الباب الثانى

التحكم الالكترونى فى آلات

التيار المتردد

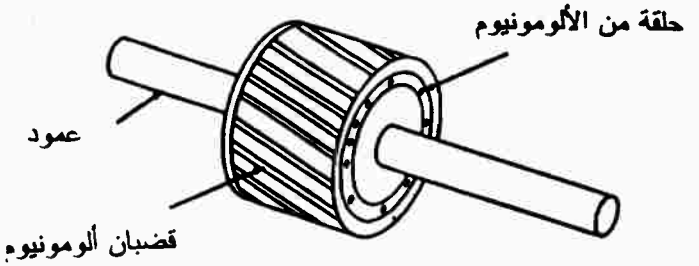
التحكم الالكترونى فى آلات التيار المتردد

٢ / ١ - تركيب المحرك الاستنتاجى الثلاثى الأوجه 3 ϕ Induction Motor

يتركب المحرك الاستنتاجى بصفة عامة من عضو ثابت Stator وعضو دوار Rotor. وهناك نوعان من العضو الدوار: الأول يسمى العضو الدوار الملفوف Wound rotor، والثانى يسمى العضو الدوار ذو القفص السنجابى Squirrel-Cage rotor.

والجدير بالذكر أن أكثر من 99% من المحركات الاستنتاجية تكون محركات بقفص سنجابى لبساطتها وعدم حاجتها للصيانة.

والشكل (٢-١) يعرض نموذجًا لعضو دوار من نوع القفص السنجابى.



الشكل (٢-١)

ويكون هذا العضو الدوار على شكل قفص اسطوانى، ويصنع من قضبان من الألومنيوم، وتقصر هذه القضبان فى نهايتها بحلقتين من الألومنيوم، ولا يوجد عازل بين هذه القضبان لصغر الجهد المتولد فيها، وتوضع هذه القضبان داخل قلب مغناطيس مصنوع من الحديد السليكونى، ويثبت هذا العضو الدوار على عمود shaft معدنى، أما العضو الثابت فيكون على شكل اسطوانى فى الغالب، ويحتوى بداخله على أسنان Teeth ومجارى Slots طولية، حيث يدفن بداخل هذه المجارى ملفات المحرك.

٢ / ٢ - توصيل المحركات الاستنتاجية الثلاثية الأوجه بالمصدر الكهربى:

يتم توصيل ملفات المحركات الاستنتاجية الثلاثية الأوجه إما نجمًا Star أو دلتا

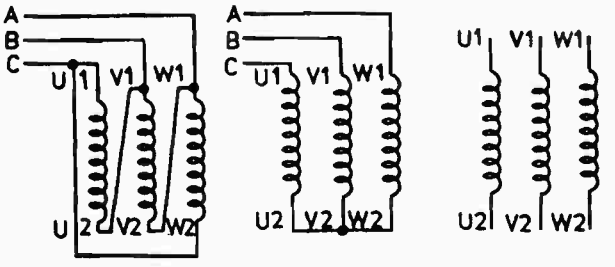
Delta مع المصدر الكهربى، ويعتمد ذلك على المواصفات الفنية للمحرك وجهد المصدر الكهربى.

فمثلاً : إذا كانت مواصفات محرك استنتاجى :

Δ/Y 220/380V

فإنه يتم توصيل المحرك دلتا Δ إذا كان جهد الخط للمصدر الكهربى 220V، فى حين يجب توصيل ملفات المحرك نجمًا Y إذا كان جهد الخط للمصدر الكهربى 380V.

والشكل (٢-٢) يبين شكل الملفات الثلاثة للمحرك (الشكل أ)، وطريقة توصيلها نجمًا Y (الشكل ب) وطريقة توصيلها دلتا Δ (الشكل جـ)



الشكل (٢-٢)

فالشكل أ يبين أن المحرك الاستنتاجى الثلاثى الأوجه له ثلاث ملفات، فالملف الأول U_1 - U_2، والملف الثانى V_1-V_2، والملف W_1-W_2.

أما الشكل ب فيبين طريقة توصيل الملفات نجمًا Y حيث تقصر الأطراف U_2, V_2, W_2 معًا وتوصل الأطراف U_1, V_1, W_1 بالأوجه الثلاثة للمصدر الكهربى A,B,C.

أما الشكل جـ فيبين طريقة توصيل الملفات دلتا Δ، حيث تقصر الأطرافU_2-W_1, V_2 - U_1, W_2-V_1 و معًا، وتوصل الأطراف U_2, V_2, W_2 مع أطراف الأوجه الثلاثة للمصدر A,B,C.

ويمكن عكس اتجاه دوران بعكس وجهين من أوجه المصدر، مثل عكس الوجه A مع الوجه B، أو الوجه B، مع الوجه C، أو الوجه A مع الوجه C.

٢ / ٣- نظرية عمل المحرك الاستنتاجى الثلاثى الأوجه :

عند توصيل أطراف المحرك الاستنتاجى الثلاثى الأوجه مع الأوجه الثلاثة للمصدر الكهربى يتولد مجال مغناطيس دوار داخل فراغ العضو الثابت .

وتكون سرعة هذا المجال الدوار مساويه للسرعة التزامنية N_S .

