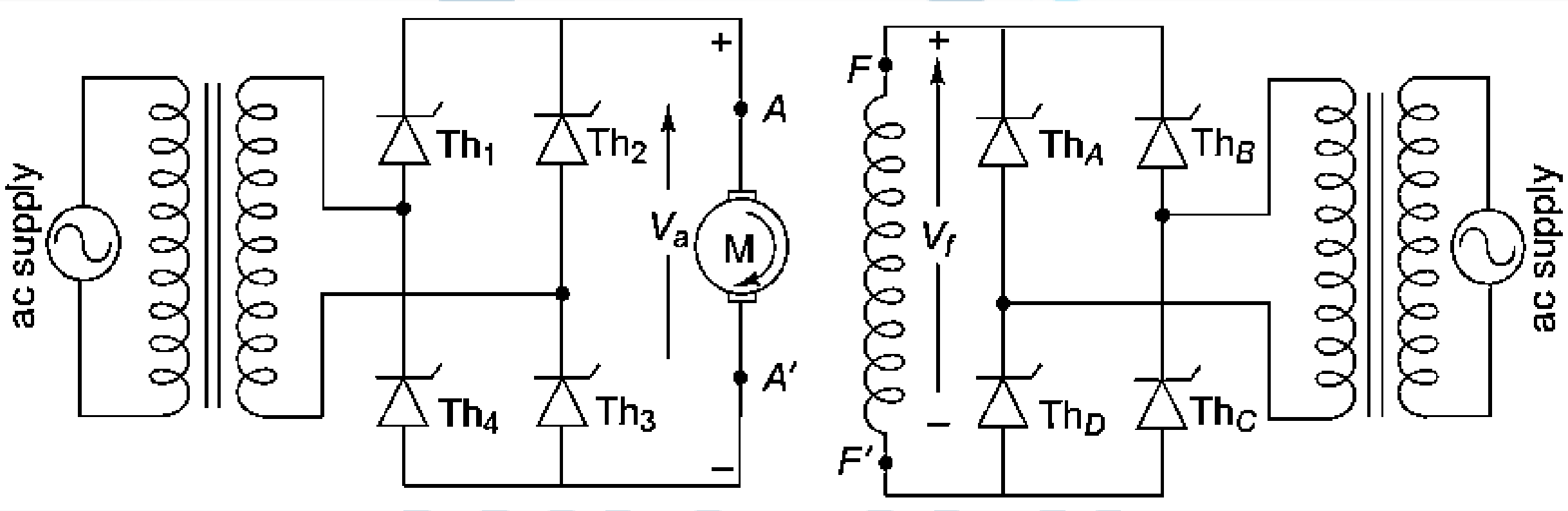
Lecture4

قيادة محرك تيار مستمر بتهييج مستقل

DR. BASSAM ATIEH

MANARA UNIVERSITY

قيادة المحرك المستقل باستخدام مبدلة جسريه احادية الطور
Single-phase Converter Drives



مبدلة دارة المنتج **مبدلة دارة التهييج**

دارة التحكم المشترك باستخدام المبدلات الجسرية احادية الطور لكل من دارتي المنتج والفيض.

- يمكن تحقيق العمل بالربع الأول والرابع باستخدام مبدلة دارة المنتج.
- يمكن تحقيق العمل بالأرباع الاربعة باستخدام مبدلة دارة المنتج ومبدلة دارة التهييج.
- تقوم المبدلات بتنظيم جهود كل من دارة المنتج ودارة التهييج وفقا لزوايا اشعال الثايرستورات بالمبدلتين.
- تكتب معادلات جهود دارة المنتج ودارة التهييج وفقا لزوايا تأخير دارة المبدلة الجسرية احادية الطور بالمعادلات التالية:

$$V_a = \frac{2V_m}{\pi}\cos\alpha_1, \quad 0 < \alpha_1 < \frac{\pi}{2}$$

$$V_f = \frac{2V_m}{\pi}\cos\alpha_2, \quad 0 < \alpha_2 < \frac{\pi}{2}$$

a) عند عمل المحرك بالنظام المستمر:

يمكن استنتاج علاقة سرعة الدوران عند العمل على تنظيم سرعة الدوران بدلالة كل من عزم الدوران وزوايا التأخير α_1 و α_2 :

$$\omega_m(t) = \frac{2V_m}{\pi K_1}\cos\alpha_1 - \frac{R_a}{K_1^2}\overline{T}_d$$

$$E_b = K_b\Phi_f\Omega_m$$
$$K_1 = K_b\Phi_f$$

b) عند عمل المحرك بالنظام المتقطع:

$$V_a = \frac{V_m}{\pi}\left[\sin\left(\alpha_e - \frac{\pi}{2}\right) - \sin\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right)\right]$$

