القدرة والعزم
للمحرك الحث ثلاثى الأوجه

أولاً القدرة

١- التوصيل نجمة $I_{ph} = I_L$, $V_{ph} = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$

$$P_{in} = 3\, V_{ph}\, I_{ph} \cos\varphi \rightarrow (1)$$

② التوصيل دلتا $I_{ph} = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$, $V_{ph} = V_L$

$$P_{in} = \sqrt{3}\, V_L\, I_L \cos\varphi \rightarrow (2)$$

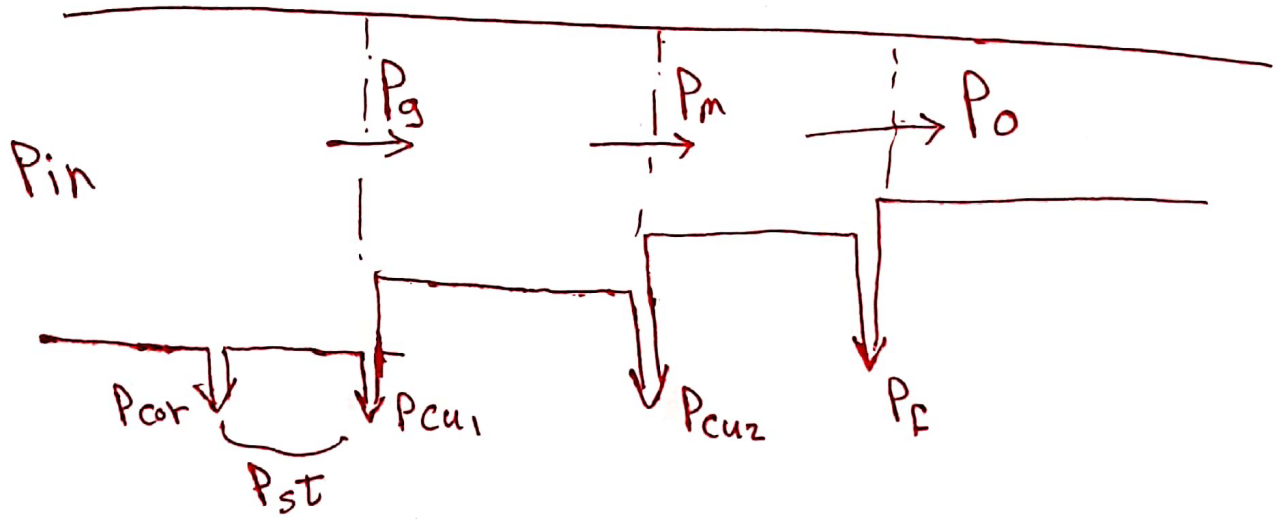
حيث I_{ph} تيار الوجه I_L تيار الخط

V_{ph} جهد الوجه V_L جهد الخط

$\cos\varphi$ معامل القدرة P_{in} قدرة الدخل

مع العلم أنه يمكن استخدام المعادلتين 1 ، 2 فى حساب القدرة لأى نوع من التوصيل مع مراعاة جهد الوجه والخط وكذلك التيار

٢- مخطط القدرة



Scanned by CamScanner

حيث

P_{cu1} المفاقيد النحاسية فى العضو الثابت

P_{cor} المفاقيد الحديدية للعضو الثابت

P_{st} المفاقيد الكلية للعضو الثابت (النحاسية + الحديدية)

