Lecture 5

جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

محركات الخطوة

STEPPER MOTORS

مقدمة:

- محركات الخطوة هي أجهزة كهرومغناطيسية تحول النبضات الكهربائية إلى دوران عمود الحركة. تدور هذه المحركات بزاوية محددة لكل نبضة.
- يمكن للأنواع النموذجية من محركات الخطوة أن تدور بزوايا 2°، 2.5°، 5°، 7.5°، و15° لكل نبضة كهربائية.
- يمكن استخدام مستشعرات موضع الدوار للتحكم بحركة محور المحرك وفقا للقيمة المرجعية المطلوبة لموضع المحور.
- تحقق محركات الخطوة العديد من الميزات نذكر منها:

❖ تتراوح درجات الدقة المتاحة بعدة خطوات حتى 400 خطوة (أو أعلى) لكل دورة.

❖ امكانية تتبع الإشارات بسرعة تصل إلى 1200 نبضة في الثانية.

❖ متوفرة باستطاعات مختلفة.

للمحركات الخطوية العديد من التطبيقات الصناعية مثل:

- الطابعات Printers.
- محركات الأقراص Disk Drives.
- أدوات الآلة Machine Tools.
- علم الروبوتات Robotics.
- محركات أقراص الشريط Tape Drives

أنواع محركات الخطوة:

يتم تصنيف محركات الخطوةعادة إلى ثلاث فئات رئيسية، وهي:

1) ذات الممانعة المتغيرة **Variable Reluctance**
2) ذات المغناطيس الدائم **Permanent Magnet**
3) المحركات الهجينة **Hybrid motors.**

المفاهيم العامة لمحركات الخطوة

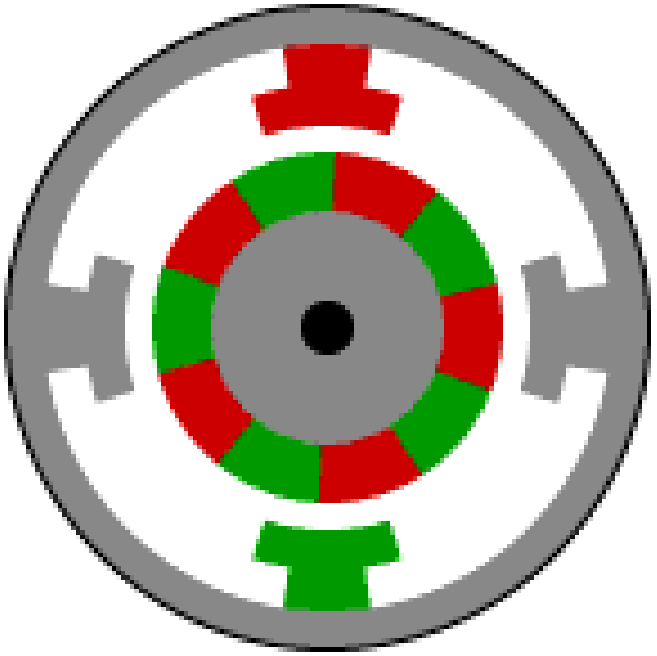
- تمتاز محركات الخطوة عن بقية المحركات بإمكانياتها المتعددة:

1. الدوران بزاوية محددة (التحكم بالموضع)
2. الدوران بحركة متقطعة وبزوايا دوران ثابتة ومتغيرة.
3. الدوران مع وبعكس عقارب الساعة.

- توصف محركات الخطوة بعدد الخطوات بالدورة (زاوية الخطوة)

عدد الخطوات لكل دورة	12	24	48	72	144	180	240
زاوية العضو الدوار لكل خطوة	30°	15°	7.0°	5.0°	2.5°	2.0°	1.5°

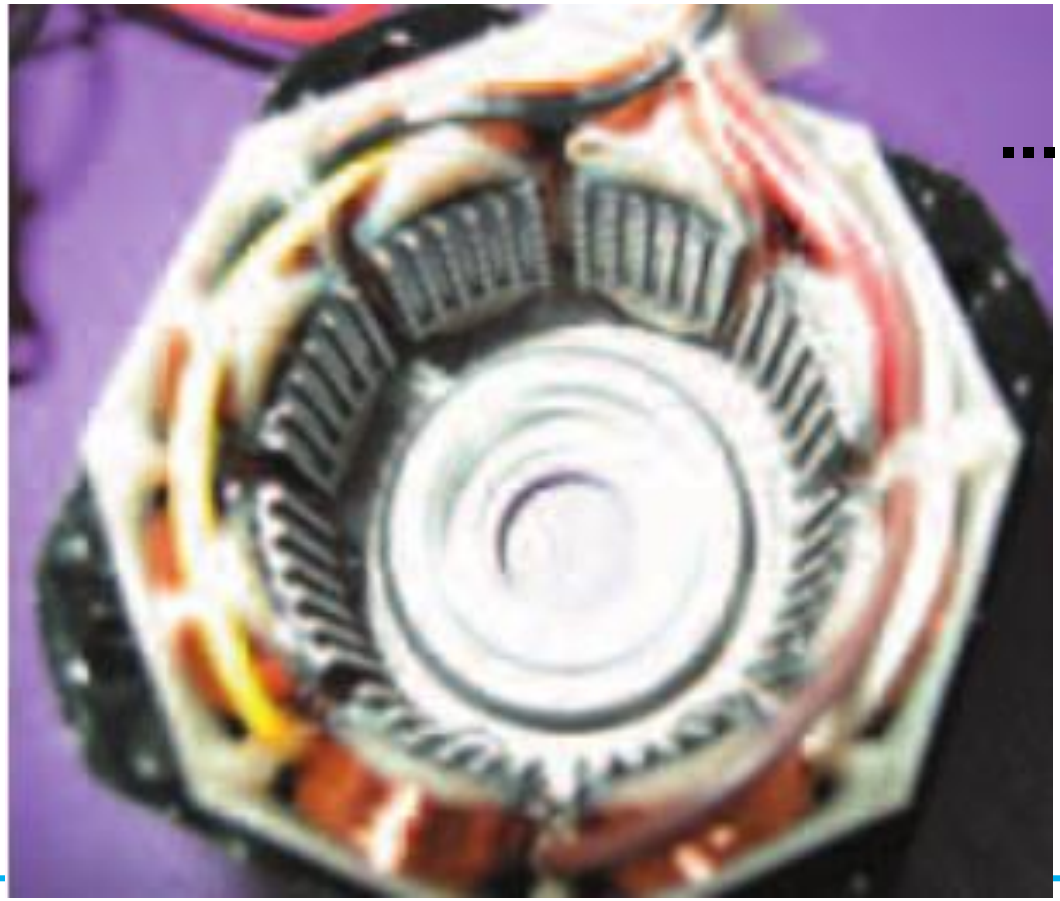
مكونات محركات الخطوة



stator

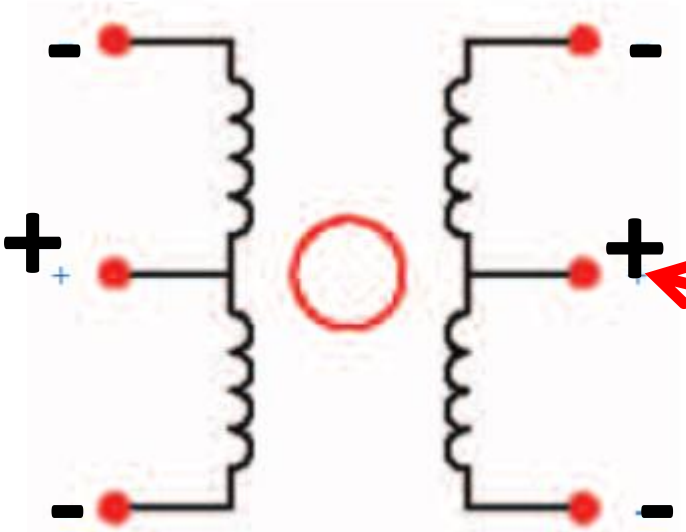
الجزء الساكن

- ملفات نحاسية معزولة ومثبتة على قلب من رقائق مغناطيسية.
- تقسم الى جزئيين متقابلين ب 180 درجة.
- يسمى كل جزء بطور.
- توجد محركات بعدد اطوار 3-5 ....