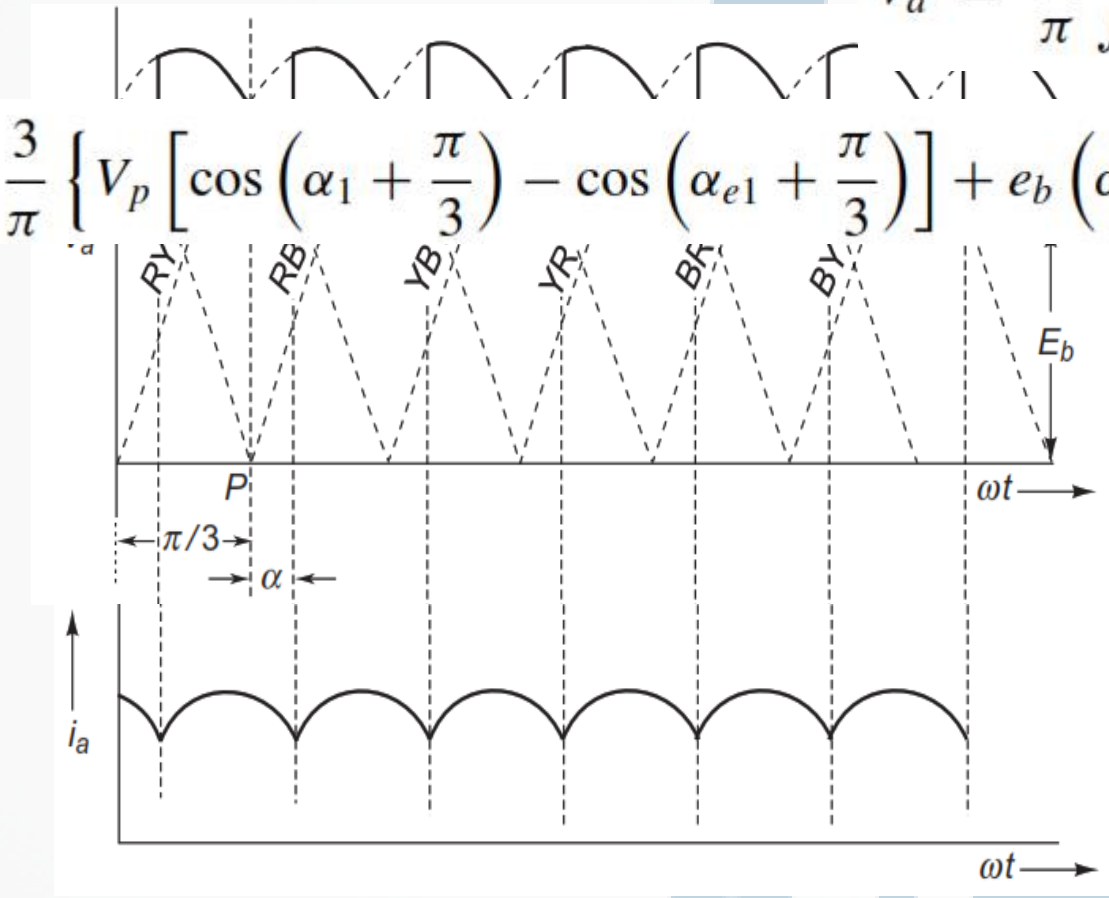
$$V_a = E_b^* + R_a I_a = V_a = \frac{V_m}{\pi}(\cos\alpha - \cos\alpha_e)$$

حيث: $E_b^* = E_b(\alpha_e - \alpha)/\pi,\ \text{where}\ E_b = K_1\Omega_m$

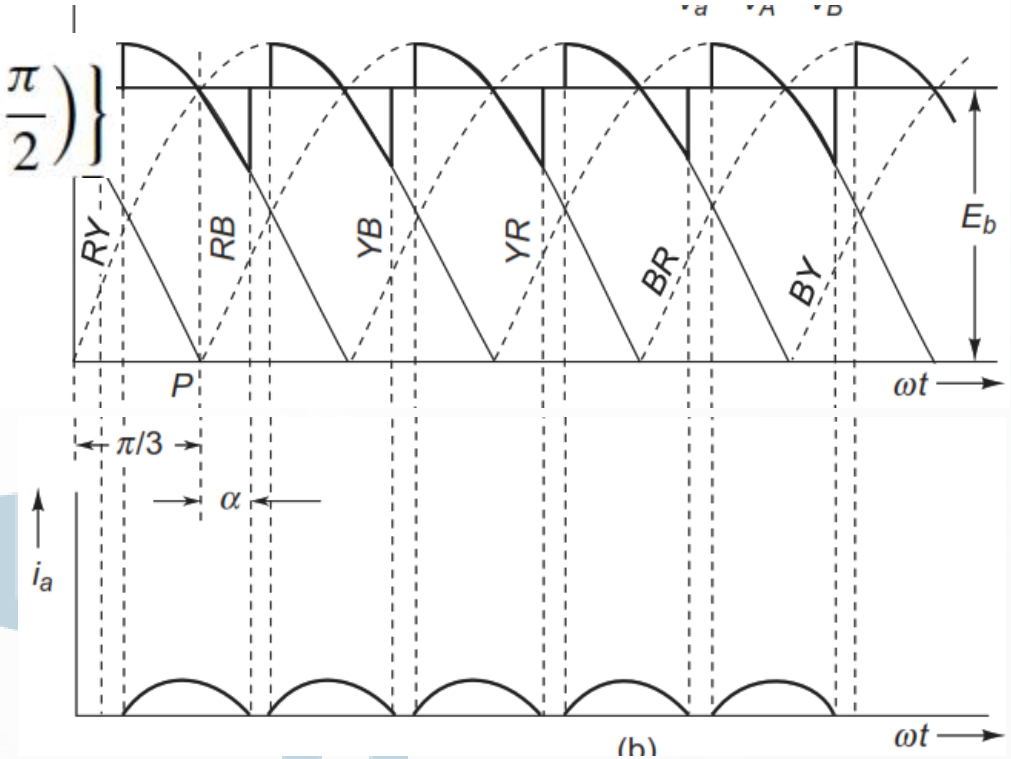
- α_e : زاوية اطفاء الثايرستور (تيار الثايرستور = الصفر).

