Lecture 8

المحرك التحريضي ثلاثي الاطوار

DR. BASSAM ATIEH

MANARA UNIVERSITY

بنية المحرك التحريضي:

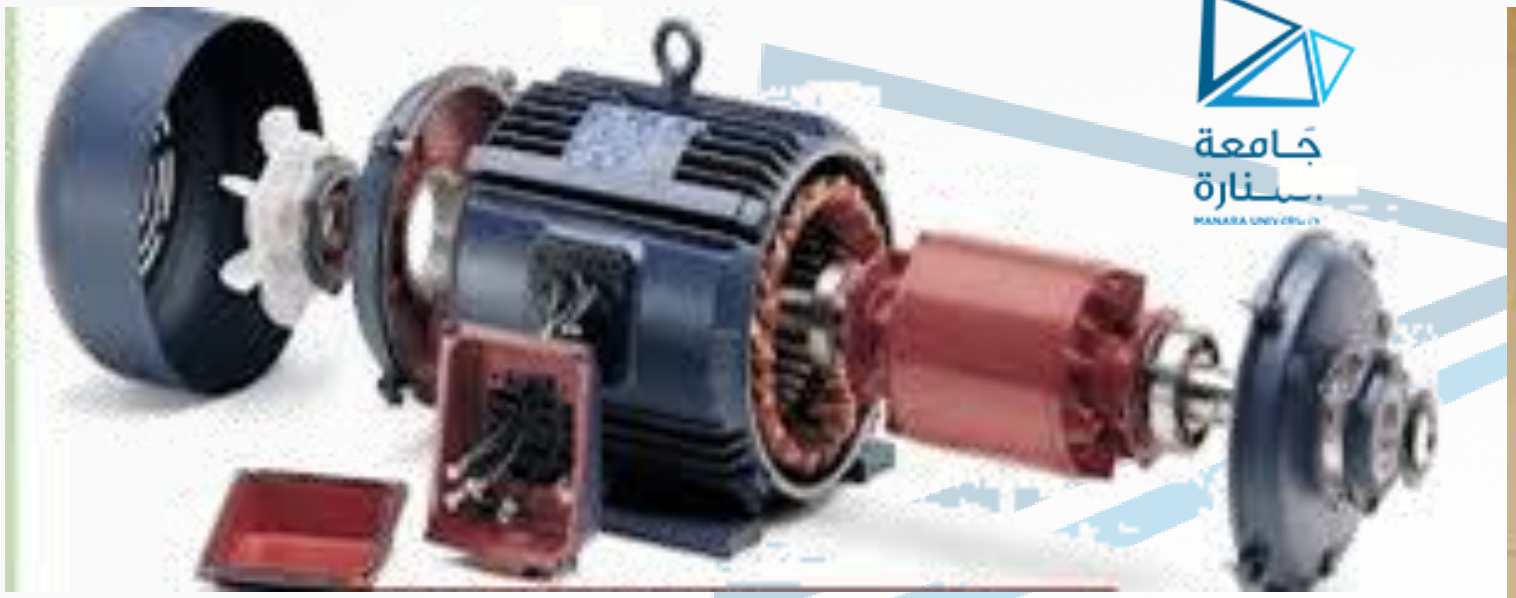
- **بنية الجزء الثابت:**
- الجزء الثابت و الدائر هي الأجزاء الأساسية للألة.
- الغطاء الخارجي للمحرك متموج من أجل التبريد.
- يتكون الجزء الثابت من صفائح فولاذية رقيقة $0.3 - 0.5mm$ معزولة من الوجهين بلورنيش لتقليل ضياعات التيارات الإعصارية.
- تشكل الصفائح مجاري لتثبيت الملفات ثلاثية الأطوار.
- يحتوي على فتحات لدخول الهواء من أجل التبريد.

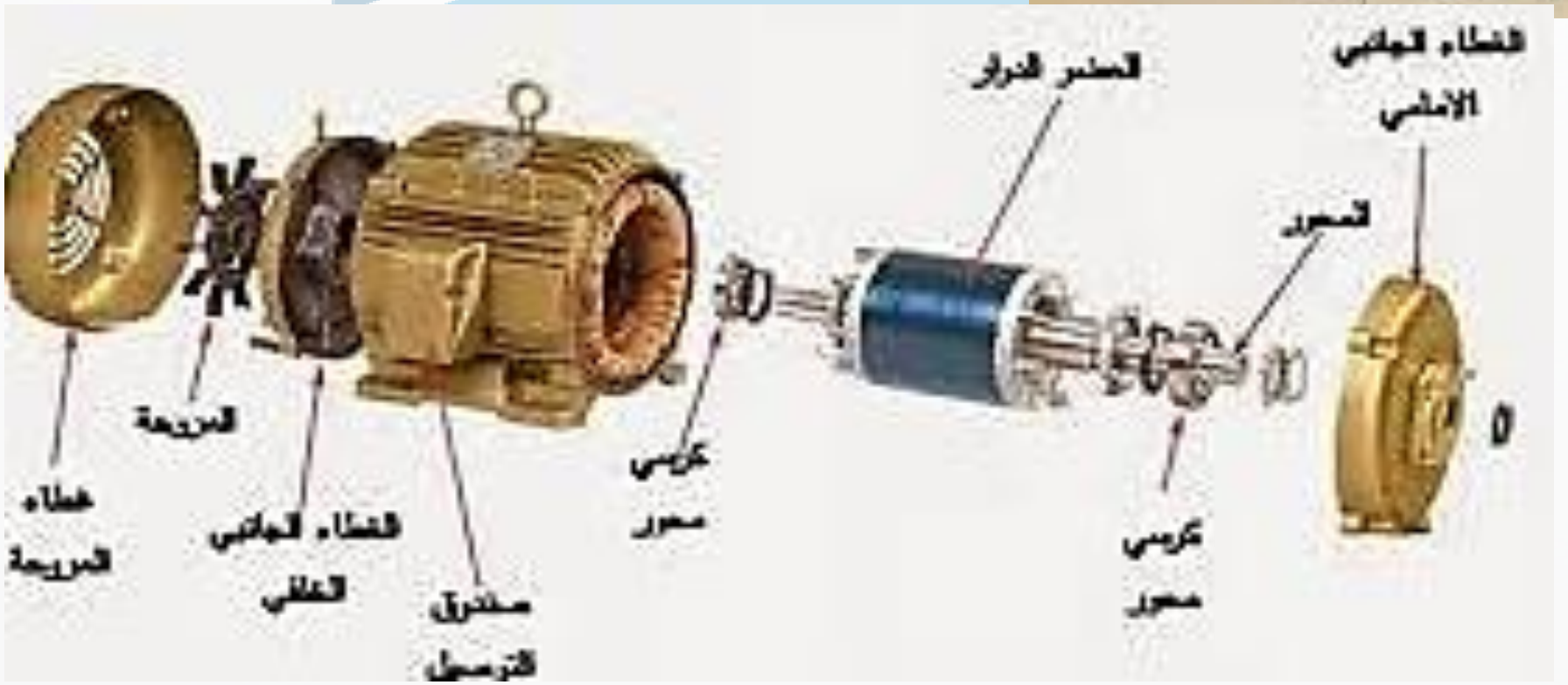
MANARA UNIVERSITY

- **بنية الجزء الدائر:**

يتكون من صفائح حول محور الدائر الذي ينقل الطاقة الميكانيكية للحمل.
يجهز الدائر بمروحة تبريد.
تصنف هذه المحركات حسب طبيعة ملفات الدائر الى محركات بدائر ملفوف او قفص سنجابي.
تصنف المحركات التحريضية حسب عددالاطوار الى محركات احادية الطور وثلاثية الاطوار.

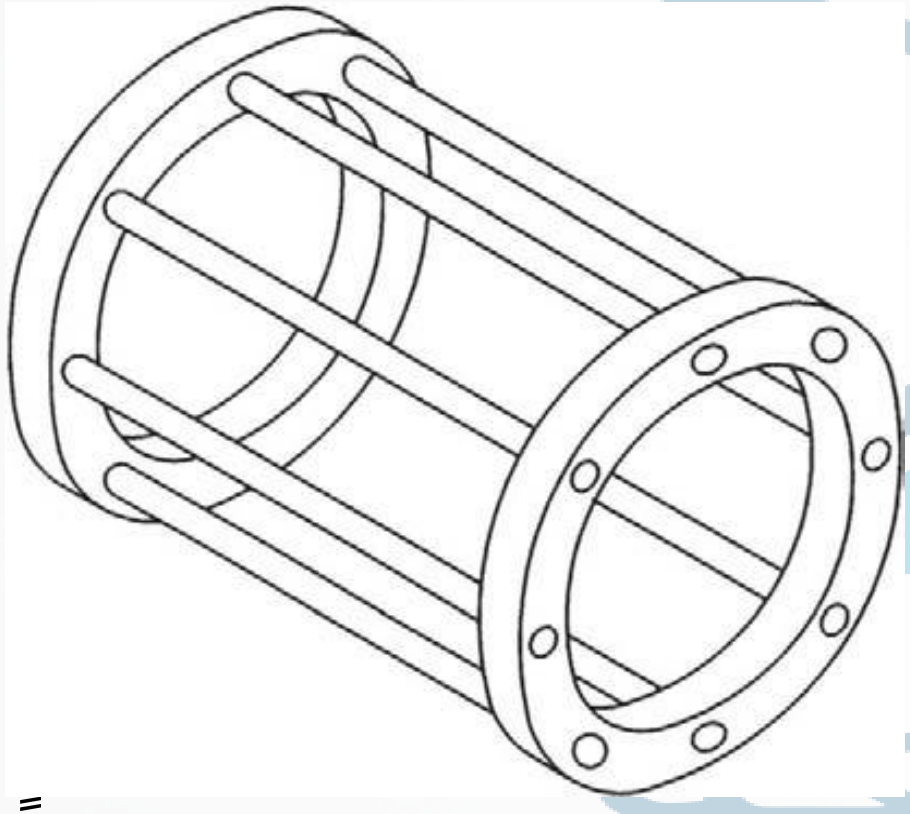
جامعة المنارة
MANARA UNIVERSITY




غطاء المروحة
المروحة
الغطاء الجانبي الخلفي
صندوق الترسيل
عكسي محور
المحور الدوار
المحور
الغطاء الجانبي الأمامي
عكسي محور

