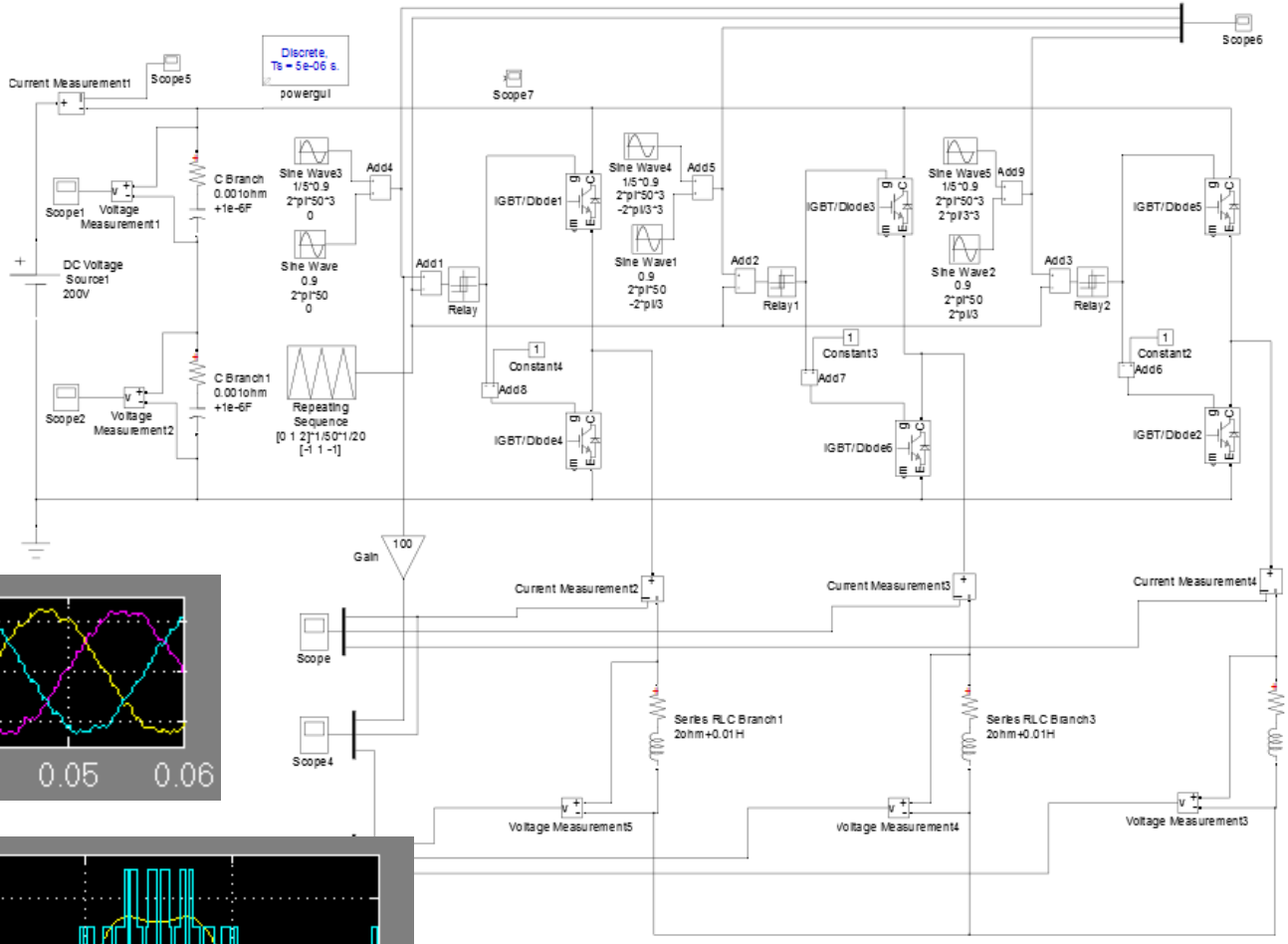
الشكل (42-) حقن الإشارة المرجعية بالتوافقية الثالثة

