Lecture 3

جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

محركات التيار المستمر

DC MOTORS

DR. BASSAM ATIEH

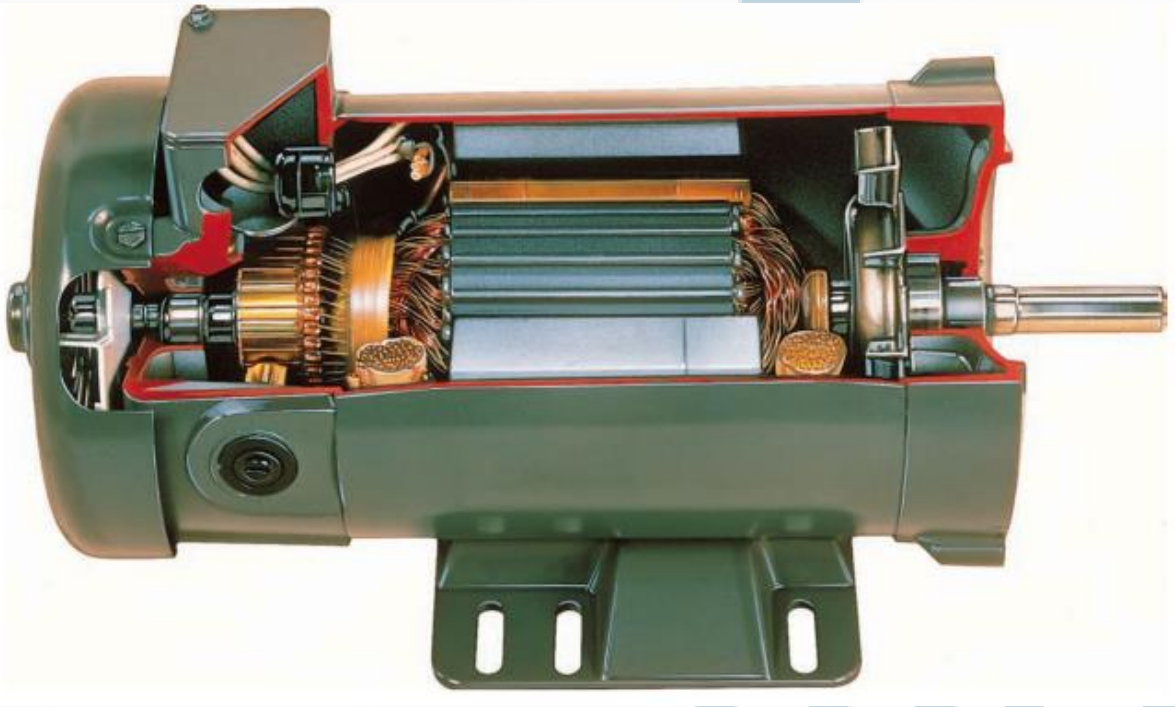
MANARA UNIVERSITY

مقدمة:

- يلعب محرك التيار المستمر دورًا مهمًا في الصناعة.
- محرك التيار المستمر هو أحد فئات المحركات الكهربائية الدوارة التي تحول الطاقة الكهربائية الحالية المباشرة إلى طاقة ميكانيكية.
- تعتمد الأنواع الأكثر شيوعًا على القوى التي تنتجها المجالات المغناطيسية.
- تحتوي جميع أنواع محركات التيار المستمر تقريبًا على بعض الآليات الداخلية، إما كهروميكانيكية أو إلكترونية، لتغيير اتجاه التيار في جزء من المحرك بشكل دوري.

جامعة المنارة MANARA UNIVERSITY

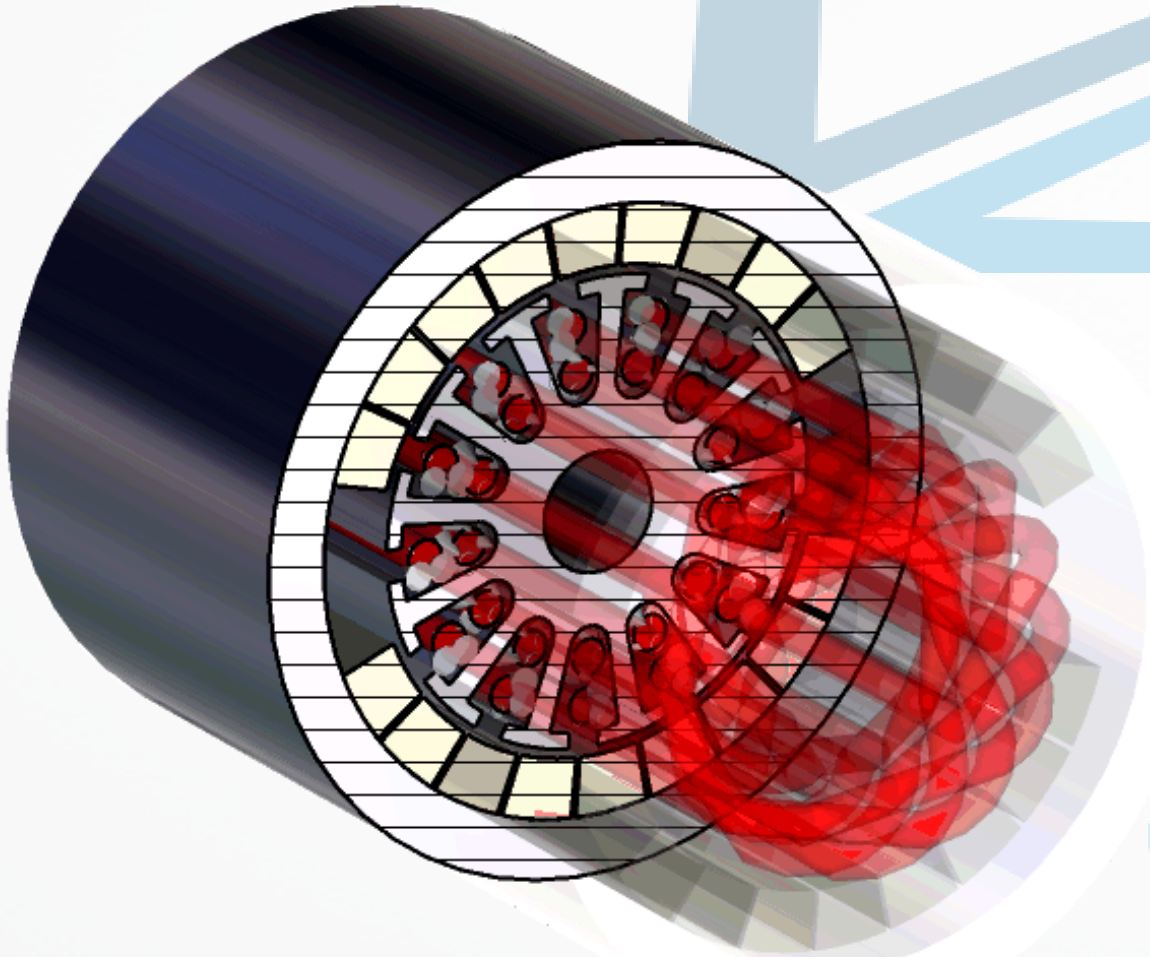
مبدأ عمل محرك التيار المستمر

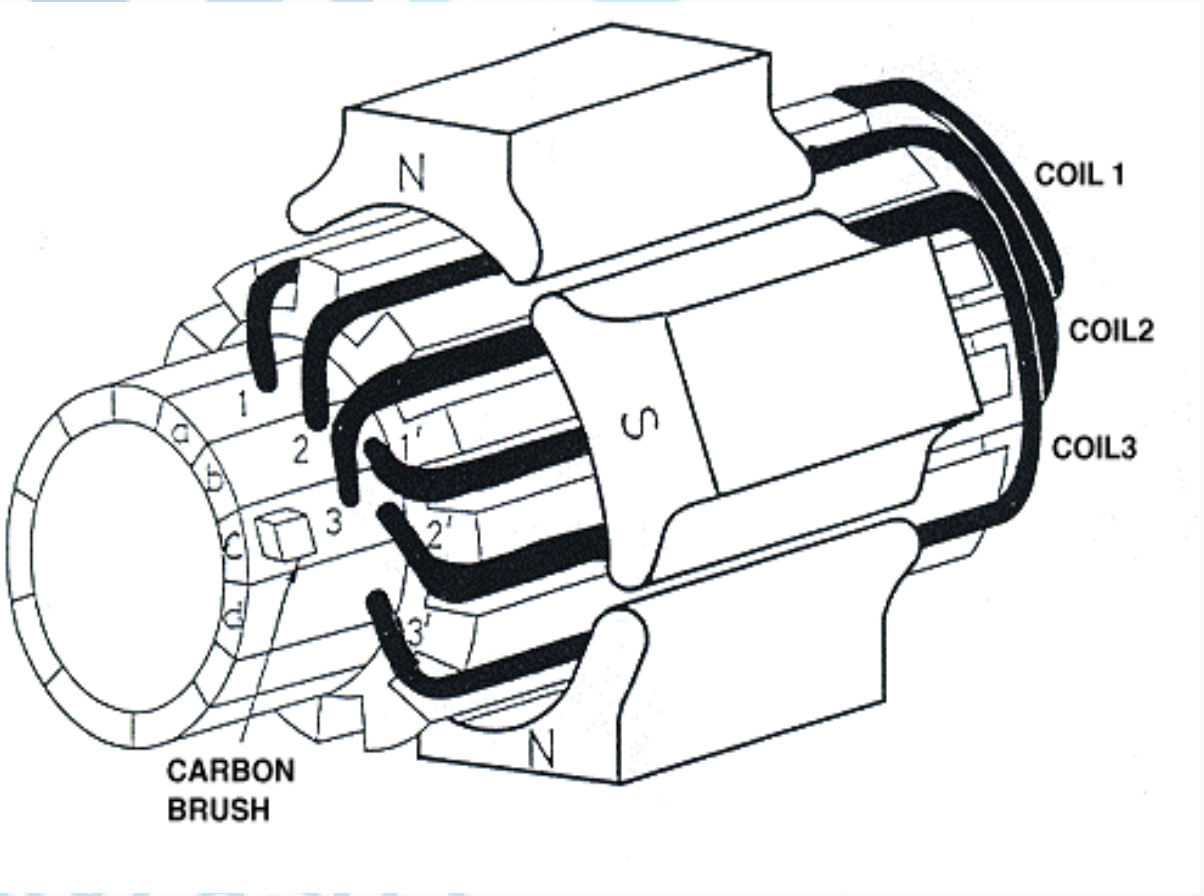


محرك التيار المستمر هو الجهاز الذي يحول التيار المستمر إلى عمل ميكانيكي. وهو يعمل على مبدأ قانون لورنتز الذي ينص على أن "الموصل الحامل للتيار الموضوع في مجال مغناطيسي وكهربائي يتعرض لقوة". وهذه القوة تسمى قوة لورنتز. تحدد قاعدة فليمنج لليد اليسرى اتجاه القوة.