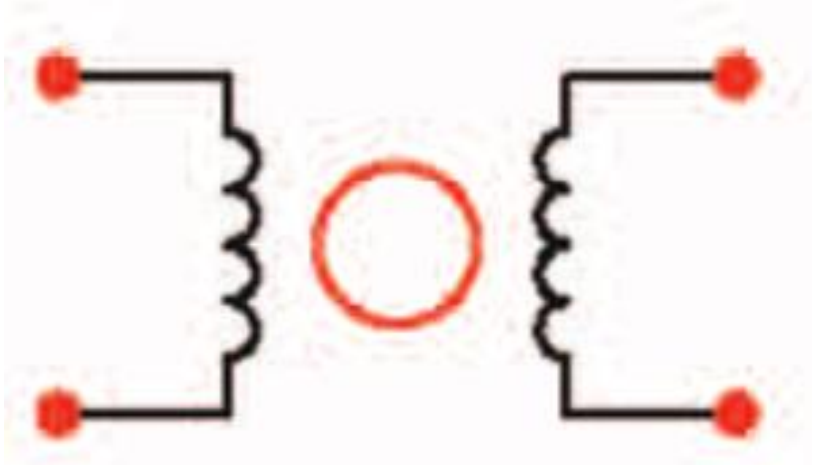
تصنيف المحركات الخطوية

حسب توصيل ملفات الثابت



1. احادية القطبية unipolar

اطراف منتصف الملف



2. ثنائية القطبية bipolar

تصنيف المحركات الخطوية

حسب العضو الدوار

1. بمغناطيس دائم (Permanent Magnet stepper motor)

Low speed, relatively high torque

2. بممانعة متغيرة (Variable Reluctance Stepper Motors)

Low torque

- يمكن التمييز بينهما عن طريق تدوير المحور باليد عند عدم التغذية
- يدور ذو الممانعة المتغيرة بسهولة، اما المغناطيس الدائم لا يدور بسهولة.

3. المحرك الهجين motor hybrid stepper.

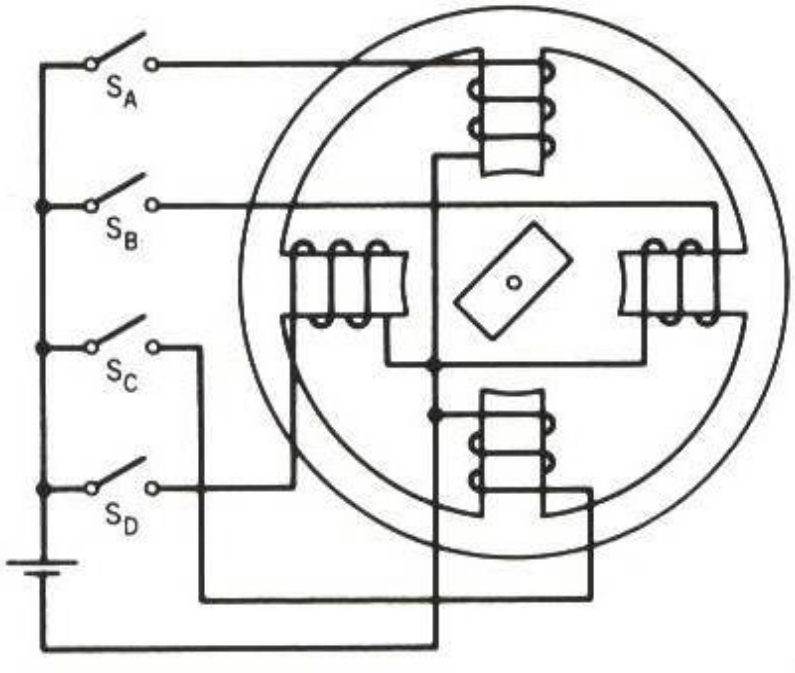
يتكون المحور من مغناطيس مغطى بمسنن من الحديد اللين .

