المحركات الخطوية والتحكم بها

Stepper Motors

سنتكلم في هذا البحث عن :

- مقدمة .
- عموميات عن المحركات الخطوية .
- الأنواع المختلفة للمحركات الخطوية .
- قيادة المحركات الخطوية .
- علاقات رياضية .
- تطبيقات المحركات الخطوية .
- المراجع العلمية .

أولاَ: مقدمة

المحركات الخطوية و يطلق عليها أيضاَ المحركات متدرجة الحركة , عرفت المحركات الخطوية منذ زمن بعيد إلا أن إنتاجها تجارياَ بدأ في الستينات الميلادية , بعد التقدم العلمي الذي أحرز في مجال الكترونيات القدرة , الذي تجلى في امكانية وصل وفصل تيار مستمر ذي قيمة عالية في ملفات المحركات , حيث بدأ التفكير في استخدامها عندما بدأ الطلب على جهاز يمكن أن يعطي حركة دورانية في صورة انحراف زاوي ثابت . عملياَ يمكن ربط المحرك الخطوي مع الحاسب الآلي أو المعالجات الصغيرة التي تستطيع التحكم به لأداء وظائف معينة .

ثانياَ : عموميات:

يوجد نوعان رئيسيان للمحركات الخطوية هما :

- المحركات ذات الممانعة المتغيرة
- المحركات ذات المغانط الدائمة

ويوجد نوع ثالث هجين بين النوعين السابقين

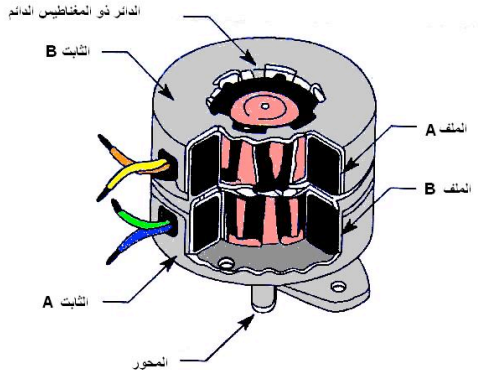
وبغض النظر عن الفروقات بين أنواع المحركات إلا أن النتيجة المطلوبة هي الدوران بخطوة واحدة فقط أي دوران المحور بزاوية محددة مع كل نبضة يتلقاها أحد ملفات المحرك وتتغير هذه الزاوية تبعاَ لبنية المحرك الداخلية .

ولكنها محصورة عموماَ بين 0.9 درجة حتى 90 درجة .

المحركات الأكثر استعمالاَ هي ذات خطوة :

- 0.9 درجة أي 400 خطوة في الدورة .
- 1.8 درجة أي 200 خطوة في الدورة .
- 3.6 درجة أي 100 خطوة في الدورة .
- 7.5 درجة أي 48 خطوة في الدورة .
- 15 درجة أي 24 خطوة في الدورة .

من الواضح أن المحركات الخطوية ذات دقة مرتفعة جداً وعمر طويل جداً وذلك لان التآكل الميكيانيكي غير موجود عملياً (لا يوجد احتكاك) , يبين الشكل 1.1 المظهر الخارجي للمحرك الخطوي . إذ يفضل استخدام هذه المحركات في المجالات التي تتطلب دقة عالية ومنها المكونات الميكانيكية المستخدمة في مجال المعلوماتية والروبوتيك .



الشكل (1.1) المكونات الأساسية للمحرك الخطوي .