جامعة المنارة MANARA UNIVERSITY

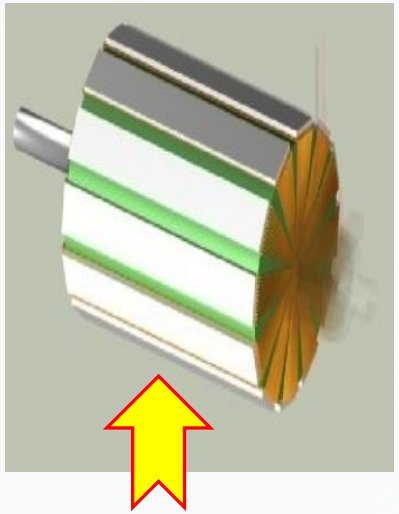
DC Motors Construction



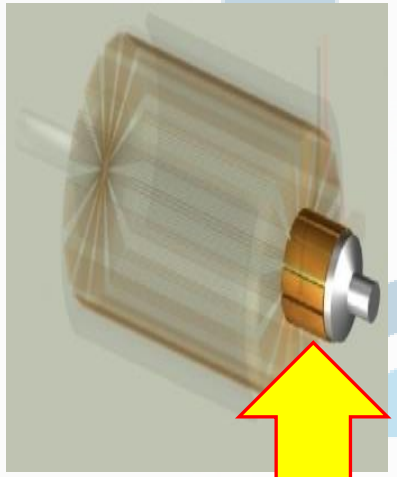


MOTORS CONSTRUCTION

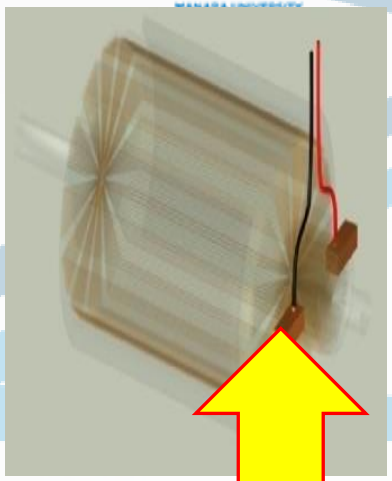
بنية محركات DC



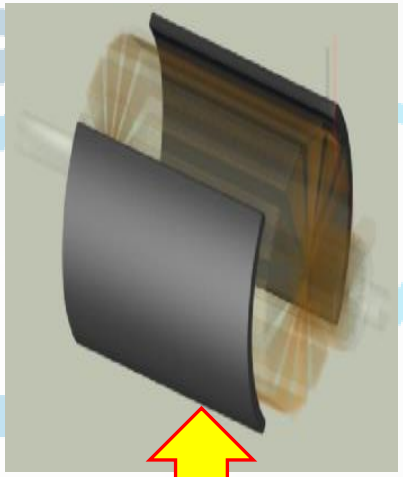
+



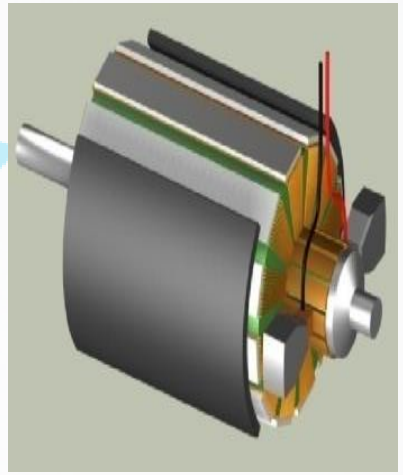
+



+



=



Rotor:
Armature conductor are connected to the Commutator

Commutator
Mechanical rectifier converts ac to dc

Brushes
connector between armature and power adjusted using the spring

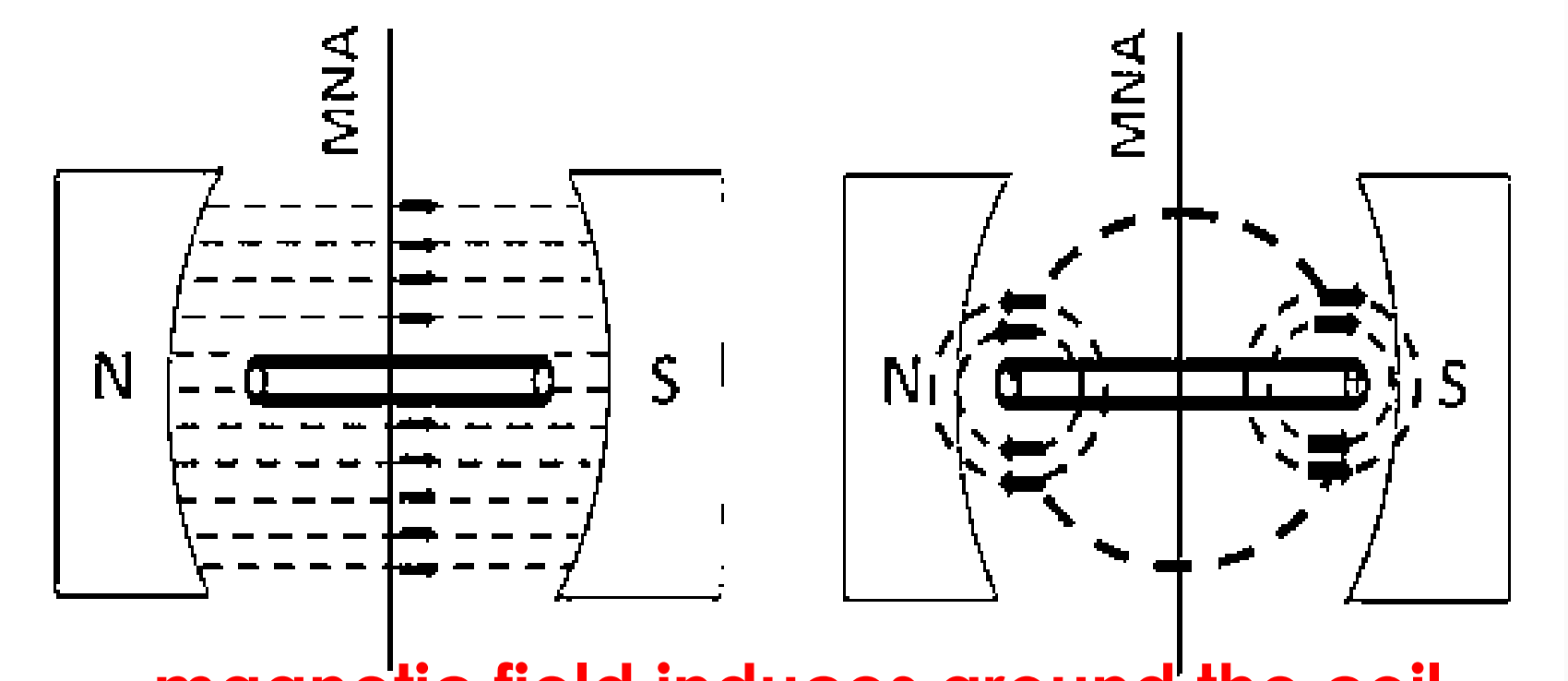
Stator
Produces an external flux

DC Machine

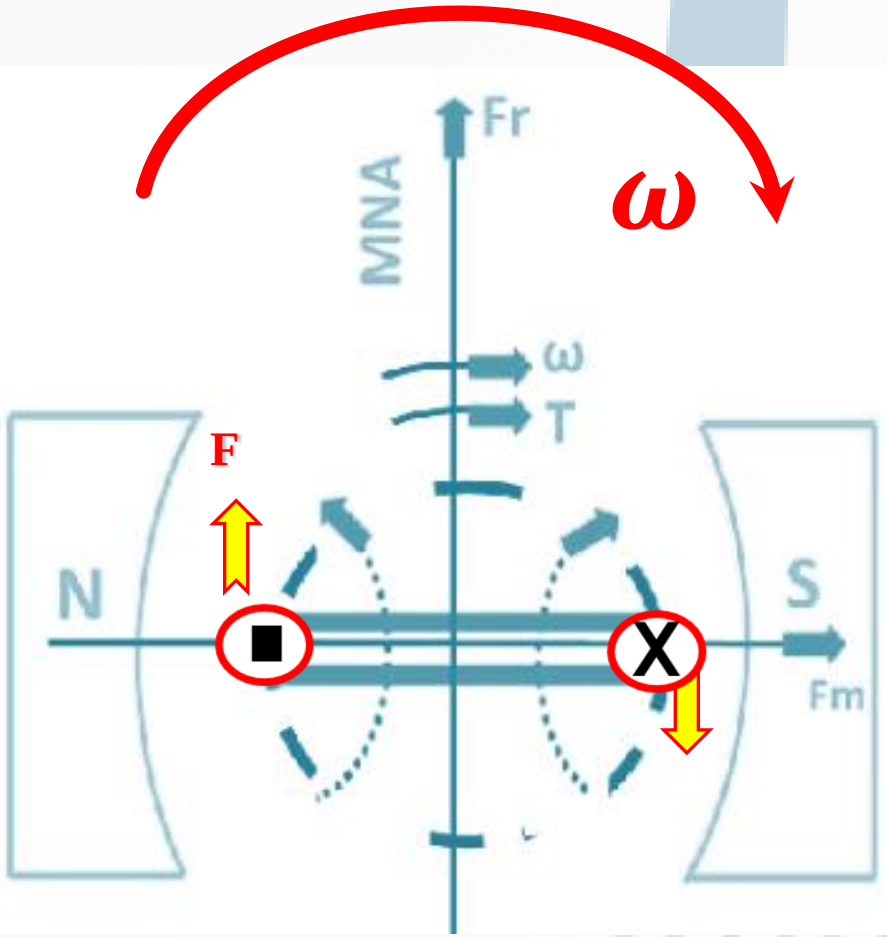
جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

- يعتبر الجزء الدوار والجزء الثابت هما الجزأين الرئيسيين لمحرك التيار المستمر. يمثل عضو الإنتاج بالجزء الدوار.
- يتم توصيل ملف الجزء الدوار بمصدر التيار المستمر.
- يحتوي الملف الدائر على المبدل والفحمات.
- يقوم المبدل بتحويل التيار من المصدر الكهربائي الى ملف الجزء الدوار للمحرك.
- يتم وضع الجزء الدوار للمحرك بين القطب الشمالي والجنوبي للمغناطيس الدائم أو الكهربائي.

- عندما يتم إعطاء مصدر التيار المستمر إلى ملف عضو الإنتاج، يبدأ التيار بالتدفق من خلاله. يطور هذا التيار مجاله الخاص حول الملف.



magnetic field induces around the coil.

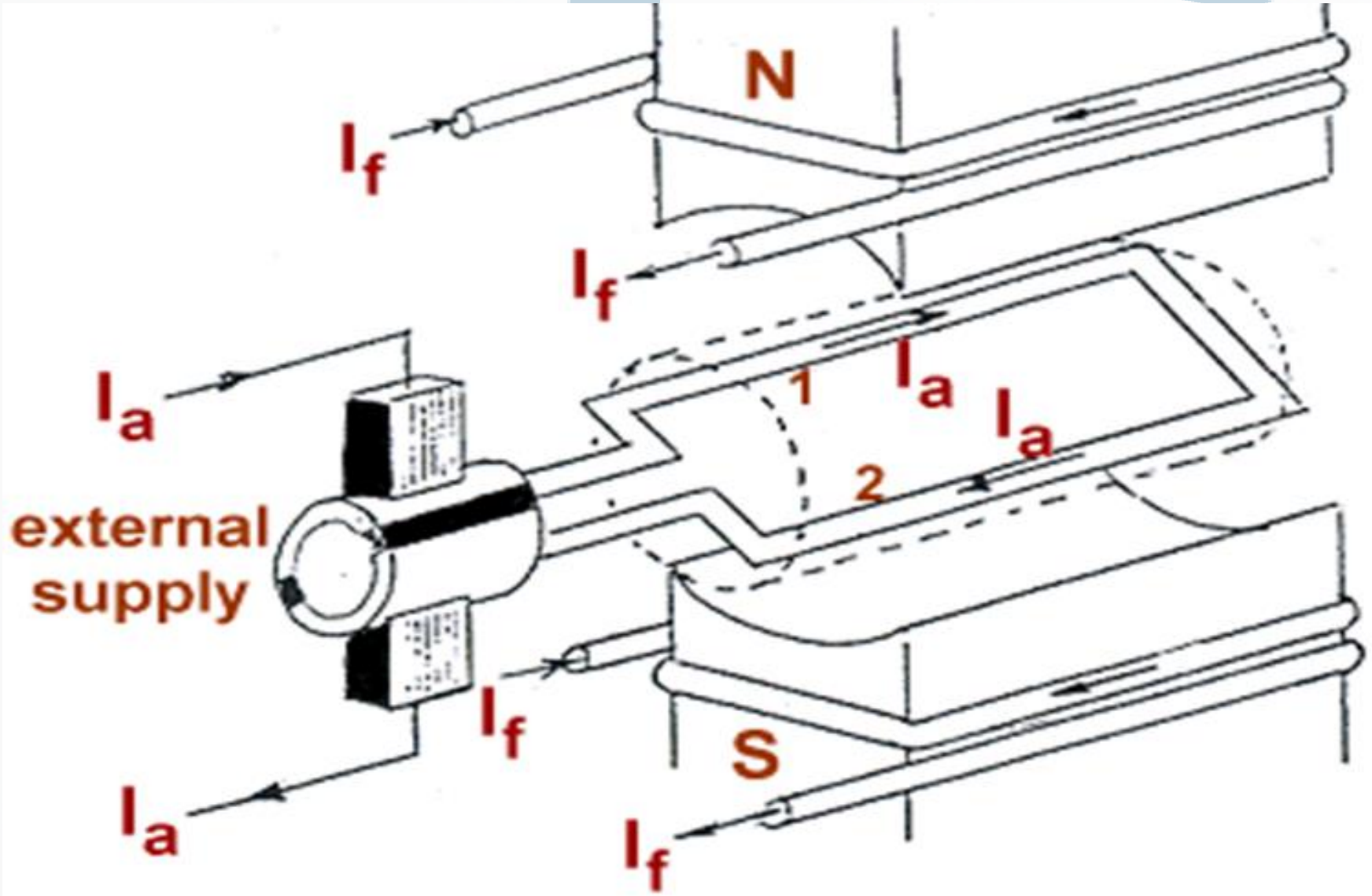


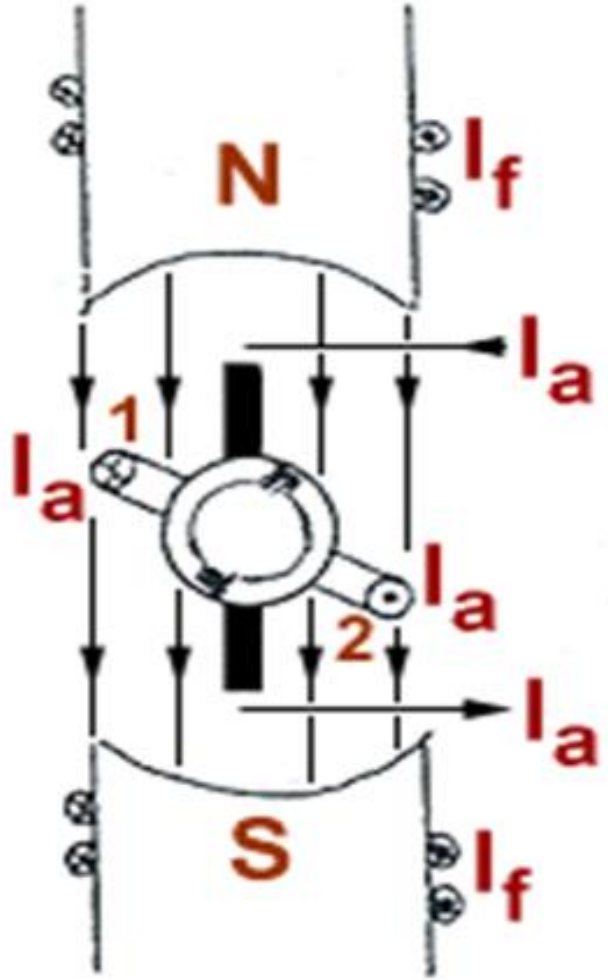
- من خلال تفاعل المجالات (التي ينتجها الملف والمغناطيس)، يتطور المجال الناتج عبر الموصل. ويميل الحقل الناتج إلى استعادة موقعه الأصلي، أي في محور المجال الرئيسي.
- يؤثر المجال بقوة على طرفي الموصل، وبالتالي يبدأ الملف في الدوران

$$F=B.I.L$$

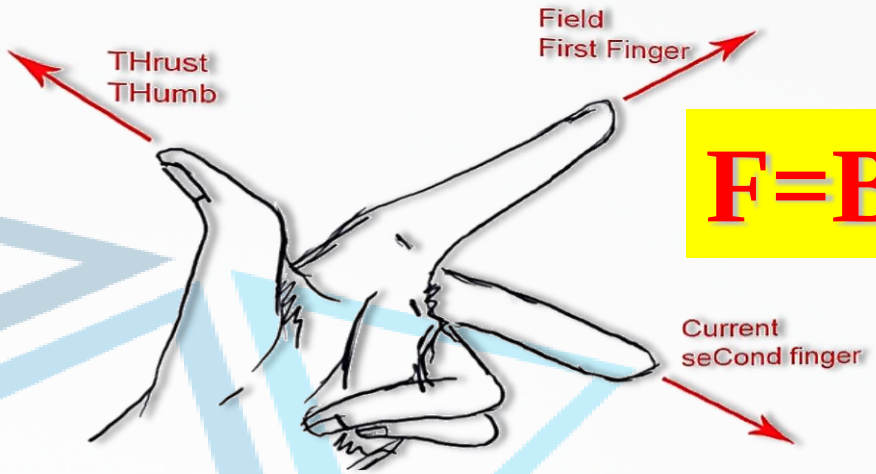
- يصبح عزم الدوران المستحث في الملف صفرًا عندما يكون ملف عضو الإنتاج متعامدًا مع المجال الرئيسي.
- عزم الدوران الصفري يعني توقف المحرك عن الدوران.
- لحل هذه المشكلة، يتم استخدام عدد من الملفات الموزعة على محيط الدائر. لذا، إذا كان أحد ملفاتها متعامدًا مع المجال، فإن الملفات الأخرى تولد عزم الدوران، ليتحرك الدوار بحركة دورانية مستمرة.
- أيضًا، للحصول على عزم الدوران المستمر، يتم الاحتفاظ بالترتيب بحيث أنه عندما تقطع الملفات المحور المغناطيسي المحايد للمغناطيس، يصبح اتجاه التيار في الملفات معكوسًا. يمكن القيام بذلك بمساعدة المبدل.