والمعادلة 2.1 تبين العلاقة بين السرعة التزامنية N_S وتردد المصدر الكهربى F وعدد أقطاب المحرك P :

$$N_S = \frac{120F}{p} \rightarrow 2.1$$

فمثلاً : إذا كان تردد المصدر $50H_Z$ وعدد أقطاب المحرك أربعة أقطاب، فإن السرعة التزامنية تساوى :

$$N_S = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ RPM}$$

ويقوم هذا المجال الدوار بقطع قضبان العضو الدوار فيتولد جهد كهربى بالحث فى هذه القضبان، ويمر تيار كهربى فيها، حيث إن هذه القضبان تكون مغلقة على بعضها، ونتيجة لمرور هذا التيار فى قضبان العضو الدوار يتولد مجال مغناطيس آخر، ونتيجة لتقاطع المجالين يتولد عزم يقوم بإدارة العضو الدوار فى اتجاه دوران المجال الدوار للعضو الثابت، ويحاول العضو الدوار اللحاق بالمجال الدوار ولكنه يفشل؛ لأنه لو نجح لتوقف المحرك فى الحال؛ لأن المجال الدوار فى هذه الحالة لن يستطيع أن يقطع قضبان العضو الدوار لتساوى سرعتيهما، وبالتالى يختفى كل من الجهد والتيار المتولد فى العضو الدوار .

ويوجد عادة انزلاق Slip بين العضو الدوار والمجال الدوار؛ وذلك لأن سرعة العضو الدوار أقل من سرعة المجال الدوار .

والمعادلة 2.2 تبين العلاقة بين الانزلاق S والسرعة التزامنية N_S وسرعة المحرك الفعلية N :

$$S = \frac{N_S - N}{N_S} \rightarrow 2.2$$

والجدير بالذكر أن تردد الجهد المتولد فى قضبان العضو الدوار F_r يساوى :

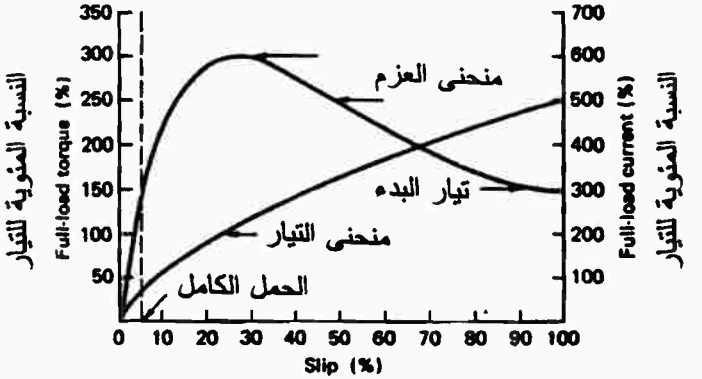
$$F_r = SF \rightarrow 2.3$$

حيث إن: S الانزلاق

F تردد المصدر الكهربى

٢ / ٤ - خواص الحمل للمحركات الاستنتاجية الثلاثية الأوجه:

الشكل (٢-٣) يبين العلاقة البيانية بين النسبة المئوية للعزم مع النسبة المئوية للانزلاق، وكذلك النسبة المئوية لتيار المحرك مع النسبة المئوية للانزلاق.



النسبة المئوية للانزلاق

الشكل (٢-٣)

ويلاحظ من هذه العلاقة البيانية ما يلى:

١- عندما تكون السرعة المئوية للانزلاق 100% (أى أن سرعة المحرك صفراً) فإن التيار المسحوب يساوى 500% من تيار الحمل الكامل، ويسمى هذا التيار بتيار البدء، فى حين أن العزم يساوى 150% من عزم الحمل الكامل، ويسمى هذا العزم بعزم البدء.

٢- يزداد عزم المحرك بزيادة السرعة، فى حين يقل تيار المحرك بزيادة السرعة حتى تصبح النسبة المئوية للانزلاق مساوية 30% عندما يكون العزم المحرك أكبر ما يمكن، ويساوى 350% من العزم الكامل، فى حين أن تيار المحرك يساوى 400% من تيار الحمل الكامل. والجدير بالذكر أن هذه المنطقة تسمى بالمنطقة الانتقالية لأن المحرك لا يستطيع أن يستقر فيها.

٣- عندما تكون النسبة المئوية للانزلاق من 30% (أى أن النسبة المئوية للسرعة أكبر من 70% من السرعة التزامنية) تتناقص كل من النسبة المئوية للعزم والتيار

وصولاً لنقطة التشغيل، والتى عندها يكون تيار المحرك مساويًا 100% من تيار الحمل الكامل، وتسمى هذه المنطقة بمنطقة التشغيل المستقر.

ونستنتج من هذه العلاقات البيانية ما يلى:

١- تصل شدة التيار المسحوب عند البدء إلى خمس مرات من تيار الحمل الكامل، فى حين أن العزم يساوى 1.5 مرة من عزم الحمل الكامل؛ لذلك ينصح عادة بتقليل تيار البدء تفاديًا لانخفاض الجهد فى الشبكة الكهربية، خصوصًا عند بدء المحركات الاستنتاجية ذات القدرات الكبيرة.

٢- كلما ازداد حمل المحرك (النسبة المئوية لعزم الحمل) تزداد النسبة المئوية لتيار المحرك وذلك فى منطقة تشغيل المحرك، وهذا قد يمثل خطورة عند زيادة تيار المحرك عن التيار المقنن لمدة طويلة؛ لذلك يجب حماية المحركات الاستنتاجية من زيادة الأحمال باستخدام قواطع المحركات MCB'S ، أو باستخدام متممات حرارية O.L.

٢ / ٥- التحكم فى سرعة المحركات الاستنتاجية:

يمكن التحكم فى سرعة المحركات الاستنتاجية الثلاثية الأوجه بإحدى الطريقتين التاليتين:

١- تغيير الجهد مع ثبات التردد.

٢- تغيير كل من التردد والجهد.