تتوفر المحركات الخطوية بعدة قياسات بدءاً من 1 سم وحتى حوالي 10 سم . و يتعلق قياس المحرك بالتطبيق الذي سيستخدم فيه , فمثلاً المحرك الأكثر صغراً يستخدم لتحريك رأي القراءة في محرك الأقراص المرنة والصلبة حيث يتطلب الأمر عزماً صغيراً جداً , بالمقابل يتطلب تحريك ذراع روبوت عزماً أكبر بكثير وبالتالي يحتاج هذا التطبيق إلى محرك ذي قياس كبير .
لاحظ أنه يتم التعبير عن العزم بواحدة الكيلو غرام في السنتمتر (kg / cm) وهذا ما يحدد الثقل بواحدة الكيلو غرام الذي يستطيع محور المحرك (ذو الطول المقدر بالسنتمتر) أن يتحمله .
يتغير جهد تغذية المحرك كثيراً تبعاً لنوعه فقد يكون محصوراً ضمن مجال من 3 فولت وحتى عشرات الفولت .
أيضاً وتبعا للمقاومة الخاصة بملفات لمحرك , يختلف التيار المستهلك في المحرك بدءاً من عشرات الميللي أمبير وحتى الكثير من الأمبيرات . وببساطة يمكننا القول أنه كلما كان التيار المستهلك كبيراً كان العزم أكبر .
عموماً تكون المحركات الخطوية القياسية المتوفرة في السوق ذات عزم منخفض نسبياً , إلا في بعض الحالات النادرة . ويمكن زيادة عزم المحرك الضعيف باستخدام علبة سرعة ذات مسننات , إذ تقوم علبة السرعة بتخفيض سرعة الدوران ورفع العزم بنفس النسبة , وهذا ما يمثل حلاً وسطاً إذ ما أخذنا الكلفة المرتفعة للمحركات الخطوية ذات الاستطاعة الكبيرة .
وبذلك نكون قد وصلنا إل نهاية التعريف المختصر للمواصفات العامة للمحركات الخطوية . وسوف ننتقل الآن للحديث عن أنواع المحركات الخطوية والفروقات بينها وتكنلوجياتها وطرق التحكم بها

ثالثاً : الأنواع المختلفة للمحركات الخطوية

ملاحظة : سنقوم بشرح آلية قيادة كل نوع مع شرح النوع مباشرة لكي يتسنى للدارس السهولة والسرعة في الربط بين نوع المحرك وآلية قيادته وعدم الخلط بين الأنواع .

بالتالي سندمج (ثالثاً مع رابعاً) . أما الأنواع فهي :

أ - المحركات ذات المغانط الدائمة :

ولها أيضاً نوعان :

* المحركات أحادية القطبية .
* المحركات ثنائية القطبية .

ب - المحركات ذات الممانعة المغناطيسية المتغيرة.

ج - المحركات الهجينة .

أ - المحركات ذات المغانط الدائمة :

هذا النوع يقسم بدوره إل نوعين : * محركات أحادية القطبية .
* محركات ثنائية القطبية .

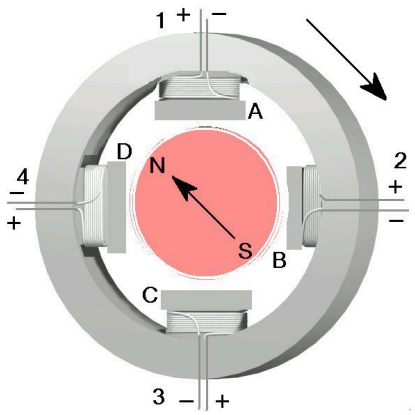
لكن قبل الدخول في أنواعه نتحدث عن هذا النوع بشكل عام :

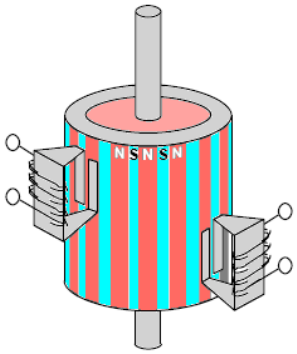
المحركات ذات المغانط الدائمة تتكون من ثابت يحوي ملفات و دوار مغناطيسي عبارة (مغناطيس ثنائي القطبية) وهو بشكل اسطوانة غير مسننة وتمتاز هذه المحركات بأن زاويتها الخطوية كبيرة نسبياً من