$$V_a = \frac{3}{\pi}\int_{\alpha_1+\pi/3}^{\alpha_{e1}+\pi/3} V_p \sin(\omega t)d(\omega t) + \frac{3}{\pi}E_b\left(\alpha_1 + \frac{\pi}{3} - \alpha_{e1}\right)$$

$$= \frac{3}{\pi}\left\{V_p\left[\cos\left(\alpha_1 + \frac{\pi}{3}\right) - \cos\left(\alpha_{e1} + \frac{\pi}{3}\right)\right] + e_b\left(\alpha_1 - \alpha_{e1} + \frac{\pi}{2}\right)\right\}$$



continuous conduction



discontinuous conduction

بالتعويض نستنتج علاقة تيار المحرك بالنظام المتقطع :

$$I_a = \frac{V_a - E_b^*}{R_a} = \frac{1}{R_a}\left[\frac{V_m}{\pi}(\cos\alpha - \cos\alpha_e) - \frac{K_1\Omega_m(\alpha_e - \alpha)}{\pi}\right]$$

نستنتج علاقة تيار المحرك بالنظام المتقطع وبدلالة الزمن t، عندما تكون كل من السرعة والعزم تمثل قيما متغيرة بدلالة الزمن:

$$i_a = \frac{1}{R_a}\left[\frac{V_m}{\pi}(\cos\alpha - \cos\alpha_e) - \frac{K_1\omega_m(\alpha_e - \alpha)}{\pi}\right]$$

- نستنتج علاقة عزم المحرك وفقا لما يلي من علاقة تيار المحرك:

$$i_a \text{ as } \overline{T}_d / K_1, \text{ where } K_1 = K_t \Phi_f$$

$$\frac{\overline{T}_d}{K_1} = \frac{1}{R_a}\left[\frac{V_m}{\pi}(\cos\alpha - \cos\alpha_e) - \frac{K_1\omega_m(\alpha_e - \alpha)}{\pi}\right]$$

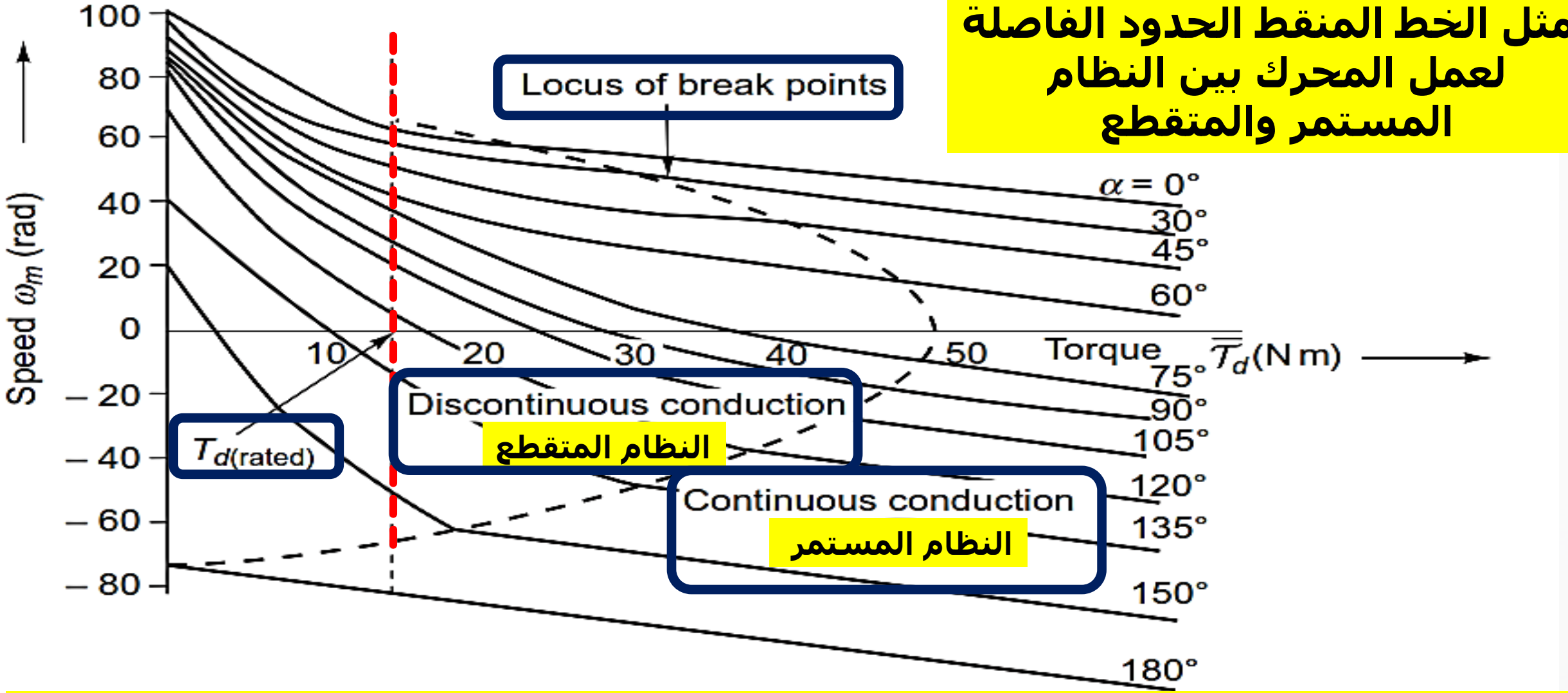
- وفقا لعلاقة العزم نستنتج علاقة سرعة المحرك بنظام العمل المتقطع :

$$\omega_m(t) = \frac{V_m(\cos\alpha - \cos\alpha_e)}{K_1(\alpha_e - \alpha)} - \frac{\pi R_a}{K_1^2(\alpha_e - \alpha)}\overline{T}_d$$