فيمكن تغيير السرعة بتغيير الجهد، وذلك لأن العزم يتناسب طرديًا مع الجهد، وبالتالى يمكن تقليل سرعة المحرك بتقليل جهد أطرافه، فعند ثبات الحمل تنخفض السرعة. ويمكن تغيير السرعة بتغيير التردد:

$$N = \frac{F}{p}$$

حيث إن:

F تردد المصدر.

P عدد أقطاب المحرك.

N سرعة المحرك.

وتتكون أجهزة التحكم فى سرعة المحركات الاستنتاجية بتغيير الجهد والتردد من:

١- لوحة الضواغط والمفاتيح التى يستخدمها المشغل فى التحكم فى سرعة واتجاه المحرك.

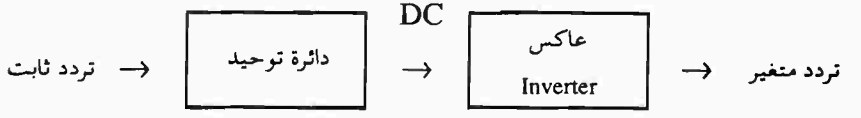
٢- وحدة تحويل القدرة Power Conversion unit.

وتتكون وحدة تحويل القدرة من عنصرين، وهما:

١- دائرة توحيد محكومة أو غير محكومة، تعمل على تحويل التيار المتردد لتيار مستمر.

٢- عاكس Inverter، يعمل على تحويل خرج دائرة التوحيد المستمر لخرج متردد بالتردد الملائم للسرعة المطلوبة.

والشكل (٢-٤) يبين المخطط الصندوقى لوحدة تحويل القدرة.

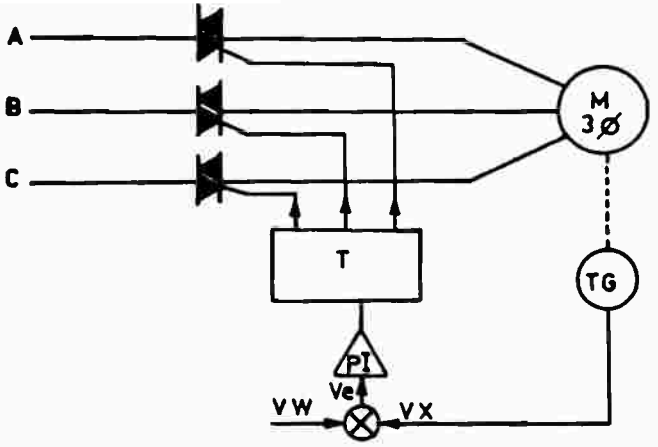


الشكل (٢-٤)

٢ / ٦- تغيير سرعة المحركات الاستنتاجية بتغيير الجهد:

تشبه هذه الطريقة لحد كبير الطريقة المستخدمة فى التحكم فى سرعة محركات التيار المستمر بالتحكم فى القيمة المتوسطة للجهد، وذلك بتغيير زوايا إشعال الثايرستورات المستخدمة. أما فى هذه الحالة فيتم التحكم فى القيمة الفعالة للجهد المسلط على أطراف المحرك، وذلك بتغيير زوايا إشعال التريناكات المستخدمة. ولحسن الحظ يمكن استبدال أى ترياك بعدد 2 ثايرستور مثبتين خلف خلاف.

والشكل (٢-٥) يبين نظامًا مغلقًا للتحكم فى سرعة محرك استنتاجى ثلاثى الوجه بتغيير جهد أطرافه.



الشكل (٢-٥)

ففى هذا النظام يستخدم ثلاثة ترياكات للتحكم فى القيمة الفعالة لجهد أطراف المحرك، ويستخدم مولد تاكو TG لتحويل سرعة المحرك لجهد مستمر يتناسب طرديًا معها، وذلك من أجل الحصول على التغذية الخلفية Feed back، ومقارن لإيجاد الفرق بين جهد المرجع V_W وجهد التغذية الخلفية V_X للحصول على جهد الخطأ Ve، حيث إن:

$$V_e = V_W - V_X$$

ويمثل جهد الخطأ V_e دخلاً منظمًا تناسبيًا تكامليًا PI، ويتغير خرج هذا المنظم تبعًا لتغير إشارة الخطأ، ويتحكم خرج هذا المنظم فى زوايا إشعال الترياكات، ومن ثم يتحكم فى القيمة الفعالة للجهد على أطراف المحرك.

وتستخدم طريقة تغيير سرعة المحركات الاستنتاجية الثلاثية الوجه بتغير الجهد مع المحركات التى لا تتعدى قدرتها 100 HP.

والجدير بالذكر أن أنظمة التحكم المغلقة سوف نتناولها بالتفصيل فى الأبواب القادمة.

٢ / ٧- تغيير سرعة المحركات الاستنتاجية بتغيير الجهد والتردد:

توجد ثلاثة أنظمة لتغيير سرعة المحركات الاستنتاجية الثلاثية الأوجه بتغيير

الجهد والتردد، وهى كما يلى:

١- مغيرات جهد وتردد بعاكس بجهد متغير VVI.

٢- مغيرات جهد وتردد بعاكس يعمل بمبدأ PWM.

٣- مغيرات جهد وتردد بعاكس بمصدر تيار CSI.

٢/٧/١- مغيرات الجهد والتردد بعاكس بجهد متغير VVI:

وتتواجد فى صورتين وهما:

١- قنطرة توحيد مع مقطع ومرشح لتغيير قيمة الجهد، وعاكس لتحويل الجهد المستمر إلى متردد، بحيث تكون النسبة بين الجهد / التردد ثابتة، وهذا مبين بالشكل (٢-٦).

