الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

المعهد التقاني للهندسة الميكانيكية والكهربائية بدمشق

السنة الأولى قسم التحكم والأتمتة

التحكم الرقمي

Digital Control

إعداد

المهندس

أحمد محسن

للعام الدراسي ٢٠١٨-٢٠١٩

الفهـــــــــــــــــــــــــــرس

الفصل الأول مبادئ التحكم الرقمي:

- البحث الأول مقدمة عن ومفاهيم أساسية ومميزات:
  - تصنيف أنظمة التحكم الرقمي
  - مفاهيم أساسية في أنظمة التحكم الرقمي
  - مميزات أنظمة التحكم الرقمي
  - التمييز بين أنظمة التحكم التمثيلية والرقمية والهجينة.
  - أهم المصطلحات الخاصة بأجهزة التحكم الرقمي.
- البحث الثاني المرمزات Encoders وحساسات الموضع :
  - دراسة مبدأ عمل حساسات الموضع.
  - دراسة المرمزات بنوعيها المطلقة و التزايدية.
  - الميزات والسيئات
  - طريقة حساب السرعة والتسارع كمشتق أول وثان للموضع في الأنظمة الرقمية.
- البحث الثالث: المبدلات ADC و DAC و تعديل عرض النبضة PWM :
  - اعتبارات التبديل
  - طرق أخذ العينات
  - معدل أخذ العينات وقانون شانون (نايكويست)
  - التداخل
  - مسك العينات
- البحث الرابع : تعديل عرض النبضة PWM وتطبيقاته :
  - مقدمة عن تعديل عرض النبضة PWM في التحكم.
  -
- البحث الخامس أمثلة على أنظمة التحكم الهجينة:
  - نظام تحكم تناسبي بالسرعة
  - نظام تحكم بالموضع بدون ومع تغذية خلفية السرعة.
-

الفصل الثاني أنظمة التحكم بالمحركات الكهربائية:

- البحث الأول مقدمة عن أنواع المحركات وطرق قيادتها.
  - مقدمة عن أنواع المحركات الهوائية الهيدروليكية والكهربائية بأنواعها.
  - محركات التيار المستمر وطرق قيادتها.
  - محركات التيار المتناوب وطرق قيادتها.
  - محركات السيرفو الرقمية وطرق قيادتها.

- المحركات الخطوية وطرق قيادتها.

- البحث الثاني محركات التيار المتناوب التحريضية ثلاثية الطور وطرق قيادتها:
  - تعاريف أساسية
  - المبدلة القالبة
  - وحدة التحكم
  - وحدة الاستطاعة
  - طرق توليد الإشارة الجيبية
  - طرق القيادة
  - البارامترات الأساسية
  - المصطلحات
- البحث الثالث محركات السيرفو الرقمية وطرق قيادتها.
  - تعاريف أساسية
  - وحدة التحكم
  - وحدة الاستطاعة
  - دارات القيادة
  - المصطلحات

البحث الرابع صيانة واكتشاف أعطال أنظمة قيادة المحركات التحريضية:

- الصيانة الدورية لأجهزة قيادة المحركات.
- خطوات إضافية تتجاوز الأعمال الروتينية.
- أساسيات استكشاف الأخطاء وإصلاحها General Troubleshooting

- البحث الخامس المحركات الخطوية وطرق قيادتها.
  - بعض تطبيقات محرك الخطوة
  - أنواع محركات الخطوة
  - التحكم بالمحرك الخطوي ثنائي القطب Controlling the Two-Phase Stepper Motor
  - التحكم بالمحرك الخطوي رباعي القطب Controlling the four-Phase Stepper Motor
  - دارات القيادة
  - المصطلحات

- **المراجع.**
- **المصطلحات الفنية.**

الفصل الأول: **مقدمة حول مبادئ أنظمة التحكم الآلي الرقمي وتصنيفها**

البحث الأول:

مبادئ التحكم الآلي الرقمي

Digital Control

أهداف هذا البحث:

- مقدمة : التمييز بين أنظمة التحكم الرقمي و التمثيلي والهجين.
- ميزات التحكم الرقمي .
- عناصر التحكم الرقمي .
- أهم المصطلحات الخاصة بأجهزة التحكم الرقمي:
  - التحكم بالعمليات (الإجرائيات) Process Control
  - التحكم الرقمي المباشر Direct Digital Control (DDC)
  - الأنظمة الموزعة للتحكم بواسطة الحاسب distributed computer control (DCC)
  - نظام التحكم الموزع Distributed control system (DCS)
  - أجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة Programmable logic controller (PLC)
  - أنظمة التحكم التتابعية(المتسلسلة) sequentially controlled system
  - أنظمة التحكم بالموضع Motion Control
  - أنظمة السيرفو(الملاحقة) Servomechanism
  - أنظمة التحكم العددي Numerical control (NC) والتحكم العددي باستخدام الحاسب CNC
  - الروبوت الصناعي Robotics
  - أنظمة السكادا Scada Systems
  - أنظمة إدارة المباني (Building Management Systems) BMS

مقدمة :

يعرف نظام التحكم بأنه عبارة عن مجموعة من العناصر تعمل مع بعضها البعض تحت إشراف آلة ذكية، تكون غالباً الآلة الذكية عبارة عن دارات إلكترونية، مع عناصر كهروميكانيكية مثل الحساسات والمحركات والتي تشكل الواجهة interface للاتصال مع الوسط الفيزيائي. مثال ذلك الآليات الحديثة، تقوم الحساسات المتعددة بتزويد حاسوب السيارة بالمعلومات عن حالة المحرك. الذي يقوم بحساب كمية الوقود الواجب حقنها للمحرك مع ضبط زمن القدح "الإشعال ignition " ، يتألف القسم الميكانيكي للنظام من المحرك، نظام نقل الحركة ، العجلات ...، ولتصميم design ، تشخيص الأعطال diagnose ، أو إصلاح repair هذه النوعية من الأنظمة المعقدة يجب عليك فهم الالكترونيات و الميكانيك و مبادئ التحكم الآلي.

تم التحكم بالآلات والعمليات الصناعية في السابق عن طريق إما الدارات الالكترونية التمثيلية analog، أو عن طريق المفاتيح الميكانيكية switches والحاكمات relays والمؤقتات timers والعدادات counters. ولكن مع تطور ورخص المعالجات الالكترونية الرقمية microprocessor فقد تم إعادة تصميم الكثير من الأجهزة والأنظمة متضمنة هذه المعالجات كنظام تحكم، مثل آلات النسخ copying machines، الروبوتات robots وأنظمة التحكم بالعمليات الصناعية process controllers . استفادت الكثير من هذه الآلات والأنظمة من القدرة المتزايدة على المعالجة لهذه المعالجات وبالتالي أصبحت أكثر تعقيداً وامتلكت مميزات إضافية .

وبالعودة مجدداً لمثال السيارات فقد تم الاستفادة من الحاسوب (المبني على وحدة المعالجة) واستبداله بالنظام الميكانيكي وأصبح ممكناً تنفيذ عمليات معقدة مثل نظام توزيع الشرارة و تحديد نسبة الهواء مع الوقود وتشخيص أعطال المحرك ووظائف كثيرة أخرى وذلك من دون أية كلفة إضافية. ومما لاشك فيه أن عملية حوسبة (computerized) أنظمة التحكم سوف تستمر في المستقبل بشكل أوسع.

أنظمة التحكم CONTROL SYSTEMS :

تقوم الالكترونيات الذكية في أنظمة التحكم الحديثة بالتحكم ببعض الأجزاء الفيزيائية للعملية الإنتاجية، يسمى نظام التحكم بالآلي "automatic" كما في الطيار الآلي والغسالة الآلية، لأن الآلة تقوم بنفسها باتخاذ القرارات اللازمة بينما الشخص المُشغل human operator يتفرغ للقيام بأعمال أخرى، يعتبر النظام الذكي في التحكم في الكثير من الحالات أفضل من الإنسان لأن رد فعله أسرع واستمرارية أطول (للتغيرات الحاصلة على فترة زمنية طويلة) وبدقة أعلى مما يرفع أداء النظام.

يمكن تصنيف أنظمة التحكم بعدة أشكال، فأنظمة الضبط regulator system تحافظ على تثبيت المتحولات عند (أو حول نقطة محددة) مثال ذلك نظام التدفئة المنزلية home heating system الذي يقوم بتثبيت الحرارة بالرغم من تغير الظروف الخارجية.

أنظمة الملاحقة follow-up system تعطي خرجاً يتبع مسار محدد مسبقاً، مثال ذلك روبوت يقوم بتحريك قطع من مكان لآخر.

نظام التحكم عن طريق الأحداث event control system يقوم بالتحكم بسلسلة متتالية من الأحداث، مثل الغسالة الآلية التي تكرر سلسلة من الخطوات المبرمجة.

انتشرت في القرن العشرين أنظمة التحكم الكهربائية، واستخدمت الحواكم الكهروميكانيكية Relay للتحكم عن بعد بالمحركات والأجهزة، استخدمت الحواكم والمفاتيح Switches لتنفيذ وظائف ذكية نوعاً ما. ثم دخلت تقنية وباختراع الصمامات الالكترونية حدث تطور ملحوظ في أنظمة التحكم خلال الحرب العالمية الثانية في أنظمة التحكم بالموضع (تقنية السيرفو) في الطائرات وأبراج المدافع والطوربيدات. وتستخدم تقنية السيرفو الآن في الآلات الصناعية و الروبوتات والسيارات والآلات المكتبية...

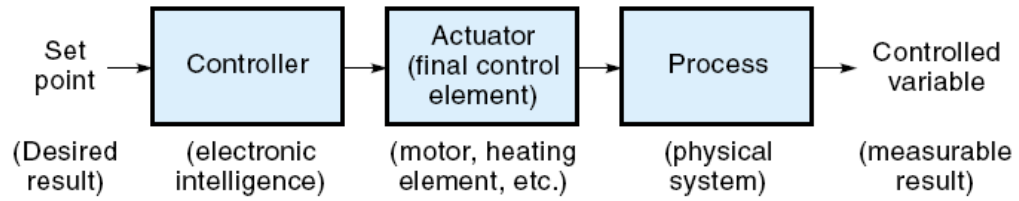
وبظهور أنصاف النواقل حدث تطور كبير في أنظمة التحكم فقد واستخدمت الترانزيستورات ودارات مكبرات العمليات Op-Amp في تصميم أنظمة التحكم التمثيلية، وحلت الدارات المتكاملة الرقمية محل الحواكم Relay في أنظمة التحكم بالمحركات، وأخيراً سمحت المعالجات والمتحكمات الصغرية بتصميم أنظمة تحكم رخيصة وموثوقة تقوم بعمليات معقدة بالإضافة لإمكانية التعديل (قابلة للبرمجة).

يتعلق موضوع أنظمة التحكم بعدة مواضيع: الالكترونيات- الكترونيات القدرة – الحساسات – المحركات – الميكانيك – ونظرية التحكم الآلي.

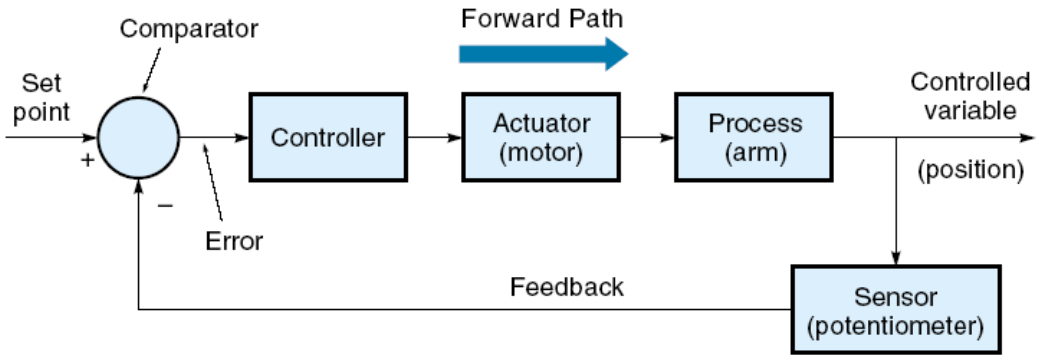
يمتلك نظام التحكم (على الأقل) متحكم Controller و مشغل Actuator، دخل المتحكم يسمى نقطة الضبط point Set والتي تعبر عن القيمة المرغوبة ، والمشغل هو عبارة عن جهاز كهروميكانيكي يأخذ الإشارة من المتحكم ويحولها لفعل فيزيائي مناسب مثل المحرك والصمامات الهوائية وعناصر التسخين. الاجرائية Process والتي تعبر عن الإجرائية الفيزيائية المتأثرة بالمشغل و لها إشارة خرج تسمى المتحول المتحكم به Controlled Variable .

فعلى سبيل المثال إذا كان المشغل هو عنصر تسخين كهربائي في الفرن فالإجرائية Process هي "تسخين الفرن" والمتحول المتحكم به هو الحرارة في الفرن. وإذا كان المشغل هو محرك كهربائي يدور هوائي إرسال استقبال فالإجرائية هي "تدوير الهوائي" والمتحول المتحكم به هو الموضع الزاوّي للهوائي.

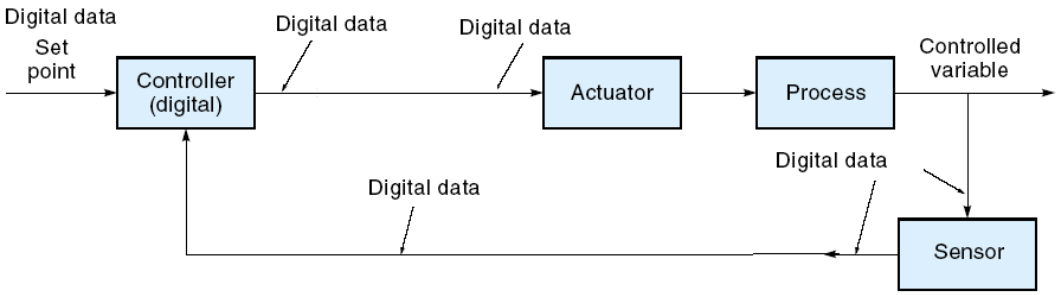
و تظهر الأشكال التالية مخططات صندوقية لأنظمة تحكم مختلفة:



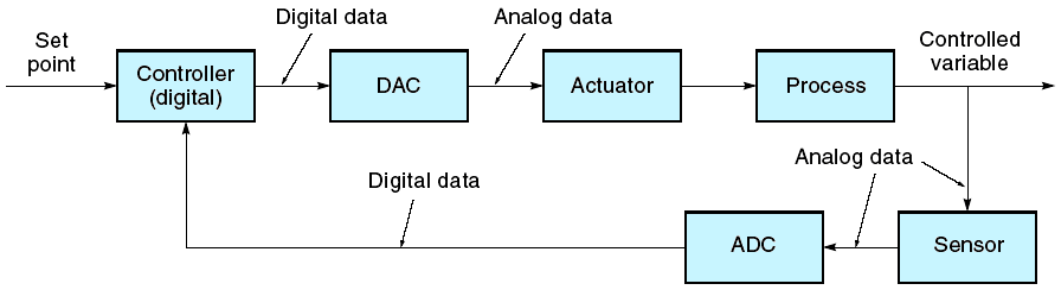
نظام تحكم تمثيلي (مستمر) بحلقة مفتوحة open loop.



نظام تحكم تمثيلي (مستمر) بحلقة مغلقة close loop.



نظام تحكم رقمي (متقطع) بحلقة مغلقة close loop.



نظام تحكم هجين (مختلط) بحلقة مغلقة close loop

تتكون أنظمة التحكم التمثيلية analog control systems من عناصر وأجهزة تمثيلية تقليدية مثل المكبرات الخطية- دارات التكامل – دارات التفاضل ... ويتم عبر هذه العناصر تنفيذ معادلة تابع التحويل من عمليات الجمع والطرح والضرب والقسمة والتكامل والتفاضل باستخدام مكبرات العمليات مثلاً. إن أول نظام تحكمي هو نظام تمثيلي لأن التقنية التمثيلية هي الوحيدة التي كانت متاحة في تلك الأوقات. يتم التحسس فوراً (بشكل آني) لأي تغير يطرأ على مداخل Set_point أو التغذية الخلفية Feedback للنظام .ويعدل المكبر مخرجه عبر المشغلات ليحاول ملاحقة وتطابق المدخل.

تتكون أنظمة التحكم الرقمية Digital Control Systems من دارات رقمية مثل البوابات المنطقية أو المعالجات الصغرية Microprocessors أوالمتحكمات الصغرية Microcontrollers أو الحواسب الرقمية الشخصية أو الصناعية Personal Computer (PC) أو Industrial (IPC) أو أجهزة التحكم القابلة للبرمجة PLC . تأمر هذه المعالجات البرنامج بقراءة نقاط الضبط الرقمية Digital Set points والحساسات الرقمية وحساب قيمة الخرج وتنفيذه عبر المشغلات (أجهزة الخرج). ثم يعود البرنامج للبداية مكرراً نفس الخطوات. إن الزمن الكلي اللازم لتنفيذ مجموع هذه الخطوات لمرة واحدة يسمى المسحة Scan ويكون عادةً أقل من 1ms بحيث أنه يتم مسح المداخل في جزء من زمن المسح وتحديث المخارج في باقي الزمن وفي حال غير أحد حساسات الدخل قيمته أثناء فترة التحديث لا يلاحظ (لا يتحسس) النظام هذا التغير لأنه يكون مشغولاً بعملية حساب وتحديث الخرج ولا يتم التحسس إلا عند المسحة التالية. وهذا هو الفرق الأساسي بين النظامين التمثيلي والرقمي حيث أن النظام التمثلي يتحسس بشكل مستمر Continuous لتغيرات الدخل و يستجيب مباشرةً لآي تغير بينما النظام الرقمي يعمل بشكل متقطع (قراءة المداخل – حساب الخرج – تحديث المخارج).

<u>مميزات أنظمة التحكم الرقمي:</u>

مساوئ أنظمة التحكم الرقمي:

عناصر أنظمة التحكم الرقمي والهجين:

في الواقع يتم التحسس للظواهر الفيزيائية بشكل تمثيلي مستمر وهذا لايناسب العمل مع الأنظمة الرقمية التي أصبحت واسعة الانتشار لرخصها وسهولة استخدامها وتعديلها (Software) . لذلك نستخدم عادةً الأنظمة الهجينة Hybrid Systems والتي تتكون بشكل رئيسي من:

- المتحكم Controller أو وحدة معالجة رقمية : والذي يكون عادةً معالج رقمي Microprocessor أو متحكم صغري Microcontroller أو حاسب شخصي PC أو صناعي IPC أو جهاز تحكم منطقي قابل للبرمجة PLC أو حتى دارات منطقية أو أنظمة أخرى.

- مبدل تمثيلي إلى رقمي Analog To Digital Converter ADC : لايمكن لنظام المعالجة الرقمي أن يتعامل مباشرة مع إشارات الدخل التمثيلية لذلك يقوم بتحويلها إلى إشارة رقمية مناسبة للمعالجة والتخزين والإظهار من قبل أنظمة المعالجة الرقمية.

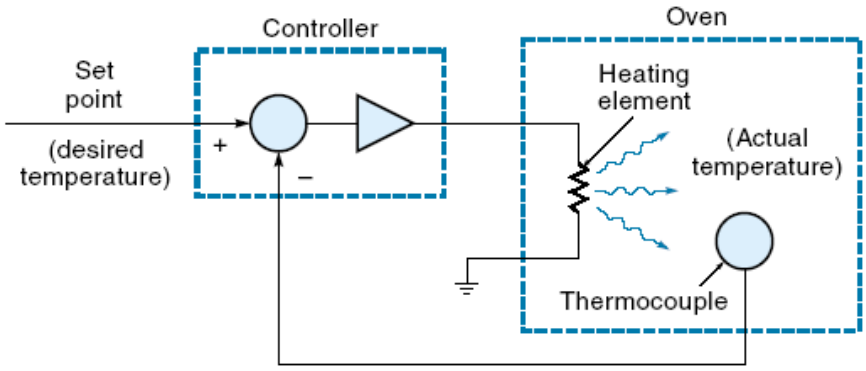
- مبدل رقمي إلى تمثيلي Digital To Analog Converter DAC: يتم تحويل الإشارة الرقمية من خرج نظام التحكم الرقمي إلى إشارة تمثيلية يمكن أن نشغل عبرها أحد المشغلات Actuators .

تعريف بأهم أنظمة التحكم:

تم تصنيف أنظمة التحكم لحد الآن إلى أنظمة تحكم ذات حلقة مفتوحة أو مغلقة ، تمثيلية أو رقمية. ولكننا نسمع في الآونة الأخيرة مصطلحات تتعلق بالتحكم مثل DDC وDCSو PLC وغيرها من المصطلحات التي سنعرفها في الفقرة التالية:

- التحكم بالعمليات (الإجرائيات) Process Control:

تشير إلى نظام تحكم بعملية صناعية تحوي متغيرات (درجة حرارة معدل التدفق ..) يتم ضبطها وملاحقتها كي نحصل على خرج دقيق. مثال ذلك ضبط درجة حرارة فرن كهربائي عن طريق حلقة مغلقة.

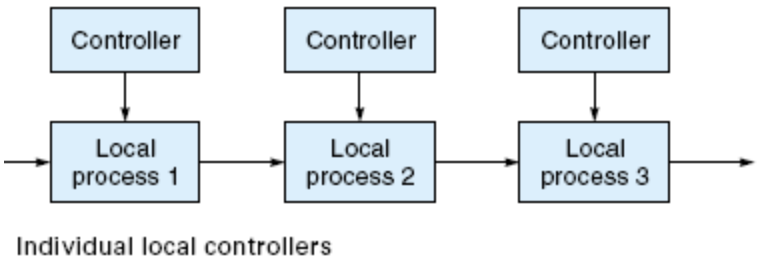


يقوم المشغل Actuator وهو المسخن في حالتنا هذه برفع درجة حرارة الفرن ويتم التحسس للدرجة الفعلية عن طريق حساس الحرارة من النوع Thermocouple ثم يتم مقارنتها مع القيمة المطلوبة Set_point وفي حال وجود فرق(خطأ) يعطي إشارة للمشغل وهكذا.

مثال آخر هو معمل إنتاج مواد طلاء (دهان) يتم خلط اللونين الأزرق والأصفر بنسب مضبوطة للحصول على اللون الأخضر وذلك عن طريق التحكم بصمامات الألوان.

فيمكن تصنيف أنظمة التحكم بحسب وظيفتها على سبيل المثال إلى أنظمة التحكم بالسرعة أو الموضع أو بالحرارة (في فرن أو نظام تكييف) أو التحكم بالألوان أو التحكم بالضغط أو بالغزارة...

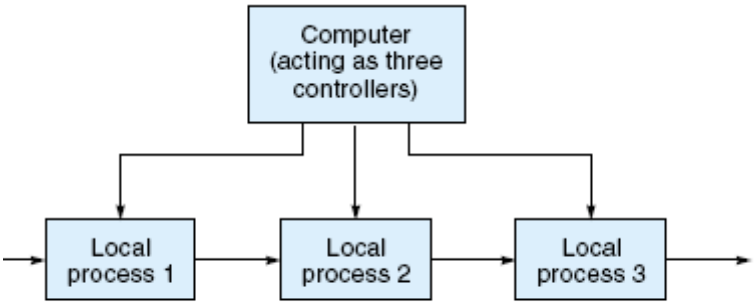
يكون التحكم بالعمليات إما مستمر continuous process حيث يكون هنالك تدفق مستمر في المنتجات أو متعاقب batch process حيث تتألف العملية من عدة عمليات أصغر لكل منها بداية ونهاية. حث يتم التحكم بكل عملية عن طريق أنظمة تحكم موزعة صغيرة كما في الشكل التالي:



Individual local controllers

التحكم الرقمي المباشر (Direct Digital Control (DDC:

يربط نظام التحكم الرقمي المباشر إلى الإجرائية بهدف تحصيل المعطيات والتحكم. فهو يمتلك الدارات الكافية للربط المباشر(عوازل ضوئية، دارات معالجة إشارة، مبدلات تمثيلية / رقمية) ولقراءة المعطيات من الإجرائية.



Direct computer control of three processes

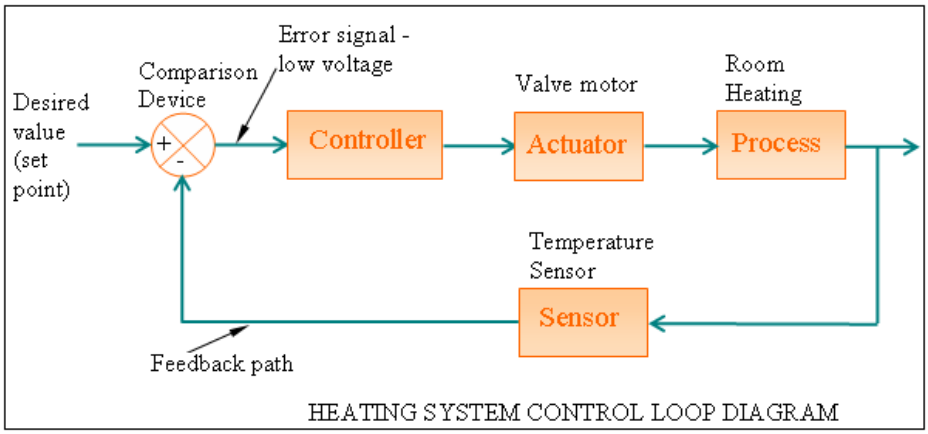
وميزة هذا النظام أنه يمكن مراقبة وتعديل جميع أجزائه من مكان واحد وأيضاً بما أن الحاسب يستطيع أن يرى كل أجزائه فيمكن الحصول على أداء كلي أكبر، سيئة هذا الموضوع هو أن كل العمليات متصلة مع حاسب مركزي ففي حال تعطله سوف تتوقف العملية الإنتاجية كلها لحين إصلاح العطل.

يقوم النظام بأداء الوظائف التالية:

١- يقرأ المتحولات المختلفة للإجرائية من الحساسات المختلفة.

٢- يحدد خطأ كل حلقة تحكم وينفذ وظيفة التحكم المطلوبة عبر برنامج التحكم.

٣- يعطي على خرجه قيم التصحيح إلى المشغلات في الخرج عبر المبدلات الرقمية / تمثيلية.



ويستخدم بشكل رئيسي في أنظمة التكييف المركزية (HVAC (Heating, Ventilating, and Air-Conditioning والتي تتحكم في الحرارة **Temperature** والرطوبة **Humidity** والضغط **Pressure** والتهوية **Ventilation**.

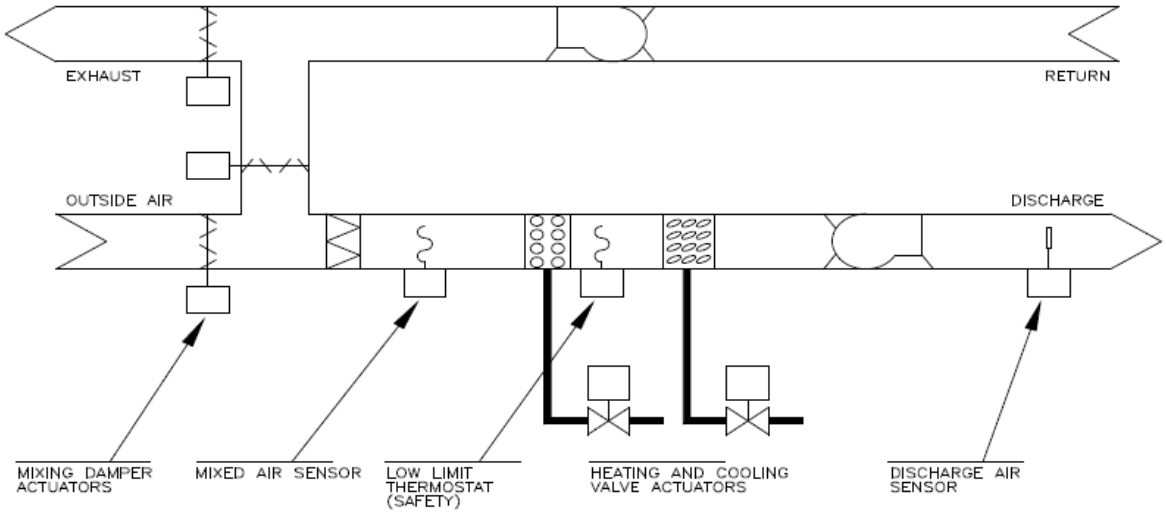


FIGURE 1: DISCHARGE AIR CONTROL

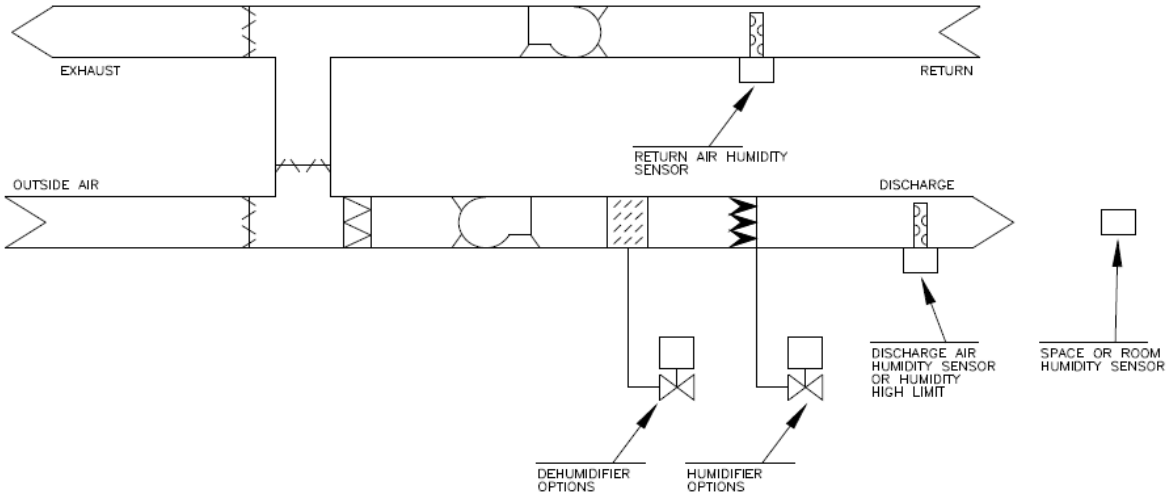
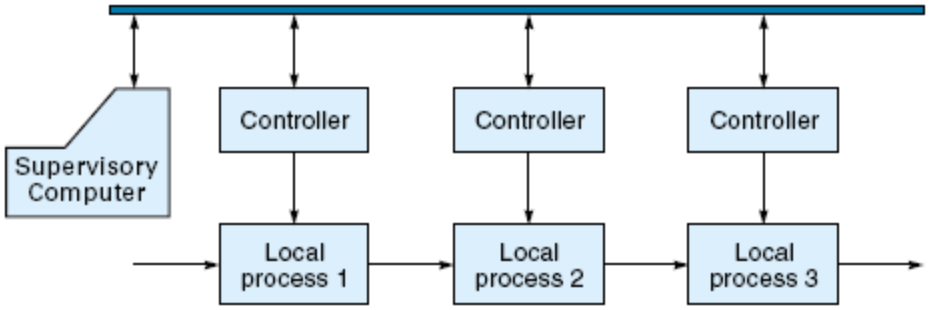


FIGURE 1: HUMIDITY CONTROL

أنظمة التحكم الموزعة بواسطة الحاسب (distributed computer control (DCC:

أدى انتشار تقنية المتحكمات الصغرية MicroController لظهور ما يسمى بأنظمة التحكم الموزعة بواسطة الحاسوب DCC، وفي هذا النظام يتم التحكم بكل عملية محلية على حدى من خلال نظام تحكم مصغر موجود بجانبها وترتبط هذه الأنظمة الموزعة مع الحاسب المركزي عبر شبكة اتصالات باستخدام البروتوكول profibus أو modbus ويقوم هذا الحاسب بالإشراف على مراقبة وتعديل المتحولات .



(c) Distributed computer control using local controllers

نظام التحكم الموزع Distributed control system (DCS) :

في هذه الأنظمة يتم تحصيل البيانات والتحكم بواسطة عدد من الوحدات المنفصلة و المبنية على المعالجات الصغرية microprocessor-based units والمتوضعة بالقرب من الجهاز المتحكم به أو الذي يتم جمع البيانات منه.
تطورت أنظمة الـDCS بحيث أصبحت تعطي وظائف تحكم تمثيلية متطورة مثل التحكم بالحلقات المغلقة والـPID و تنفيذ عمليات حسابية بسيطة. وتتميز بوجود شاشات مراقبة مختلفة خاصة بالمستخدم Operator Console أو HMI human machine interfaces كي تسمح للمشغل بالتحكم وضبط الإعدادات configurations بسهولة. تزود هذه الأنظمة عادة بشبكات لتبادل المعطيات بسرعة عالية (من 1 Mbps حتى 10 Mbps) . أي أن هذه الأنظمة جمعت ثلاث تقنيات ١- المتحكمات الصغرية ٢- الشبكات الصناعية ٣- شاشات المراقبة. وتكون كلفة هذه الأنظمة مرتفعة بشكل كبير وتستخدم عادة في الصناعات الكبيرة مثل محطات التوليد الكهربائية وحقول النفط.

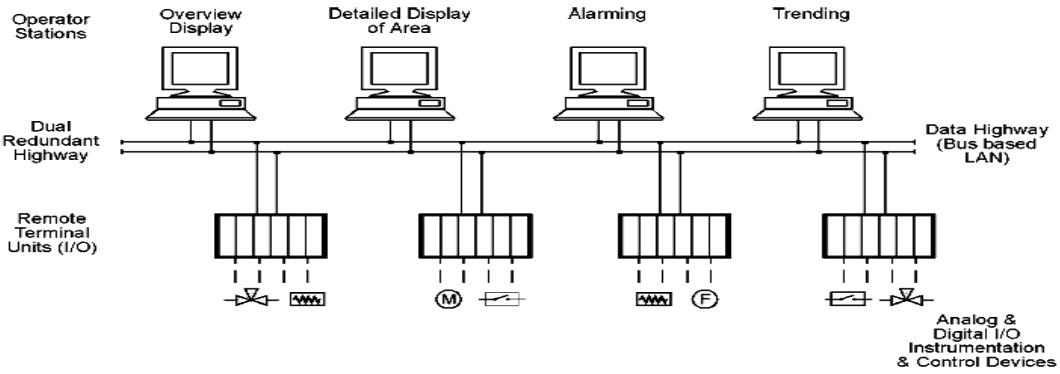


Figure 2.3
Distributed control system (DCS)

أجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة Programmable logic controller (PLC):

وهي عبارة عن أجهزة تحكم رقمية منطقية عامة الاستخدام يمكن أن نضيف لها توسعات تمثيلية وتتميز بإمكانية إعادة البرمجة بحسب التطبيق وقد حلت أجهزة الـPLCs محل الحاكمات الكهرومغناطيسية المستخدمة في التحكم التقليدي حيث استبدلت خزائن التحكم التقليدية **Control Panel** والتوصيلات الكثيرة بأجهزة الـPLCs وتبرمج بلغة السلم ladder–logic بشكل أساسي، وكثيراً ما تستخدم أجهزة الـPLCs كوحدات طرفية بعيدة RTU عند

تنفيذ أنظمة سكادا لأنها توفر كيان صلب hardware قياسي متين سهل التوصيل والبرمجة وبسعر اقتصادي وتناسب المشاريع التحكمية الصغيرة أو المتوسطة أو الكبيرة.

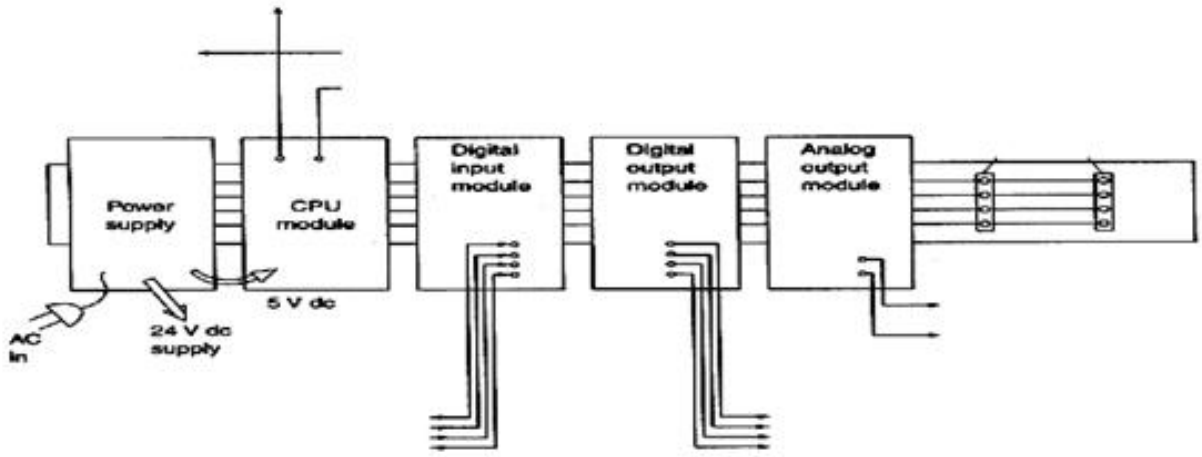
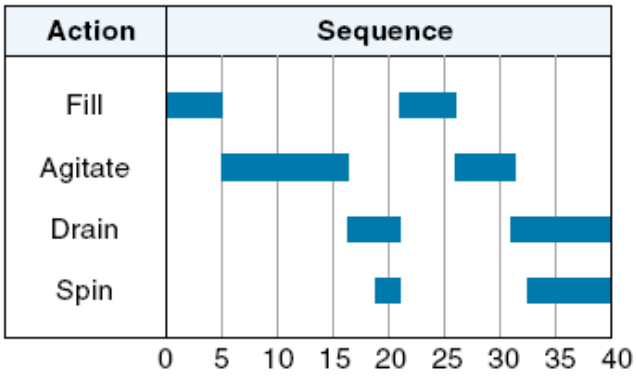


FIGURE 1.2
PLC in an automated system.

أنظمة التحكم التتابعية (المتعاقبة) Sequentially Controlled System:

يمكن تعريف العملية التحكمية (الإجرائية) كسلسلة من الخطوات المتتابعة الواجب تنفيذها واحدة تلو الأخرى تبعاً لشرط ما Event Driven أو كل فترة Time driven في الحالة الأولى يعتبر نظام التحكم ذو حلقة مغلقة نظراً لوجود تغذية خلفية، أما في الحالة الثانية فيعتبر تحكم بحلقة مفتوحة بسبب عدم وجود تغذية خلفية. مثالنا على التحكم المتعاقب هو الغسالة الآلية (Event Driven) التحكم بإشارات المرور(Time driven).



أنظمة التحكم بالموضع Motion Control :

هو مصطلح معروف يستخدم لوصف نظام كهربائي ميكانيكي بحلقة مفتوحة أو مغلقة يقود أجسام تتحرك. تحتوي هذه الأنظمة بشكل أساسي على محركات – أجزاء ميكانيكية (مسننات أذرع علب سرعة...) – حساسات للتغذية الخلفية.

مثال على هذه الأنظمة المصاعد، آلات التجميع الآلي، الروبوتات الصناعية وآلات الـCNC.

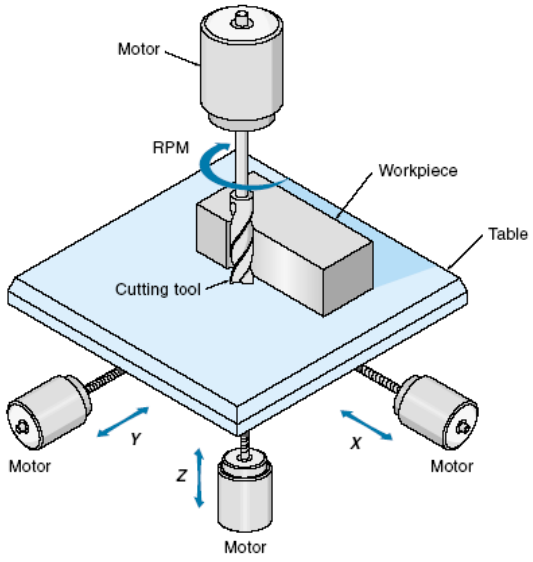
أنظمة السيرفو(الملاحقة) Servomechanism:

يطلق مصطلح السيرفو على أنظمة التحكم بالحلقة المغلقة التي تقود بدقة عالية جسم متحرك، ويتم ضبط كلاً من الموضع والسرعة مثل هوائي الرادار أو آلات الحفر الدقيقة على المعادن. ويوجد أنظمة تمثيلية قديمة وأنظمة رقمية جديدة تسمى Digital Servo Controller .

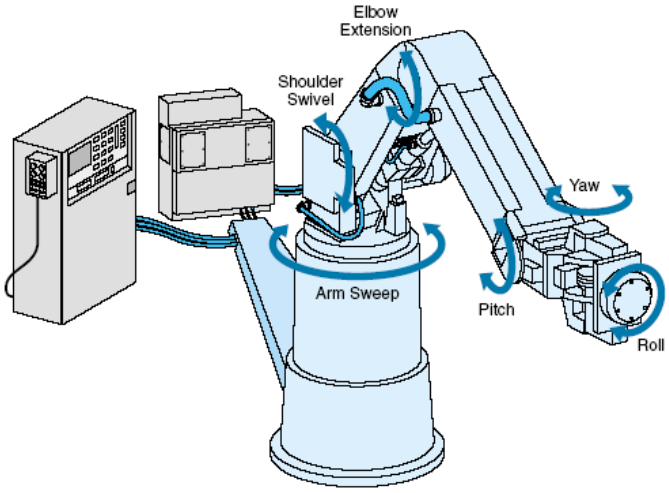
أنظمة التحكم العددي Numerical control (NC) والتحكم العددي باستخدام الحاسب CNC:

وهو أحد أنواع التحكم الرقمي الذي يستخدم مع الآلات مثل آلات الخراطة والفارزات. يمكن لهذه الآلات أن تقص وتشكل المشغول دون وجود مشغل الآلة. يجب التحكم بموضع محاور الآلة وسرعتها عن طريق محركات كهربائية في عدة اتجاهات مثلاً ثلاثة محاور X Y Z لذلك يجب على الآلة أن تتحكم بأربعة متحولات X Y Z والسرعة rpm . يستقبل نظام التحكم في الدخل مجموعة من الأرقام تصف بشكل مفصل كيفية صنع القطعة المطلوبة تتضمن هذه الأرقام الأبعاد تفاصيل إضافية مثل سرعة القطع والتغذية feed.

استخدمت آلات الـNC منذ 1960 وكانت حينئذ تُدخل الأرقام يدوياً للآلة لتعبر عن برنامج تشغيل القطعة ويخزن البرنامج على أقراص مرنة أو شرائط مثقبة أو ترسل مباشرةً للتنفيذ .



ومع تطور برامج التصميم باستخدام الحاسب (CAD) Computer Aided Design أصبحت مهمة الحاسب توليد برنامج القطعة المشغولة بعد رسمها على الحاسب باستخدام برامج التصنيع باستخدام الحاسب (CAM) Computer Aided Manufacturing . فظهرت تقنية التحكم العددي بواسطة الحاسب Computer numerical Control أو ما يسمى CNC.



الروبوت (الأذرع الآلية) Robotics:

يعتب الروبوت الصناعي من أكثر الأمثلة التقليدية لأنظمة التحكم بالموضع، في أغلب الحالات يتألف الروبوت من ذراع مفرد و عضد ومعصم . وتستخدم الروبوتات عادةُ لنقل الأشياء من مكان لآخر أو لتجميعها أو لتغذية وتفريغ آلة حفر رقمية NC كما وتقوم بعمليات بخ الطلاء واللحام.

تستخدم الروبوتات عادةً التحكم بالهواء المضغوط Pneumatic لرفع الذراع وتطويله وتدويره، ويمكن لروبوت أن يكرر خطوات الحركة بشكل مستمر.

أنظمة السكادا Scada Systems :

مصطلح الـ(SCADA (supervisory control and data acquisition (نظام التحكم الإشرافي وتحصيل المعطيات) يعني نظام مؤلف من عدة حواسيب عليها برنامج خاص يقوم بتحصيل المعطيات acquisition عبر وحدات طرفية بعيدة RTU remote terminal unit مهمتها جمع البيانات من مواقع العمل وإعادة إرسالها للمحطة الرئيسية عبر نظام اتصالات. تقوم المحطة الرئيسية بإظهار المعطيات المُحصلة وتقوم بحفظ المعطيات وإظهارها ضمن تقارير بحسب الحاجة، ويقوم النظام بإعطاء إنذارات وتخزينها وإظهارها وأيضاً تسمح للمستخدم بالقيام بوظائف تحكمية عن بعد.

تؤدي المعطيات الدقيقة والمُحصلة في الوقت المناسب (عادةً في الزمن الحقيقي real-time) لتحسين العمليات التحكمية وتسلسلها ضمن المعمل .ومن الميزات الأخرى الكفاءة efficient، الموثوقية reliable, والميزة الأهم هي أنها أكثر أماناً safer .نحصل على كل هذه الميزات بكلفة أقل مقارنةً مع الأنظمة القديمة الغير مؤتمتة.

أنظمة إدارة المباني BMS (Building Management Systems):

استخدم هذا النظام حديثاً في الفنادق والمشافي ومراكز التسوق وغيرها من الأبنية الكبيرة حيث يقوم هذا النظام بمراقبة monitor والتحكم بخدمات الأبنية مثل التحكم بنظام التكييف المركزي HVAC ونظام الإنارة وضخ المياه ونظام الدخول والخروج من البناء ونظام التحكم بالمصاعد ونظام الإنذار من الحريق والسرقة وكاميرات المراقبة والكثير من الأنظمة الأخرى في الأبنية ويؤمن النظام الاستفادة القصوى من الموارد وتوفير الطاقة وتلبية حاجات المستخدم بشكل أمثلي.

ويتكون النظام من جهاز تحكم رقمي Controller و مرتبط مع أجهزة حقلية تقوم بمراقبة الحالة وتنفيذ الأوامر عن بعد ويتألف أيضاً من نظام حاسوبي لتحصيل وتخزين المعطيات بشكل دائم وتوليد الإنذارات وشبكة اتصال بين جميع أجزاء النظام. ويمكن في هذا النظام تشخيص الأعطال من خلال برامج **Diagnostic Program**.

الأسئلة:

١-ارسم مخطط صندوقي لنظام التحكم التمثيلي وعدد واشرح مكوناته.

٢-ارسم مخطط صندوقي لنظام التحكم الرقمي وعدد واشرح مكوناته.

٣-ارسم مخطط صندوقي لنظام التحكم الهجين وعدد واشرح مكوناته.

٤-عدد أهم مزايا أنظمة التحكم الرقمية مقارنة بالأنظمة التمثيلية.

٥-ما هو نوع المُتحكم Controller في أنظمة التحكم الرقمية أو الهجينة.

٦-عرف التحكم الرقمي المباشر Direct Digital Control (DDC) مع الرسم المناسب.

٧-عرف التحكم الموزع بواسطة الحاسب distributed computer control (DCC) مع الرسم المناسب.

٨-عرف نظام التحكم الموزع Distributed control system (DCS) مع الرسم المناسب.

٩-عرف أنظمة الـPLC .

١٠-عرف أنظمة التحكم التتابعية (المتسلسلة) sequentially controlled system مع الرسم المناسب.

١١-عرف التحكم العددي بواسطة الحاسب (CNC) مع الرسم المناسب .

١٢-ماذا يعني المصطلح CAD/CAM.

١٣-عرف أنظمة السكادا مع الأمثلة على استخداماتها.

١٤-عرف أنظمة الـ BMS مع الأمثلة على استخداماتها.

١٥-ما هو الفرق بين أنظمة الـDSC والـ DDC والـPLC.