جَامعة
المَنارة
MANARA UNIVERSITY



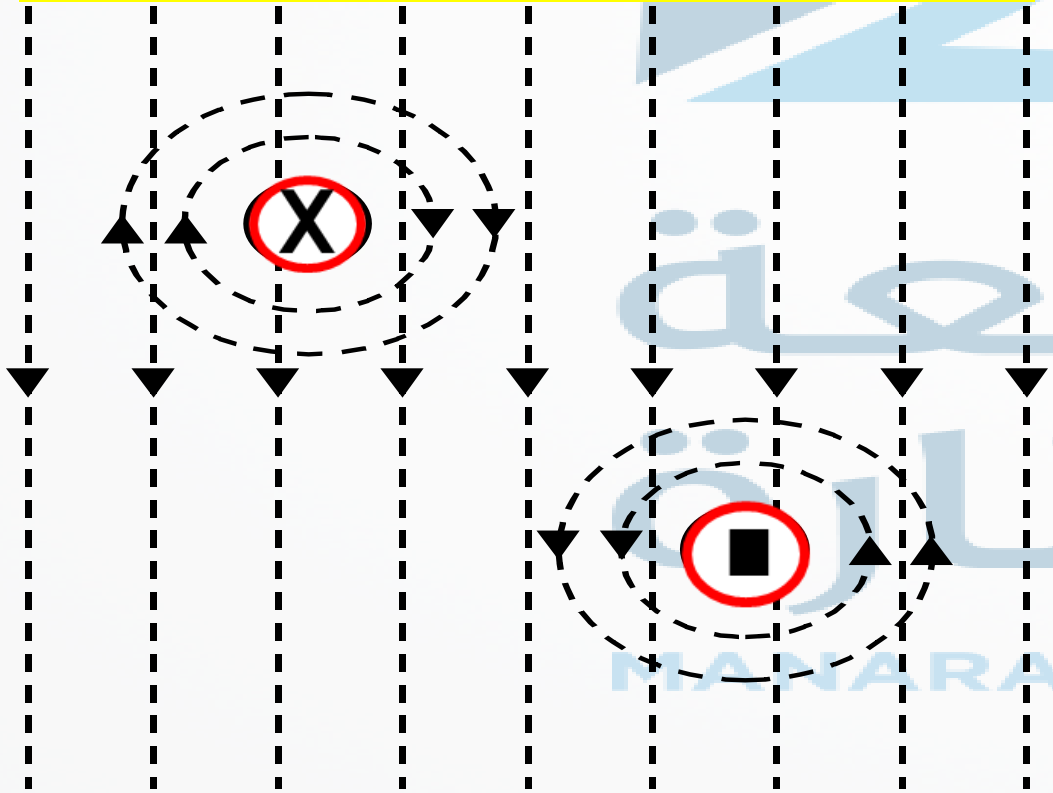


Fleming Left Hand Rule

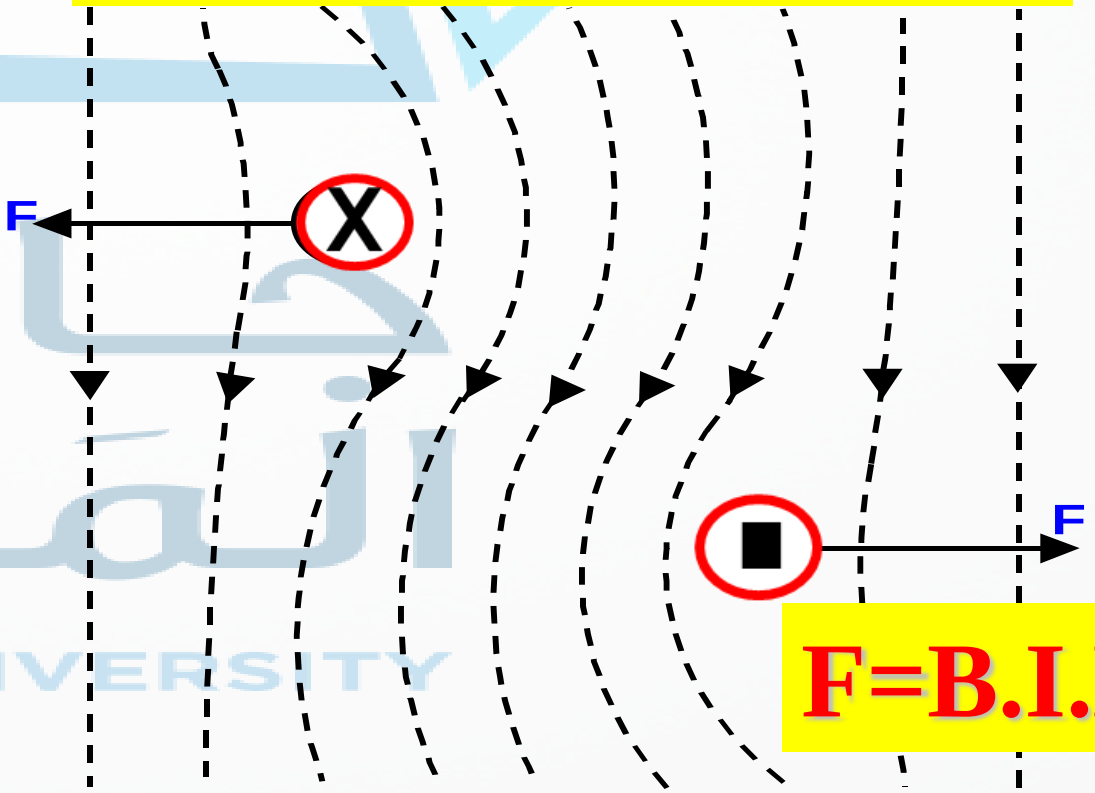


F=B.I.L

Magnetic field due to Stator and Filed

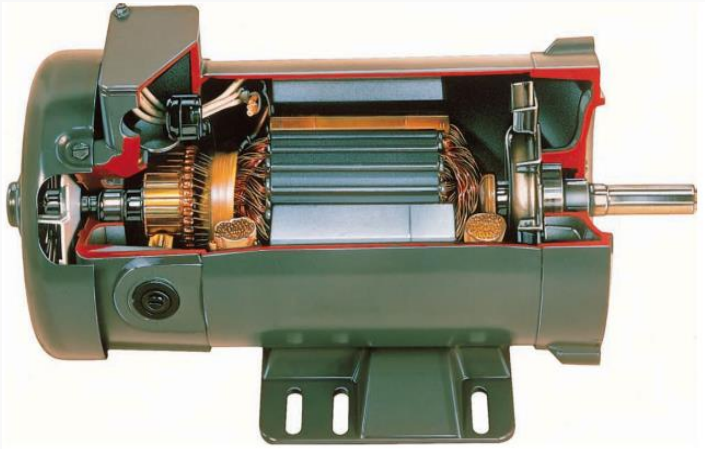


Stator and Filed Magnetic interaction



F=B.I.L

MANARA UNIVERSITY

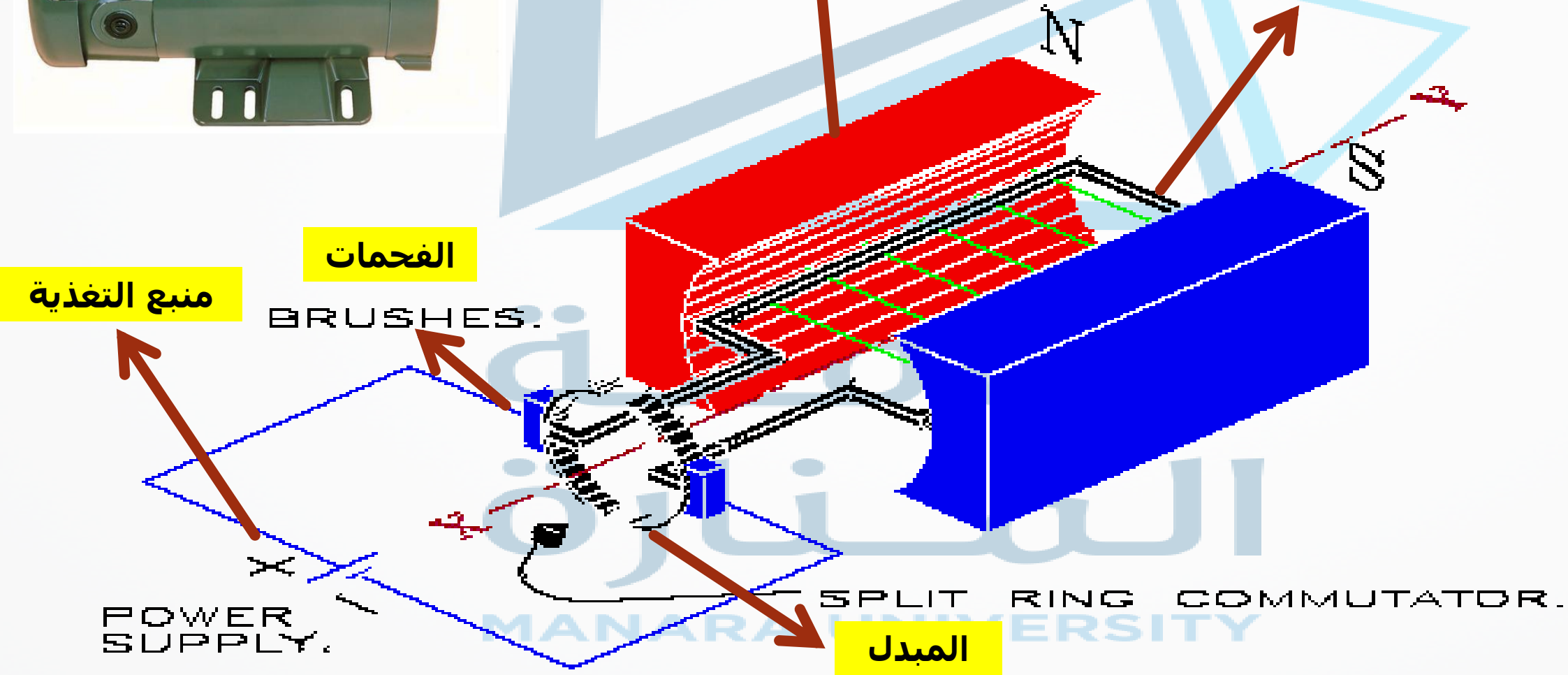


القطب الشمالي للثابت