٢- قنطرة توحيد محكومة مع مرشح لتحويل التيار المتردد لمستمر له جهد متغير، وذلك بالتحكم فى زوايا إشعال ثايرستورات قنطرة التوحيد المحكومة، وعاكس لتحويل الجهد المستمر لجهد متردد، بحيث تكون النسبة بين الجهد / التردد ثابتة، وهذا مبين بالشكل (٢-٧).

والشكل (٢-٨) يعرض العلاقة بين الجهد والعزم مع التردد عند تغيير سرعة المحرك بتغيير الجهد والتردد.

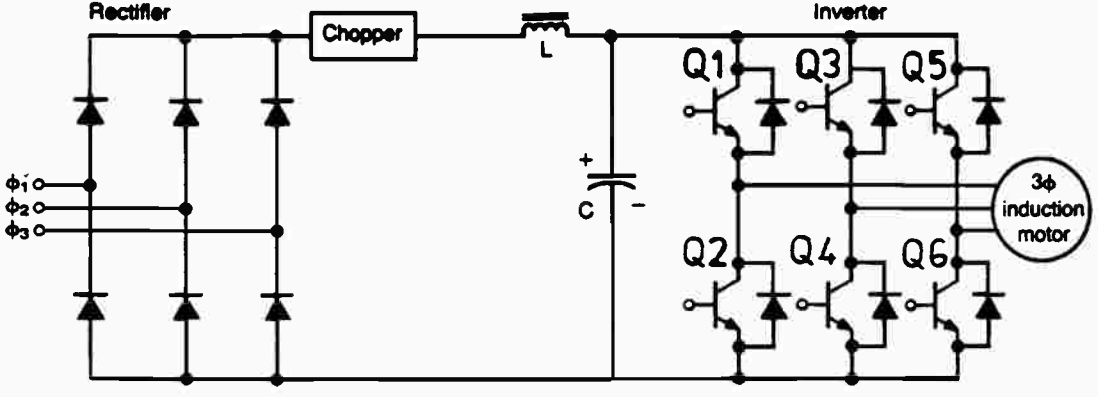
ويلاحظ أن العلاقة بين الجهد والعزم مع التردد يمكن تقسيمها لمنطقتين، الأولى تسمى بمنطقة ثبات العزم، وتبدأ من السكون إلى السرعة المقننة، والثانية تسمى بمنطقة ثبات القدرة، وتبدأ من السرعات الأكبر من السرعة المقننة.

ويلاحظ أنه يجب المحافظة على النسبة بين الجهد / التردد للعمل فى منطقة ثبات العزم، فى حين يجب تثبيت جهد أطراف المحرك مع تغيير التردد فى منطقة ثبات القدرة.

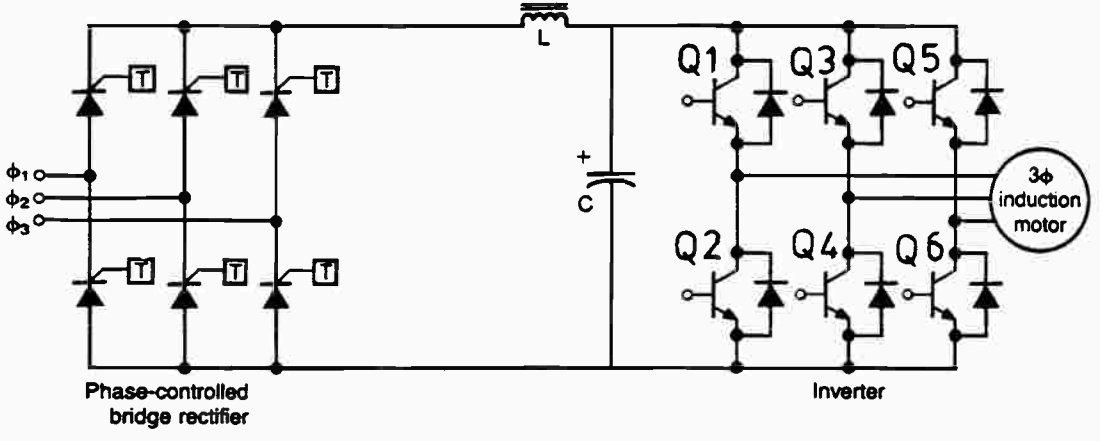
ويمكن تقسيم عواكس الجهد المتغير VVI إلى:

١- عاكس بست خطوات وباثنين فى حالة وصل.

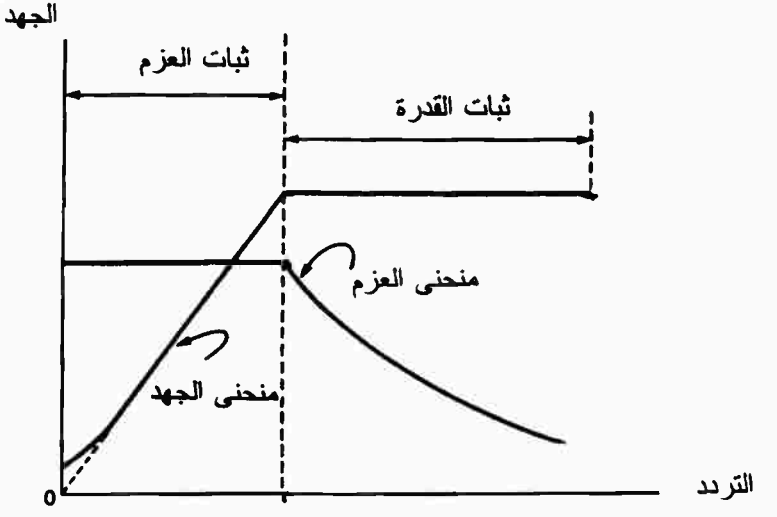
٢- عاكس بست خطوات وبثلاثة فى حالة وصل.