جَامعة
المَنارة

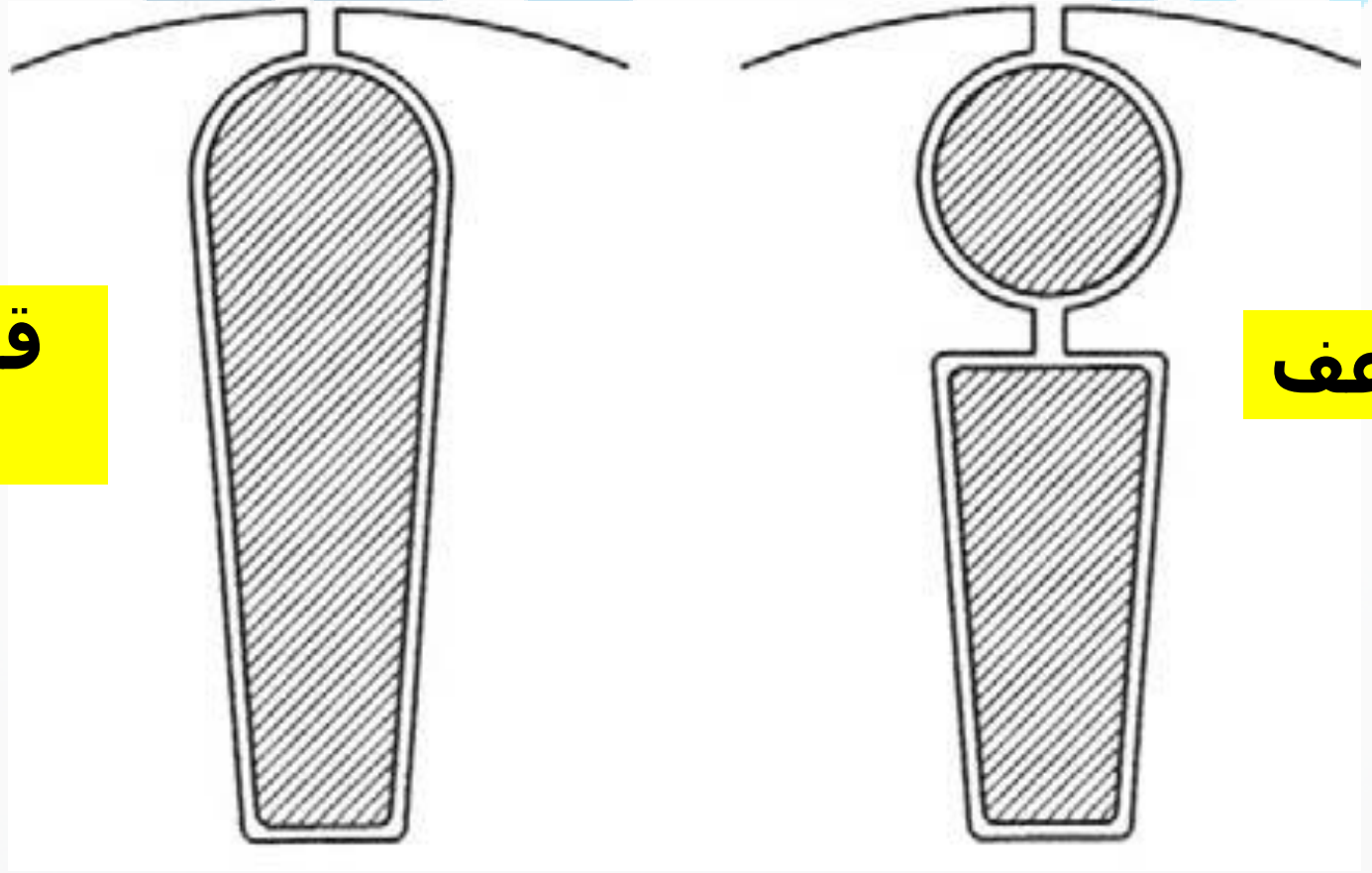
دائر القفص السنجابي



- تتكون ملفات دائر القفص السنجابي من العديد من القضبان المقصورة من الطرفين بواسطة حلقات معدنية. قفص الدائر يبدو بسيطاً جداً.

- يكون المحرك التحريضي محكم الاغلاق و اجزائه متماثلة الى حداً ما، الأمر الذي يجعل هذا النوع من المحركات قابلة للاستخدام في البيئات القاسية و القابلة للانفجار (المناجم مناشر الخشب...)، لذلك التبريد الجيد لمحرك محكم الاغلاق يساهم في رفع المردود.

في بعض الآلات عندما يكون مطلوب تغير نسبة المحارضة الى المقاومة و التي تأثر بشكل قوي على المميزة الميكانيكية للمحرك. يستخدم دائر بقضبان عميقة أو بقفص مضاعف.