البحث الثاني:

المرمزات الضوئية وحساسات الموضع
Optical Encoder And Position Reference Detector

أهداف هذا البحث:

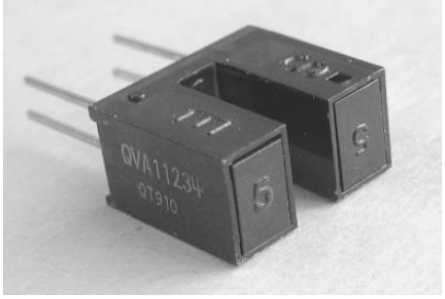
- **دراسة مبدأ عمل حساسات الموضع.**
- **دراسة المرمزات بنوعيها المطلقة و التزايدية.**
- **طريقة حساب السرعة والتسارع كمشتق أول وثان للموضع في الأنظمة الرقمية.**
- **مقدمة:**

تستخدم المرمزات الضوئية كحساس ذو خرج رقمي يستخدم لقياس الموضع الزاوي أو الخطي. كما ويمكن أن يستخدم لقياس السرعة (مشتق المسافة) أو التسارع (مشتق السرعة) بعد معالجة إشارة المسافة عن طريق الاشتقاق بواسطة أنظمة التحكم الرقمية. وتتميز المرمزات بسهولة ربطها مع أنظمة التحكم الرقمية لأن خرجها رقمي .

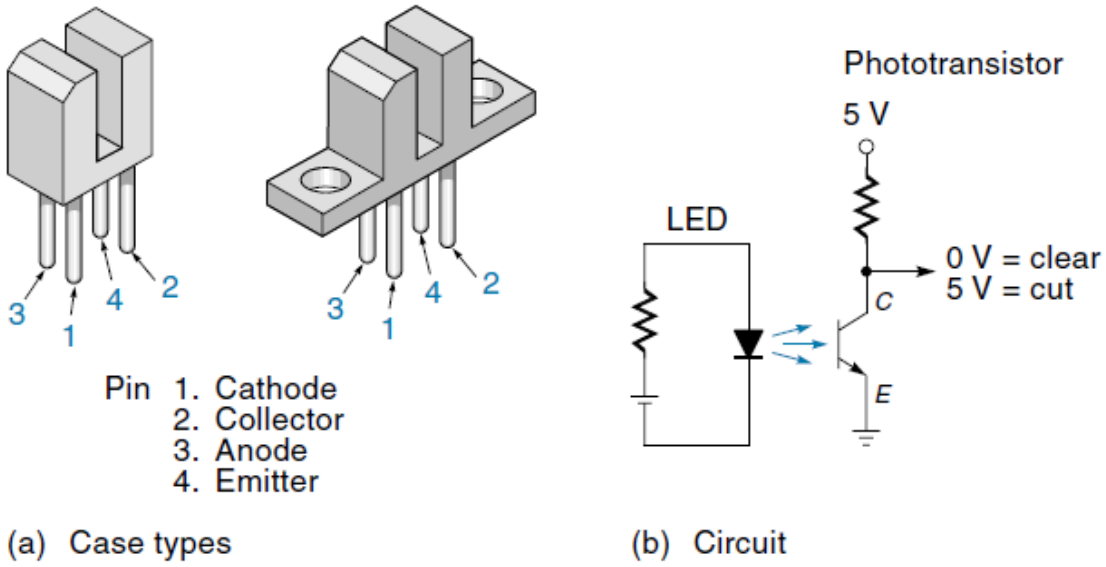
- **مبدأ عمل حساس المرجع الموضعي Position Reference Detector:**

تتألف حساسات الموضع من مرسل ضوئي ومستقبل ضوئي يعمل بلأشعة تحت الحمراء (IR(Infra Red يتحسس لانقطاع الأشعة الضوئية بسبب مرور جسم ما عاتم بين المرسل والمستقبل (عائق) ويتحسس الحساس لمرور الضوء عند عدم وجود عائق يمنع مروره فيعطي إشارة كهربائية على خرجه تمثل حالة "1" منطقي أما عند وجود عائق يمنع مرور الأشعة فيعطي الحساس فيعطي إشارة كهربائية على خرجه تمثل حالة "0" منطقي.

يعطي المستقبل إشارة رقمية "0" أو "1" مباشرة للدلالة على وجود أو عدم وجود جسم، ويتم استخدام إشارة الخرج الرقمي مباشرة في أنظمة التحكم الرقمية للدلالة على الموضع. وأمثلة على استخداماته إشارة فتح أو إغلاق بوابة حماية في آلة خطرة أنظمة الإنذار ضد السرقة أو التحسس لوصول منتج ما يقطع الحزمة الضوئية بين المرسل والمستقبل أو للتحسس من استمرار دوران محور ما عن طريق استمرار ورود إشارات بفواصل زمنية محددة أو لحساب المسافة من خلال استخدام مسنن يوضع بين المرسل والمستقبل فكلما وردت نبضة يعني التحرك بمسافة يحددها البعد بين أسنان المسنن أو لحساب عدد الدورات من خلال قرص فيه ثقب. ويبين الشكل التالي أحد أشكال هذا الحساس:

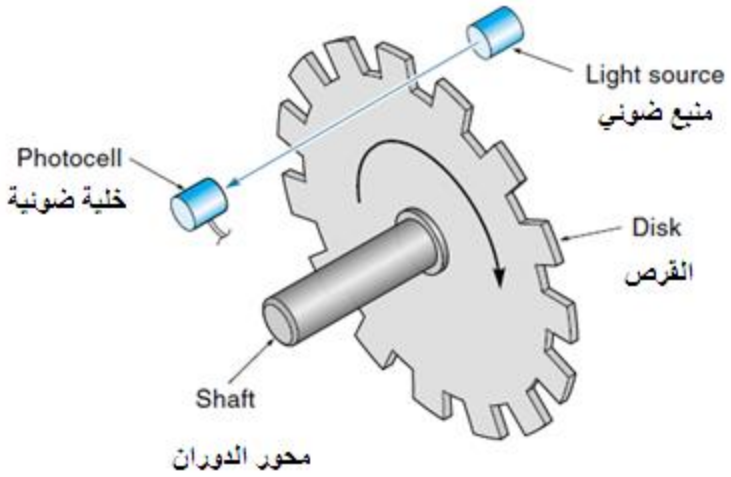


ويبين الشكل التالي وظائف أرجل هذا الحساس وطريقة توصيله:



المرمزات الضوئية الدوارة Optical Rotary Encoders :

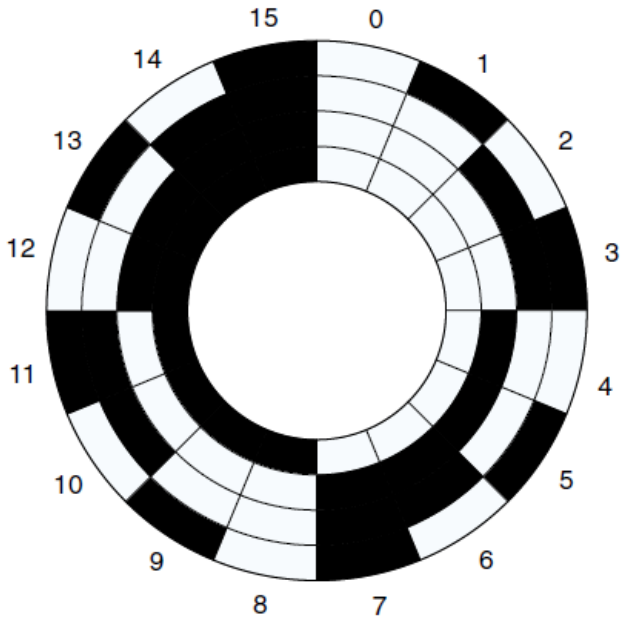
تولد هذه المرمزات بيانات منتظمة تعبر عن الموضع وتكون هذه البيانات بشكل رقمي مباشرة، دون الحاجة للمبدلات من تمثيلي إلى رقمي ADC. ويوضح الشكل التالي مبدأ العمل حيث نثبت قرص مثقب مع محور الدوران الذي نريد قراءة زاوية دورانه ونثبت على أحد طرفي القرص منبع ضوئي وفي الجهة المقابلة مستقبل ضوئي فعند دوران المحور ومعه القرص يمر الضوء من المرسل للمستقبل عند المرور أمام ثقب فيعطي المستقبل إشارة واحد منطقي "1" أما عند المرور أمام حاجز نستقبل صفر منطقي "0" بسبب عدم مرور الضوء وبذلك يمكن تحديد زاوية محور الدوران من خلال النبضات المتولدة.



هنالك نوعان أساسيان من المرمزات الضوئية: التزايدية Incremental والمطلقة Absolute ، يعطي المرمز التزايدي نبضة كلما دار المحور مسافة معينة. أما المطلق فيعطي كلمة كاملة برمز محدد يمثل كل موضع.

- **المرمز المطلق Absolute Optical Encoders :**

- يعطي المرمز المطلق كلمة رقمية كاملة (مجموعة من البتات) برمز محدد يمثل كل موضع، ويتألف المرمز المطلق من قرص دائري مقسم لقطاعات عاتمة وشفافة



يستخدم هذا المرمز قرص زجاجي مرمز بمسارات تضم مناطق عاتمة وأخرى شفافة، لكل مسار لدينا مستقبل ضوئي منفصل، ويؤلف كل مستقبل بت كجزء من كلمة منطقية طولها هو عدد المسارات ففي مثالنا هذا نجد أربع مسارات أي أن طول الكلمة المولدة هنا هو 4 bit والخانة الدنيا LSB تأتي من المسار الداخلي. قُسم القرص إلى ١٦ قطاع، لذلك تكون الدقة في هذه الحالة:

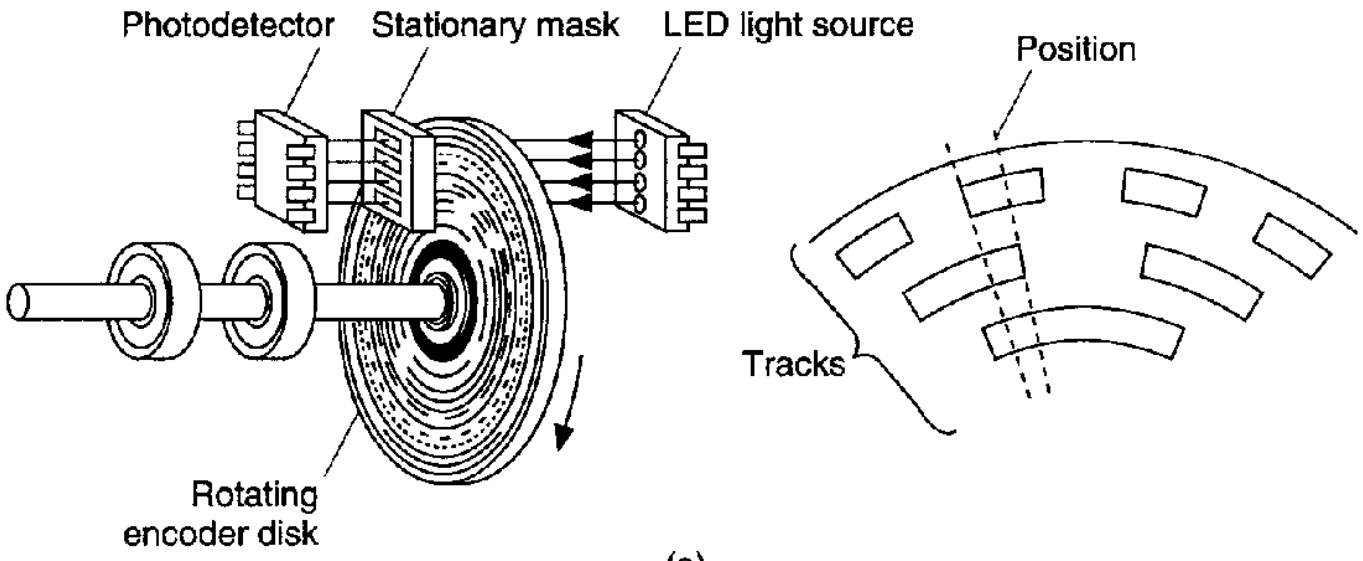
$360°/16 = 22.5°$ أي 22.5 درجة لكل حالة

ولزيادة الدقة يجب استخدام المزيد من المسارات. فمثلاً ثمانية مسارت تؤمن ٢٥٦ (ثمانية بتات)حالة فتكون الدقة :

$360°/256 = 1.4°$ أي 1.4 درجة لكل حالة

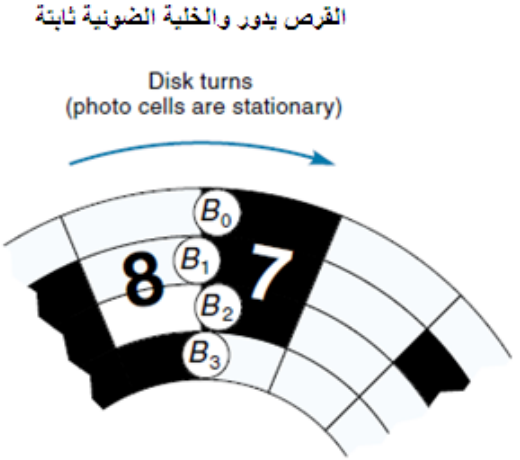
وعشرة مسارات يعطينا ١٠٢٤ احتمال فتكون الدقة :

$360°/1024 = 0.35°$ أي 0.35 درجة لكل حالة



(a)

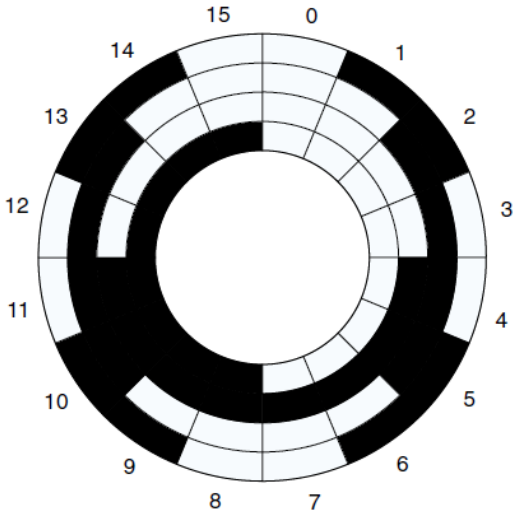
ميزة هذه المرمزات هي أن الخرج رقمي مباشرةً وأيضاً يعبر عن الموضع بشكل مطلق أي أنه في كل موضع له خرج رقمي **وحيد** يعبر عن الزاوية أو الموضع. وهذا هو التباين الأساسي بينه وبين المرمز التزايدي الذي يعطي الموضع النسبي أي نسبة لنقطة البدء كما سنرى.
أما سيئة هذه المرمزات فهي غلاؤه الكبير بسبب تقنية تصنيعه و وجود عدة مسارات ومستقبلات متوضعة ومصطفة بدقة متناهية. ففي حال عدم اصطفاف المستقبلات بدقة تظهر من حين لآخر إشارات خرج خاطئة لا تعبر عن الموضع الصحيح كما يوضح الشكل التالي:



8	5	7	
0	1	1	B_0
0	0	1	B_1
0	1	1	B_2
1	0	0	B_3

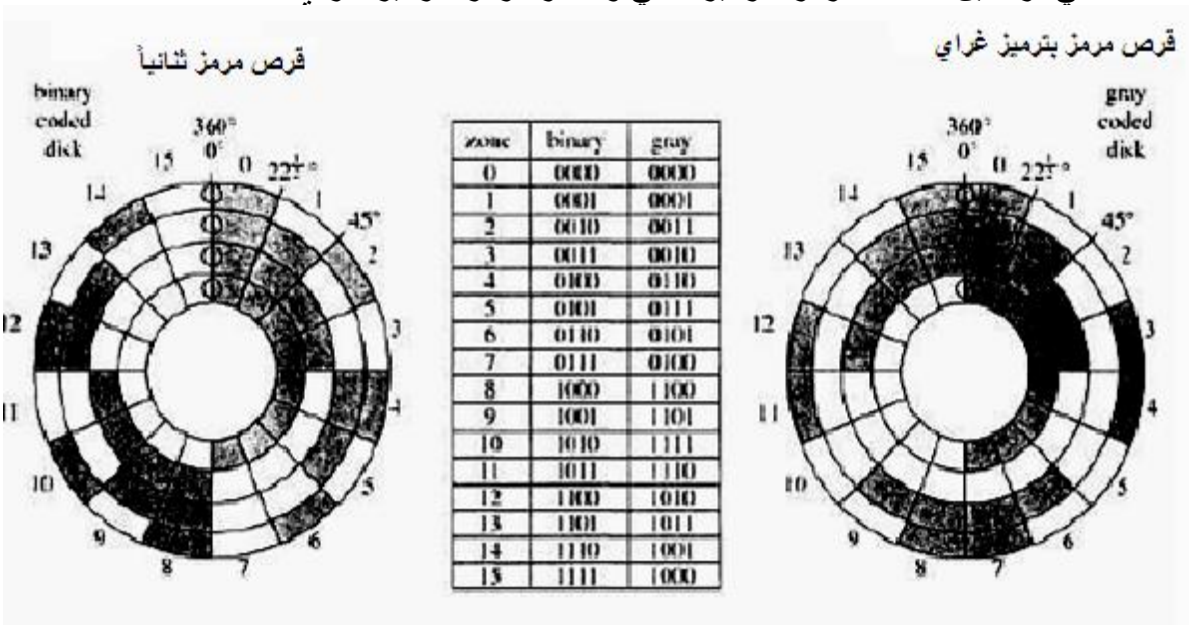
Erroneous state
الحالة الخاطئة

فمثلاً هنا الحساس B1 غير متوضع بشك صحيح مما يؤدي لظهور خطأ وهو أنه يعطي "1" قبل بقية الحساسات عند التحول من الرقم (1110)7 و الرقم (0001)8 يظهر رقم (1010)5 وهو خطأ.
أحد الحلول هو استخدام ترميز غراي **Grey code** للقرص بدلاً من الترميز الثنائي المباشر. كما يبين الشكل التالي:

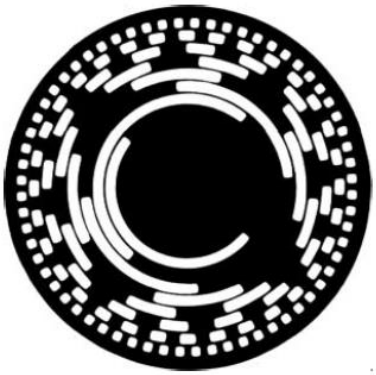


ففي هذا الترميز يتغير كل مرة بين كل قطاعين بت واحد فقط، ففي حال عدم توضع حساس المستقبل بشكل صحيح في أسوأ الحالات يصبح الخطأ 1 .

ويبين الشكل التالي قرصين أحدهما مرمز بترميز ثنائي والآخر مرمز بترميز غراي



عملياً يتم صنع أقراص بعدد مسارات أكبر كما يوضح الشكل التالي:

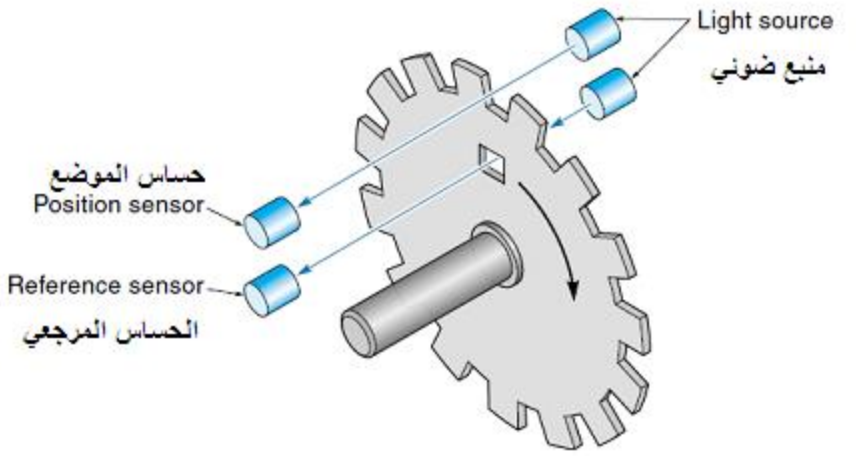


-

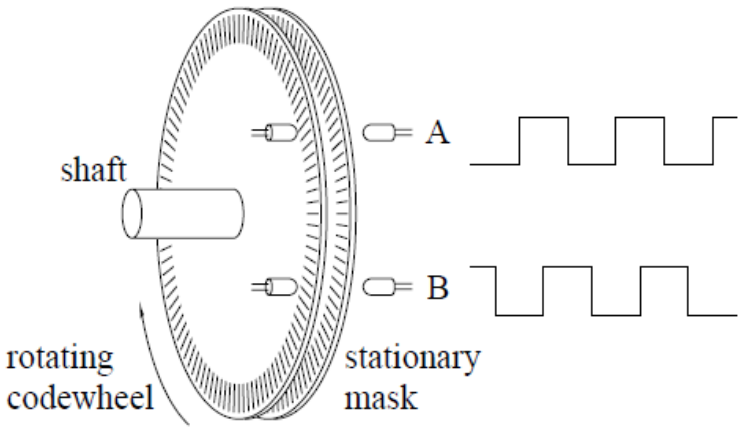
- **المرمز**

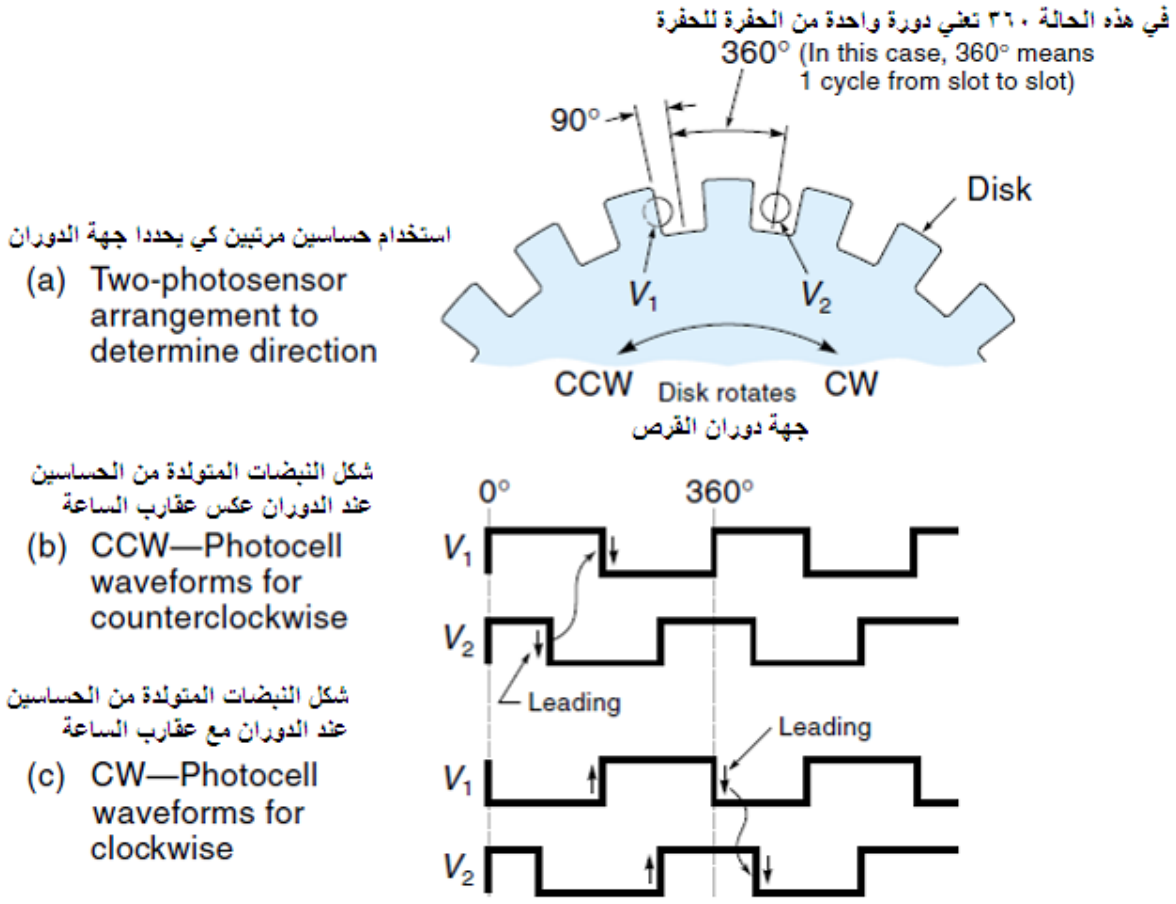
التزايدي Incremental Optical Encoders :

يمتلك المرمز التزايدي مساراً واحداً بثقوب متوضعة بشكل منتظم كما يوضح الشكل التالي:



يحدد المسار هنا عن طريق عدّ عدد الشقوق التي مرت أمام الحساس، وكل شق يمثل موضع زاوية معينة. يحتاج هذا النظام لنقطة مرجعية معينة يمكن أن تكون من حساس آخر مثبت أمام مسار داخلي أو حساس خارجي لنهاية الشوط Limit Switch ميكانيكي أو إليكتروني. ولكن العمود الذي تتم مراقبته سيتحرك جيئة وذهاباً ولنتمكن من متابعة الموضع، يجب أن يعرف المتحكم Controller في أي جهة يدور المحور بالإضافة لعدد النبضات من الحساس كما في المثال الموضح بالشكل التالي:





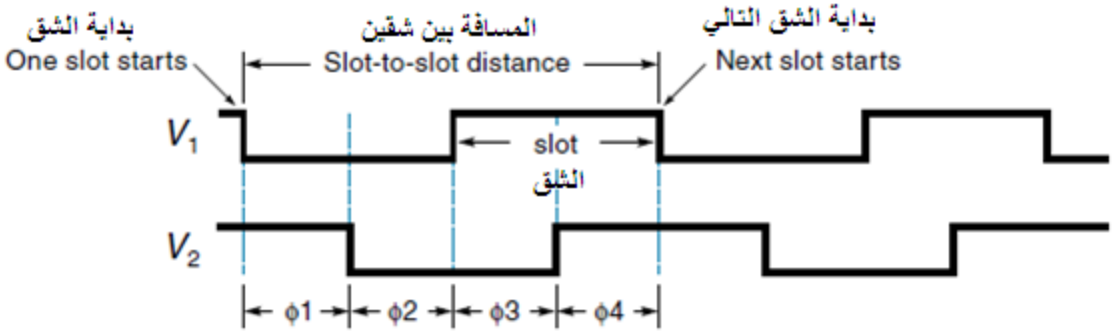
مثال:

مرمز تزايدي له ٣٦٠ شق (ثقب). يبدأ بالحركة من نقطة المرجع، يعد الحساس الضوئي ١٠٠ شق مع عقارب الساعة CW ، و ٣٠ شق عكس عقارب الساعة CCW ثم ٤٥ شق CW . ما هو الموضع الحالي؟

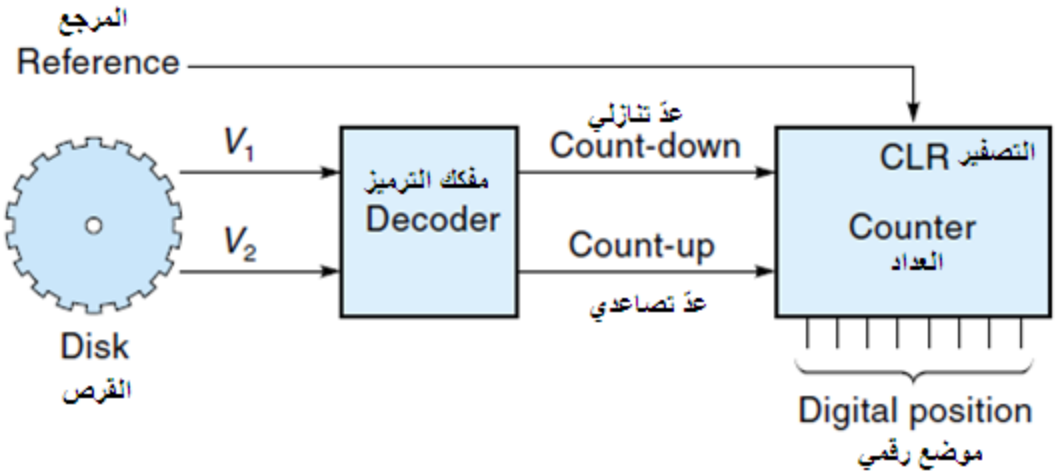
الحل :

إذا كان القرص مقسم إلى ٣٦٠شق فذلك يعني أن كل شق يعبر عن 1° من الدائرة. بدأنا من نقطة المرجع ثم درنا ١٠٠ درجة CW ثم عكسنا جهة الدوران ٣٠ درجة أي أصبحنا في الموضع ٧٠ درجة ثم أخيراً درنا ٤٥ درجة CW لنصبح في الموضع ١١٥ درجة مع عقارب الساعة بدأً من نقطة المرجع.

عند وجود حساس واحد لا نتمكن من جهة الدوران، لذلك نستخدم حساسين مركبين على نفس المسار ومتباعدين عن بعضهما بمقدار ربع دور T/4 لذلك سمي بالمرمز الربعي Quadrature .



ويوضح الشكل التالي مثال على دارة تفكيك الترميز لتعطي جهة الدوران للعداد



في الحقيقة فإن ثمن بساطة هذا المرمز من خلال استخدام حساسين ومسار واحد فقط هو مقابل لعدم الحصول بشكل مباشر على قيمة الموضع.

مثال:

نظام حساس الموضع المبين في الشكل السابق يستخدم قرص بـ ٢٥٠ شق. القيمة الحالية للعداد هي 00100110 فما هي قيمة الزاوية التي يقيسها محور الدوران؟

الحل:

بالنسبة للقرص ذو الـ٢٥٠ شق، كل شق يمثل $360°/250 = 1.44°$ والعدد الثنائي 00100110 هو ٣٨ بالعشري لذلك يكون الموضع ٣٨ × ١.٤٤ = ٥٤.٧٢ درجة

طريقة حساب السرعة والتسارع كمشتق أول وثان للموضع في الأنظمة الرقمية:

يمكن الاستفادة في الأنظمة الرقمية من الإمكانيات الحسابية في حساب المشتق. فكما نعرف أن السرعة هي المشتق الأول للموضع (المسافة) وأن التسارع هو المشتق الأول للسرعة أو الثاني للموضع.

وتعرف السرعة بأنها معدل تغير المسافة خلال الزمن، ويعبر عن ذلك بالمعادلة التالية :

$$\text{Velocity} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1}$$

حيث:
$\Delta\Theta$: تغير الموضع (الزاوية)
Δt : تغير الزمن.
Θ_1 ، Θ_2 : عينات الموضع
t_1, t_2 : أوقات أخذ العينات

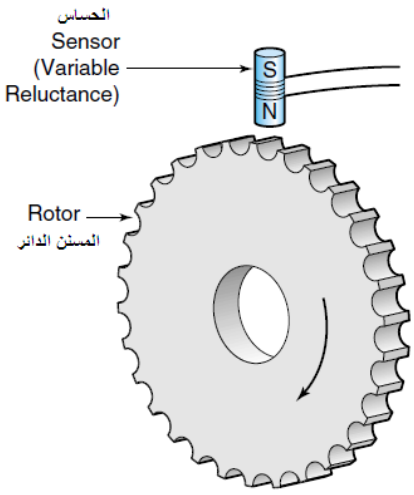
مثال:
لدينا آلة دوارة يتم التحسس للموضع في هذه أللآلة من خلال حساس يعتمد على مرمز ضوئي تزايدي موصول مع محور الدوران. حدد كيفية الحصول على السرعة لهذه الآلة؟

الحل:
يتم حساب السرعة من خلال عينتين متتاليتين لقياس الموضع عند الأزمنة t1 و t2 ثم نطبق المعادلة :

$$\text{Velocity} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1}$$

إذا أخذنا العينات بفاصل ثانية واحدة ستكون السرعة هي ($\Theta_2 - \Theta_1$)، ولكنها فترة زمنية طويلة بدلاً عن ذلك نختار فاصل زمني 1/10 s أي 100ms.
والآن ١- نأخذ عينيتين للموضع بفاصل زمني 100ms بالضبط.
٢- نطرح القيمتين .
٣-نضرب الناتج بـ١٠.

- **طريقة أخرى لقياس السرعة هي باستخدام جزء دوار مسنن toothed-rotor**



كما في المثال التالي:

مثال:
لدينا حساس مؤلف من جزء دوار مسنن له ٢٠ سن . أحسب سرعة الدوران في الدقيقة rpm إذا كان تردد نبضات الخرج ١٢٠ هيرتز.

الحل:
في البداية نحسب تابع التحويل العام TF للنظام ثم نستخدمه لحساب السرعة عند أي تردد محدد.
نبدأ أولاً بـ(1 revolution per second) 1 rps سيتولد تردد ٢٠ هيرتز:

$$TF = \frac{\text{output}}{\text{input}} = \frac{\text{freq (Hz)}_{\text{sensor}}}{\text{rpm}_{\text{rotor}}} = \frac{20\ \text{Hz}}{1\ \text{rps}} \times \frac{1\ \text{rps}}{60\ \text{rpm}} = \frac{0.33\ \text{Hz}_{\text{sensor}}}{1\ \text{rpm}_{\text{rotor}}}$$

لذلك فإن دورة في الدقيقة ستولد تردد 0.33 Hz ، أما عند وجود تردد ١٢٠ هيرتز :

$$120\ \text{Hz} \times \frac{1\ \text{rpm}}{0.33\ \text{Hz}} = 360\ \text{rpm}_{\text{rotor}}$$

أي أنه سيدور بسرعة 360 rpm .

الأسئلة:

١- ما هو مبدأ عمل المرمز التزايدي.

٢- ما هو مبدأ عمل المرمز المطلق.

٣- قارن بين المرمزين التزايدي والمطلق.

٤- ما هو السعر التقريبي للمرمز التزايدي والمطلق.

٥- ما هي أهم أعطال المرمزات.

٦- إذا أردنا شراء مرمز تزايدي ما هي أهم المعلومات التي يجب ذكرها.

٧- أشر بصح أو خطأ للعبارات التالية وصحح الخطأ إن وجد " المرمزات هي حساسات تمثيلية"، "يستخدم المرمز لقياس المسافة فقط"، "يعطي المرمز التزايدي إشارة خرج مرمزة بترميز غراي"

٨- أعط أمثلة عن أنظمة تحكم تستخدم المرمزات.

٩- لما سمي المرمز الضوئي بهذا الاسم.

١٠-كيف يتم حساب السرعة والتسارع في الأنظمة الرقمي بدأً من إشارة المسافة.

١١-لدينا مرمز مطلق بخمسة مسارت. فكم بت له في الخرج؟ وما هي الدقة بالدرجات لكل حالة؟

١٢-لدينا مرمز مطلق في تطبيق محدد يتوجب فيه أن تكون الدقة 3° . فكم مسار يجب أن يمتلك؟

١٣- لدينا مرمز تزايدي له ٧٢٠ شق. يبدأ من نقطة المرجع، يدور القرص ٢٠٠ شق CW ثم ٨٠ شق CCW ثم ٤٠٠ شق CW ما هي الزاوية الأخيرة لمحور الدوران.

١٤-بلغت قراءة عداد مرمز تزايدي القيمة الثنائية 101100011

أ- ما هي الدقة بالدرجات و ما قيمة الخانة الدنيا LSB ؟

ب- ما هي الزاوية الحالية لمحور دوران المرمز؟

١٥- فسر المبدأ الأساسي لكيفية الحصول على بيانات السرعة من حساس الموضع.

١٦- يتم حساب السرعة من خلال بيانات الموضع. زمن العينة ٠.٥ ثانية الموضع هو ٦٨ درجة عند العينة الأولى و ٧٣ درجة عند العينة الثانية. احسب السرعة.

١٧- يتم حساب السرعة من خلال بيانات الموضع. زمن العينة ٠.٢٥ ثانية. بيانات الموضع الحالية هي 10000111، والسابقة كانت 10000101 أحسب السرعة الحالية علما أن (LSB = 1°).

١٨- حساس سرعة بمسنن له ٣٠ سن، احسب السرعة بواحدة rpm إذا كانت تردد نبضات الخرج ١٠٠ هرتز.

١٩- سرعة بمسنن له ١٨ سن، احسب السرعة بواحدة rpm إذا كانت تردد نبضات الخرج ١٤٠ هرتز.

البحث الثالث:

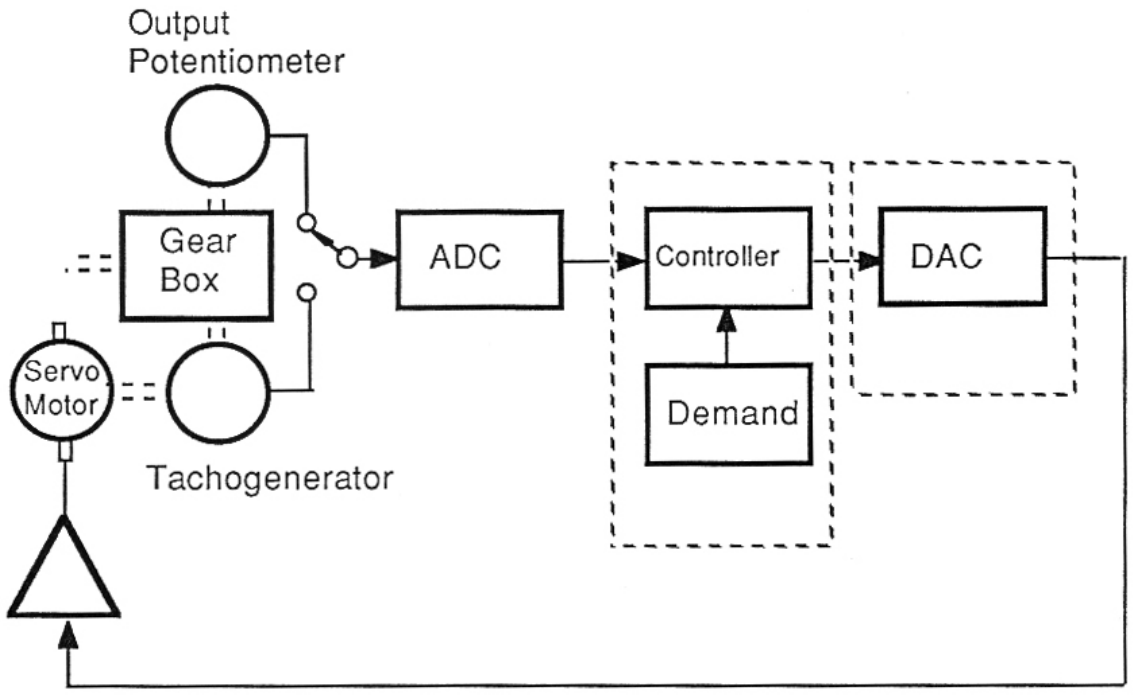
المبدلات من تمثيلي إلى رقمي ومن رقمي إلى تمثيلي
ADC and DAC

أهداف هذا البحث:

- **معدل أخذ العينات وقانون شانون (نايكويست).**
- **استعادة الإشارة المأخوذة العينات ومشكلة الإستعارة.**
- **أخذ ومسك العينات S/H.**

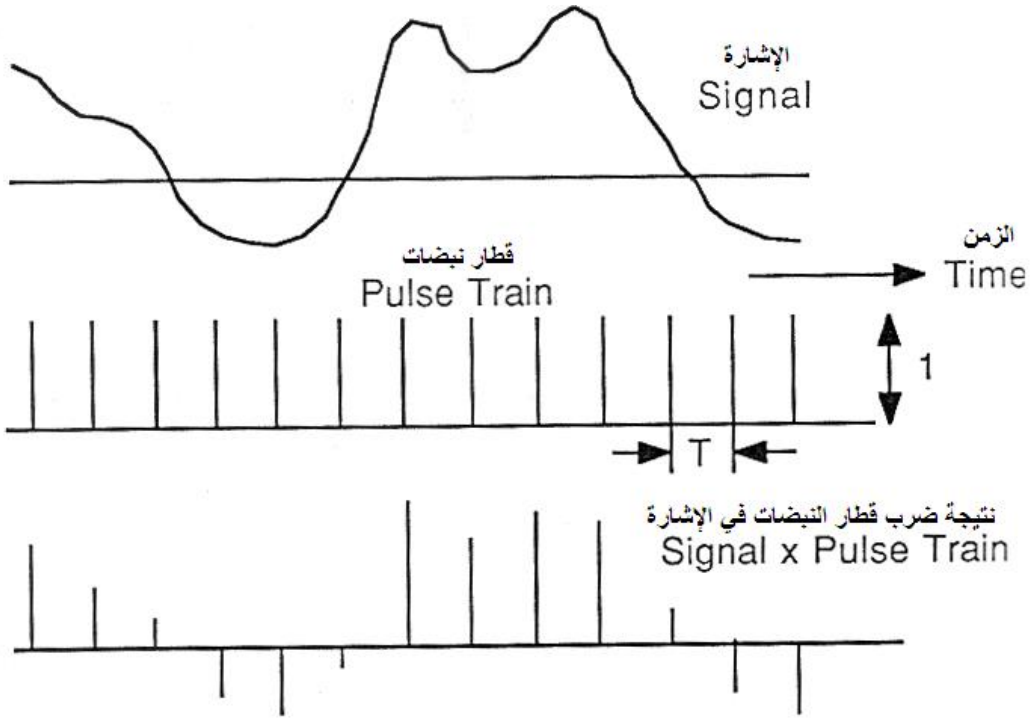
- مقدمة:

نحتاج أحياناً في أنظمة التحكم الهجينة إلى التعامل مع الإشارات التمثيلية مثل درجة الحرارة والوزن والضغط والسرعة ... فمثلاً لقيادة محرك سيرفو قد نستخدم حساسات تمثيلية لقياس المسافة (مجزئات جهد) ولقياس السرعة (مولد التاكو)، وبما أن نظام التحكم الرقمي الذي يتعامل مع الإشارات صفر – واحد لا يمكنه قراءة الإشارات التمثيلية مباشرة لذلك لابد من وجود مبدل من تمثيلي إلى رقمي لتحويل إشارة المسافة والسرعة لأرقام لتصبحا مناسبتين للمعالجة من قبل النظام الرقمي. ولتوليد إشارة التحكم بموضع وسرعة المحرك يتم أيضاً تحويل الإشارة الرقمية المولدة من نظام التحكم إلى إشارة تمثيلية لقيادة ترانزيستورات وحدة قيادة المحرك.



- **نظام أخذ العينات :**

يظهر الشكل التالي الإشارة التمثيلية Analog المطلوب تحويلها إلى إشارة رقمية، نقوم أولاً بأخذ عينة Sample من الإشارة بفترات زمنية ثابتة تسمى معدل أخذ العينات Sample rate فتكون النتيجة إشارة متقطعة بنفس زمن أخذ العينات ولكن بمطالات متناسبة مع الإشارة الأصلية لحظة أخذ العينة.



لأخذ العينات نستخدم قطاراً من النبضات بمطال واحدي "1" بدور محدد T وهي نبضات ضيقة جداً(إبرية). ويسمى دور الإشارة $f=1/T$ بمعدل أخذ العينات Sample rate .

عند وجود إشارة أخذ عينات تمر الإشارة لفترة قصيرة (زمن نبضة أخذ العينة) بمطال يتناسب وشدة الإشارة التمثيلية، أما عند عدم وجود إشارة أخذ عينة لا توجد إشارة لذلك تسمى هذه الإشارة بالمتقطعة Discrete لأنها لا تتواجد إلا في أزمنة محددة بعكس الإشارة التمثيلية التي لها قيمة (مطال) في كل لحظة فتسمى مستمرة Continuous.

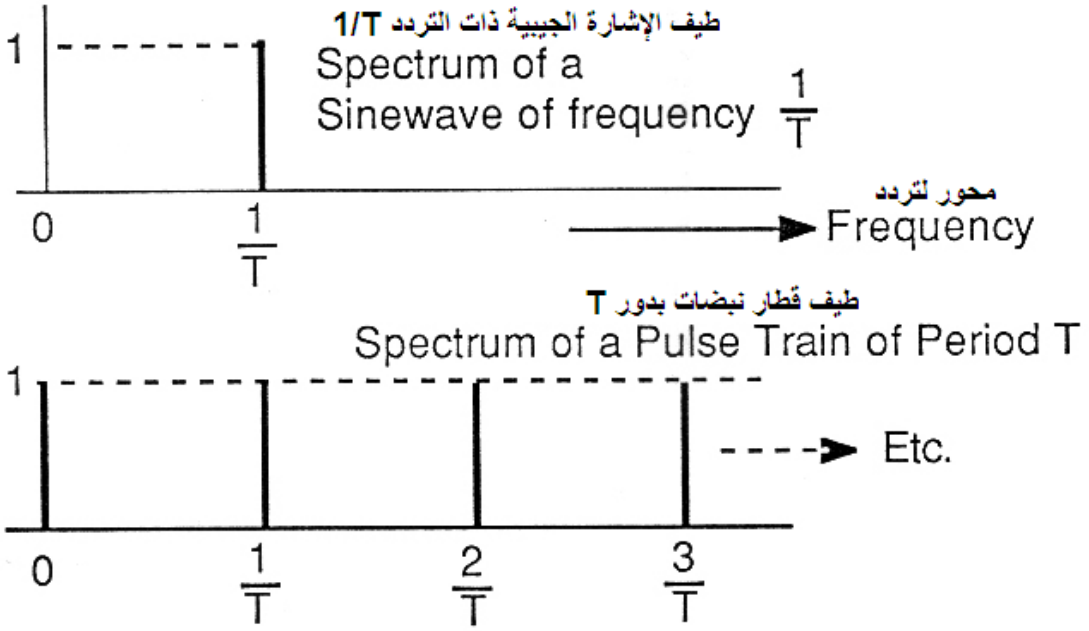
الإشارات الموضحة في الشكل أعلاه تبين تغير شدة الإشارة كتابع للزمن ونحصل عليها باستخدام جهاز راسم الإشارة Oscilloscope، أما إذا نظرنا لشدة الإشارة كتابع للتردد أي ما تمثله هذه الإشارة في مجال التردد

Frequency Domain بدلاً من مجال الزمن Time Domain وذلك باستخدام جهاز محلل الطيف Frequency Analyzer فسنرى صورة أخرى تعبر عن توزع طاقة الإشارة عند كل تردد.

- **اعتبار أخذ العينات كعملية تعديل Modulation:**

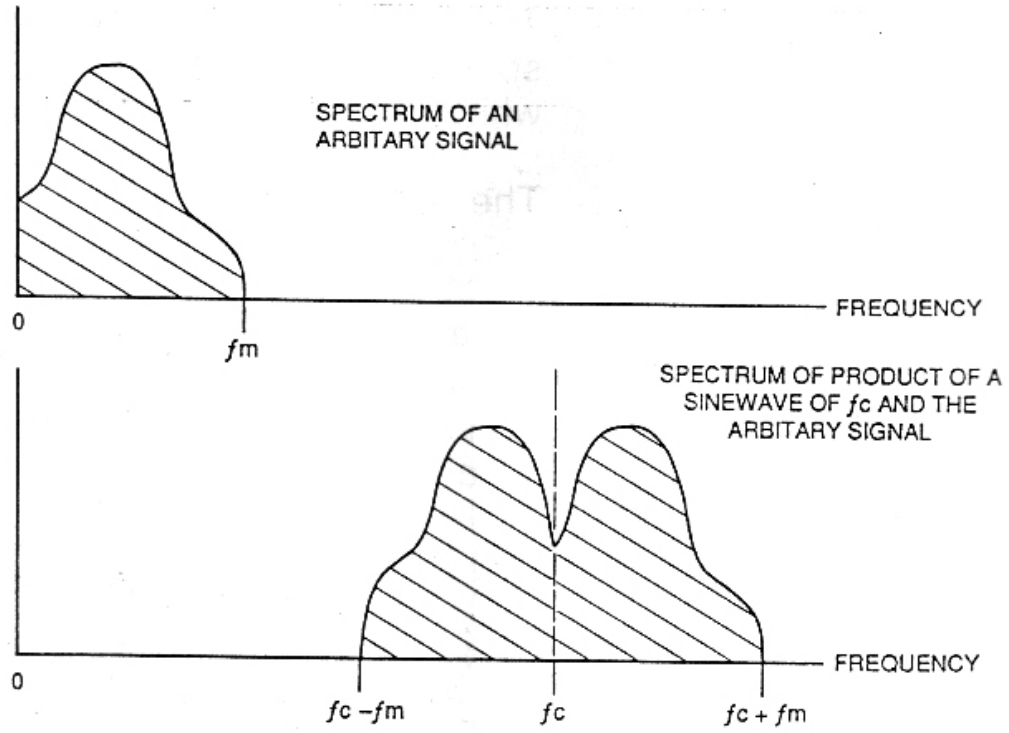
يوجد تشابه بين شكل إشارة العينات والإشارات الصوتية المُعدلة في نظام الإرسال الراديوي لنقل الصوت حيث يمثل قطار النبضات الموجة الحاملة وإشارة الصوت والفرق الوحيد هو شكل الموجة الحاملة وهي عبارة عن قطار نبضات عوضاً الموجة الجيبية.