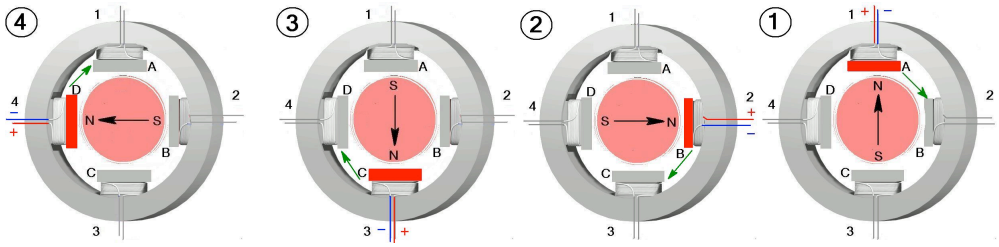
(7.5 – 15) درجة . ولكن مميزة العزم السرعة جيدة .

يبين الشكل (1.2)البنية المبسطة لمحرك خطوي ذو مغناطيس دائم . حيث يمثل المخطط العلوي من الشكل وضعية المحرك في حالة التوقف حيث لا يمر أي تيار في الملفات حيث يتوضع كلا قطبي الدائر بين نضوتين من الثابت . أما المخططات الأربع السفلية من الشكل فتوضح ما يحدث عند تغذية الملفات بالتتالي :

A ثم B ثم C ثم D إذ ينجذب القطب الشمالي للدائر إلى القطب الجنوبي في الثابت والمتشكل من مرور التيار في الملف .



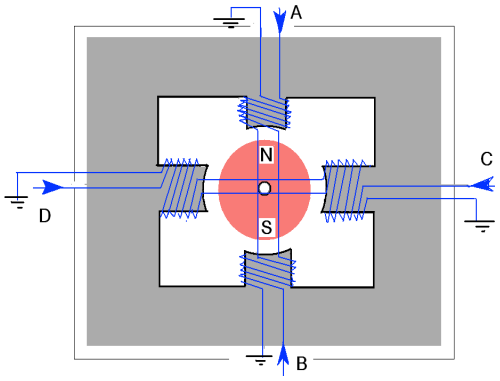




يتيح الشرح السابق فهم آلية دوران المحرك الخطوي وذلك من أجل محرك ذي أربع خطوات في الدورة .
سنتكلم الآن عن نوعي المحرك الخطوي ذي المغناطيس الدائم :

1 – المحركات أحادية القطبية :

يبين الشكل(1.3) المخطط البنيوي للمحرك أحادي القطبية حيث نلاحظ أن كل قطب من أقطاب الثابت لف عليه ملف مستقل (طرفاه مستقلين عن طرفي أي قطب آخر) أي لكل ملف سلكين حيث يتم وصل أحدهما للقطب الموجب (+) من التغذية والآخر بالقطب السالب (-) من منبع التغذية ونلاحظ ببساطة أنه لعكس جهة التيار نعكس توصيل السلكين بالموجب والسالب . يعد التحكم بهذا النوع من المحركات الأسهل مقارنة بالنوعيات الأخرى . إذ يكفي تغذية الملفات بالتتالي لتدوير محور المحرك .



الشكل 1.3

آلية التحكم للمحرك أحادي القطبية :

هناك ثلاث طرق رئيسية لقيادة جميع أنواع المحركات الخطوية وهي :
1- القيادة بالخطوة الكاملة
2- القيادة بالخطوة المزدوجة
3- القيادة بنصف الخطوة
بالعودة للمحرك أحادي القطبية حيث يبين الجدول (1.1) تتابع الأوامر المختلفة لقيادة المحرك أحادي القطبية بالطرق الثلاث الآنفة الذكر .