التعديل الجيبي (بحقن التوافقية الثالثة) المثلثي

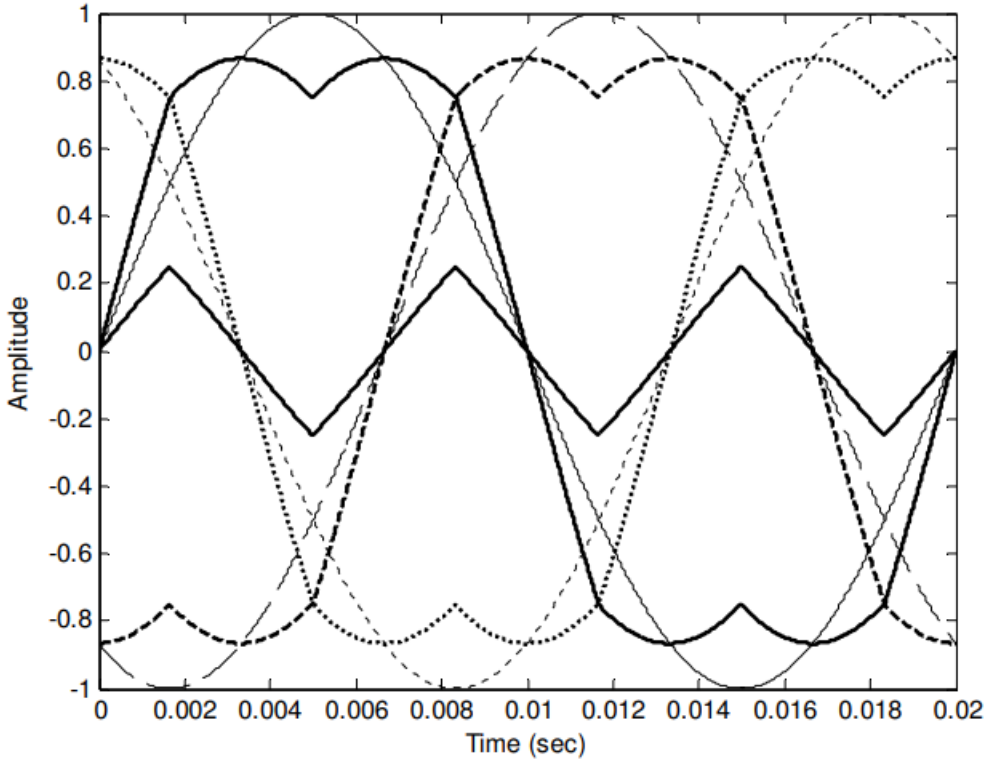


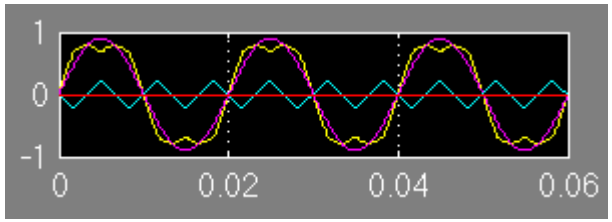
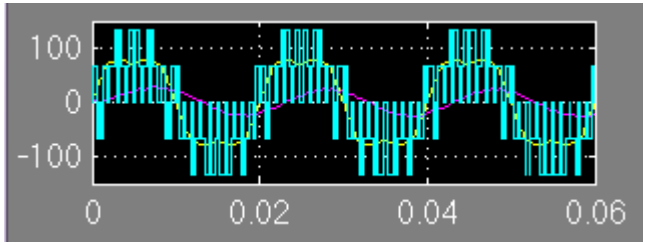
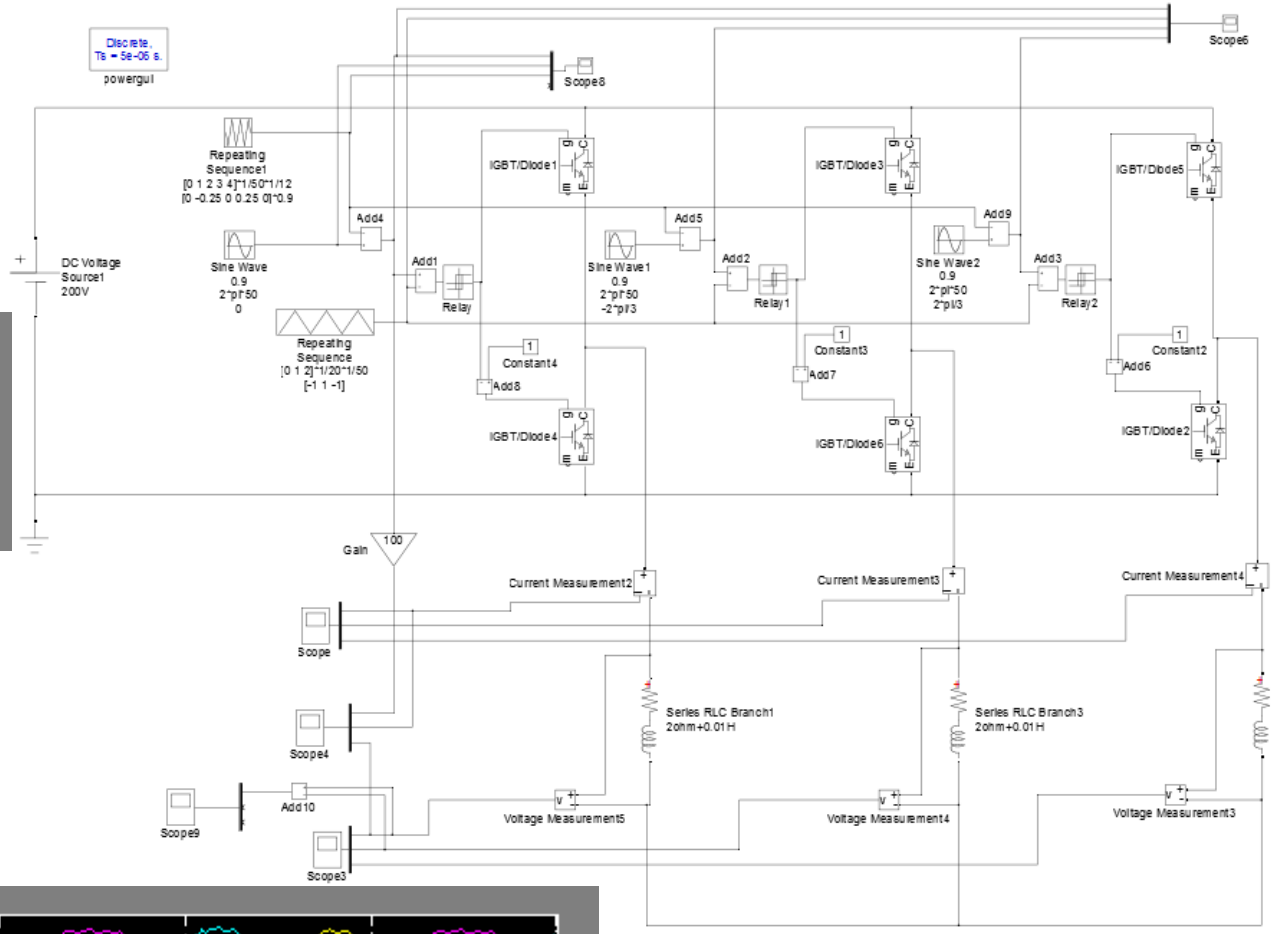