نرى في الشكل التالي مقارنة بين طيف الإشارة الجيبية وقطار النبضات ذات الدور المحدد T حيث يمثل الطيف الترددي للموجة الجيبية بخط واحد مطاله محدد وتردده $f=1/T$ أما الطيف الترددي لقطار النبضات فهو عبارة عن نفس التمثيل لكنه متكرر ويستمر هذا التكرار نظرياً إلى اللانهاية فقط في حالة النبضات التي عرضها مساوِ للصفر(نبضات إبرية) أما بالنسبة للنبضات العملية فإن المطال يتناقص بزيادة التردد وبشكل تدريجي .

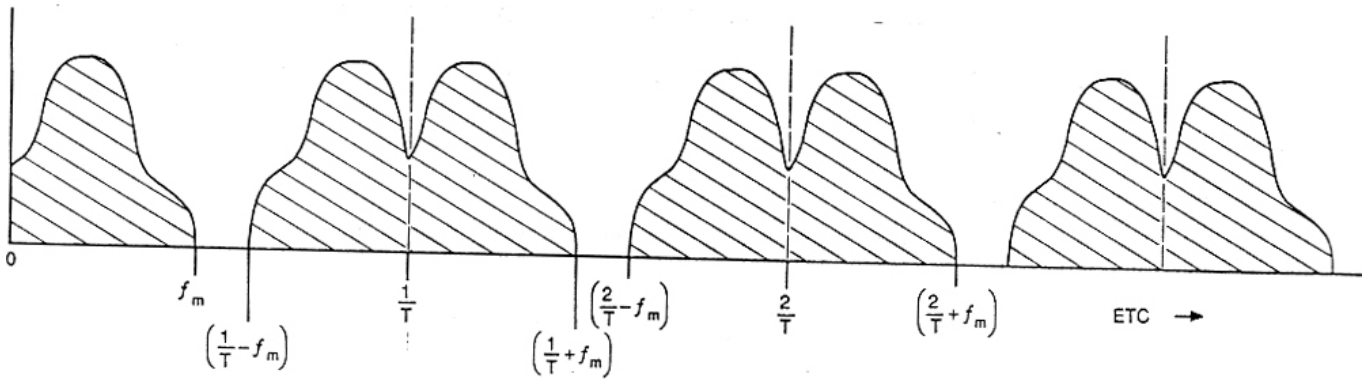


من المعروف أن الموجة الجيبية الحاملة بتردد fc يمكن تعدياها مطالياً بإشارة جيبية أخرى ذات تردد منخفض fm وتحوي الموجة الناتجة حزم ترددية جانبية عند الترددات (fm+fc) و(fm−fc) بالإضافة للموجة الحاملة عند fc.

وبشكل عام حيث يمكن أن تكون لإشارة التعديل عدة ترددات من 0 حتى fm وبالتالي يصبح شكل طيف الإشارة بعد التعديل كما هو مبين بالشكل التالي:



وعند أخذ عينات من هذه الإشارة يصبح شكل الطيف كما هو مبين في الشكل التالي:



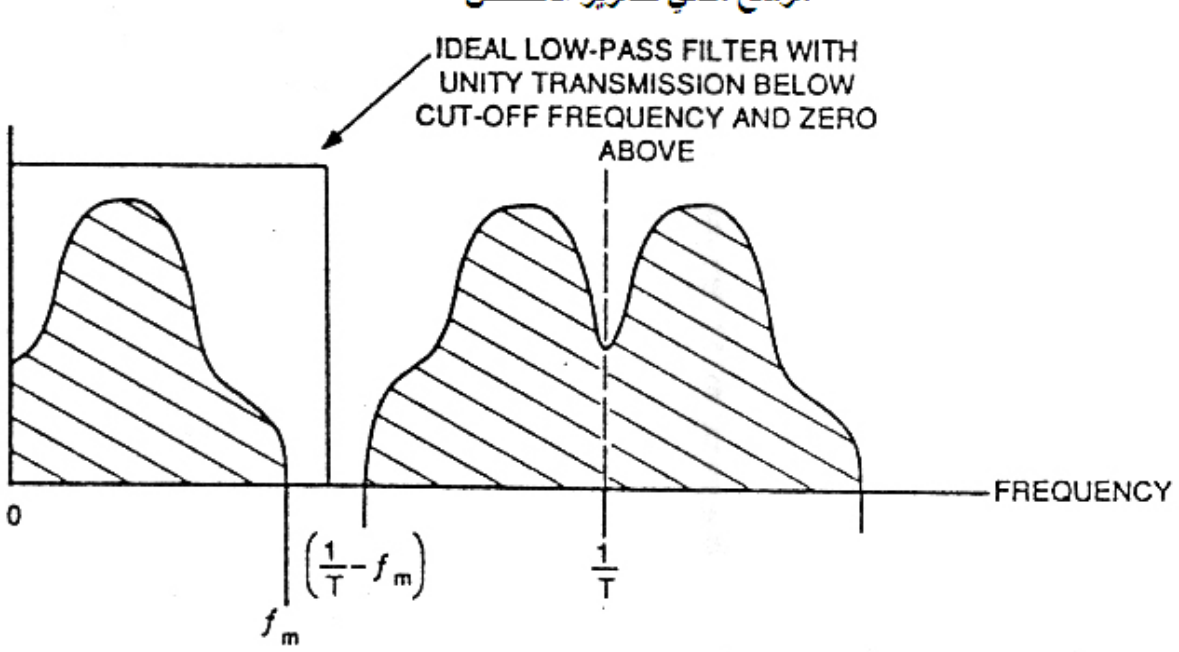
- **<u>استعادة الإشارات المأخوذة العينات:</u>**

بأخذ الشكل السابق كطيف لإشارة مأخوذة العينات يكون السؤال الذي يجب الإجابة عليه هو هل يمكن استعادة الإشارة الأساسية بشكل جيد من العينات؟

للإجابة على ذلك يلاحظ في الشكل السابق أن الإشارة الأساسية تظهر كجزء من الطيف في المجال الذي يبدأ من التردد صفر وهي التي يجب فصلها عن كل الترددات الأعلى وبالتحديد عن تلك المتركزة حول التردد 1/T .

يمكن هنا استخدام مرشح تمرير منخفض ذو تردد قطع بين fm و (1/T−fm) لاستخلاص الإشارة كما هو مبين بالشكل التالي:

مرشح مثالي للتمرير المنخفض



وهذه الحالة صحيحة وقابلة للتطبيق فقط إذا كانت **fm<1/T−fm** .

وفي حالة عدم تحقق ذلك يحدث تداخل Aliasing بين الطيفين ولا يمكن لأي مرشح عملي أن يفصلهما عن بعضهما وبمعنى آخر لا يمكن للمرشح أن يستعيد الإشارة المطلوبة.

- **نظرية أخذ العينات والاستعارة:**

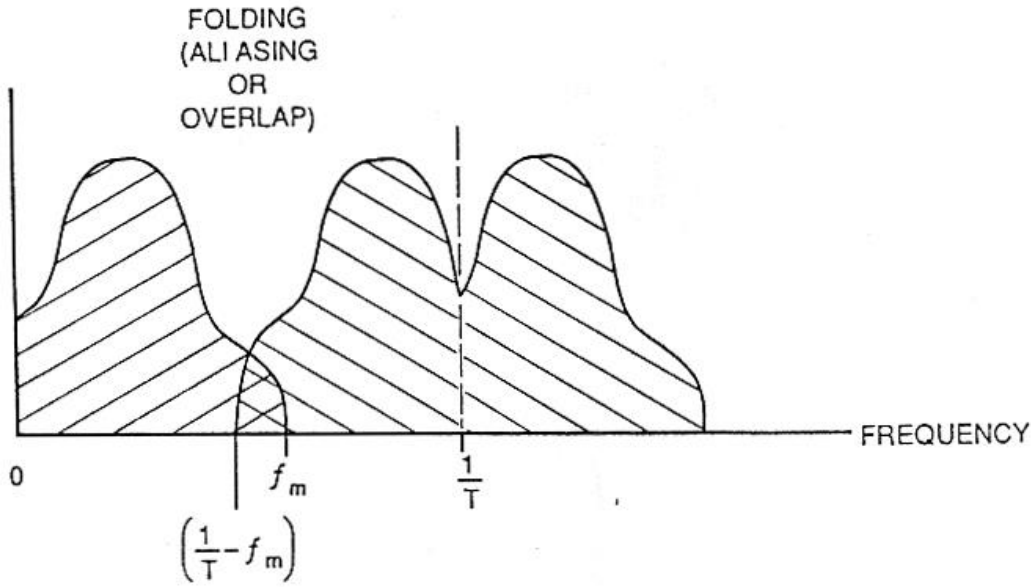
يمكن تمثيل الحالة التي وصلنا لها بالعلاقة: (1/T−fm) > fm وبنقل fm لطرف واحد تصبح

1/T > 2fm أو 1/2T>fm أو **1/T>2fm** وبمعنى آخر تساوي نصف معدل أخذ العينات.

وكاستنتاج يمكن القول أن أعلى تردد يمثل الإشارة الأساسية يجب أن يكون أقل من نصف تردد نبضات أخذ العينات وبالتالي يمكن استعادة الإشارة الأساسية نظرياً بشكل كامل وهو ما يدعى بنظرية شانون أو نايكويست لأخذ العينات .

<u>وتنص نظرية شانون أو نايكويست لأخذ العينات</u> : أن تردد أخذ العينات يجب أن يكون أكبر من ضعف تردد الإشارة الأصلية. $1/T>2fm$

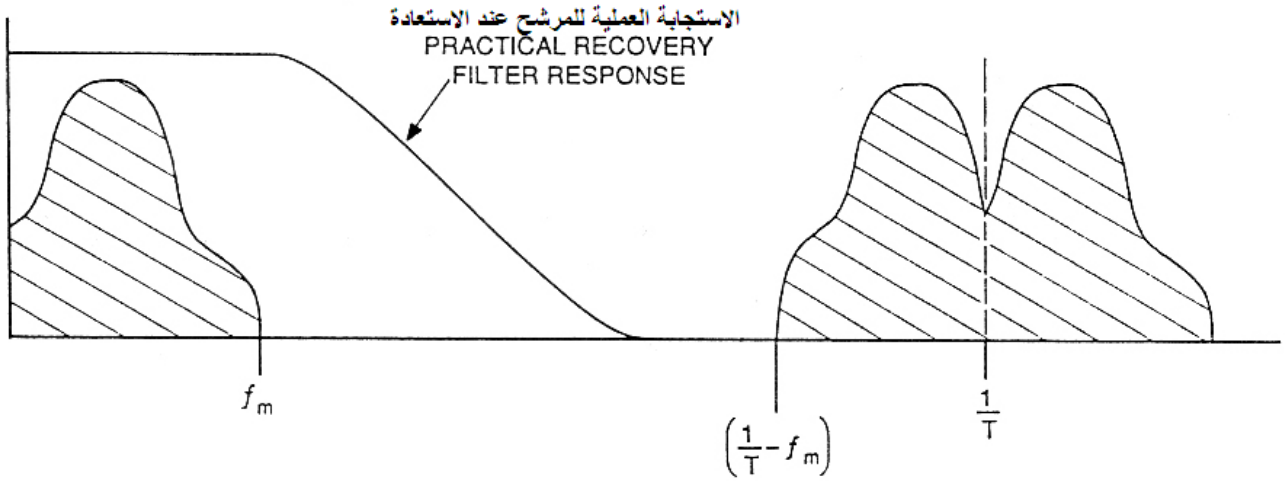
وفي هذه الحالة ليس من المقنع أن تحوي الإشارة المستعادة أشكالاً غير مرغوب فيها نتيجة عملية أخذ العينات وتدعى هذه العملية بالتداخل الترددي أو الاستعارة Aliasing كما في الشكل التالي:



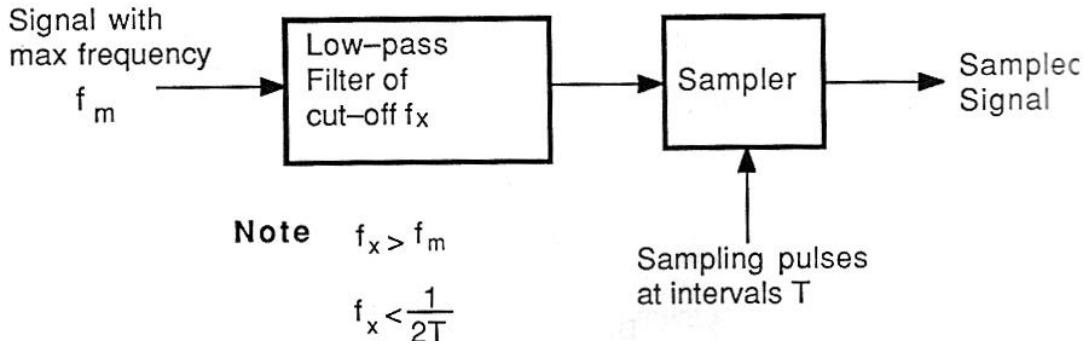
- **<u>الحالة العملية:</u>**

نعلم أنه لا يمكننا عملياً تصميم مرشحات ممتازة لاستعادة الإشارة وخاصة مرشحات التردد المنخفض لذلك يجب علينا أثناء التصميم أن نتأكد من اختيار تردد أخذ عينات أعلى بشكل ملحوظ من القيمة المحسوبة نظرياً.

ويمكن تمثيل ذلك بالشكل التالي:



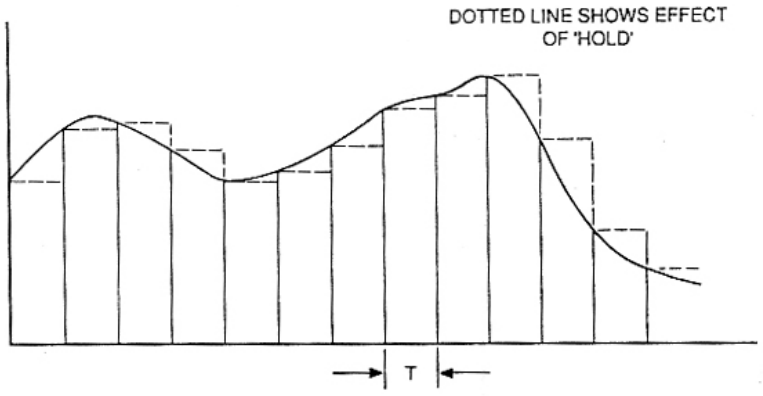
عادة ما يكون معدل أخذ العينات ثابت ويمكن أن يكون طيف الإشارة المأخوذة عيناتها غير معروف بالنسبة لنا لذلك عادةً يتم ترشيح الإشارة بمرشح تردد منخفض قبل أخذ عيناتها لحذف أي ترددات عالية يمكن أن تؤدي للتداخل ونرى تمثيلاً لذلك في الشكل التالي:



وهنا يجب تحقق الشرطين $f_x<1/2T$ و $f_x>f_m$

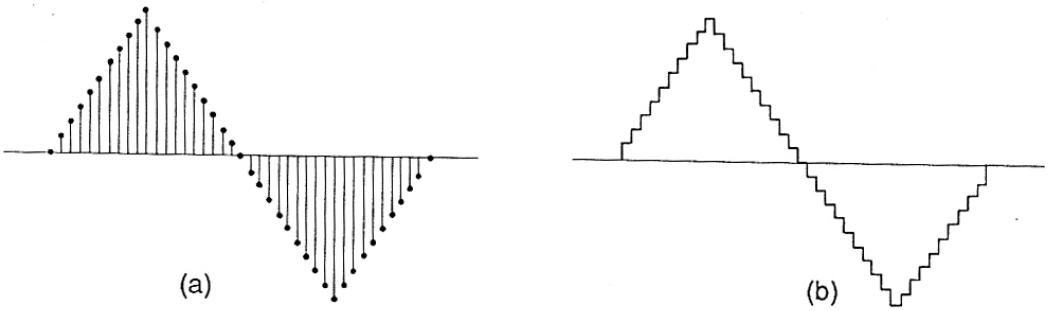
- **أخذ وحفظ العينات S/H Sample And Hold :**

حتى الآن فرضنا أن عرض نبضات أخذ العينات أصغر بكثير من دور أخذ العينات (نبضات ضيقة جداً) لكن عملياً ولعدة أسباب يجب حفظ كل عينة بشكل ثابت حتى حدوث أخذ العينة التالية كما هو مبين في الشكل التالي:



والسبب الرئيسي لذلك هو أن طاقة النبضات الضيقة قليلة جداً ويمكن زيادتها بعملية الحفظ وكميزة أخرى تكافئ عملية حفظ العينة تقريباً عملية ترشيح تردد منخفض مما يقلل الحاجة لاستخدام الترشيح المنفصل عند استعادة الإشارة وتدعى هذه العملية بالإمساك (الحفظ) بأمر الصفر Zero–Order Hold .

ويبين الشكل التالي a عينات إشارة سن منشار دون مسك العينات بينما يبين الشكل b نفس الإشارة بعد مسك العينات



الأسئلة:

١- لماذا نستخدم المبدلات ADC و DAC في أنظمة التحكم الرقمية.

٢- ارسم موجة جيبية في الطيف الزمني والترددي.

٣- ما هو الجهاز الالكتروني الذي يظهر الإشارة في الطيف الزمني وفي الطيف الترددي.

٤- اشرح مع الرسم كيف تعتبر عملية أخذ العينات كعملية تعديل Modulation.

٥- اشرح نظرية أخذ العينات وما هو اسمها العلمي.

٦- لماذا نستخدم مرشح في عملية استعادة الإشارة وما هو نوعه وفي الحالة العملية أين نضع المرشح ضمن المخطط الصندوقي.

٧- اشرح مع الرسم عملية أخذ وحفظ العينات S/H.

٨- لماذا نستخدم عملية أخذ وحفظ العينات S/H.

٩- لدينا إشارة بدور ٢٠ ميلي ثانية، ما هو عدد العينات اللازم أخذه كي نستطيع استعادة الإشارة بشكل صحيح.

١٠- ما هي ظاهرة الاستعارة وما هي المشكلة الناتجة عن هذه الظاهرة .

البحث الرابع:

تعديل عرض النبضة
Pulse Width Modulation (PWM)

أهداف هذا البحث:

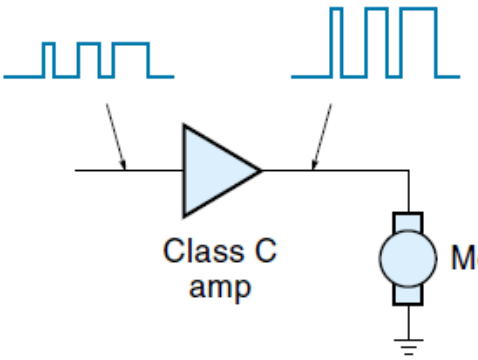
- **مبادئ تعديل عرض النبضة PWM.**
- **دورة العمل**
- **تطبيقات PWM**

– مقدمة:

تقنية تعديل عرض النبضة Pulse-width modulation (PWM) أو تسمى أحياناً تعديل زمن النبضة pulse-duration modulation (PDM) هي تقنية تستخدم عادةً في التحكم بطاقة الأجهزة الكهربائية. مثل التحكم بسرعة المحركات والسخانات وشدة إنارة مصابيح التنغستين....

يتم التحكم في متوسط قيمة الجهد (والتيار) لتغذية الحمل من خلال تبديل المفتاح بين التغذية والحمل بعمليات توصيل وفصل بوتيرة سريعة. فكلما ازدادت فترات التشغيل نسبة لفترات التوقف، كلما ازدادت الطاقة التي تزود إلى الحمل.

تردد التبديل switching للـPWM يجب أن تكون أسرع بكثير من ما يمكن أن يؤثر على الحمل(أي الجهاز يستخدم الطاقة). يتراوح تردد التبديل عادة من عدة مرات في الدقيقة في فرن كهربائي، إلى ١٢٠ هرتز عند التحكم في شدة مصباح، من بضعة الكيلوهيرتز لعشرات كيلو هرتز لمحرك السيارات وكذلك إلى عشرات أو مئات من كيلو هرتز في مكبرات الصوت ووحدات التغذية في الكمبيوتر.

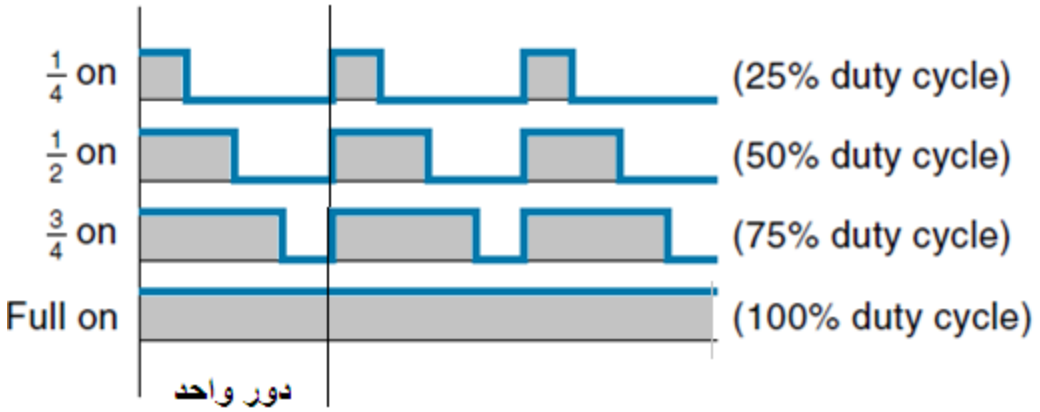


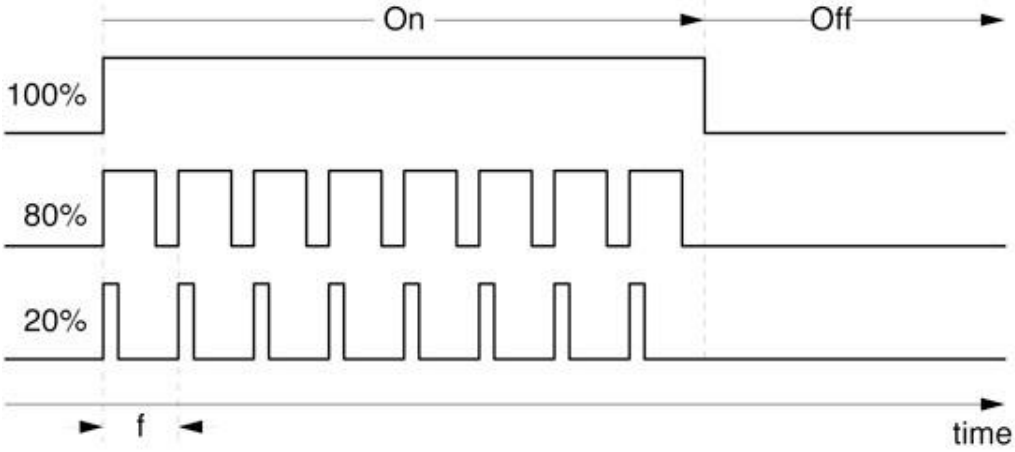
Pulse-width modulation (PWM) drive

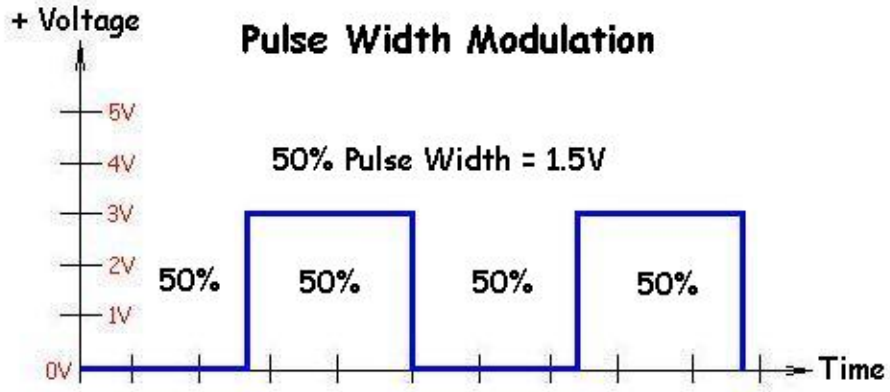
قيادة محرك باستخدام تعديل عرض النبضة

دورة العمل duty cycle :

دورة العمل يصف هذا المصطلح نسبة زمن العمل ON إلى الزمن الكلي للنبضة ؛ إنخفاض دورة العمل يكافئ انخفاض الطاقة ، وذلك بسبب انقطاع التيار الكهربائي أغلب الوقت، ويعبر عن دورة العمل كنسبة مئوية حيث الـ١٠٠٪ تكافئ تشغيل دائم.







وتحسب دورة العمل بالقانون:

$$\text{Duty Cycle} = \frac{\text{On Time}}{(\text{On Time} + \text{Off Time})}$$

وفي هذه الحالة يكون الناتج رقماً يتراوح بين 0 و الـ 1

أو يحسب بالقانون:

$$\text{\% Duty Cycle} = \frac{\text{On Time}}{(\text{On Time} + \text{Off Time})} \times 100$$

أما هذه الحالة يكون الناتج رقماً يتراوح بين 0% و الـ 100%

والميزة الرئيسية لتعديل عرض النبضة PWM هو أن ضياع الطاقة في عناصر التبديل منخفض جدا. فعند وضعية OFF الإطفاء فعليا ليس هناك أي تيار، وعند التشغيل On، لا يوجد تقريبا أي هبوط جهد عبر المفتاح. وبما أن الطاقة هي ناتج ضرب الجهد والتيار، وبالتالي في كلتا الحالتين تكون قريبة من الصفر. والميزة الثانية أن PWM أيضا يعمل بشكل جيد مع أنظمة التحكم الرقمية ، والتي، بسبب طبيعتها on/off، ويمكن بسهولة ضبط دورة العمل اللازمة.
كما يستخدم الـ PWM في أنظمة الاتصالات ، حيث تم استخدام دورة العمل لنقل المعلومات عبر قناة الاتصالات.

نظرية أخذ عينات الـ PWM :

بعض تطبيقات تعديل عرض النبضة PWM :

- **حقن الوقود في محركات السيارات**
- **توصيل الطاقة**
- **تنظيم الجهد**
- **الصوت الآثار والتضخيم**

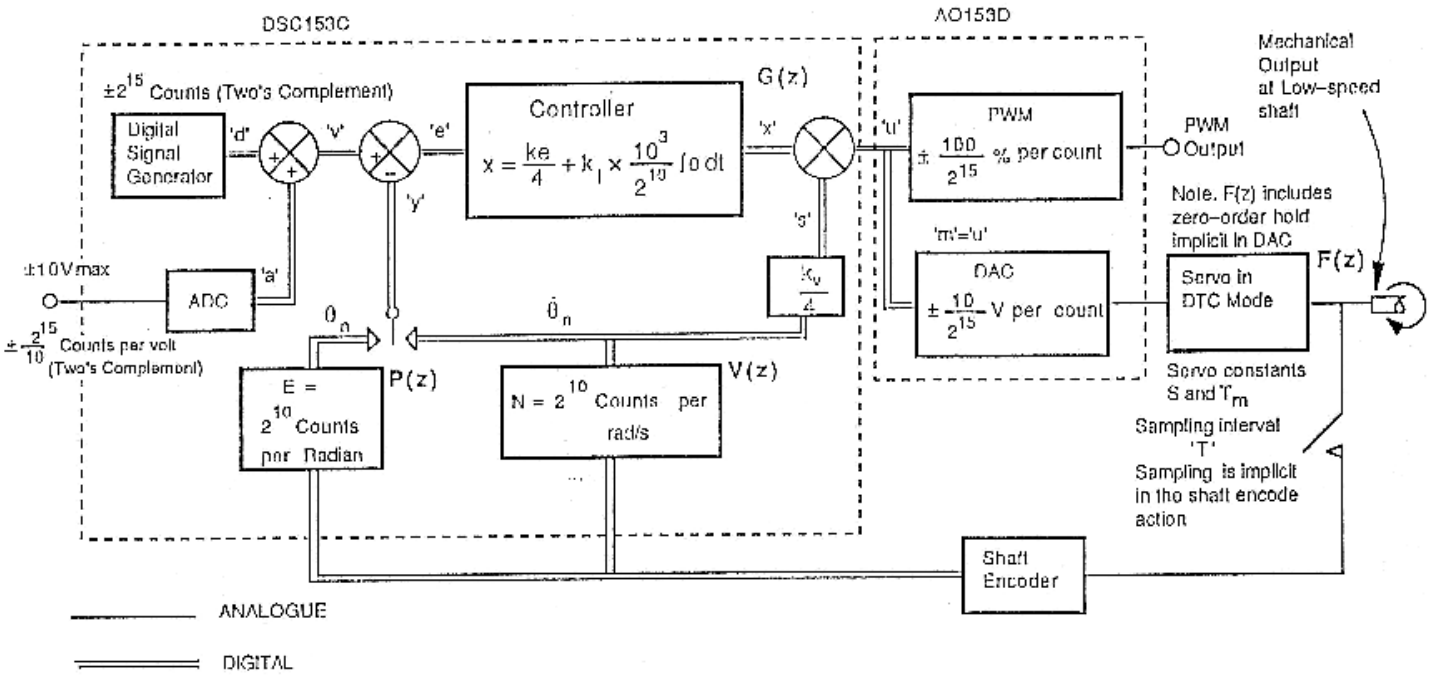
الأسئلة:

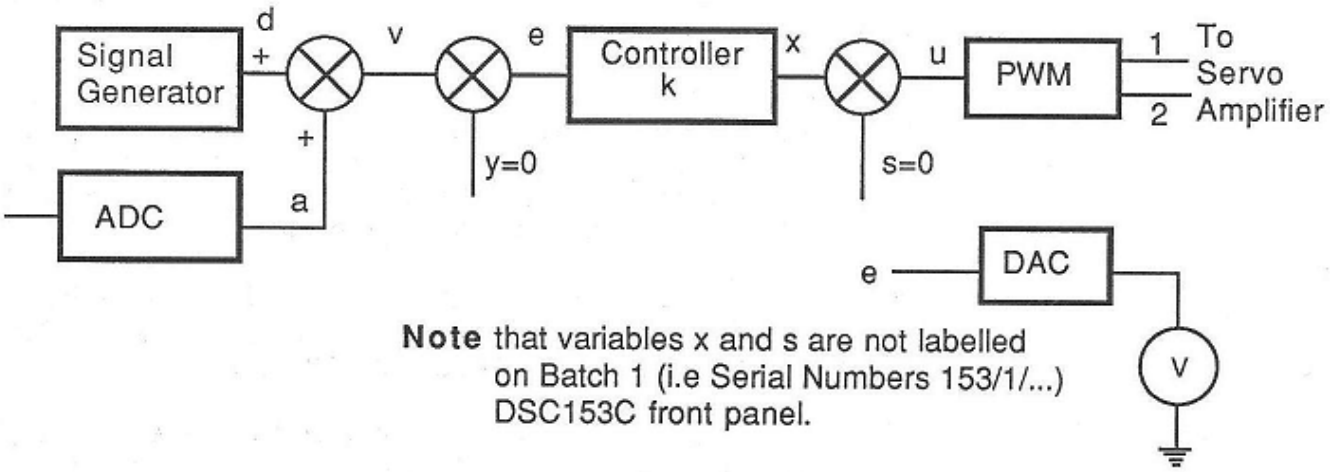
البحث الخامس:

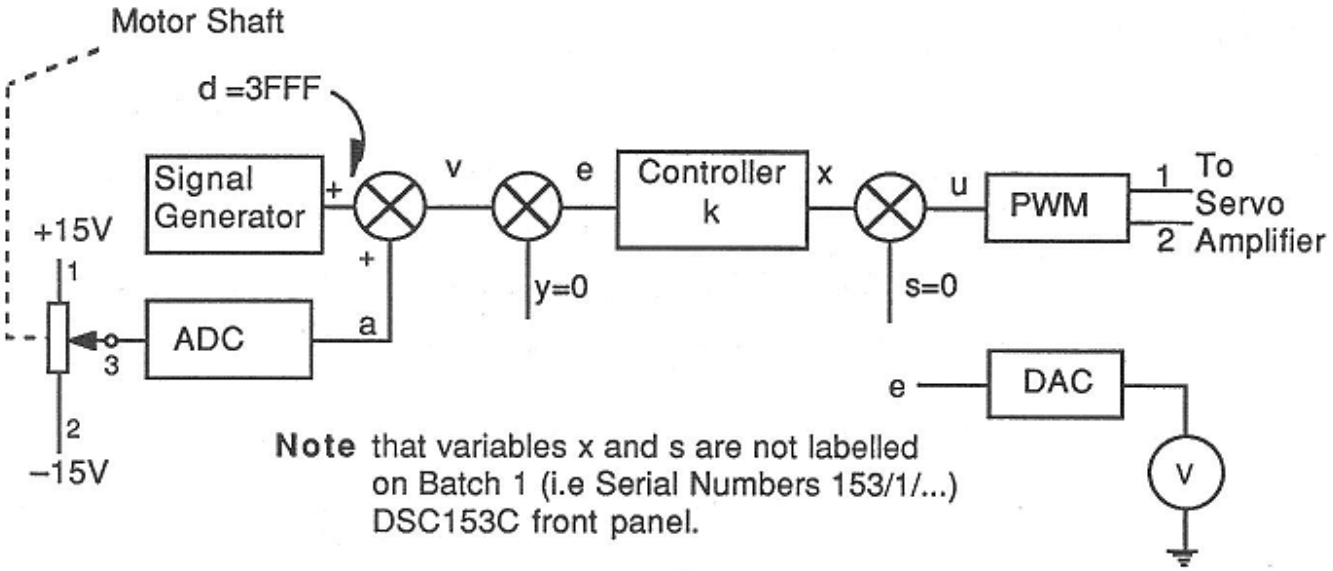
أمثلة على أنظمة التحكم الهجينة

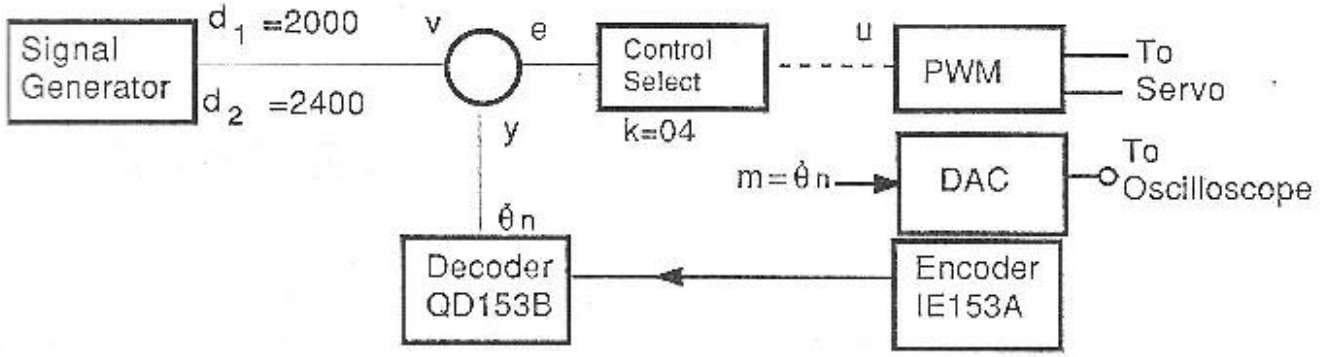
أهداف هذا البحث:

- نظام تحكم تناسبي بالسرعة
- نظام تحكم بالموضع بدون ومع تغذية خلفية السرعة.
-






Motor Shaft
d =3FFF
Signal Generator
+
v
e
Controller k
x
u
PWM
1
2
To Servo Amplifier
+15V
1
3
2
−15V
ADC
+
a
y=0
s=0
e
DAC
V
Note that variables x and s are not labelled on Batch 1 (i.e Serial Numbers 153/1/...) DSC153C front panel.


Signal Generator
d 1 =2000
d 2 =2400
v
e
Control Select
k=04
u
PWM
To Servo
y
m=θ̇n
DAC
To Oscilloscope
θ̇n
Decoder QD153B
Encoder IE153A

الفصل الثاني أنظمة التحكم بالمحركات الكهربائية

البحث الأول:

أنواع المحركات
motor types

أهداف هذا البحث:

- المشغلات Actuators
- أنواع المحركات الكهربائية ومزاياها وعيوبها.
- أهم طرق قيادة كل نوع من المحركات.
- المصطلحات

المشغلات الكهربائية أوالكهروميكانيكية Electric Actuator :

وتضم المحركات الكهربائية والحاكمات (المرحلات) والملفات اللولبية Solenoids والمسخنات والمنبهات الصوتية والمؤشرات الضوئية...

يلعب المشغل دورا هاماً في أنظمة التحكم فمهمته ترجمة خرج المتحكم إلى تأثير فعلي على النظام الذي نرغب التحكم به. ويترجم هذا التأثير بحركة انسحابية أو دورانية وتصنف المشغلات انطلاقاً من الطاقة التي تستخدمها إلى:

- مشغلات هوائية Pneumatic Actuator.
- مشغلات هيدروليكية Hydraulic Actuator.
- مشغلات كهربائية أو كهروميكانيكية Electric Actuator

المشغلات الهوائية هي التي تستخدم الهواء تحت ضغط متوسط كمصدر للطاقة. أما المشغلات الهيدروليكية هي التي تستخدم الموائع الزيتية تحت ضغط عال كمصدر للطاقة، ويمكن التحكم بكلا النوعيين عن طريق موزعات من أجل الحركة التكرارية أو صمامات.

ينصح باستخدام المشغلات الهوائية Pneumatic في الحالات التالية:

- عندما تكون الأحمال المرغوب بتحريكها متوسطة القياس.
- عندما يكون هناك مصدر تزويد بالهواء.
- عندما يتطلب النظام استجابة سريعة.

أما المشغلات الهيدرولوكية Hydraulic فينصح باستخدامها في الحالات التالية:

- إذا رغبنا بالحصول على قوى أو عزوم كبيرة ، أو عند السرعات المنخفضة.
- إذا رغبنا بحالة انتقالية سريعة جداً وذات استطاعة لحظية عالية.

من سيئات المشغلات الهوائية و الهيدرولوكية هو حاجتها الدائمة لمصدر توليد طاقة هوائية أو هيدروليكية مما يزيد في كلفة وحجم ووزن النظام.

المحركات الكهربائية:

الأنواع الأساسية للمحركات الكهربائية:

١- محركات التيار المستمر DC Motor .
٢- محركات التيار المتناوب التحريضية AC Motor (بنوعيها أحادية وثلاثية الطور).
٣- المحركات الخطوية Stepper Motor .
٤- محركات السيرفو Servo Motor (بنوعيه ذات التيار المستمر وذات التيار المتناوب).

- **محركات التيار المستمر DC Motor.**

يتكون المحرك من جزئين ثابت ومتحرك ، الثابت عبارة عن مغناطيس دائم أو كهربائي ، أما المتحرك فيتألف من مغناطيس كهربائي يصل التيار الكهربائي إليه من خلال تماسين من الفحم . يستعمل في آلات الدرفلة و المصاعد الكهربائية و السيارات الكهربائية.

إحدى الطرق المعروفة لقيادة هذا المحرك هي تقنية تعديل عرض النبضة PWM.

من مزايا هذا المحرك:

- سهولة التحكم في سرعة المحرك .
- عزم ميكانيكي كبير حتى عند السرعات المنخفضة.
- سهولة تغيير الاتجاه من خلال عكس قطبية جهد التحكم.

من مساوئ هذا المحرك:

- كبر الحجم.
- ارتفاع نسبي في السعر.
- الحاجة لوحدة تقويم عند العمل مع التيار المتناوب.

- **محركات التيار المتناوب التحريضية AC Induction Motor:**

يوجد نوعيين من هذا المحرك بحسب منبع التغذية، أحادية الطور وثلاثية الطور.

يستعمل في تدوير المضخات والعنفات والمراوح ونحريك سيور النقل

من مزايا هذا المحرك:

- العمل مباشرة من منابع التغذية المتناوبة الأحادية والثلاثية الطور.
- العمل عند سرعات ثابتة يتم تحديدها أثناء التصميم.
- رخص بالثمن.
- سهولة التحكم بالاتجاه في المحركات ثلاثية الطور من خلال عكس ترتيب أطوار التغذية.

من مساوئ هذا المحرك:

- انخفاض العزم الميكانيكي عند انخفاض السرعة.
- صعوبة التحكم بالسرعة بشكل مباشر.
- الحاجة لوحدة قيادة إلكترونية Inverter لتغيير السرعة والعزم والاتجاه .

- المحركات الخطوية Stepper Motor :

تدور محاور هذه المحركات بزواية ثابتة ودقيقة أو بشكل مستمر بحسب طلب المستخدم عن طريق نبضات تطبق على المحرك.

يستعمل في تحريك محاور الآلات الميكانيكية الدقيقةCNC وآلات التطريز والراسمات والطابعات.

من مزايا هذا المحرك:

- الانتقال بزوايا دقيقة وبعزم كبير.
- سهولة التحكم بالموضع والاتجاه من خلال وحدة قيادة خاصة.
- إمكانية إعطاء أوامر لهذه المحركات من أي نظام رقمي (PLC ، مايكروكونترولر، حاسب)

من مساوئ هذا المحرك:

- ارتفاع في السعر.
- الحاجة لوحدة قيادة وعدم إمكانية قيادة المحرك مباشرةً.

- محركات السيرفو Servo Motror :

وهي عبارة عن محركات DC أو AC مركب على محوها مقياس سرعة (TachoGenerator تاكو) ومقياس مسافة (Encoder إنكودر).

يستعمل في تحريك محاور الآلات الميكانيكية الدقيقةCNC وآلات التعبئة الدقيقة.

من مزايا هذا المحرك:

- الانتقال بزوايا دقيقة جداً وبعزم كبير.
- سهولة التحكم الدقيق بالموضع والاتجاه من خلال وحدة قيادة خاصة تتحسس من خلال التغذية الخلفية بالسرعة والموضع التي يؤمنها المحرك.
- إمكانية إعطاء أوامر لهذه المحركات من أي نظام رقمي (PLC ، مايكروكونترولر، حاسب)

من مساوئ هذا المحرك:

- ارتفاع كبير في السعر.
- الحاجة لوحدة قيادة وعدم إمكانية قيادة المحرك مباشرةً.

الأشئلة:

١- هل يوجد محركات ومشغلات غير كهربائية وما هي.

٢- متى ينصح باستخدام النظام الهوائي Pneumatic ومتى نستخدم النظام الهيدروليكي Hydraulic مع أمثلة.

٣- ما هي الأنواع الرئيسية للمحركات الكهربائية.

٤- ما هي مميزات وسيئات محركات التيار المستمر وأعط أمثلة على استخداماتها.

٥- ما هي مميزات وسيئات محركات التيار المتناوب وتى نستخدم محركات أحادية أو ثلاثية الطور، وأعط أمثلة على استخداماتها.

٦- ما هي مميزات وسيئات محركات الخطوية وأعط أمثلة على استخداماتها.

٧- ما هي مميزات وسيئات محركات السيرفو ومما تتألف، وأعط أمثلة على استخداماتها.

٨- ما هو اسم أجهزة قيادة محركات التيار المتناوب ومحركات الخطوة ومحركات السيرفو الرقمية.

البحث الثاني:

مبدأ عمل أجهزة التحكم بالمحركات التحريضية
Inverter (Variable Frequency Drive)

أهداف هذا البحث:

- مكونات ومبدأ عمل المحرك التحريضي AC.
- المبدلة القالبة:
  - وحدة التحكم
  - وحدة الاستطاعة
- طرق توليد الإشارة الجيبية
- طرق الفرملة.
- المصطلحات

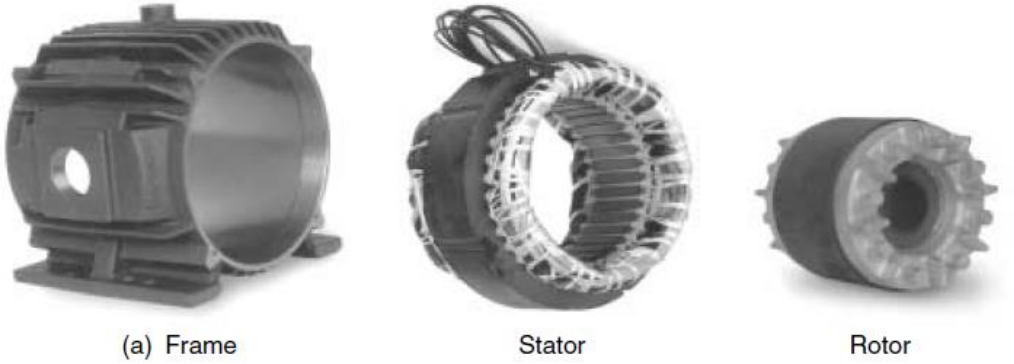
مقدمة :

يستخدم المحرك التحريضي Induction Motors بشكل واسع في العديد من تطبيقات التحكم المتغيرة السرعة أو العزم ويعتبر البعض أن التحكم بسرعة أو عزم المحرك التحريضي هو أمر معقد بالمقارنة مع محركات التيار المستمر. لأن قيادة المحرك التحريضي لا تتطلب فقط توليد ثلاثة أطوار جيبية، بل لابد من التحكم بمطال وتردد هذه الموجات (الأطوار). وبسبب التحسينات التي أدخلت على الإلكترونيات كالتحسينات التي أدخلت على إلكترونيات القدرة Power Electronics والمتحكمات الصغرية Microcontrollers لتبسيط العتادHardware وزيادة المردود، فإن تقانات التحكم الرقمي أصبح لها القدرة على تحويل التنفيذ إلى برامجSoftware ومن جهة أخرى فإن تقانات التحكم الرقمي تعطي مرونة في تنفيذ خوارزمية التحكم وتسمح بمميزات حديثة في تقانات التحكم بحيث تصبح قليلة الكلفة.