Rectifier
Chopper
L
Inverter
Q1
Q3
Q5
Q2
Q4
Q6
+
C
-
3ϕ
induction
motor
ϕ1
ϕ2
ϕ3

الشكل (٢ - ٦)


L
Q1
Q3
Q5
Q2
Q4
Q6
+
C
ϕ_1
ϕ_2
ϕ_3
T
3ϕ induction motor
Phase-controlled bridge rectifier
Inverter

الشكل (٢ – ٧)



الشكل (٢ – ٨)

وسميت هذه العواكس بست خطوات لتشكل موجة جهد كاملة لكل وجه خلال ست خطوات، علمًا بأنه يوجد تماثل فى دائرة القدرة لكلا النوعين، أما الاختلاف فيكمن فقط فى دائرة التحكم لكليهما.

أولاً: العواكس ذات الست خطوات وباثنين فى حالة وصل:

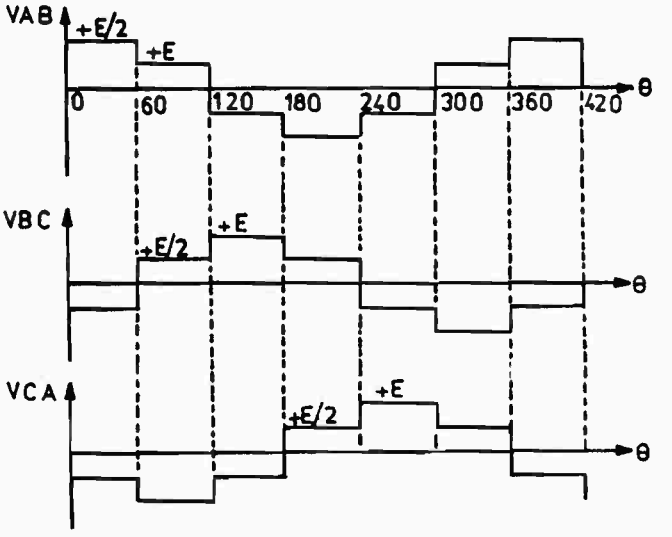
الجدول (٢–١) يبين تتابع الوصل والفصل لترانزستورات عواكس VVI المبينة بالشكل (٢–٦) أو (٢–٧) للحصول على موجة جيبية ثلاثية الوجه عند الخرج بالتردد المطلوب، حيث إن 1 تعنى الترانزستور فى حالة وصل، 0 تعنى الترانزستور فى حالة قطع.

الجدول (٢–١)

الفترة / الترانزستور	0-60° 1	60-120° 2	120-180° 3	180-240 4	240-300 5	300-360 6
Q_1	1	1	0	0	0	0
Q_2	0	0	0	1	1	0
Q_3	0	0	1	1	0	0
Q_4	1	0	0	0	0	1
Q_5	0	0	0	0	1	1
Q_6	0	1	1	0	0	0

ويلاحظ من هذا الجدول أنه خلال أى خطوة فإن ترانزستورين يكونان فى حالة وصل، فمثلاً: أثناء الخطوة الأولى (الفترة 60° - 0) يكون Q_1, Q_4 فى حالة وصل، فى حين أنه فى الخطوة 2 (الفترة 120° - 60) يكون Q_1, Q_6 فى حالة وصل وهكذا.

والشكل (٢-٩) يبين موجات الجهد على الأوجه الثلاثة V_{AB}, V_{BC}, V_{CA}



الشكل (٢-٩)

ففى الفترة (°60-0) يكون Q_1, Q_4 فى حالة وصل، وبالتالى فإن جهد V_{AB} يساوى الجهد الموجب للمصدر المستمر E +،ويكون فرق الجهد V_{AC} مساويًا $\frac{1}{2}$E، أما فرق الجهد V_{BC} فيساوى $-\frac{1}{2}$ E وهكذا.

ثانيًا: العواكس ذات الست خطوات وبثلاثة فى حالة وصل:

الجدول (٢-٢) يبين تتابع وصل وفصل ترانزستورات عواكس VVI للحصول على موجة جيبية ثلاثية الأوجه عند الخرج بالتردد المطلوب، حيث إن 1 يعنى أن الترانزستور فى حالة وصل، 0 تعنى أن الترانزستور فى حالة قطع.

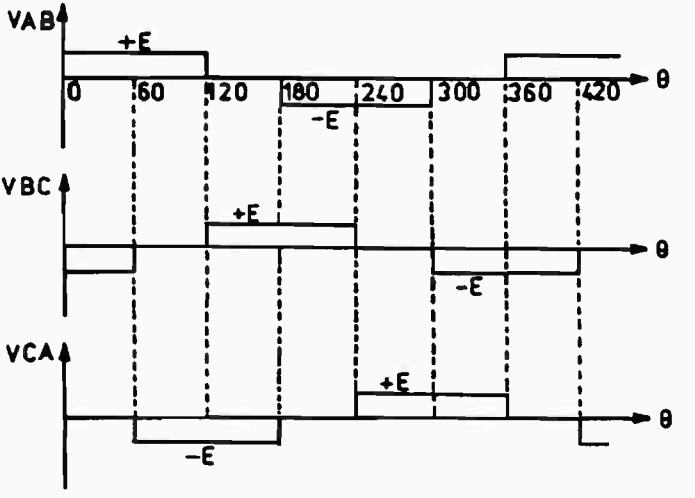
ويلاحظ من هذا الجدول أنه خلال أى خطوة (فترة) فإن ثلاثة ترانزستورات تكون فى حالة وصل، فمثلاً: فى الخطوة الأولى (الفترة °0-60) يكون Q_1, Q_4, Q_5 فى حالة وصل وفى الخطوة الثانية (الفترة ^{0}60-120) يكون Q_6 , Q_4 , Q_1 فى حالة وصل وهكذا.