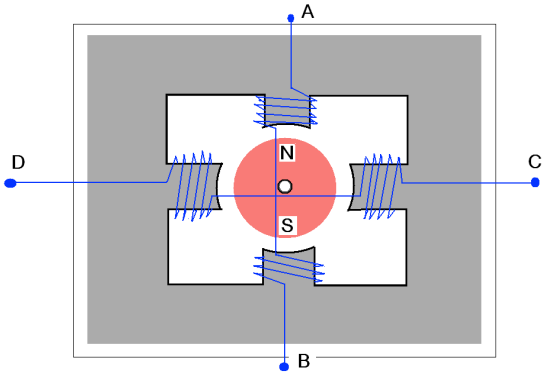
الجدول (1.1)

الخطوة الكاملة DCBA	الخطوة المزدوجة DCBA	نصف الخطوة DCBA
0001	0101	0001
0100	0110	0101
0010	1010	0100
1000	1001	0110
----	----	0010
----	----	1010
----	----	1000
----	----	1001

والجدير بالذكر أن المحركات أحادية القطبية ذات عزوم أقل من المحركات ثنائية القطبية و سنبين ذلك لاحقاً .

2- المحركات ثنائية القطبية :

يبين الشكل (1.4) البنية الداخلية لمحرك ثنائي القطبية حيث يلف الملف عل قطبين متقابلين ويصدر من كل قطب طرف واحد للملف (سلك واحد) وتتطلب هذه النوعية من المحركات آلية قيادة أكثر تعقيداً مقارنة بالنوع احادي القطبية إذ يجب تغيير جهة التيار المار في الملفات بعد كل خطوة دورانية .



الشكل (1.4)

ألية التحكم بمحرك ثنائي القطبية

يمكن التحكم بهذا النوع بإحدى الطرق الثلاث السابقة كما يلي في الجدول (1.2) :

الجدول (1.2)

الخطوة الكاملة	الخطوة المزدوجة	نصف الخطوة
AB	AB-CD	AB
CD	BA-CD	AB-CD
BA	BA-DC	CD
DC	AB-DC	BA-CD
AB	AB-CD	BA
--	--	BA-DC
--	--	DC
	--	AB-DC
		AB
		--

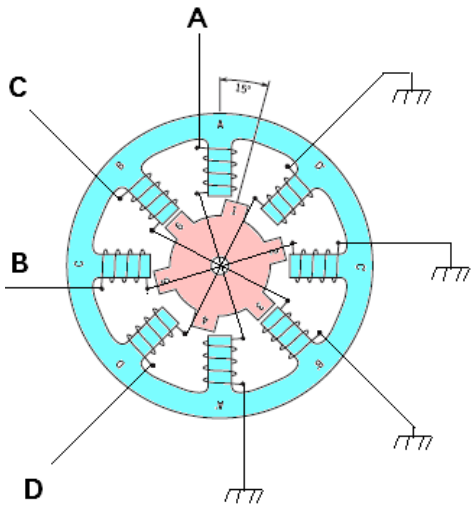
في نمط الخطوة الكاملة يكون العزم صغيراً لأنه تتم تغذية ملف واحد فقط لتحقيق دوران المحرك بخطوة كاملة . أما في نمط الخطوة المزدوجة يعطي المحرك اكبر استطاعة ممكنة (عزم مرتفع) لأنه تتم تغذية ملفين معاً في نفس اللحظة .

نلاحظ أن نمط التحكم بنصف خطوة يتيح مضاعفة عدد الخطوات التي يستطيع أن يحققها المحرك خلال دورة واحدة

ولكن هذا ما يسبب عزم دوران غير منتظم . حيث تمثل قيادة المحرك وفق هذا النمط مزيجاً بين نمطي الخطوة الكاملة و الخطوة المزدوجة ففي هذا النمط إذا كان الحمل كبيراً قد يتم تجاوز بعض الخطوات وهذا بالطبع غير مرغوب .

ب - المحركات ذات الممانعة المغناطيسية المتغيرة

تعمل محركات الخطوة ذات الممانعة المغناطيسية المتغيرة وفق نمط يختلف عن ذلك الخاص بمحركات المغانط الدائمة . فهي تحوي بالطبع على ثابت ودوار ولكن الدوار هنا مصنوع من الفولاذ النقي غير الممغنط , وهو ليس أملساً حيث أنه يحوي العديد من الأسنان , يبين الشكل (5. 1) هذه النوعية من المحركات حيث نجد في هذا الشكل أن الثابت مكون من 8 نضوات يتم لف الملفات عليها وهذا ما يعطي أربعة أطوار أما الدوار فيحوي على 6 أسنان أي (6) أطوار .