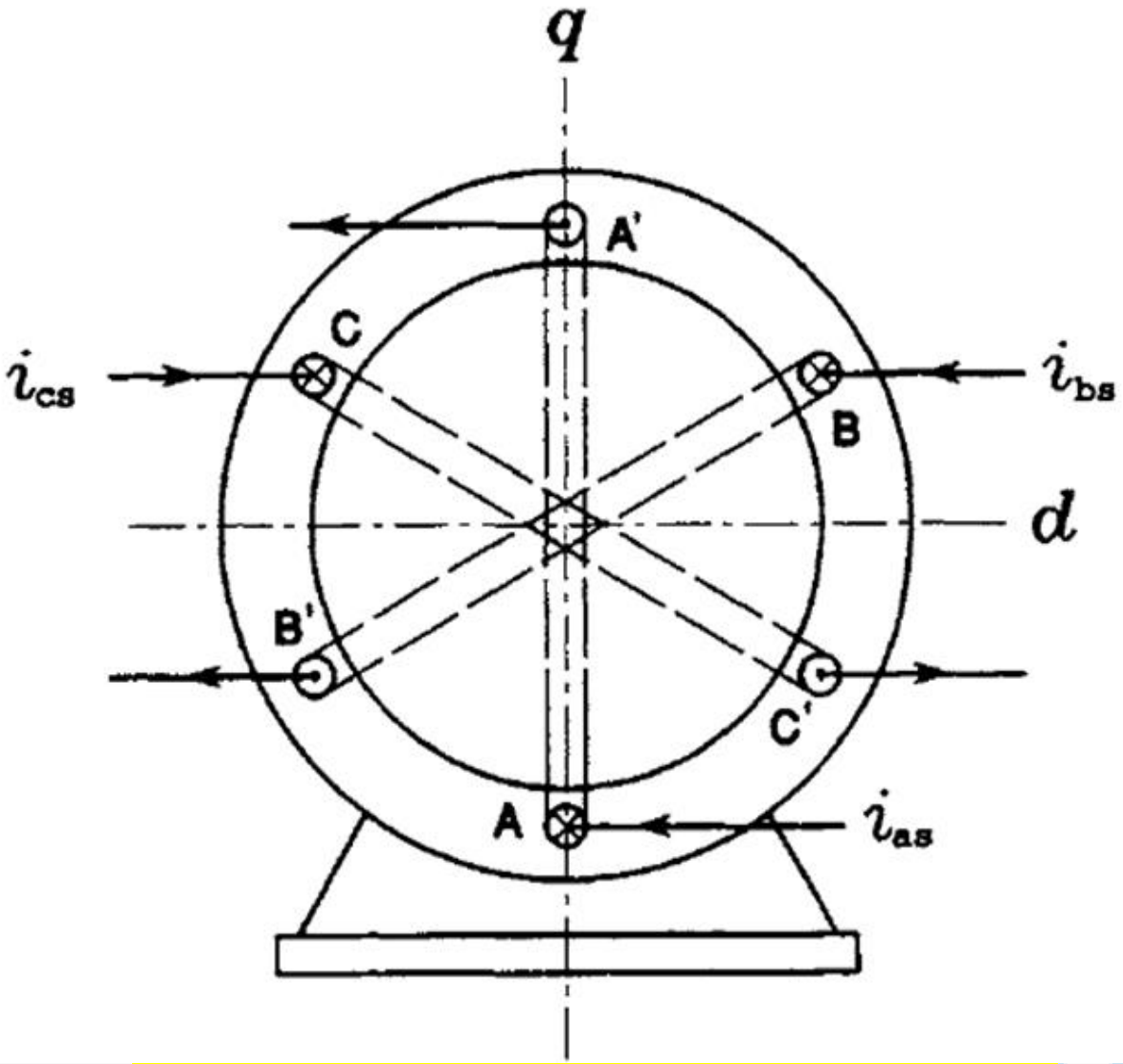


قفص القضبان العميقة

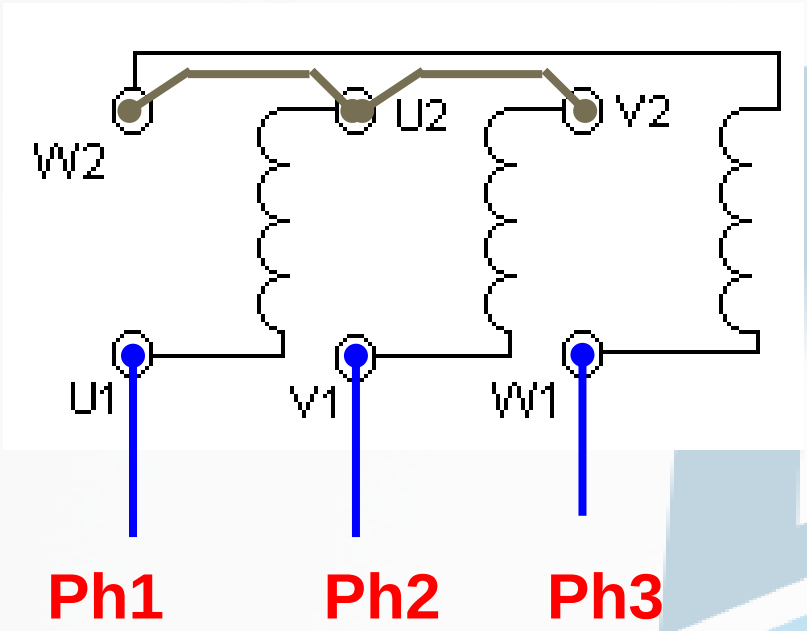
القفص المضاعف

الحقل المغناطيسي الدائر:

- تتوضع وشائع الثابت بحيث تحقق محاورها انزياحا مكانيا بزوايا 120°.
- يتم توصيل ملفات الثابت بطريقتين نجمي أو مثلثي.
- تغذى من نظام ثلاثي الطور متزن.
- تنتج الملفات الثلاثية الأطوار للجزء الثابت حقلاً مغناطيسياً دواراً.

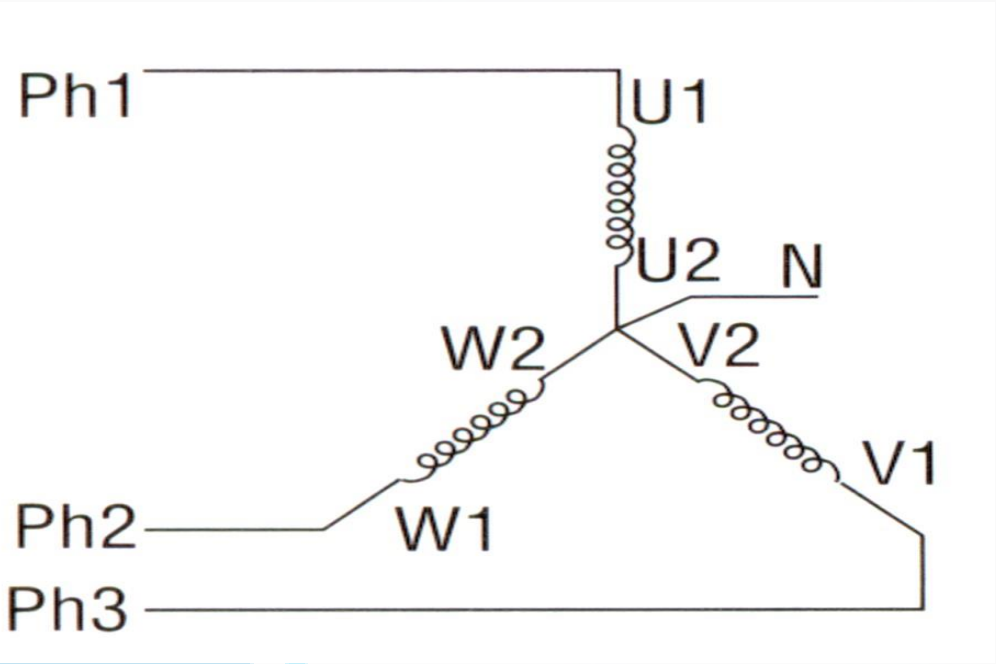


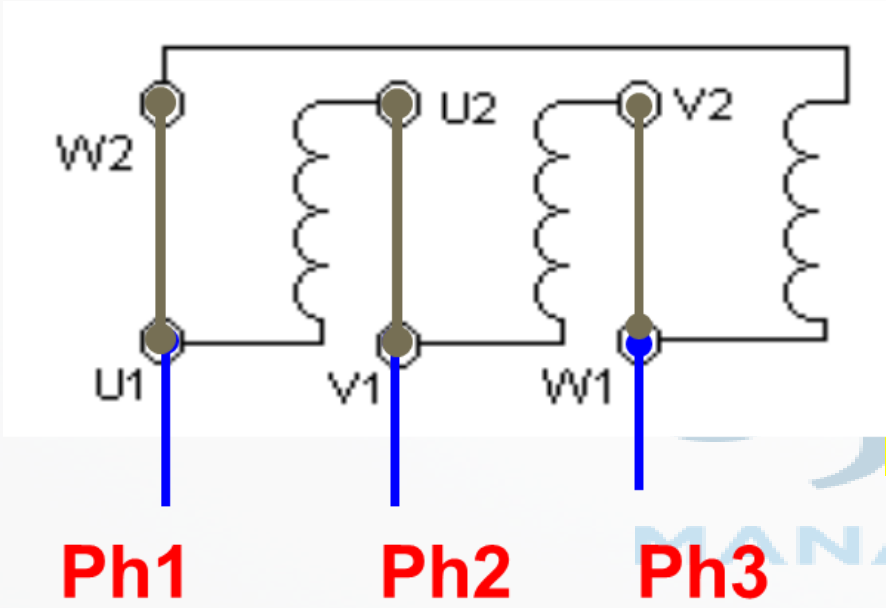
طريقة توضع وشائع الثابت



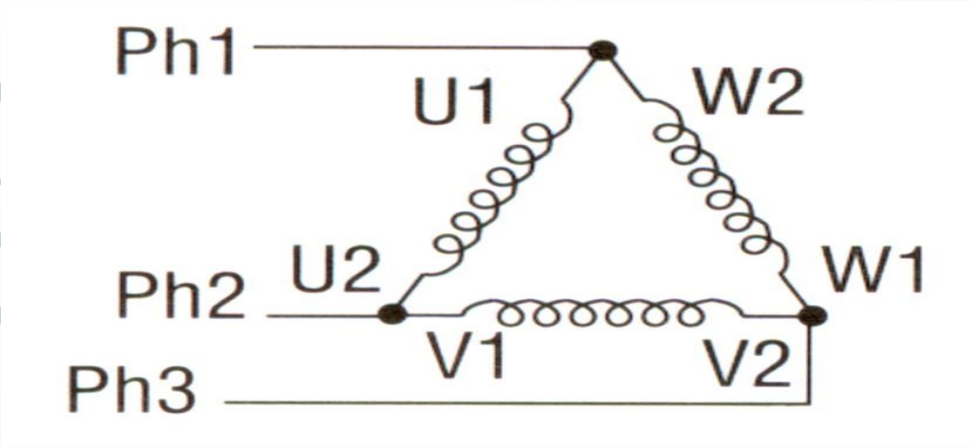
جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

التوصيل النجمي



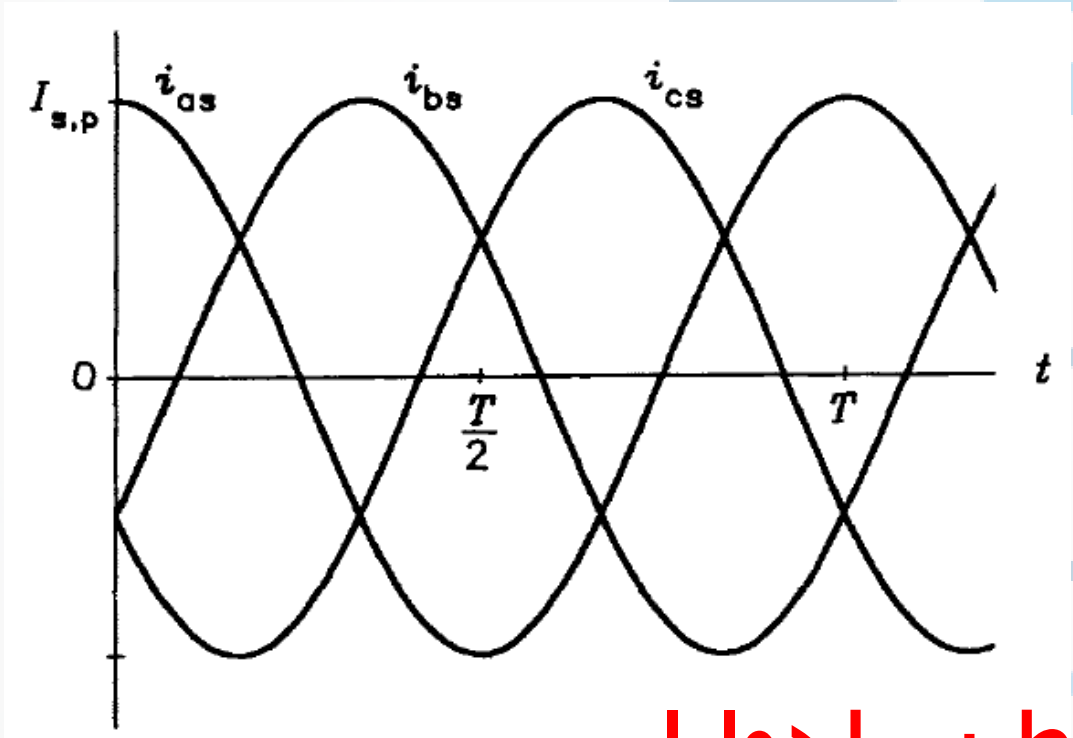


التوصيل المثلثي



MANARA UNIVERSITY

عند تغذية المحرك من نظام ثلاثي الطور متزن ستمر تيارات للأطوار الثلاث مشكلة نظام ثلاثي الطور متزن منحرفة عن نظام جهود التغذية بزاوية تتعلق بمحارضة المحرك.