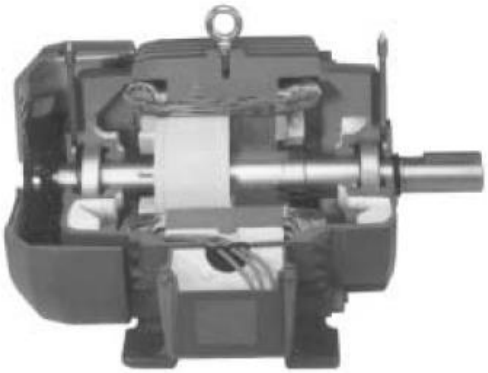
دراسة موجزة عن المحرك التحريضي Induction Motor:

تستخدم المحركات الكهربائية التحريضية أحادية وثلاثية الطور كجزء أساسي من المضخات pump، المراوح fan، خطوط النقل conveyor، الخلاطاتmixer ، المثاقب Drill أو رؤوس الحفر والتفريز أو المصاعد أو الأدراج المتحركة .... تتغير السرعة في هذه التطبيقات تبعاً للتصميم الميكانيكي و للحمل. يمكن أيضاً التحكم بسرعة المحرك عن طريق استخدام جهاز قيادة الكتروني يسمى جهاز قيادة المحرك عن طريق تغيير أو ضبط التردد variable or adjustable speed drives ، بالنسبة لأجهزة قيادة محركات التيار المستمر تسمى DC Drive أما أجهزة قيادة محركات التيار المتناوب فتسمى AC drive. يستخدم أيضاً المصطلح المبدلة Inverter للدلالة على أجهزة قيادة محركات التيار المتناوب AC variable speed drive ، علماً أن المبدلة Inverter هي فقط إحدى أجزاء الجهاز.

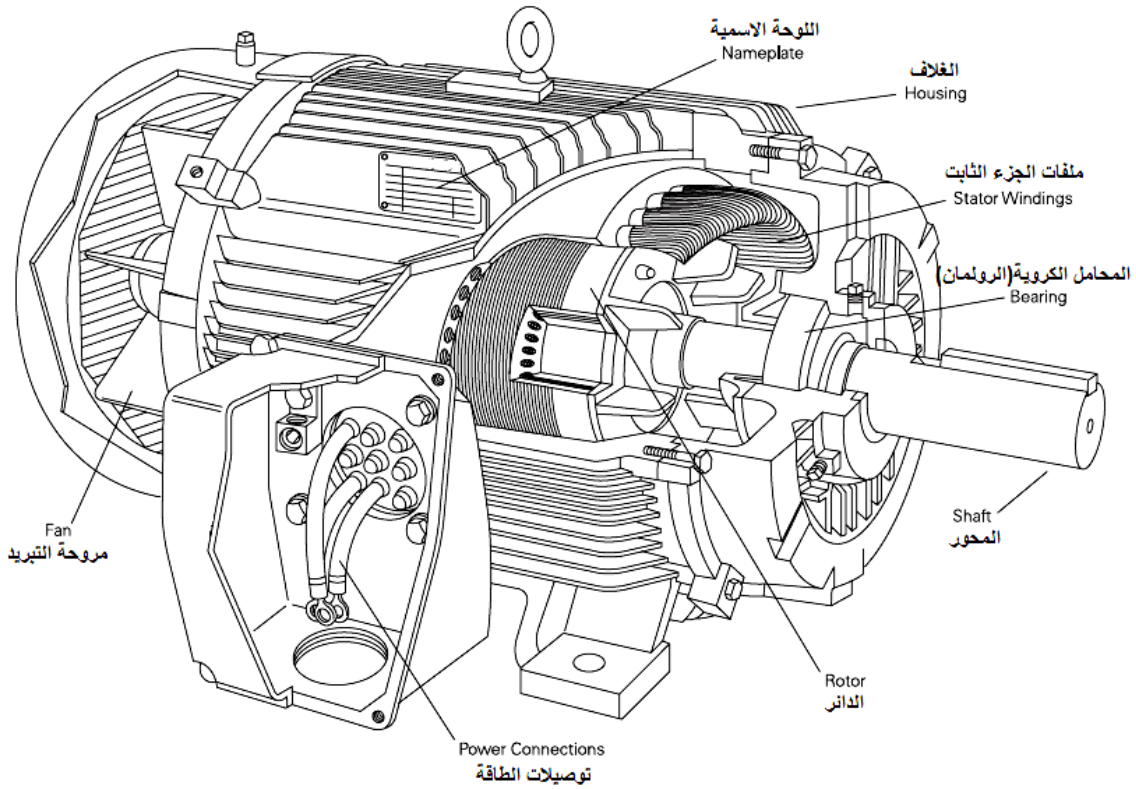
أجزاء المحرك التحريضي ثلاثي الطور:



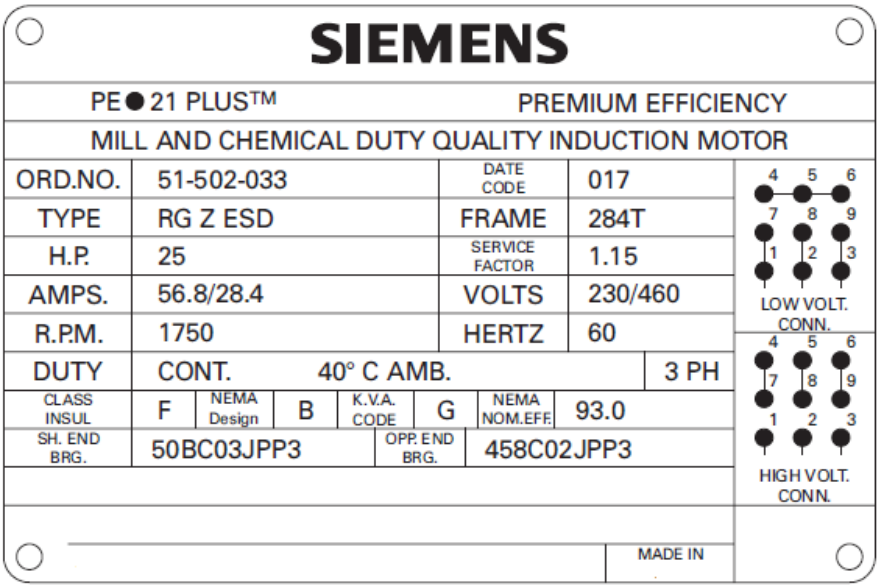
(a) Frame Stator Rotor



(b) Assembled motor



اللوحة الاسمية Nameplate:



لفهم طرق التحكم بمحرك التيار المتناوب بشكل كامل، من الضروري معرفة مبدأ عمل المحرك التحريضي. فالمحرك التحريضي الثلاثي الطور مصمم للعمل مع منبع متناوب ذو جهد وتردد ثابتين. مما يؤدي إلى مرور تيار ثلاثي الطور في ملفات المحرك، وهذا ما يسبب تشكيل فيض دوار يدور بسرعة التزامن (التواقت) حيث تتعلق هذه السرعة بعدد أقطاب المحرك وبتردد الشبكة حسب العلاقة :

$$N_o = 120\ f / p$$

حيث

N_o سرعة التزامن

f تردد الشبكة المطبق على ملفات المحرك

p عدد أقطاب المحرك.

وكمثال على ذلك، محرك له أربعة أقطاب يعمل على تردد 60 Hz لذلك فإن سرعة التزامن تساوي:

$$=120\ 60 / 4 = 1800\ r.p.m$$

ويبين الجدول التالي سرعة التزامن لمحرك عند الترددين ٥٠ و ٦٠ هرتز لمحركات ذات عدد أقطاب من ٢ حتى ١٢ قطب:

No. of poles	Sync. speed (at 60 Hz)	Sync. speed (at 50 Hz)
2	3600	3000
4	1800	1500
6	1200	1000
8	900	750
10	720	600
12	600	500

أما السرعة الفعلية لمحور المحرك تكون أقل من سرعة التزامن ويحددها الحمل المطبق على المحرك، والذي يحدد الانزلاق Slip.

السرعة الأساسية Base Speed:

وهي السرعة المسجلة على اللوحة الاسمية واحدتها دورة في الدقيقة RPM، حيث يعطي المحرك استطاعته الاسمية عند الجهد والتردد الاسميين عند الحمل الكامل. وإذا لم يحمل المحرك بشكل كامل تزداد سرعته عن السرعة الأساسية.

العلاقة بين الحصان البخاري HP والاستطاعة بـKW:

HP = 1.341 x KW أو **W = 745 x HP**

الانزلاق Slip :

يعرف بأنه الفرق بين سرعة الجزء الدائر من المحرك وبين سرعة دوران الحقل المغناطيسي، وهو مهم لتوليد العزم. ويعتمد الانزلاق على الحمل فزيادة الحمل سيبطئ الجزء الدائر ويزيد الانزلاق، وبالعكس انخفاض الحمل سوف يزيد سرعة الجزء الدائر وينخفض الانزلاق. يُعبر عن الانزلاق كنسبة مئوية.

مثال: محرك رباعي الأقطاب يعمل عند التردد ٥٠ هرتز تكون سرعة التزامن 1500 rpm، فإذا كانت سرعته عند الحمل الكامل هي 1450 rpm فما هي قيمة الانزلاق ؟

الحل:

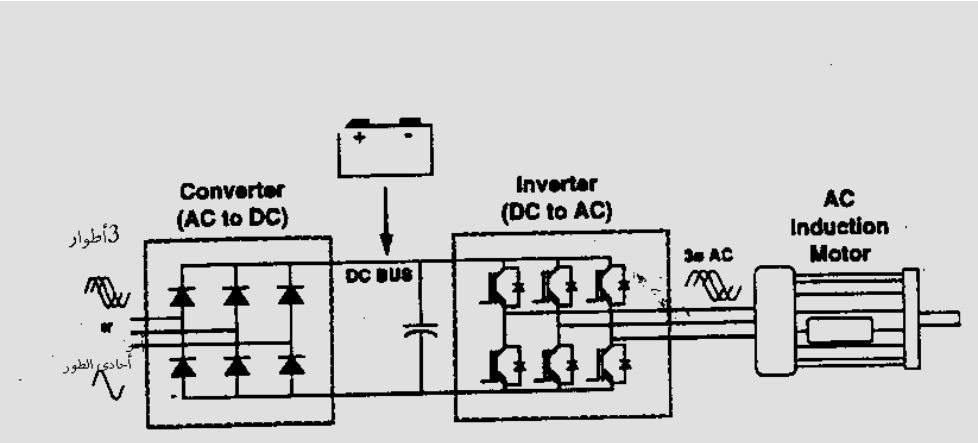
الانزلاق = ((١٥٠٠-١٤٥٠)/١٥٠٠) × ١٠٠ = ٣.٣٣ %.

التحريك Motoring:

عند إقلاع المحرك(٠<الانزلاق<١) تكون سرعة المحرك مساوية للصفر والانزلاق يساوي الواحد٠ وخلال فترة الإقلاع يستجر المحرك تيارا عاليا بسبب القيمة الكبيرة للانزلاق ٠ وعندما يبدأ المحرك بالدوران يبدأ كلا من التيار والانزلاق بالانخفاض٠ ويبقى المحرك يتسارع حتى يصل إلى النقطة التي يتساوى فيها عزم الحمل مع العزم المتولد في المحرك٠ حيث تقع هذه النقطة بعد قيمة العزم الأعظمي ٠ وبواسطة طريقة تحكم مناسبة يمكن الحصول على قيمة للعزم تزيد عن قيمة العزم الاسمي للمحرك وهذا يتحقق ضمن منطقة واسعة للسرعة ٠ ولذلك يعتبر العزم الكبير الذي تتمتع به محركات التيار المتناوب من أهم أسباب انتشار هذه المحركات ٠

قيادة المحرك المتناوب:

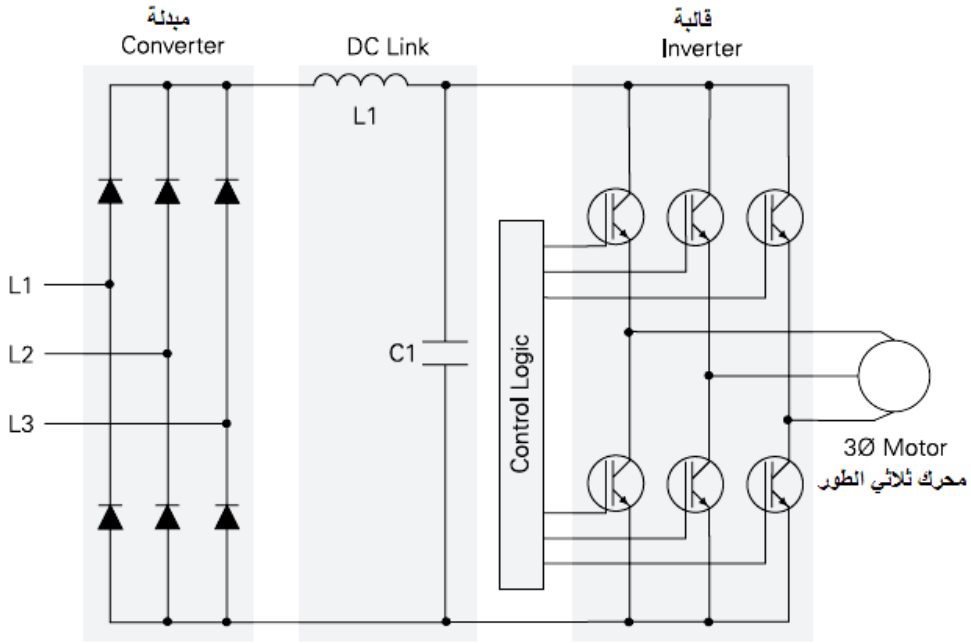
بما أن جهد وتردد الشبكة ثابتين، لذلك فإن قيادة المحرك التحريضي تعتمد على توليد موجات متناوبة ذات تردد متغير وجهد متغير. على الرغم من وجود أنواع مختلفة من أنظمة قيادة المحرك التحريضي، إلا أن الطريقة الأكثر شيوعاً هي الطريقة التي تستخدم في تركيبها مبدلة وقالبة Converter- Inverter كما في الشكل :



نظام قيادة لمحرك تحريضي ثلاثي الطور.

يقوم جهاز قيادة المحركات التحريضية بتحويل جهد الشبكة الكهربائية أحادي الطور (في الإستطاعات الصغيرة) أو الثلاثي الطور إلى تيار مستمر ثم يتم تقطيعه لتوليد تيار متناوب بجهد و تردد متغيرين لتغيير سرعة المحرك.

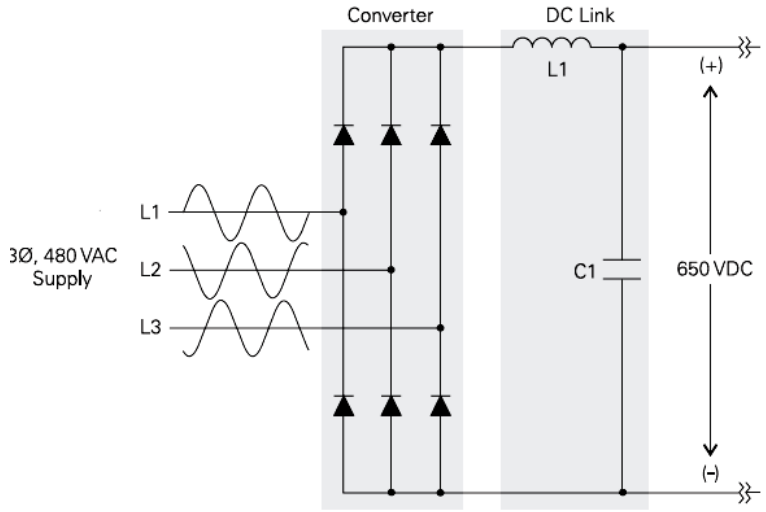
يوجد ثلاثة أنواع من أجهزة قيادة المحركات التحريضية، النوع الأهم والذي سندرسه هو النوع المعتمد على تعديل عرض النبضة PWM . وتميز هذا النوع بإعطائه موجة خرج للمحرك أكثر جيبية من النوعين الآخرين وأكثر فعالية. ويتكون بشكل مبسط من الأجزاء التالية كما هو موضح بالرسم :



يطلق الكثيرون اسم القالبة Inverter على أنظمة قيادة المحرك التحريضي. لأن القالبة تشكل العنصر الأساسي في جهاز قيادة المحرك. ويبين الشكل التالي قالبة الجهد النموذجية المشكلة من مرحلة استطاعة، ووحدة التحكم، ومكثف كبير أو علبة مكثفات تتراوح قيمتها من $2x10^3$µF حتى $2x10^4$ µF.

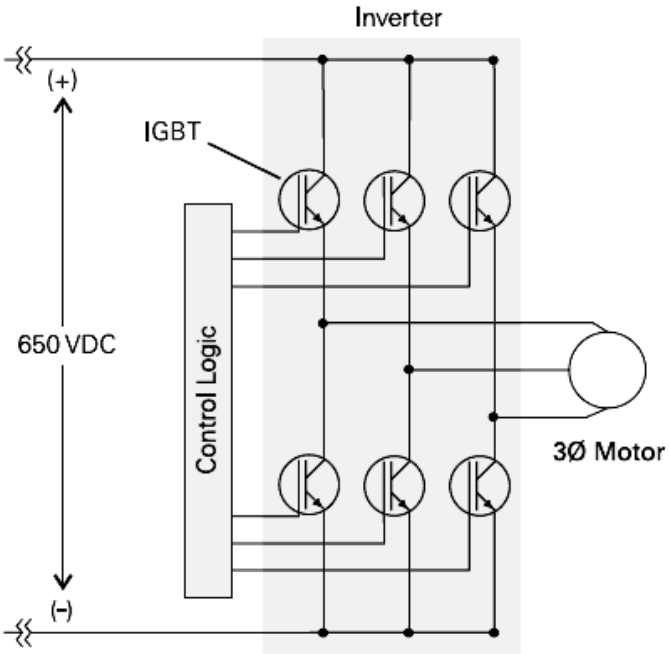
تحتوي المبدلة Converter على مقوم ثلاثي الطور يقوم بتحويل جهد الشبكة المتناوب الثلاثي الطور إلى جهد مستمر Dc voltage وتقوم القالبة Inverter بتشكيل جهد متناوب ثلاثي الطور بتردد وجهد متغيرين بدءاً من الجهد المستمر . وبسبب طبيعة بنية القالب، فإن المحرك التحريضي الثلاثي الطور يمكن أن يتلاءم بسهولة للعمل من منبع جهد متناوب أحادي الطور، أو ثلاثي الطور، أو من منبع جهد مستمر. فعلى سبيل المثال، في الأمكنة التي يتوفر فيها فقط منبع أحادي الطور يمكن استخدام محركات ثلاثية الطور أكبر وذات مردود أعلى عن طريق تقويم منبع الجهد الأحادي الطور و من ثم تشكيل منبع جهد ثلاثي الطور.وفي تطبيقات أخرى مثل العربة الكهربائية ، فإن منبع التغذية عبارة عن جهد مستمر مأخوذ من بطارية عالية الجهد، وتقوم القالبة بتوليد منبع تغذية ثلاثي الطور.

١- قسم المبدلة Converter :



يتكون من جسر تقويم أحادي أو ثلاثي الطور (بحسب شبكة التغذية)، حيث يقوم بتحويل جهد الشبكة الكهربائية المتناوب AC إلى مستمر DC. يقوم الملف L والمكثف C بتنعيم الجهد المستمر. يبلغ الجهد المستمر المقوم نسبة 1.35 أضعاف الجهد المتناوب بين طورين، أي أن الجهد المستمر يبلغ قيمة 650 VDC بالنسبة لجهد التغذية بين الطورين البالغ 480 VAC .

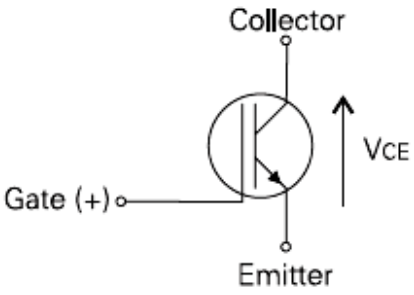
٢- قسم القالبة Inverter :



يتم التحكم بالجهد والتردد في الخرج بواسطة دارة تحكم منطقية (متحكم صغري) و قسم القالبة. يتكون قسم المبدلة من ستة عناصر تقطيع الكترونية مثل الثايريستور thyristor أو الترانزيستورات الثنائية الوصلة bipolar أو ترانزيستورات الأثر الحقلي MOSFET أو حديثاً الترانزيستورات الهجينة IGBT.

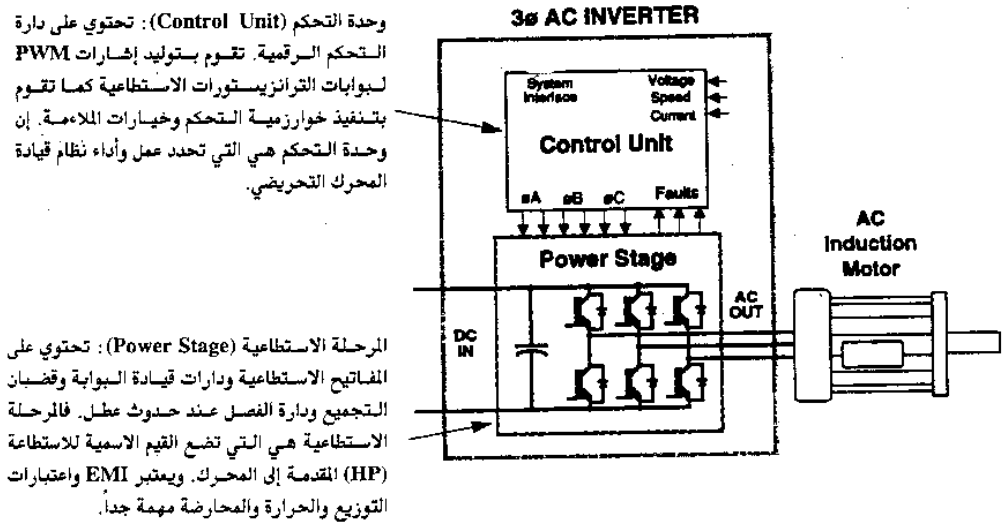
الترانزيستورات الهجينة IGBT:

الترانزيستورات الهجينة IGBT (insulated gate bipolar transistor) أو ما يسمى الترانزيستورات ثنائية الوصلة ذات البوابة المعزولة، تؤمن سرعة توصيل وفصل عالية والضرورية لعمل الانفرتر بطريقة PWM . يمكن لهذا الترانزيستور يقوم بعملية الوصل والفصل عدة آلاف المرات في الثانية. فمثلاً يمكن أن يقوم بالوصل في أقل من ٤٠٠ نانو ثانية ويقوم بالفصل بحوالي ٥٠٠ نانو ثانية.



يتكون هذا الترانزيستور من بوابة ومجمع وباعث، يتحول لوضعية الوصل ON عند تطبيق جهد موجب على البوابة (نظامياًVDC 15+) وتشبه هذه العملية ضغط مفتاح. عندئذ يمر التيار بين المجمع والباعث. ويتحول الترانزيستور لوضعية فصل OFF عند فصل الجهد الموجب عن البوابة. عادة يطبق جهد سالب على البوابة خلال فترة الفصل 15-) VDC) لمنعه من التحول لوضعية التوصيل.

يتكون قسم القالبة inverter من وحدة التحكم ومرحلة الاستطاعة:

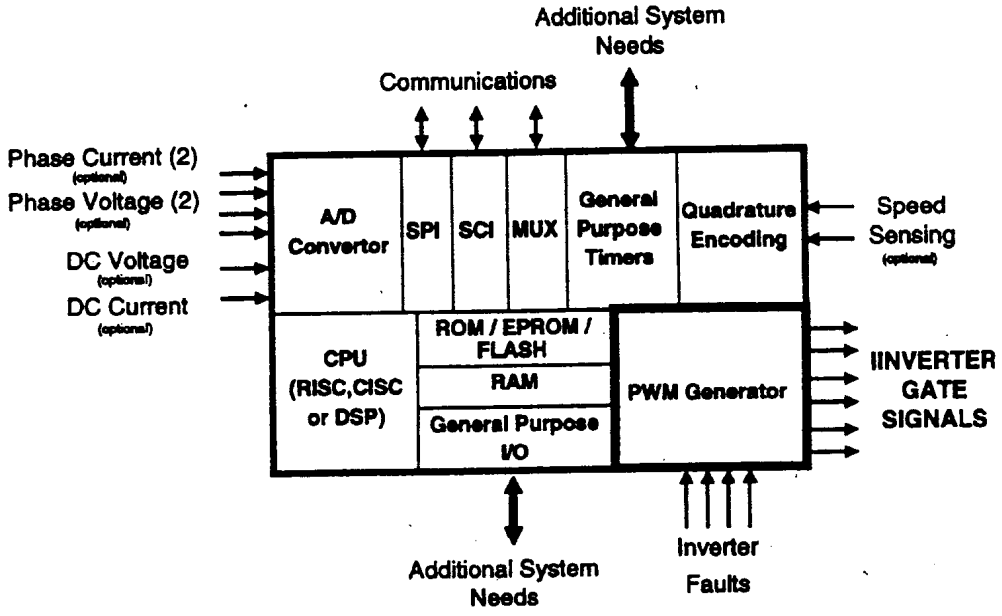


قالبة جهد ثلاثية الطور.

وحدة التحكم:

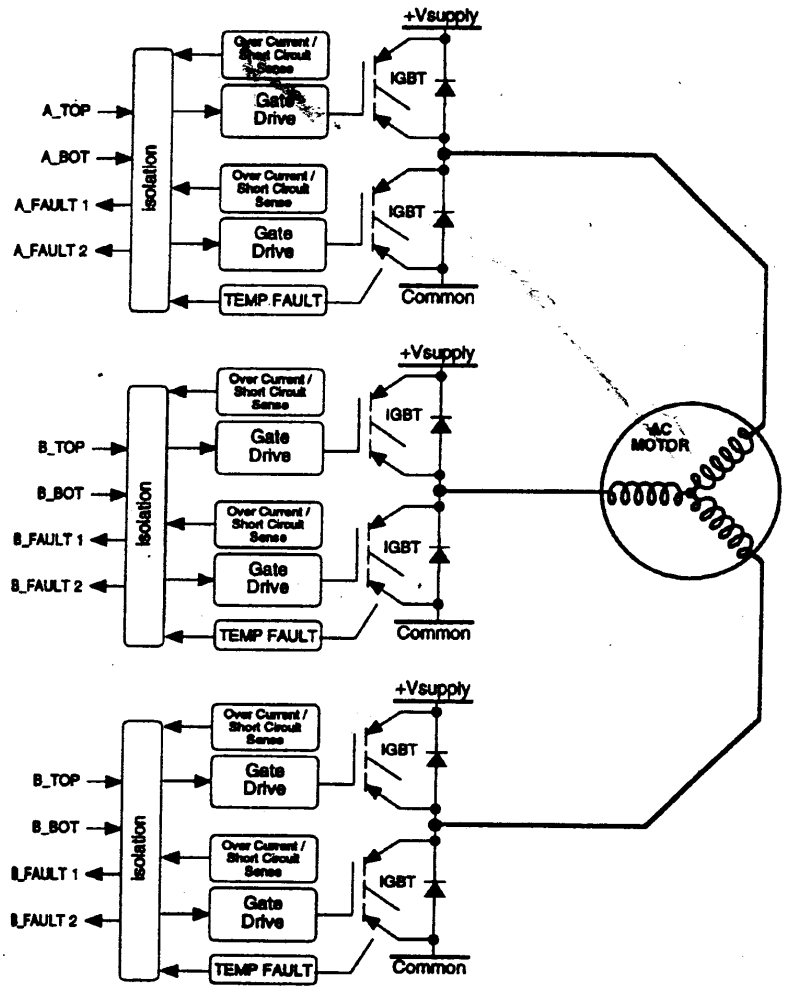
على الرغم من أن قيم الاستطاعة لدارة قيادة المحرك التحريضي تصمم اعتماداً على مرحلة الاستطاعة إلا أن وحدة التحكم وخوارزمياتها تشكل عوامل مهمة في تحديد استجابة السرعة أو العزم وفي بعض الوظائف الأخرى المتعلقة بقيادة المحرك. تقوم وحدة التحكم بتنفيذ خوارزمية التحكم وبتطبيق الخيارات المطلوبة وإصدار إشارات التبديل إلى مرحلة الاستطاعة . ويمكن القول أن التقدم الكبير الذي دخل على طرق التحكم بالمحرك التحريضي يرجع إلى تطور إلكترونيات التحكم ولقد سهلت تقانات التحكم الرقمي تنفيذ خوارزميات التحكم وصنع خوارزميات أكثر تعقيداً بالإضافة إلى أنها مهدت الطريق لتعديل خوارزمية التحكم برمجياً ودون اللجوء إلى إعادة تصميم الدارات من جديد .

لقد أدى التطور الكبير في سرعة إلكترونيات التحكم وبشكل أساسي في معالجات الإشارة الرقمية DSPS وفي المتحكمات MCUS إلى إنشاء خوارزميات أكثر تعقيدا وبكلفة متوسطة . فلقد تم إنتاج عناصر مخصصة للتحكم بالمحركات تحتوي كل الوظائف الضرورية للتحكم بالمحرك التحريضي، مثل توليد PWM ومبدل تمثيلي رقمي وRAM و EPROM وعناصر ملائمة متنوعة مثل العناصر متعددة القنوات والمؤقتات الإضافية كما هو مبين في الشكل التالي:



مرحلة الاستطاعة Power Stage :

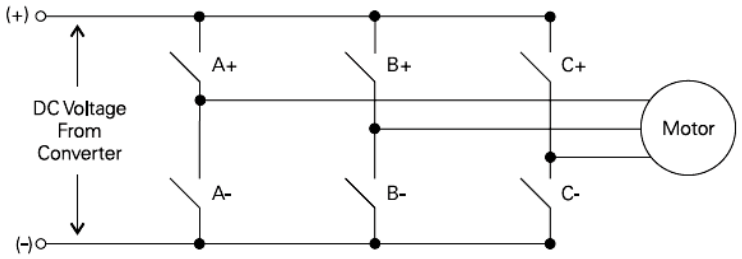
تتألف مرحلة الاستطاعة من ثلاثة موديولات Modules جسرية أو نصف جسرية تستطيع تمرير تيار القدرة اللازم لكل طور من أطوار المحرك. ويتم التحكم بهذه الموديولات عن طريق خوارزمية مدروسة في الدارة التحكمية لتشكيل موجة جيبية ثلاثية الأطوار. ولأن مرحلة الاستطاعة هي التي تمرر التيار الذي يستجره المحرك، لذلك تصمم حسب استطاعة المحرك المراد قيادته، بالإضافة إلى أن مرحلة الاستطاعة تصبح العامل المسيطر في زيادة الكلفة عند قيادة المحركات الكبيرة.

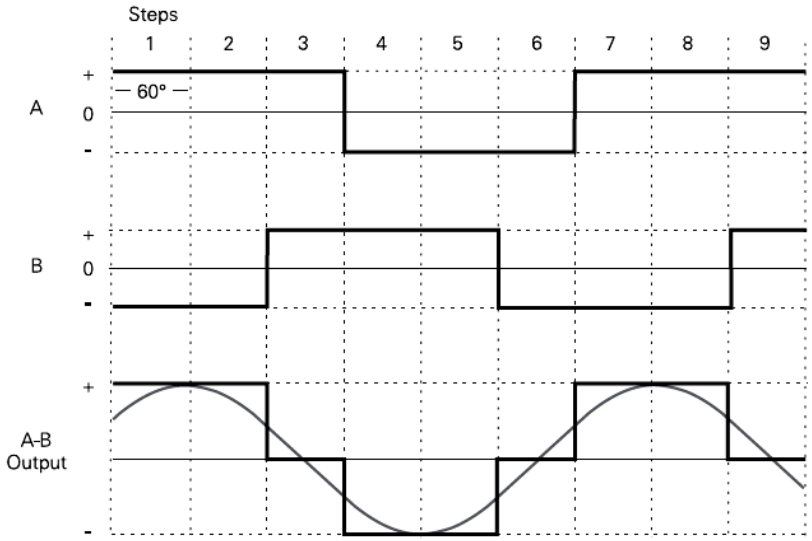


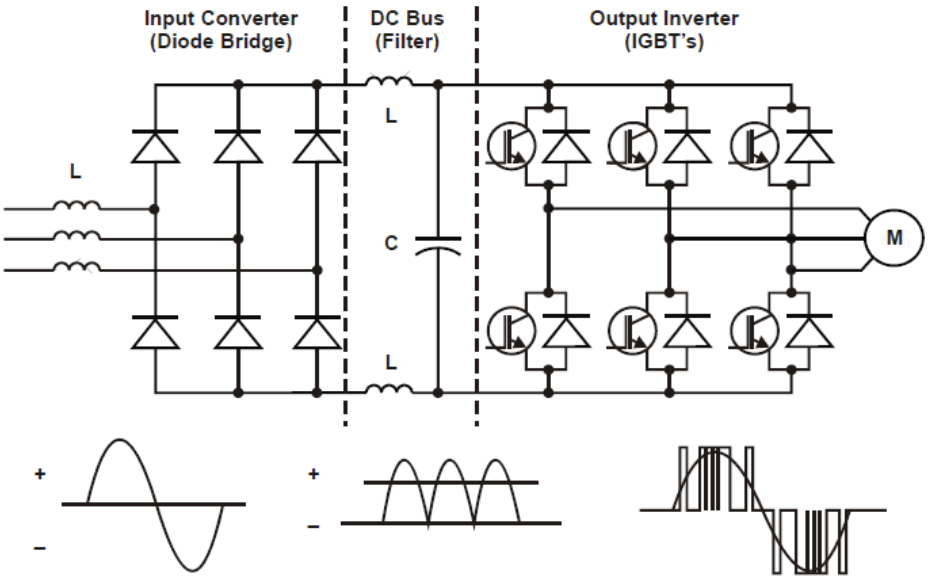
إن مرحلة الاستطاعة كما هو مبين في الشكل السابق، تعتبر الجزء الأهم في نظام قيادة المحرك بشكل عام وتلعب تقنية IGBT وتصميم دارات قيادة البوابة دوراً هاماً في أداء التبديل والمعالجة الحرارية. بالإضافة إلى أن تصميم مرحلة الاستطاعة يلعب دوراً هاماً في تقليل EMI والتحريض العابر Overshoot والتي يمكن أن تؤثر على عمل وحدة التحكم، وتحتوي عادة مرحلة الاستطاعة على بعض أنواع دارات الفصل لحماية IGBT ودارات قيادة البوابة. والأعطال النموذجية المكشوفة تتضمن كشف زيادة التيار وفصل دارات القصر، وأعطال حرارية. عند الأعطال الخطيرة، مثل دارات القصر، تفصل مرحلة الاستطاعة آلياً حتى يزال العطل لمنع حدوث ضرر كبير على دارة قيادة المحرك. أما الأعطال الأخرى، مثل ارتفاع درجة الحرارة أو زيادة التيار، فعادة تغذى عكسياً إلى وحدة التحكم، حيث تكون وحدة التحكم مسؤولة عن تصحيح العطل. وللتقليل من عدد خطوط إشارات العطل، فإنه غالباً تجمع هذه الإشارات مع بعضها البعض. وفي هذه الحالة، فإنه يمكن تصنيف الأعطال وفقاً للعمل المطلوب، مثل أعطال التحذير (Warning Faults) أو الأعطال الخطيرة Catastrophic (Fault) .

طرق التعديل (التحويل من DC إلى AC):

يبين الشكل التالي طريقة مبسطة لتوليد موجة جيبية على أحد الأطوار من خلال فتح وإغلاق المفاتيح. فمثلاً نقوم بوصل +A و -B لتوليد موجة جيبية على الطور الأول كما هو موضح:

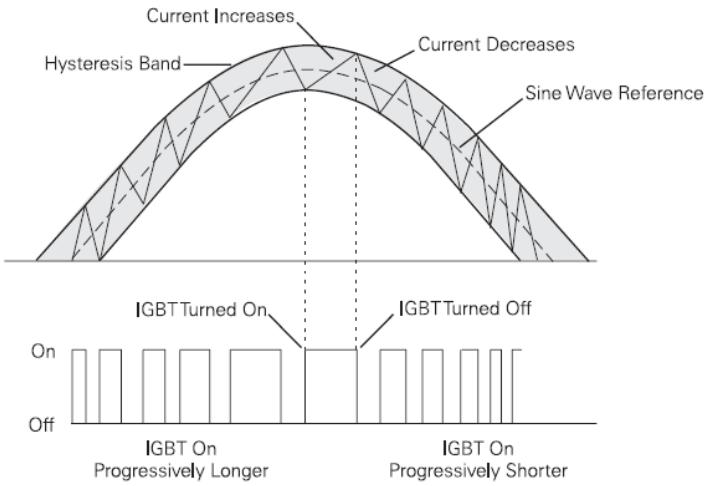




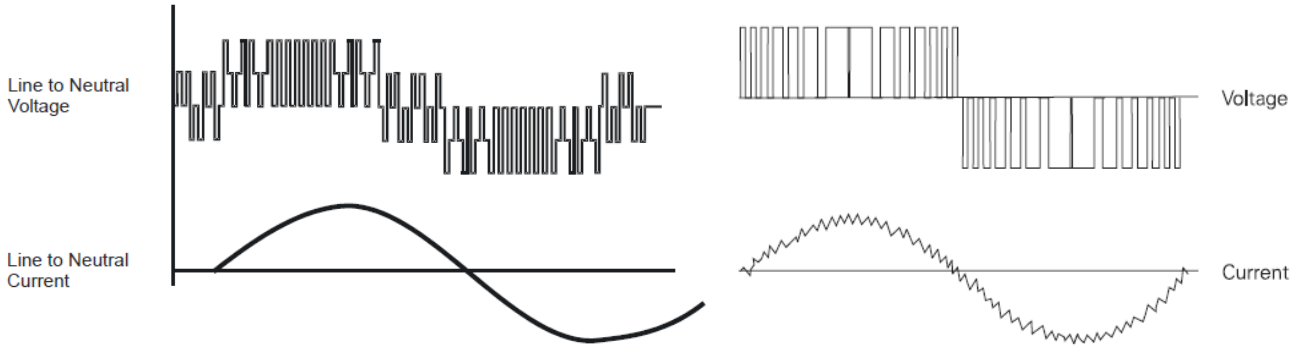


طرق تعديل PWM:

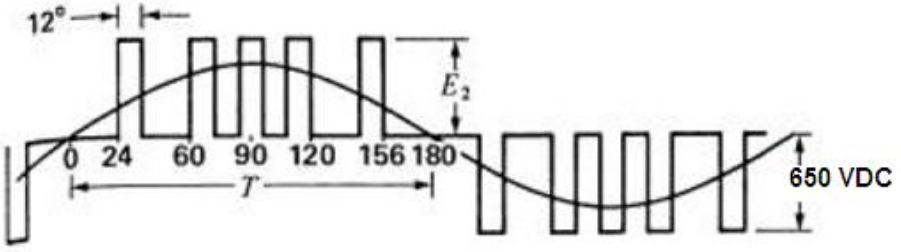
هنالك العديد من الطرق لتعديل الـ PWM سنشرح إحداها. عند وصل ترانزيستور الـIGBT المتصل بأحد أطور المحرك يطبق الجهد 650VDC فيمر التيار في ملفات المحرك لفترة وجيزة ثم يفصل الترانزيستور وهكذا مع بقية الأطوار وبشكل متتابع.



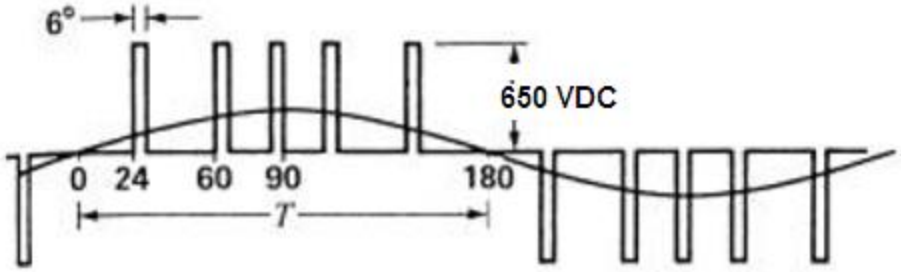
يوضح الشكل التالي شكل موجة الجهد PWM المطبقة على الملفات وشكل التيار المتولد عن ذلك الجهد:



ويبين الشكل التالي أثر عرض نبضة الـPWM في التحكم بمطال الإشارة، نبضة عريضة مطال أطول والعكس بالعكس:



نبضة عريضة تعطي مطال أكبر



نبضة ضيقة تعطي مطال أقل

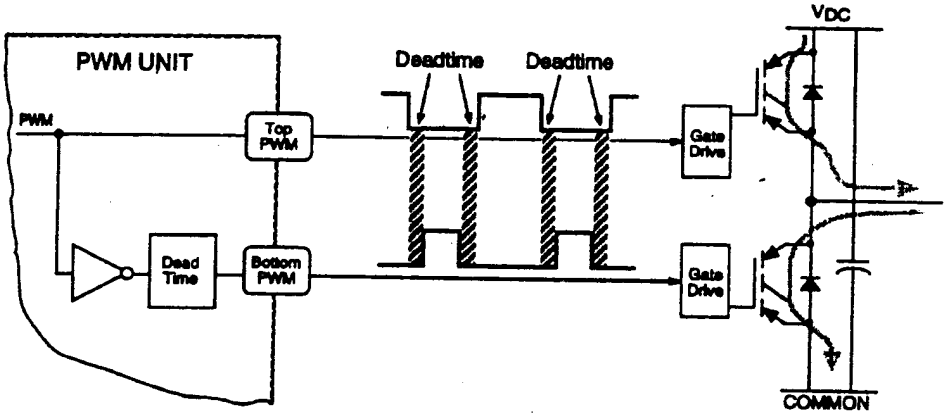
للتحكم بالمحرك التحريضي يوجد شقان يمكن تحقيقهما برمجياً:

١- التحكم بشكل موجة التيار المتناوب المطبقة على المحرك.

٢- التحكم بتردد وجهد موجة التيار المتناوب المطبقة على المحرك V/H.

إن شكل الموجة يمكن تحقيقه بواسطة طريقة التعديل التي ستدرس الآن . أما طرق التحكم بالتردد والجهد (خوارزميات التحكم) فستدرس في نهاية الفصل.

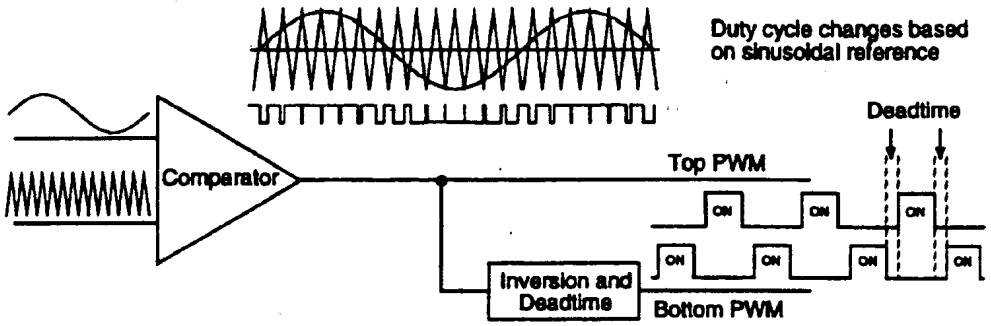
تعتبر تقانات Pulse Width Modulation(PWM) نموذجية لتشكيل الموجة المتناوبة. ومن جهة ثانية ، فإن هذه التقانات تختلف عن تلك المستخدمة في التحكم بمحرك التيار المستمر. وكما هو ملاحظ في الشكل التالي فإن كل طور من أطوار المحرك يتطلب تطبيق إشارتي PWM الأولى للمفتاح العلوي والأخرى للمفتاح السفلي، وكلا الإشارتين تؤخذان من نفس قطب PWM إلا أن إحداهما تطبق مباشرة (العلوية) والأخرى تطبق بعد أن تعكس وتضمن زمناً ميتاً (Dead time) إن فترة الزمن الميت هامة جداً لأنها تضمن عدم عمل كلا المفتاحين معاً بنفس الوقت.



يتطلب التحكم بالمحرك التحريضي تحديث بشكل دائم Constant Updating لدورات عمل إشارة PWM لتشكيل موجات متناوبة عند أطوار المحرك أما الطريقة التي يتم فيها إعادة تحديث إشارة PWM فتدعى بتقانة التعديل لذلك سيتم الآن تعداد التقنيات الأكثر انتشاراً وشهرة . وتعتبر الطريقة PWM الجيبية أساسية ومن جهة ثانية تزداد شعبية وانتشار تقانات التعديل الأخرى مثل PWM باستخدام المدروج الثالث و PWM ذي ٦٠ درجة وتعديل الفراغ الشعاعي Space Vector Modulation لأنها تستثمر الجهد المستمر بنسبة أكبر من التقانات الأخرى وسنقوم بشرح الطريقة الأولى فقط.

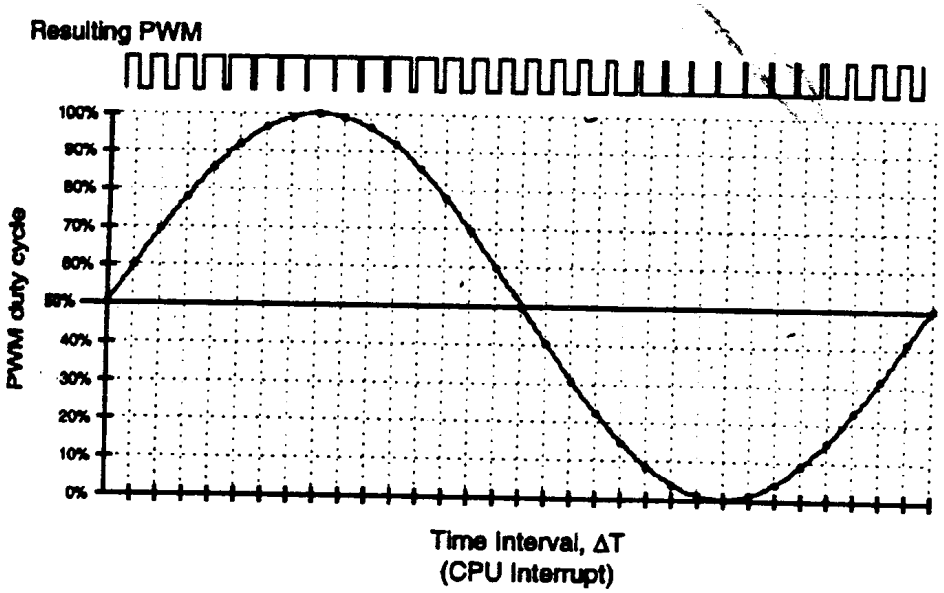
طريقة PWM الجيبية:

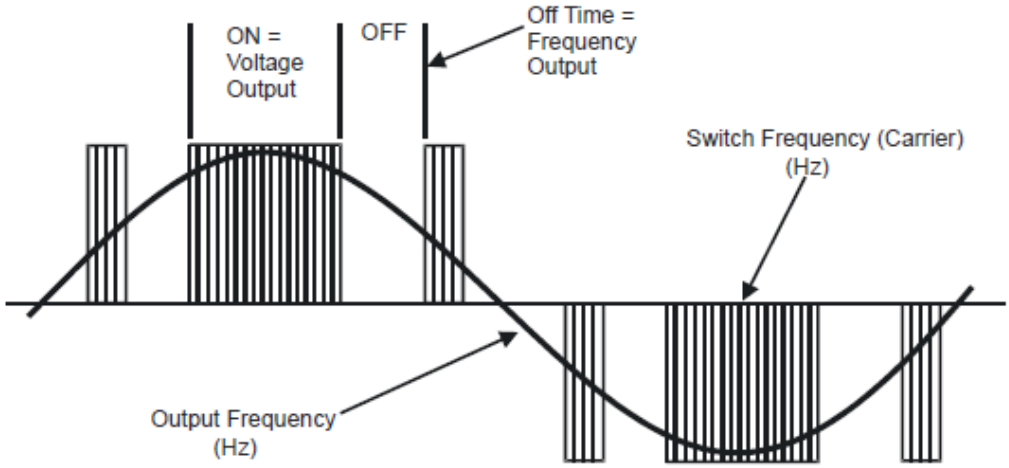
تعتبر طريقة PWM الجيبية من أبسط الطرق فهماً. لذلك ستستخدم هذه الطريقة الآن لتوضيح المخطط الذي تشترك فيه كل تقانات التعديل. يتم تشكيل موجات التيار المتناوب عن طريق تغيير دورات عمل PWM . كانت تسمى هذه الطريقة بطريقة التعديل الجيبي المثلثي Sine Triangle Modulation لأنه يتم فيها مقارنة الإشارة المثلثية الحاملة مع الإشارة الجيبية المرجعية لتشكيل إشارة PWM معدلة، والشكل التالي يبين ذلك:



تستخدم معظم أنظمة قيادة المحركات التحريضية الحديثة، في هذه الأيام، متحكمات تحتوي في بنيتها وحدة PWM مصممة خصيصاً للتحكم بالمحرك. ويتوفر العديد من هذه المتحكمات في الأسواق الإلكترونية، ويعتبر البرنامج هو المسؤول عن استمرار تحديث دورات عمل PWM في المتحكمات.