طريق مبدلة جسرية احادية الطور
تعمل بزوايا تاخير مختلفة

خواص السرعة العزم لمحرك تيار
مستمر بتهييج مستقل مغذى عن

يمثل الخط المنقط الحدود الفاصلة
لعمل المحرك بين النظام
المستمر والمتقطع



Speed–torque characteristics of a typical single-phase rectifier drive with a

- لاحظ ان مجال تنظيم السرعة يكون مرتفعا عند العمل بالنظام المتقطع نظرا لان ميل الخواص في هذا المجال يكون عاليا مقارنة مع مجال العمل بالنظام المستمر، وذلك للأسباب التالية:

1. عند زيادة حمل المحرك بشكل فجائي بنظام العمل المستمر تبدا سرعة الدوران بالانخفاض نظرا لان عزم المحرك يكون اقل من عزم الحمولة ويبدا عندها المحرك بالتباطؤ وفقا لعلاقة التسارع التالية:

$$\frac{d\omega_m(t)}{dt} = \overline{T}_d - \overline{T}_{1d}$$

- سوف يؤدي انخفاض سرعة المحرك الى انخفاض القوة المحركة العكسية على اطراف المنتج eb وزيادة تيار وعزم المحرك.
- بالعودة الى علاقة السرعة العزم بالنظام المستمر نجد ان تنظيم السرعة يكون منخفضا، مما يحقق توازن للعزوم بشكل بطيء.

زيادة حمل المحرك بشكل فجائي بنظام العمل المستمر

زيادة بطيئة

$$\frac{d\omega_m(t)}{dt} = \overline{T}_d - \overline{T}_{1d} = 0$$

$$\overline{T}_d = \overline{T}_{1d}$$

ان تنظيم السرعة يكون منخفضا، مما يحقق توازن للعزوم بشكل بطيء.

2. عند زيادة حمل المحرك بشكل فجائي بنظام العمل المتقطع تبدا سرعة الدوران بالانخفاض نظرا لان عزم المحرك يكون اقل من عزم الحمولة، ويترافق ذلك مع زيادة في الزاوية ae وانخفاض في القوة المحركة العكسية Eb، ويكون حاصل جداء Eb بالزاوية ae تقريبا ثابتا، مما يحقق زيادة بطيئة بالتيار والعزم وذلك بناء على علاقة السرعة / العزم بالنظام المتقطع، مما يشكل خواص سرعة - عزم بميل سالب وميلان حادًا.

ملاحظة:

يمكن تجاوز الميلان الحاد في خواص السرعة / العزم بالنظام المتقطع عن طريق اضافة محارضة عالية على التسلسل مع المنتج.

زيادة حمل المحرك بشكل فجائي بنظام العمل المتقطع

زيادة سريعة

Eb * ae≈const

حمل المحرك ← سرعة الدوران ← ae ← eb ← تيار وعزم المحرك

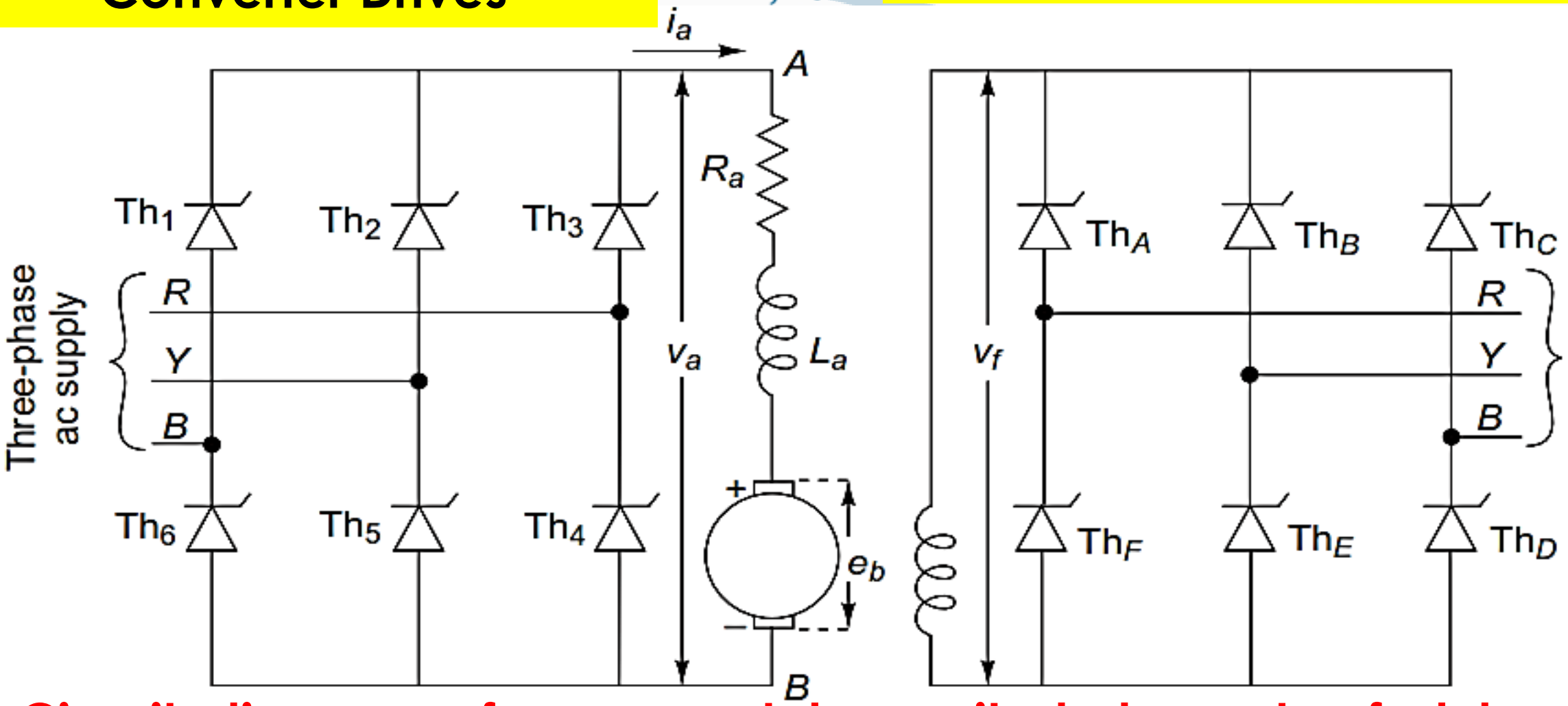
$$\frac{d\omega_m(t)}{dt} = \overline{T}_d - \overline{T}_{1d} = 0$$