الجدول (٢-٢)

الفترة / الترانزستور	0 - 60	60-120	120-180	180-240	240-300	300-360
	1	2	3	4	5	6
Q_1	1	1	1	0	0	0
Q_2	0	0	0	1	1	1
Q_3	0	0	1	1	1	0
Q_4	1	1	0	0	0	1
Q_5	1	0	0	0	1	1
Q_6	0	1	1	1	0	0

والشكل (٢-١٠) يبين موجات الجهد على الأوجه الثلاثة للمحرك

V_{AB}, A_{BC}, A_{CA}



الشكل (٢-١٠)

فيلاحظ أنه فى الفترة 0-60° يكون Q_5 ,Q_4 ,Q_1 فى حالة وصل، وبالتالى يصبح V_{AB} مساويًا E+ ، فى حين يصبح V_{BC} مساويًا E- ، ويصبح V_{CB} مساويًا صفرًا، وهكذا.

وعمليًا يجب السماح بتأخير زمنى مقداره (10-15°) بين كل انتقال من موجب لسالب، وبذلك نمنع حدوث قصر نتيجة لغلق ترانزستورين متتامين فى نفس اللحظة.

فمثلاً: عند التدقيق فى الجدول (٢-٢) نجد أنه عند الانتقال من الفترة الثالثة للفترة الرابعة فإن الترانزستور Q_2 يغلق فى حين أن الترانزستور Q_1 يجب أن يفتح، ويحدث نتيجة لذلك قصر لحظى قد يسبب فى انهيار Q_1, Q_2 .

وفيما يلى أهم عيوب عواكس VVI ذات الخطوات الست:

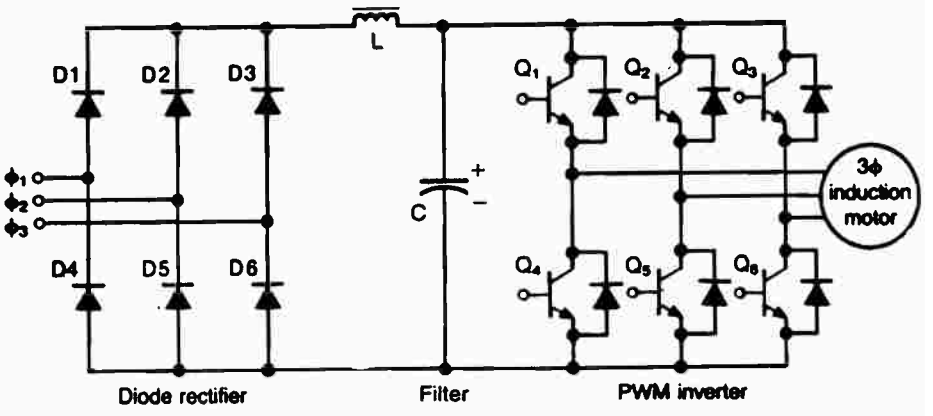
١ – فى أى لحظة يمر التيار الكهربى خلال إثنين أو ثلاثة مفاتيح الكترونية (ترانزستورات) هذا يزيد من تكلفة العاكس ويقلل من الكفاءة.

٢ – سوء شكل الموجات الخارجة من العاكس ذات الست خطوات، وهذا يسيء إلى أداء المحرك نتيجة لزيادة التوافقيات Harmonics فى التيار، خصوصًا عند السرعات المنخفضة.

٣ – عند السرعات المخفضة يكون الدوران غير ناعم بل به اهتزازات.

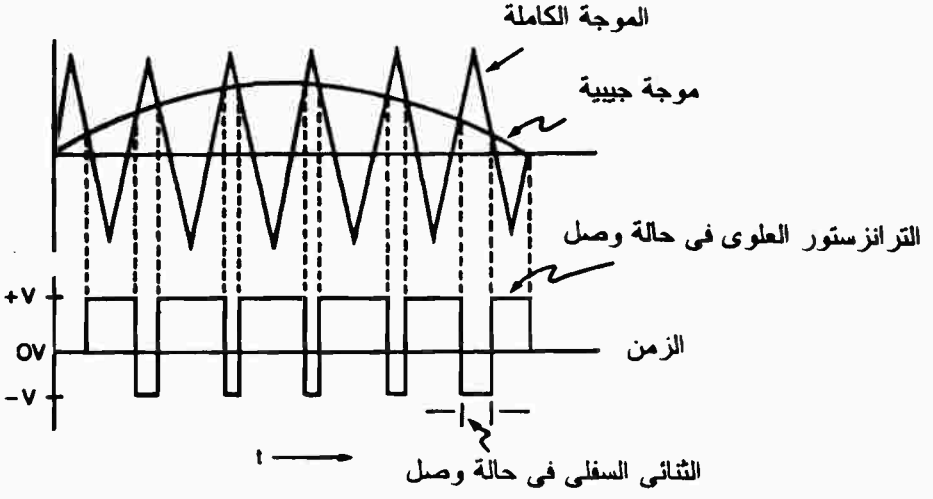
٢ / ٧ / ٢ – مغيرات جهد وتردد بعاكس يعمل بمبدأ PWM :

الشكل (٢–١١) يعرض مغير جهد وتردد بعاكس يعمل بمبدأ التضمين بنبضات متغيرة العرض PWM .



الشكل (٢-١١)

وفى هذا النظام يتم وصل وفصل الترانزستورات مرات عديدة خلال كل نصف دورة للحصول على جهد متغير يحتوى على توافقيات قليلة عند الخرج، وهناك تقنيات متعددة تعمل بمبدأ PWM . والشكل (٢-١٢) يبين فكرة عمل أحد النظم المشهورة لتضمين الموجات الجيبية بنبضات متغيرة العرض.