High static and dynamic torque

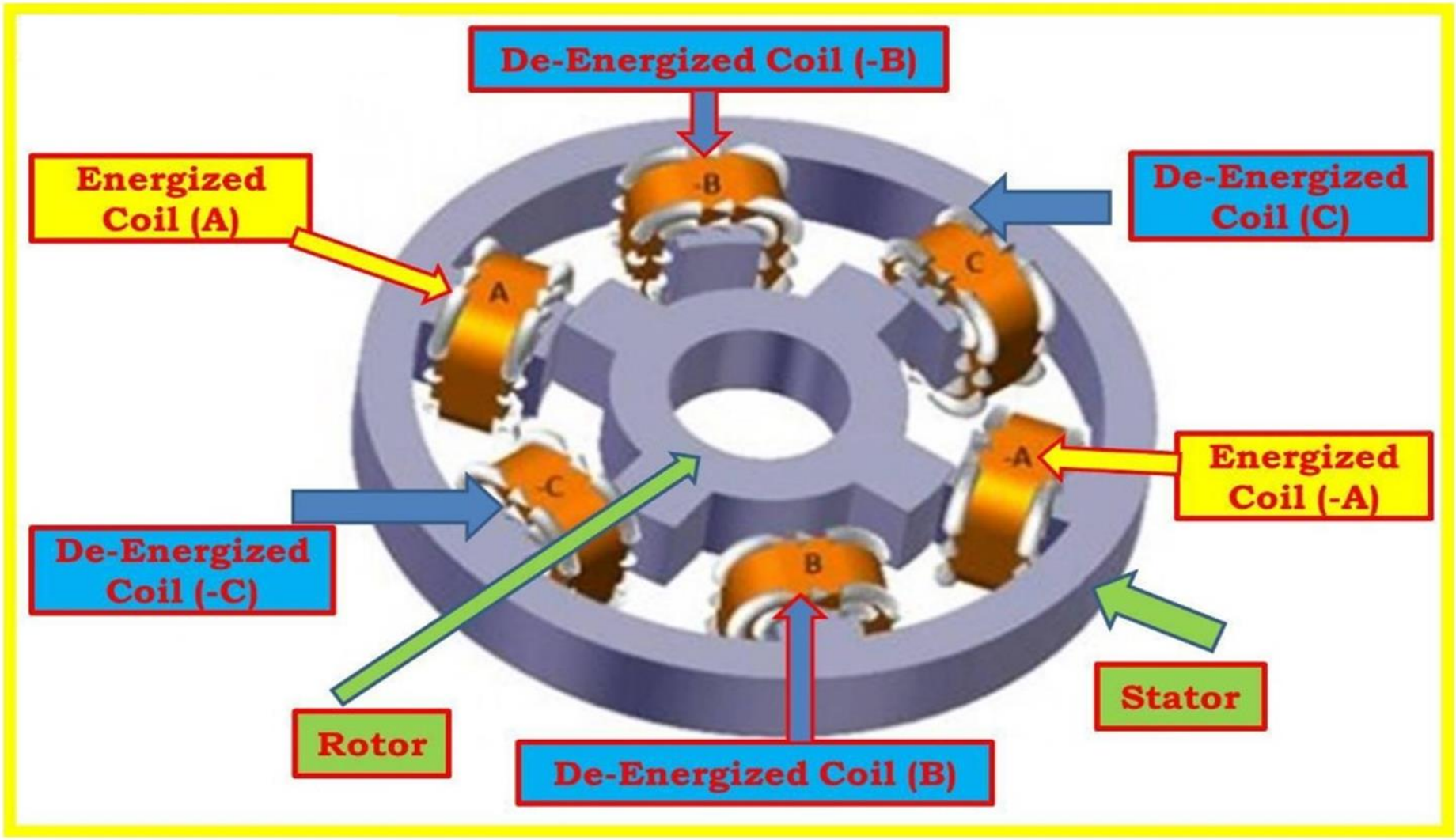
يمتاز بكفاءة عالية

المحركات الخطوية ذات الممانعة المتغيرة

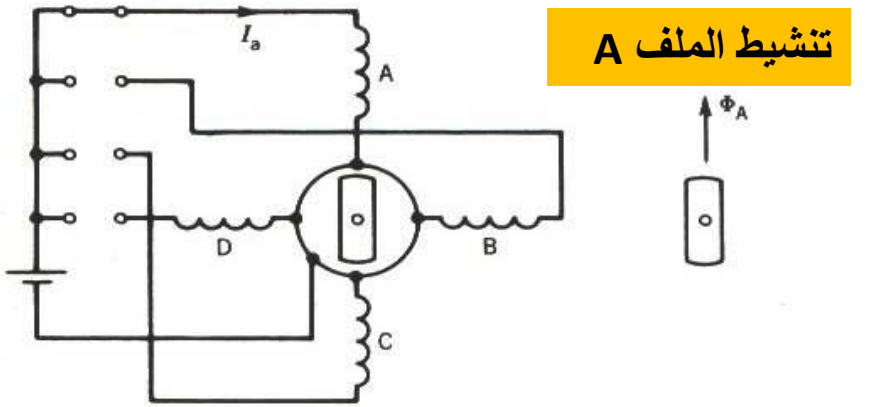
VARIABLE RELUCTANCE STEPPER MOTORS



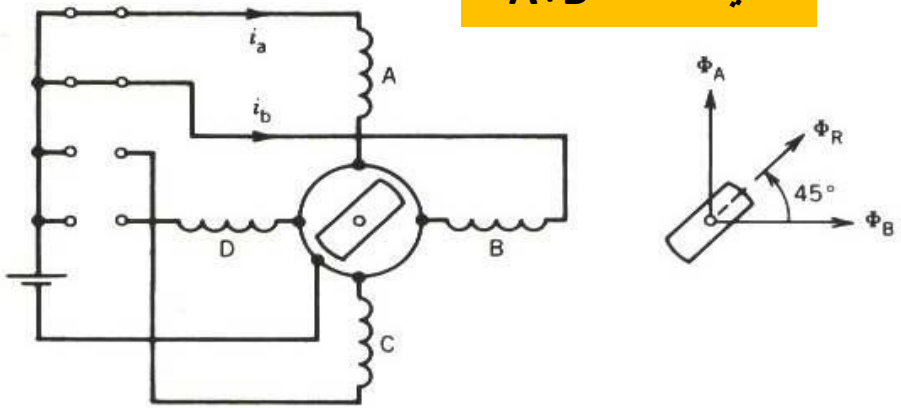
- يبين الشكل البنية الأساسية لمحرك ثنائي القطبية بأربع اطوار.
- يتكون الجزء الدائر من قطعة واحدة single-stack من الصفائح الفولاذية بدون ملفات.
- بينما يتشكل الجزء الثابت من ملفات الطور حول أقطاب الجزء الثابت.
- يعتمد المبدأ الرئيسي للتشغيل على محاذاة مجموعة واحدة فقط من أقطاب الجزء الثابت والعضو المتحرك عن طريق تنشيط ملفات الجزء الثابت. لذلك، يجب أن يكون عدد الأقطاب في ملفات الجزء الثابت والدوار مختلفًا.
- يتم تنشيط ملفات الجزء الثابت بواسطة مصدر DC وحيد لتوليد مجال مغناطيسي متقطع دوار في الفجوة الهوائية مشكلا عزم دوار متقطع على محور الدائر.


De-Energized Coil (-B)
Energized Coil (A)
De-Energized Coil (C)
Energized Coil (-A)
De-Energized Coil (-C)
Rotor
Stator
De-Energized Coil (B)
-B
A
C
-A
-C
B