$$\overline{T}_d = \overline{T}_{1d}$$

خواص سرعة - عزم بميل سالب وميلان حادًا.

three-phase,full-wave Converter Drives

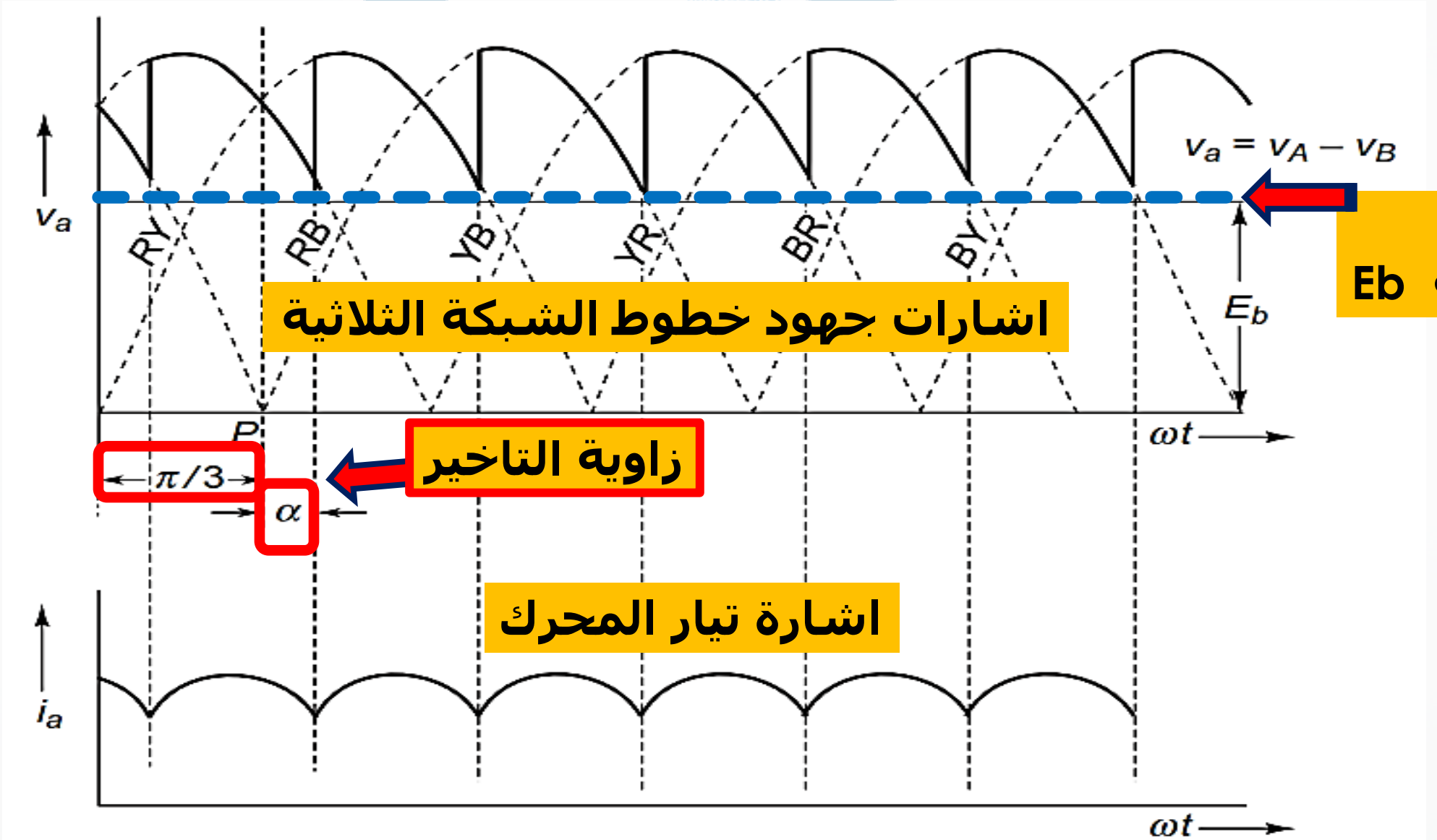
قيادة المحركات ذات الاستطاعات العالية باستخدام المبدلات ثلاثية الاطوار