$$i_{as} = I_{s.m} . cos\, \omega t$$

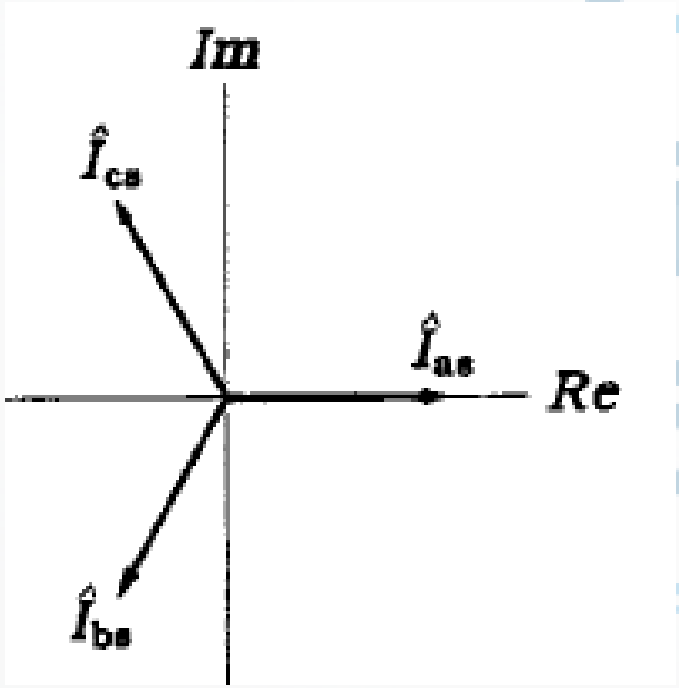
$$i_{bs} = I_{s.m}. cos(\omega t - \frac{2}{3}\pi)$$

$$i_{cs} = I_{s.m}. cos(\omega t - \frac{4}{3}\pi)$$

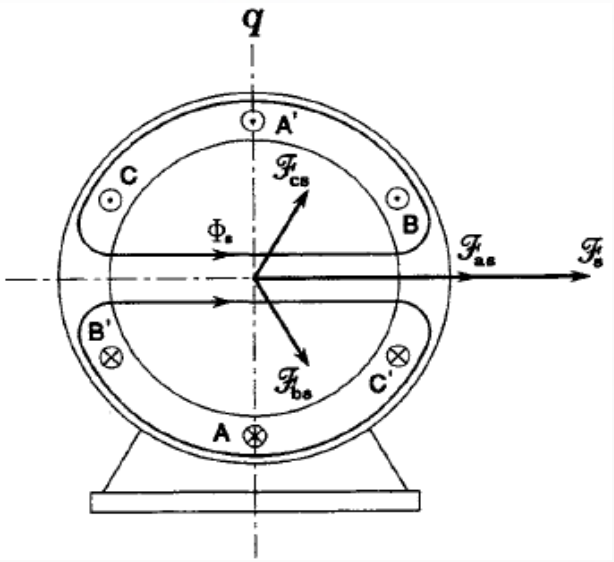
تشكل تيارات اطوار المحرك فيضا مغناطيسيا دوارا

أشعة القوة الدافعة المغناطيسية (MMF)، ζ_{sa}، ζ_{sb}، ζ_{sc} و المنتجة بواسطة تيارات الأطوار. عند جمع هذه الأشعة ينتج الشعاع ζ_s و هو يمثل القوة الدافعة المغناطيسية الكلية للثابت و التي مطالها أكبر 1.5 مرة من القيمة العظمى للقوة الدافعة المغناطيسية للطور الواحد. و الحلقتان النصف دائريتان تمثل نمط من الحقل المغناطيسي الناتج، و هذه هي خطوط الحقل المغناطيسي ϕ_s للثابت.