ملفات الدائر

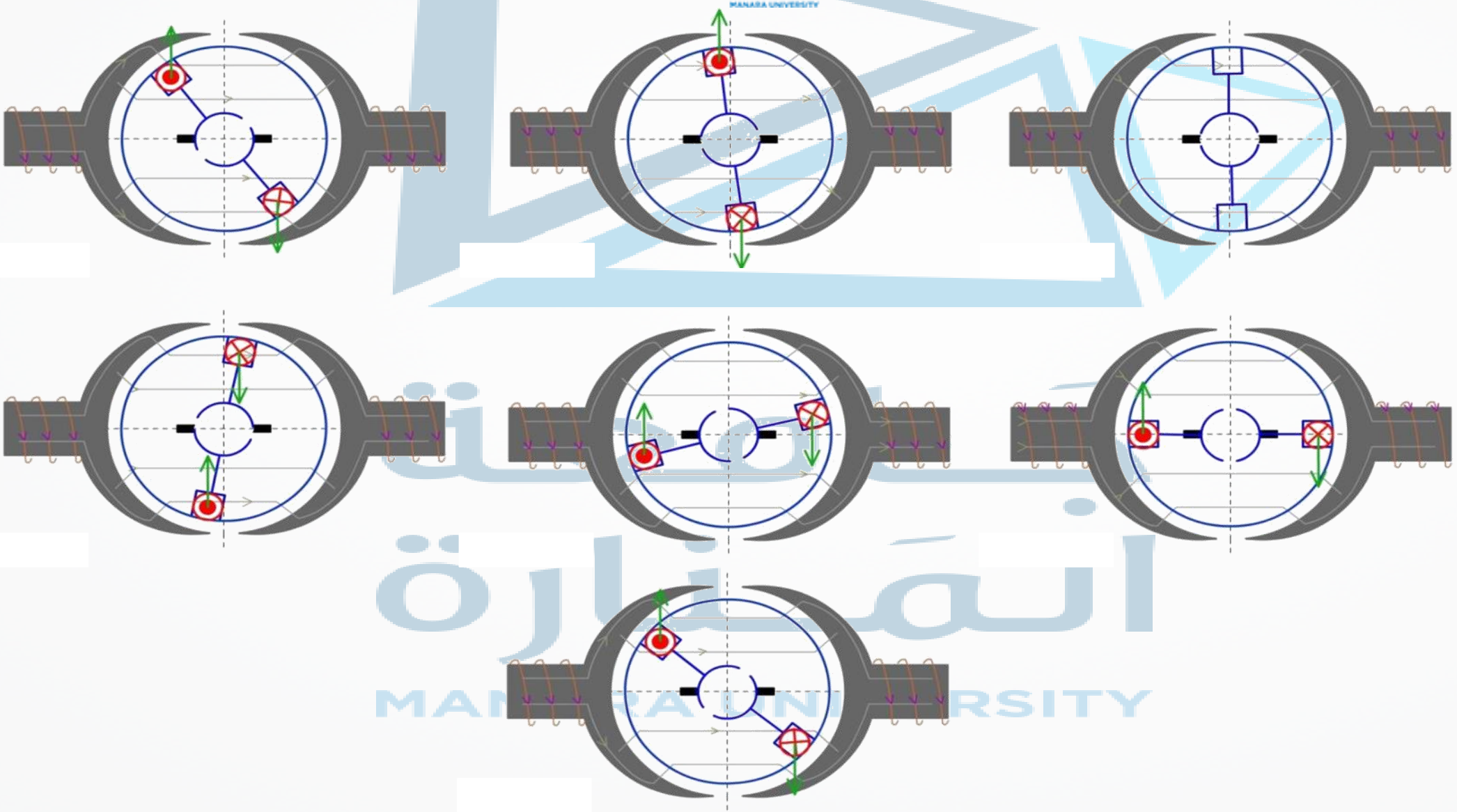
الفحمات

منبع التغذية

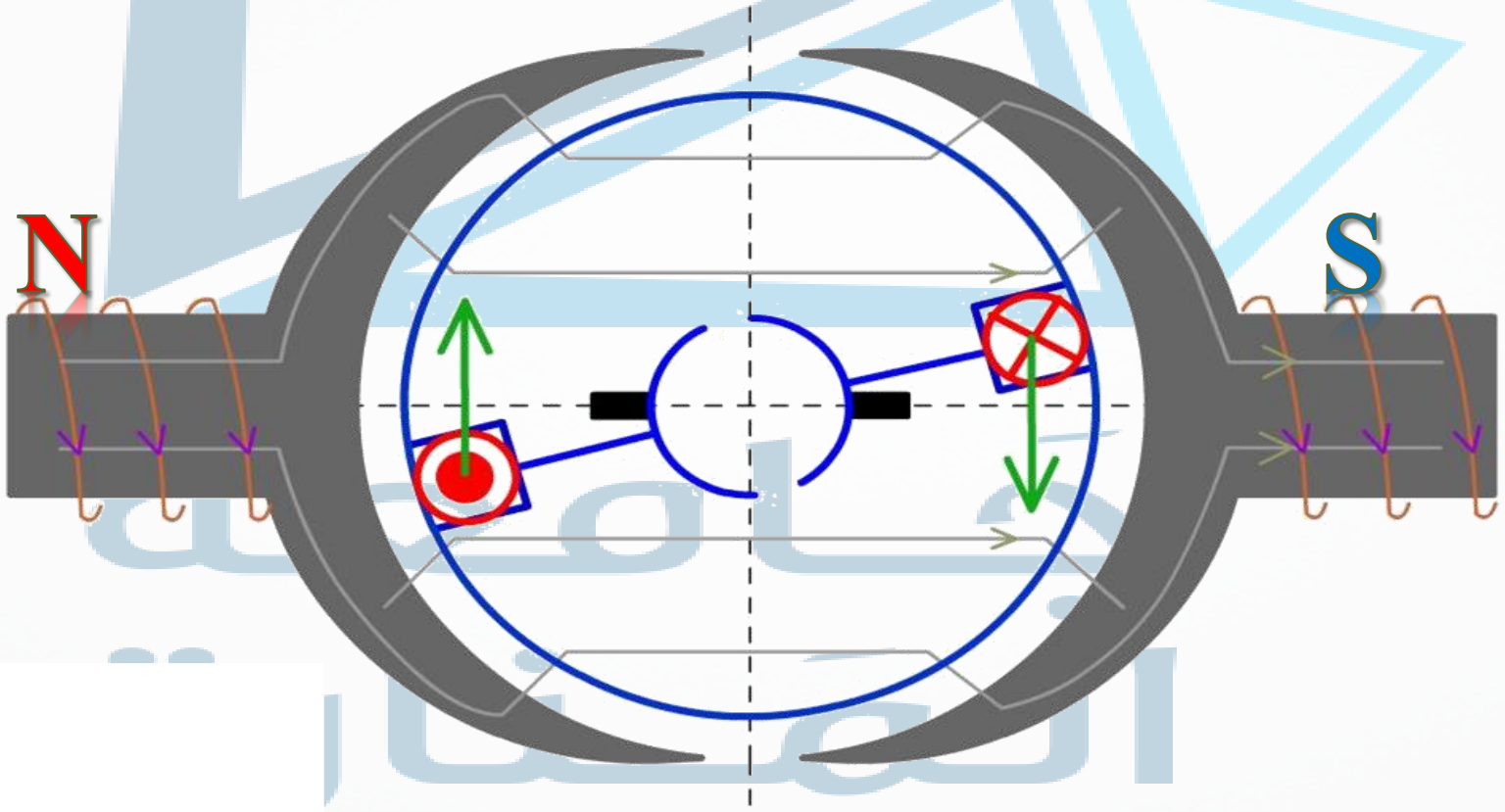


المبدل

Fleming Left Hand Rule

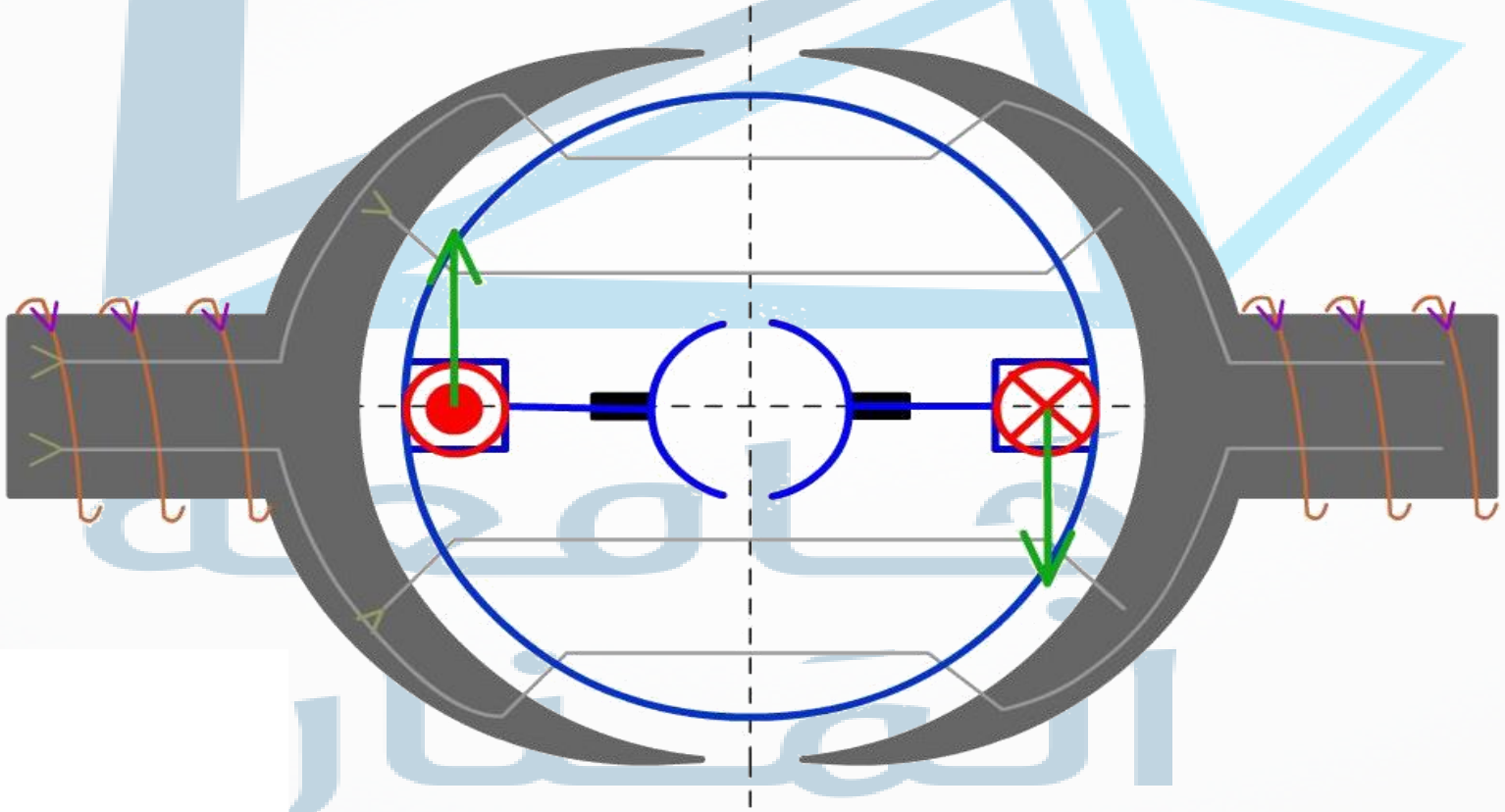


FLEMING LEFT HAND RULE

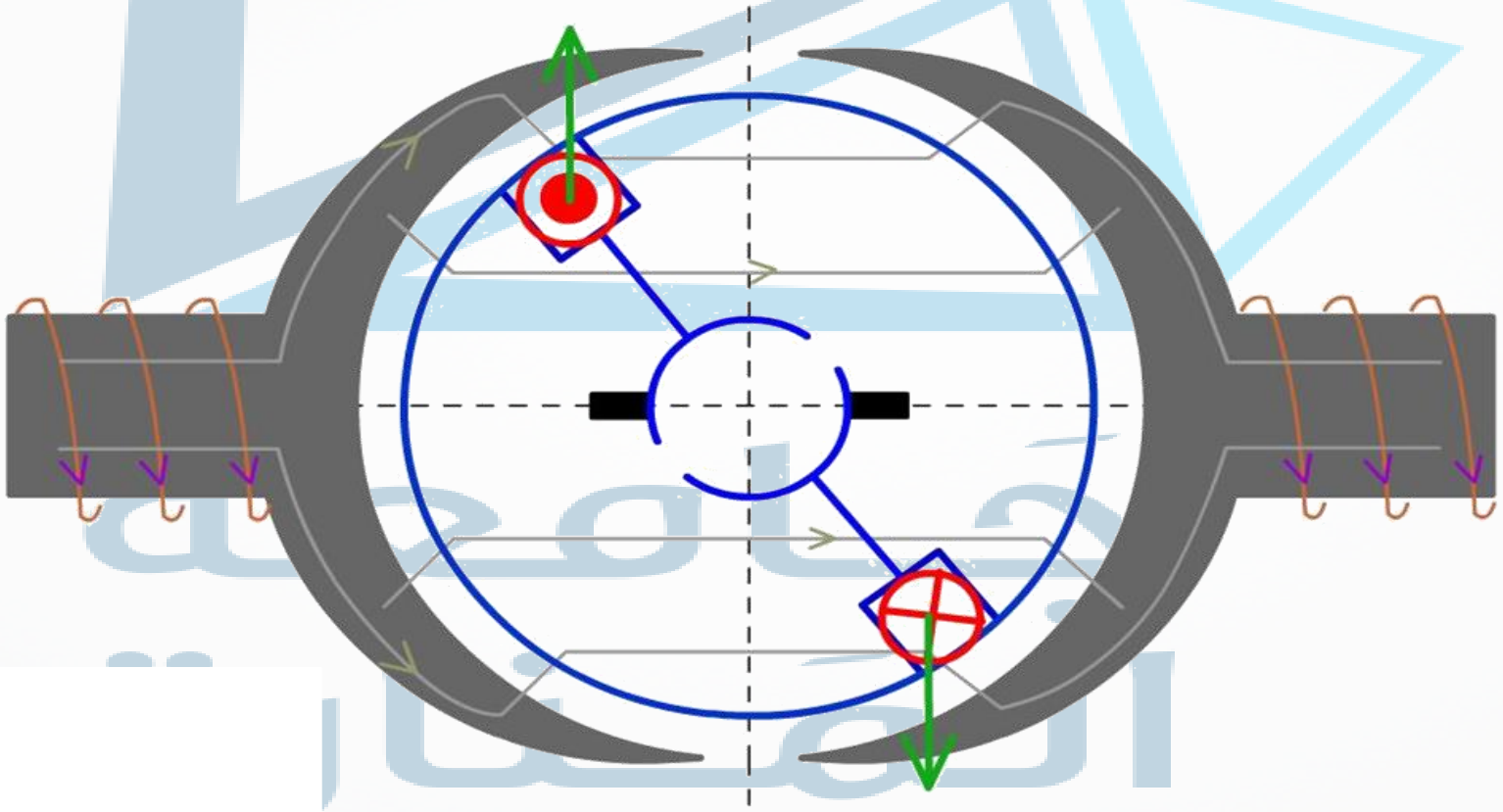


MANARA UNIVERSITY

FLEMING LEFT HAND RULE

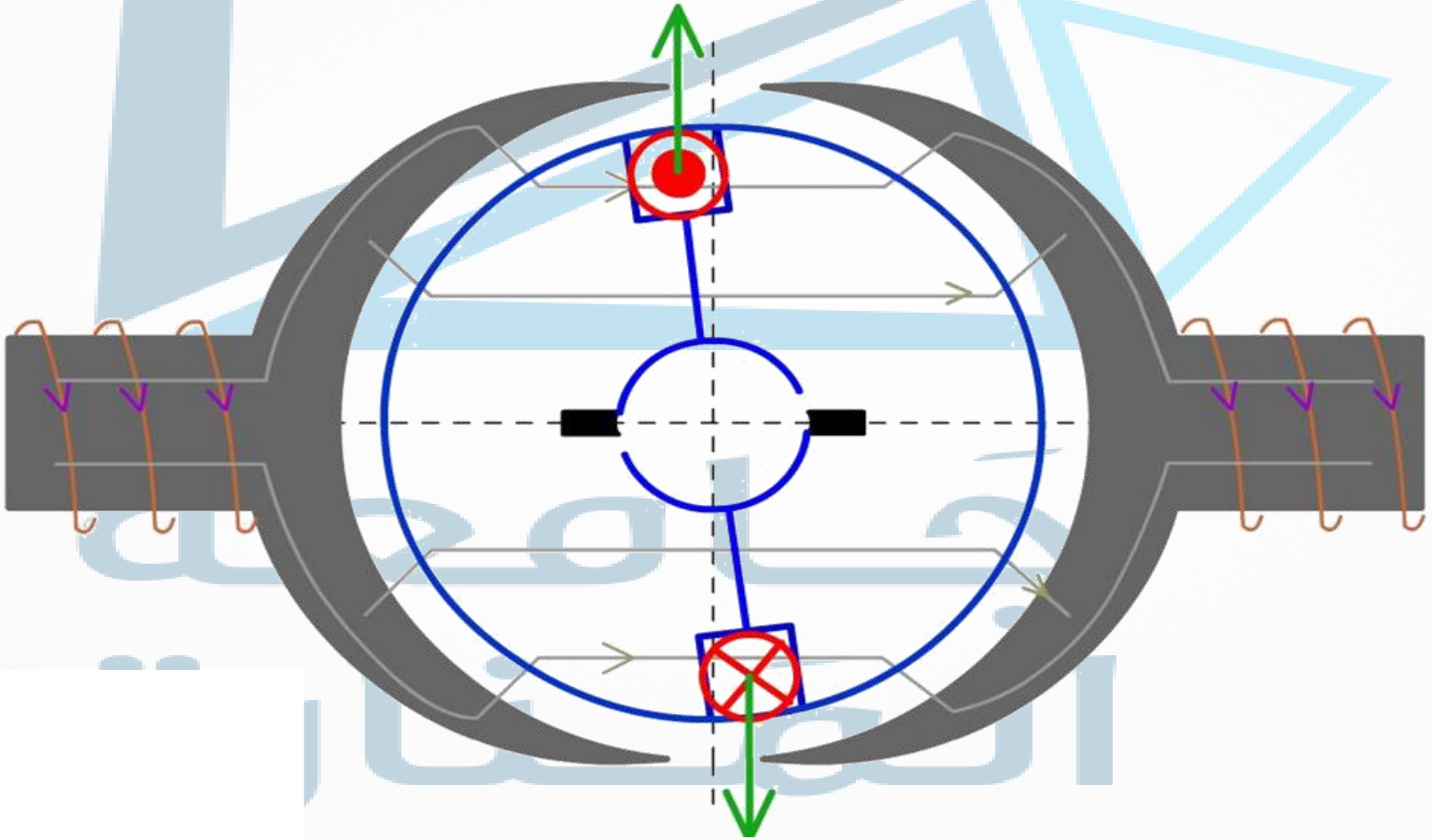


Fleming Left Hand Rule