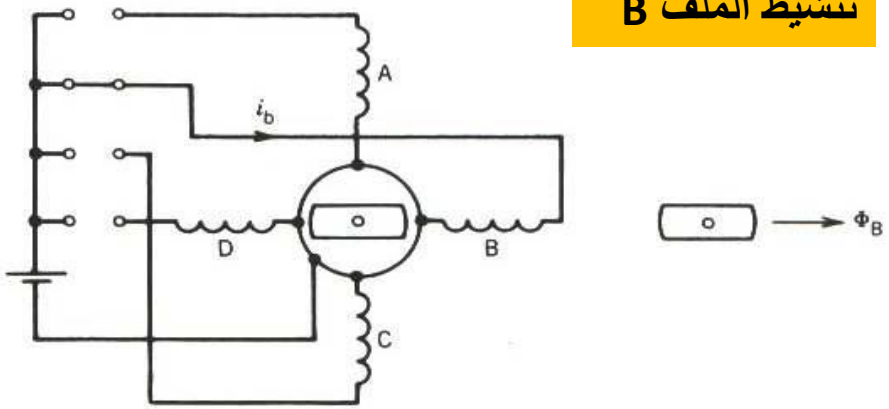
تنشيط الملف A



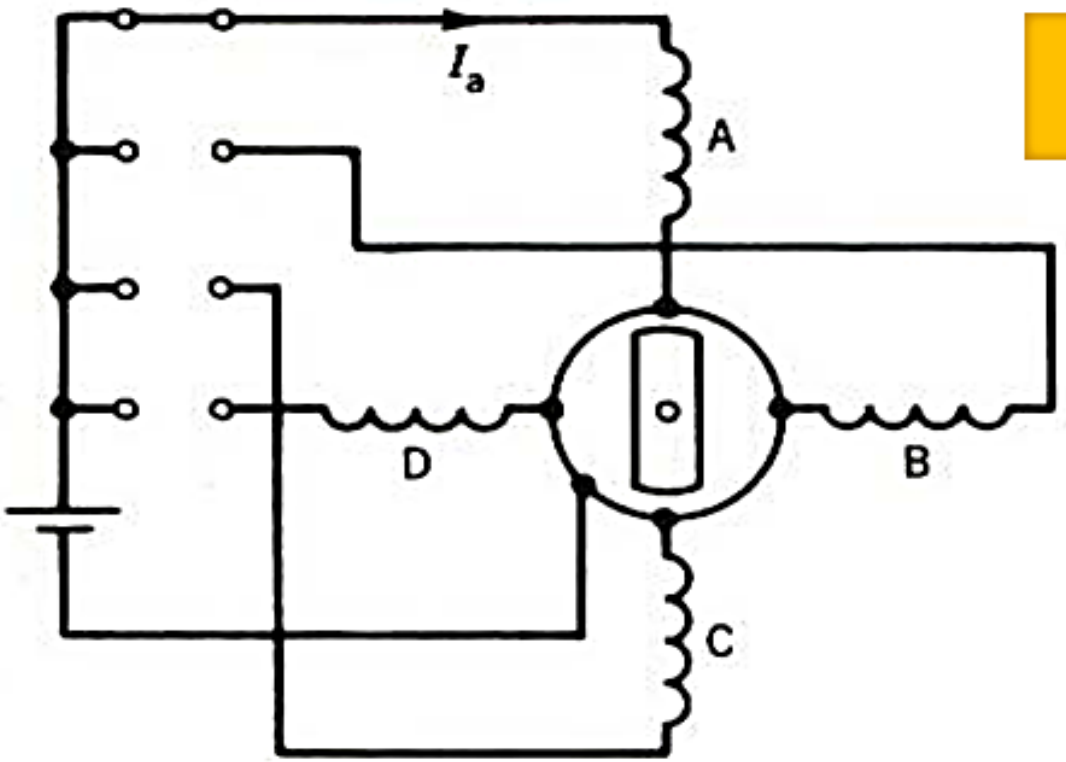
تنشيط الملف A+B



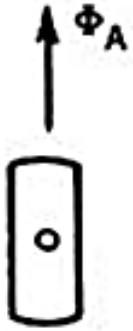
تنشيط الملف B



يوضح الشكل الأوضاع المختلفة لتشغيل المحرك.
خطوة المحرك المدروس تعادل 45 درجة

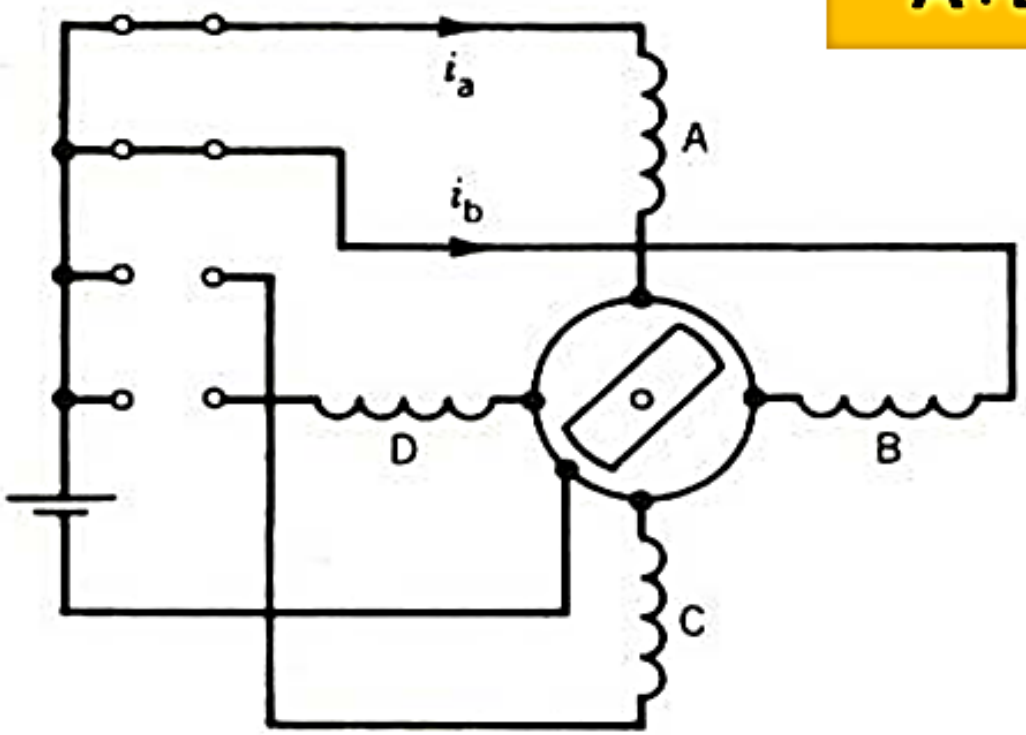


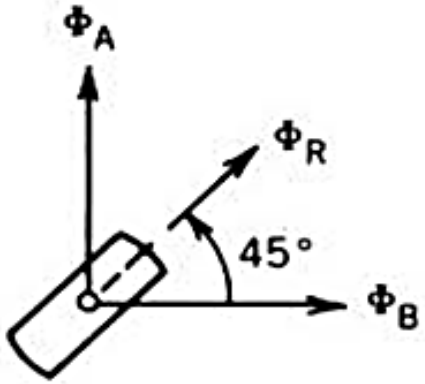
تنشيط الملف A



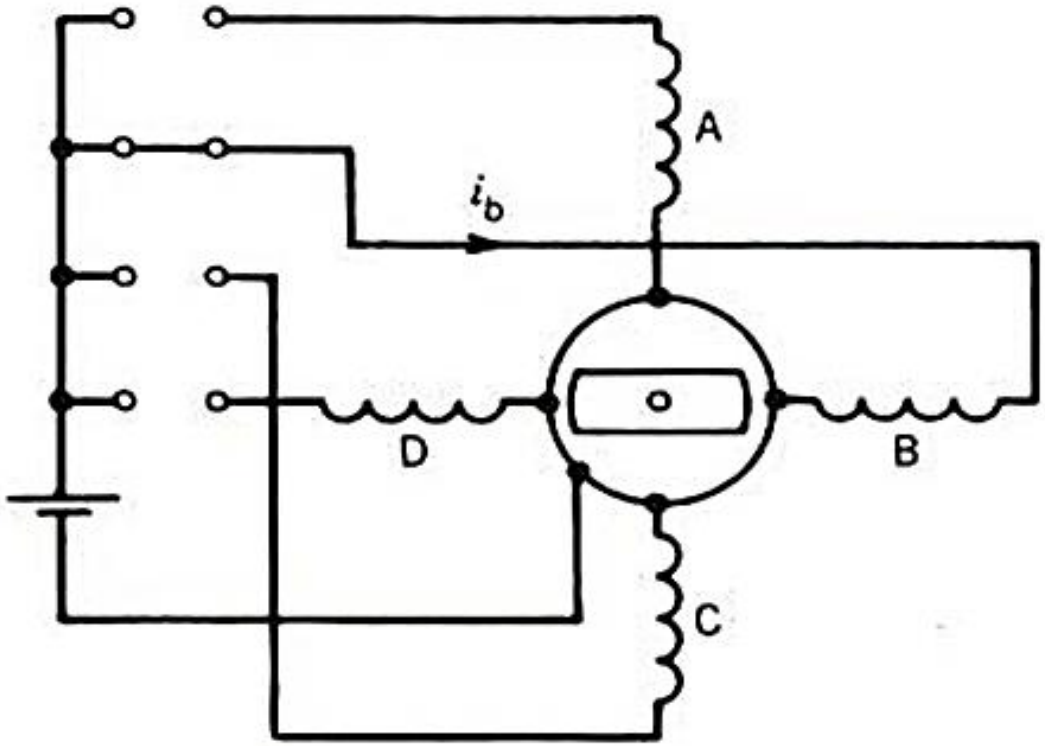
جَامعة
المَنارة
MANARA UNIVERSITY

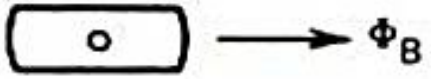
تنشيط الملف A+B





تنشيط الملف B

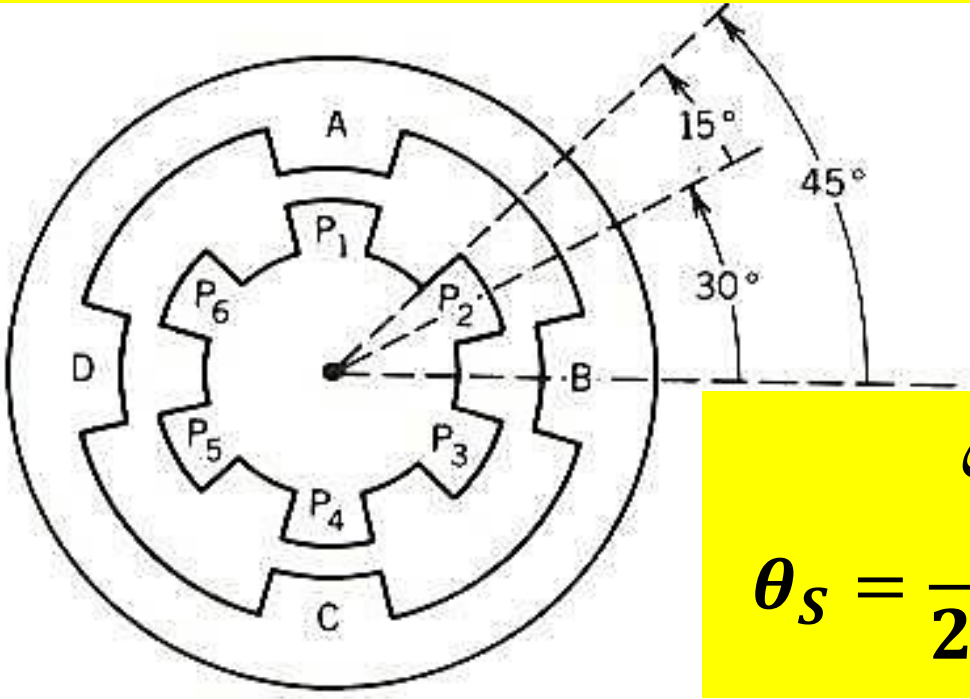




يمكن الحصول على خطوات أصغر باستخدام تكوين دائر متعدد الأقطاب (6 اقطاب للدائر)، والتي تدور في اتجاه عكس اتجاه عقارب الساعة بخطوة 15 درجة.