Circuit diagram of a separately excited dc motor fed by a three-phase,full-wave fully controlled bridge rectifier

continuous conduction

العمل بنظام العمل المستمر



القيمة المتوسطة Eb

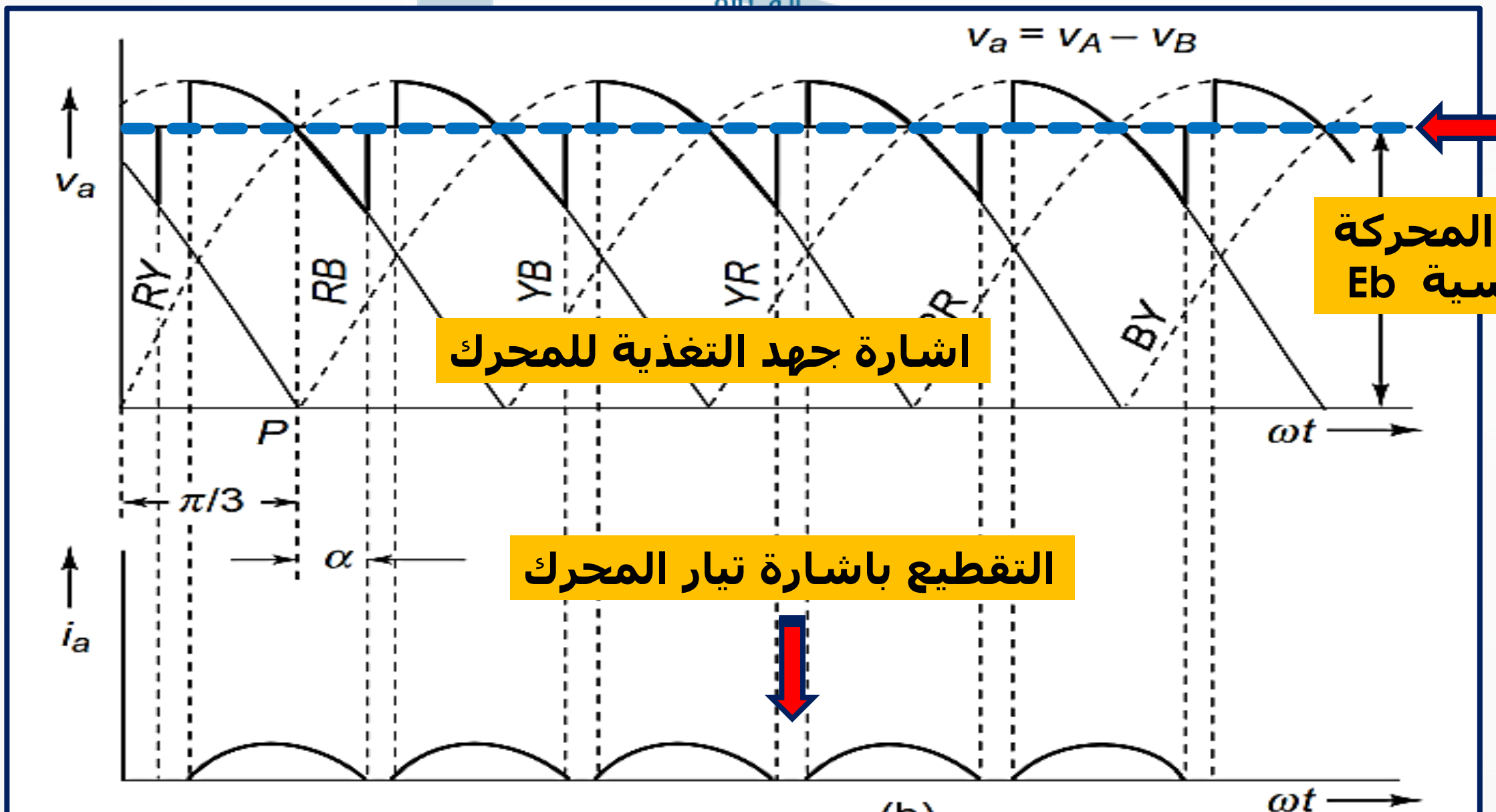
اشارات جهود خطوط الشبكة الثلاثية

زاوية التاخير

اشارة تيار المحرك

discontinuous conduction

العمل بنظام العمل المتقطع



The average voltage applied to the armature

القيمة المتوسطة لجهد المنتج بنظام العمل المتقطع

$$V_a = \frac{3}{\pi}\int_{\alpha_1+\pi/3}^{\alpha_{e1}+\pi/3} V_p \sin(\omega t)d(\omega t) + \frac{3}{\pi}E_b\left(\alpha_1 + \frac{\pi}{3} - \alpha_{e1}\right)$$

$$= \frac{3}{\pi}\left\{V_p\left[\cos\left(\alpha_1 + \frac{\pi}{3}\right) - \cos\left(\alpha_{e1} + \frac{\pi}{3}\right)\right] + E_b\left(\alpha_1 - \alpha_{e1} + \frac{\pi}{3}\right)\right\}$$

Vp= Vm is the peak value of the line-to-line voltage=$\sqrt{3}V_m$.

$$v_a = \frac{3}{\pi}\left\{V_p\left[\cos\left(\alpha_1 + \frac{\pi}{3}\right) - \cos\left(\alpha_{e1} + \frac{\pi}{3}\right)\right] + e_b\left(\alpha_1 - \alpha_{e1} + \frac{\pi}{2}\right)\right\}$$