تعتمد حسابات دورة عمل إشارة PWM على قمة الموجة الجيبية. فعند التعديل الكامل (الجهد الأعظمي)، تتوافق دورة العمل 100% مع القمة الموجبة للموجة الجيبية، أما دورة العمل 0% فتوافق القمة السالبة للموجة الجيبية. ويمثل محور الصفر 50% من دورة العمل، كما هو موضح في الشكل التالي:





وبما أن كل طور يتطلب إشارتين PWM لذلك فإن خرج دورة العمل عند ملفات الطور تتوافق مع دورة عمل الترانزيستور العلوي، فعلى سبيل المثال إذا كان خرج دورة العمل المطلوب عند ملفات الطور 75% فإن الترانزيستور العلوي سيعمل 75% من دورة عمل PWM والسفلي سيعمل 25% منها، في التطبيق العملي ستكون إشارة PWM المطبقة على ملفات الطور مختلفة قليلاً عن هذه القيم لضرورة وجود الزمن الميت، إلا أن هذا التشويش يشوه شكل موجة الخرج، مما يؤدي إلى حدوث تأرجح بالعزم.

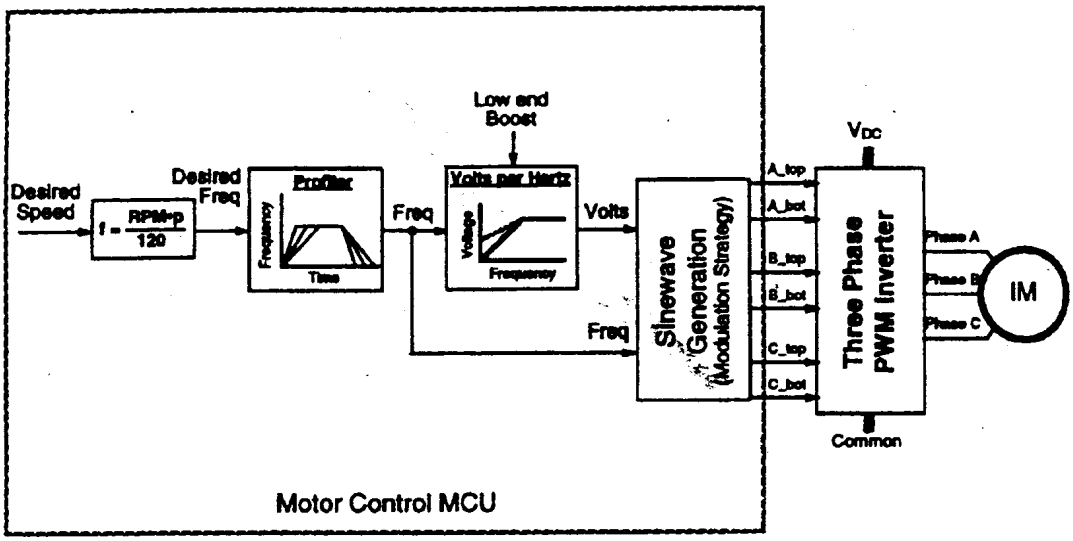
خوارزميات قيادة المحرك التحريضي:

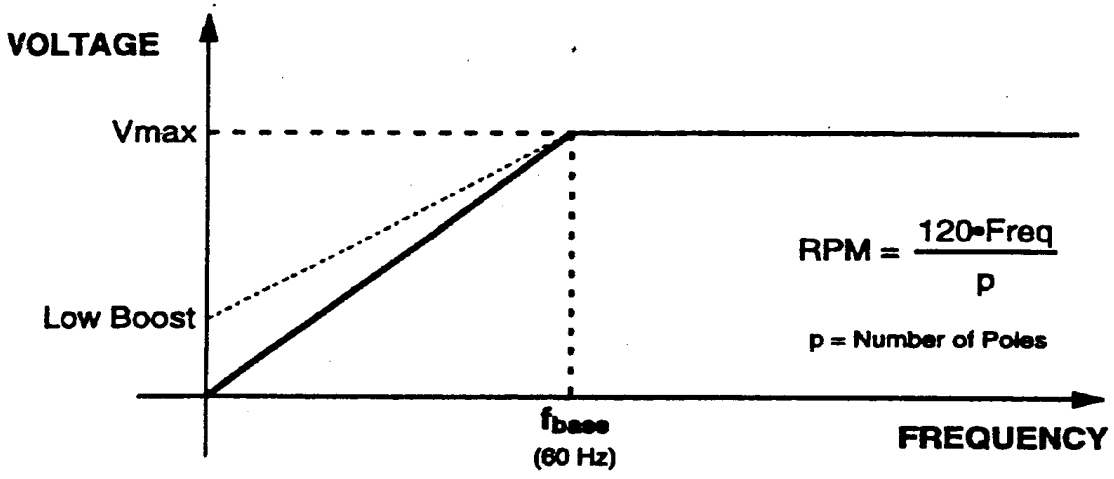
عندما يتم توليد موجة التيار المتناوب بواسطة تقانة التبديل، يمكن عندها التحكم بجهد وتردد الموجة اعتماداً على خوارزمية التحكم. ويمكن للخوارزمية أيضاً التحكم بالعزم أو السرعة، بحلقة مفتوحة أو مغلقة، وقد تم استخدام التقانات التكيفية adaptive techniques لمعالجة التغيرات المتولدة في المحرك والتي تنتج عن التصنيع أو ارتفاع درجة الحرارة. والنتيجة، إن خوارزميات التحكم يمكن أن تأخذ عدة أشكال . في هذا القسم سوف تعطى فكرة عامة عن الخوارزميات الأساسية المستخدمة في التحكم بالمحركات مثل خوارزمية الجهد بالنسبة للتردد volts per hertz وخوارزمية التحكم بالانزلاق slip control وخوارزمية التحكم الشعاعي vector control أو خوارزمية توجيه الحقل field control.

التحكم بالمحرك التحريضي بنظام مفتوح بطريقة V/F Open loop Volts Per Hertz:

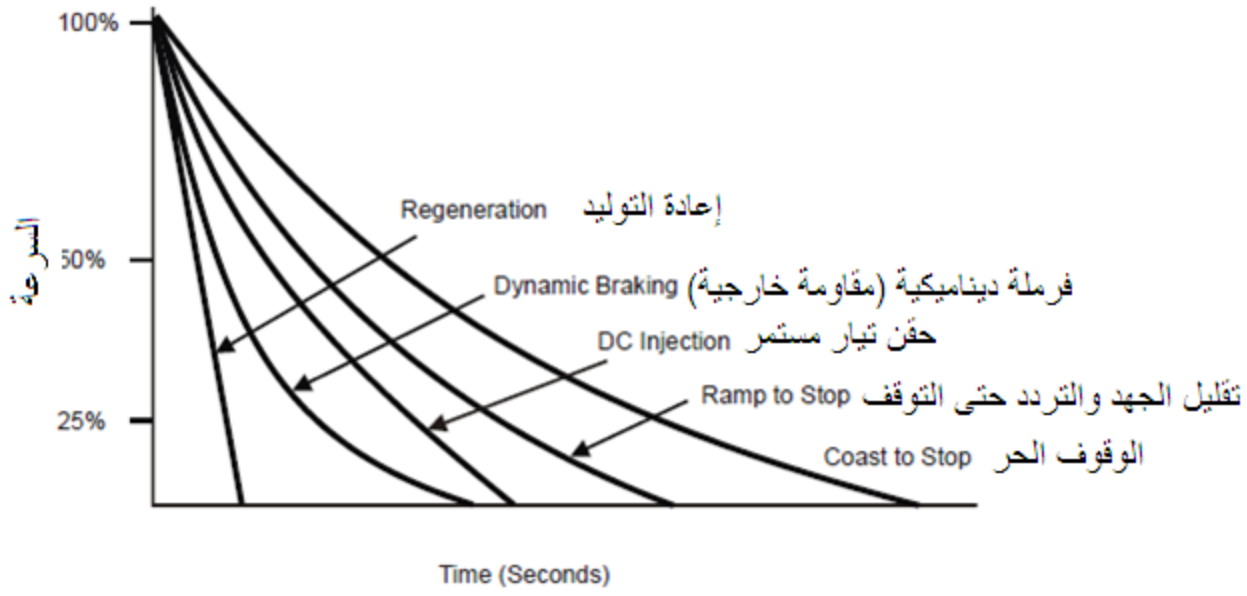
بعد معرفة المبادئ الأساسية للمحرك التحريضي يكون من السهل ملاحظة سلبيات تغذية المحرك من منبع ثابت التردد. ولذلك يصبح استخدام خوارزمية التحكم مفيد. وتعتبر طريقة (V/F) من أكثر الطرق شيوعاً في التحكم بسرعة المحركات التحريضية. ولهذا تستخدم هذه الطريقة في التطبيقات المنخفضة الكلفة مثل أنظمة التبريد والتكييف، أو المراوح والمضخات عندما يكون الحمل معروف. في العديد من الحالات، تستخدم التطبيقات ذات السرعة الثابتة طريقة V/F للحد من ارتفاع تيار الإقلاع. وفي حالات أخرى، تستخدم V/F لعمل المحرك عند سرعة متغيرة. ويعتبر تنفيذ خوارزمية V/F لعمل المحرك عند سرعة متغيرة. ويعتبر تنفيذ خوارزمية V/F غاية في البساطة وغير مكلف بالمقارنة مع الخوارزميات المعقدة المستخدمة للتحكم بالمحرك التحريضي فهي لا تحتاج إلى استخدام حساسات، وكذلك تكون الحسابات بسيطة، وتتطلب استخدام متحكمات ذات فعالية أقل وكلفة أقل ويبين الشكل التالي مخططاً صندوقياً لطريقة V/F:

تتغير سرعة المحرك حسب التردد المطبق. فعند الترددات المنخفضة، تنخفض المفاعلة التحريضية للمحرك ($XL=2\pi f.L$) ، مما يؤدي إلى مرور تيار كبير في المحرك. ولذا فإن مهمة خوارزمية التحكم هنا ضبط الجهد بالإضافة إلى التردد بحيث ينخفض التيار المار في المحرك. تتحكم خوارزمية V/F بكل من التردد والجهد بعلاقة طردية حتى نقطة تردد العمل الأساسيbase Frequency بعد هذا التردد، يثبت الجهد عند القيمة الأعظمية Vmax بينما يزداد التردد، كما هو مبين بالشكل التالي. إن قيمة الجهد تكون محددة بقيمة المنبع المتوفر. وعندما يتوفر منبع جهد أكبر يمكن زيادة الجهد إلى ما بعد نقطة التردد الأساسي.


Low end Boost
VDC
Desired Speed
f = RPM*p / 120
Desired Freq
Profiler
Frequency
Time
Freq
Volts per Hertz
Voltage
Frequency
Volts
Freq
Sinewave Generation (Modulation Strategy)
A_top
A_bot
B_top
B_bot
C_top
C_bot
Three Phase PWM Inverter
Phase A
Phase B
Phase C
IM
Common
Motor Control MCU


VOLTAGE
Vmax
Low Boost
RPM = 120*Freq / p
p = Number of Poles
fbase
(60 Hz)
FREQUENCY

طرق فرملة (كبح) محرك التيار المتناوب AC:



هنالك عدة طرق لفرملة المحرك، ١- أبسط هذه الطرق هي **فصل التغذية** عن ملفات المحرك وتركه حتى يتوقف بشكل حرّ ولكنها تحتاج لوقت طويل جداً خصوصاً عندما تكون السرعة عالية والحمولة كبيرة للمحرك. ٢-أما الطريقة التي تليها فهي Ramp to stop أي **تخفيض كلاً من الجهد والتردد** ومن خلال ذلك يجبر المحرك على التوقف بشكل أسرع ويمكن تنفيذ هذه الطريقة برمجياً من خلال اختيار زمن التباطؤ المطلوب في الجهاز، مع ملاحظة أن المحرك يتحول أثناء توقفه إلى مولد للجهد فيقوم الجهاز بامتصاص الطاقة المتولدة وإذا كان زمن الفرملة المختار قصيراً جداً يحدث خطأ يسمى over-voltage fault or DC bus fault . ويكون رد الفعل الطبيعي من الجهاز هو حماية نفسه عند ازدياد الجهد المستمر عن 135% من القيمة الطبيعية للجهد المستمر ويجب على المستخدم هنا زيادة زمن التوقف لمنع ظهور العطل أو استخدام طرق فرملة أخرى مثل طريقة حقن التيار المستمر DC Injection Braking أو الفرملة الديناميكية dynamic braking.

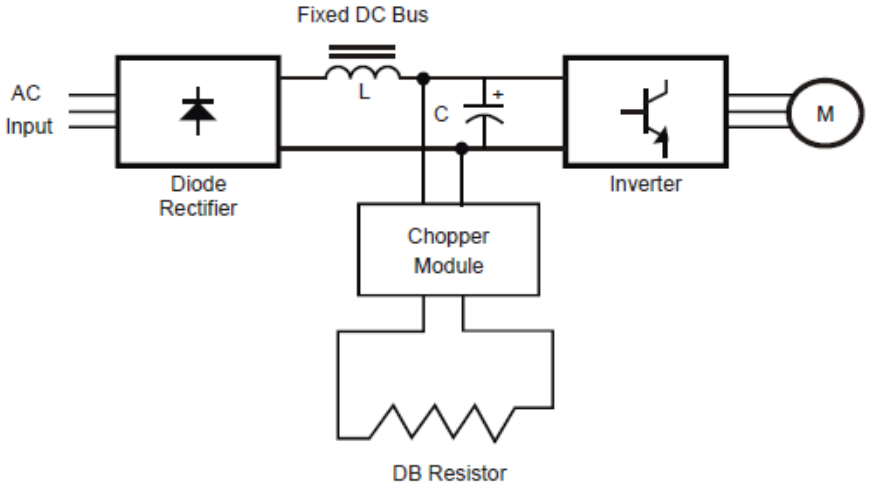
٣- طريقة حقن التيار المستمر DC Injection Braking:

يتم في هذه الطريقة حقن تيار مستمر إلى ملفات الجزء الثابت للمحرك أثناء دوران المحرك مما يولد حقل مغناطيسي في الجزء الثابت يولد نفس الحقل في الجزء الدائر مما يولد عزم فرملة مما يؤدي لفرملة المحرك بسرعة أكبر من الطريقة السابقة. ينتج عن عملية الفرملة حرارة تتبدد في داخل المحرك لذلك ينصح باستخدام هذه الطريقة عند وجود أحمال Load خفيفة. وتكرارا عملية الفرملة خلال زمن قصير يؤدي إلى ارتفاع شديد في درجة الحرارة خصوصاً

في التطبيقات التي يكون فيها الحمل يمتلك عطالة inertia كبيرة كما في آلات الطرد المركزي مثلاً فالحرارة الزائدة يمكن أن تؤدي إلى حدوث عطل دائم في ملفات الجزء الثابت والدائر للمحرك.

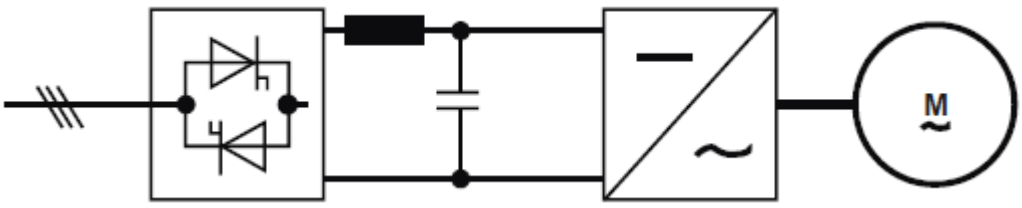
٤- الفرملة الديناميكية Dynamic Braking:

إذا لم تفلح طريقة حقن التيار المستمر في فرملة المحرك في الوقت المناسب فيمكنك تطبيق طريقة الفرملة الديناميكية الموضحة في الشكل التالي:



في هذه الطريقة نقوم بوصل مقاومة حرارية باستطاعة عالية (أو عدة مقاومات) لتحويل الطاقة الحركية الدورانية إلى طاقة حرارية، فعندما تزداد سرعة المحرك فوق قيمة معينة تتحول الطاقة إلى Dc Bus وعند تجاوز مستوى محدد يعمل المقطع chopper ويقوم بتحويل الجهد الزائد إلى حرارة والمقطع chopper ببساطة هو حساس مركب على ترانزيستورات IGBT. لا تركب مقاومة الفرملة بداخل أو بجانب الجهاز بل تركب في مكان يسهل فيه تبديد الحرارة المتولدة.

٥- إعادة التوليد والكبح regeneration and braking:



في العديد من التطبيقات يتم اختيار محرك التيار المتناوب لأنه يمكن أن يعمل كمولد ويحدث عمل التوليد أو إعادة التوليد عندما يصبح الانزلاق أقل من الصفر(S<0). وهذا يحدث عندما يجبر الحمل دوار المحرك بالدوران بسرعة أكبر من سرعة التزامن، أو عندما تصبح سرعة التزامن أقل من سرعة دوران المحرك. وأثناء إعادة التوليد يقوم

المحرك بتوليد عزم سالب مما يؤدي إلى كبح المحرك وتحويل التيار إلى المنبع، ولهذا يجب الحذر أثناء إعادة التوليد للتأكد من أن المنبع يقبل الطاقة المعاد توليدها، أو لتبديد هذه الاستطاعة. وتستخدم بعض أنظمة القيادة الصناعية مقاومة استطاعة كبيرة (مقاومة كبح) لتبديد الطاقة المعادة. ويتم في بعض التطبيقات الأخرى استخدام مبدلة فعالة وإعادة الطاقة إلى خطوط التغذية الرئيسية للتيار المتناوب.

في تطبيق العربة الكهربائية، يتم استخدام القدرة المعادة لشحن البطاريات ولكبح العربة. إذاً إعادة القدرة ملائمة لمحرك التيار المتناوب دون إضافة أي دارة. لذلك، فإن أنظمة القيادة التي تتطلب إعادة القدرة تنفذ باستخدام محرك تيار متناوب بسهولة أكبر ومردود أعلى من استخدام محرك التيار المستمر.

تبديل (عكس) التوصيلات Plugging :

يحدث هذا الكبح في المحرك التحريضي عندما يصبح الانزلاق أكبر من الواحد (s>1). ويسمى هذا الكبح بالكبح على التضاد(بالمقارنة مع التيار المستمر إذ يكفي تبديل طورين من أطوار شبكة التيار المتناوب)، حيث يحدث هذا الكبح عندما يتغير اتجاه الحقل أثناء عمل المحرك أو عندما يجبر الحمل المحرك على العمل بعكس اتجاه الفيض. وفي هذه المنطقة، يأخذ العزم نفس اتجاه الفيضن مما يؤدي إلى حدوث الكبح، وعل أي حال، بعد توقف المحرك، فإنه سيغير اتجاهه. وعلى الرغم من أن هذا النوع لا يزود الشبكة بأي قدرة معادة، إلا أن التيار يكون عالي، مما يؤدي لتوليد حرارة كبيرة في المحرك وفي نظام القيادة. لذلك لا يستخدم عادةً المحرك التحريضي في هذا النوع من الكبح.

الأشئلة:

١- اشرح معادلة سرعة المحرك التحريضي ثلاثي الطور موضحاً بالأمثلة.
٢- ارسم مخطط صندوقي لجهاز قيادة محرك تحريضي ثلاثي الطور مبيناً أهم مكوناته الداخلية.
٣- لماذا سمي الجهاز باسم Inverter
٤- ارسم مخطط صندوقي تفصيلي للمبدلة.
٥- ارسم مخطط صندوقي تفصيلي للقالبة.
٦- اشرح بالتفصيل مبيناً بالرسم الواضح مرحلة الاستطاعة في الانفرتر.
٧- ماذا تعني كلمة IGBT .
٨- ارسم مخطط صندوقي واضح للمتحكم الصغري المستخدم في أجهزة الانفرتر.
٩- اشرح مع الرسم كيف يتم قيادة ترانزيستورات الIGBT بموجات PWM وما هي وظيفة الزمن الميت.
١٠-ما هي طرق كبح المحرك ثلاثي الطور المتناوب مع الشرح.
١١-اشرح بالتفصيل طريقة التحكم V/F ما نوع الأحمال التي تستخدم معها ولم نستخدمها وما هو مبدأ عملها مع الرسم.
١٢-ما هو الفرق بين الفرملة الديناميكية والفرملة بالتيار المستمر.

البحث الثالث:

طرق تركيب وتوصيل وبرمجة

أجهزة التحكم بالمحركات التحريضية وصيانتها

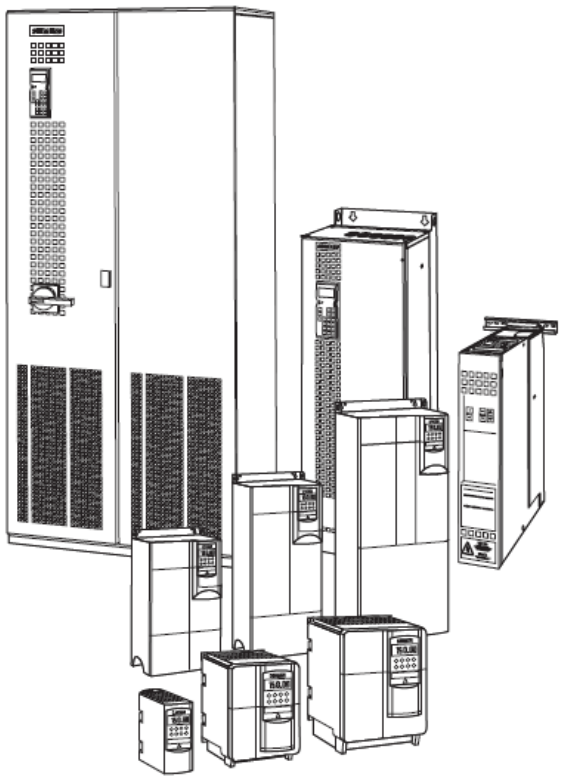
أهداف هذا الفصل:

- تعليمات الأمان عند تركيب وفك جهاز الانفرتر.
- التوصيل الكهربائي للجهاز.
- التعرف على قائمة البابرمترات وضبطها.
- التشويش الكهرطيسي الناتج عن جهاز الانفرتر.
- تشخيص الأعطال وصيانة الجهاز

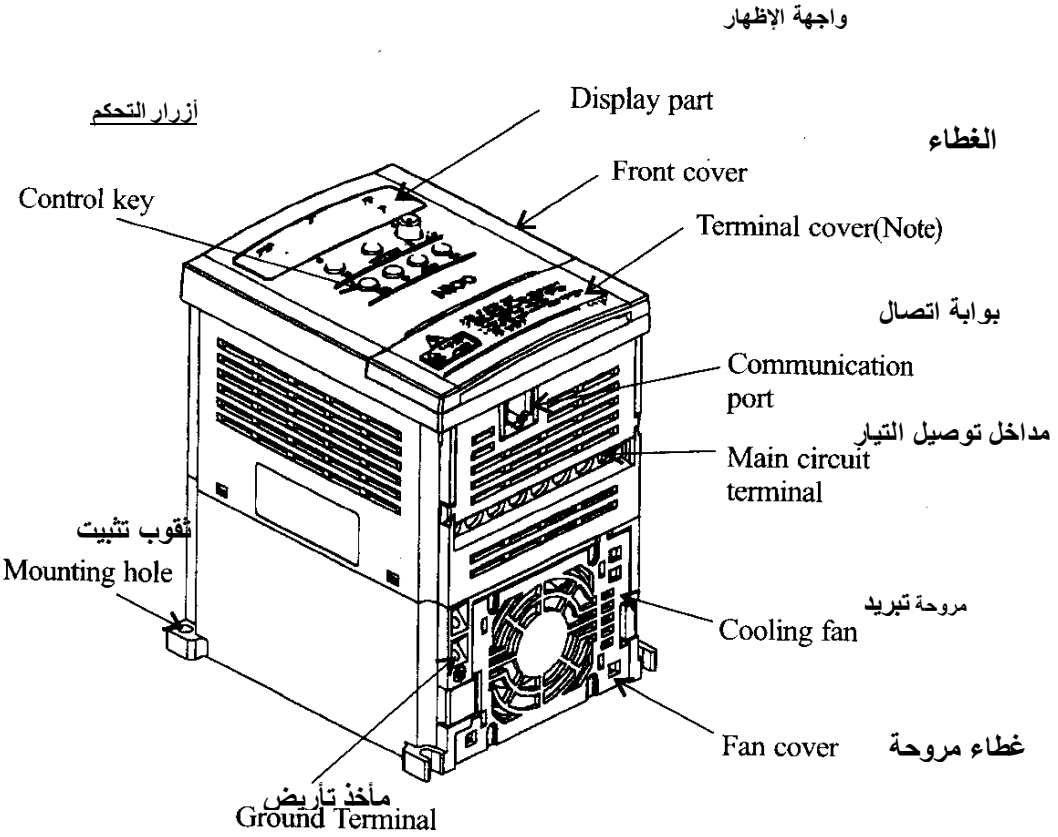
مقدمة :

شاع في السنوات الأخيرة استخدام أجهزة التحكم بالمحركات التحريضية التي تسمى INVERTERS لعدة أسباب من أهمها سهولة استخدامها، وتمكننا هذه الأجهزة من التحكم بالمحركات التحريضية Induction Motors من حيث السرعة والعزم والاتجاه... وبعدة طرق.

وهذه بعض أشكال أجهزة الـInverter:



الشكل الخارجي للجهاز:



- وصف لوحة المفاتيح الرقمية :

1- **إظهار الحالة :** إظهار الوضع الحالي للانفرتر.
2- **ليدات لوحة الإظهار :** تعطي معلومات عن التردد، الجهد، التيار، وحدات تعريف المستخدم...
3- **المقاومة المتغيرة :** لضبط تردد القيادة.
4- **زر التشغيل RUN :** يقوم بتشغيل الانفرتر.
5- **مفاتيح up/down :** لضبط أرقام البارامترات و لتغيير البيانات الرقمية، مثلاً تردد القيادة.
6- **المفتاح Mode :** للتبديل بين وضعيات الإظهار المختلفة.
7- **إيقاف/تصفير:** لإيقاف الانفرتر و تصفيره بعد بروز عطل معين.

- **تعليمات الأمان عند تركيب وفك جهاز الانفرتر:**

خطر **DANGER!:**

١- يجب أن تكون تغذية الدخل غير موصولة قبل توصيل أي سلك في الانفرتر.

٢- ربما تبقى الشحنة الساكنة في مكثفات ربط التيار المستمر بجهود عالية وخطرة ، حتى بعد فصل التغذية . لتجنب ضرر أو أذى الشخص العامل ، رجاءً تأكد من أنه قد تم فصل التغذية قبل فتح غطاء الإنفرتر وانتظر عشرة دقائق من أجل تفريغ شحنة المكثفات إلى مستوى جهد آمن.

٣- لا تقم بلحام وتجميع العناصر أو التوصيلات الداخلية.

٤- قد ينهار الإنفرتر بعد إجراء الصيانة في حال تم توصيل كابلات التغذية بشكل غير صحيح على مرابط الدخل/الخرج. أنتبه ألاتصل مرابط منبع التغذية الرئيسي للتيار المتناوب إلى خرج الانفرتر , U/T1 , V/T2 . W/T 3

٥- وصل الأرضي للإنفرتر باستخدام مرابط التأريض . طريقة التأريض يجب أن تتمثل بقوانين أو معايير من الدولة المجمعة للإنفرتر . ارجع إلى مخطط التوصيل الأساسي.

٦- إن سلسلة VFD–EL تستخدم فقط للتحكم بسرعات متغيرة في المحركات التحريضية الثلاثية الطور،وليس للمحركات الأحادية الطور.

تنبيه : **WARNING!**

١- لا تستخدم اختبار الكمون العالي عند فحصك للعناصر الداخلية. لأن أنصاف النواقل تتلف بسهولة عند تطبيق جهود عالية غير مناسبة عليها.

٢- هناك عناصر ذات حساسية عالية على لوحات الدارة المطبوعة . هذه العناصر ذات حساسية خاصة للكهرباء الساكنة لتجنب تلف هذه العناصر ، لا تلمس هذه العناصر أو لوحات الدارة بأدوات معدنية أو بيديك العاريتين إلا بعد تفريغ الشحنة بشكل مناسب.

٣- يسمح فقط الشخص المؤهلين بتركيب و توصيل وصيانة الانفرتر.

تحذير : **CAUTION!**

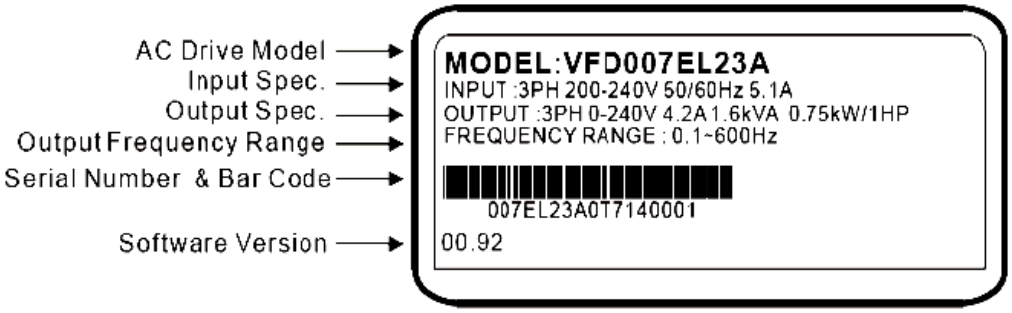
١- ضبط بعض البارامترات يمكن أن يتسبب في دوران المحرك مباشرة بعد تطبيق التغذية على الانفرتر.

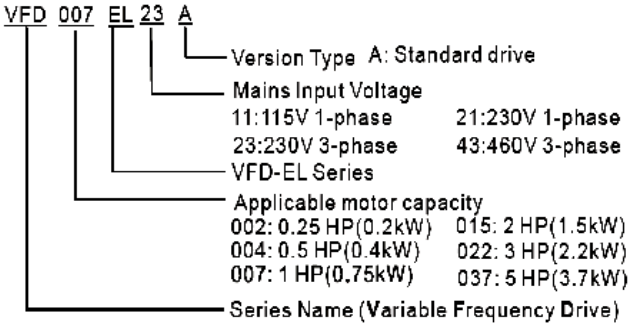
٢- لا تركب الانفرتر في مكان تكون فيه درجة الحرارة عالية أو معرض بشكل مباشر لضوء الشمس أو رطوبة عالية أو اهتزاز زائد أو غازات ولسوائل تسبب التآكل، أو يكون معرض للغبار المتدفق بالهواء أو الأجزاء أو القطع المعدنية.

٣- استخدم فقط الانفرترات ضمن مجال المواصفات المحددة . إن حدوث عطل قد يؤدي إلى حريق ، انفجار أو صدمة كهربائية.

معلومات اللوحة الأسمية لجهاز الانفرتر:

على سبيل المثال إنفرتر 1HP/0.75KW 3-phase 230 V .





VFD اسم السلسلة
007 استطاعة المحرك المناسب
EL سلسلة VFD – EL
23 جهد الدخل الرئيسي :
11 : أحادي الطور 115 فولت
21 : أحادي الطور 230 فولت
23 : ثلاثي الطور 230 فولت
43 : ثلاثي الطور 460 فولت
A نمط النسخة

المواصفات:

تصنيف الجهد		صنف 230V					
رقم الموديل VFD-XXXEL		002	004	007	015	022	037
خرج المحرك الأعظمي المناسب (kw)		0.2	0.4	0.75	1.5	2.2	3.7
خرج المحرك الأعظمي المناسب (Hp)		0.25	0.5	1.0	2.0	3.0	5.0
الخرج الاسمي	استطاعة الخرج الاسمية (kvA)	0.6	1.0	1.6	2.9	42	6.5
	تيار الخرج الاسمي (A)	1.6	2.5	4.2	7.5	11.0	17
	جهد الخرج ألأعظمي (V)	ثلاثي الطور يتناسب مع جهد الدخل					
	تردد الخرج الأعظمي (Hz)	من 0.1 إلى 600 Hz					
	التردد الحامل (kHz)	من 1إلى 15					
الدخل الاسمي	تيار الدخل الاسمي	احادي الطور					ثلاثي الطور
		4.9/1.9	6.5/2.7	9.5/4.9	15.7/9	24/15	20.6
	الجهد و التردد الاسمي	أحادي / ثلاثي الطور من 200 إلى V240 50/60Hz					ثلاثي الطور من 200 الى V240 50/60Hz
	نسبة تسامح الجهد	±10% (180-264V)					
	نسبة تسامح التردد	±5%(47-63Hz)					
طريقة التبريد		تبريد طبيعي			مروحة تبريد		
الوزن (kg)		1.1	1.1	1.1	1.9	1.9	1.9

مواصفات عامة:

مواصفات عامة			
مميزات التحكم	نظام التحكم		SPWM تعديل عرض النبضة ألجيبي (تحكم V/f)
	دقة ضبط التردد		0.01Hz
	دقة تردد اخرج		0.01Hz
	مميزات العزم		متضمنة تعويض العزم و تعويض الانزلاق الآلي، عزم الإقلاع يمكن أن يكون 150% عند تردد 5.0Hz
	تحمل زيادة الحمل		150% من التيار الاسمي لمدة دقيقة واحدة
	تردد التخطي		ثلاث مجالات، و مجال الضبط من 0.1 إلى 600Hz
	زمني التسارع و		من 0.1 إلى 600 ثانية (ضبط آخر مستقل لزمني التسارع و التباطؤ)
	مستوى منع التأخير		الضبط من 20 إلى 250% من التيار الاسمي
	الكبح DC		تردد التشغيل من 0.1 إلى 600.0Hz، و تيار الخرج يصل حتى 100% من التيار الأسمي، زمن البدء من 0 إلى 60 ثانية، زمن التوقف من 0 إلى 60 ثانية
	عزم الكبح المعاد توليده		تقريباً 20% (اكبر من 150% مع استخدام مقاومة كبح خارجية اختيارية او وحدة كبح خارجية، إم النماذج من 1 إلى 15hp تملك كابح تقطيعي بداخلها)
	النموذج V/f		قابل للضبط
مميزات التشغيل	ضبط التردد	لوحة المفاتيح	بواسطة المفتاحين
		إشارة خارجية	مقاومة متغيرة 5KΩ/0.5W، من 0 إلى 10VDC، من 4 إلى 20mA، بواسطة الاتصال التسلسلي RS485، بواسطة المداخل الخارجية المتعددة الوظائف من 3 وحتى 6 (15 خطوة، قفز، up/down) .

	ضبط إشارة التشغيل	لوحة المفاتيح	بواسطة المفتاحين RUN و STOP
		إشارة خارجية	بنظامي السلكين و الثلاثة أسلاك بواسطة الأقطاب (MI1,MI2,MI3)، تشغيل بالقفز، الاتصال التسلسلي RS485، بواسطة PLC
	إشارات المداخل الخارجية المتعددة الوظائف		اختيار خطوات للسرعة من 0 إلى 15 خطوة، تشغيل بالقفز، منع التسارع و التباطؤ، مفاتيح لأزمنة التسارع والتباطؤ 2، عداد، بلوك أساسي خارجي، اختيار بين AVI وACI، تصفير الانفرتر، ضبط المفاتيحup/down،اختيار نمط المداخل NPN أو PNP
	إشارة الخرج المتعددة الوظائف		عمل الانفرتر، الوصول لتردد محدد، السرعة الصفرية، بلوك اساسي، الدلالة على خطأ، زيادة في درجة الحرارة، توقف لحالة طوارئ و حالة الاختيار للمداخل الخارجية .
	إشارة الخرج التشابهية		خرج للتردد/ التيار
وظائف التشغيل			AVR، المنحني S للتسلرع و التباطؤ، حماية لحلات ارتفاع الجهد و التيار، 5 سجلات للاعطال، منع الدوران العكسي، إعادة الإقلاع بعد فقدان الطاقة اللحظي، كبح DC، تعويض آلب للعزم و الانزلاق، تعيير آلي، تردد الحامل، حدود لتردد الخرج، تصفير و قفل البارامترات، تحكم PID، عداد خارجي، اتصال تسلسلي، تصفير فس حالات العطل، إعلادة إقلاع في حالات العطل،حفظ الطاقة، تحكم بمروحة التبريد، تردد الاستيقاظ و الخمول، مصدرين للتحكم بتردد القيادة، دمج مصدري التحكم بالتردد،اختيارNPN/PNP
وظائف الحماية			جهد زائد، تيار زائد، انخفاض بالجهد، عطل خارجي، حمل زائد، عطل أرضي، حرارة زائدة، حماية حرارية، دارة قصر في IGBT، PTC
شاشة الإظهار الرقمية (اختيارية)			6 مفايح، إظهر ضوئي بأربع خانات، أربعة ليدات حالة، تردد القيادة، تردد الخرج، تيار الخرج، واحدة مخصصة، قيم البارمترات للضبط و القفل، الاعطال، RUN,STOP,RESET,FWD/REV
فلتر ضمني لـ EMI			من أجل 230V احادي الطور، و 460V موديل ثلاثي الطور
الظروف البيئية المحيطة	خصائص الغلاف		IP20
	درجة التلوث		2
	مواضع التثبيت		الارتفاع 1.000 متر، أو أقل، احفظه من الغازات المسببة للتأكل، السوائل والغبار
	الحرارة المحيطة		من -10 درجات إلى 50 درجة (40 درجة في حالة التثبيت الواحد بجانب الآخر) بحيث تكون تغيرات درجات الحارارة طفيفة بحيث لا تسبب التكاثف
	حرارة التخزين و النقل		من -20 إلى 60 درجة سلزيوسية
	الرطوبة المحيطة		تحت 90% (بدون تكاثف)
	الاهتزاز		$9.80665m/s^2$ (1G) أقل من20 هرتز، $5.88m/s^2$ (0.6G)عند 20 إلى 50Hz
التدقيق و الموافقة			CE cULus

التركيب Installation :

تنبيه:

١- تشغيل أو تخزين أو نقل الانفرتر بدون تطبيق هذه الشروط قد يسبب تلف الانفرتر.
٢- ان عدم التقيد بهذه الاحتياطات قد يبطل الكفالة!
٣- ركب الانفرتر عمودياً على سطح جسم عمودي بواسطة البراغي . أما التركيب بالاتجاهات الأخرى غير مسموح
٤- الانفرتر سيولد أو سينشر حرارة أثناء العمل . اجعل المساحة كافية حول الانفرتر لتبديد الحرارة.
٥-درجة حرارة مبدد الحرارة (المبرد) قد ترتفع حتى 90 درجة عند العمل . ان المادة المصنوع منها الانفرتر يجب أن تكون غير قابلة للإحتراق وقادرة على تحمل درجة الحرارة العالية.
٦- عندما يركب الانفرتر في مكان ضيق(صندوق مثلا) ، درجة حرارة البيئة المحيطة يجب أن تكون ضمن مجال 10 ~ 40 درجة مئوية مع تهوية جيدة ، لاتركب الانفرتر في مكان تكون فيه تهوية ضعيفة.
٧- امنع جزيئات الفيبر ، قصاصات الورق ، الغبار المتطاير ، الأجزاء المعدنية ، الخ . من الاتصاق بمبرد الحرارة
٨- عند تركيب عدة انفرترات في نفس الصندوق ، فإنها يجب أن تكون متجاورة مع بعضها وبمسافات متساوية بين بعضها. عند تركيب انفرتر واحد تحت آخر ، استخدم معدن فاصل بين الانفرترات لمنع تبادل الحرارة.

أولاً التوصيل الكهربائي للجهاز:

بعد نزع الغطاء الأمامي، تأكد من أنه لايوجد تغذية على مرابط التحكم وال power وتأكد من الاحتياطات التالية :

معلومات التوصيل العامة والرموز المناسبة

تنبيه:

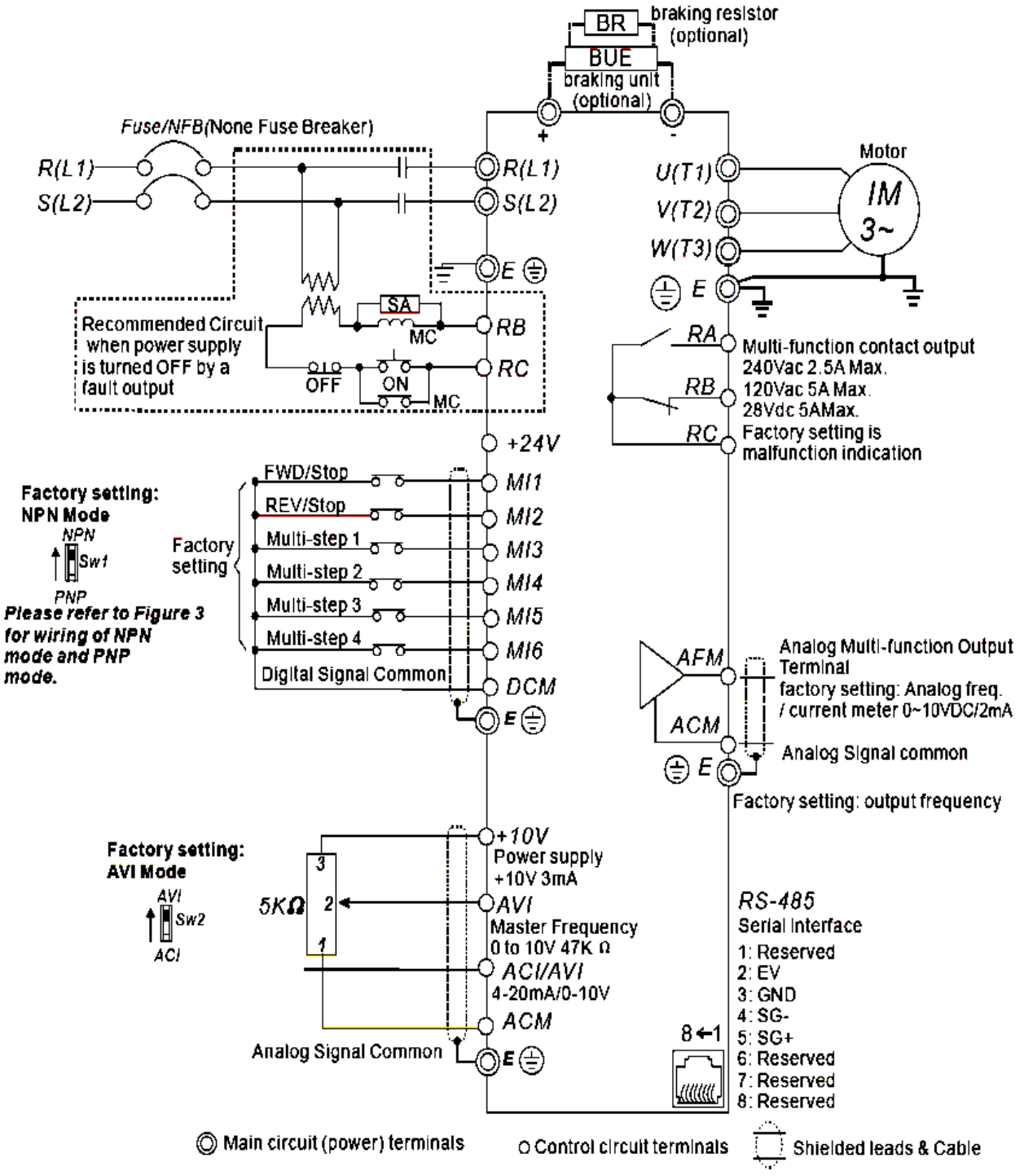
١- نقوم بتوصيل التغذية الكهربائية الأحادية أو الثلاثية الطور (حسب موديل الجهاز) بعد التأكد من مرابط المداخل المسماة عادةً R,S,T وتحديد مكانها بدقة لأن الوصل الخاطئ سوف يسبب تعطيل الجهاز، نلاحظ عدم أهمية ترتيب اسلاك المداخل . تأكد من أن التغذية هي فقط مطبقة على المرابط R / L1 , S /L2 , T / L 3 لأن الخطأ في التوصيل قد يسبب الى تلف التجهيزات . وتأكد من تطبيق الجهد والتيار ضمن المجال المشار اليه على اللوحة الاسمية.

٢- ثم نقوم بتوصيل المحرك الثلاثي الطور إلى مرابط الخرج المسماة عادةً U,V,W ونلاحظ هنا أن ترتيب الأطوار مهم لأنه يحدد جهة دوران المحرك، ويجب الإنتباه أيضاً لعدم وصل محرك باستطاعة أكبر من إستطاعة الجهاز الأسمية.