P_{cu2} المفاقيد النحاسية للعضو الدائر

P_f مفاقيد الاحتكاك P_o قدرة الخرج

P_m القدرة الميكانيكية المتحولة P_g القدرة فى الثغرة الهوائية

$$P_{cu1} = 3 R_1 I_{ph}^2 \longrightarrow 3$$

$$P_{st} = P_{cu1} + P_{cor} \longrightarrow (4)$$

ويمكن أن تعطى فى المسألة على أنها مفاقيد العضو الثابت

$$P_g = P_{in} - P_{st} \longrightarrow (5)$$

$$P_g = 3 \frac{R_2'}{s} I_2'^2 \longrightarrow (6)$$

$$P_{cu_2} = 3 R_2' I_2'^2 \longrightarrow (7)$$

$$P_m = P_g - P_{cu_2} \longrightarrow (8)$$

$$P_m = 3 \frac{R_2'}{s} I_2'^2 - 3 R_2' I_2'^2$$

$$P_m = 3 R_2' \frac{(1-s)}{s} I_2'^2 \quad (9)$$

$$P_o = P_m - P_f \longrightarrow (10)$$

P_o قدرة الخرج للمحرك هى قدرة ميكانيكية ولذلك يتم تحويلها من ~~لهان~~ وات لحصان

Scanned by CamScanner

$$P_{cu_2} = S\,P_g \longrightarrow (11)$$

$$P_m = (1-S)\,P_g \rightarrow (12)$$

الكفاءة $\eta = \frac{P_o}{P_{in}} * 100$

أمثلة :-

محرك حث ثلاثي الأوجه ذو ستة أقطاب يعمل على مصدر جهد 440V وتردد 50Hz فإذا كانت القدرة الداخلة إلى العضو الدوار 80 kw وتردد التيار في العضو الدوار 1.67 Hz احسب

P - الانزلاق ب - سرعة العضو الدائر ج - القدرة الميكانيكية المتولدة

د - القدرة المفقودة في العضو الدائر هـ - مقاومة ملفات العضو الدائر لكل وجه اذا كان التيار المار في ملفات العضو الدوار 6sA

P = 6
V_{in} = 440 V
P_g = 80 kw
f_s = 50 Hz
f_r = 1.67 Hz
S = ?
n_r = ?
P_m = ?
P_{cu_2} = ?
R_2' = ?

$$S = \frac{f_r}{f_s} = \frac{1.67}{50} = 0.0334$$

$$n_r = (1-S)\,n_s$$

$$n_s = \frac{120 * f_s}{P} = \frac{120 * 50}{6} = 1000 \text{ rpm}$$

$$n_r = (1-0.0334) * 1000 = 966.6 \text{ rpm}$$

$$P_m = (1-S)\,P_g = (1-0.0334) * 80 = 77.33 \text{ kw}$$

$$P_{cu_2} = S\,P_g = 0.0334 * 80 = 2.67 \text{ kw}$$

$$\therefore P_{cu_2} = 3\,R_2'\,I_2'^2$$

$$\therefore R_2' = \frac{P_{cu_2}}{3\,I_2'^2} = \frac{2.67 * 10^3}{3 * 6s^2} = 0.21 \text{ ohm}$$

Scanned by CamScanner

* محرك حث ثلاثي الأوجه ذو ستة أقطاب يتغذى من مصدر جهد 500 V وتردد 60 Hz يعطي قدرة ميكانيكية خارجة قدرها 20 hp عندما تكون سرعته 1140 rpm فإذا كانت مفاقيد الاحتكاك 1 hp احسب

ا- معامل الانزلاق ب- المفاقيد النحاسية للعضو الدوار
ج- القدرة الداخلة إلى المحرك اذا كانت مفاقيد الحديد الثابت 1500 w
د- تيار الخط الداخل إلى المحرك اذا كان معامل القدرة 0.86
ا- الكفاءة

$P = 6$
$V_{in} = 500\ V$
$F_s = 60\ Hz$
$P_o = 20\ HP$
$n_r = 1140\ rpm$
$P_F = 1\ HP$
$S = ?$
$P_{cu2} = ?$
$P_{in} = ?$
$P_{ST} = 1500\ w$
$I_L = ?$
$\cos\varphi = 0.86$
$\eta = ?$

$$S = \frac{n_s - n}{n_s}$$

$$n_s = \frac{120 * F_s}{P} = \frac{120 * 60}{6} = 1200\ rpm$$

$$S = \frac{1200 - 1140}{1200} = 0.05$$

$$P_m = P_o + P_F = 20 + 1 = 21\ HP$$

$$P_m = 21 * 746 = 15666\ watt$$

$$P_{cu2} = S P_g$$

$$\therefore P_m = (1-S) P_g$$

$$\therefore P_g = \frac{P_m}{1-S} = 16490.5\ watt$$

$$P_{cu2} = 0.05 * 16490.5 = 824.5\ watt$$

$$P_{in} = P_g + P_{st} = 16490.5 + 1500 = 17990.5\ watt$$

$$I_L = \frac{P_{in}}{\sqrt{3}\, V_{in} \cos\varphi} = \frac{17990.5}{\sqrt{3} * 500 * 0.86} = 24.15\ A$$