وفق ما يلي:

A, A+B, B, B+C, C, C+D, D, and then D+A.....



حساب خطوة الدوران

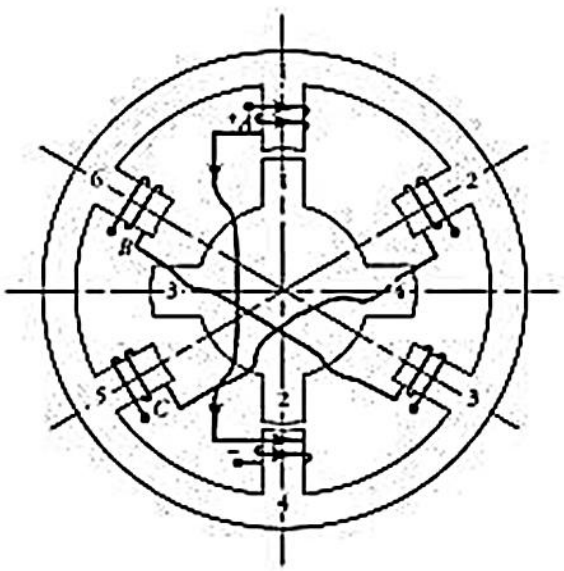
$$\theta_S = \frac{360}{2.n_p.n_\varphi} = \frac{360}{2.6.4} = 15$$

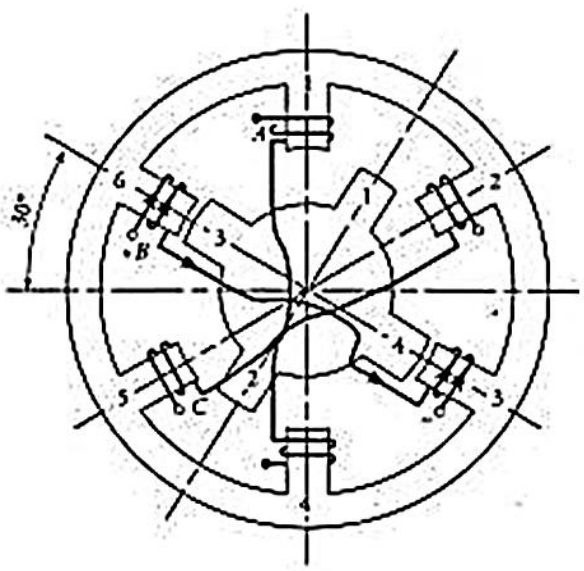
stepper motor 4-phase, 6-pole, single-stack, variable reluctance

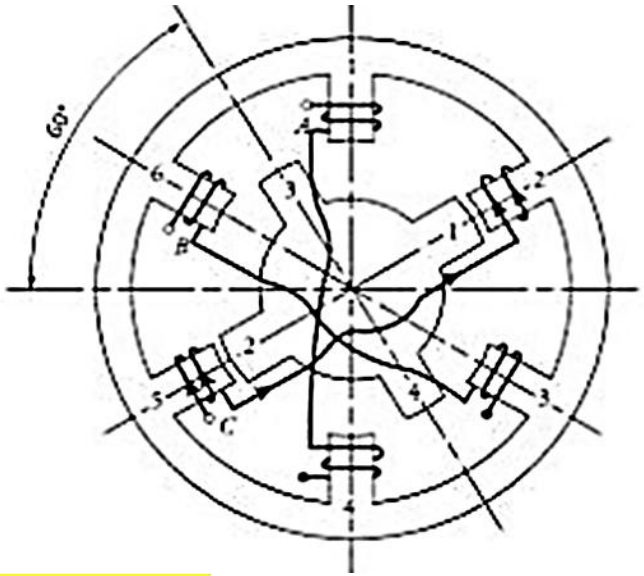
3-phase, 4-pole, variable reluctance with 30° step.

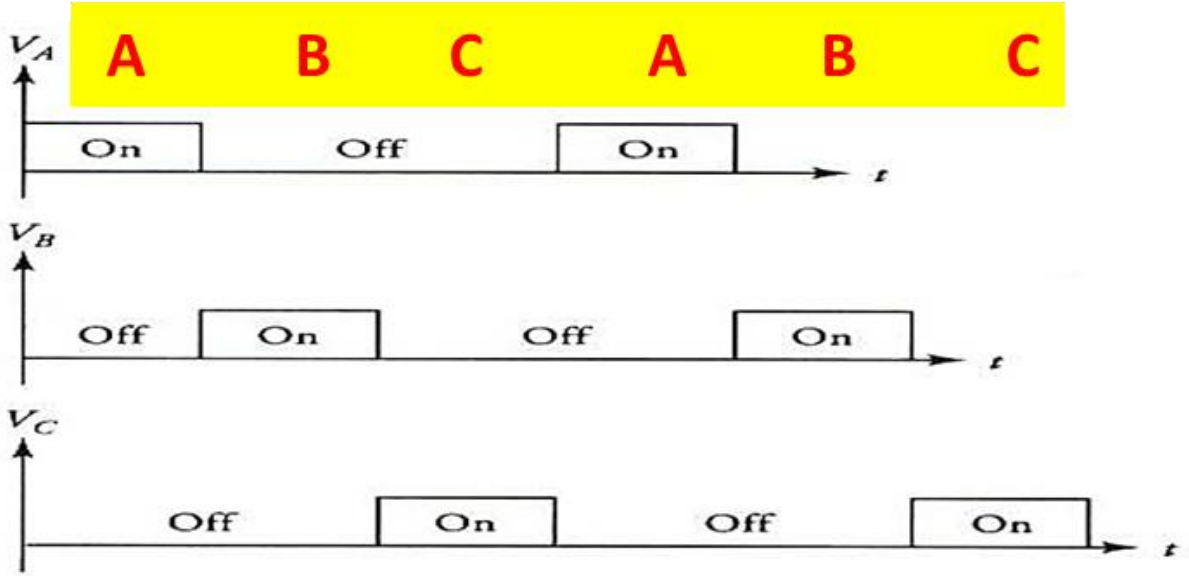
جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

clockwise direction









جَامعة
المَنارة
MANARA UNIVERSITY

Table 1 Phase switching sequence: “1” and “0” corresponds to positive and zero phase voltage

Cycle	Phase			Position δ°
	A	B	C	
1	1	0	0	0
	0	1	0	30
	0	0	1	60
2	1	0	0	90
	0	1	0	120
	0	0	1	150
3	1	0	0	180
	0	1	0	210
	0	0	1	240
4	1	0	0	270
	0	1	0	300
	0	0	1	330
5	1	0	0	360