الشكل (٢-١٢)

حيث تقارن موجة مثلثة مع موجة الخرج الأساسية المطلوبة، وعند نقاط تقاطع الموجتين يحدث قطع للترانزستور، علمًا بأن الموجة المثلثة يجب أن تكون متزامنة مع

الموجة الجيبية، خصوصًا فى السرعات المنخفضة. ويجب أن يكون عدد نبضات الموجة المثلثة التى تحدث خلال زمن نصف موجة جيبية عدد كامل يساوى مضاعف العدد ثلاثة لتقليل التوافقيات، ويمكن تغيير جهد الموجة الأساسية بتغيير التضمين (بتغيير تردد الموجة المثلثة).

وتعد طريقة التحكم فى الجهد بمبدأ PWM طريقة مقبولة فى منطقة العزم الثابت، ويتراوح تردد الموجة المثلثة ما بين (1.2: 2.5 KHZ) . ونظرًا لقلة التوافقيات عند الترددات المنخفضة فإن ذلك يساعد على زيادة نطاق التحكم فى السرعة من سرعة الصفر إلى السرعة المقننة، كما يشجع على استخدام هذه الطريقة فى ماكينات الطباعة والنسيج وماكينات الورش.... إلخ.

٢ / ٧ / ٣ – مغيرات الجهد والتردد بعاكس بمصدر تيار ثابت C_{SI} :

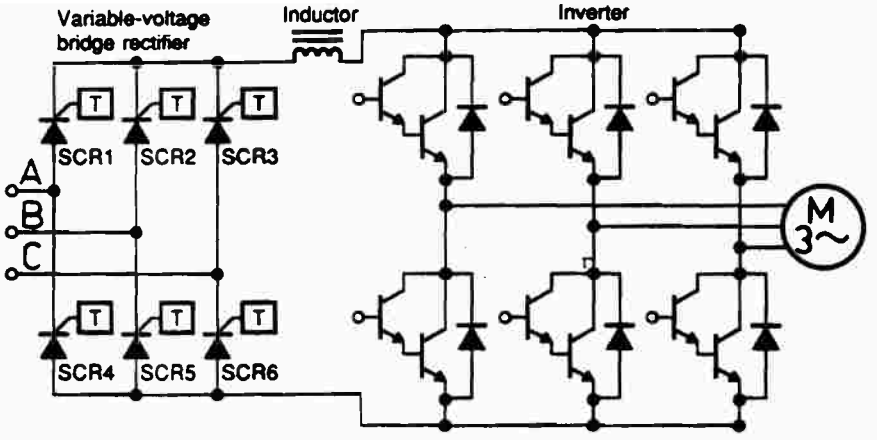
الشكل (٢–١٣) يبين دائرة القدرة لمغير جهد وتردد بعاكس بمصدر ثابت CSI، وهو يتكون من قنطرة توحيد محكومة لتحويل التيار المتردد للمصدر الكهربى إلى تيار مستمر له جهد متغير القيمة، وذلك بالتحكم فى زوايا إشعال ثايرستورات قنطرة التوحيد المحكومة، ويتم تحويل خرج قنطرة التوحيد المحكومة (الجهد المستمر المتغير القيمة) إلى تيار مستمر متغير القيمة بواسطة ملف كبير يوصل بالتوالى مع قنطرة التوحيد المحكومة، ثم بعد ذلك يتم تحويل هذا التيار المستمر لتيار متردد بالتردد المطلوب بواسطة عاكس يعمل بمبدأ الخطوات الست، أو بمبدأ التضمين بعرض النبضات PWM . تمامًا، كما هو الحال مع العواكس التى تغذى بالجهد، سواء كانت (VVI) أو (PWM).

مميزات مغيرات الجهد والتردد بعاكس CSI :

١ – أداء أمثل للمحركات الاستنتاجية عند السرعات المنخفضة.

٢ – قيمة عظمى صغيرة للتيارات العابرة فى الترانزستورات.

٣ – عند حدوث خطأ فى العاكس يؤدى لارتفاع مقبول للتيار، وبالتالى يحد من



الشكل (٢-١٣)

الضرر الذى قد يلحق بها.

عيوب مغيرات الجهد والتردد بعاكس CSI :

١ – نطاق محدود للترددات، وعزم بدء صغير مقارن بمغيرات الجهد والتردد ذات عواكس VVI .

٢ – حجمها كبير نتيجة للحجم الكبير للملف.

٣ – غير متزنة عند الأحمال الخفيفة والسرعات العالية، لذلك تستخدم عادة مع القدرات المتوسطة والعالية للمحركات.

وللحصول على أداء أمثل لمغيرات الجهد والتردد للتحكم فى سرعة المحركات الاستنتاجية صممت عواكس مختلفة تعمل بالنظامين VVI وكذلك نظام CSI ، حيث يعتمد نوع النظام التى تعمل به هذه المغيرات على طبيعة الحمل، وبذلك نحصل على أداء أمثل عند السرعات العالية تمامًا كما هو الحال فى حالة مغيرات الجهد والتردد بعواكس VVI ، وأيضًا أداء أمثل عند السرعات المنخفضة تمامًا كما هو الحال فى حالة مغيرات الجهد والتردد بعواكس CSI .

٢ / ٨ - التحكم الالكترونى فى جهد أطراف المولدات التزامنية :

يوجد نوعان من المولدات التزامنية، الأول يحتوى على عضو استنتاج دوار (العضو الدوار يحمل الملفات الرئيسة للمولد التزامنى)، والثانى يحتوى على مجال دوار (تحمل ملفات المجال فى العضو الدوار للمولد) .