MANARA UNIVERSITY

خواص السرعة العزم لمحرك تيار مستمر بتهييج مستقل مغذى

بمبدلة جسرية ثلاثية الاطور تعمل بزوايا تاخير مختلفة

باستخدام العلاقات الاساسية:

$$v_a = e_b + R_a i_a$$

$$\overline{T}_d = K_1 i_a$$

$$e_b = K_1 \omega_m(t)$$

نستنتج علاقة خواص السرعة العزم بالنظام المتقطع :

بالنظام المتقطع

$$\omega_m(t) = V_p \frac{[\cos(\alpha_1 + \pi/3) - \cos(\alpha_{e1} + \pi/3)]}{K_1(\alpha_{e1} - \alpha_1)} - \frac{\pi}{3K_1^2} \frac{R_a}{(\alpha_{e1} - \alpha_1)} \overline{T}_d$$

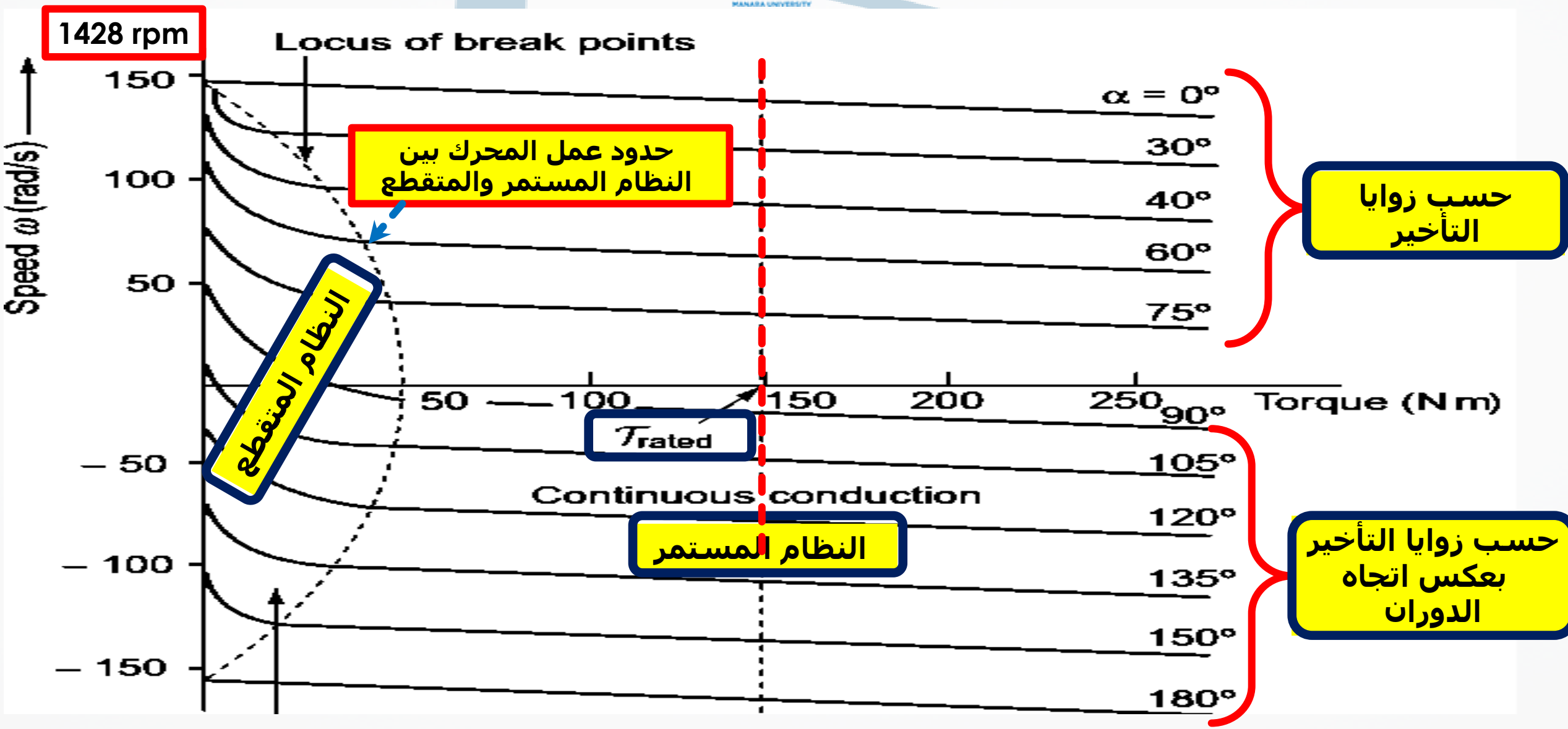
بتبديل ae1 بالقيمة α1+π/3 نستنتج علاقة خواص السرعة العزم بالنظام المستمر:

بالنظام المستمر

$$\omega_m(t) = \frac{3V_p}{\pi K_1} \cos \alpha_1 - \frac{R_a}{K_1^2} \overline{T}_d$$

خواص السرعة العزم لمحرك تيار مستمر بتهييج مستقل مغذى

بمبدلة جسرية ثلاثية الاطور تعمل بزوايا تاخير مختلفة



مثال 1

محرك تيار مستمر بتهييج مستقل separately excited باستطاعة اسمية 10 h.p وجهده الاسمي $200V$ وبسرعة دوران اسمية 1500 rpm، يغذى عن طريق مبدلة جسرية احادية الطور تربط على منبع جهد متناوب 150 V (RMS) at 50 Hz. ، مع العلم بان Ra =0.20Ω وثابت القوة المحركة العكسية

$$K_b = 68 \text{ V/(Wb rad/s)}, \phi_f = 12 \times 10^{-3} \text{ Wb},$$

والمطلوب تحديد ما يلي: عند عمل المحرك على حمل بعزم 30 Nm بسرعة دوران 1000 rpm، وبفرض ان ضياعات الاحتكاك و اللاحمل مهملة والحمل بمحارضة عالية،

a. حساب عزم المحرك
b. تحديد زاوية تاخير عمل المبدلة.