$$\eta = \frac{P_o}{P_{in}} * 100 = \frac{20 * 746}{17990.5} * 100 = 82.9\ \%$$

Scanned by CamScanner

ثانياً العزم

$$T = \frac{P_m}{\omega} \quad N_m \quad (1)$$

حيث T العزم الميكانيكي الناشئ على عمود الدوران

ω السرعة الزاوية لعمود الدوران $2\pi n_r/60$

P_m القدرة الميكانيكية

$$T = \frac{P_g}{\omega_s} \quad N.m \longrightarrow (2)$$

P_g القدرة في الثغرة الهوائية

ω_s السرعة الزاوية التزامنية $2\pi n_s/60$

$$T = \frac{P_g}{\omega_s} = \frac{\frac{3 R_2' I_2'^2}{s}}{\frac{2\pi n_s}{60}} \longrightarrow (3)$$

$$T = k \frac{R_2'}{s} I_2'^2 \longrightarrow (4)$$

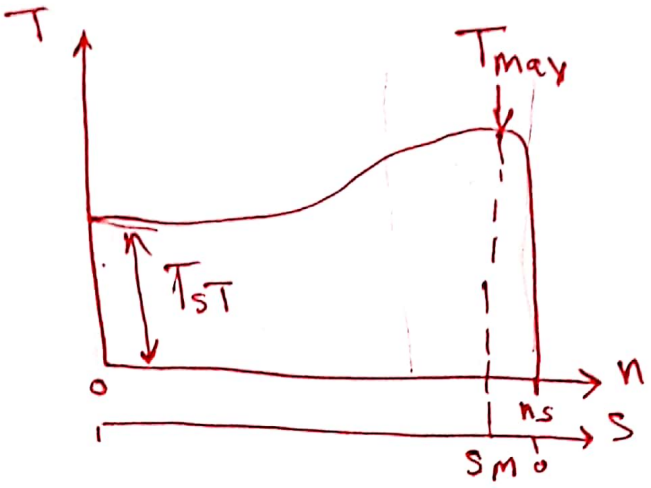
$$k = \frac{3 * 60}{2\pi n_s}$$

ومن الدائرة المكافئة يمكن حساب I_2'

$$I_2' = \frac{V_{ph}}{Z_{eq}} = \frac{V_{ph}}{\sqrt{(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + X_{eq}^2}}$$

$$T = \frac{k \, V_{ph}^2}{(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + X_{eq}^2} \cdot \frac{R_2'}{s}$$

Scanned by CamScanner



الشكل يوضح العلاقة بين العزم والسرعة حيث
Tmax أقصى عزم للمحرك Sm الانزلاق الذي يحدث عنده
أقصى عزم TST عزم البدء

$$S_m = \frac{R_2'}{X_2'} \quad , \quad T_{max} = \frac{k V_{ph}^2}{2 X_2'}$$

$$T_{ST} = \frac{k V_{ph}^2 R_2'}{(R_1 + R_2')^2 + X_{eq}^2}$$

حيث الانزلاق عند البدء يساوي 1

يمكن التحكم في موضع العزم الأقصى للمحركات ذات العضو الدائر الملفوف وذلك بإضافة مقاومة إلى العضو الدوار

Scanned by CamScanner

مثال محرك حث ثلاثي الأوجه ملفاته موصلة على شكل دلتا يتغذى من مصدر جهد 240 V عناصر الدائرة المكافئة له

$R_1 = 0.4\ \Omega$ $\quad R_2' = 0.6\ \Omega$

$X_1 = 1.0\ \Omega$ $\quad X_2' = 1.0\ \Omega$

فإذا كانت السرعة التزامنية لهذا المحرك 1800 rpm وسرعة العضو الدوار عند الحمل الكامل 1710 rpm احسب مايلي :

أ- تيار الحمل الكامل $\quad$ ب- عزم الحمل الكامل

ج- تيار البدء $\quad$ د- عزم البدء

هـ) أقصى عزم للمحرك وعند أي انزلاق يحدث

الحل

المحرك موصل على شكل دلتا

$$V_{ph} = V_L = 240\ V$$

$$I_2' \cong I_{ph} = \frac{V_{ph}}{Z_{eq}} = \frac{V_{ph}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2}}$$