$$\omega_t = 0$$



مخطط تيارات الأطوار

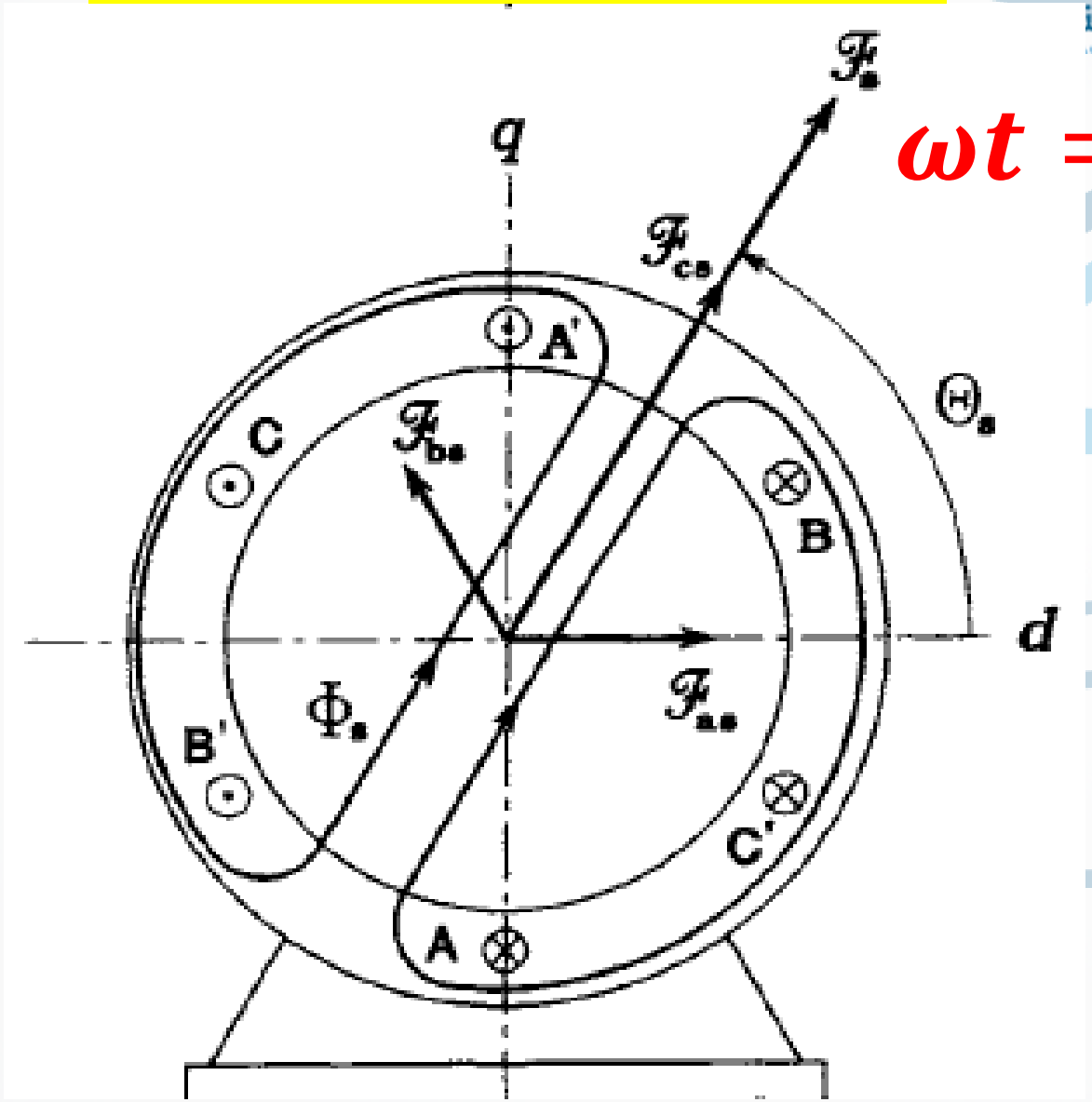


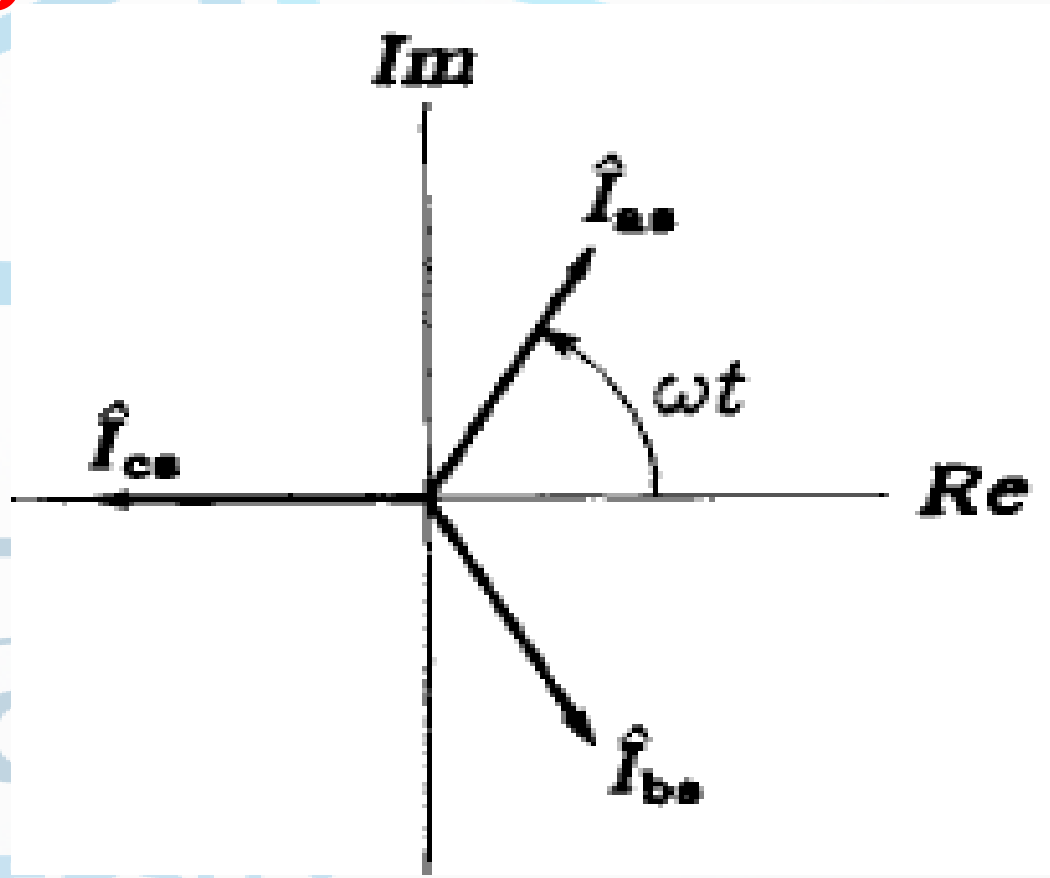
الحقل المغناطيسي الناتج لمحرك بقطبين.

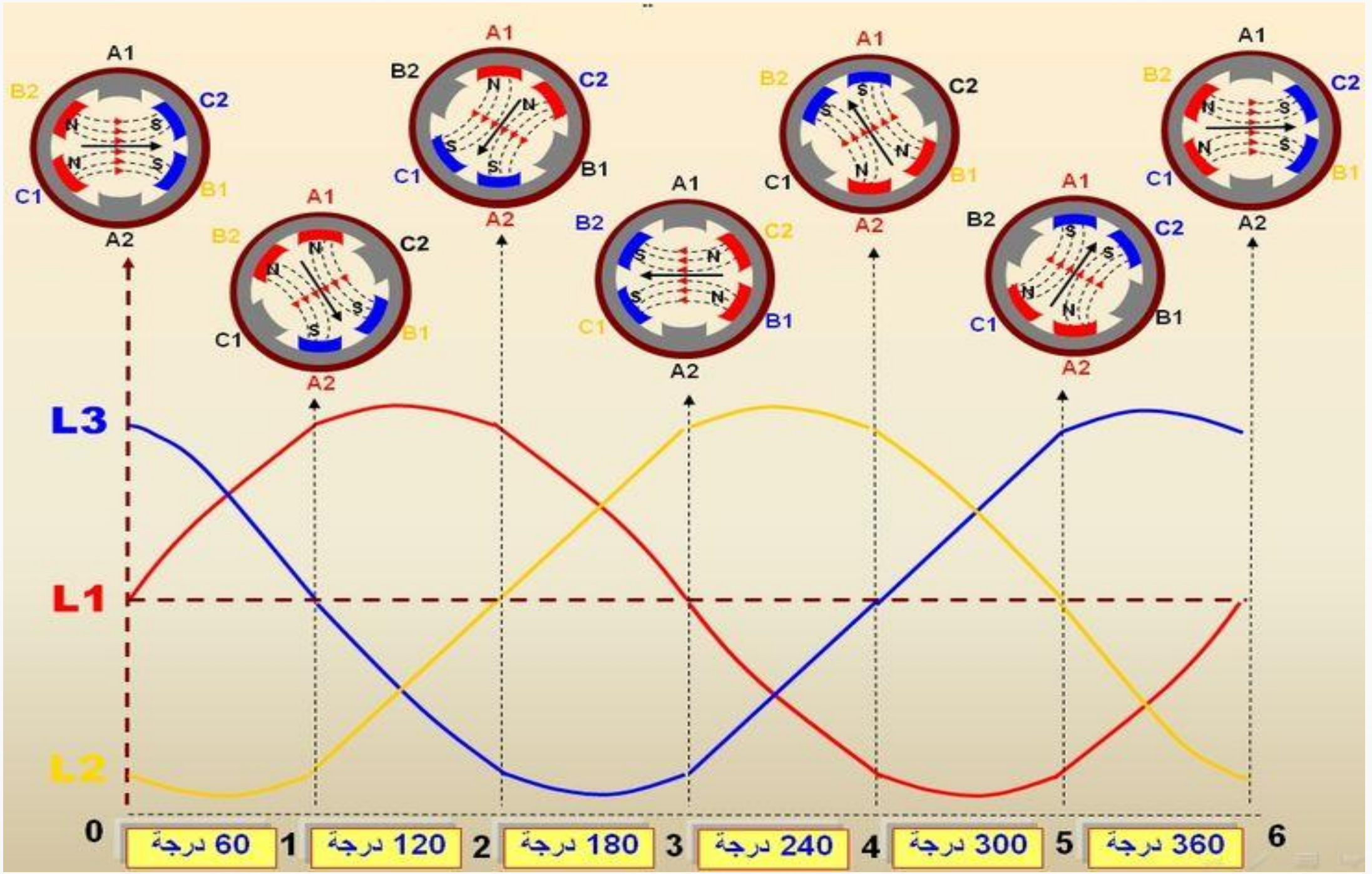
الحقل المغناطيسي

مخطط التيارات

$\omega t = 60^{\circ}$






A1
B2
C2
C1
B1
A2
L3
L1
L2
0
60 درجة
1
120 درجة
2
180 درجة
3
240 درجة
4
300 درجة
5
360 درجة
6

- جهود الأطوار تدور بعكس عقارب الساعة بزاوية 60°. على الرغم من أن القوة الدافعة المغناطيسية (MMFs) لم تغير اتجاهها و بقيت عمودية على ملفات الجزء الدائر،
- القوة الدافعة المغناطيسية (MMFs) الكلية تدور بنفس الاتجاه و وبنفس الزاوية، 60°.
- الازاحة الزاوية α للقوة الدافعة المغناطيسية (MMFs) تساوي الزاوية الكهربائية ωt.
- يتطلب انتاج الحقل الدوار ملفين عالأقل متوضعين في الفراغ .

جامعة المنارة MANARA UNIVERSITY

$$\alpha = \frac{\omega t}{P_p}$$

- القوة الدافعة (MMF) تشكل شعاع دوار يدور بالزاوية α :
  - P_p تشير الى عدد أزواج الأقطاب.
  - بتقسيم طرفي المعادلة على للحقل الزاوية السرعة نحدد t المغناطيسي الدوار (بالسرعة الزاوية التزامنية ω_{syn})

$$\omega_{syn} = \frac{\omega}{P_p}\ rad/sec$$

- عادة تتحدد السرعة التزامنية (:بالدقيقة الدورات عدد، للحقل n_{syn}))

$$n_{syn} = \frac{60*f}{P_p}\ r/min$$

- لن تتولد (EMF) اذا كانت سرعة القضبان و سرعة الحقل المغناطيسي متساويان. لأنه وفق قانون فاراداي فان EMF يتناسب مع معدل تغير الارتباط بين الفيض المغناطيسي و القضبان.
- القوة المحركة EMF، e، تنتج تيار i في الدائر. التفاعل بين التيار و الحقل المغناطيسي ينتج قوة كهروديناميكية F على قضبان الدائر.
- يتحدد اتجاهها حسب قاعدة اليد اليسرى.
- الحقل المغناطيسي للثابت يدفع قضبان الدائر لتدور بسرعة أقل من سرعة الحقل.
- يتحدد العزم الناشئ على محور الدوران TM، بحاصل جداء مجموع القوى الكهروديناميكية بنصف قطر الدائر.
- عندما يعمل المحرك التحريضي كمحرك. سرعة الدائر ω_m تكون أقل من السرعة التزامنية الدائرة ω_{syn}.

يتحدد الفرق بين السرعتين الشعاعيتين بالعلاقة:

$$\omega_{sl} = \omega_{syn} - \omega_m$$

و التي تسمى بالسرعة الانزلاقية ω_{sl}.