Solution

نحسب التيار الاسمي للمحرك:

$$I_{\text{rated}} = \frac{10 \times 746}{200} = 37.3 \text{ A}$$

من معادلة العزم نحسب العزم الاسمي وفق العلاقة

$$= K_b \phi_f I_a = 68 \times 12 \times 10^{-3} \times 37.3 = 30.44 \text{ N m}$$

b. نحسب Eb عند السرعة 1000 rpm من العلاقة:

$$E_b = K_b \phi_f \overline{\omega}_m = 68 \times 12 \times 10^{-3} \times \frac{2\pi \times 1000}{60} = 85.5 \text{ V}$$

- من علاقة العزم نحدد تيار المحرك عند السرعة 1000 rpm

$$\mathcal{T}_d = K_b \phi_f I_a \qquad I_a = \frac{\mathcal{T}_d}{K_b \phi_f} = \frac{30}{68 \times 12 \times 10^{-3}} = 36.8 \text{ A}$$

- نحدد جهد المحرك المطلوب من علاقة دارة المنتج:

$$V_a = E_b + I_a R_a = 85.5 + 36.8 \times 0.2 = 92.86 \text{ V}$$

- بما ان المحرك يمثل حمولة بمحارضة عالية فان نظام العمل للمحرك سيكون مستمرا ، وتكون علاقة جهد الخرج للمبدلة الجسرية الاحادية تعادل:

$$V_m = 150\sqrt{2} \text{ and } n = 2.$$

$$V_\alpha = V_m \left(\frac{n}{\pi}\right) \sin\left(\frac{\pi}{n}\right) \cos\alpha$$

$$150\sqrt{2}\left(\frac{2}{\pi}\right) \sin\frac{\pi}{2} \cos\alpha = 92.86$$

$$\text{This gives } \alpha = 46.6°.$$

مثال2

مبدلة جسرية ثلاثية الطور تغذي محرك تيار مستمر بتهييج مستقل باستطاعة اسمية 15 HP وبجهد اسمي 315 V . مع العلم ان دارة التهييج تغذى من نفس المنبع، وذلك بفرض ان جهد شبكة التغذية الثلاثية للطور يعادل 180 V rms، وان مقاومة ملفات المنتج Ra=0.26 Ω , ومحارضة الملف تعتبر ∞ ، ومقاومة ملفات التهييج Rf=180 Ω ، و kb=80 V/(Wb/(rad/sec)) ، و الفيض k1*If=Φ ، حيث k1=0.013 Wb/A و $\alpha = 55$ و Ia=6A ، والمطلوب:

a. تحديد عزم المحرك على محور الدوران torque developed by the motor
b. سرعة الدوران speed.

a. تحديد عزم المحرك على محور الدوران torque developed by the motor

- تكتب علاقة عزم المحرك على محور الدوران بالعلاقة التالية:

$$\mathcal{T}_d = K_b K_1 I_f I_a$$

- نحدد القيمة المتوسطة لتيار التهييج ، مع العلم بان دارة التهييج مغذاه من جسر تقويم من الشبكة العامة بالعلاقة التالية:

$$V_f = 180\sqrt{2} \times 2 \times \frac{3}{\pi} \times \frac{\sqrt{3}}{2} \cos 0^\circ = 421.0 \text{ V}$$

$$I_f = \frac{V_f}{R_f} = \frac{421}{180} = 2.34 \text{ A}$$

- بالتعويض بمعادلة العزم نجد:

$$\mathcal{T}_d = K_b K_1 I_f I_a$$

$$\mathcal{T}_d = 80 \times 0.013 \times 2.34 \times 60 = 146\ \mathrm{N\,m}$$

b. تحديد سرعة الدوران speed.

- نحدد جهد خرج المبدلة الجسرية ثلاثية الاطوار (جهد تغذية ملفات المنتج) عند العمل على زاوية تاخير $\alpha = 55$ بنظام العمل المستمر نجد:

$$V_a = 2\left(\frac{n}{\pi}\right) V_m \sin\left(\frac{\pi}{n}\right) \cos\alpha$$

V_m is the peak of the phase voltage $= V_s\sqrt{2} = 180\sqrt{2} = 255$ V.

$$V_a = 2 \times \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} \times 180\sqrt{2} \cos 55^\circ = 241.5 \text{ V}$$

- نحدد القوة المحركة العكسية وفق العلاقة:

$$E_b = V_a - I_a R_a$$

$$E_b = 241.5 - 60 \times 0.26 = 225.9 \text{ V}$$

- نحدد السرعة الزاوية وفق العلاقة:

$$\omega = \frac{E_b}{K_b K_1 I_f} = \frac{225.9}{80 \times 0.013 \times 2.34}$$ (rad/sec)

- نحدد السرعة الزاوية (N) دورة / الدقيقة وفق العلاقة:

$$\frac{2\pi N}{60} = \omega$$

$$\text{Speed } N = \frac{\omega \times 60}{2\pi} = \frac{60}{2\pi} \times \frac{225.9}{80 \times 0.013 \times 2.34} = 886 \text{ rpm}$$

جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY