$$T=\frac{E_b I_a}{\frac{2\pi n}{60}}$$

$$T=\frac{P}{\omega}$$

Eb=Vin-IaRa

=٢٤٠-٣٠*٠,٠٥=٢٣٨,٥ volt

T=EbIa/ω ω=٢πn/٦٠ rad/sec

T=٢٣٨,٥*٣٠/(٢*π*٧٥٠/٦٠)=٩١,١ N.m

مثال ٣ -٢ محرك توازي ذو أربعة أقطاب يعمل على منبع جهد ٥٠٠ فولت، عدد موصلات المنتج ٩٦٠ وملفوف لف تموجي. يسحب المحرك تيار قدره ٥٢ أمبير وكان الفيض المغناطيسي لكل قطب ٣ ميجاخط. فإذا كانت مقاومة ملفات المنتج والمجال هي ٠,٠٤ أوم و ٢٠٠ أوم على الترتيب. احسب سرعة المحرك وكذلك العزم.

الحل Ra=٠,٠٤ Ω Φ=٣megalines Iin=٥٢ A Za=٩٦٠ Vin=٥٠٠ V ٢p=٤

Rsh=٢٠٠ Ω

Ish=Vin/Rsh=٥٠٠/٢٠٠=٢,٥ A Ia=Iin-Ish=٥٢-٢,٥=٤٩,٥ A

Eb=Vin-IaRa

=٥٠٠- ٤٩,٥*٠,٠٤=٤٩٨,٠٢ V

$$E_b=\frac{2P}{2a}\phi Z_a\frac{n}{60}$$

$$498.03=\frac{4}{2}*(3*10^{6}*10^{-8})*960*\frac{n}{60}$$

$$E_b=V_{in}-I_aR_a$$

$$I_{in}=I_a+I_{sh}$$

n=٥١٢,٧٧ rpm

ω=٢πn/٦٠ ω=٢π*٥١٢,٧٧/٦٠=٥٤,٣٣ rad/sec

T=EbIa/ω T=٤٩٨,٠٣*٤٩,٥/٥٤,٣٣=٤٥٣,٧٥ N.m

٣ -٤ -٢ محرك التوالي DC series motor

يوضح شكل ٣ -٨ طريقة توصيل محرك التوالي، حيث توصل ملفات المجال بالتوالي مع المنتج كما في حالة المولد، وتكتب معادلات الجهد والتيار كالتالي:

٣-٢٣ $Eb=Vin-Ia(Ra+Rse)$

٣-٢٤ $Ia=Iin=Ise$

في هذه الحالة نجد أن الفيض المغناطيسي Φ يتناسب مع تيار المجال Ise ، أي مع تيار المنتج Ia:

٣-٢٥ $\Phi=CIse=CIa$

تناسب طردي كلما زاد تيار المجال او تيار المنتج وهو نفسه تيار المصدر يزداد الفيض المغناطيسي

بالتعويض في المعادلة ٣ -١٥ عن قيمة الفيض نحصل على معادلة العزم لمحرك التوالي:

٣-٢٦ $T=K'Ia^2$

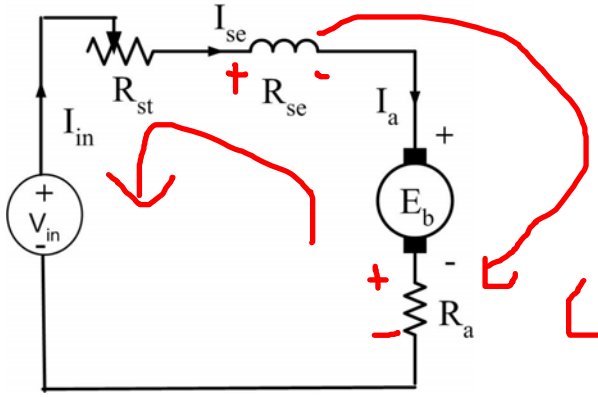
أي أن العزم يتناسب مع مربع تيار المنتج، أيضا يمكن حساب سرعة المحرك كدالة في تيار المنتج.

٣,٢٧ $$E_b = K_b n\Phi = K'nI_a$$

بالتعويض من المعادلة ٣ -٢٦ في المعادلة ٣ -٢٣ يمكن كتابة السرعة كالآتي:

٣-٢٨ $$n=\frac{E_b}{K'I_a}=\frac{V_{in}-I_a(R_a+R_{se})}{K'I_a}$$

العلاقة بين تيار المنتج والسرعة علاقة عكسية كل ما زاد تيار المنتج تقل السرعة لمحرك التوالي



شكل ٣ -٨ محرك التوالي

- **منحنيات الخواص**

تبين المعادلة ٣ -٢٦ أن العزم يتناسب طرديا مع مربع تيار المنتج، لذلك نجد أن منحنى خواص العزم مع التيار عبارة عن منحنى قطع ناقص (parabola) كما هو موضح في شكل ٣ -٩ . أيضا المعادلة ٣ -٢٨ توضح العلاقة بين السرعة وتيار المنتج لمحرك التوالي وهي علاقة عكسية، أي مع زيادة تيار المنتج (الحمل) تقل السرعة وهي أقرب ما يكون إلى قطع زائد (hyperabola) كما يوضح منحنى خواص السرعة مع تيار المنتج في شكل ٣ -٩.

بالتعويض عن قيمة تيار المنتج من المعادلة ٣ -٢٥ في المعادلة ٣ -٢٨ نحصل على علاقة تغير السرعة مع العزم:

$$n=\frac{V_{in}}{\alpha I_a}-T\frac{R_a+R_{se}}{\alpha^2 I_a^{\,2}}$$

$$n=\frac{E_b}{K'I_a}=\frac{V_{in}-I_a(R_a+R_{se})}{K'I_a}$$

$$T=K'Ia^2$$

٣□٢٩

ثم بالتعويض من المعادلة ٣ -٢٦ في المعادلة ٣ -٢٩ نحصل على علاقة السرعة مع العزم:

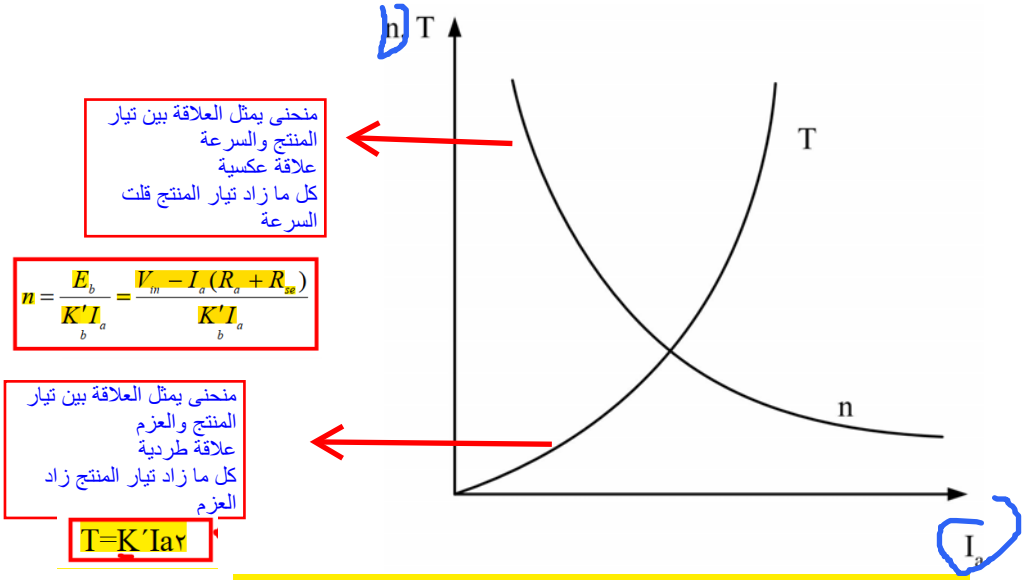
$$n=\frac{V_{in}}{\sqrt{\alpha T}}-\frac{R_a+R_{se}}{\alpha}$$

٣□٣٠

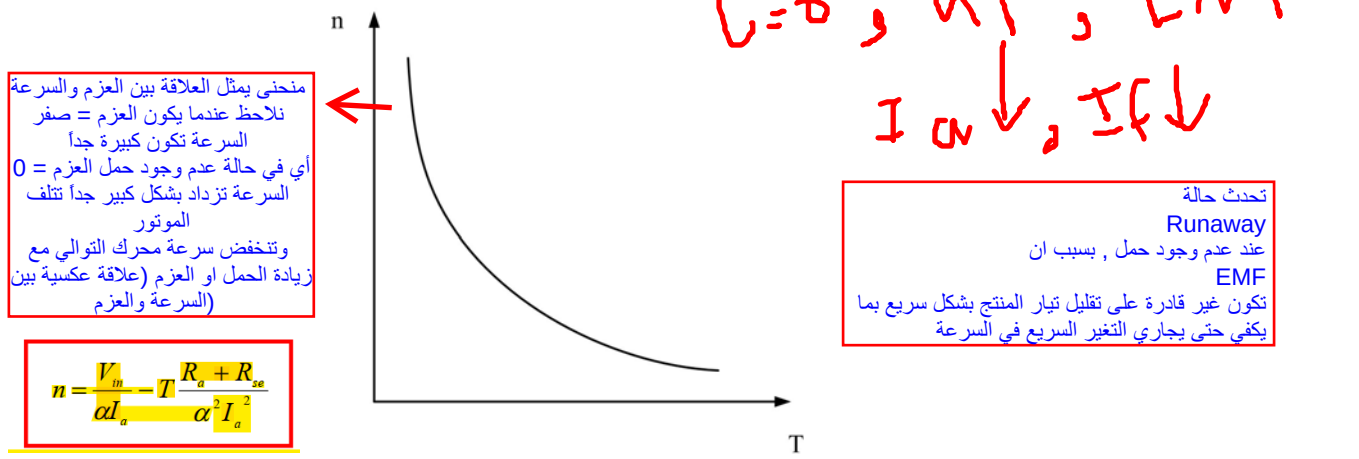
المعادلة ٣ -٣٠ تمثل منحنى خواص السرعة مع العزم لمحرك التوالي كما هو موضح في شكل ٣ -١٠.

يلاحظ من منحنى الخواص أن السرعة تزداد بمقدار كبير جدا عند اللاحمل (T=٠) لذلك لا يفضل استخدام محرك التوالي في عدم وجود حمل حتى لا يتسبب في وجود مشاكل ميكانيكية متعلقة بزيادة السرعة.

محرك التوالي لا يجوز تشغيله بدون حمل نهائياً
لأن المحرك سوف تزداد سرعته بشكل متسارع جداً حتى يصل الى مرحلة ال runaway



شكل ٣ -٩ منحنيات خواص العزم والسرعة مع تيار المنتج لمحرك التوالي



شكل ٣ -١٠ منحني خواص السرعة مع العزم لمحرك التوالي

- **استخدامات محرك التوالي**

في حالة محرك التولي نجد أن عزم الدوران يتناسب طرديا مع مربع تيار المنبع (وهو تيار المنتج) بينما تتناسب السرعة عكسيا مع تيار المنتج (الحمل) بحيث تظل القدرة متناسبة مع تيار المنبع باعتبار جهد المنبع ثابت. معنى ذلك أن هذا النوع من المحركات قادر على مواجهة أحمال كبيرة دون الحاجة إلى تعدى الحدود المقبولة في أخذ القدرة من المنبع، نظرا لأن هبوط سرعة الدوران مع الأحمال الثقيلة يعمل على الحد من القدرة المأخوذة من المنبع. وهذا يجعل محرك التوالي أكثر ملائمة في حالات الجر الكهربي، وعلاوة على ذلك فإن استخدام محرك التوالي في أغراض الجر الكهربي ينفي احتمال الزيادة الكبيرة في السرعة نظرا لوجود حمل دائم على المحرك يتمثل في وزن القاطرة والعربات التي تجرها عندما تكون خالية. أيضا يستخدم محرك التوالي مع الأوناش والروافع والمصاعد الكهربية.