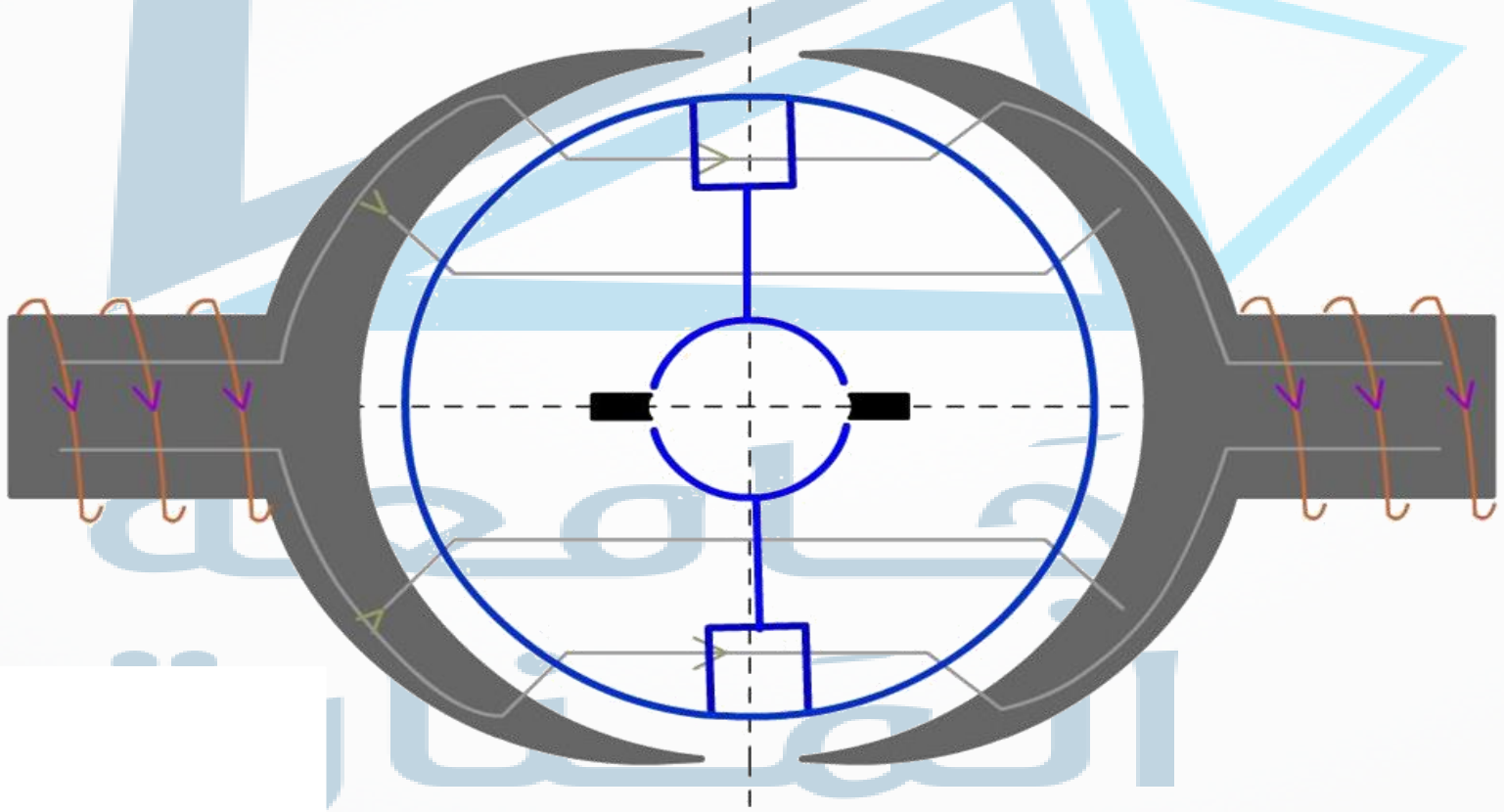
MANARA UNIVERSITY

FLEMING LEFT HAND RULE



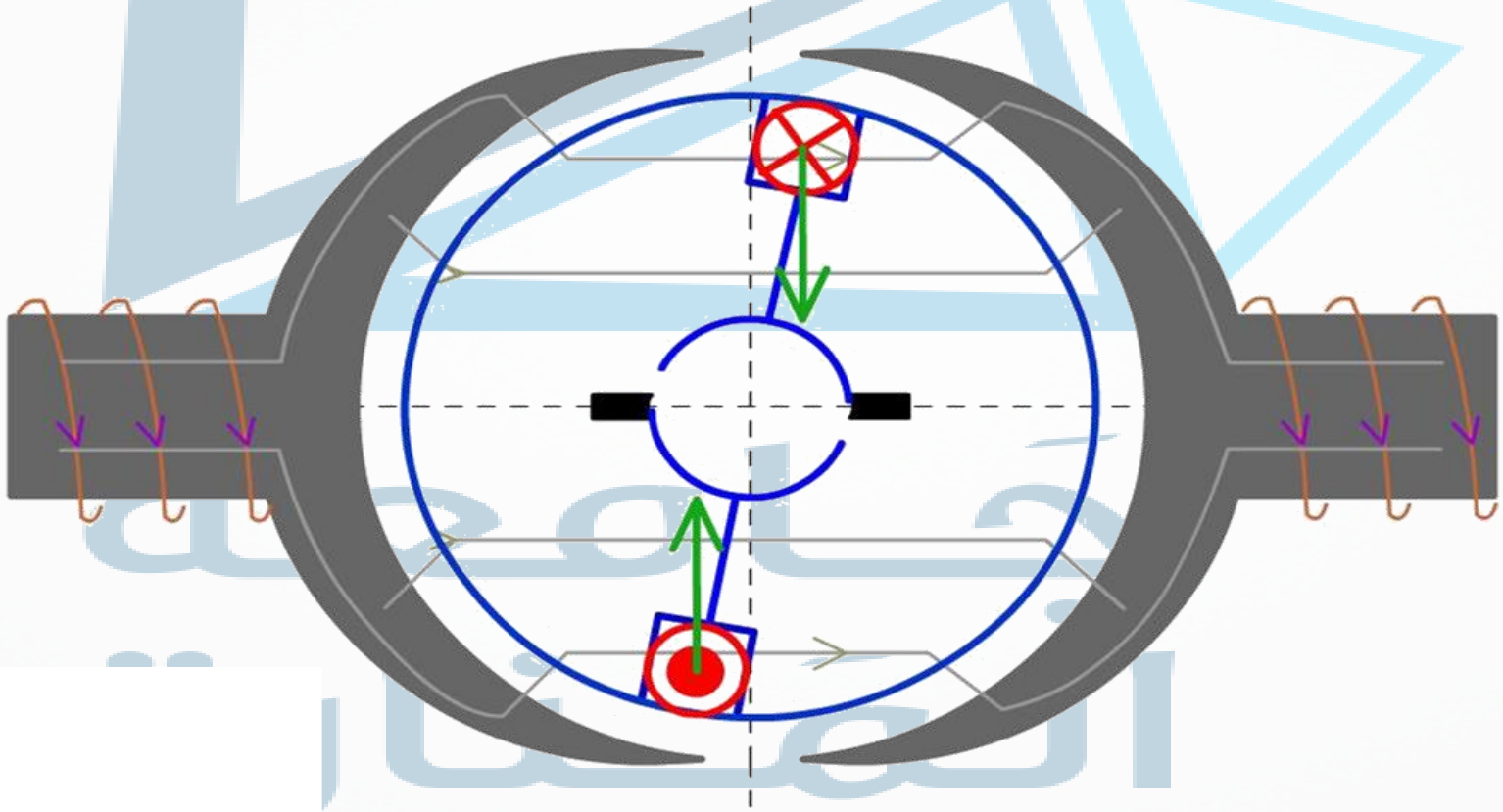
MANARA UNIVERSITY

Fleming Left Hand Rule



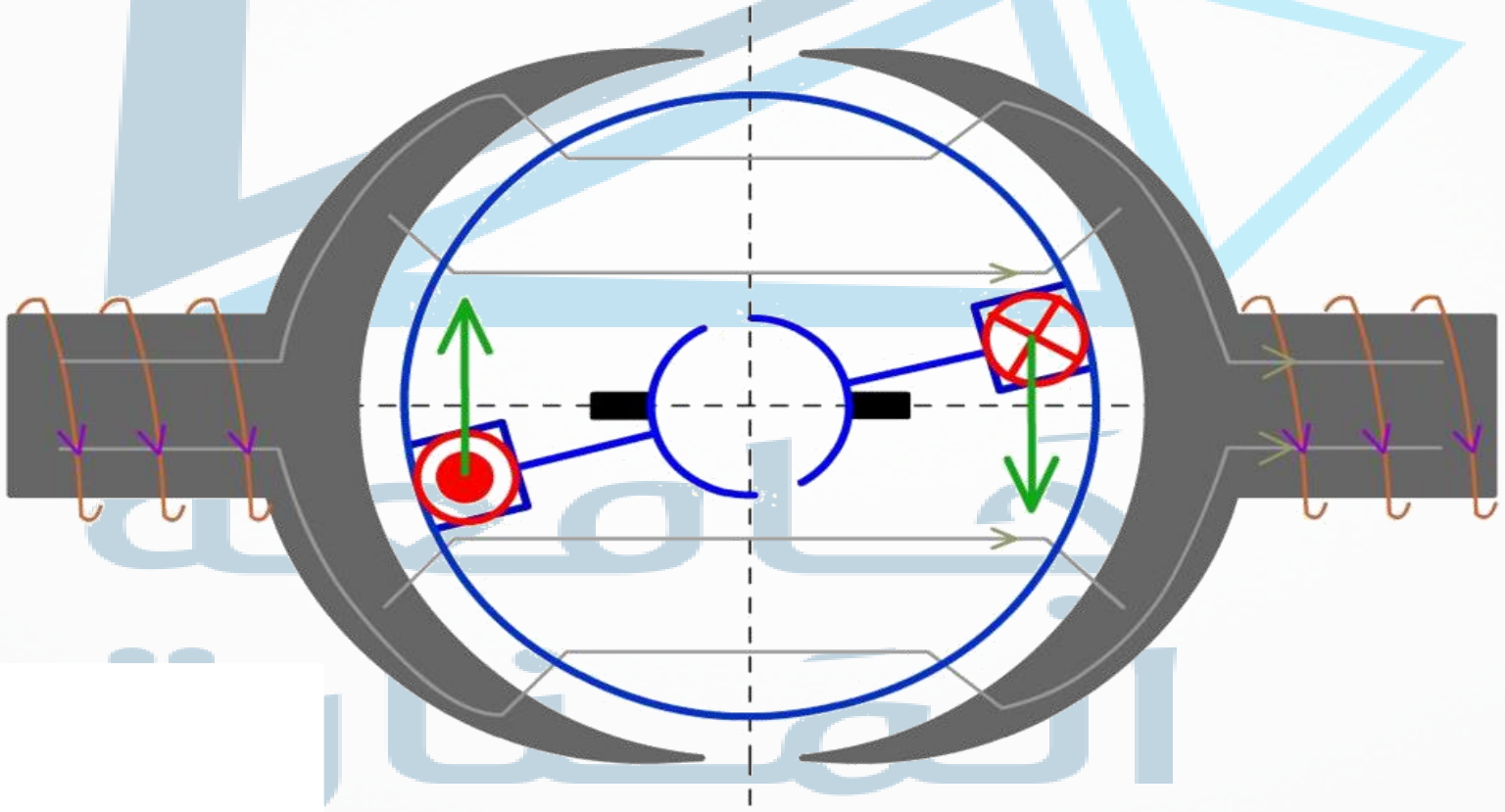
MANARA UNIVERSITY

Fleming Left Hand Rule



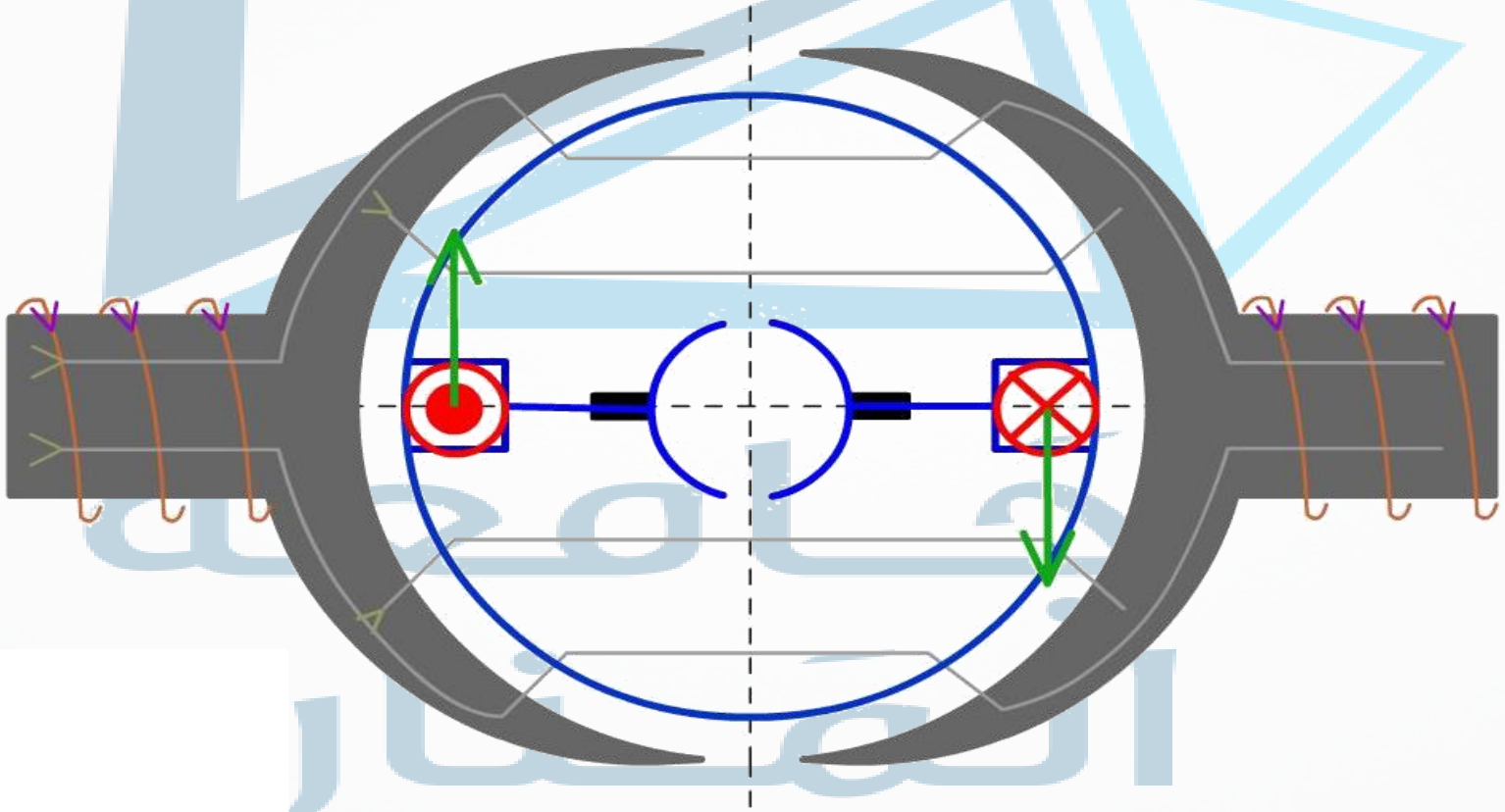
جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