أولاً : المولدات التزامنية ذات عضو الاستنتاج الدوار :

فى هذا النوع فإن العضو الثابت يحتوى على ملفات المجال والتى تكون ملفوفة لتعطى عدداً من الأقطاب يساوى 2 أو 4 أو 8 أو ... إلخ وتغذى هذه الملفات بالتيار المستمر.

أما العضو الدوار فيمثل عضو الاستنتاج للمولد، حيث يحمل الملفات الرئيسة الثلاثية الأوجه، ويأخذ خرج هذه المولدات من على أربعة فرش كربونية مثبتة على أربع حلقات انزلاق، وهذه تمثل مشكلة فى العزل، كما أن ذلك يؤدى لحدوث شرر كهربى عند الفرش الكربونية وعادة تكون هذه المولدات ذات قدرات صغيرة.

ثانيًا : المولدات التزامنية ذات المجال الدوار :

وفى هذا النوع فإن ملفات المجال المغناطيسى تثبت على العضو الدوار، أما العضو الثابت فيمثل عضو الاستنتاج حيث يحمل الملفات الرئيسة الثلاثية الأوجه، ويتم تغذية المجال الدوار بالتيار المستمر بواسطة فرشتين كربونيتين مثبتتين على حلقتى انزلاق، وهذا لا يمثل مشكلة نظرًا لصغر تيار المجال وكذلك لصغر جهد المجال، أما الأحمال الكهربية للمولد فيمكن توصيلها مباشرة من ملفات الأوجه الثلاثة المثبتة على العضو الثابت.

ولقد أمكن فى التصميمات الجديدة للمولدات التزامنية ذات المجال الدوار الاستغناء عن حلقات الانزلاق والفرش الكربونية، بتثبيت مولد تزامنى صغير من نوع المولدات التزامنية ذات عضو الاستنتاج الدوار، وذلك لتغذية ملفات المجال مباشرة بعد توحيد خرجه بواسطة قنطرة توحيد دوارة أى مثبتة على العضو الدوار، ويطلق على هذا المولد الصغير اسم المثير أو مولد الإثارة Exiter .

والجدير بالذكر أن أغلب المولدات التزامنية المتوفرة فى الأسواق تكون مولدات تزامنية بمجال دوار. والشكل (٢-١٤) يبين طريقة التحكم فى جهد أطراف المولد التزامنى ذى المجال الدوار.

ويلاحظ أنه يتم التحكم فى جهد أطراف المولد التزامنى ذى المجال الدوار باستخدام حاكم جهد الكترونى AVR يغذى من خرج المولد الرئيسى، ويعمل هذا التحكم فى جهد أطراف مجال مولد الإثارة Exiter وبالتالى يتحكم فى جهد خرج الملفات الرئيسية الثلاثية الأوجه لمولد الإثارة، ويتم توحيد خرج مولد الإثارة بواسطة ثنائيات دوارة Rotating Diodes ، ومن ثم يتم التحكم فى جهد أطراف ملف المجال للمولد الرئيسى.

والجدير بالذكر أن السرعة التى يجب إدارة المولد التزامنى بها تسمى بالسرعة التزامنية N_S ، ونحصل عليها من المعادلة:

$$N_S = \frac{120\ F}{P} \rightarrow 2.1$$

حيث إن:

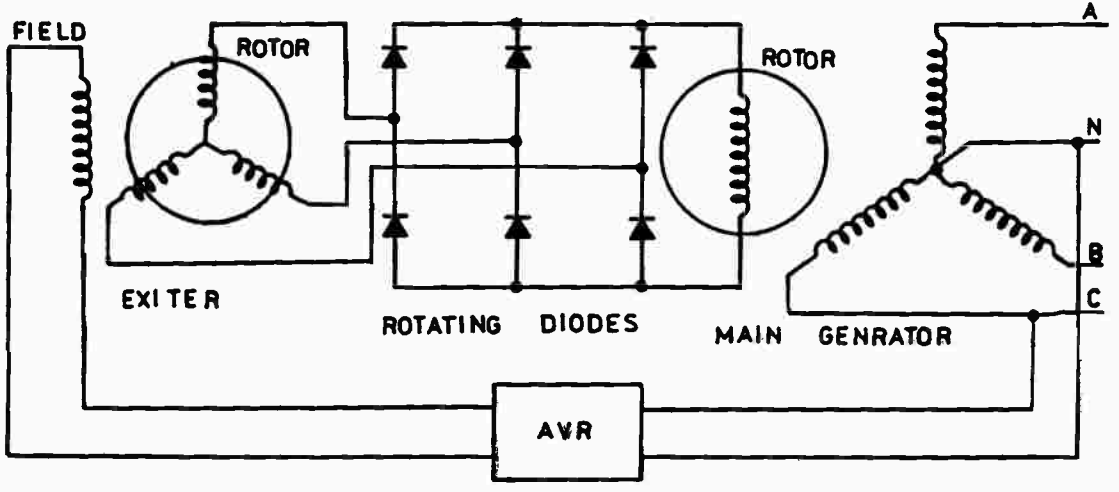
F التردد المطلوب لخرج المولد.

P عدد أقطاب المولد.

فإذا كان التردد المطلوب هو 50 H_Z وعدد أقطاب المولد 4 فإن:

$$N_S = \frac{120 \times 50}{4} = 1500\ RPM$$

أى أنه يجب إدارة المولد بسرعة تزامنية مقدارها 1500 RPM .


FIELD
ROTOR
ROTOR
A
N
B
C
EXITER
ROTATING DIODES
MAIN GENRATOR
AVR

الشكل (٢ - ١٤)