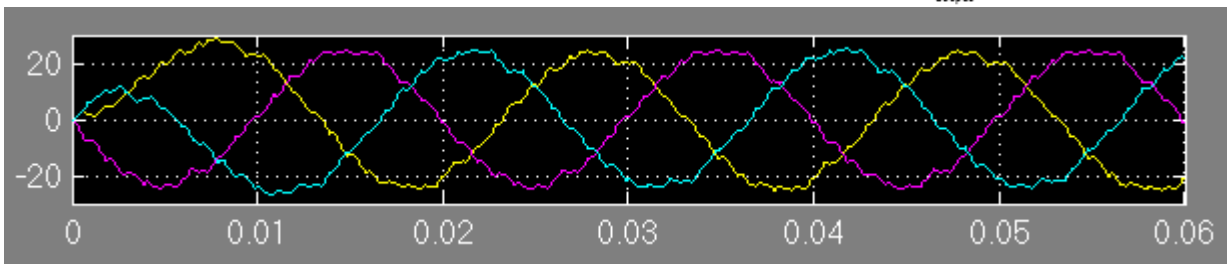






التعديل الجيبي (بحقن إشارة مثلثية) المثلثي



duty ratio profiles الشكل (7-25) طريقة

التعديل الجيبي (بحقن إشارة مثلثية) المثلثي