الشكل (1.5)

مبدأ عمل هذه النوعية بسيط جداً إذ عندما تتم تغذية أحد الأطوار الأربعة (A أو B أو C أوD) يتشكل مغناطيس على نضوتين متقابلتين من الثابت الأمر الذي يؤدي إلى انجذاب أسنان الدائر إليها بحيث تصبح على نفس السوية معها .

آلية التحكم بالمحركات الخطوية ذات الممانعة المغناطيسية المتغيرة :

تتم قيادة هذه المحركات كما في المحركات السابقة بالطرق الثلاث (خطوة كاملة , خطوة مزدوجة , نصف خطوة)
الجدول (1.3) يبين تتابع الأوامر لقيادة هذا المحرك :
نلاحظ أن قيادة هذا النوع مطابق لطريقة قيادة المحرك ذي المغناطيس الدائم أحادي القطبية وذلك لأن احد طرفي كل طور موصول موصول مع القطب الموجب (+) أو مع القطب السالب (-) من التغذية وبالتالي ليس هناك حاجة لعكس التيار ضمن الطور .
الجدير بالملاحظة أن هناك فرق بين عدد أقطاب الثابت وعدد أسنان الدوار حيث يصنع الدوار بعدد أسنان أقل من عدد أقطاب الثابت (يكون عادة أقل بسنين) وذلك للاستفادة من الفروق الزاوية بينهما : ففي المثال السابق شكل
(1.5) نلاحظ أن عدد أقطاب النابت = 8 أقطاب وعدد أسنان الدوار = 6 أسنان :
العدد 8 يمثل بالزوايا (360 / 8 = 45) والعدد 6 يمثل (360 / 6 = 60) , بطرح الزاويتين
(15 = 45 – 60) أي أن هذا المحرك يتحرك بزاوي قدرها 15 درجة .
ومن أجل تغيير زاوية الخطوة فإننا نغير من عدد الملفات أوعدد الأسنان
بالتالي نحصل على العلاقة لحساب زاوية محرك خطوي من هذا النوع :

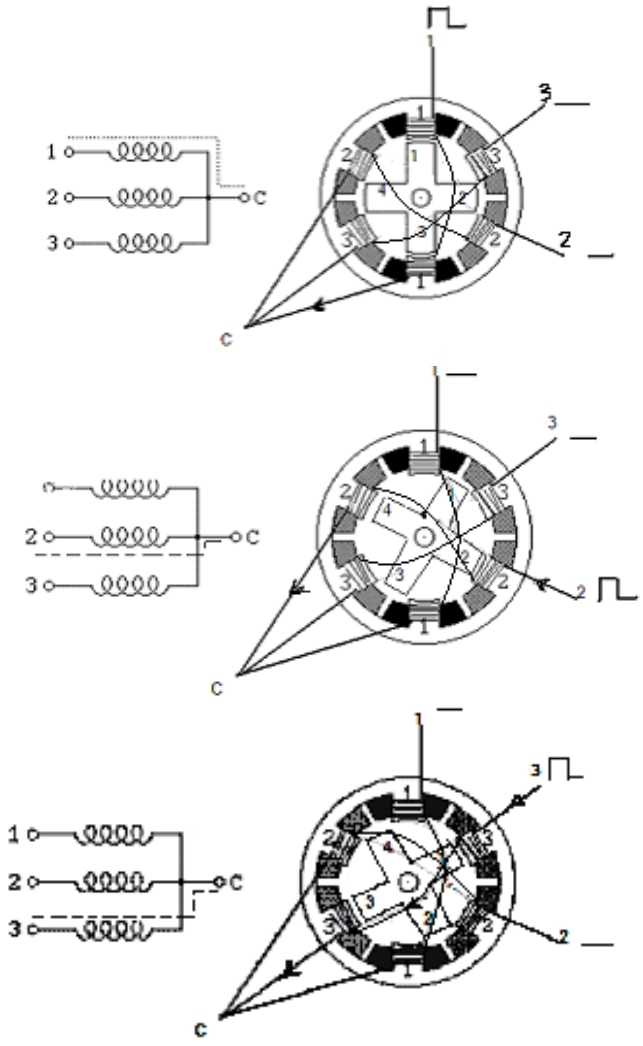
زاوية الخطوة = 360 ÷ (عدد أزواج الأقطاب × عدد أسنان الدوار)