بالتقسم على ω_{syn} نحصل على ما يسمى **بالانزلاق S** في المحرك التحريضي و الذي يعرف ب:

$$S = \frac{\omega_{sl}}{\omega_{syn}} = 1 - \frac{\omega_m}{\omega_{syn}}$$

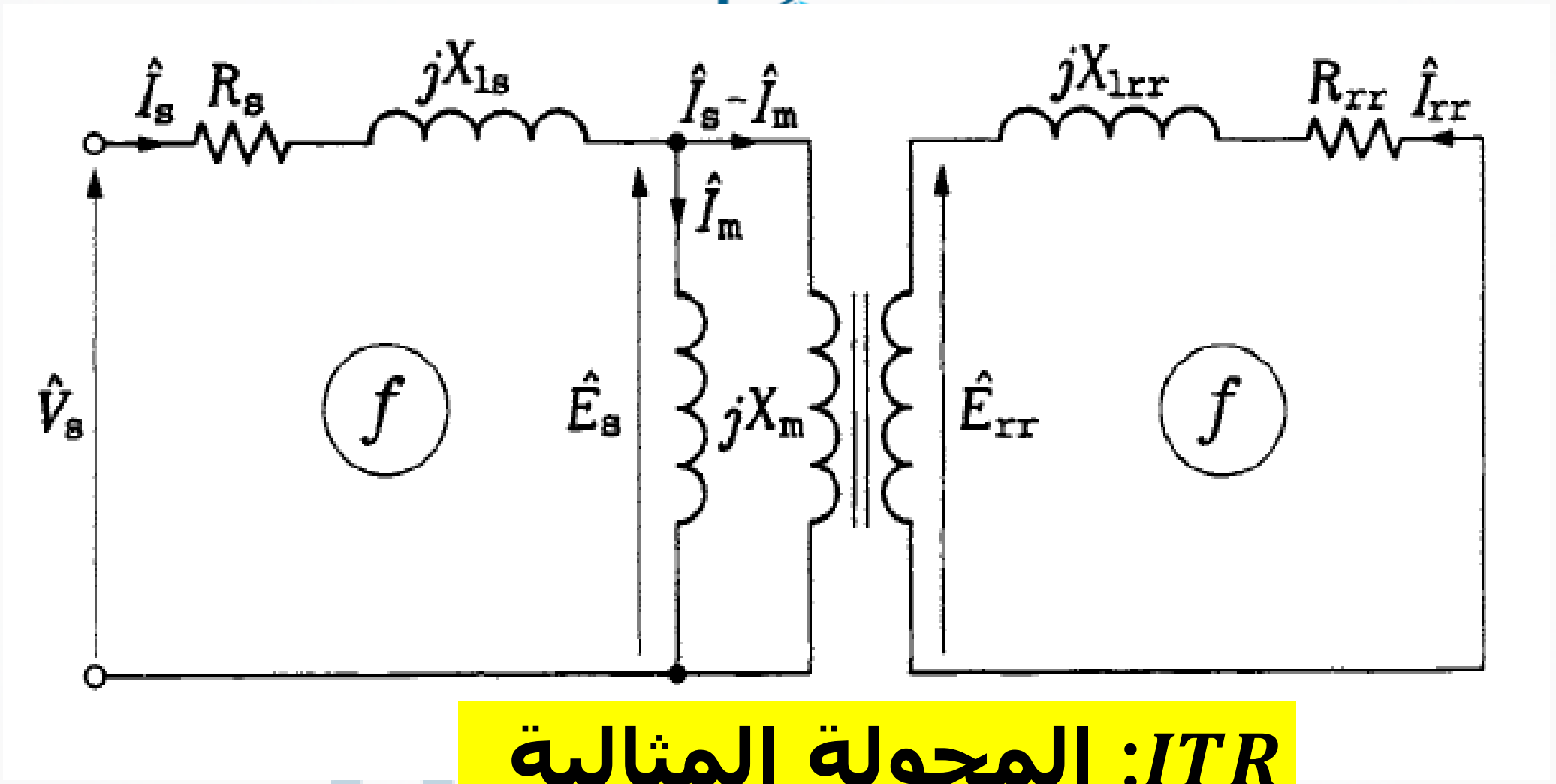
الدارة المكافئة للحالة الثابتة:

$$\omega_m = 0$$

- يمكن اعتبار المحرك التحريضي كمحولة ثلاثية الأطوار عندما يتم منع الدائر من الدوان.
- حديد الثابت و الدائر يلعب دور النواة، و التي تمثل الملفات الابتدائية و الثانوية على التوالي.

الدارة المكافئة للحالة الثابتة و لطور واحد مبينة في الشكل

جامعة المنارة MANARA UNIVERSITY



المحولة المثالية: *ITR*

الدارة المكافئة للطور الواحد في الحالة الثابتة (حالة التوقف).

$$\omega_m = 0$$

R_s: مقاومة ملفات الثابت.
R_{rr}: مقاومة الدائر.
X_{Ls}: المحارضة التسريبية لملفات الثابت.
X_{Lrr}: المحارضة التسريبية للدائر.
X_m: المحارضة المغناطيسية.

يستخدم رموز القيم الفعالة للتيارات و الجهود لطور في الدارة المكافئة:

$\widehat{V_s}$: جهد الثابت للطور.
$\widehat{E_s}$: القوة المحركة الكهربائية (EMF) للطو الثابت.
$\widehat{E_{rr}}$: القوة المحركة الكهربائية (EMF) للطور الدائر.
$\widehat{I_s}$: تيار طور الثابت.
$\widehat{I_{rr}}$: تيار طور الدائر.
$\widehat{I_m}$: تيار المغناطيسي للطور.

- التردد هو نفسه في الدائر و الثابت و يساوي الى تردد التغذية f.

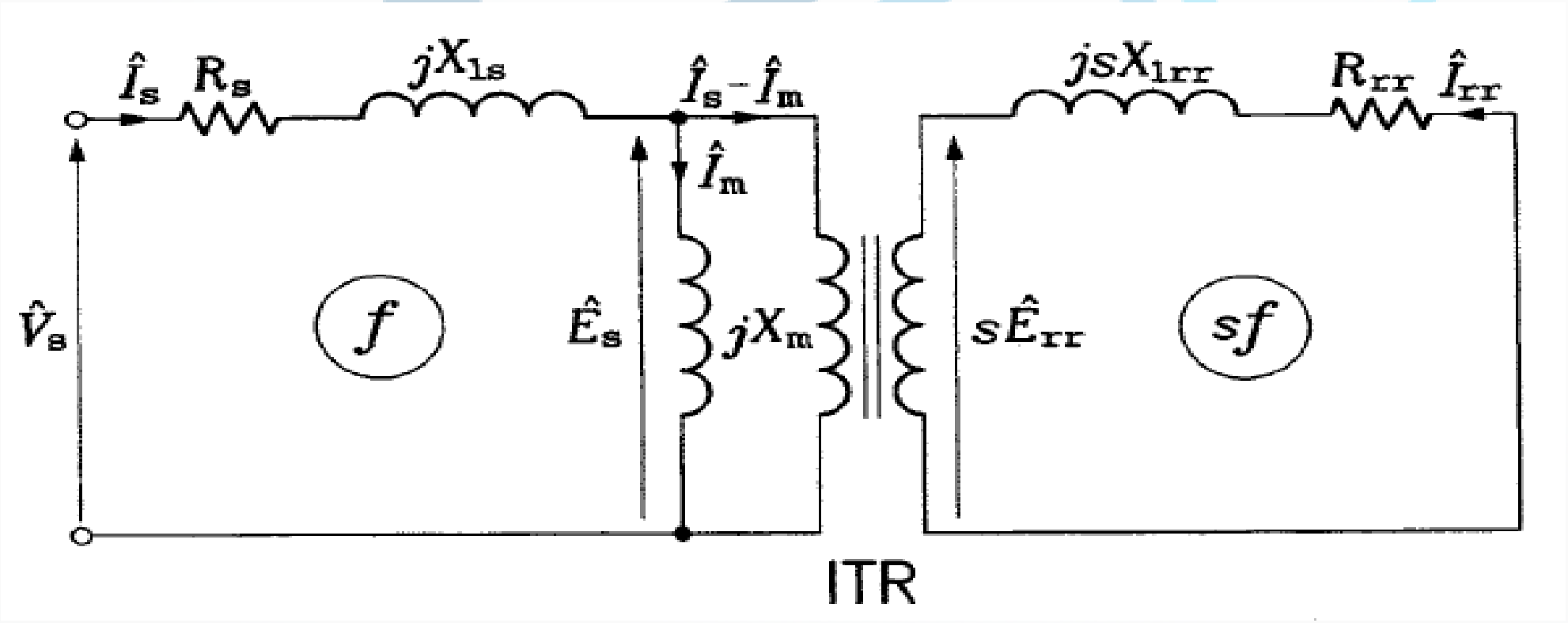
- عندما يدور الدائر بحرية، تكون السرعة الزاوية للدائر أقل من السرعة الزاوية للفيض المغناطيسي المنتج من الثابت والتي تسمى بسرعة الانزلاق ω_s.

نتيجة لذلك يكون تردد التيار المتولد في قضبان الدائر Sf، و المحارضة التسريبية للدائر SX_{rr}، و القوة المحركة الكهربائية في الدائر SE_{rr}.
الاختلاف في التردد بين الثابت و الدائر يجعل الدارة المكافئة كما في الشكل، لاحظ أن القيمة الفعالة لتيار الدائر I_{rr} يعطى بالعلاقة :

$$I_{rr} = \frac{SE_{rr}}{\sqrt{R_{rr}^2 + (SX_{Lrr})^2}} = \frac{E_{rr}}{\sqrt{\left(\frac{R_{rr}}{S}\right)^2 + X_{Lrr}^2}}$$