Permanent Magnet Motors

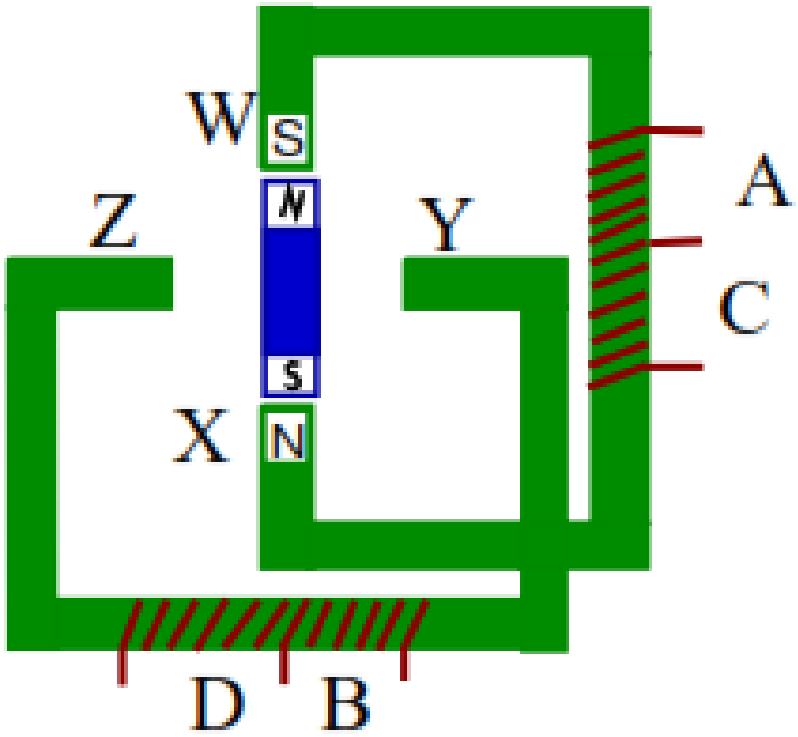
المغناطيس الدائم

الميزات benefits:

- لا يمتص نظام الإثارة (التهييج) أي طاقة كهربائية، وبالتالي لا يوجد فقدان للإثارة، وهو ما يعني زيادة كبيرة في الكفاءة.
- عزم دوران أعلى.
- أداء ديناميكي أفضل من المحركات ذات الإثارة الكهرومغناطيسية.
- تبسيط البناء والصيانة.
- تخفيض أسعار بعض أنواع الآلات.

محرك بمغناطيس دائم

بقطبية وحيدة



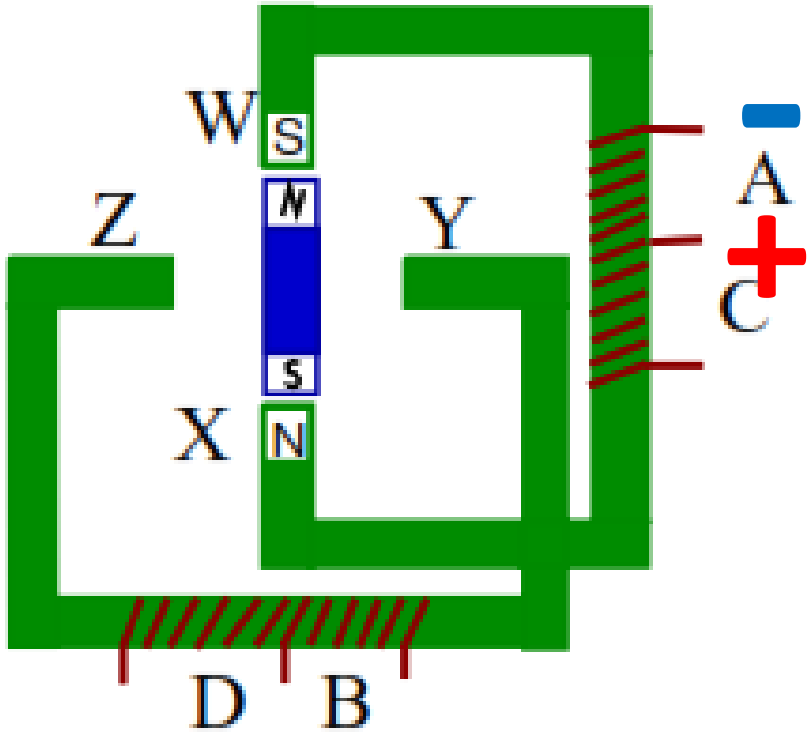
يمثل الشكل تمثيل لمحرك خطوة بمغناطيس دائم يتكون من اربع ملفات على الثابت A;B;C;D ومن مغناطيس دائم دوار (N;S) .

اسلوب التشغيل الاول :

بخطوة 90
ودوران مع عقارب الساعة

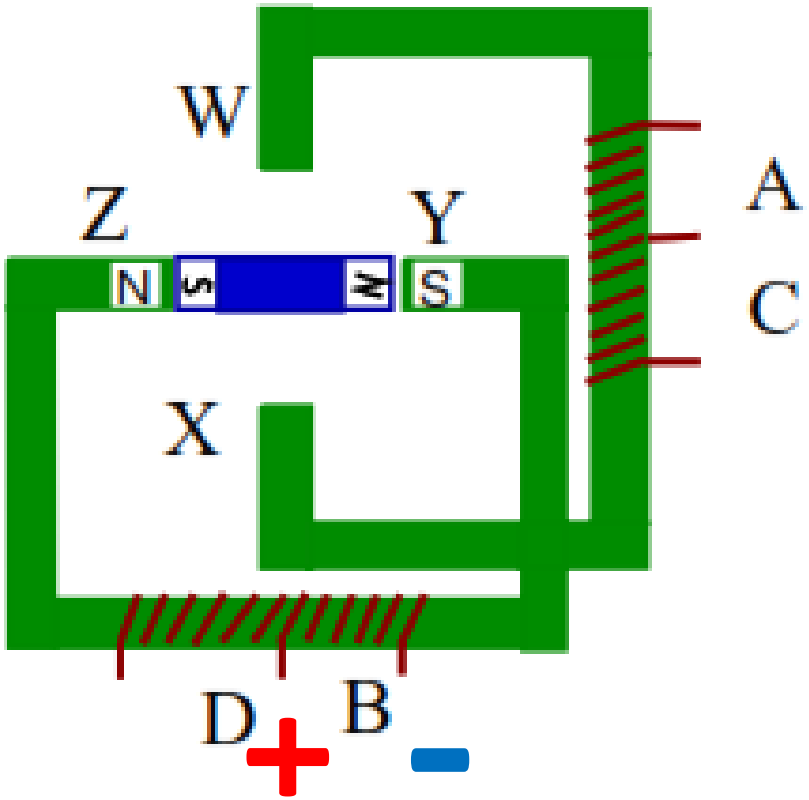
جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