FLEMING LEFT HAND RULE

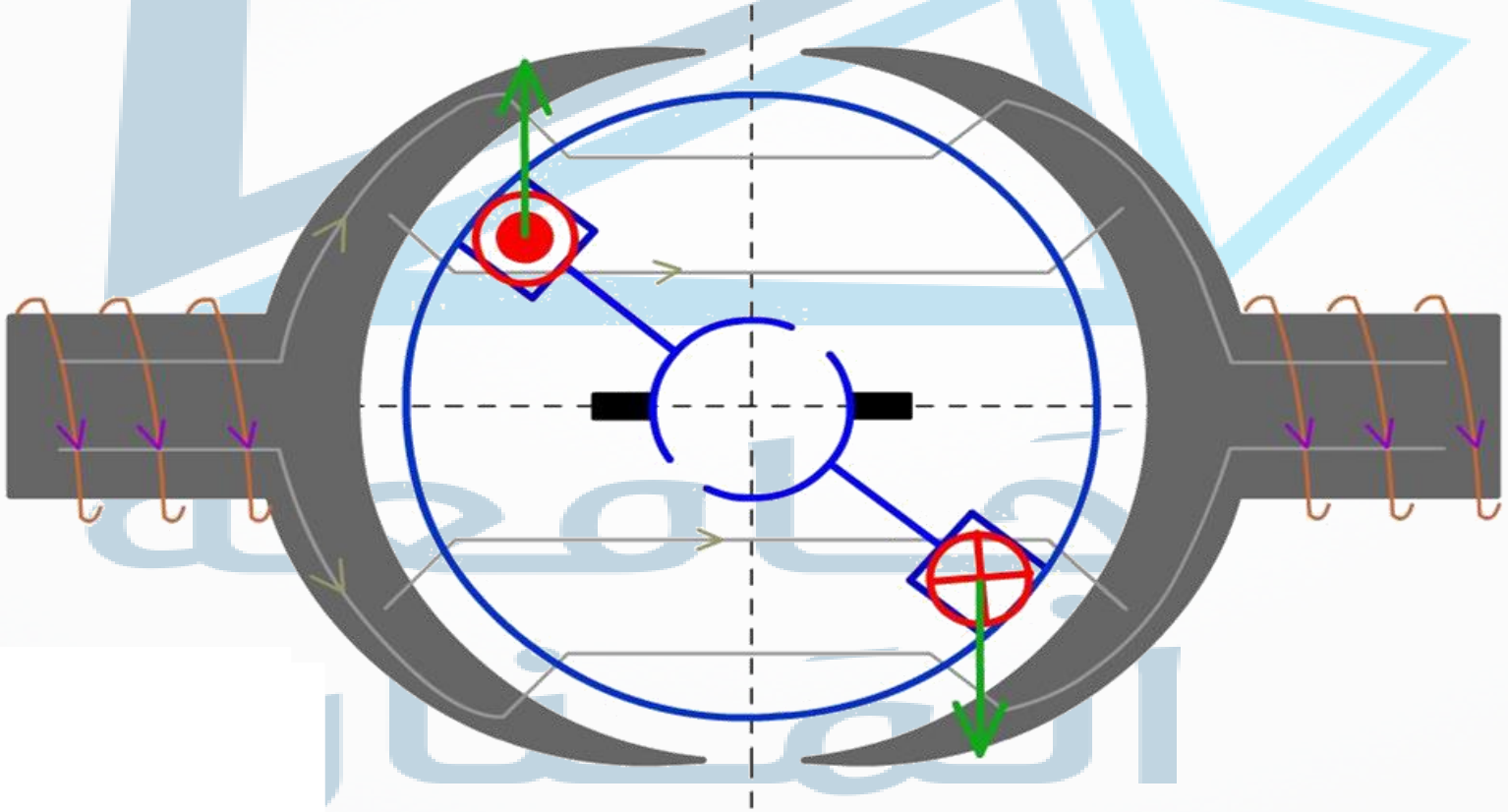


MANARA UNIVERSITY

Fleming Left Hand Rule

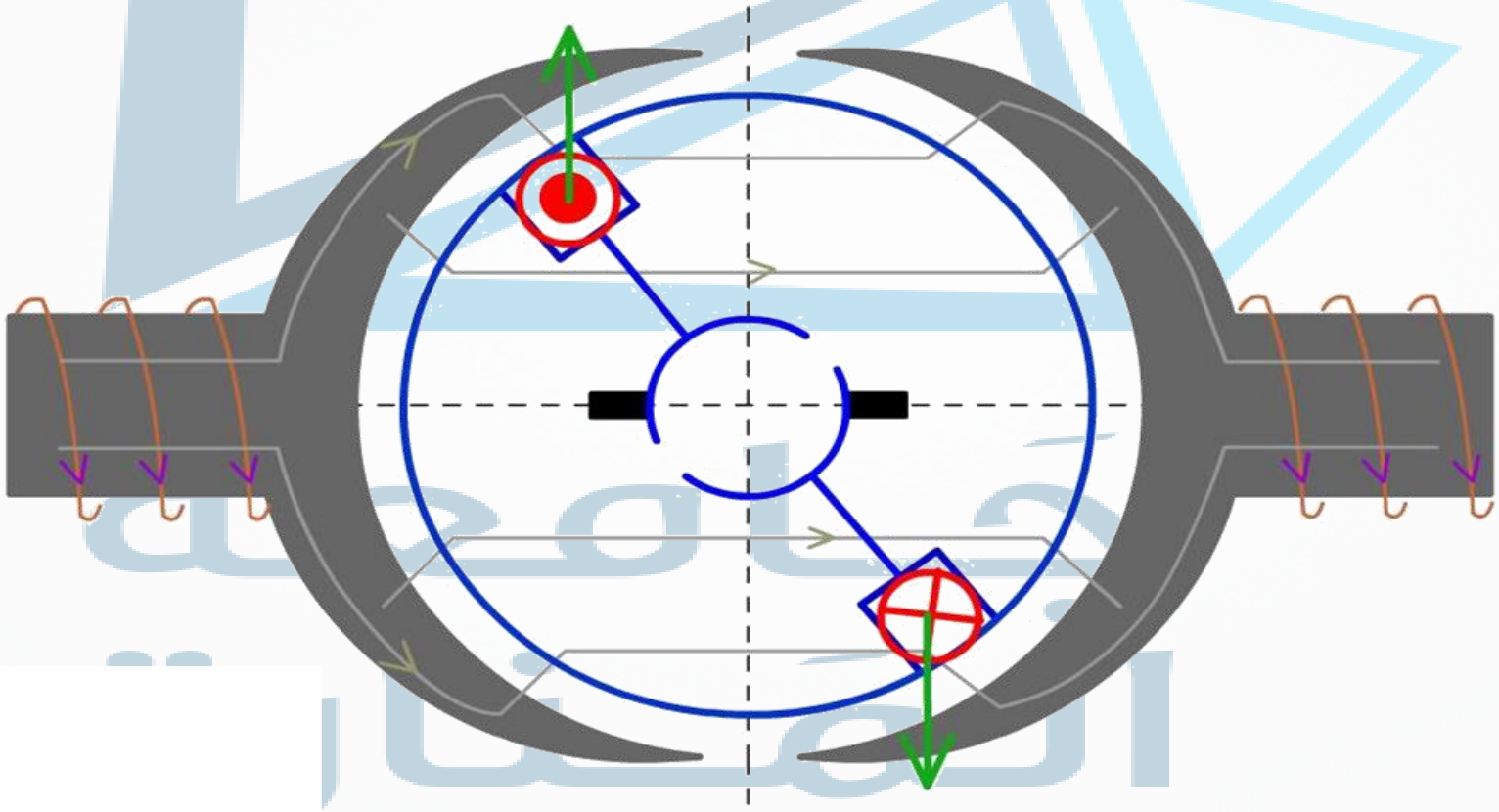


Fleming Left Hand Rule



MANARA UNIVERSITY

FLEMING LEFT HAND RULE



MANARA UNIVERSITY

- Average emf induced in armature winding (E_b)

- علاقة القيمة المتوسطة للقوة الدافعة الكهربائية العكسية لملفات الدائر emf (E_b)

•عندما يتم تطبيق جهد مستمر V عبر أطراف المحرك، يبدأ عضو الإنتاج في الدوران بسبب عزم الدوران الناشئ على ملفاته.

•أثناء دوران عضو الإنتاج، تقطع موصلات عضو الإنتاج المجال المغناطيسي للقطب، وبالتالي، وفقًا لقانون الحث الكهرومغناطيسي، يتم تحفيز قوة دافعة كهربائية تسمى القوة الدافعة الكهربائية العكسية emf فيها (E_b).

$$\text{Average } \textit{emf induced in conductor} = \frac{\textit{total flux linkage } (\phi)}{\textit{total time of linkage}}$$

وبما ان : كل موصل سيكون قريبًا من الاقطاب مرتين في كل دورة، وبالتالي سيرتبط كل موصل بالتدفق المغناطيسي لمدة $1/2n$ ثانية في كل دورة (n: عدد دورات الدائر بالثانية).

- لذلك تكون القيمة المتوسطة للقوة الدافعة الكهربائية العكسية لكل ناقل بمروره على عدد ازواج اقطاب يعادل P وبسرعة دوران $n\ (rev\ /\text{sec})$:

$$\text{Average } emf \text{ induced in conductor} = 2P * \phi * n \text{ volts}$$

- و تكون القيمة المتوسطة للقوة الدافعة الكهربائية العكسية للملف (E_b) الذي يحوي على عدد Z من النواقل:

$$E_b = 2P * Z * \phi * n = k * \phi * n \ Volts \ ; k = 2P * Z$$

- Since the angular velocity, $\omega = 2\pi n$ rad/sec

$$E_b = \frac{K}{2\pi} \varphi \omega \ ; \quad n = \frac{N(rpm)}{60} \ ; \quad E_b = \frac{P.\Phi.Z.N}{60}$$

- القيمة المتوسطة للقوة الدافعة الكهربائية العكسية للملف (E_b) .

$$E_b = \frac{P.\Phi.Z.N}{60\ A}$$

- P=عدد ازواج أقطاب محرك التيار المستمر ؛
- Φ=التدفق لكل قطب
- Z=العدد الإجمالي لموصلات
- N =سرعة دوران المحرك (rev/min)
- A=عدد المسارات المتوازية (وفق طريقة اللف)

خصائص وميزات محركات التيار المستمر:

- تُفضل محركات التيار المستمر على نظيراتها التي تعمل بالتيار المتردد في تطبيقات القيادة التي تحتاج إليها التحكم في السرعة بنطاق واسع.
- تتمتع محركات التيار المستمر بالعديد من المزايا مثل السهولة في تحقيق اقلاعات متكررة والكبح وقلب اتجاه سرعة الدوران.
- على الرغم من استخدام المجمعات commutator على محور الدائر التي تحتاج إلى صيانة كبيرة، لكن تم تجاوزها عن طريق استخدام تقنيات انصاف النواقل.
- ان تطبيقات محركات التيار المستمر لها نطاق واسع مثل الجر الكهربائي، والرافعات، وآلات الخراطة، ومصانع الدرفلة إلخ.

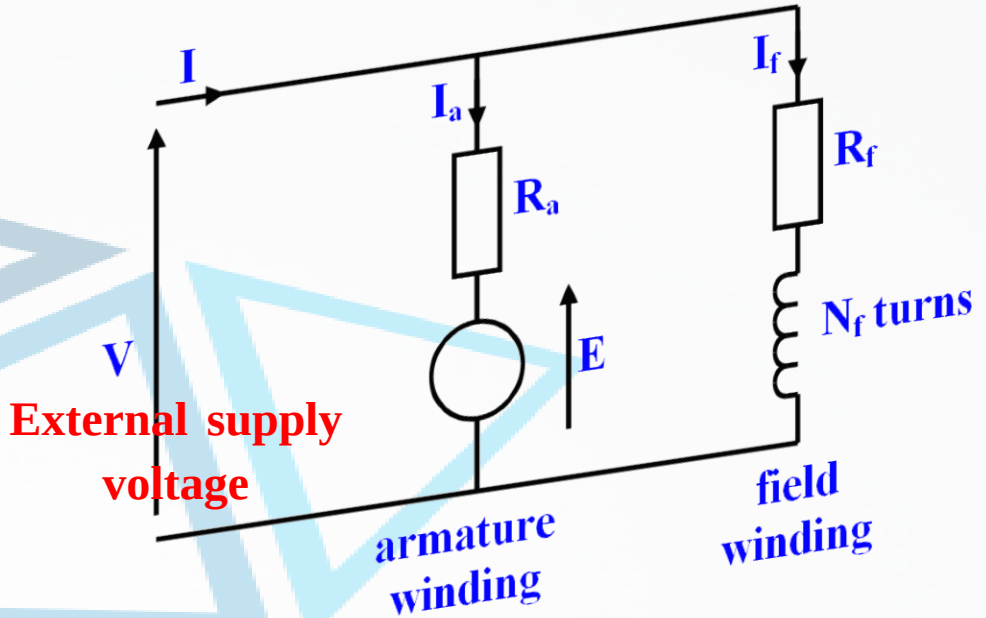
Methods of Connection

طرق توصيل ملفات الفيض والدائر بمحركات التيار المستمر

تصنف المحركات حسب طريقة توصيل ملفات المجال وملف التهييج الى :

1. دارة ملف التهييج تغذى من منبع مستقل separately excited.
2. دارة ملف التهييج تغذى من منبع التغذية لملفات المجال ، وتدعى بطريقة التهييج الذاتي self excited.
3. دارة ملف التهييج وملفات المجال تربط على التفرع وتغذى من منبع مستقل وحيد Shunt wound .
4. دارة ملف التهييج وملفات المجال تربط على التسلسل وتغذى من منبع مستقل وحيد Series wound .
5. دارة ملف التهييج وملفات المجال تربط بطريقة اللف المركب Compound wound ، يتكون ملف التهييج من ملفين منفصلين احدهما يوصل على التسلسل والاخر على التفرع مع ملفات الدائر .

Shunt Wound DC Motors



Field Winding:

$$\varphi = \frac{i * N}{S} = \frac{I_f * N_f}{S}$$

Where:

S **-**is the reluctance,

N -is the number of turns in the coil

i- is the coil current.

Armature Winding:

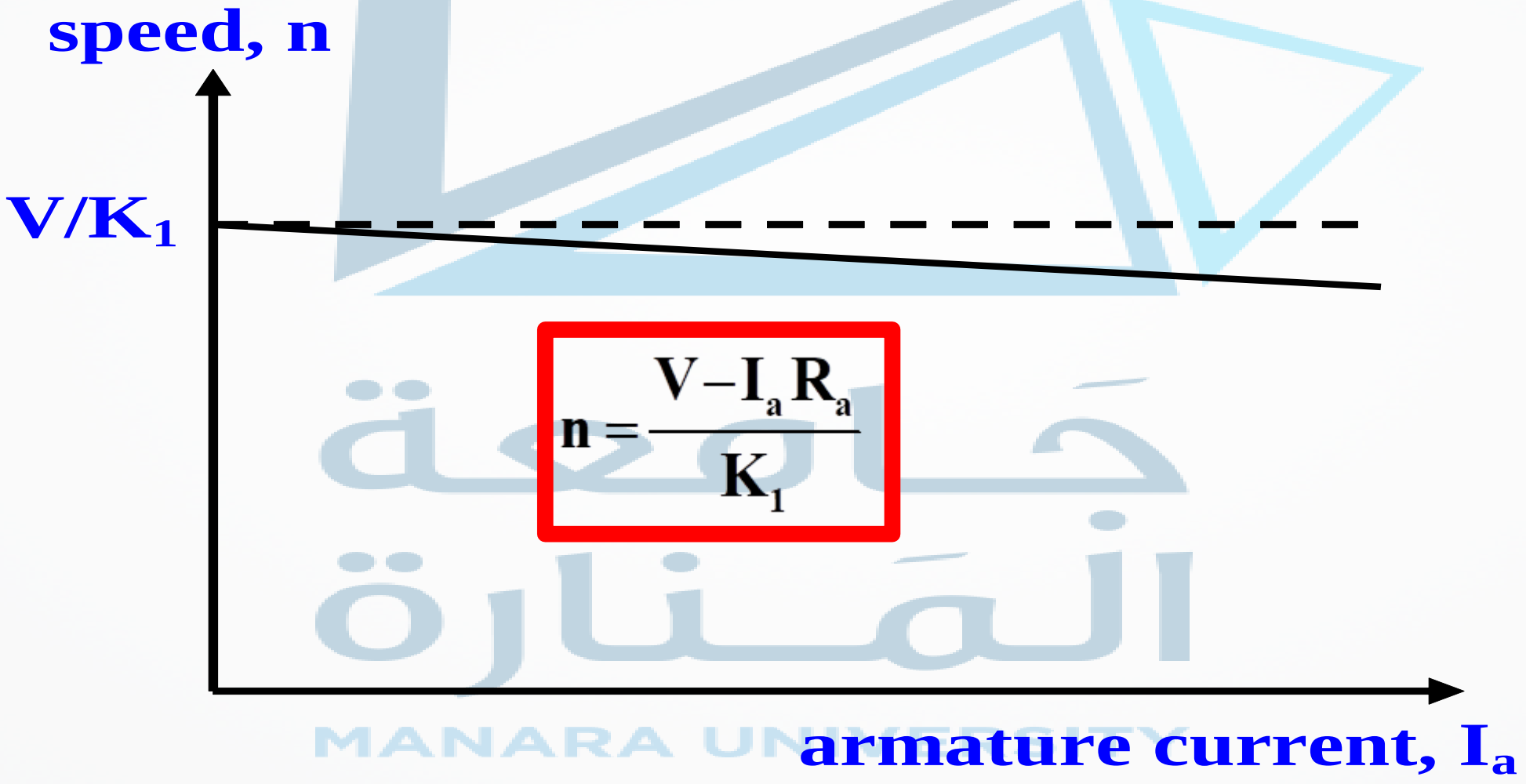
Armature terminal voltage, $V = E + I_a R_a \qquad V = k*\phi*n + I_{a*}R_a$

with ϕ **constant, let** $K_1 = k\phi \qquad V = K_{1*}n + I_{a*}R_a$

$$\therefore \text{ The steady state speed } = n = \frac{V - I_a R_a}{K_1}$$

$$K_1 = k*\phi$$

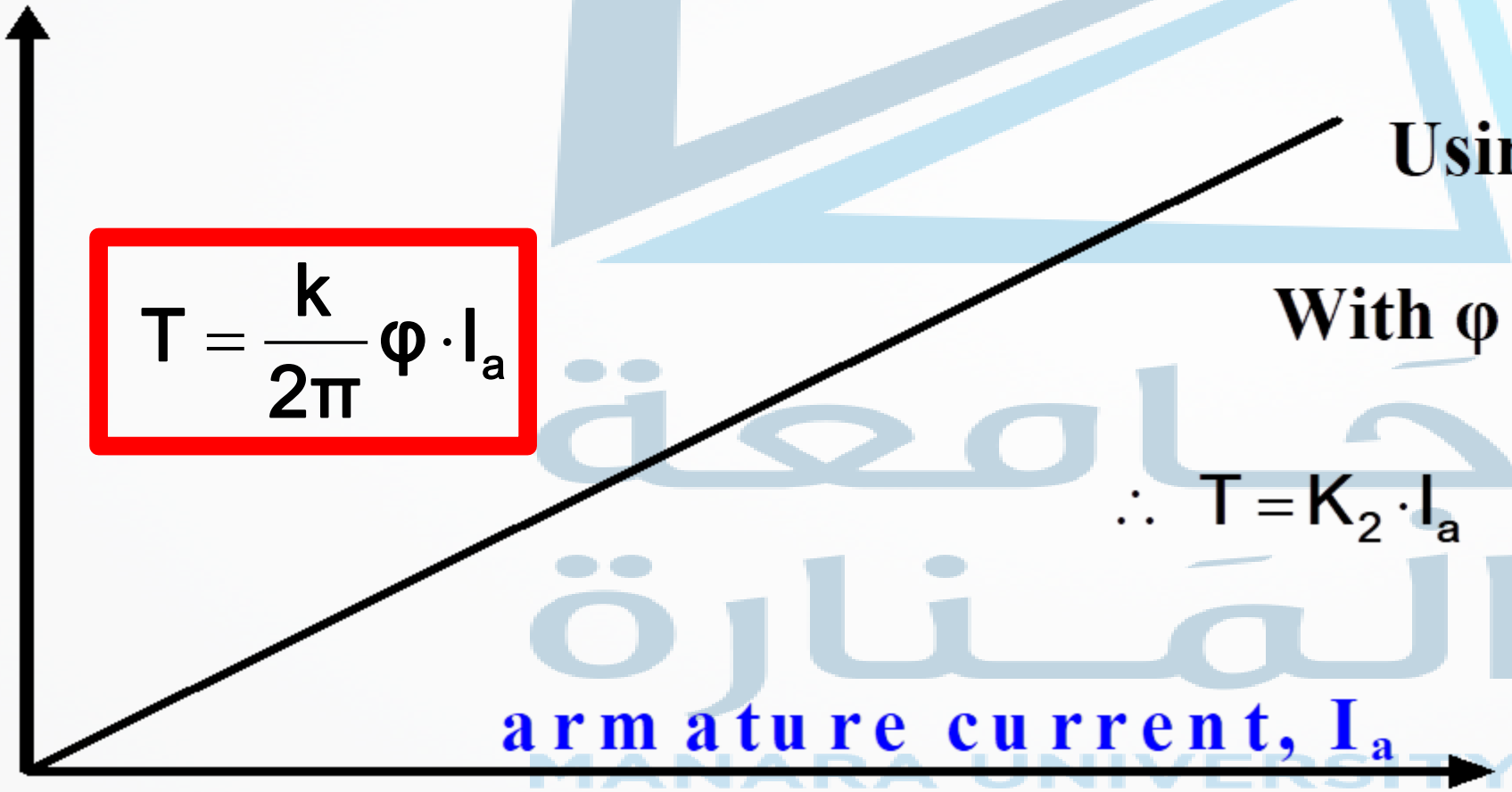
Speed / Current Characteristics



$$n = \frac{V - I_a R_a}{K_1}$$

MANARA UNIVERSITY

Torque / Current Characteristics



$$T = \frac{k}{2\pi}\varphi \cdot I_a$$

$$n = \frac{V - I_a R_a}{K_1}$$

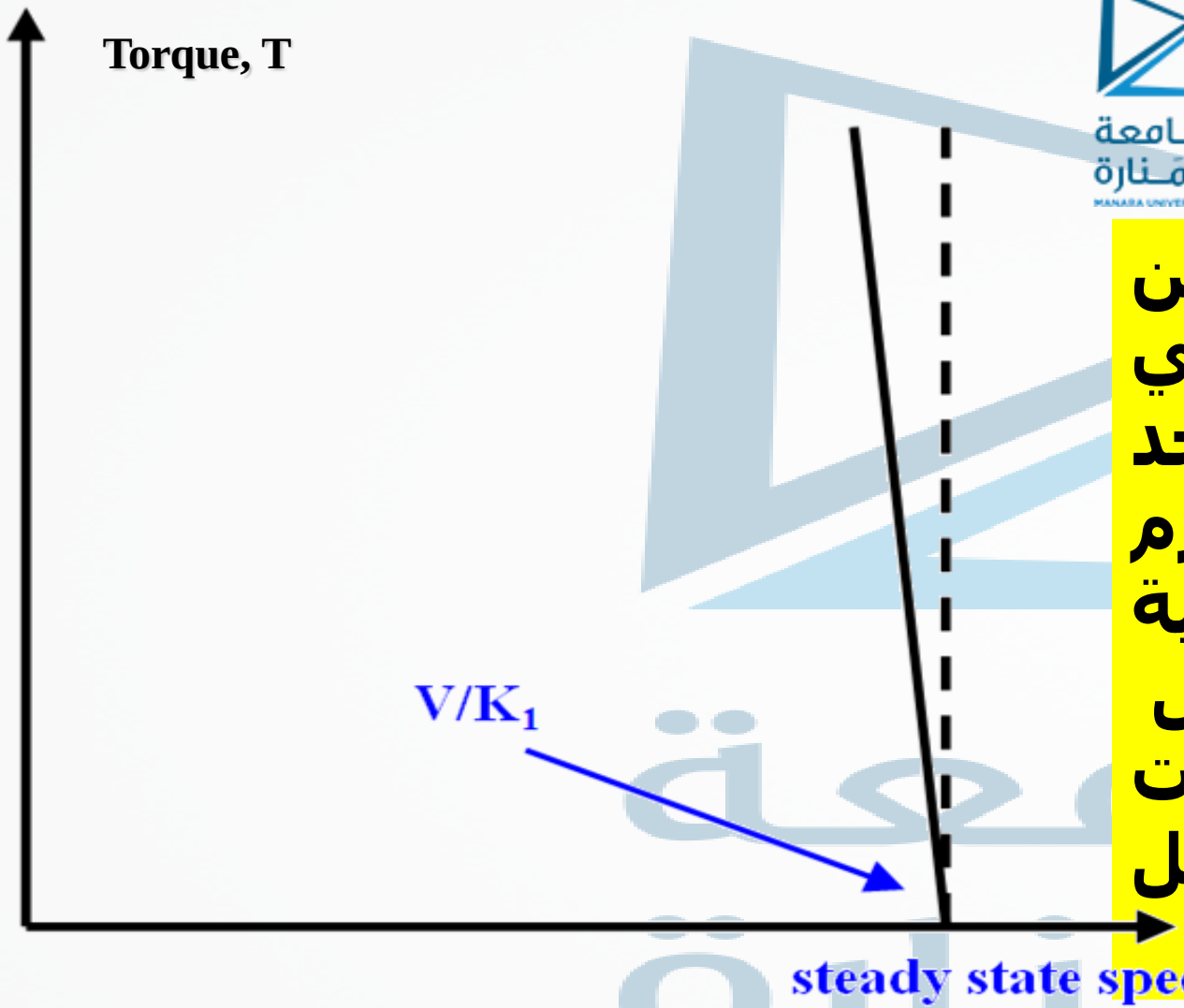
Using $T_e = \frac{k}{2\pi}\varphi I_a$

With φ constant, $K_2 = \frac{k\varphi}{2\pi}$

$$\therefore T = K_2 \cdot I_a \quad \text{or} \quad T = \frac{k}{2\pi}\varphi \cdot I_a$$

جامعة المنارة MANARA UNIVERSITY

Torque Speed Characteristics



يوضح منحنى سرعة /عزم أنه يمكن استخدام محركات التهييج التفرعي لقيادة الاحمال بسرعة ثابتة إلى حد ما وبعزم من الصفر الى العزم الاسمي، لذلك، فهي مثالية للاستخدام مع احمال الات التشكيل (خراطة – تثقيب ...) والمضخات والضواغط نظرا لحاجتها للعمل بسرعات ثابتة.

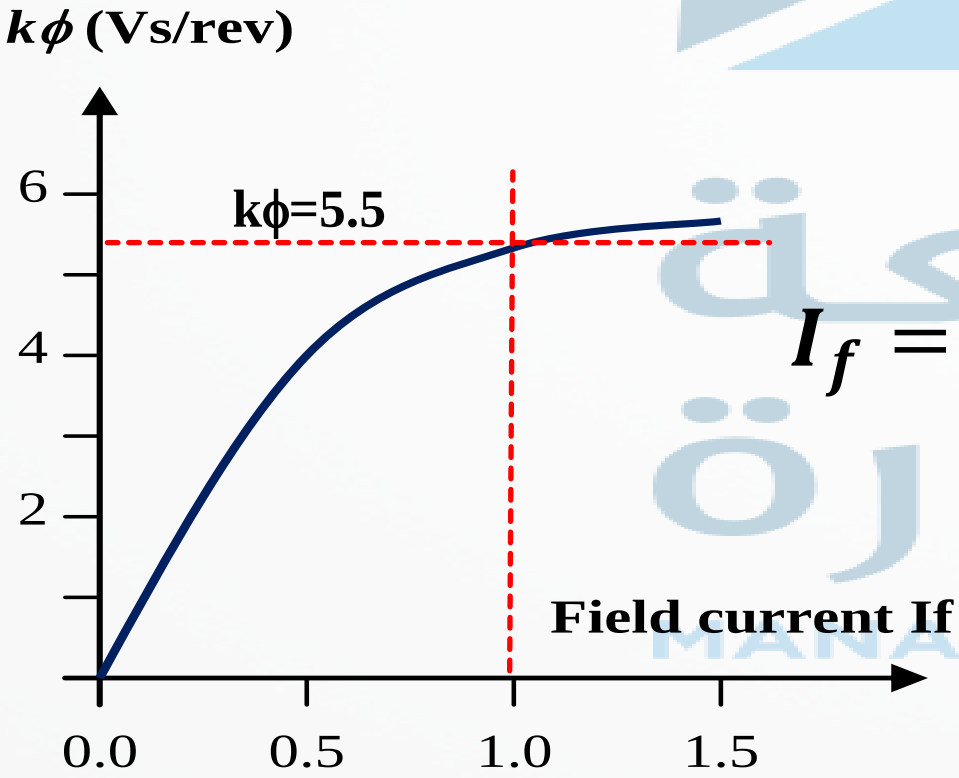
$$n = \frac{V - I_a R_a}{K_1} \Rightarrow I_a = \frac{V - K_1 n}{R_a} \Rightarrow T = \frac{K_2}{R_a}[V - K_1 n]$$

Exercise

تطبيق

محرك تيار مستمر بنظام تهييج تفرعي يغذى بجهد 220V ، بفرض ان مقاومة ملف المنتج كانت 0.8Ω و مقاومة ملف التهييج 220Ω ، وان خواص المحرك [kϕ versus field current]معطاة بالشكل. والمطلوب:

a. حساب تيار التهييج عند العمل على عزم حمولة يعادل17.5Nm .
b. حساب تيار المنتج armature current .
c. حساب سرعة الدوران.



- نحسب تيار التهييج $I_f = \frac{V}{R_f} = \frac{220}{220} = 1A$

- من الخواص نجد ان kϕ = 5.5

- من معادلة العزم نجد:

$$T = \frac{k*\phi}{2\pi} I_a = 17.5 = \frac{5.5}{2\pi} I_a$$ -

$$I_a = 20\ A$$

- من دارة المنتج نجد ان

$$V = E + I_a R_a = k\,\phi\,n + I_a R_a = 220 = 5.5\,n + 20 * 0.8$$

$$\therefore n = \frac{220 - 16}{5.5}$$

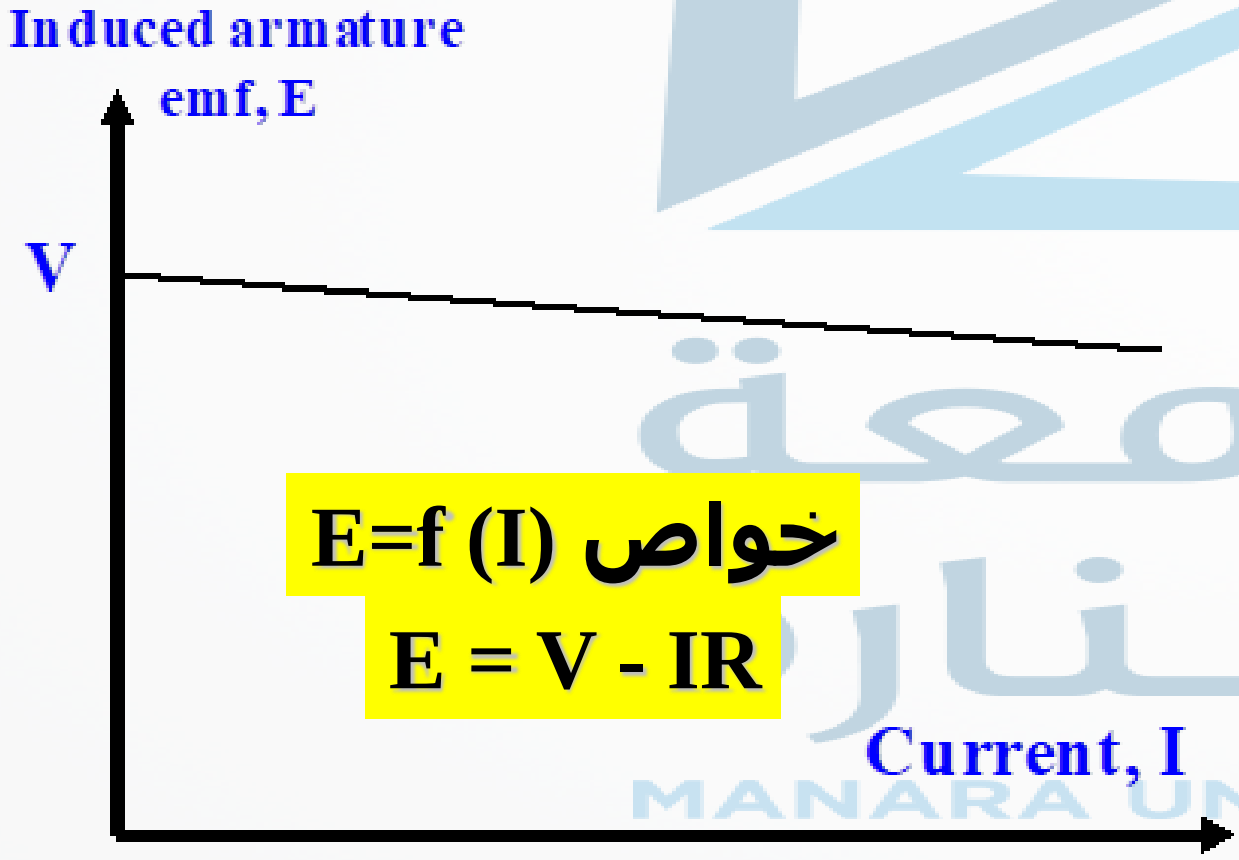
Speed = 37.1 rev sec^{-1}
= 2225 rev min^{-1}.

جامعة المنارة
MANARA UNIVERSITY

Series Wound DC Motors

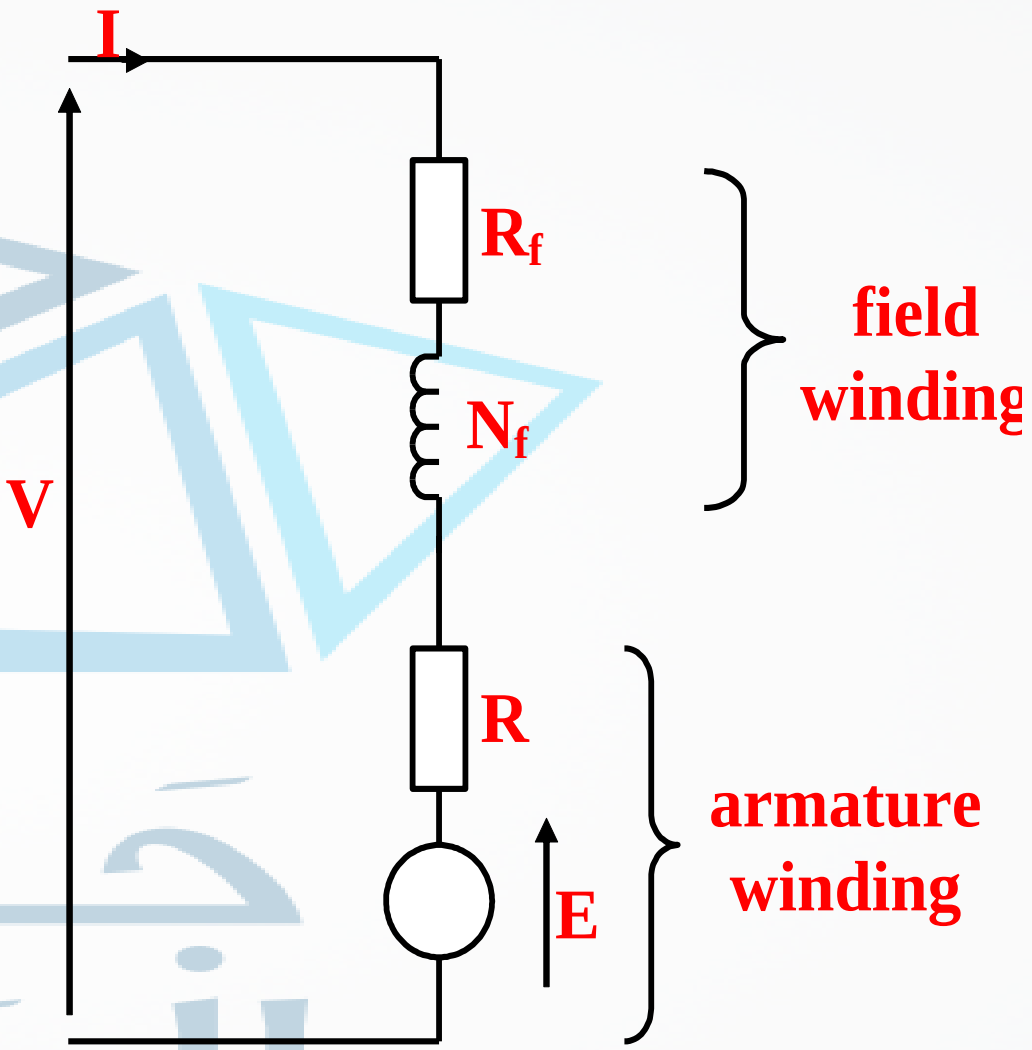
من الدارة المكافئة نجد:

$$V = E + I(R_a + R_f)\ ;\ R = R_a + R_f\ ;\ E = V - IR$$



خواص E=f (I)

E = V - IR



الدارة المكافئة للمحرك التسلسلي

Speed Current Characteristics

خواص السرعة / التيار

بجميع محركات التيار المستمر هناك علاقة تناسبية بين الفيض ϕ والتيار I، وبالنسبة للمحركات التسلسلية تكون:

$$\phi \propto I;\ \phi = K_3 I$$

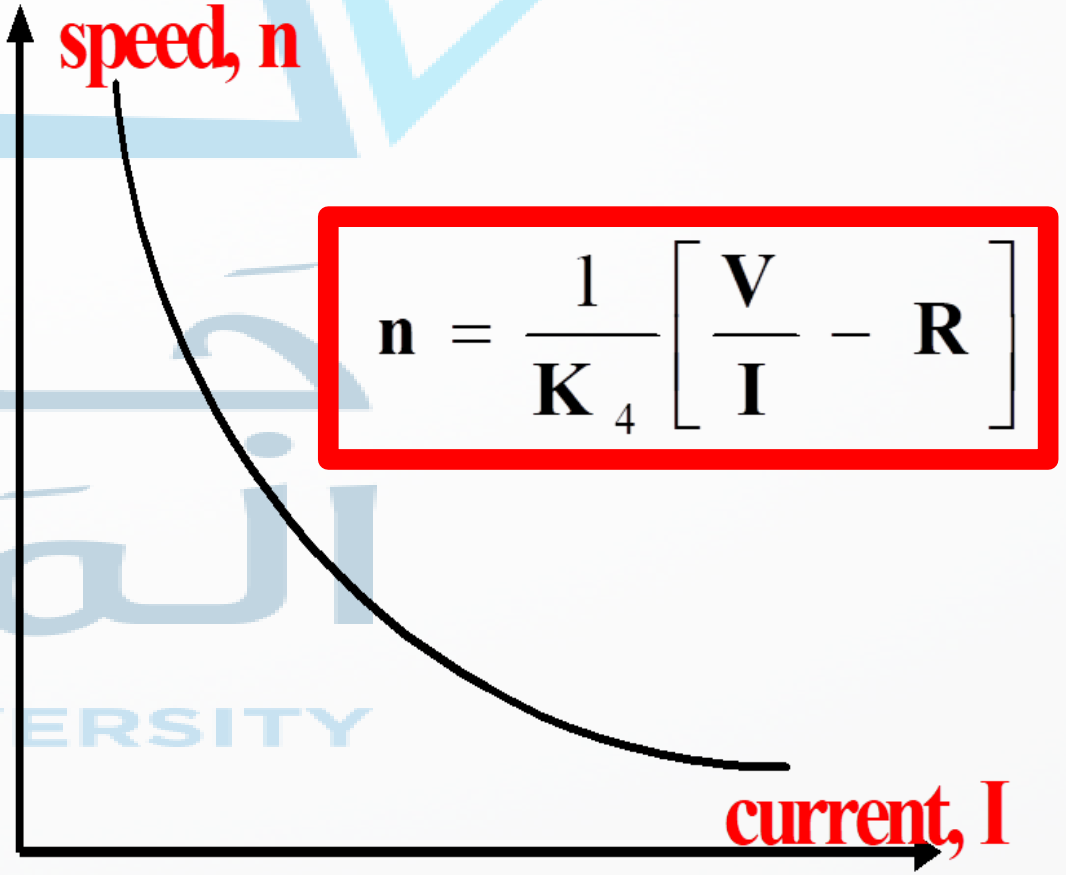
$$E = k.\phi.n \quad ; \quad E = k.K_3 .I.n \ ;$$

$$\mathbf{E = K_4 .I.n}$$

where $K_4 = kK_3$

$$\therefore \quad V = K_4 . I . n + I . R$$

$$\therefore \quad n = \frac{1}{K_4}\left[\frac{V}{I} - R\right]$$



$$n = \frac{1}{K_4}\left[\frac{V}{I} - R\right]$$

Torque Current and Torque Speed Characteristics

خواص العزم مع السرعة / التيار

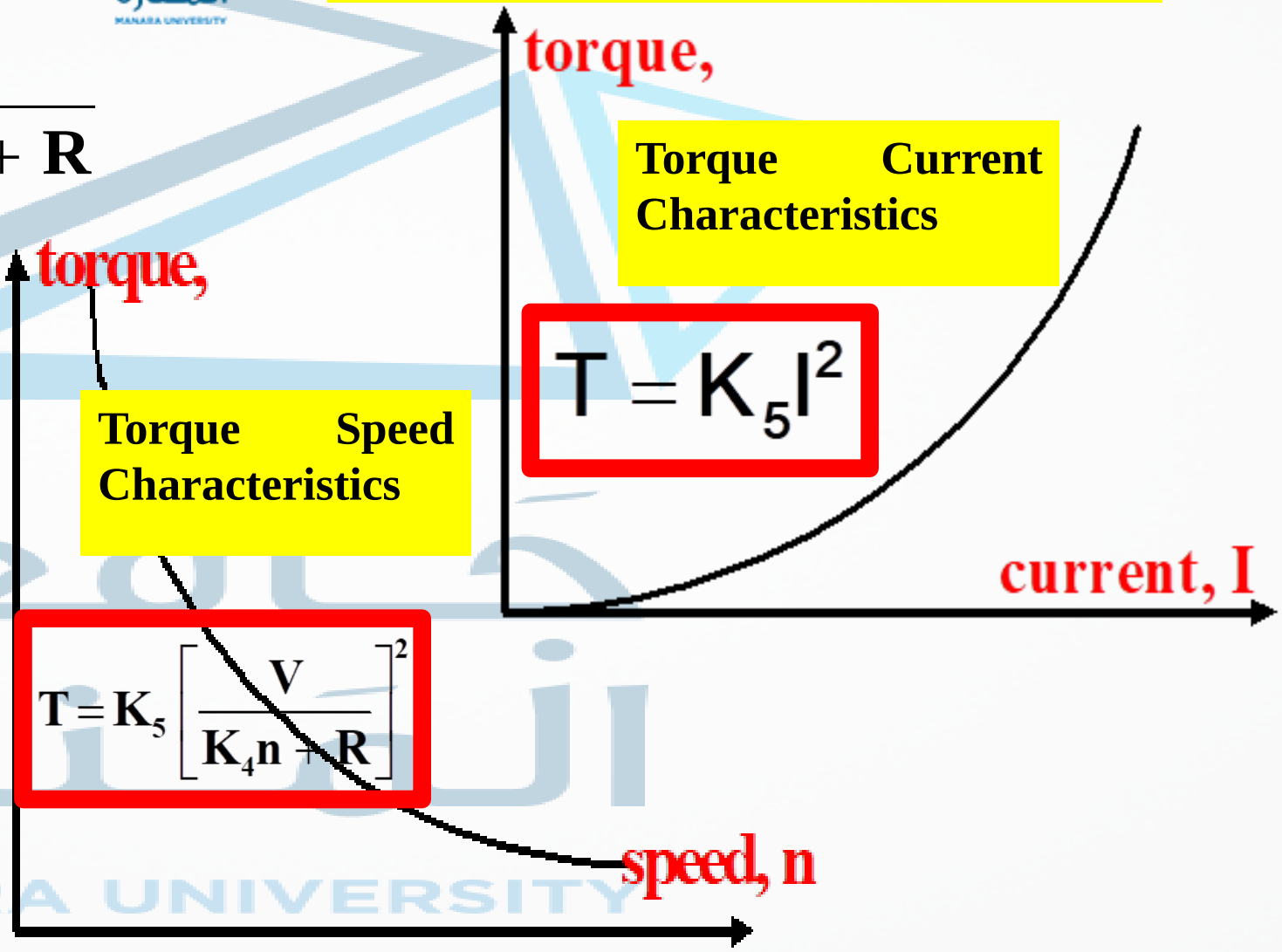
$$n = \frac{1}{K_4}\left[\frac{V}{I} - R\right] \qquad I = \frac{V}{K_4 n + R}$$

$$T = \frac{k\, I \varphi}{2\pi} = \frac{k K_3}{2\pi} I^2$$

$$\therefore\ T = K_5 I^2 \qquad \text{where} \quad K_5 = \frac{k K_3}{2\pi}$$

$$T = K_5 I^2 = \frac{k K_3}{2\pi} I^2$$

$$T = K_5 \left[\frac{V}{K_4 n + R}\right]^2$$

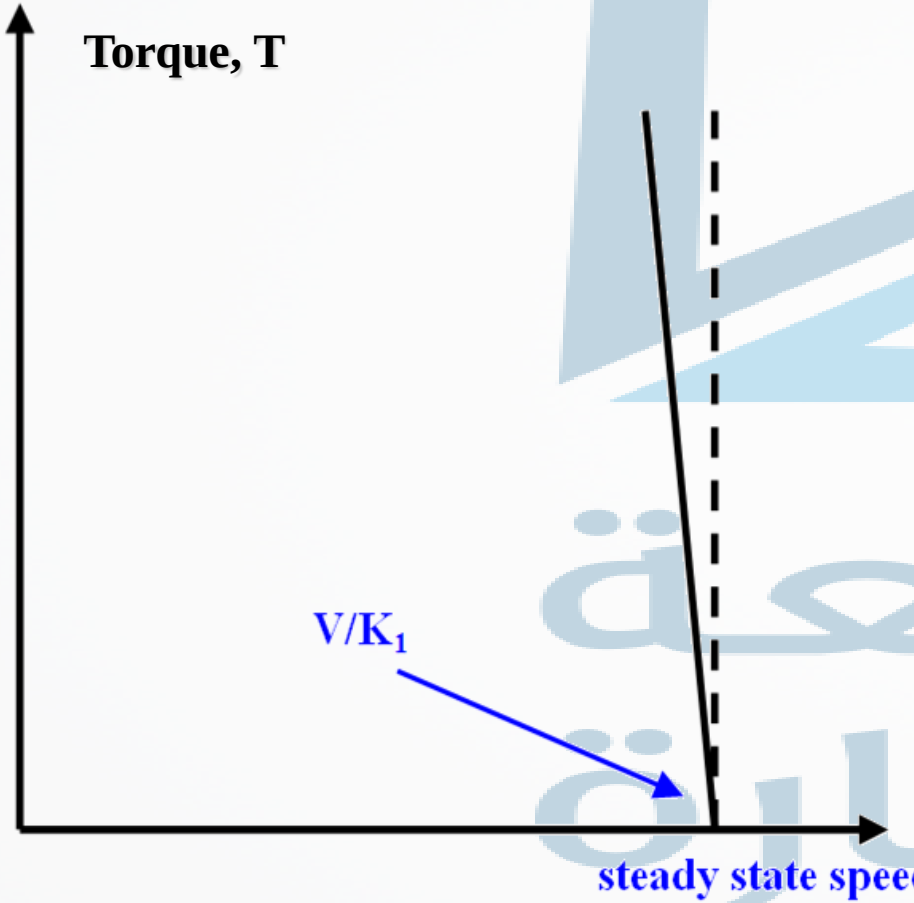


MANARA UNIVERSITY

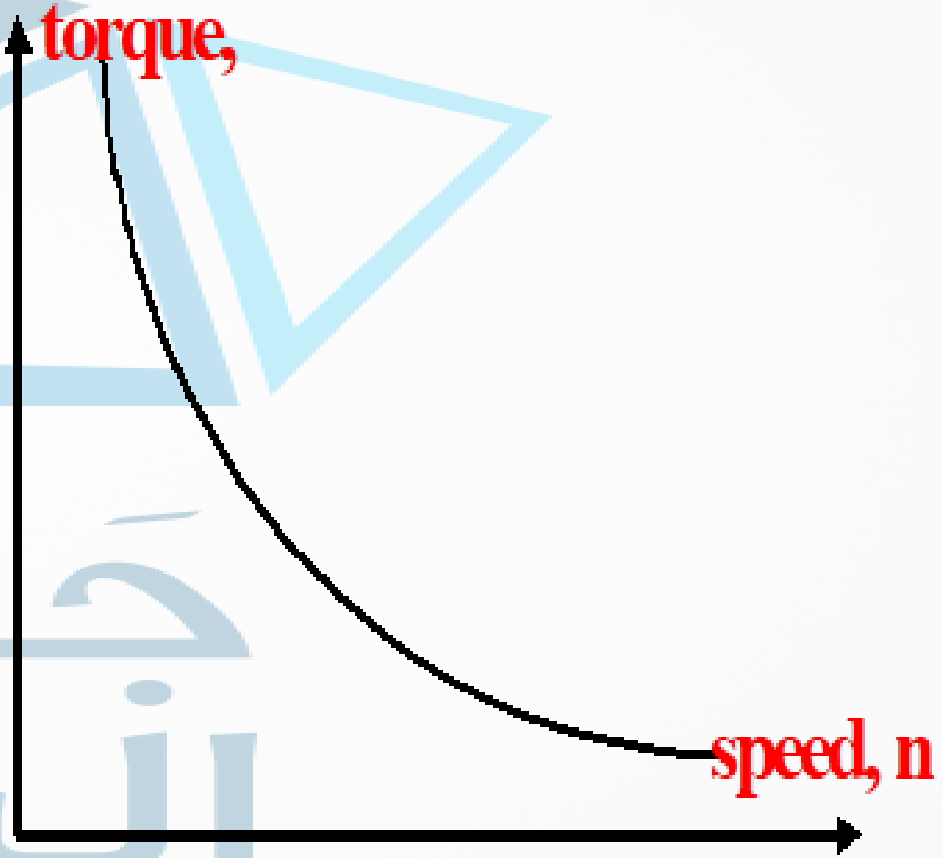
- المحرك التسلسلي عبارة عن آلة مثالية لقيادة الأحمال ذات السرعات المتغيرة بشكل دائم.
- غالبًا ما يتم استخدامها في انظمة الجر الكهربائي والمصاعد الكهربائية.
- يجب عدم استخدامها مطلقًا في حالة "عدم التحميل no load" لأن السرعة ستصبح عالية بشكل خطير.

جامعة المنارة
MANARA UNIVERSITY

مقارنة خواص العزم / السرعة لمحركات التفرعية والتسلسلية



Shunt Wound DC Motors



Series Wound DC Motors