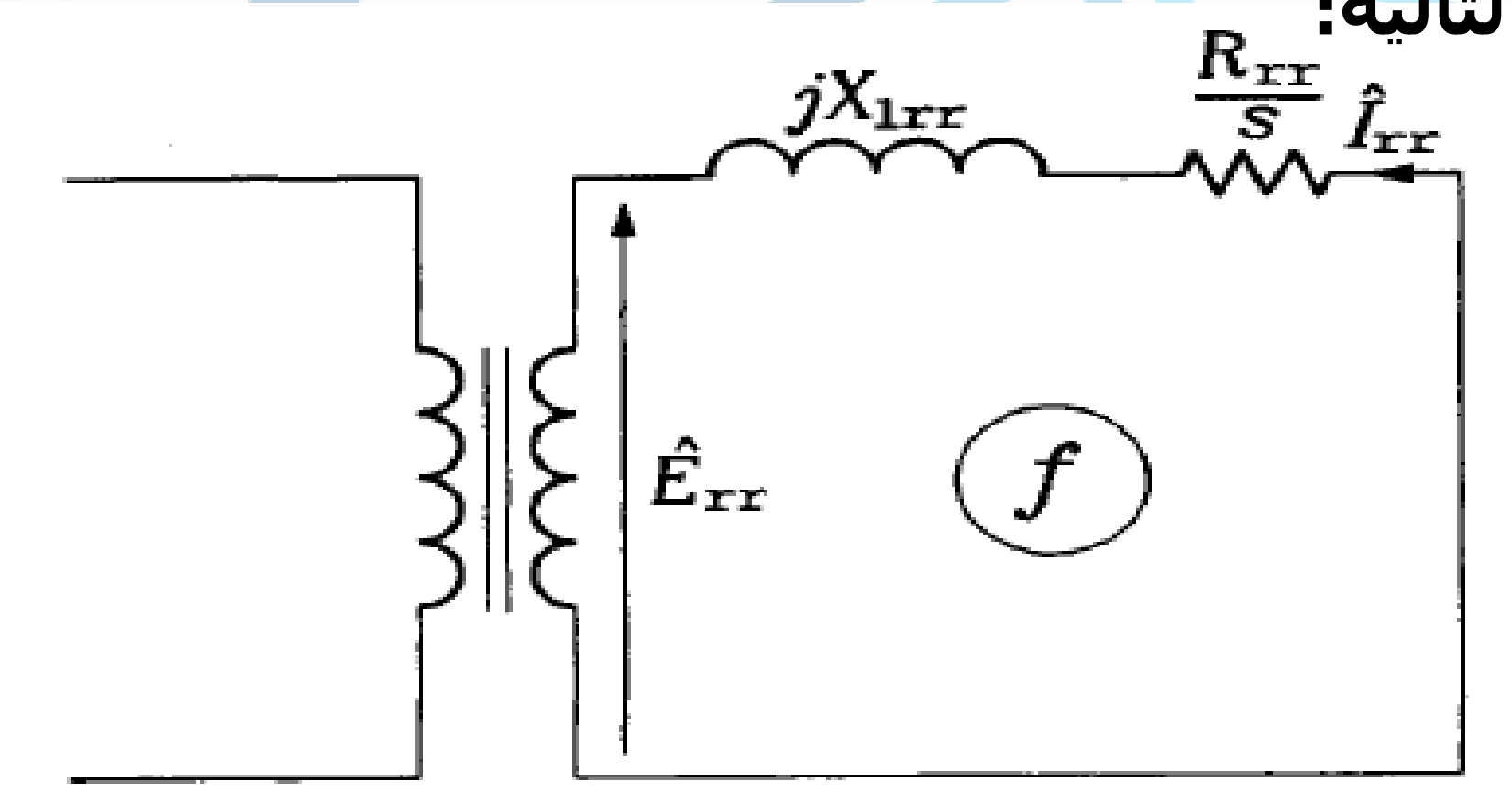
$$I_{rr} = \frac{SE_{rr}}{\sqrt{R_{rr}^2 + (SX_{Lrr})^2}}$$

$$I_{rr} = \frac{E_{rr}}{\sqrt{\left(\frac{R_{rr}}{S}\right)^2 + X_{Lrr}^2}}$$



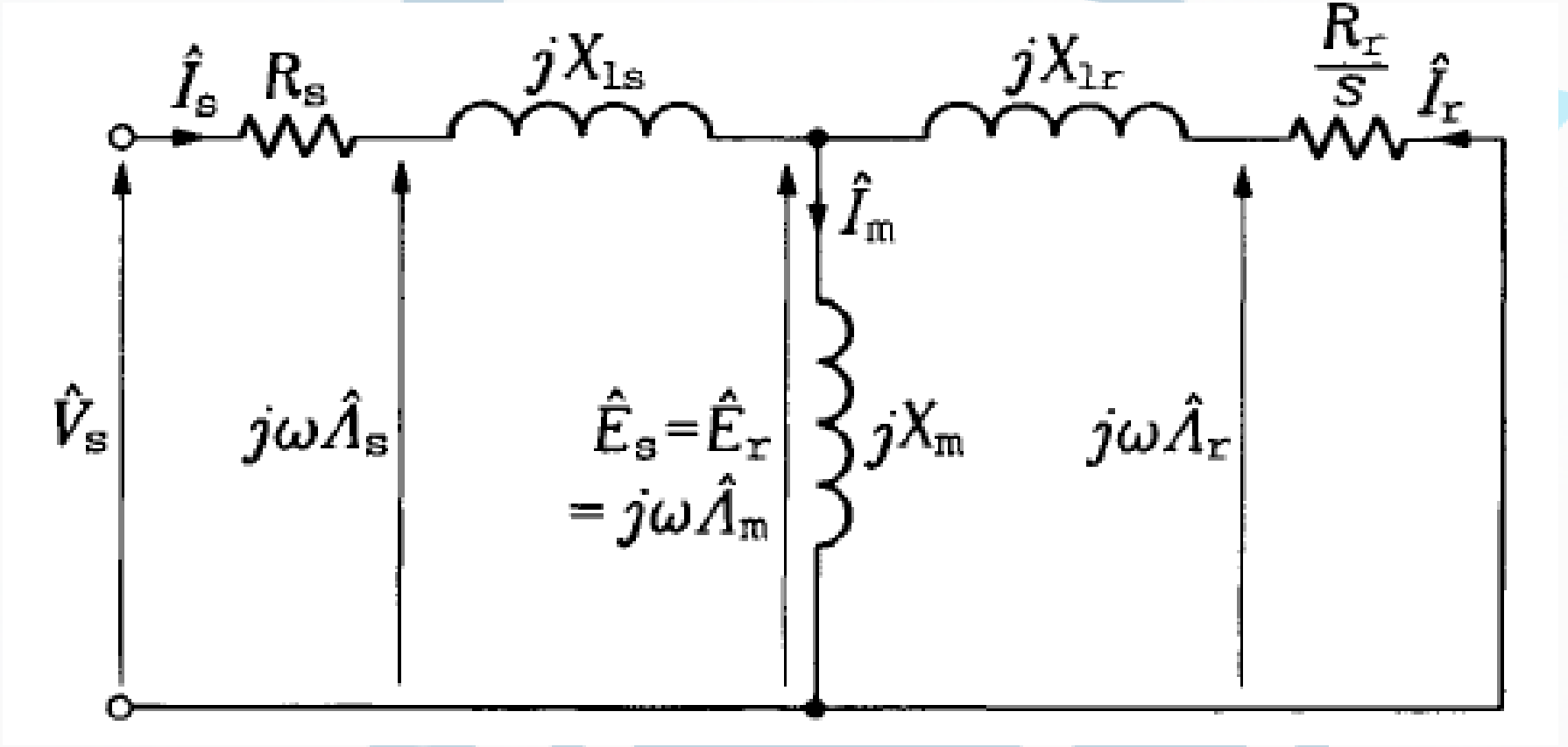
الدارة المكافئة لطور والذي يبين اختلاف التردد في تيارات الثابت و الدائر.

يمكن الاشارة الى كميات الدائر من الثابت للمحولة المثالية وفق الدارة التالية:



الدارة المكافئة للدائر منظورة من طرفي الثابت.

جَامعة
المَنارة
MANARA UNIVERSITY



الدارة المكافئة لطور واحد مع كميات الدائر منسوبة للثابت.

- يجب التأكيد على أن جهد الثابت $\widehat{V_S}$ و تيار الثابت $\widehat{I_S}$، تمثل الجهد على الملف الثابت و التيار الذي يسير في الملف الثابت.
- و هذا يعني اذا تم توصيل الثابت بشكل نجمي، V_S يؤخذ من الخط الى النقطة الحيادية و التيار $\widehat{I_s}$ هو تيار الطور.
- أما في حالة التوصيل على شكل دلتا، يعني الجهد $\widehat{V_S}$ بين الخط والخط و التيار هو تيار الطور.
- و على الرغم من أن مقاومة الدائر و المحارضة التسريبية تشير الى الثابت لذلك هي قيم نظرية و ليست حقيقية و التي نستطيع الحصول عليهم من اختبارات اللاحمل و الفرملة (القصر) للمحرك.