الخطوة الاولى: تنشيط الملف A للثابت

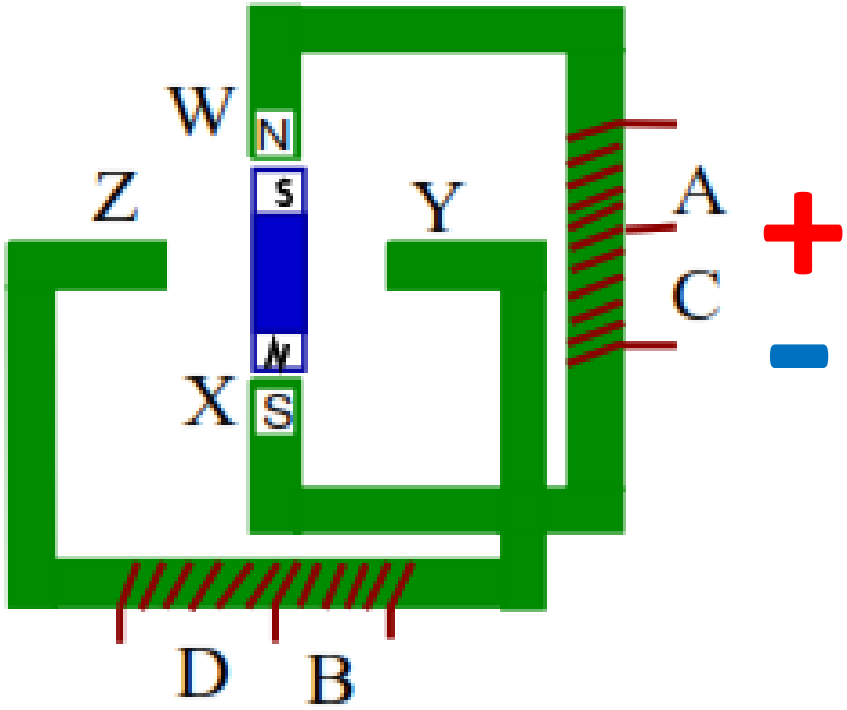


جَامعة
المَنارة
MANARA UNIVERSITY

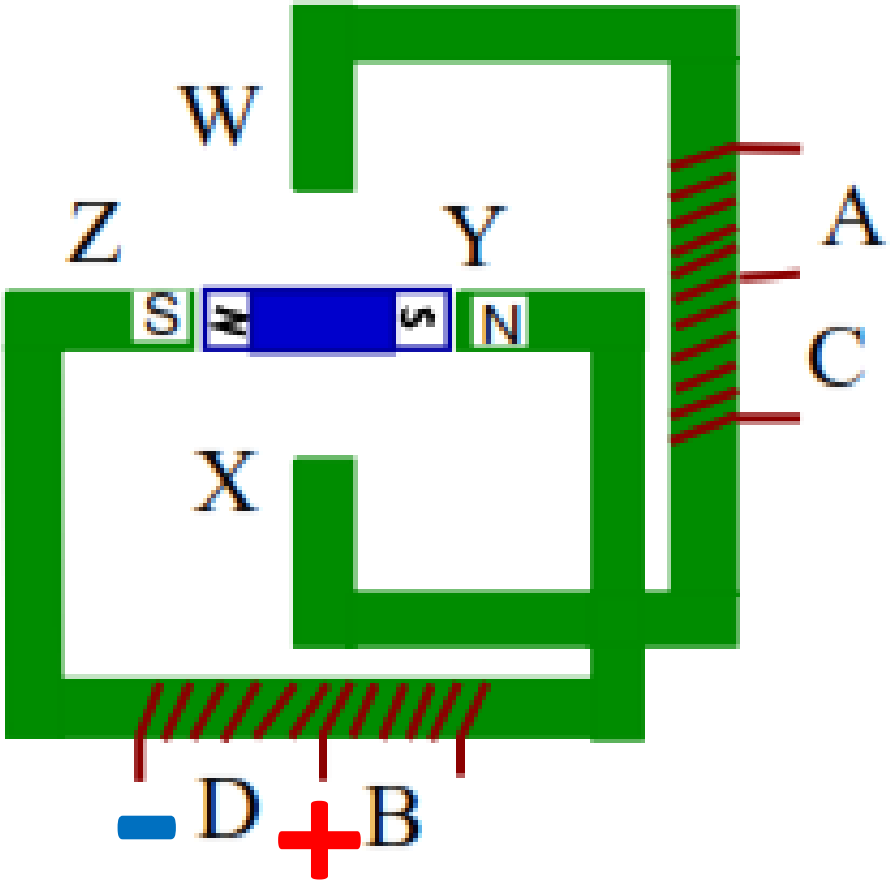
الخطوة الثانية: تنشيط الملف B للثابت



الخطوة الثالثة: تنشيط الملف C للثابت



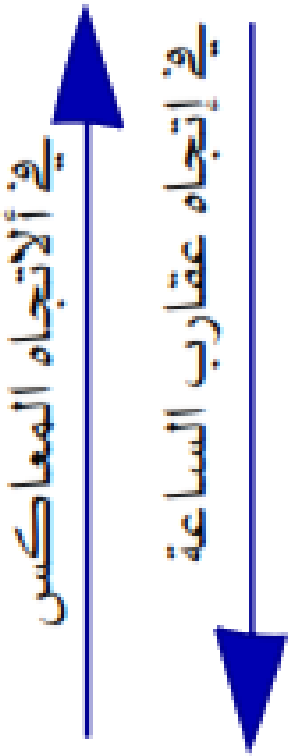
الخطوة الرابعة: تنشيط الملف D للثابت



جدول تسلسل حالات التشغيل مع وعكس عقارب الساعة

جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

حالات التشغيل	الملف A	الملف B	الملف C	الملف D
الحالة الأولى	1	0	0	0
الحالة الثانية	0	1	0	0
الحالة الثالثة	0	0	1	0
الحالة الرابعة	0	0	0	1

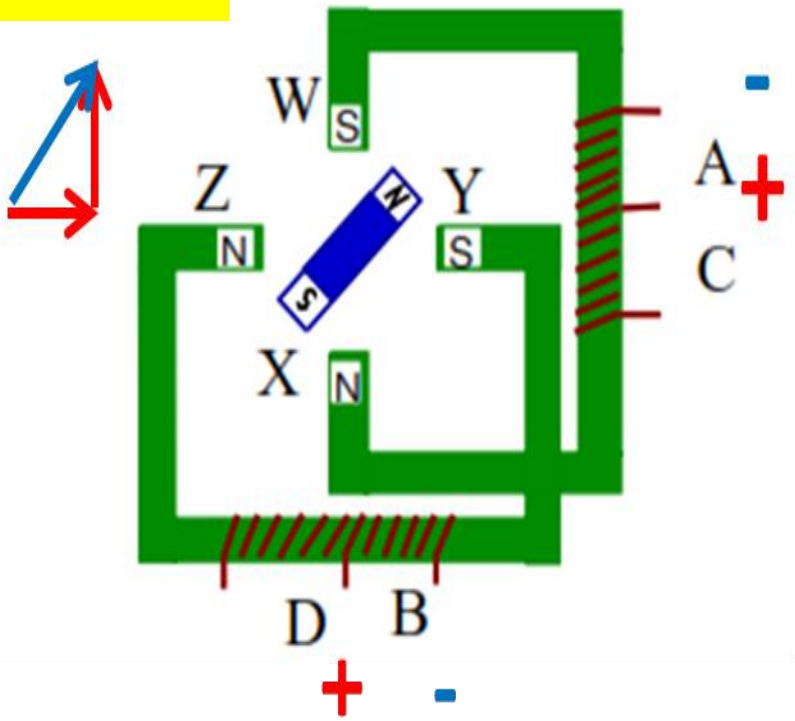


اسلوب التشغيل الثاني:

بخطوة 90
ودوران مع عقارب الساعة

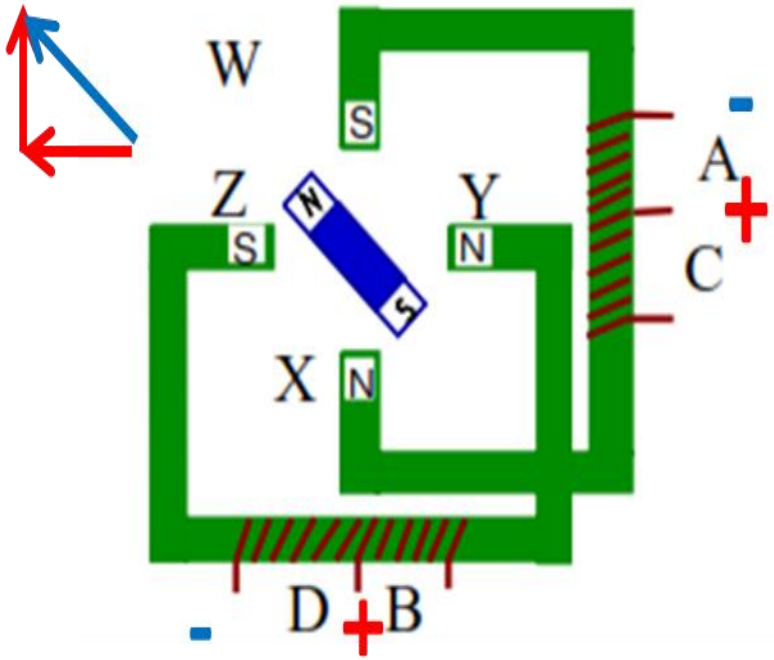
يتم في هذه الحالة على ملفين للثابت ليتمركز الدائر بين محوري ملفات الجزء الثابت المفعلة