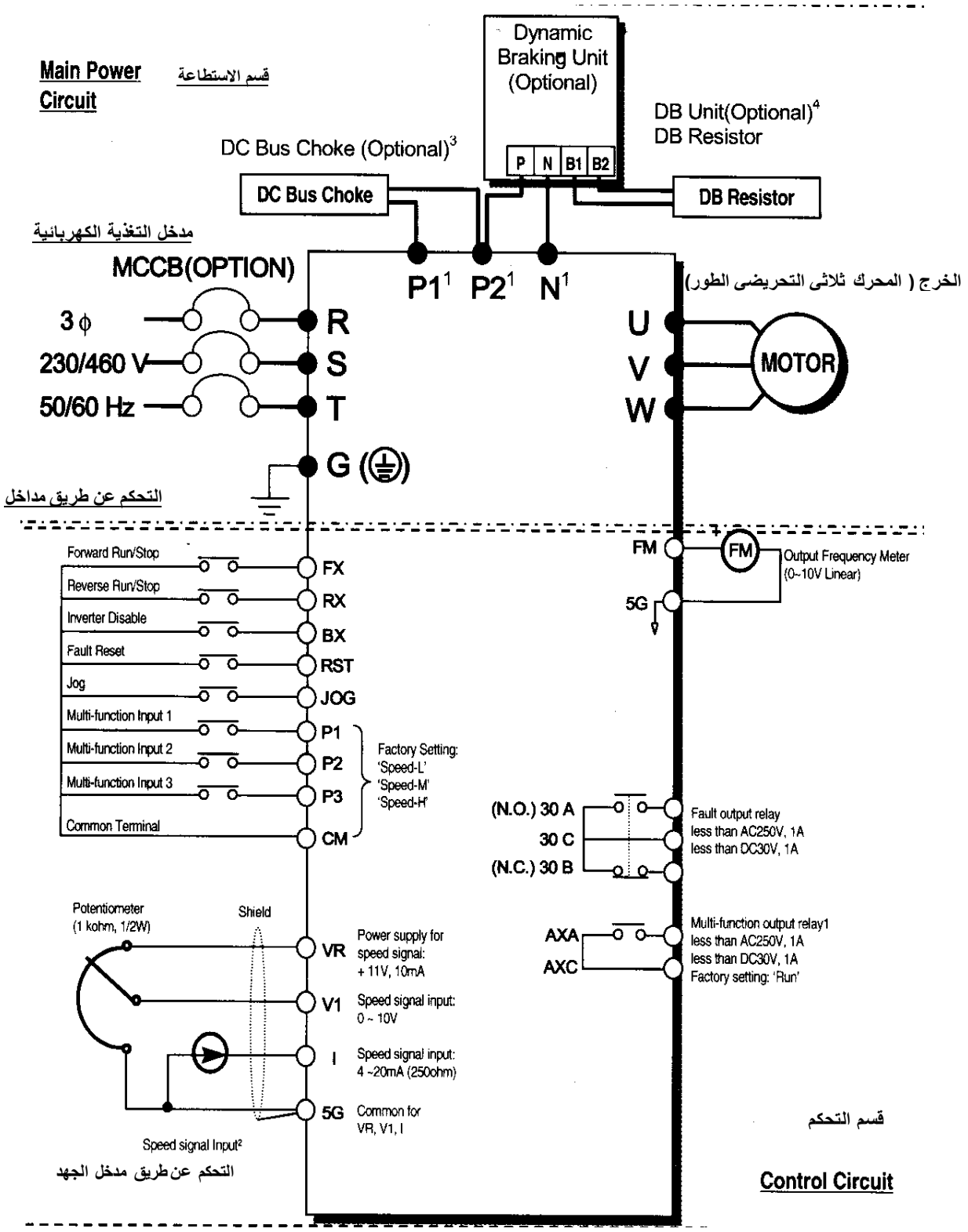
٣- جميع الوحدات يجب أن تؤرض مباشرة الى مربط التأريض المشترك للحماية من الصدمات المفاجئة الكهربائية.
٤- رجاءً تأكد من أن البراغي مثبتة جيداً على مرابط دارة التغذية الرئيسية لتجنب لأن ارتخاء البراغي بسبب الاهتزاز.
٥- تأكد من البنود التالية بعد الانتهاء من التوصيل:
A- هل أن جميع التوصيلات صحيحة ؟
B- هل أن جميع التوصيلات كاملة وغير ناقصة ؟
C- هل انت متأكد من أنه لايوجد دارة قصر بين المرابط وقطب التأريض ؟

مخطط التوصيل الكهربائى:

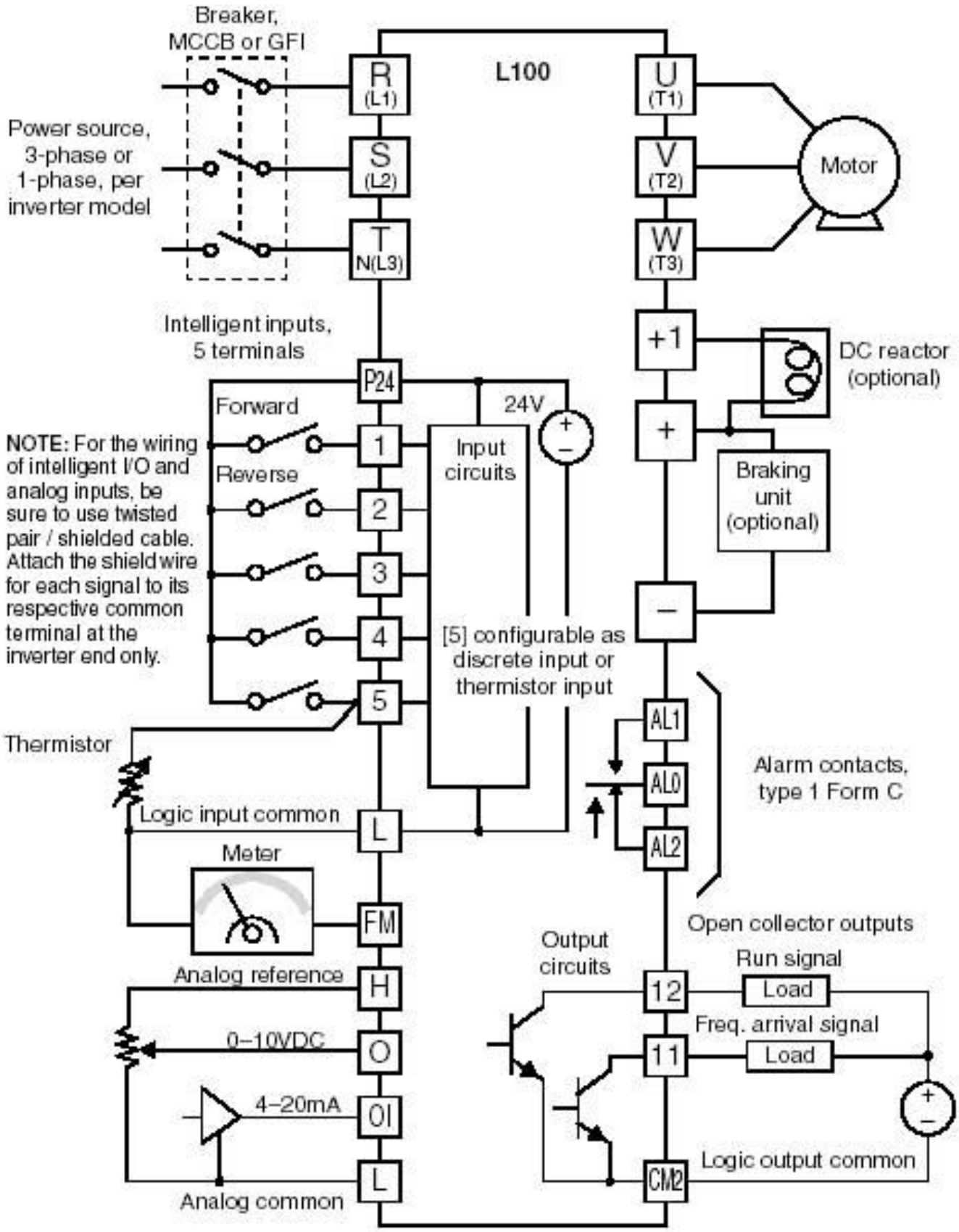
Figure 1 for models of VFD-EL Series
VFD002EL11A/21A, VFD004EL11A/21A, VFD007EL11A/21A, VFD015EL21A, VFD022EL21A



ويبين الشكل التالي مخطط توصيل كهربائي لجهاز انفرتر من شركة LS



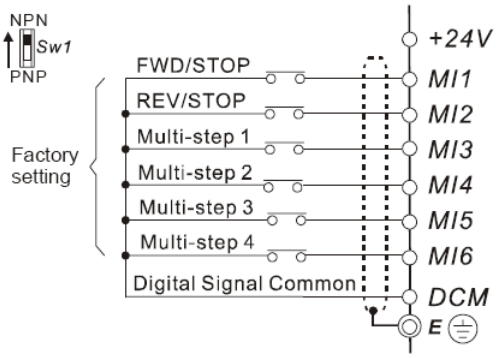
ومخطط آخر لجهاز من لشركة هيتاشي



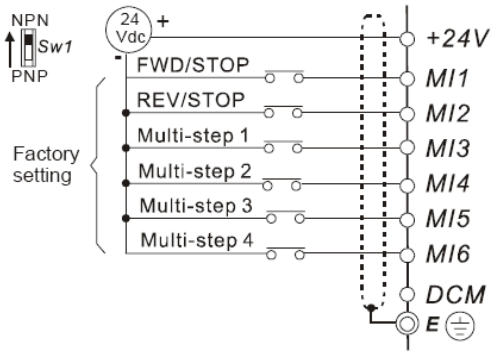
مخطط التوصيل لجهاز L100 من شركة Hitachi

التوصيل من أجل نمط PNP وNPN :

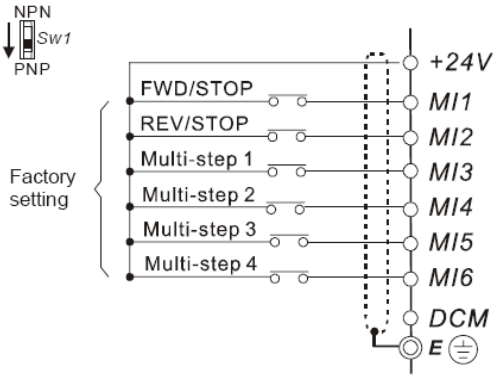
١- نمط الـNPN بدون تغذية خارجية:



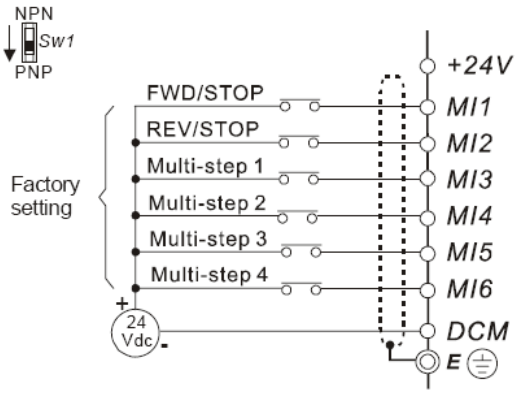
٢- نمط الـNPN مع تغذية خارجية:



٣- نمط الـPNP بدون تغذية خارجية:



٤- نمط الـPNP مع تغذية خارجية:



تنبيه:

١- توصيلات دارة التغذية (الاستطاعة) ودارة التحكم يجب أن تكون منفصلة عن بعضها لتجنب الضرر والتشويش.

٢- رجاءً إستخدم كابل أسلاك التحكم محمي بـShield أو أنبوب لتجنب قشر أو انسلاخ الطبقة العازلة الخارجية وأرض .الـShield والأنبوب من كلا النهايتين.

٣- أن تلف الطبقة العازلة للأسلاك قد يؤذي الشخص العامل أو تلف الدارات / التجهيزات إذا طبق عليها جهود عالية.

٤- توصيلات الإنفرتر والمحرك قد تسبب التشويش . لتجنب هذا ، رجاءً خذ بعين الاعتبار الأعمال الخاطئة للحساسات والتجهيزات المحيطة.

٥- لعكس اتجاه دوران المحرك بدل ترتيب أي خطين من خطوط المحرك U/T1 , V/T2 , W/T3

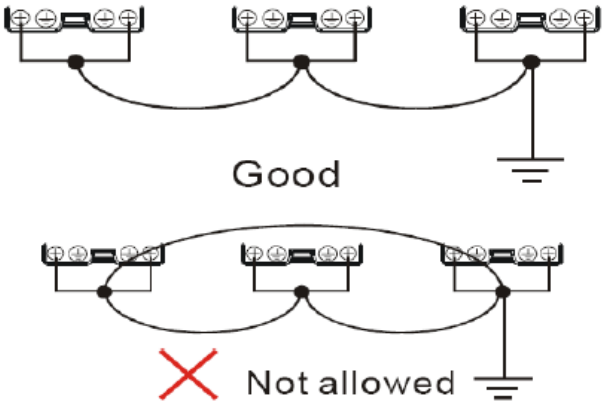
٦- إذا كان كابل المحرك طويل جداً، فستظهر مشاكل مثل زيادة في التيار أو تيار تسرب العالي أو لا يمكن قراءة التيارات الصغيرة بدقة . لتجنب هذا فإن كابل المحرك جب أن يكون أقل من 20 متر للطرازات 3.7 KWفما فما دون . ويجب أن يكون كابل المحرك أقل من 50 متر للإستطاعات 5.5 KW فما فوق . أما من أجل الكابلات الأطول من ذلك يفضل استخدام مفاعل الخرج AC output reactor.

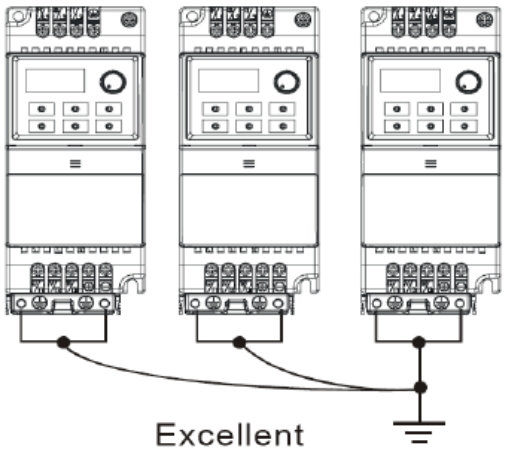
٧- -الانفرتر ذات الاستطاعة الكبيرة يجب أن يؤرض بشكل منفصل.

٨- استخدم إرشادات التأريض المتمثلة بقوانين بلادك وإحفظها من احتمالات القصر.

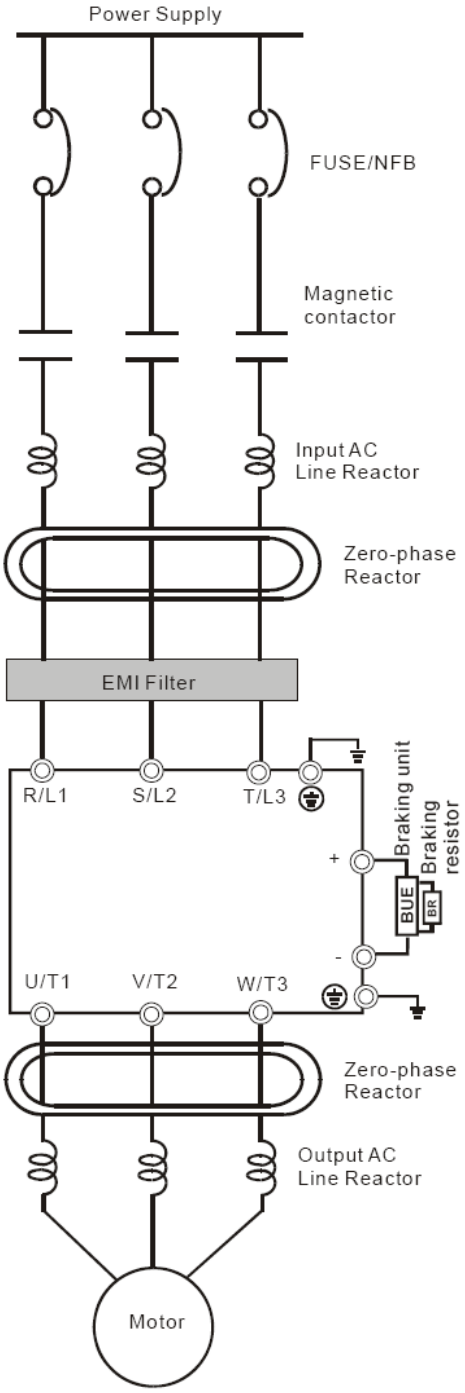
٩- إن سلسلة VFD – EL 10 لا تحتوي على مقاومة كبح داخلية ، يمكن تركيب مقاومة كبح من أجل هذه الأسباب التي يكون فيها عطالة الحمل كبيرة جداً أو تشغيل / توقف متكرر من أجل التفاصيل. رجع إلى الملحق B-

١٠-عند تركيب عدة إنفرترات من سلسلة إلى – VFD-EL 11 في مكان واحد . فإن جميع الانفرترات يجب أن تؤرض مباشرة مربط التأريض المشترك ، كما هو مبين في الشكل السفلي . **تأكد من أن التأريض لايشكل حلقة مغلقة.**





التوصيل الخارجي:



EMI Filter Installation

All electrical equipment, including AC motor drives, will generate high-frequency/low-frequency noise and will interfere with peripheral equipment by radiation or conduction when in operation. By using an EMI filter with correct installation, much interference can be eliminated. It is recommended to use DELTA EMI filter to have the best interference elimination performance.

We assure that it can comply with following rules when AC motor drive and EMI filter are installed and wired according to user manual:

- **EN61000-6-4**
- **EN61800-3: 1996**
- **EN55011 (1991) Class A Group 1 (1st Environment, restricted distribution)**

General precaution

1. EMI filter and AC motor drive should be installed on the same metal plate.
2. Please install AC motor drive on footprint EMI filter or install EMI filter as close as possible to the AC motor drive.
3. Please wire as short as possible.
4. Metal plate should be grounded.
5. The cover of EMI filter and AC motor drive or grounding should be fixed on the metal plate and the contact area should be as large as possible.

Choose suitable motor cable and precautions

Improper installation and choice of motor cable will affect the performance of EMI filter. Be sure to observe the following precautions when selecting motor cable.

1. Use the cable with shielding (double shielding is the best).
2. The shielding on both ends of the motor cable should be grounded with the minimum length and maximum contact area.
3. Remove any paint on metal saddle for good ground contact with the plate and shielding.

Remove any paint on metal saddle for good ground contact with

the plate and shielding.

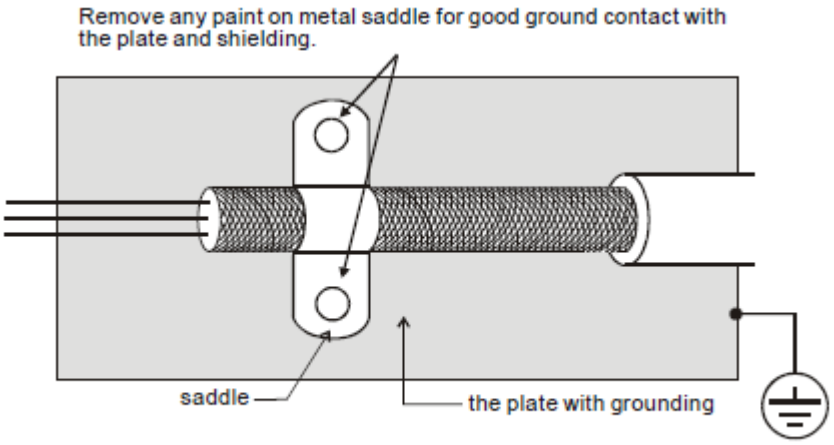
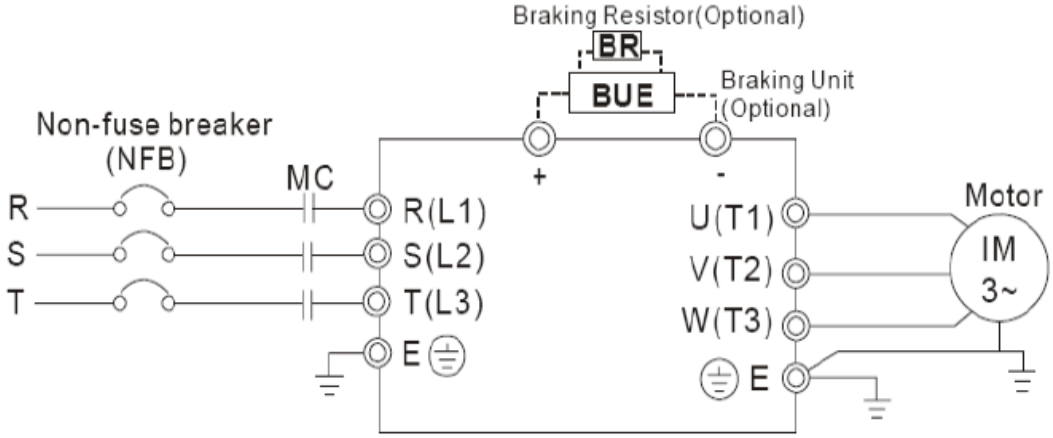


Figure 1

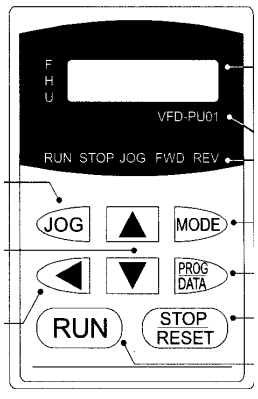


رمز المربط	توضيح وظيفة المربط
R/L1 , S/L2 , T/L3	مرابط دخل التغذية المتناوبة (أحادي الطور / ثلاثي الطور)
U/T1 , V/T2 , W/T3	مرابط خرج الانفرتر لتوصيل المحرك التحريضي الثلاثي الطور
+ , -	توصيلات وحدة الكبح الخارجية (سلسلة BUE)
⏚	توصيل التأريض ، رجاءً تقيد بالتعليمات المحلية .

توصيلات مرابط مقاومة الكبح: (+ , -)

اذا كان الانفرتر يحتوي على وحدة كبح داخلية ، وصل مقاومة الكبح الخارجية الى المرابط. (+ , -) أما إذا كانت لاتحتوي على وحدة كبح داخلية.وصل وحدة الكبح الخارجية الاختيارية ومن أجل التفاصيل عن قيمة مقاومة الكبح . إرجع الى دليل مستخدم سلسلة عندما لايتم إستخدام مرابط الكبح الرجاءً إبقي المرابط (+ , -) في دارة مفتوحة (بدون وصل).

طرق تشغيل والتحكم بسرعة أجهزة الانفرتر:



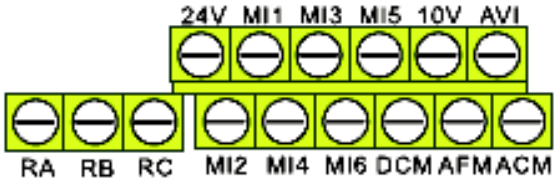
١- التحكم المباشر عن طريق لوحة مفاتيح على واجهة الجهاز فنجد مفاتيح Run / Stop إضافة لمفاتيح تغيير محددات (بارامترات) الجهاز مثل السرعة والعزم والاتجاه .

٢- التحكم عن طريق مداخل رقمية على الجهاز : تعمل هذه المداخل عند تطبيق إشارة رقمية مثلاً 0/24 Vdc و هي من أشهر طرق التحكم بالجهاز وأسهلها، ومن هذه المداخل نجد , Run ,JOG, Reverse , forword ,Stop ومداخل متعددة الاستعمالات Multi Function Input

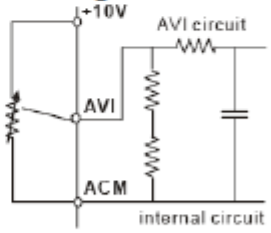
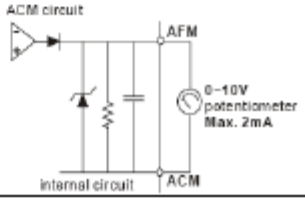
٣- التحكم عن طريق مدخل الجهد التمثيلي: وله نوعان إما 0-10 Vdc أو 4-20 mA .

٤- التحكم عن طريق مدخل بوابة الاتصال الصناعية RS422 أو RS 485 .

• Control Terminals



رموز ووظائف المرابط:

رمز المربط	وظيفة المربط	ضبط المصنع(نمط NPN)في حالةON وصل الى DCM
MI1	أمر الدوران باتجاه أمامي/ توقف	ON : التشغيل باتجاه المدخل MI1 OFF : يتوقف حسب طريقة التوقف
MI2	أمر الدوران باتجاه عكسي/توقف	ON : التشغيل باتجاه المدخل MI2 OFF : يتوقف حسب طريقة التوقف
MI3	المدخل 3 المتعدد الوظائف	ارجع الى البارامترات من Pr.04.05 حتى Pr.04.08 لبرمجة المداخل المتعددة الوظائف
MI4	المدخل 4 المتعدد الوظائف	
MI5	المدخل 5 المتعدد الوظائف	ON : تيار التفعيل هو 15 mA OFF : تيار التسرب المسموح به هو 10 ميكرو أمبير
MI6	المدخل 6 المتعدد الوظائف	
+24 V	منبع جهد الـ DC	+24VDC , 50 mA used for PNP mode
DCM	القطب المشترك للإشارة الرقمية	القطب المشترك للمداخل الرقمية ويستخدم من أجل نمط NPN
RA	ريليه الخرج متعدد الوظائف (N.O) a	الحمل الأومي : 5A(N.O) / 3A(N.C) 240 VAC 5A(N.O) / 3A(N.C) 24 VDC الحمل التحريضي : 1.5A(N.O) / 0.5A(N.C) 240 VAC 1.5A(N.O) / 0.5A(N.C) 24 VDC ارجع الى البارامتر Pr.03.00 لبرمجة هذا الخرج
RB	ريليه الخرج متعدد الوظائف (N.C) b	
RC	القطب المشترك لريليه الخرج المتعددة الوظائف	
+10V	منبع التغذية للمقاومة المتغيرة	بجهد 10VDC و بتيار 3mA
AVI	مدخل الجهد التشابهي 	الممانعة : 47kΩ الدقة : 10bits المجال: من 0 إلى 10VDC= من 0 إلى تردد الخرج الأعظمي (Pr.01.00) الاختيار: Pr.02.00, Pr.02.09, Pr.10.00 الضبط: Pr.04.17 ~ Pr.04.14
ACM	إشارة تحكم تشابهية (القطب المشترك)	المشترك من أجل الدخل التشابهي AVI و كذلك للمخرج AFM
AFM	الخرج التشابهي القابل للقياس 	من 0 إلى 10V، 2mA الممانعة : 47Ω تيار الخرج : 2mA كحد أعظمي الدقة : 8 خانات المجال : 0~10VDC الوظيفة: Pr.03.03 to Pr.03.04

ثانياً برمجة (ضبط) الجهاز:

بعد أن قمنا بتثبيت الجهاز وتوصيله سوف نقوم ببرمجة الجهاز بما يناسب التطبيق المطلوب، يوجد نوعين من البارامترات المطلوب إدخالها بارامترات رئيسية أو قياسية Main OR Standard Function و بارامترات للتوليف الدقيق Fine Tunning Function .

نقوم أولاً بلإدخال البارامترات(الوظائف) الأساسية ، نختار أولاً طريقة التحكم من خلال البارامتر المسؤول عن ذلك وكمثال عملي سوف نطبق ذلك على جهاز Delta موديل VFD-EL

ضبط البارمترات:

إن بارامترات سلسلة VFD-EL مقسمة إلى 11 مجموعة و ذلك بحسب الخاصية لسهولة الضبط . في معظم التطبيقات فإن المستخدم يمكنه إنهاء ضبط كل البارامترات قبل التشغيل بدون الحاجة إلى إعادة الضبط خلال العمل .
المجموعات الـ 11 هي كالتالي:

- المجموعة 0: بارامترات المستخدم
- المجموعة 1: البارامترات الأساسية
- المجموعة 2: بارامترات طرق التشغيل
- المجموعة 3: بارامترات وظائف الخرج
- المجموعة 4: بارامترات وظائف الدخل
- المجموعة 5: بارامترات السرعات المتعددة
- المجموعة 6: بارامترات الحماية
- المجموعة 7: بارامترات المحرك
- المجموعة 8: البارامترات الخاصة
- المجموعة 9: بارامترات الاتصال التسلسلي
- المجموعة 10: بارامترات التحكم لـ PID

ملخص بارامترات الانفرتر:

هذه الإشارة تعني أنه يمكن تغيير قيمة البارامتر أثناء حالة العمل .
المجموعة رقم 0 : بارامترات المستخدم .

البارامتر	شرح البارامتر	الإعدادات	ضبط المصنع
00.00	رمز وصف استطاعة الانفرتر	قراءة فقط	##
00.01	إظهار التيار الاسمي للانفرتر	قراءة فقط	#.#
00.02	تصفير البارامترات	0:يمكن إجراء عمليات القراءة والكتابة على البارامترات. 1: فقط يمكن قراءة البارامترات . 8: قفل لوحة المفاتيح . 9: يتم تصفير كل البارامترات على إعدادات ضبط المصنع و فق الإعدادات (50Hz, 230V/400V or 220V/380V) وذلك تبعاً لقيمة البارامتر Pr.00.12 10: يتم تصفير كل البارامترات على إعدادات ضبط المصنع وفق الإعدادات (60Hz, 220V/440V)	0
00.03	اختيار الإظهار عند بدء التشغيل	0: إظهار قيمة تردد القيادة (Fxxx) 1: إظهار القيمة الحالية لتردد الخرج (Hxxx) 2: إظهار محتويات وحدة تعريف المستخدم 3: إظهار متعدد الوظائف، راجع البارامتر Pr.00.04 4: إظهار اتجاه الدوران الحالي FWD/REV	0
00.04	محتوى الإظهار المتعدد الوظائف	0: إظهار محتويات وحدة تعريف المستخدم (Uxxx) 1: إظهار قيمة العداد (C) 2: إظهار حالات أطراف التوصيل الخارجية 3: إظهار قيمة الجهد المستمر (u) 4: إظهار قيمة جهد الخرج (E) 5: إظهار قيمة إشارة التغذية العكسية التشابهية الـ PID (b)(%) 6: إظهار قيمة زاوية عامل الاستطاعة على الخرج (n) 7: إظهار استطاعة الخرج (P) 8: إظهار إعدادات PID و إشارة التغذية العكسية 9: إظهار AVI (V) (I) 10: إظهار ACI (mA) (i)	0
00.05	عامل الضرب المعرف من قبل المستخدم	من 10. إلى 160.0	1.0
00.06	إصدار البرنامج الداخلي	قراءة فقط	#.##
00.07	احتياطي		
00.08	إدخال كلمة المرور	من 0 إلى 9999	0
00.09	وضع كلمة مرور	من 0 إلى 9999	0
00.10	احتياطي		
00.11	احتياطي		
00.12	اختيار جهد الأساس الذي تردده 50Hz	230/400V : 0 220/380V : 1	0

المجموعة 1 : البارامترات الأساسية :

البارامتر	شرح البارامتر	الإعدادات	ضبط المصنع
01.00	تردد الخرج الأعظمي (Fmax)	من 50.00 إلى 600.0 Hz	60.00
01.01	تردد الجهد الأعظمي (Fbase)	من 0.10 إلى 600.0 Hz	60.00
01.02	جهد الخرج الأعظمي (Vmax)	للسلسلة 115V/230V من 0.1V إلى 255.0V للسلسلة 460V من 0.1V إلى 510.0V	220.0 440.0
01.03	تردد النقطة الوسطية (Fmid)	من 0.1 إلى 600.0Hz	1.50
01.04	جهد النقطة الوسطية (Vmid)	للسلسلة 115V/230V من 0.1V إلى 255.0V للسلسلة 460V من 0.1V إلى 510.0V	10.0 20.0
01.05	تردد الخرج الأصغري (Fmin)	من 0.10 إلى 600.0Hz	1.50
01.06	جهد الخرج الأصغري (Vmin)	للسلسلة 115V/230V من 10. إلى 255.0V للسلسلة 460V من 10. إلى 510V	10.0 20.0
01.07	الحد الأعلى لتردد الخرج	من 0.1 إلى 120.0 %	110.0
01.08	الحد الأدنى لتردد الخرج	من 0.0 إلى 100.0%	0.0
01.09	زمن التسارع الأول	0.1 ~ 600.0 / 0.01 ~ 600.0 ثانية	10.0
01.10	زمن التباطؤ الأول	0.1 ~ 600.0 / 0.01 ~ 600.0 ثانية	10.0
01.11	زمن التسارع الثاني	0.1 ~ 600.0 / 0.01 ~ 600.0 ثانية	10.0
01.12	زمن التباطؤ الثاني	0.1 ~ 600.0 / 0.01 ~ 600.0 ثانية	10.0
01.13	زمن تسارع الـ JOG	0.1 ~ 600.0 / 0.01 ~ 600.0 ثانية	1.0
01.14	زمن تباطؤ الـ JOG	0.1 ~ 600.0 / 0.01 ~ 600.0 ثانية	1.0
01.15	تردد الـ JOG	من 0.10 Hz حتى تردد الخرج الأعظمي (Pr01.00)	6.00
01.16	التسارع التباطؤ الآلي (راجع إعدادات زمن التسارع التباطؤ)	0: تسارع تباطؤ خطي 1: تسارع آلي، تباطؤ خطي 2: تسارع خطي، تباطؤ آلي 3: تسارع تباطؤ آلي (ضبط عن طريق الحمل) 4: تسارع تباطؤ آلي (ضبط عن طريق إعدادات زمن التسارع التباطؤ)	0
01.17	منحني S عند التسارع	0.0 ~ 10.0 / 0.00 ~ 10.00 ثانية	0.0
01.18	منحني S عند التباطؤ	0.0 ~ 10.0 / 0.00 ~ 10.00 ثانية	0.0
01.19	خطوة زمن التسارع / التباطؤ	0: بخطوة 0.1 ثانية 1: بخطوة 0.01 ثانية	0

المجموعة 2: بارامترات طرق العمل:

البارامتر	شرح البارامتر	الإعدادات	ضبط المصنع
02.00	المصدر الأول للتحكم بتردد القيادة	0: التحكم بالتردد عن طريق لوحة المفاتيح باستخدام المفاتيح UP/DOWN أوعن طريق المداخل المتعددة الوظائف UP/DOWN . مع حفظ التردد الأخير المستخدم . 1: المدخل التشابهي AVI من 0 إلى 10V 2: المدخل التشابهي ACI من 4 إلى 20mA 3: عن طريق منفذ الاتصال RS-485 (RJ-45) 4: عن طريق المقاومة المتغيرة على لوحة المفاتيح	0
02.01	المصدر الأول لأوامر التشغيل	0: لوحة المفاتيح الرقمية 1: عن طريق مداخل التحكم الخارجية . الزر STOP/RESET على لوحة المفاتيح مفعّل 2: عن طريق مداخل التحكم الخارجية. الزر STOP/RESET على لوحة المفاتيح غير مفعّل 3: عن طريق منفذ الاتصال RS-485 (RJ-45). الزر STOP/RESET على لوحة المفاتيح مفعّل	0

		4: عن طريق منفذ الاتصال RS-485 (RJ-45). الزر STOP/RESET على لوحة المفاتيح غير مفعّل	
02.02	طريقة التوقف	0: توقف حسب زمن التباطؤ، EF : دوران حر للمحرك 1: دوران حر للمحرك، EF : دوران حر للمحرك 2: توقف حسب زمن التباطؤ، EF : توقف حسب زمن التباطؤ 3: دوران حر للمحرك، EF: توقف حسب زمن التباطؤ	0
02.03	ضبط التردد الحامل PWM	من 2 إلى 12kHz	8
02.04	التحكم باتجاه دوران المحرك	0: تفعّيل الدوران باتجاهين forward/reverse 1: عدم تفعيل الدوران بالاتجاه العكسي 2: عدم تفعيل الدوران بالاتجاه الأمامي	0
02.05	إلغاء قفل التشغيل المباشر	0: غير مفعّل . حالة العمل لن تتغير حتى و لو تغيرت حالة مصدر التحكم بأوامر العمل (Pr.02.01) 1: مفعّل. حالة العمل لن تتغير حتى و لو تغيرت حالة مصدر التحكم بأوامر العمل (Pr.02.01) 2: غير مفعّل. حالة العمل سوف تتغير إذا تغيرت حالة مصدر التحكم بأوامر العمل (Pr.02.01) 3: مفعّل. حالة العمل سوف تتغير إذا تغيرت حالة مصدر التحكم بأوامر العمل (Pr.02.01)	1
02.06	إنقطاع إشارة ACI(4-20mA)	0: يتباطئ إلى السرعة 0Hz 1: توقف دوران حر و إظهار "AErr" 2: الاستمرار بالعمل على آخر تردد قيادة	1
02.07	نمط UP/DOWN	0: بواسطة UP/Down على لوحة المفاتيح 1: يعتمد على سرعة التسارع/ التباطؤ 2: سرعة ثابتة (Pr.02.08) 3: وحدة إدخال نبضات (Pr.02.08)	0
02.08	نسبة تغير التسارع/التباطؤ على المفاتيح UP/DOWN التشغيل وفق سرعة ثابتة	10.00Hz ~ 0.10	0.01
02.09	المصدر الثاني للتحكم بتردد القيادة	0: التحكم بالتردد عن طريق لوحة المفاتيح باستخدام المفاتيح UP/DOWN أو عن طريق المداخل المتعددة الوظائف UP/DOWN . مع حفظ التردد الأخير . 1: المدخل التشابهي AVI من 0 إلى 10V 2: المدخل التشابهي ACI من 4 إلى 20mA 3: عن طريق منفذ الاتصال RS-485 (RJ-45) 4: عن طريق المقاومة المتغيرة على لوحة المفاتيح	0
02.10	مجموعة التحكم بتردد القيادة الأول و الثاني	0: أمر التحكم بتردد القيادة الأول 1: أمر التحكم بتردد القيادة الأول + أمر التحكم بتردد القيادة الثاني 2: أمر التحكم بتردد القيادة الأول - أمر التحكم بتردد القيادة الثاني	0
02.11	أوامر التحكم بالتردد على لوحة المفاتيح	من 0.00 إلى 600.0Hz	60.00
02.13	خيارات حفظ تردد لوحة المفاتيح أو الاتصال التسلسلي	0: حفظ تردد لوحة المفاتيح والاتصال التسلسلي 1: فقط حفظ تردد لوحة المفاتيح 2: فقط حفظ تردد الاتصال التسلسلي	0
02.14	اختيار التردد البدائي (من أجل لوحة المفاتيح و RS485)	0: بواسطة أمر التردد الحالي 1: بواسطة أمر التردد الصفري 2: بواسطة إظهار التردد عند التوقف	0
02.15	نقطة الضبط للتردد البدائي (من أجل لوحة المفاتيح و RS485)	600.0Hz ~ 0.00	60.00

02.16	إظهار مصدر تحكم تردد القيادة	للقراءة فقط Bit0=1: مصدر التحكم بتردد القيادة الأول(Pr.02.00) Bit1=1: مصدر التحكم بتردد القيادة الثاني(Pr.02.09) Bit2=1: المداخل المتعددة الوظائف	##
02.17	إظهار مصدر أمر التشغيل	للقراءة فقط Bit0=1: بواسطة لوحة المفاتيح Bit1=1: بواسطة الاتصال التسلسلي RS485 Bit2=1: بواسطة المداخل المتعددة الوظائف وفق نمط الأسلاك 2/3 Bit3=1: بواسطة المداخل المتعددة الوظائف	##

المجموعة 3 : بارامترات وظائف الخرج

البارامتر	شرح البارامتر	الإعدادات	ضبط المصنع
03.00	خرج الريليه المتعدد الوظائف (RA1,RB1,RC1)	0: بدون وظيفة 1: الانفرتر في حالة عمل 2: تم الوصول إلى تردد القيادة الأعظمي 3: سرعة الصفر (أخفض من التردد الأصغري) 4: اكتشاف عزم زائد 5: دلالة على إعادة التشغيل (B.B) 6: دلالة على الجهد المنخفض 7: دلالة على مصدر التحكم بأوامر التشغيل 8: دلالة على وجود عطل 9: تم الوصول إلى تردد مطلوب 10: تحقيق قيمة العد النهائية 11: تحقيق قيمة العد الابتدائية (المرغوبة) 12: مراقبة عطل للجهد الزائد 13: مراقبة عطل للتيار الزائد 14: إنذار بارتفاع درجة الحرارة 15: مراقبة الجهد الزائد 16: مراقبة PID 17: أمر دوران أمامي 18: أمر دوران عكسي 19: خرج ذو سرعة صفرية (تردد خرج صفري) 20: إنذار (FbE,Cexx,AoL2,AUE,SAvE) 21: تحكم الكبح (تم الوصول للتردد المطلوب)	8
03.01	احتياطي		
03.02	تحديد تردد الهدف المطلوب*	من 0.00 إلى 600.0Hz	0.00
03.03	اختيار إشارة الخرج التشابهي (AFM)	0: مقياس تردد تشابهي* 1: مقياس تيار تشابهي	0
03.04	ربح الخرج التشابهي	من 1 إلى 200%	100
03.05	قيمة العد على الأقطاب الخارجية	من 0 إلى 9999	0
03.06	قيمة العد التمهيدية	من 0 إلى 9999	0
03.07	تفعيل EF عند الوصول إلى قيمة العد على الأقطاب الخارجية	0: عند الوصول إلى قيمة العد على الأقطاب الخارجية لا تظهر EF 1: عند الوصول إلى قيمة العد على الأقطاب الخارجية يتم تفعيل EF	0
03.08	التحكم بمروحة التبريد	0: المروحة دائماً تعمل 1: توقف بعد دقيقة واحدة من توقف الانفرتر 2: المروحة تعمل لطالما أن الانفرتر في حالة عمل 3: المروحة تعمل عند وصول حرارة المبرد إلى درجة الحرارة المرغوبة	0

03.09	احتياطي		
03.10	احتياطي		
03.11	تردد تحرير كبح DC	من 000. إلى 20.00Hz*	0.00
03.12	تردد تطبيق كبح DC	من 000. إلى 20.00Hz*	0.00
03.13	إظهار حالة الريليه	للقراءة فقط	##

المجموعة 4 : بارامترات وظائف الدخل

البارامتر	شرح البارامتر	الإعدادات	ضبط المصنع
04.00	انزياح المقاومة المتغيرة على لوحة المفاتيح	من 0.0 إلى 100.0%	0.0
04.01	قطبية الانزياح للمقاومة المتغيرة على لوحة المفاتيح	0: انزياح موجب 1: انزياح سالب	00
04.02	ربح المقاومة المتغيرة على لوحة المفاتيح	من 0.1 إلى 200.0%	100.0
04.03	تفعيل أوعدم تفعيل الإنحراف السالب للمقاومة المتغيرة للدوران العكسي	0: بدون أمر انزياح سالب 1: انزياح سالب مع تمكين الدوران العكسي	0
04.04	أنماط التحكم بالعمل 2/3 أسلاك	0: نمط سلكين: FWD/STOP و REV/STOP 1: نمط سلكين: FWD/REV و RUN/STOP 2: نمط التشغيل بواسطة 3 اسلاك	0
04.05	المداخل المتعددة الوظائف (MI3)	0: بدون وظيفة 1: تردد سرعة الخطوة 1st 2: تردد سرعة الخطوة 2st 3: تردد سرعة الخطوة 3st 4: تردد سرعة الخطوة 4st 5: تصفير خارجي	1
04.06	المداخل المتعددة الوظائف (MI4)	6: منع التسارع/التباطؤ 7: أمر اختيار زمن التسارع/التباطؤ 8: تشغيل JOG 9: إعادة تشغيل خارجي 10: Up زيادة تردد القيادة 11: Down إنقاص تردد القيادة	2
04.07	المداخل المتعددة الوظائف (MI5)	12: مدخل قدح للعداد 13: تصفير العداد 14: E.F دخل عطل خارجي 15: عدم تفعيل وظيفة PID 16: توقف الانفرتر	3
04.08	المداخل المتعددة الوظائف (MI6)	17: تفعيل قفل البارامترات 18: تحديد أمر التشغيل (للمداخل الخارجية) 19: تحديد أمر التشغيل (لوحة مفاتيح) 20: تحديد أمر التشغيل (اتصال تسلسلي) 21: أمر تشغيل FWD/REV 22: مصدر تردد القيادة الثاني	4
04.09	اختيار تماس للمدخل المتعددة الوظائف	MI1 :Bit0 MI2 :Bit1 MI3 :Bit2 MI4 :Bit3 MI5 :Bit4 MI6 :Bit5 0: N.O ، 1:N.C P.S.: من MI1 إلى MI3 سوف تكون غير فعّالة عندما	0

		تكون بنمط عمل 3 اسلاك	
04.10	زمن الارتداد للمداخل الخارجية الرقمية	من 1 إلى 20 (*2ms)	1
04.11	الجهد الأصغري للمدخل AVI	0.0 إلى 10.0V	0.0
04.12	التردد الأصغري للمدخل AVI	0.0 إلى 100.0%	0.0
04.13	الجهد الأعظمي للمدخل AVI	0.0 إلى 10.0V	10.0
04.14	التردد الأعظمي للمدخل AVI	0.0 إلى 100.0%	100.0
04.15	التيار الأصغري للمدخل ACI	0.0 إلى 20.0mA	4.0
04.16	التردد الأصغري للمدخل ACI	0.0 إلى 100.0%	0.0
04.17	التيار الأعظمي للمدخل ACI	0.0 إلى 20.0mA	20.0
04.18	التردد الأعظمي للمدخل ACI	0.0 إلى 100.0%	100.0
04.19 | 04.25	احتياطي		
04.26	إظهار حالة المداخل المتعددة الوظائف	للقراءة فقط Bit0: حالة المدخل MI1 Bit1: حالة المدخل MI2 Bit2: حالة المدخل MI3 Bit3: حالة المدخل MI4 Bit4: حالة المدخل MI5 Bit5: حالة المدخل MI6	##
04.27	اختيار المداخل المتعددة الوظائف داخلية/ خارجية	0 ~ 4095	0
04.28	حالة المداخل الداخلية	0 ~ 4095	0

المجموعة 5 : بارامترات خطوات السرعة المتعددة

البارامتر	شرح البارامتر	الإعدادات	ضبط المصنع
05.00	الخطوة 1st لسرعة التردد	من 0.00 إلى 600.0Hz	0.00
05.01	الخطوة 2nd لسرعة التردد	من 0.00 إلى 600.0Hz	0.00
05.02	الخطوة 3rd لسرعة التردد	من 0.00 إلى 600.0Hz	0.00
05.03	الخطوة 4th لسرعة التردد	من 0.00 إلى 600.0Hz	0.00
05.04	الخطوة 5th لسرعة التردد	من 0.00 إلى 600.0Hz	0.00
05.04	الخطوة 6th لسرعة التردد	من 0.00 إلى 600.0Hz	0.00
05.05	الخطوة 7th لسرعة التردد	من 0.00 إلى 600.0Hz	0.00
05.06	الخطوة 8th لسرعة التردد	من 0.00 إلى 600.0Hz	0.00
05.07	الخطوة 10th لسرعة التردد	من 0.00 إلى 600.0Hz	0.00
05.08	الخطوة 11th لسرعة التردد	من 0.00 إلى 600.0Hz	0.00
05.09	الخطوة 12th لسرعة التردد	من 0.00 إلى 600.0Hz	0.00
05.10	الخطوة 13th لسرعة التردد	من 0.00 إلى 600.0Hz	0.00
05.11	الخطوة 14th لسرعة التردد	من 0.00 إلى 600.0Hz	0.00
05.12	الخطوة 15th لسرعة التردد	من 0.00 إلى 600.0Hz	0.00

المجموعة 6 : بارامترات الحماية

البارامتر	شرح البارامتر	الإعدادات	ضبط المصنع
06.00	الحماية من ارتفاع الجهد	للسلسلة 115/230V من 330.0V ~ 410.0V للسلسلة 460V من 660.0V ~ 820.0V 00. : الحماية من الجهد الزائد غير فعّالة	390.0V 780.0V
06.01	الحماية من التيار الزائد أثناء التسارع	0: غير فعّال من 20 إلى 250%	170

06.02	الحماية من التيار الزائد أثناء العمل	0: غير فعّال من 20 إلى 250%	170
06.03	نمط اكتشاف العزم الزائد (OL2)	0: غير فعّال 1: فعّال خلال العمل على سرعة ثابتة. بعد رصد حالة عزم زائد،الاستمرار بالعمل حتى ظهور حالةOL1 أو OL . 2: فعّال خلال العمل على سرعة ثابتة. بعد رصد حالة عزم زائد، توقف عن العمل 3: فعّال أثناء التسارع، بعد رصد حالة عزم زائد، تابع العمل حتى بروز حالةOL1 أو OL. 4: فعّال أثناء التسارع .بعد رصد حالة عزم زائد، توقف عن العمل	0
06.04	مستوى اكتشاف العزم الزائد	من 10 إلى 200%	150
06.05	زمن تحمل العزم الزائد	من 0.1 إلى 60.0 ثانية	0.1
06.06	اختيار ريليه زيادة الحمولة الحرارية الإلكترونية	0: محرك قياسي (تبريد ذاتي بواسطة مروحة) 1: محرك خاص (تبريد خارجي) 2: غير فعّال	2
06.07	ميزة الحماية الحرارية الإلكترونية	من 30 إلى 600 ثانية	60
06.08	سجل العطل الحالي	0: لا يوجد عطل 1: تيار زائد (oc) 2: جهد زائد (ov) 3: زيادة حرارة IGBT (oH1) 4: احتياطي 5: حمل زائد (oL) 6: حمل زائد 1 (oL1) 7: زيادة حمل على المحرك (oL2)	
06.09	سجل أحدث ثاني عطل	8: عطل خارجي (EF) 9: حالة تجاوز التيار بمقدار مرتين من التيار الاسمي للانفرتر أثناء التسارع (ocA) 10: حالة تجاوز التيار بمقدار مرتين من التيار الاسمي للانفرتر أثناء التباطؤ (ocd) 11: حالة تجاوز التيار بمقدار مرتين من التيار الاسمي للانفرتر أثناء العمل في الحالة المستقرة(ocn) 13: عطل أرضي (GFF)	
06.10	سجل أحدث ثالث عطل	14: انقطاع طور (PHL) 15: احتياطي 16: فشل التسارع/التباطؤ الآلي (CFA) 17: كلمة المرور للبرنامج (CodE) 18: فشل كتابة في معالج بورد البور (cF1.0) 19: فشل قراءة في معالج بورد البور (cF2.0) 20: CC، OC فشل في حماية الهاردوير (HPF1) 21: OV فشل في حماية الهاردوير (HPF2)	
06.11	سجل أحدث رابع عطل	22: GFF فشل في حماية الهاردوير (HPF3) 23: OC فشل في حماية الهاردوير (HPF4) 24: خطأ في الطور U (cF3.0) 25: خطأ في الطور V (cF3.1) 26: خطأ في الطور W (cF3.2) 27: خطأ في DCBUS (cF3.3) 28: زيادة في حرارة (cF3.4)	

06.12	سجل أحدث خامس عطل	29: احتياطي 30: احتياطي 31: احتياطي 32: خطأ في إشارة ACI (AErr) 33: احتياطي 34: حماية زيادة في حرارة PTC للمحرك 40-35 احتياطي	

المجموعة 7 : بارامترات المحرك

البارامتر	شرح البارامتر	الإعدادات	ضبط المصنع
07.00	التيار الاسمي للمحرك	FLA 120% ~ FLA 30%	FLA
07.01	تيار اللاحمل للمحرك	FLA %0 إلى FLA 120%	0.4*FLA
07.02	تعويض العزم	10.0 ~ 0.0	0.0
07.03	تعويض الانزلاق (بدون PG)	10.00 ~ 0.00	0.00
07.04 | 07.09	احتياطي		
07.10	الزمن التراكمي لعمل المحرك (بالدقائق)	1439 ~ 0 دقيقة	0
07.11	الزمن التراكمي لعمل المحرك (بالأيام)	65535 ~ 0 يوم	0
07.12	حماية PTC للحرارة الزائدة للمحرك	0: فعّال 1: غير فعّال	0
07.13	الزمن الارتدادي للحماية PTC	9999 ~ 0 (*2ms)	100
07.14	مستوى حماية الحرارة الزائدة لـ PTC	10.0V ~ 0.1	2.4
07.15	مستوى الإنذار لحماية الحرارة الزائدة لـ PTC	10.0V ~ 0.1	1.2
07.16	مستوى التصفير التفاضلي لإنذار الحماية الحرارية لـ PTC	5.0V ~ .10	0.6
07.17	معالجة حالة ارتفاع الحرارة لـ PTC المحرك	0: إنذار و توقف حسب زمن التباطؤ 1: إنذار و تقف وفق الدوران الحر 2: إنذار ومتابعة العمل	0

المجموعة 8 : البارامترات الخاصة

البارامتر	شرح البارامتر	الإعدادات	ضبط المصنع
08.00	مستوى تيار الكبح تيار مستمر	100% ~ 0	0
08.01	زمن كبح DC أثناء الإقلاع	60.0 ~ 0.0 ثانية	0.0
08.02	زمن كبح DC أثناء التوقف	60.0 ~ 0.0 ثانية	0.0
08.03	نقطة البدء لكبح DC	600.0Hz ~ 0.00	0.00
08.04	ردة الفعل للفقدان اللحظي للتغذية	0: يتوقف العمل بعد فقدان التغذية اللحظي 1: يستمر العمل بعد فقدان التغذية، يبدأ البحث عن السرعة بدءاً من تردد القياد الأعظمي 2: يستمر العمل بعد فقدان التغذية، يبدأ البحث عن السرعة بدءاً من التردد الأصغري	0
08.05	الزمن الأعظمي المسموح لفقدان التغذية	5.0 ~ 0.1 ثانية	2.0
08.06	البحث عن السرعة بعد زمن الاستعداد بعد التغذية	0: البحث عن السرعة غير فعّال 1: يبدأ البحث عن السرعة بدءاً من آخر تردد قيادة 2: يبدأ البحث عن السرعة من التردد الأصغري	1

08.07	الزمن بعد حالة الاستعداد للبدء بالبحث عن السرعة	0.1 ~ 5.0 ثانية	0.5
08.08	حد التيار للبحث عن السرعة	30 ~ 200%	150%
08.09	تردد التجاوز الأول للحد العلوي	0.00 ~ 600.0 Hz	0.00
08.10	تردد التجاوز الأول للحد السفلي	0.00 ~ 600.0 Hz	0.00
08.11	تردد التجاوز الثاني للحد العلوي	0.00 ~ 600.0 Hz	0.00
08.12	تردد التجاوز الثاني للحد السفلي	0.00 ~ 600.0 Hz	0.00
08.13	تردد التجاوز الثالث للحد العلوي	0.00 ~ 600.0 Hz	0.00
08.14	تردد التجاوز الثالث للحد السفلي	0.00 ~ 600.0 Hz	0.00
08.15	إعادة التشغيل الآلي بعد حالة العطل	0 ~ 10(=0 غير مفعّل)	0
08.16	زمن إعادة التشغيل الآلي بعد حالة العطل	0.1 ~ 6000 ثانية	60.0
08.17	توفير الطاقة الآلي	0: غير فعّال 1: فعّال	0
08.18	وظيفة AVR	0: وظيفة AVR مفعّلة 1: وظيفة AVR غير مفعّلة 2: وظيفة AVR غير مفعّلة عند التباطؤ 3: وظيفة AVR غير مفعّلة عند التسارع	0
08.19	احتياطي		
08.20	معامل التعويض لعدم استقرار المحرك	0.0 ~ 5.0	0.0

المجموعة 9 مجموعة بارمترات الاتصال

البارامتر	شرح البارامتر	الإعدادات	ضبط المصنع
09.00	عنوان الاتصال	من 1 إلى 254	1
09.01	سرعة النقل	0: معدل إرسال 4800bps 1: معدل إرسال 9600bps 2: معدل إرسال 19200bps 3: معدل إرسال 38400bps	1
09.02	معالجة عطل لاتصال	0: تنبيه مع متابعة العمل 1: تنبيه و توقف حسب زمن التباطؤ 2: تنبيه مع توقف حر للمحرك 3: بدون تنبيه و متابعة العمل	3
09.03	زمن اكتشاف فقدان الاتصال	0.1 ~ 120.0 ثانية 0.0 : غير مفعّل	0.0
09.04	بروتوكول الاتصال	0: (Modbus,ASCII) 7,N,2 1: (Modbus, ASCII) 7,E,1 2: (Modbus, ASCII) 7,O,1 3: (Modbus, ASCII) 8,N,2 4: (Modbus, RTU) 8,E,1 5: (Modbus, RTU) 8,O,1 6: (Modbus, RTU) 8,N,1 7: (Modbus, RTU) 8,E,2 8: (Modbus, RTU) 8,O,2 9: (Modbus, ASCII) 7,N,1 10: (Modbus, ASCII) 7,E,2 11: (Modbus, ASCII) 7,O,2	0
09.05	احتياطي		
09.06	احتياطي		
09.07	زمن تأخير الاستجابة	من 0 ~ 200 (بخطوة 2ms)	1

المجموعة 10 : بارامترات تحكم الـ PID

البارامتر	شرح البارامتر	الإعدادات	ضبط المصنع
10.00	اختيار مصدر ضبط نقطة PID	0: منع عمل PID 1: من لوحة المفاتيح (راجع البارمتر Pr.02.00) 2: من المدخل AVI من 0 حتى 10V 3: من المدخل ACI من 4 و حتى 20mA 4: ضبط نقطة PID من البارامتر (Pr.10.11)	0
10.01	طرف دخل من أجل التغذية العكسية لـ PID	1: تغذية عكسية سالبة لـ PID من المدخل AVI (0 ~ 10V) 2: تغذية عكسية سالبة لـ PID من المدخل ACI (4 ~ 20mA) 3: تغذية عكسية موجبة لـ PID من المدخل ACI (4 ~ 20mA)	0
10.02	الربح النسبي (P)	من 0.0 إلى 10.0	1.0
10.03	زمن التكامل (I)	من 0.00 إلى 100.0 ثانية (غير فعّال = 0.00)	1.00
10.04	التحكم التفاضلي (D)	من 0.00 إلى 1.00 ثانية	0.00
10.05	الحد الأعلى للتحكم التكاملي	من 0 إلى 100%	100
10.06	الزمن البدائي لتأخير المرشح	من 0.0 إلى 2.5 ثانية	0.0
10.07	حد تردد خرج الـPID	من 0 إلى 110%	100
10.08	زمن اكتشاف التغذية العكسية	من 0.0 إلى 3600 ثانية (0.0 غير مفعّل)	60.0
10.09	معالجة حالة عطل إشارة التغذية العكسية	0: تنبيه مع توقف حسب زمن التباطؤ 1: تنبيه مع توقف حر للمحرك 2: تنبيه مع متابعة العمل	0
10.10	قيمة اكتشاف تخطي ربح PID	من 0.0 إلى 10.0	1.0
10.11	تردد الضبط لـ PID	من 0.00 إلى 600.0Hz	0.00
10.12	مستوى الانزياح لـ PID	من 0.1 إلى 50.0%	10.0
10.13	زمن اكتشاف انزياح PID	من 0.1 إلى 300.0 ثانية	5.0
10.14	زمن اكتشاف حالة الراحة/الإستئناف	من 0.0 إلى 6550 ثانية	0.0
10.15	تردد الراحة	من 0.00 إلى 600.0 هرتز	0.00
10.16	تردد الاستئناف	من 0.00 إلى 600.0 هرتز	0.00
10.17	اختيار تردد الخرج الأصغري لـPID	0: بواسطة تحكم PID 1: باستخدام تردد الخرج الأصغري (Pr.01.05)	0
10.18	الإشارة المرجعية لاكتشاف إشارة تحكم PID	من 1.0 إلى 99.9	99.9

الأعطال الشائعة والحلول:

اسم العطل	وصف العطل	إجراءات التصحيح
oc	تيار زائد زيادة غير طبيعية في تيار الخرج	1. تأكد من أن استطاعة المحرك متلائمة مع استطاعة الخرج للانفرتر 2. تأكد من أنه ليس هناك دارة قصر عند أطراف الخرج **U,W,V** 3. تأكد من أن الوصل بين خرج الانفرتر و المحرك سليم و أنه لا يحتوي على دارة قصر أو تماس مع الأرض . 4.تأكد من أن البراغي مشدودة بعزم مناسب بين خرج الانفرتر والمحرك 5. قم بزيادة زمن التسارع . 6. تفحص فيما إذا كان هناك أحمال زائدة على المحرك . 7. في حال مازال هناك حالة عمل غير طبيعية عند تشغيل الانفرتر بعد إزالة حالة القصر و تم تفحص النقاط السابقة، فإنه يجب إرسال الانفرتر إلى الوكيل .
ou	ارتفاع في الجهد تجاوز قيمة الجهد لخط الـ **DC** فوق القيم المسموحة	1. تأكد من أن جهد الدخل هو ضمن مجال الجهد الخاص للانفرتر . 2. تأكد من حالات الجهود العابرة . 3. ارتفاع جهد خط الـ **DC** يمكن أن يكون سببه هو إعادة التوليد من المحرك . لذلك قم بزيادة زمن التباطؤ وأضف مقاومة كبح (وحدة كبح) 4. تأكد فيما إذا كانت استطاعة مقاومة الكبح هي ضمن حدود المجال المسموح .
oH1	زيادة في رجة الحرارة درجة حرارة المبرد هي عالية جداً	1. تأكد من أن الحرارة المحيطة هي ضمن مجال المواصفات المحددة. 2. تأكد من أن فتحات التهوية ليست مسدودة . 3. قم بإزالة أي جسم غريب من على المبرد و تأكد من أنه غير متسخ 4.تأكد من المروحة و قم بتنظيفها . 5. قم بتوفير مساحة جيدة تسمح بالتهوية .
Lu	جهد منخفض يدل على أن الأنفرتر قد اكتشف حالة هبوط في جهد خط الـ **DC** إلى قيمة ما دون المسموح	1. تأكد من الجهد على مرابط الدخل هي ضمن مجال التغذية للانفرتر 2. تأكد من حالة حمل غير طبيعي على المحرك 3. تأكد من التوصيل الصحيح لأطوار الدخل الثلاثة و بدون فقدان أي طور منها .
oL	زيادة في الحمل يدل على أن الانفرتر قد اكتشف حالة ارتفاع في قيمة تيار الخرج. **ملاحظة: يمكن للانفرتر أن يتحمل حتى قيمة 150% من قيمة التيار الأسمي و لمدة 60 ثاني**	1. تأكد من أنه لا يوجد حمولة زائدة على المحرك . 2. قم بتخفيض قيمة ضبط تعويض العزم في البارامتر **Pr.07.02** 3. استخدم انفرتر ذو استطاعة أكبر .
oL1	المستوى الأول للزيادة في الحمولة ريليه الحماية الحرارية الالكترونية الداخلية	1. افحص الأسباب التي تؤدي لزيادة الحمل على المحرك 2. تأكد من ضبط حماية زيادة الحمل الحرارية 3.استخدم محرك ذو استطاعة أكبر 4. قم بإنقاص تيار الخرج بحيث لا يتجاوز القيمة المضبوطة في البارامتر **Pr.07.00**
oL2	المستوى الثاني للزيادة في الحمولة زيادة حمولة على المحرك	1. قم بإنقاص حمولة المحرك . 2. اضبط إعدادات اكتشاف العزم الزائد إلى قيمة مناسبة (Pr06.03 إلـى Pr06.05)
HPF1	CC (تيار حلقي)	راجع الشركة المصنعة .
HPF2	OV (عطل هارد وير)	
HPF3	GFF (عطل هارد وير)	
HPF4	OC (عطل هارد وير)	
bb	بلوك أساسي خارجي (راجع البارامتر Pr.08.07)	1. عندما يتم تفعيل مدخل البلوك الأساسي،فإنه سوف يتم اطفاء خرج الانفرتر 2. قم بإزالة التفعيل عن المدخل الخارجي للبلوك الأساسي لتشغيل الانفرتر ثانية

ocA	زيادة في تيار الخرج أثناء التسارع	1. دارة قصر في دارة الخرج . تأكد من أن العازلية غير منهارة على الخرج . 2. عزم اقلاع عالي جداً، قم بإنقاص قيمة الضبط لتعويض العزم في البارامتر Pr.07.02 3. زمن التسارع قصير جداً، قم بزيادته . 4.استطاعة خرج صغيرة للانفرتر: استبدل الانفرتر بواحد آخر ذو إستطاعة أكبر .
ocd	تيار زائد أثناء التباطؤ	1. دارة قصر في دارة الخرج . تأكد من أن العازلية غير منهارة على الخرج . 2. عزم إقلاع عالي جداً، قم بخفض قيمة الضبط لتعويض العزم في البارامتر Pr.07.02 3. زمن التباطؤ قصير جداً، قم بزيادته . 4. استطاعة خرج صغيرة للانفرتر: استبدل الانفرتر بواحد آخر ذو إستطاعة أكبر .
ocn	تيار زائد أثناء حالة العمل المستقر	1. دارة قصر في دارة الخرج . تأكد من أن العازلية غير منهارة على الخرج . 2 . زيادة مفاجئة في حمولة المحرك، تأكد من إمكانية أي عائق إضافي لحركة المحرك . 3. استطاعة خرج صغيرة جداً للانفرتر: استبدل الانفرتر بواحد آخر ذو مرتبة الاستطاعة الأكبر.
EF	عطل خارجي	1.عندما يتم ضبط المداخل الخارجية المتعددة الوظائف (MI3-MI9) على تفعيل العطل الخارجي ، يتوقف خرج الانفرتر على المخارج U,W,V 2. أعطي أمر التصفير بعد إزالة سبب العطل
cF 1.0	لا يمكن برمجة الذاكرة الداخلية	ارجع إلى الشركة الصانعة
cF 1.1	لا يمكن برمجة الذاكرة الداخلية	ارجع إلى الشركة الصانعة
cF2.0	لا يمكن قراءة الذاكرة الداخلية	1. اضبط جميع البارامترات على ضبط الشركة الصانعة . 2. ارجع إلى الشركة الصانعة .
cF2.1	لا يمكن قراءة الذاكرة الداخلية	1. اضبط جميع البارامترات على ضبط الشركة الصانعة 2. ارجع إلى الشركة الصانعة .
cF3.0	خطأ في الطور U	ارجع إلى الشركة الصانعة .
cF3.1	خطأ في الطور W	
cF3.2	خطأ في الطور V	
cF3.3	جهد منخفض أو جهد مرتفع	
cF3.4	عطل في حساس الحرارة	
OFF	عطل أرضي	عندما يكون أحد مرابط الخرج مؤرض، وعندما يمر تيار زائد أكبر من 50% من التيار الاسمي للانفرتر، وربما يكون الـ **IGBT** هو متعطل . ملاحظة : تتوفر حماية دارة القصر في الانفرتر و هي لحماية الأنفرتر و ليست لحماية المستخدم . 1. تفحص الـ **IGBT** فيما إذا كان تالفاً . 2. تأكد من أي حالة فقدان عازلية على أحدمرابط الخرج.
		1. تأكد من أنك تستخدم محرك ملائم للعمل مع الانفرتر .

cFA	فشل في التسارع /التباطؤ الآلي	2. تأكد فيما إذا كانت القدرة العكسية المولدة كبيرة . 3. ربما بسبب تغير مفاجئ في الحمل .
cE--	خطأ في الاتصال	1. تأكد من أن الاتصال RS- 485 بين الانفرتر والأجهزة الأخرى لا يحوي على انقطاع أو تبديل بين الأقطاب . 2. تأكد من أن بارامترات بروتوكول الأتصال (العنوان، سرعة الاتصال..) مضبوطة بشكل صحيح . 3. استخدم حسابات تفحص المجموع بشكل صحيح . 4. رجاءً قم بمراجعة المجموعة 9 من البارامترات في الفصل الخامس لمعلومات تفصيلية أكثر .
codE	فشل في حماية السوفت وير	إرجع للشركة الصانعة
AErr	عطل في الإشارة التشابهية	تأكد من توصيلات المداخل التشابهية
FbE	خطأ في إشارة التغذية العكسية لـ PID	1. تأكد من ضبط البارامتر Pr.10.01 و من توصيل المداخل التشابهية ACI و AVI . 2. تفحص الأعطال الممكنة بين زمن استجابة النظام و زمن اكتشاف إشارة التغذية العكسية لـ PID (Pr.10.08) .
PHL	إنقطاع في أحد الأطوار	تأكد فيما إذا كان هناك فقدان أحد الأطوار في الوصل على المداخل .

أهم المصطلحات والتعاريف:

- **Auto-tuning: التوليف الأوتوماتيكي** وهي مقدرة جهاز التحكم على تنفيذ منهجية متغيرة بحسب الحمل لتحديد المعامل المناسب الواجب استخدامه في خوارزمية التحكم.
- **Base Frequency: التردد الأساسي** وهو تردد شبكة التغذية الكهربائية وأيضاً نفس تردد عمل المحرك التحريضي ويكون عادةً ٥٠ أو٦٠ هيرتز.
- **Braking Resistor مقاومة الفرملة** وهي مقاومة أومية تقوم بامتصاص وتبديد الطاقة الكهربائية الناتجة عن المحرك عندما يعمل كمولد حين توقفه.
- **DC Braking الفرملة بالتيار المستمر** توقف هذه الميزة تزويد ملفات المحرك بالتيار المتناوب وترسل له بدلا من ذلك تيار مستمر يؤدي لايقاف المحرك، وتعتبر هذه الطريقة فعالة مع السرعات المنخفضة أي قبل التوقف الكامل.
- **Dynamic Braking الفرملة الديناميكية** تقوم هذه الطريقة بتحويل الجهد الكهربائي المتولد من المحرك عند عمله كمولد حين توقفه إلة مقاومة الفرملة مما يؤدي لتوليد عزم فرملة يكبح المحرك، تعنبر هذه الطريقة فعالة عند السرعات العالية للدوران.
- **EMI Electromagnetic Intrference التشويش (التداخل) الكهرطيسي** في أجهزة التحكم بالمحركات التحريضية والتي تعمل على مبدأ تقطيع التيارات العالية، مما يسبب توليد أمواج كهرطيسية حول الجهاز قد تسبب خلل بالعمل لبعض الأجهزة الحساسة لذا يجب وضع فلاتر كهربائية مناسبة لتخفيض تأثير هذا الضجيج.
- **Free Run Stop الوقوف الحر** وتعني هذه الطريقة إطفاء الـInverter وترك المحرك يدور بشكل حر حتى يتوقف تلقائياً.
- **IGBT Insulated Gate Bipolar Transistor الترانزيستور ذو القطبين والبوابة المعزولة** وهو ترانزيستور هجين يتمتع بمواصفة السرعة المأخوذة من الترانزيستور ذو القطبين التقليدي إضافة لميزة تمرير تيار كبير مثل الترانزيستور الحقلي، فهو يمرر تيار كبير بسرعة عمل عالية.
- **Jogging Operation الوصول للسرعة العظمى بشكل متدرج**
- **Multi Speed Operation العمل بسرعات متعددة** يمكن استخدام المداخل الرقمية لجهاز التحكم الـ Inverter للتبديل بين عدة سرعات قمت بإدخالها مسبقاً، فمثلاً عند وجود أربعة مداخل رقمية يمكننا التبديل بين ١٦ سرعة عمل.
- **Slip الإنزلاق** وهو الفرق بين السرعة النظرية للمحرك دون حمل والسرعة الفعلية.
- **Thermal Switch مفتاح الحماية الحرارية** هو مفتاح ميكانيكي يقطع مرور التيار عند الإرتفاع الزائد بدرجة الحرارة.
- **Thermistor الثيرمستور** وهو عبارة عن حساس حرارة يغير مقاومته تبعاً لدرجة الحرارة ويوجد نوعين منه ذو المعامل الحراري الموجب PTC و ذو المعامل الحراري السالب NTC .
- **Torque العزم**

- **Trip التوقف عن العمل بسبب عطل** يقوم عدةً الإنفرتر بعمل سجل للأعطال للعودة إليها لاحقاً، وتحتاج لإلغاء يدوي لإعادة الجهاز للعمل ثانيةً.

الأسئلة:

١- ما هي طرق التحكم بأجهزة قيادة المحركات التحريضية.
٢- بم يتحكم جهاز الانفرتر (ما اسم القيم التي يضبطها).
٣- ارسم واشرح مخطط التوصيل الكهربائي لجهاز الانفرتر .
٤- ما هي أهم البارامترات الواجب ضبطها عند شراء انفرتر جديد.
٥- هل تتغير جهة دوران المحرك المُقاد بواسطة انفرتر عند عكس ترتيب الفازات في دخل أم في خرج الجهاز ولماذا.
٦- اشرح مع الرسم طريقة وصل المداخل الرقمية مع الانفرتر بطريقتي pnp, npn.
٧- ما هي طريق التأريض الصحيحة لأجهزة انفرتر متعددة مع أرضي وحيد وما هي الطريقة الخاطئة وماذا تسمى.
٨-

البحث الرابع:

صيانة واكتشاف أعطال أنظمة قيادة المحركات التحريضية
Maintenance and Troubleshooting of Drive Systems

أهداف هذا البحث:

- الصيانة الدورية لأجهزة قيادة المحركات.
- خطوات إضافية تتجاوز الأعمال الروتينية.
- أساسيات استكشاف الأخطاء وإصلاحها General Troubleshooting

مقدمة:

سواء كانت أنظمة القيادة DC أو AC ، فإنه من السهولة صيانة المعدات الإلكترونية إذا ما اتبعت بعض الخطوات الأساسية. في هذا الفصل، وسوف يكون التركيز على الصيانة الوقائية للمعدات أنظمة القيادة . ففي حال وجود خلل أو عطل في أنظمة القيادة ، سيتم تقديم بعض النصائح العملية حول كيفية العثور على مصدر المشكلة. أولا وقبل كل شيء، وسوف يكون التركيز أولاً على كيفية تجنب المشاكل في أنظمة القيادة . من خلال دمج بعض الخطوات المنطقية البسيطة، في برنامج الصيانة الوقائية preventative maintenance ، يمكن توفير عمل خالي من المشاكل للمحركات لسنوات عديدة من الخدمة.

قبل النظر في تلك الخطوات، تذكر أن نظام قيادة المحركات التحريضية ثلاثية الطور أو ما يسمى الـVFD هو جهاز يسيطر على السرعة، وعزم الدوران، واتجاه المحرك التحريضي المتناوب. فإنه يأخذ الجهد الثابت و التردد الثابت المتناوب ويحولها إلى جهد متغير و تردد متغير وتعتبر الـ VFD الكترونياً ببساطة كمبيوتر ووحدة استطاعة.

الصيانة الدورية (الروتينية) لجهاز قيادة المحركات Routine Drive Maintenance:

تنقسم متطلبات صيانة أنظمة قيادة المحركات VFD إلى ثلاث فئات أساسية:

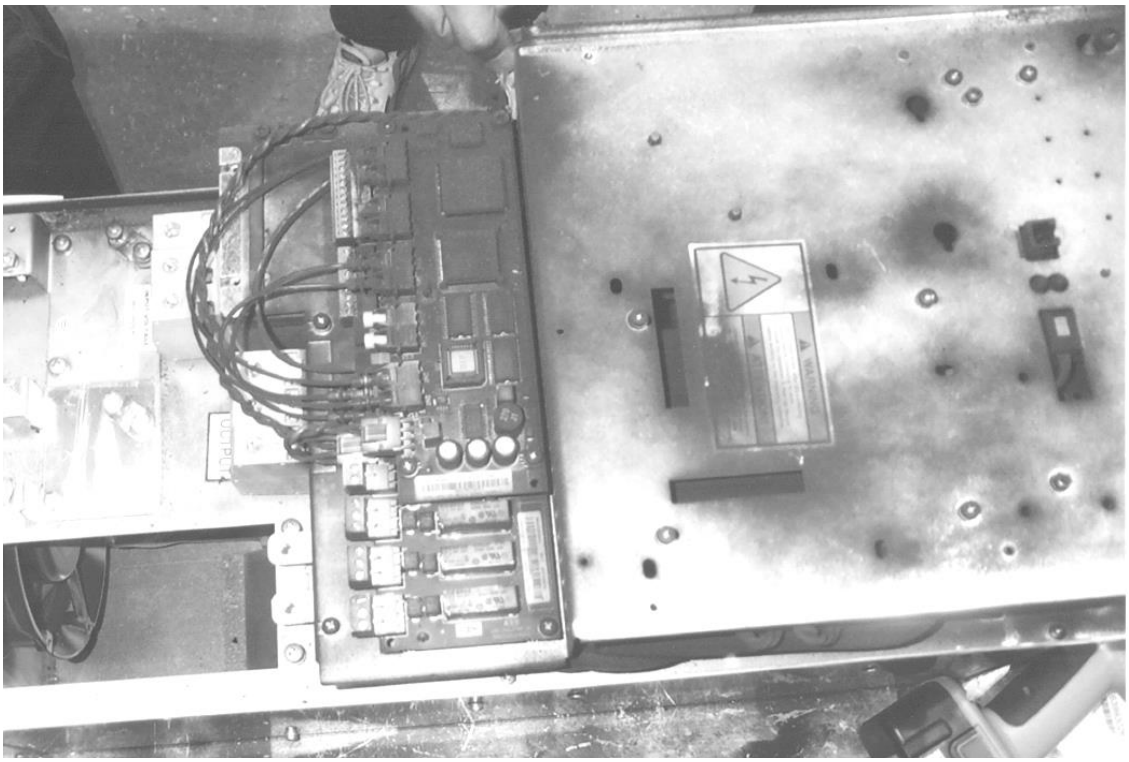
١- أبقي الجهاز نظيفاً Keep it clean.

٢- أبقي الجهاز جافاً Keep it dry .

٣- أبقي وصلات الجهاز مشدودة Keep the connections tight.

١- أبقي الجهاز نظيفاً Keep it clean:

معظم أنظمة قيادة المحركات تقع في الفئة NEMA ١ (خزائن لها فتحات جانبية لتدفق الهواء تبريد) أو NEMA ١٢ فئة (خزانة محكمة ضد الغبار ،مختومة). أنظمة قيادة المحركات التي تقع في فئة NEMA ١ هي عرضة للتلوث الغبار. يمكن الغبار على أجهزة القيادة يسبب عدم وجود تدفق الهواء، مما يؤدي إلى تقلص الأداء من مبردات الحرارة ومراوح التبريد. الشكل التالي يوضح هذا النوع من الحالات.



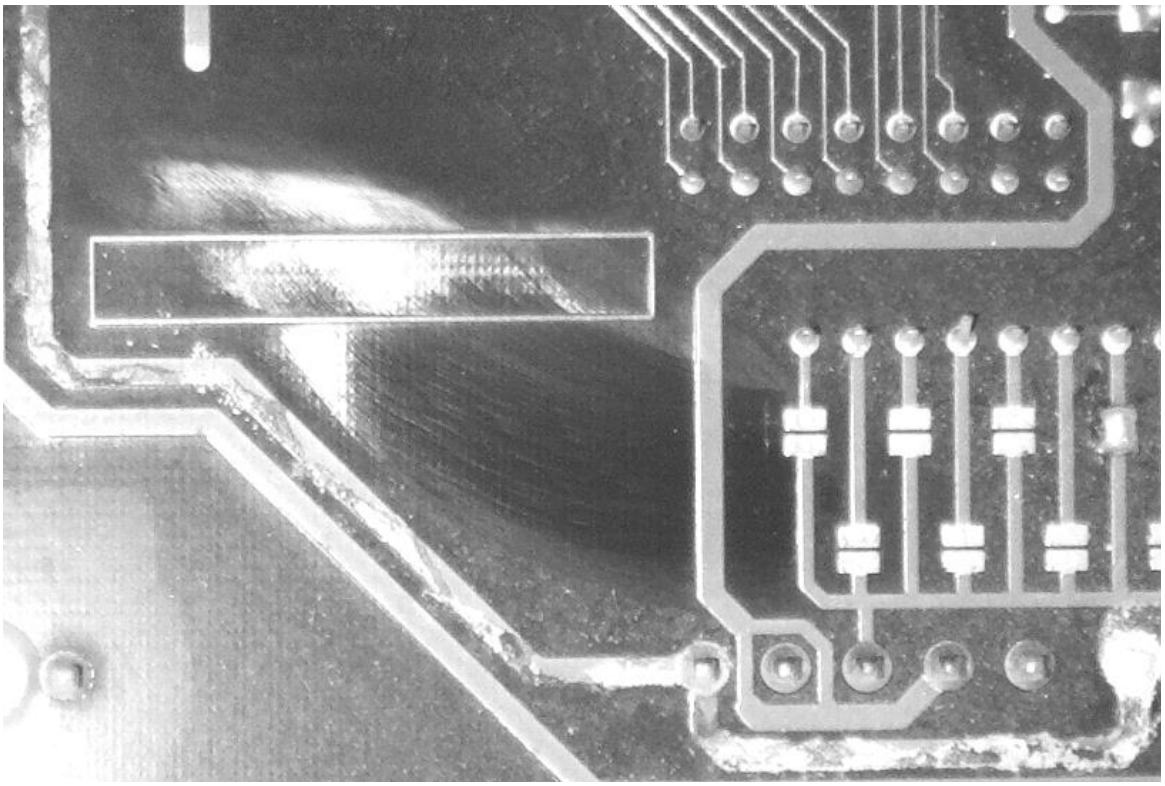
Fan injecting dust into drive enclosure (Courtesy of ABB Inc.) تقوم المراوح بدفع الغبار والأوساخ لداخل الجهاز

يمكن أن يسبب الغبار لسوء عمل جهاز إلكتروني أو حتى توقفه. ولأن الغبار يمتص الرطوبة، الأمر الذي يسهم أيضا في الفشل. لذلك وبشكل دوري انفخ الهواء المضغوط من خلال مروحة مبرد الحرارة هو التدبير صيانة وقائية جيد. نفخ الهواء المضغوط في جهاز قيادة المحركات هو خيار حيوي في بعض البيئات، ولكن الهواء الصناعية النظامي يحتوي على الزيت والماء. لاستخدام الهواء المضغوط للتبريد، يجب عليك استخدام الهواء الذي هو خالي من الزيت وجاف الأمر الذي من المحتمل أن يضر أكثر مما ينفع . لأن ذلك الهواء يحتاج منبع هواء متخصص ومكلف. وأصبح هنالك إمكانية خطر توليد شحنات الكهرباء (ESD). إن استخدام هواء مضغوط خالٍ من الشحنة الساكنة أو طارد لشحنات الساكنة سوف يقلل من تراكم تلك الشحنات. البلاستيك العادي هو مولد رئيسي للكهرباء الساكنة. لذلك

تستخدم عادة في مراوح التبريد وفي خزائن التحكم مواد غير مولدة للشحنة الكهربائية الساكنة وكذلك تنتج بعض الشركات المتخصصة أجهزة هواء مضغوط لا تحوي شحنات ساكنة خاصة بأنظمة التحكم.

٢ - أبقي الجهاز جافاً Keep it dry :

يمكنك أن ترى في الشكل التالي ما حدث لوحة التحكم بشكل تعرض بشكل دوري لبيئة رطبة.



التآكل على الوصلات النحاسية بسبب الرطوبة *Corrosion on board traces caused by moisture (Courtesy of ABB Inc.)*

تظهر هذه المشكلة عند تثبيت جهاز قيادة المحركات على الحائط رطب أو في جو يحمل رطوبة عالية مثل المصابغ و معامل الصناعات الغذائية والمناطق السحلية وعلى السفن. وتكون المشكلة أوضح إذا كانت الخزانة الحاوية على الجهاز من النمط NEMA ١ (فتحات جانبية وغير كتيمة في جميع أنحاء الغطاء). كان واضحا أثر الرطوبة في غضون ستة أشهر، فقد تراكم ما يكفي من المياه على لإنتاج التآكل على اللوحة المطبوعة للجهاز.

ماذا عن تكاثف الأبخرة condensation ؟ أنتجت قديماً بعض الشركات المصنعة لأجهزة القيادة نوع من الحماية ضد التكثيف. فعندما تنخفض درجة الحرارة لأقل من الصفر درجة مؤية فإن منطق البرنامج لا يسمح لأنظمة القيادة بالعمل. نادرا ما تقدم لأجهزة القيادة هذه الحماية اليوم. إذا كنت تعمل على أجهزة القيادة بشكل يومي ، فإن الحرارة

الصادرة عن المبرد تمنع التكثيف. وإلا إذا لم يكن الجهاز في عمل يومي مستمر، استخدام خزانة تحكم من النمط NEMA ١٢ الكتيم ومدفأة متحكم بحرارتها.

٣- أبقي وصلات الجهاز مشدودة Keep the connections tight:

رغم أن التحقق من شد الوصلات يبدو أساسياً فإن الكثير من الناس قد ينسى تطبيقه أو ينفذه بشكل غير صحيح. يمكن أن تؤدي الدورات الحرارية والاهتزازات الميكانيكية إلى ارتخاء في الوصلات دون المستوى المطلوب، كما وكممارسة صيانة وقائية نظامية . إعادة شد البراغي بمفاتيح عزم معياري هو ليست فكرة جيدة، وكذلك شدّ البراغي المشدودة أصلاً وبشكل متكرر يمكن أن يؤدي بالفعل لتخريب الوصلة .

لماذا؟:

على الرغم من أن إعادة الشد بمفتاح عزم معياري هو شائعة وسيلة للتحقق من الشد في كثير من إجراءات الصيانة الوقائية ، فإنه ينتهك المبادئ الأساسية الميكانيكية و تضر أكثر مما تنفع. فللبرغي حد أقصى قوة لقط عند قيمة عزم محددة تبعاً لشكلها وحجمها، وتكوينها. تجاوز هذه القيمة بشكل دائم يقلل من قوة لقط البرغي عن طريق الحد من مرونته وتشويهه. وأيضاً حله ثم إعادة شده يقلل أيضا من المرونة، وهو مايزال يعني خسارة قوة لقط. القيام بذلك على lock washer (رنديله "فلكة" سيكمان) يؤدي إلى خسارة دائمة تصل إلى٥٠٪.

ماذا يجب أن تفعل؟ استخدم مقياس الحرارة بواسطة الأشعة تحت الحمراءinfrared thermometer وراقب أي مناطق وصل ساخنة. ("الوصلات الساخنة" تنتج عندما وجود اتصال رديء ،والذي يسبب زيادة المقاومة وارتفاع درجة الحرارة في الوصلة) افحص عزم الشد (باستخدام مفتاح عزم مرجعي، و مطابقة القيمة مع توصيات الشد من الشركة المصنعة). وفي حال وجود ارتخاء يمكنك إعادة الشد. راقب البراغي المرتخية وتأكد من اختبارها بواسطة الأشعة تحت الحمراء في دورة الصيانة الوقائية المقبلة. إذا كانت مرتخية في المرة الأخرى، استبدلها.

وأخيرا، لا ننسى "اختبار السحب." للقيام باختبار السحب، اسحب ببساطة، بضغط معتدل، كل سلك مثبت في كتلة المأخذ . هذا وينبغي أن يتم على كل من أسلاك الاستطاعة والتحكم. هذا يفحص مأخذ التثبيت crimps وأيضاً براغي التثبيت. لا تفعل هذا مع أنظمة القيادة أثناء العمل، وإلا قد تتسبب في بعض المشاكل المكلفة للغاية.

الوصلات السيئة تؤدي في النهاية إلى حدوث قوس كهربائي وشرارة. يمكن لهذه الشرارة عند مرابط الدخل لجهاز قيادة المحركات أن تتسبب في حدوث أعطال زيادة الجهد over voltage faults ، واحتراق في منصهرات الحماية fuses ، أو أضرار في عناصر الحماية .أما في مرابط خرج الجهاز يمكن أن تؤدي إلى أعطال زيادة تيار over-current أو حتى تخريب في عناصر الاستطاعة. تظهر الأشكال التالية ما يمكن أن يحدث. فوجود وصلات أسلاك تحكم مرتخية يؤدي إلى عمل غير منتظم للجهاز. على سبيل المثال، يمكن عند ارتخاء مربط سلك البدء / إيقاف أن

يؤدي لحدوث حالات لا يمكن السيطرة عليها. يمكن لسلك إشارة السرعة مرتخي أن يتسبب في تذبذب سرعة أنظمة القيادة، مما يؤدي إلى تلف الجهاز أو إصابة شخص ما.

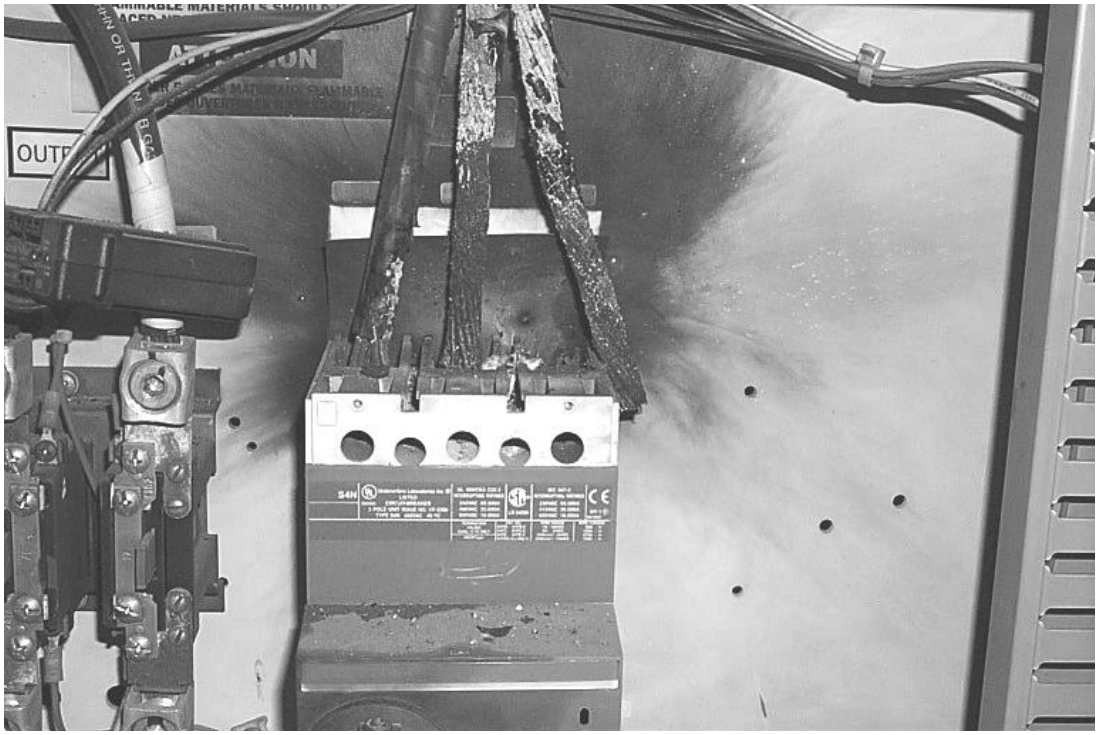


Figure 7-3. Arcing caused by loose input contacts (Courtesy of ABB Inc.)

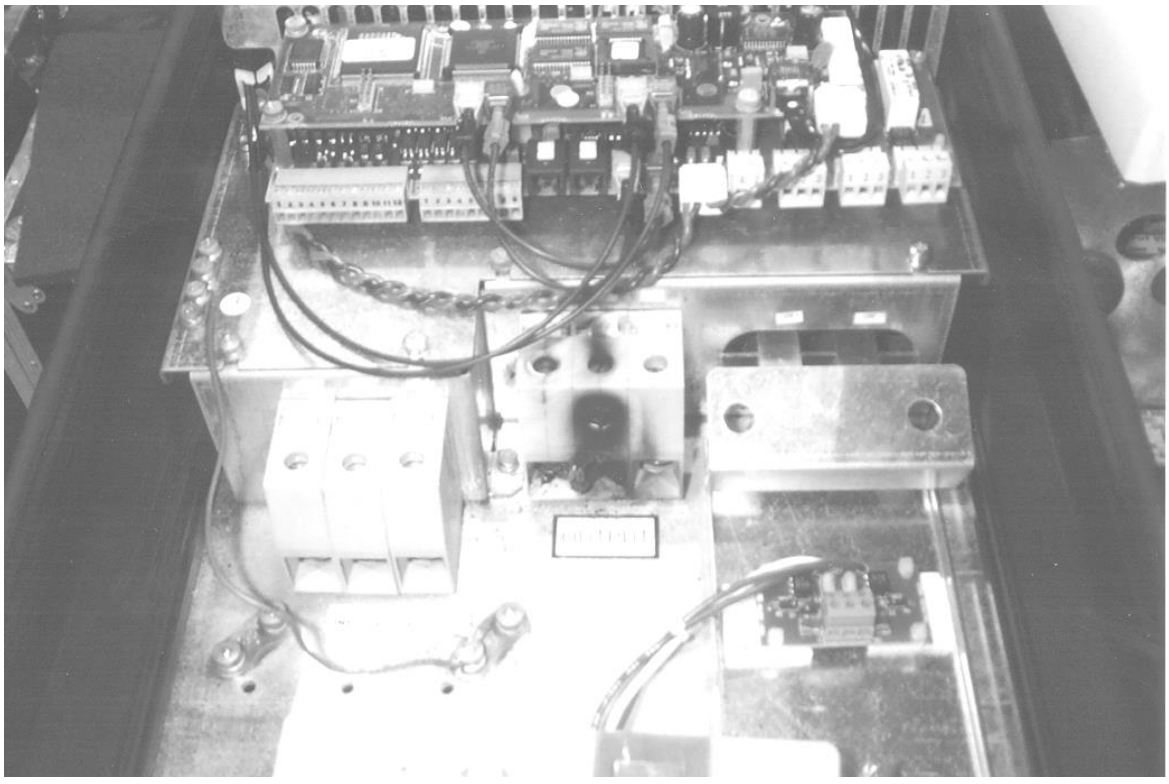


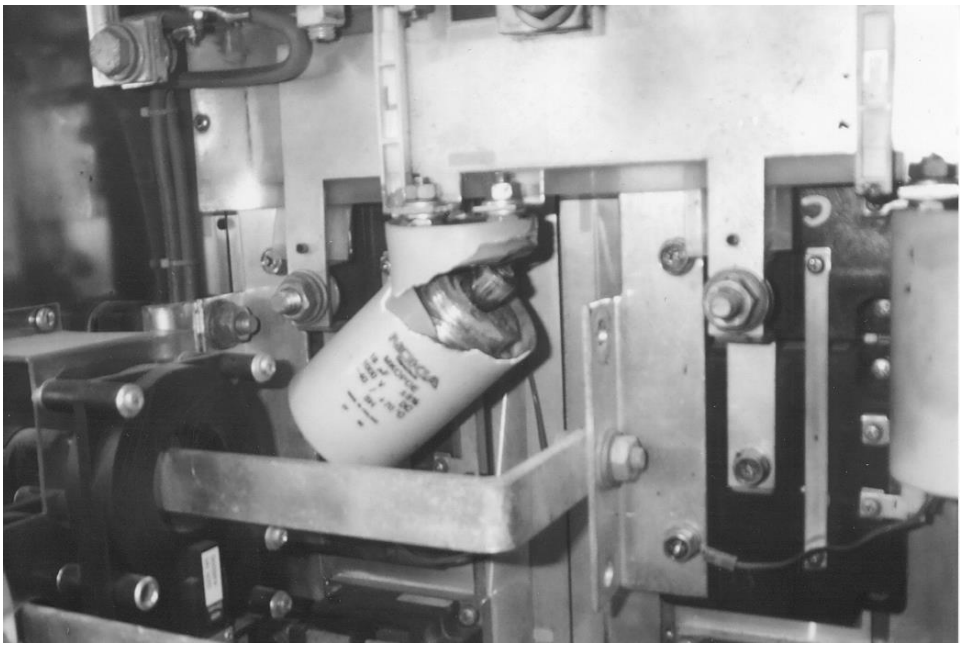
Figure 7-4. Arcing caused by loose output contacts (Courtesy of ABB Inc.)

خطوات إضافية تتجاوز الأعمال الروتينية:

١. كجزء من إجراء التفتيش الميكانيكي، لا نغفل مراقبة المكونات الداخلية لجهاز قيادة المحركات. تحقق من وجود إشارات لعطل في رولمانات مراوح التبريد أو وجود أجسام غريبة تظهر عادة أصوات ضجيج.

٢. تفقد مكثف الربط DC من وجود انتفاخ وتسريب. يمكن إما تكون علامة على الإجهاد أو سوء استخدام كهربائي. يعرض الشكلين التاليين مشاكل في المروحة وإجهاد المكثف.

Foreign object in fan (Courtesy of ABB Inc.)أجسام غريبة في المروحة



Capacitor failure (Courtesy of ABB Inc.) عطل في المكثف

٣. خذ قياسات الجهد عند عمل الـ VFD. لأن التقلبات في قياسات الجهد المستمر DC تشير إلى تدهور في مكثفات تنعيم الجهد المستمر. لأن إحدى وظائف هذه المكثفات هي تنعيم وتصفية أية تعرجات في التيار المتناوب بعد التقويم. فوجود جهد متناوب AC على خط التغذية المستمرة DC BUS هو أمر غير طبيعي و يشير إلى مشاكل في المكثفات. أكثر الشركات المصنعة للـ VFD تؤمن مرابط لفحص الجهد المستمر ولوصل مقاومات الفرملة الديناميكية أيضاً. ن وجود جهد يزيد عن 4VAC على خط التيار المستمر يشير لوجود مشكلة في الفلترة أو مشكلة محتملة في جسر التقويم في قسم المبدلة.

في البداية عند مستوى السرعة الصفر ، يجب عليك قراءة جهد الخرج (بين فاز وآخر) VAC 40 أو أقل. أما إذا كنت تقرأ أكثر من هذا، قد يكون لديك تسرب في الترانزستورات. لأنه عند السرعة صفر ، يجب ألا تعمل عناصر الاستطاعة. و بلغت إذا القراءات الخاصة بك VAC 60 أو أكثر، يمكنك أن تتوقع وجود عطل في عناصر الاستطاعة.

٤. ينبغي الحفاظ على قطع الغيار الخاصة بوحدات قيادة المحركات عن طريق تخزينها في بيئة نظيفة وجافة، مع عدم وجود التكثيف condensation. ضع هذه الوحدة ضمن نظام صيانة وقائي لتتذكر أن تشغله كل ٦ أشهر أو نحو ذلك للحفاظ على المكثفات التنعيم في ذروة أدائها. خلاف ذلك، عل سوف تقل بشكل كبير قدرة الشحن. تشبه المكثفات لحد كبير البطارية التي تحتاج إلى أن تدخل الخدمة قريبا بعد الشراء، وإلا سوف تعاني من خسارة في عمر صلاحية للاستعمال.

٥. راقب بانتظام حرارة المبرد الحراري. معظم الشركات المصنعة للـ VFD تجعل هذه المهمة سهلة عن طريق القياس المباشر لدرجة الحرارة ومراقبة النتائج على شاشة العرض. و تحقق من هذه القراءات أسبوعياً أو شهرياً. من المعلوم أنه يجب أن لا تضع حاسبك المحمول في خارج البناء أو في أشعة الشمس المباشرة حيث يمكن أن تصل درجة الحرارة إلى ٤٦ ºC أو منخفضة تصل إلى - 23 ºC. ولأنه في الأساس يعتبر جهاز قيادة المحرك جهاز كمبيوتر مزود بمرحلة استطاعة فيجب الانتباه لنفس الاعتبارات. أعلنت بعض الشركات المصنعة للـ VFD عن ٢٠٠،٠٠٠ ساعة عمل تقريبا ٢٣ سنة، كمتوسط الوقت بين الأعطال (MTBF). يمكن بسهولة الحصول على أداء رائع مثل هذا عند إتباعك هذه الإجراءات البسيطة.

أساسيات استكشاف الأخطاء وإصلاحها General Troubleshooting :

حتى عند إتباعك للخطوات المذكورة أعلاه، لا يزال هناك احتمال وجود عطل في وحدة القيادة. إذا لم يحدث ذلك ، السؤال الواضح حول أين يجب أن تبدأ سيكون، " تحقق من المحرك؟ تحقق من دخل وحدة القيادة ؟ تحقق من شاشة العرض؟ "الأجوبة هي، نعم.

هنالك العديد من الكتب والمقالات والنشرات تتحدث عن التقنيات المناسبة لاستكشاف الأخطاء وإصلاحها. وبالتأكيد لا يختلف وحدات قيادة المحركات عن أي جهاز آخر، ميكانيكي أو إلكتروني. ومع ذلك، ما يلي النصائح البسيطة التالية قد تساعد في حل المشكلة محددة أنظمة القيادة الإلكترونية. يبدأ معظم الفنيين تحديد نقطة البداية من المحرك. وعند خلو المحرك من المشاكل، يتم الانتقال إلى الوراء إلى أنظمة القيادة ، ثم إلى مداخل الأنظمة القيادة. ولذلك، فإن المكان المنطقي للبدء هو في المحرك. سؤال بسيط ولكنه مهم يتم طرحه، "هل يتوجب على المحرك الدوران؟" قد تبدو هذه العبارة وكأنها سخرية، ولكن ربما ينبغي أن لا يدور المحرك بسبب وجود فرملة ميكانيكية لم يتم إلغاؤها. ربما هناك سبب آخر ميكانيكي هو أن المحرك في حالة جمود. وإذا كان من المفترض أن يدور المحرك ، فعندها يجب الانتقال إلى الخلف ومراجعة وحدة القيادة.

هنالك أسئلة قياسية تخص وحدة القيادة هي كما يلي: "هل تم وصل التغذية لوحدة القيادة؟ هل تم إغلاق قاطع الدارة circuit breaker؟ هي المنصهرات Fuses بحالة جيدة؟ هل يعمل أمر الفصل ؟ هل تعمل شاشة العرض؟ "إذا كانت المؤشرات تظهر عدم وجود تغذية في الجهاز، لا تفترض أن أنظمة القيادة قد تعطل، فقد يكون السبب تعطل وحدة العرض والإظهار أو وجود خلل في الوصل مع شاشة العرض. تحقق دائما من وجود تغذية كهربائية ضمن الجهاز عن طريق قياس التغذية المطبقة على الدخل أو على مكثفات تنعيم الجهد المستمر.

إذا كانت شاشة العرض تعمل، فقد حان الوقت للتحقق من البندين الذين يشغلا المحرك وهما وجود أمر التشغيل start commandوأمر تحديد السرعة. وأسهل مكان للتحقق من ذلك يكون فى قسم بارمترات حالة الدخل والخرج I / O. هذا القسم من البارامترات للقراءة فقط تدرجه بعض الشركات المصنعة ضمن قائمة البارمترات. فمن السهل التحقق من وجود أمر التشغيل عن طريق عرض مراقبة الواحدات أو الأصفار على شاشة العرض،. كما أنه من السهل أن نرى إذا كان أنظمة القيادة يحتوي على إشارة السماح بالعمل. مكان آخر للبحث عن حالة نظام قيادة المحرك عن طريق مراقبة البارامترات الخاصة بذلك . مثل جهد خط الجهد المستمر DC وجهد الخرج ، والأمبير، و درجة حرارة المبرد، وقيم الخل التمثيلية، وقيم إشارة الدخل...، الخ.

إذا كان أنظمة القيادة يتلقى فعلاً أمر البدء إشارة السرعة من مصدر خارجي،فستكون المشكلة في نظام القيادة .أما إذا ظهر من خلال عرض حالة المداخل والمخارج أن أنظمة القيادة لا تتلقى أمر البدء وإشارة السرعة، فالمشكلة هي مع الأجهزة الخارجية (على سبيل المثال، جهاز التحكم المنطقي PLC أو أي نظام تحكم خارجي. أسهل طريقة لمعرفة ما إذا كانت المشكلة في أنظمة القيادة هي بتشغيل المحرك من خلال لوحة المفاتيح (بدون وصلات أو أوامر خارجية). إذا كان أنظمة القيادة يعمل المحرك صعودا وهبوطا في سرعة من وضع لوحة المفاتيح، فإذاً المشكلة هي

خارج نظام قيادة المحرك أي في أسلاك التوصيل أو الحساسات أو في نظام التحكم). أم إذا كان نظام قيادة المحرك لا يغير سرعة المحرك صعودا و هبوطا، فالمشكلة تكمن في نظام القيادة.

ولذلك فالمطلوب مزيد من التحقق في نظام القيادة . تقدم أنظمة القيادة الحديثة في الأسواق درجات متفاوتة من استكشاف الأخطاء وإصلاحها من خلال البرامج. بعض الشركات المصنعة تقدم رسائل مع تلميحات حول مكان العطل المتوقع (على سبيل المثال، " comm loss فقدان في الخط المشترك "، "control bd error خطأ في إشارة التحكم "، وغيرها). بينما تخطو بعض الشركات المصنعة خطوة إضافية من خلال تقديم دعم برمجي بواسطة الحاسوب الذي يحدد مصدر المشكلة في الجهاز. ثم يرسل المستخدم إلى صفحة تسرد المشاكل المحتملة وسبل الحل الفعالة. في جميع الحالات، ينبغي الرجوع إلى دليل المستخدم user manual أو إلى دليل التركيب واستكشاف الأخطاء وإصلاحها installation and troubleshooting manual حيث يقوم الصانع بإعطاء النصح حول كيفية الفحص وحل المشكلة. الشركة المصنعة هي أفضل مساعد في ما يتعلق بالكشف وتحديد العطل وكيفية إصلاحه. نظرا لانخفاض تكلفة المحركات ذات الاستطاعة المنخفضة، قد يكون خيار شراء جهاز قيادة جديد بدلا من قضاء الوقت في محاولة لإصلاح العناصر الكثيرة على اللوحة الالكترونية.

ملخص الفصل:

لتجنب الاضطرار إلى استكشاف أعطال أجهزة قيادة المحركات، هناك العديد من الخطوات للحفاظ على الجهاز بحالة جيدة:

أبقي الجهاز نظيفا وجافا وحافظ على الوصلات مشدودة. وينبغي أن يُنفخ المبرد الحراري بشكل دوري بالهواء المضغوط للحد من أي تراكم للغبار والجسيمات على الهيكل chassis. تجنب نفخ الهواء المضغوط إلى الأجزاء الالكترونية لجهاز التحكم إلا إذا كان الهواء متأيناً أو هواء خالٍ من الشحنات الساكنة ESD و معبأ خصيصا للحد من تلوث البيئة. تأكد من أن لا يتواجد نظام القيادة في منطقة رطبة أي أن تكون الرطوبة أقل من ٩٥٪ مع عدم وجود تكاثف. فالرطوبة هي العدو الرئيسي للإلكترونيات، كما هي الحرارة الشديدة.

تحقق من شدّ الوصلات كجزء من إجراءات الصيانة الوقائية الدورية. لا تفرط في شدّ وصلات مرابط الاستطاعة. فالبالغة في الشدّ الميكانيكي للبراغي والعزقات يمكن يقلل في الواقع من قوة اللقط.

من المفيد إجراء تفتيش دوري لمكونات أنظمة القيادة الإلكترونية والميكانيكية. فقياس الجهد الدوري يمكن أن يبين ما إذا كان أنظمة القيادة سيتعرض للمشاكل في المستقبل القريب.تأكد من أنه حتى عند الإقلاع، من السرعة صفر، سوف يكون جهد الخرج لأنظمة القيادة ربما يصل إلى ٤٠ V. فإذا كانت القراءة تتجاوز ٦٠ V، يمكن أن نتوقع حدوث عطل في عناصر مرحلة الاستطاعة في المستقبل القريب.

شغل أجهزة الـVFDs الاحتياطية المخزنة كقطع غيار، مرة واحدة كل ٦ أشهر أو نحو ذلك. لأن المكثفات تنعيم الجهد DC تنخفض قدرتها إذا لم تغذى كهربائيا بشكل دوري.

استكشاف الأخطاء وإصلاحها بشكل عام، تبدأ في المحركات ومن ثم ننتقل إلى الوراء. يجب أن تتحقق أولا إذا كان المحرك ينبغي أن يدور بعد توفر شروط الدوران. بعد التحقق من ذلك، يتم الانتقال إلى الوراء إلى أنظمة القيادة والتحقق من حالتها. تحقق من أن أنظمة القيادة تعمل لوحة المفاتيح في المحرك (نمط قيادة الجهاز). إذا كان الجواب "نعم" فلا توجد مشكلة في أنظمة القيادة . المشكلة موجودة بين المعدات الخارجية حتى جهاز القيادة . تحقق من كل الأسلاك والمكونات واجهة توصيل إلى الجهاز .

.

الأسئلة:

١. ما هي الإجراءات الثلاثة الرئيسية في صيانة أنظمة القيادة ؟
٢. لماذا يعتبر تراكم الغبار على لوحات الدوائر الالكترونية مشكلة محتملة؟
٣. ما هو الإجراء المتبع لإزالة الغبار المتراكم على لوحات الدوائر الالكترونية ؟
٤. لماذا لا تعتبر فكرة إعادة شد براغي Screw وعزقات Nut مرابط التحكم باستمرار فكرة جيدة ؟
٥. ما هي طريقة تحديد وجود مشاكل في المكثفات؟
٦. ما هي أسهل طريقة لتحديد ما إذا كان أنظمة القيادة لديه مشكلة؟
٧. أين يتوجب على المشغل operator أن ينظر ليحصل على معلومات محددة عن الحالة أو الخطأ ؟

البحث الخامس:

المحركات الخطوية و أجهزة قيادتها
Stepper Motors

أهداف هذا البحث:

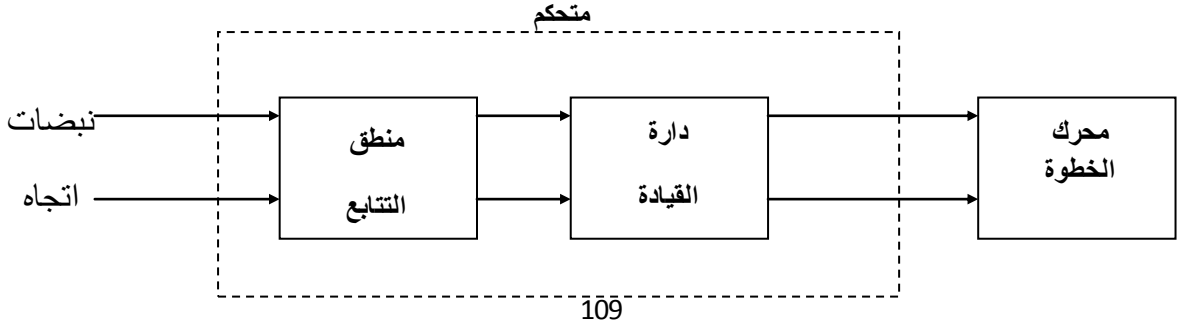
- بعض تطبيقات محرك الخطوة
- أنواع محركات الخطوة
- التحكم بالمحرك الخطوي ثنائي القطب Controlling the Two-Phase Stepper Motor
- التحكم بالمحرك الخطوي رباعي القطب Controlling the four-Phase Stepper Motor
- دارات القيادة
- المصطلحات

مقدمة:

على عكس محركات التيار المستمر التي تعمل بطريقة مستمرة فإن محور محرك الخطوة يتحرك على شكل تزايدات زاوية منفصلة أو خطوات بدلاً من الجهد المستمر المطبق كدخل لمحرك التيار المستمر فإنه يتم تطبيق نبضات بتردد معين على دخل المحرك.

بشكل عام يقوم المحرك بأداء خطوة من اجل كل نبضة. ويعتمد قياس الخطوة على تصميم المحرك فغالباً ما يتراوح بين 0.9 حتى 90 درجة.

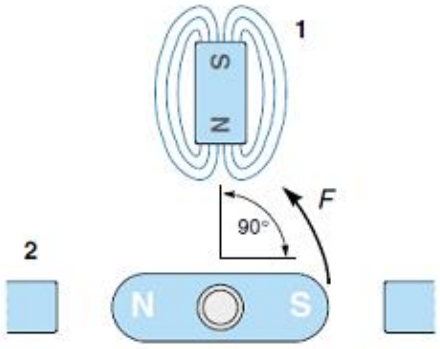
يعتمد عمل محرك الخطوة على تطبيق النبضات على أطوار ملفاته وفق تتابع معين. بالإضافة إلى احتياجات التتابع، فيجب أن تزود النبضات أطوار الملفات بتيار كافٍ. الذي من الممكن أن يكون كبيراً وهكذا فحتى يعمل المحرك، يجب على المستثمر أن يصمم أولاً منطق التتابع الذي يعطي على خرجه التتابع اللازم لتغذية أطوار ملفات محرك الخطوة، وتعطي دارة القيادة التيار اللازم لكل طور من الملفات. لحسن الحظ، إن أغلب المحركات المتوفرة بالأسواق مزودة بمتحكم مصمم خصيصاً لها. إن استخدام المتحكم يسهل على المستثمر مهمة تشغيل محرك الخطوة. كما هو مبين في الشكل التالي، فإن المستثمر يحتاج لأن يطبق نبضات الساعة واتجاه الدوران حتى يقوم بتشغيل المحرك.



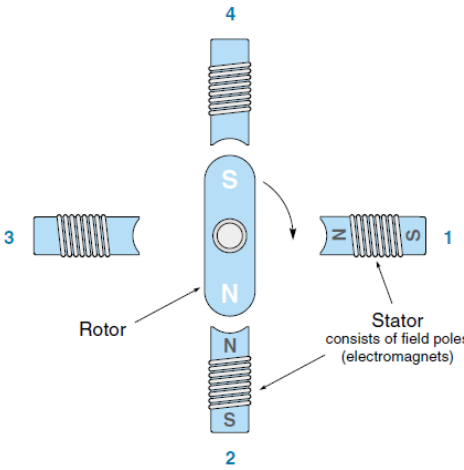
هناك بعض المتحكمات البسيطة أيضاً متوفرة في الأسواق على شكل شرائح دارات متكاملة.

على عكس محرك التيار المستمر، فإن محرك الخطوة لا يحتاج إلى مسفرات أو مبدل من أجل عمله والأهم من ذلك هو أن بنية محرك الخطوة يمكن ربطها مباشرة مع المعالج الصغري أو الحاسب الشخصي . من الواضح أيضاً أن محرك الخطوة يمكن أن يوضح الحمل بشكل دقيق، وذلك لأن كل نبضة دخل تؤدي إلى تحريك المحرك بزاوية معينة وبدقة. وبالتالي فمن غير المدهش أن يجد محرك الخطوة تطبيقات عدة في أنظمة التحكم بواسطة الحاسب.

قبل أن نبدأ بتوصيف أول أنواع محرك الخطوة وهو محرك الخطوة ذو المغناطيس الدائم، لنأخذ باختصار بعض المفاهيم الأساسية المستخدمة من قبل كل محركات الخطوة، وهي ضرورية لفهم المحرك بشكل أعمق.



- وهذه بعض أشكال المحركات الخطوية فعلياً:



- ويتكون بشكل عام من جزء ثابت عبارة عن مجموعة من الملفات تشكل مغانط كهربائيية و قلب دائر عبارة عن مغناطيس دائم. كما يبين الشكل التالي:

<u>بعض تطبيقات محرك الخطوة:</u>

- محركات الأقراص الصلبة Hard Disk والمرنة Floppy Disk والليزرية CD / DVD
- الطابعات Printer والراسمات Plotter
- آلات التشغيل الميكانيكية المبرمجة CNC للخراطة والتفريز . آلات التطريز أذرع الروبوت

أنواع محركات الخطوة:

هنالك ثلاثة أنواع من محركات الخطوة وهي:

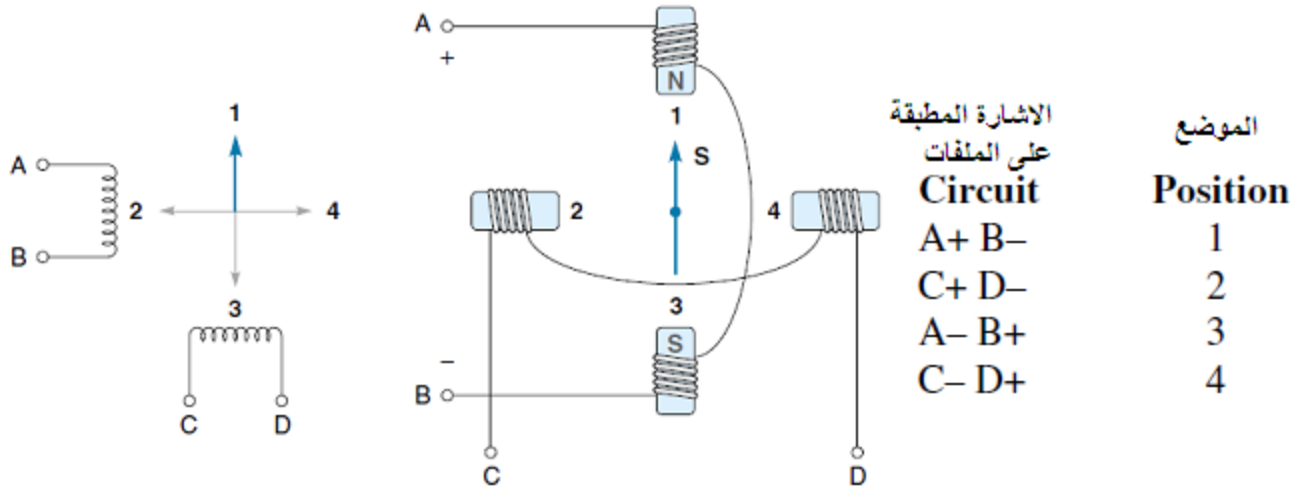
- محرك الخطوة ذو المغناطيس الدائم Permanent Magnet Stepper Motor
- محرك الخطوة ذو الممانعة المتغيرة Variable Reluctance Stepper Motor
- محرك الخطوة الهجين (المختلط) Hybrid Stepper Motor

سنقوم بشرح النوع الأول بشكل مفصل نظراً لبساطته.

١- محرك الخطوة ذو المغناطيس الدائم Permanent Magnet Stepper Motor (PM) :

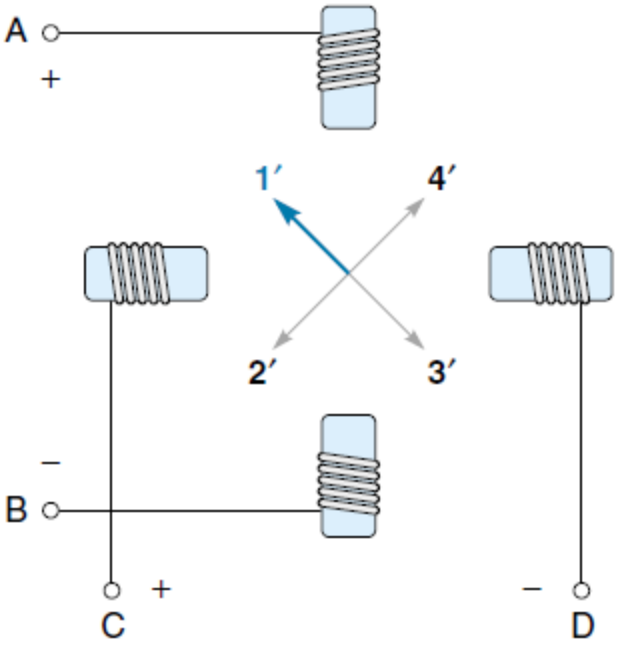
- المحركات الخطوية ثنائية الطور Two-Phase (Bipolar) Stepper Motors:

وسمي ثنائي الطور بسبب وجود ملفين قابلين للتغذية بشكل مستقل، وسمي ثنائي القطب لأن التيار يسير في اتجاهين. يمكن تدوير المحرك بزوايا ٩٠ درجة من خلال تطبيق إشارات على الملفات بالترتيب التتالي:



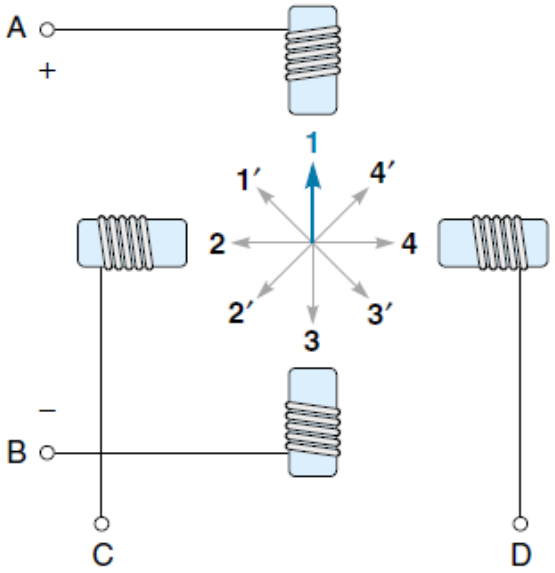
الموضع Position	الاشارة المطبقة على الملفات Circuit
1	A+ B–
2	C+ D–
3	A– B+
4	C– D+

ويمكن تدوير المحرك أيضاً بزوايا ٩٠ درجة عن طريق تطبيق الإشارات التالية كما في الشكل a أما لتدويره بزوايا ٤٥ درجة نقوم بتطبيق الإشارات التالية كما في الشكل b:



Circuits	Position
A+ B– and C+ D–	1′
A– B+ and C+ D–	2′
A– B+ and C– D+	3′
A+ B– and C– D+	4′

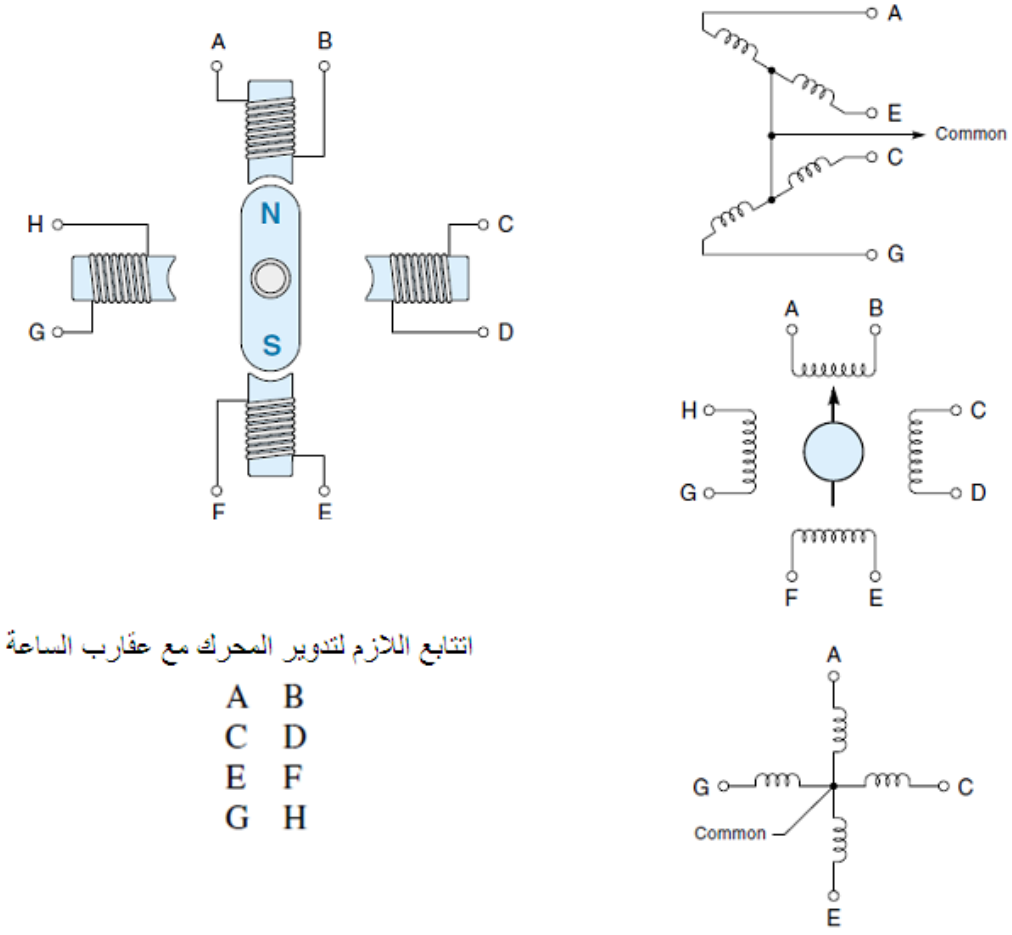
(a) Dual excitation (energized for position 1)



(b) Eight-step drive using “half-steps”

- المحركات رباعية الأطوار وحيدة القطب Four-Phase (Unipolar) Stepper Motors :

وهذا النوع أكثر شيوعاً وسمي رباعي الأطوار بسبب وجود أربعة ملفات قابلة للتغذية بشكل مستقل، وسمي وحيد القطب لآن التيار يسير دائماً في اتجاه واحد.



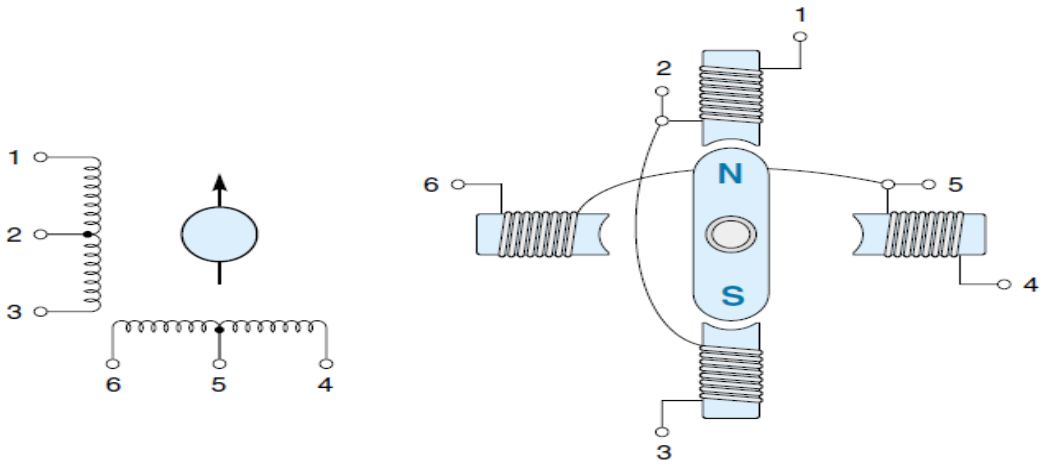
اتتابع اللازم لتدوير المحرك مع عقارب الساعة

A	B
C	D
E	F
G	H

(a) Wiring diagram

(b) Symbols

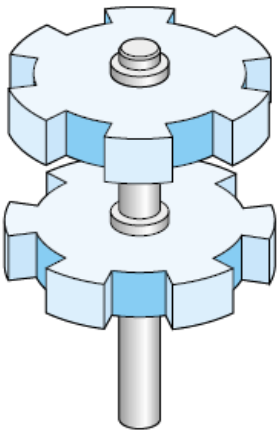
ويمكن بناء محركات تعمل بطورين أو أربعة أطوار بحسب التوصيل كما في الشكل التالي:



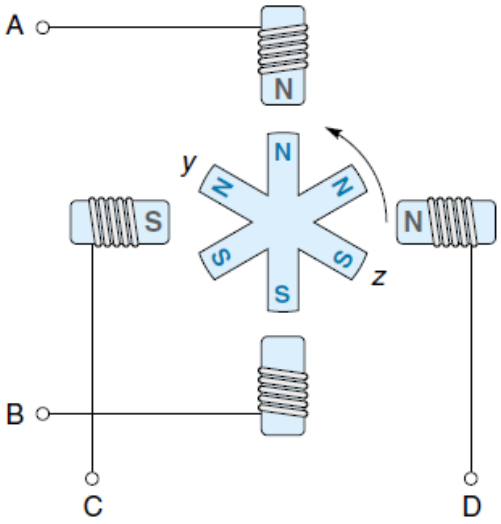
(a) Symbol

(b) Wiring diagram

حالياً تتواجد محركات خطوية ذات مغناطيس دائم بخطوات أصغر ٣٠ أو ١٥ أو ٧,٥ درجة كما في الشكل التالي:

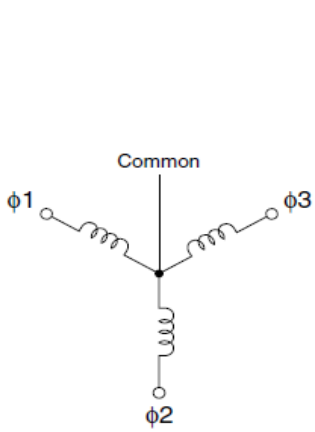


- المحركات ذات الستة أقطاب بزاوية ٣٠ درجة:

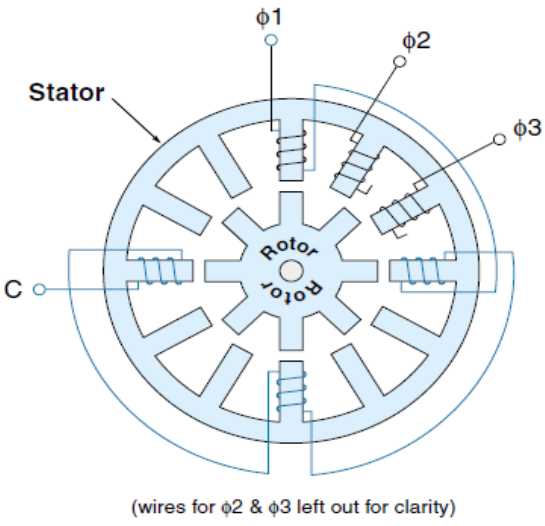


-

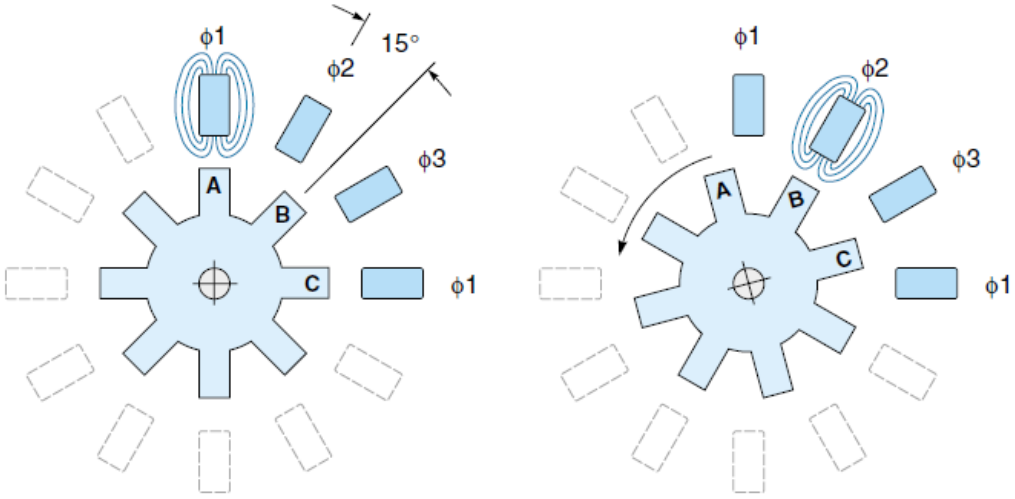
٢- محرك الخطوة ذو الممانعة المتغيرة Variable Reluctance Stepper Motor :



(a) Symbol

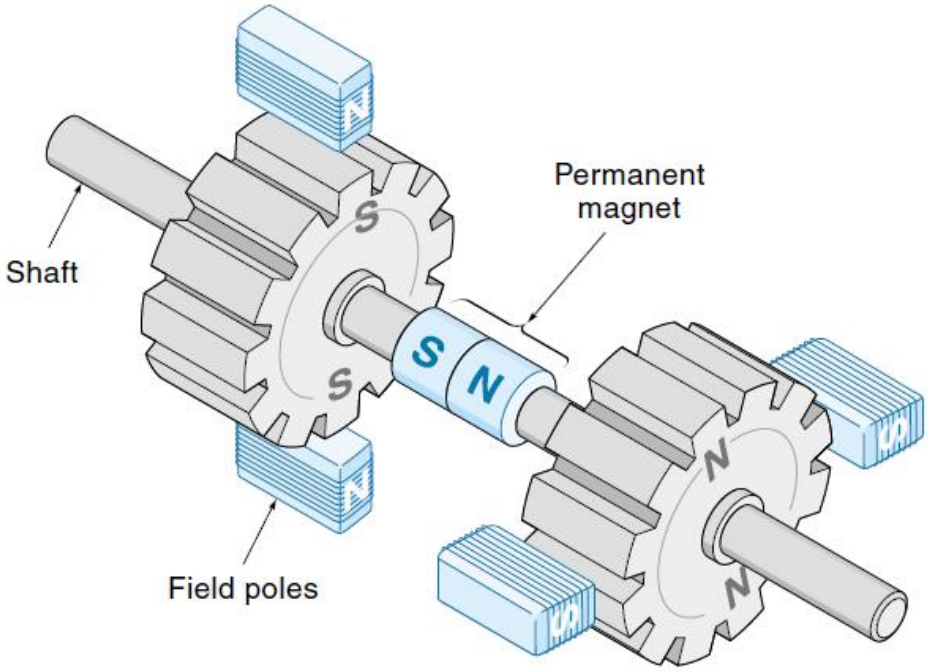


(b) Construction

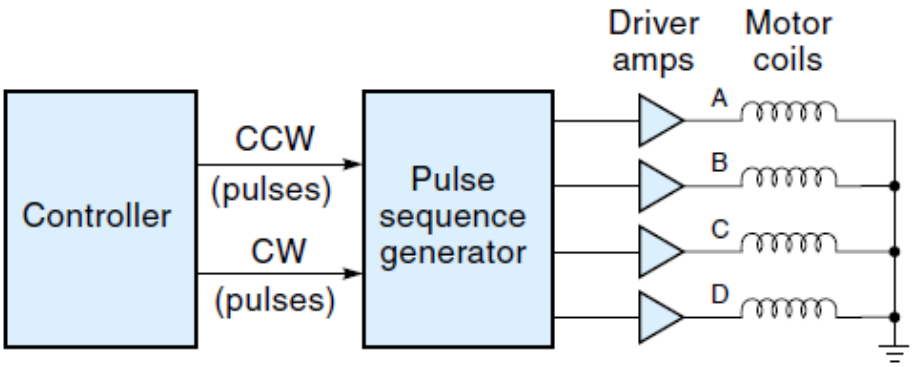


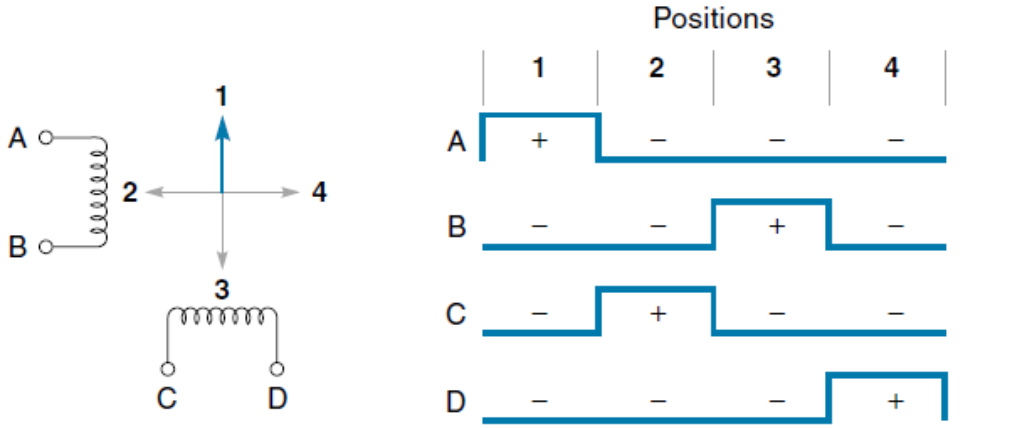
(a) Pole Ø1 energized (b) Pole Ø2 energized

٣- محرك الخطوة الهجين (المختلط) Hybrid Stepper Motor:



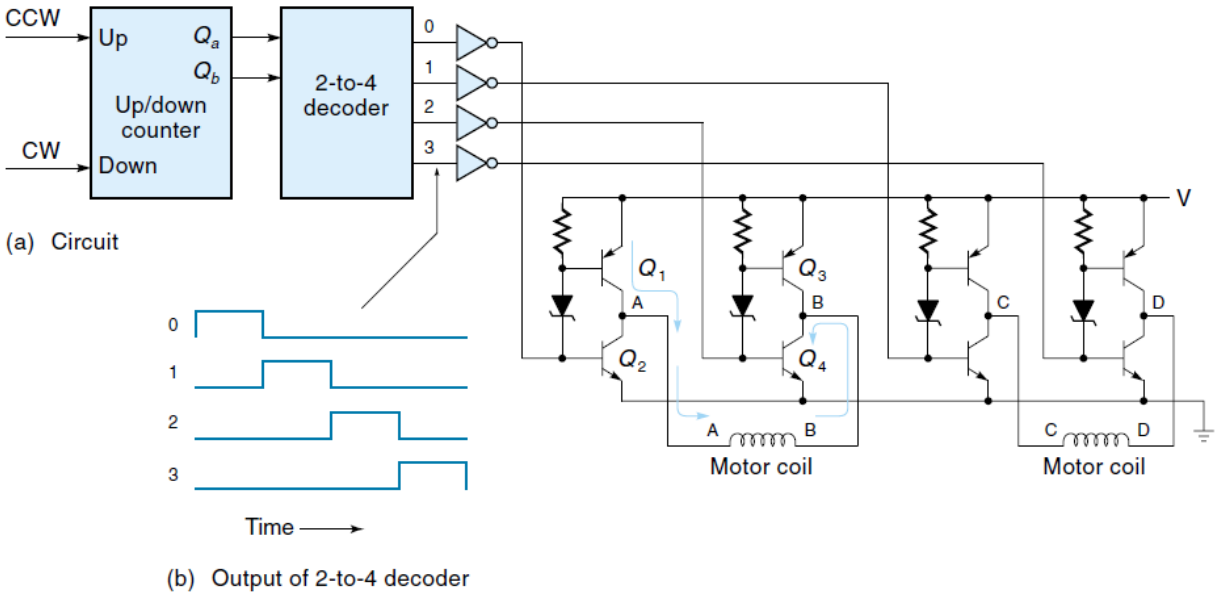
- التحكم بالمحرك الخطوي ثنائي القطب Controlling the Two-Phase Stepper Motor:





(a) Rotor positions

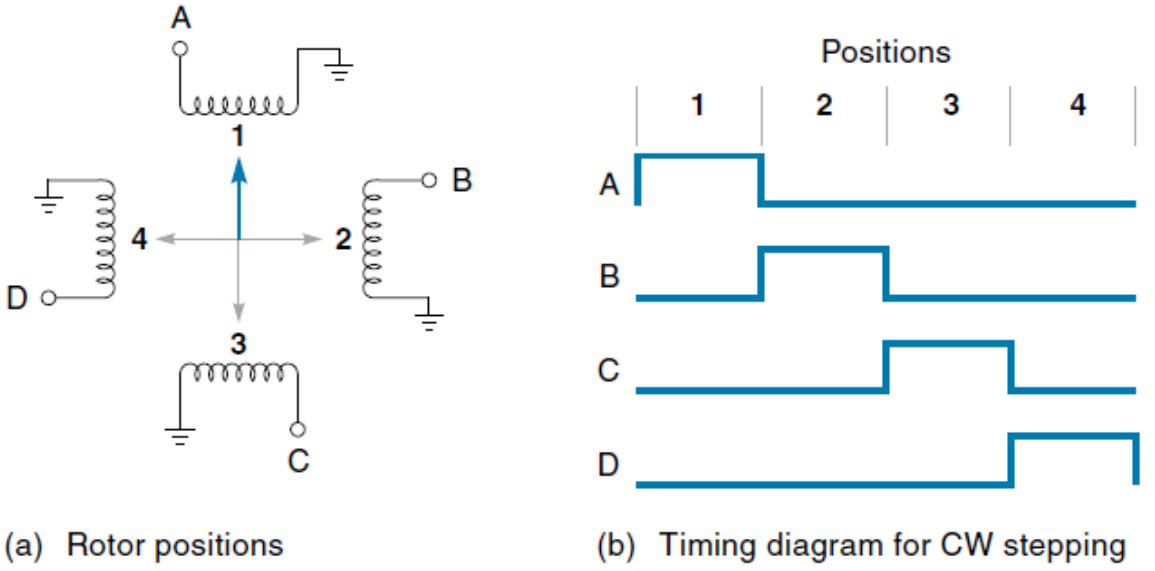
(b) Timing diagram
(for CCW stepping "single excitation")



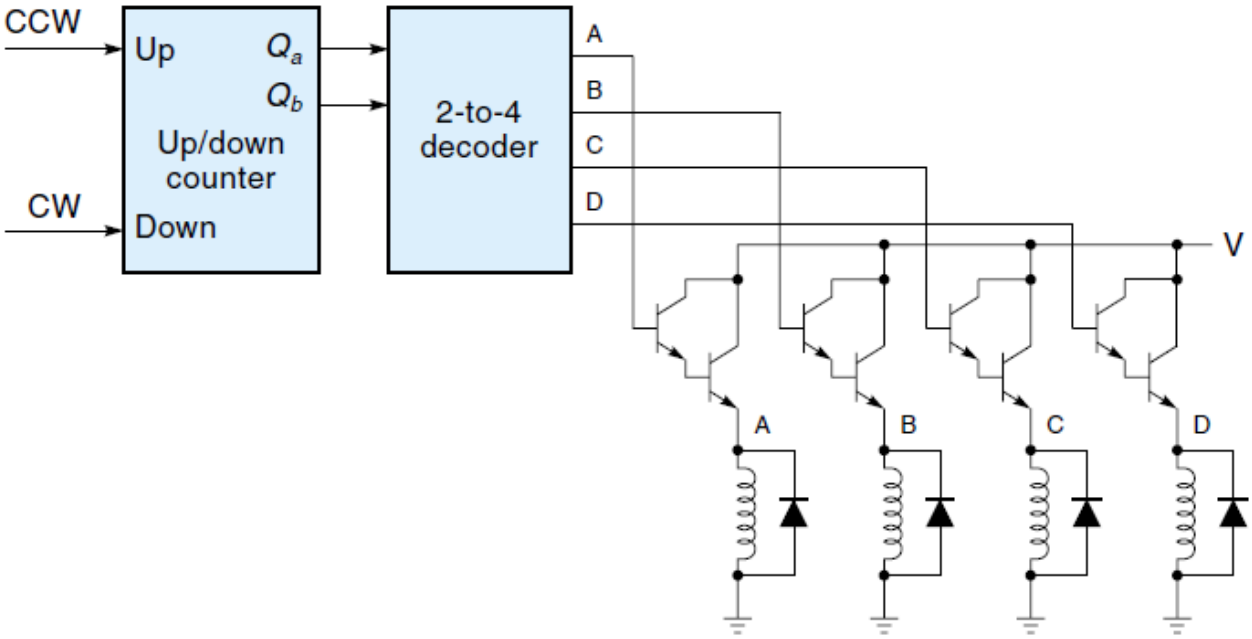
(a) Circuit

(b) Output of 2-to-4 decoder

- **التحكم بالمحرك الخطوي رباعي القطب Controlling the four-Phase Stepper Motor:**



(a) Rotor positions (b) Timing diagram for CW stepping



الأسئلة:

١- عدد أنواع المحركات الخطوية واشرح إحداها.
٢- لدينا محرك خطوي يدور ١٥ درجة كل نبضة، أُعطي ٦٤ نبضة مع عقارب الساعة و١٢ نبضة عكس عقارب الساعة بفرض أنه انطلق من الزاوية ٠ حدد موضعه الآن.
٣- اكتب وارسم شكل النبضات اللازمة لتدوير المحرك ثنائي الطور ثنائي القطب دورة كاملة مع ثم عكس عقارب الساعة بزاوية ٩٠ درجة (نمط أربع خطوات) .
٤- أعد السؤال السابق بزاوية ٤٥ درجة (نمط النصف خطوة).
٥- كيف يمكن جعل الخطوة ٣٠ درجة وما هو عدد الأقطاب في هذه الحالة.
٦- اشرح وارسم محرك خطوي بأربعة أطوار وحيد القطب مع توصيلاته المختلفة.
٧- اشرح بالتفصيل دارة التحكم بالمحرك الخطوي ثنائي الطور وحيد القطب مع رسم أشكال الموجات.
٨- ما هي وظيفة المقاومة والديود وما اسم توصيلة الترانزيستورات.
٩- اشرح بالتفصيل دارة التحكم بالمحرك الخطوي رباعي الطور مع رسم أشكال الموجات.
١٠-ما هي وظيفة المقاومة والديود وما اسم توصيلة الترانزيستورات.
١١-ما هي ميزة استخدام المحركات الخطوية في أنظمة التحكم الرقمية.

المراجع References:

- Digital Servo , Feedback
- Delmar - Modern Control Technology--Components & Systems (2nd Ed)

  ISBN: 0-7668-2358-X.
- Industrial Control Handbook , Hong Kong IGDS 2000 , Polytechnic University
- Mechatronics Handbook 2002 CRC Press LLC
- PROCESS/ INDUSTRIAL INSTRUMENTS AND CONTROLS HANDBOOK Fifth Edition McGRAW-HILL ISBN 0-07-012582-1 1999
- Motors and Drives A Practical Technology Guide , Dave Polka, 2003 ISA(The Instrumentation, Systems, and Automation Society), ISBN 1-55617-800-X
- STEP 2000 series, **S**iemens **T**echnical **E**ducation **P**rogram, Siemens AG, http://www.sea.siemens.com/step.
-