عزم الدوران

- يتحدد متوسط العزم على محور المحرك من تاثير الاطوار الثلاثة ويعطى بالعلاقة:

$$T_M = \frac{P_{out}}{\omega_m}$$

- حيث تمثل استطاعة الخرج الميكانيكية للمحرك، و التي تختلف عن استطاعة الدخل P_{in}، بمقدار الضياعات في الاستطاعة P_{loss}، المصروفة في مقاومات الثابت و الدوار.
- نحدد استطاعة الخرج من مفهوم مقاومة الحمل المكافئ R_L .

$$R_L = \left(\frac{1-S}{s}\right) R_r$$

$$P_{out} = 3R_L I_r^2$$

$$T_M = \frac{3R_L I_r^2}{\omega_M}$$

- تتحدد تيارات الثابت و الدوار، المطلوبة لحساب عزم الدوران باستخدام المعادلة المصفوفية التالية:

$$\begin{bmatrix} \hat{V}_s \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_s + jX_s & jX_m \\ jX_m & \frac{R_r}{s} + jX_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{I}_s \\ \hat{I}_r \end{bmatrix}$$

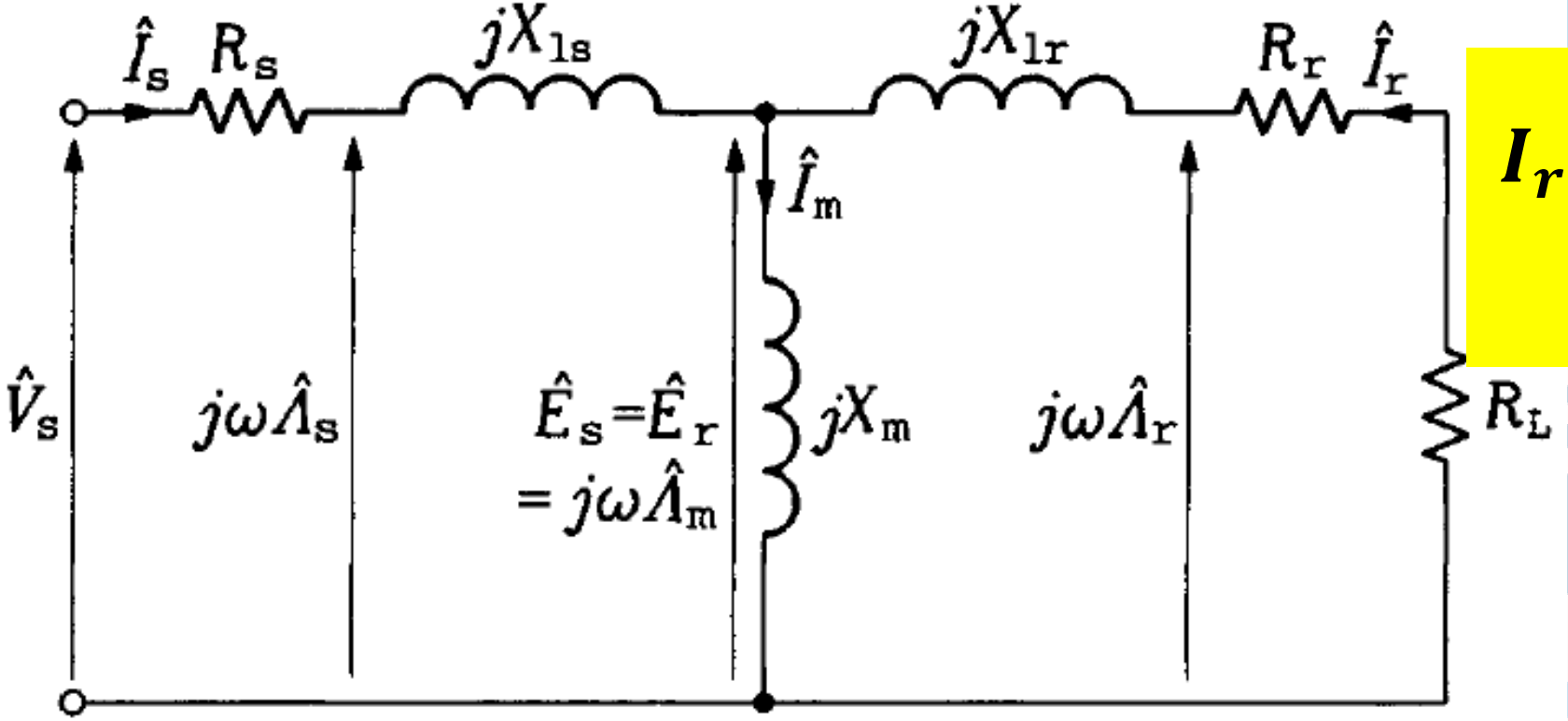
$$X_s = X_{ls} + X_m \qquad X_r = X_{lr} + X_m$$

مفاعلة الثابت

مفاعلة الدائر

جامعة المنارة MANARA UNIVERSITY

- يمكن الحصول على تعبير تقريبي لعزم الدوران من الدارة المكافئة التقريبية، نتيجة ان المحارضة المغناطيسية أكبر بكثير من المقاومة و المحارضة التسريبية للثابت



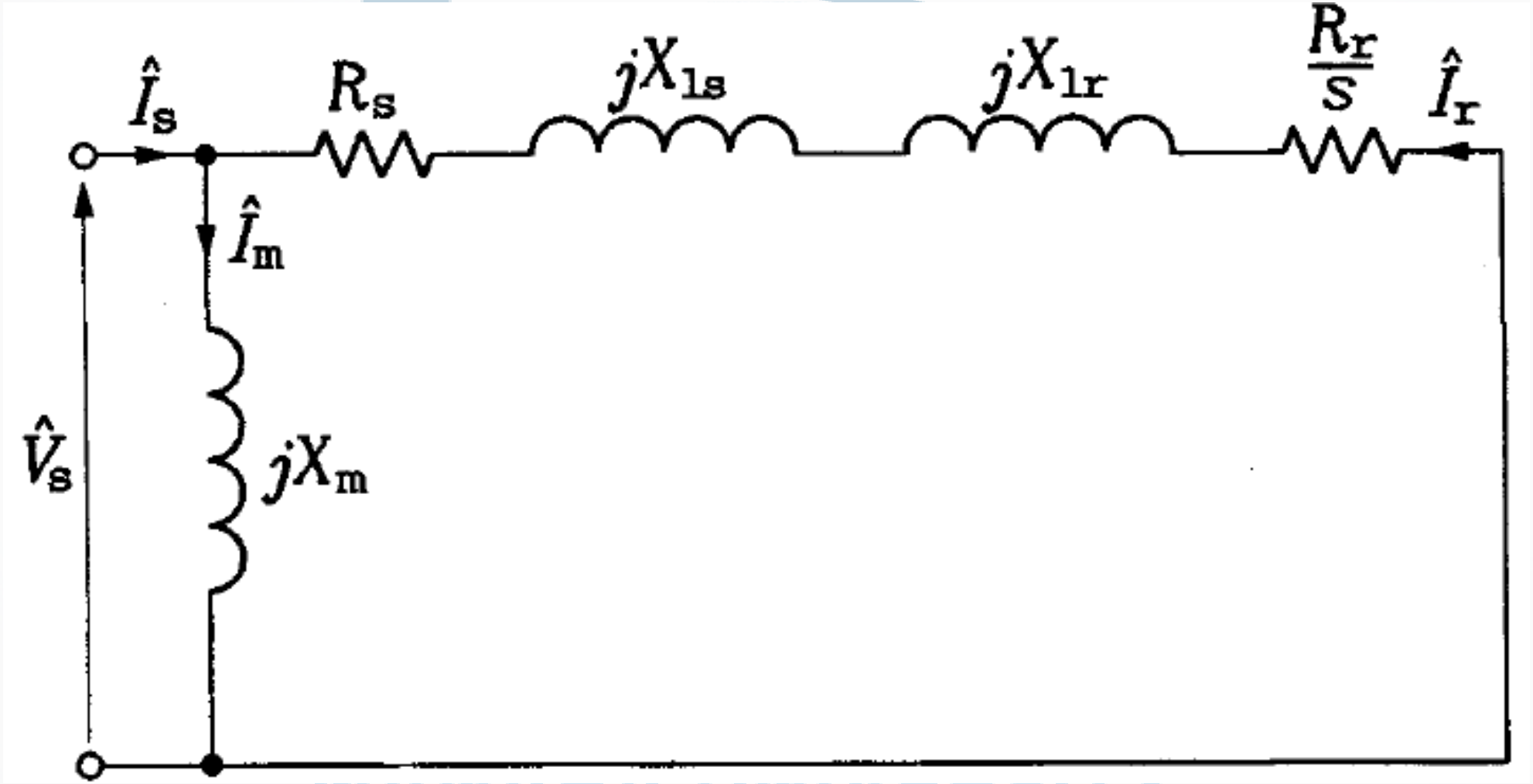
$$I_r = \frac{V_s}{\sqrt{\left(R_s + \frac{R_r}{s}\right)^2 + X_l^2}}$$

$$X_l = X_{ls} + X_{lr}$$

المحارضة الكلية التسريبية

الدارة المكافئة التقريبية

جَامعة
المَنارة



- الدارة المكافئة التقريبية لطور واحد

- صيغة عزم الاقلاع $T_{M,st}$ يمكن الحصول عليها و ذلك بوضع $S = 1$ بمعادلة العزم،

$$T_{M,st} = \frac{1.5}{\pi} \cdot \frac{P_P}{f} V_s^2 \cdot \frac{R_r}{(R_s + R_r)^2 + X_l^2}$$

- العزم الأعظمي، مع يتطابق ، euqrot tuo-llup يدعى $T_{M,max}$ الانزلاق الحرج S_{cr}، و الذي يمكن أن يحدد بواسطة اشتقاق T_M بالنسبة الى S و مساواتة للصفر. هذا يؤدي الى:

$$T_M = \frac{1.5}{\pi} \cdot \frac{P_P}{f} V_s^2 \frac{\frac{R_r}{s}}{\left(R_s + \frac{R_s}{s}\right)^2 + X_l^2}$$

- ان العلاقة التربيعية بين الجهد و عزم الدوران هي الضعف الوحيد في المحرك التحريضي.
- قد ينخفض الجهد في خطوط الطاقة، مما يؤدي الى انخفاض في عزم دوران المحرك.

$$S_{cr} = \frac{R_r}{\sqrt{R_s^2 + X_l^2}}$$

$$T_{M,Max} = \frac{0.75}{\pi} \cdot \frac{P_P}{f} \cdot \frac{V_s^2}{R_s + \sqrt{R_s^2 + X_l^2}}$$

- **علاقة العزم و الانزلاق**

من أجل قيم مختلفة لمقاومة الدوار.