اتجاه الحقل



A;B

اتجاه الحقل

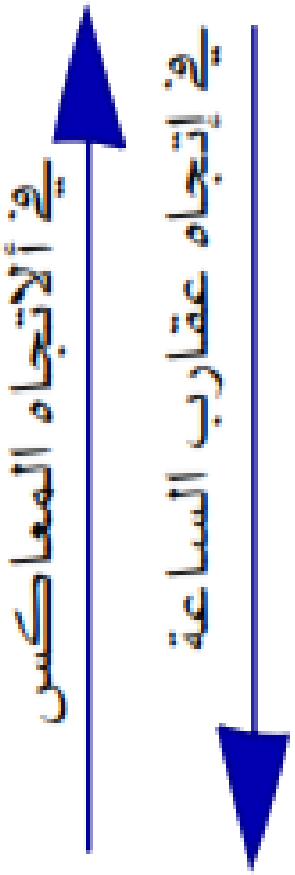


A;D

جدول تسلسل حالات التشغيل مع وعكس عقارب الساعة

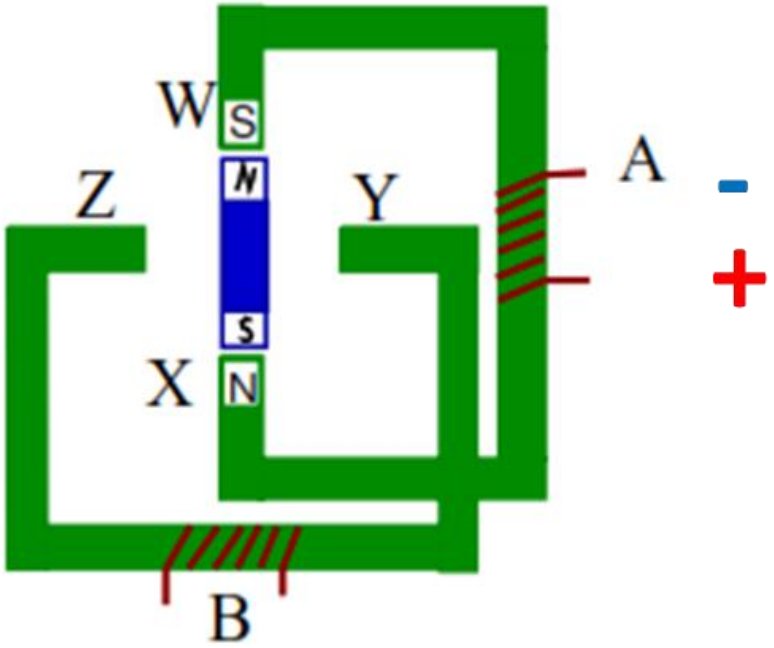
جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

حالات التشغيل	الملف A	الملف B	الملف C	الملف D
الحالة الأولى	1	0	0	1
الحالة الثانية	1	1	0	0
الحالة الثالثة	0	1	1	0
الحالة الرابعة	0	0	1	1



محرك بمغناطيس دائم

ثنائي القطبية



الاسلوب الاول :

الحالة الأولى: إثـــارة الملف (A)

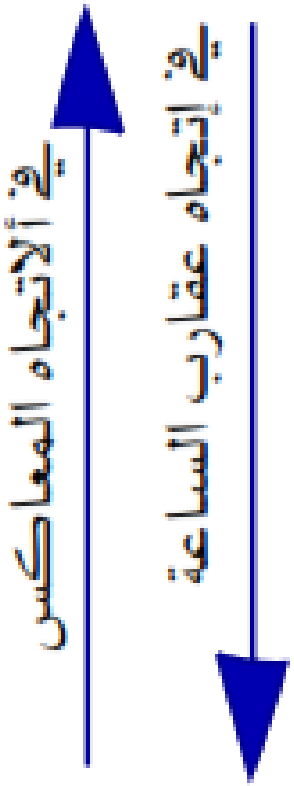
الحالة الثانية: إثـــارة الملف (B)

الحالة الثالثة : عكس قطبية الملف (A) و إثـــارته

الحالة الرابعة : عكس قطبية الملف (B) و إثـــارته

جدول التشغيل

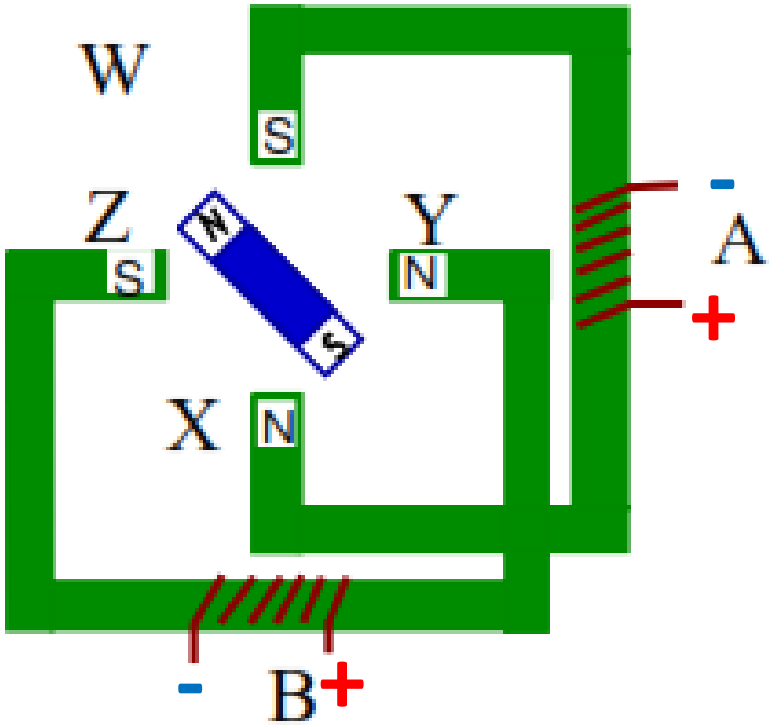
حالات التشغيل	الملف A	الملف B
الحالة الأولى	1	0
الحالة الثانية	0	1
الحالة الثالثة	-1	0
الحالة الرابعة	0	-1



محرك بمغناطيس دائم

ثنائي القطبية

الاسلوب الثاني:
تنشيط ملفين للثابت بوقت واحد



الحالة الأولى:

إثـــارة الملف (A)

إثـــارة الملف (B)

الحالة الثانية:

إثـــارة الملف (A)

عكس قطبية الملف (B) و إثـــارته

الحالة الثالثة :

عكس قطبية الملف (B) و إثـــارته

عكس قطبية الملف (A) و إثـــارته

الحالة الرابعة:

عكس قطبية الملف (A) و إثـــارته

إثـــارة الملف (B)

جدول التشغيل

حالات التشغيل	الملف A	الملف B
الحالة الأولى	1	1
الحالة الثانية	1	-1
الحالة الثالثة	-1	-1
الحالة الرابعة	-1	1