مثال ٣ -٣ محرك تيار مستمر من نوع التوالي موصل على منبع جهده ٢٢٠ فولت يسحب تيار مقداره ٥٠ أمبير عند سرعة دوران ١٠٠٠ لفه/دقيقه، مقاومة ملفات المنتج ٠,١٥ أوم ومقاومة ملفات المجال ٠,١ أوم. فإذا انخفضت سرعة المحرك إلى ٨٠٪ من السرعة المقننة وأصبح تيار المنتج ٦٠ أمبير احسب العزم في الحالتين والقوة الدافعة العكسية في الحالة الثانية

سرعة مقننة

الحل V_{in}= ٢٢٠ V I_{a1}=٥٠A n_1=١٠٠٠rpm R_a=٠,١٥ Ω R_{se}=٠,١Ω n_2=٠,٨n_1

I_{a2}=٦٠A

$E_{b1} = V_{in} - I_{a1}(R_a + R_{se})$

$= ٢٢٠ - ٥٠(٠,١٥+٠,١) = ٢٠٧,٥$ V

$E_{b2} = V_{in} - I_{a2}(R_a + R_{se})$

$= ٢٢٠ - ٦٠(٠,١٥+٠,١) = ٢٠٥$ V

$T_1=E_{b1}I_{a1}/\omega_1$

$=٢٠٧,٥*٥٠/(٢\pi*١٠٠٠/٦٠)=٩٩,٠٧$ N.m

$T_2=E_{b2}I_{a2}/\omega_2$

$=٢٠٥*٦٠/(٢\pi*٠,٨*١٠٠٠/٦٠)=١٤٦,٨٢$ N.m

مثال ٣ -٤- محرك تيار مستمر من نوع التوالي ذي أربعة أقطاب موصل على منبع جهده ٢٢٠ فولت ويسحب تيار مقداره ٥٢ أمبير عند الحمل الكامل. ملفوف لفا تموجيا وعدد موصلاته الكلية ٦٣٠ والفيض المغناطيسي لكل قطب ٠,٠١٨ ويبر ، ومقاومة ملفات المنتج والمجال على الترتيب هي ٠,٢ أوم و٠,١ أوم. احسب سرعة دوران المحرك وكذلك عزم الدوران. وإذا انخفض عزم الدوران المطلوب إلى ٦٠٪ من قيمته عند الحمل الكامل، أوجد سرعة الدوران الجديدة.

الحل $2p=4$ $V_{in}=220V$ $I_a=52A$ $Z_a=630$ $\Phi=0,018\ wb$ $R_a=0,2\Omega$ $R_{se}=0,1\Omega$

$T_2=0,6T_1$

$E_{b1}=V_{in}-I_{a1}(R_a+R_{se})$

$=220-52(0,2+0,1)=204,4V$

$$E_{b1}=\frac{2p}{2a}\phi Z_a\frac{n_1}{60}$$

$$204.4=\frac{4}{2}*0.018*630*\frac{n_1}{60}$$

$n_1=541\ rpm$

$T_1=E_{b1}I_{a1}/\omega_1=204,4*52/(2\pi*541/60)=187,61\ N.m$

$T\alpha I_a^2$

$$\frac{T_2}{T_1}=0.6=\frac{I_{a2}^2}{I_{a1}^2}=\frac{I_{a2}^2}{(52)^2}$$

$$I_{a2}=\sqrt{0.6*(52)^2}=40.3A$$

$E_{b2}=V_{in}-I_{a2}(R_a+R_{se})$

$=220-40,3(0,2+0,1)=208\ V$

$$\frac{E_{b2}}{E_{b1}}=\frac{n_2\Phi_2}{n_1\Phi_1}=\frac{n_2I_{a2}}{n_1I_{a1}}$$

$$\frac{208}{204.4}=\frac{n_2*40.3}{541*52}$$

$$n_2=\frac{208*541*52}{204.4*40.3}$$

$n_2=710\ rpm$