وفي مثالنا : الزاوية = 360 ÷ (4 × 6) = 15 درجة

الجدول (1.3)

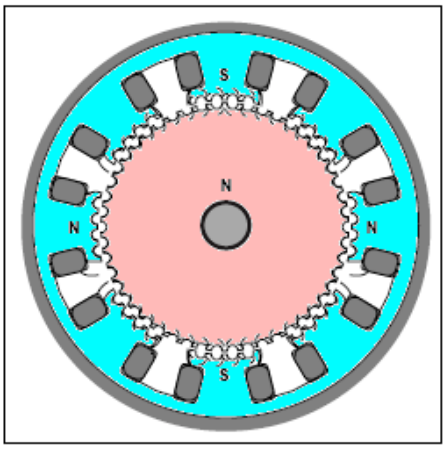
الخطوة الكاملة	الخطوة المزدوجة	نصف الخطوة
A	AC	A
B	CB	AC
C	BD	C
D	DA	BC
-	--	B
-	--	BD
-	--	D
	--	DA

مثال لتحريك محرك ذو زاوية خطوة 30 درجة :



ب - المحركات الهجينة

وهي محركات ثمنها أغلى من محركات المغانط الدائمة ولكنها تتميز بأن زاويتها الخطوية صغيرة تتراوح (0.9 - 3.6) درجة حيث يلزمنا تطبيق مابين 100 إلى 400 نبضة عمل من أجل إتمام دورة كاملة وهذا يعطينا دقة عالية في العمل. ويكون فيها الدوار يشبه دوار المغانط الدائمة إلا أنها مسننة الشكل (1.8) لذلك فهي هجينة بين محركات المغانط الدائمة والممانعة المتغيرة. و يكون فيها محور الدوران عبارة عن مغناطيس دائم وتقوم الأسنان بتوجيه الفيض المغناطيسي في الثغرة الهوائية بين الثابت والدوار.



الشكل 1.6

خامساً : تطبيقات المحركات الخطوية

تستخدم المحركات الخطوية في العديد من التطبيقات سواء الصناعية أو المكتبية .... . حيث لا يكاد يخلو منزل من أحد التطبيقات التي تعتمد المحرك الخطوي وكمثال على استخدام هذه الآلات ألات القطع حيث يمكن باستخدام هذا النوع من المحركات مع صندوق التروس لتثبيت آلة القطع والقطعة المراد تشكيله خلال فترة التشغيل .

وكمثال آخر لاستخدامات المحرك الخطوي هو استعماله في طابعات الحبر للحاسب الآلي حيث يكون من المطلوب دوران المحرك بزاوية محددة لتحريك ورق الطباعة مسافة محددة حسب الفواصل بين الأسطر ثم ثباته بعد ذلك حتى الانتهاء من طباعة السطر .

وكمثال أيضا يستعمل المحرك الخطوي في مشغل الأقراص المرنة و المدمجة في الحاسب أضف إلى ذلك تطبيقات أخرى كثيرة في الروبوت و الصناعة والأجهزة الطبية والعدادات الرقمية .

المراجع العلمية :

- كتاب المحرك الخطوي (لدار شعاع)
- كتاب الآلات الكهربائية الصغيرة (سلسة المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني في المملكة العربية السعودية)
- www.arabteam2000.com
- www.wikipmedia.com