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{1800 - 1710}{1800} = 0.05$$

$$I_2' = \frac{240}{\sqrt{\left(0.4 + \frac{0.6}{0.05}\right)^2 + (1+1)^2}} = 19.11\ A$$

$$T = \frac{k\, V_{ph}^2}{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2} \cdot \frac{R_2'}{s} = k \frac{R_2'}{s} I_2'^2$$

$$k = \frac{3 * 60}{2\pi n_s} = \frac{3 * 60}{2\pi * 1800} = 0.0159$$

$$T = 0.0159 * \frac{0.6}{0.05} * 19.11^2 = 69.74\ N_M$$

Scanned by CamScanner

- حساب تيار البدء عند البدء S = 1

$$I'_{2st} = \frac{V_{ph}}{\sqrt{(R_1 + R'_2)^2 + X_{eq}^2}} = \frac{240}{\sqrt{(0.4 + 0.6)^2 + (1+1)^2}}$$

$$I'_{2st} = 107.33 \text{ A}$$

عزم البدء

$$T_{st} = K R'_2 I'^2_{2st}$$

$$= 0.0159 * 0.6 * 107.33^2 = 109.9 \text{ Nm}$$

- العزم الأقصى

$$T_{max} = \frac{K V_{ph}^2}{2 X'_2} = \frac{0.0159 * 240^2}{2 * 1} = 457.92 \text{ Nm}$$

$$S_m = \frac{R'_2}{X'_2} = \frac{0.6}{1} = 0.6$$

Scanned by CamScanner

* محرك حث ثلاثي الأوجه ذو ثمانية أقطاب يعمل على مصدر جهد 380V وتردد 60 Hz فإذا كانت سرعة المحرك عند الحمل الكامل 864 rpm والقدرة الداخلة إليه 10 kw وكانت مفاقيد العضو الثابت 600 w والمفاقيد الميكانيكية 350 w احسب

① المفاقيد النحاسية في العضو الدوار

② كفاءة المحرك ③ عزم المحرك عند الحمل الكامل

$$P_{cu_2} = S P_g$$

$$S = \frac{n_s - n}{n_s} \quad \& \quad n_s = \frac{120 * f_s}{P} = \frac{120 * 60}{8} = 900 \text{ rpm}$$

$$S = \frac{900 - 864}{900} = 0.04$$

$$P_g = P_{in} - P_{st} = 10 * 10^3 - 600 = 9400 \text{ watt}$$

$$P_{cu_2} = 0.04 * 9400 = 376 \text{ watt}$$

$$P_o = P_m - P_f$$

$$P_m = (1-S) P_g = 9400 (1 - 0.04) = 9024 \text{ watt}$$

$$P_o = 9024 - 350 = 8674 \text{ watt}$$

$$\eta = \frac{P_o}{P_{in}} * 100 = \frac{8674}{10 * 10^3} * 100 = 86.74\%$$

$$T = \frac{P_g}{\omega_s} = \frac{9400 * 60}{2\pi * 900} = 99.73 \text{ N.m}$$

$$T = \frac{P_m}{\omega} = \frac{9024 * 60}{2\pi * 864} = 99.73 \text{ N.m}$$

Scanned by CamScanner

* محرك حثي ثلاثي الأوجه ذو أربعة أقطاب يعمل على مصدر جهده 380 V وتردده 60 Hz عناصر الدائرة المكافئة له

$R_1 = 0.12\ \Omega$ $R_2' = 0.16\ \Omega$ $X_1 = 0.45\ \Omega$ $X_2' = 0.52\ \Omega$

فإذا كانت ملفات المحرك موصلة على شكل نجمة احسب

١- تيار البدء ٢- عزم البدء ٣- العزم الأقصى وعند أي انزلاقه

٤- عزم البدء عند اضافة مقاومة قيمتها a إلى كل وجه من أوجه العضو الدوار

$$I_2' = I_{ph} = I_1 = \frac{V_{ph}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2}}$$

$$V_{ph} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 219.4\ V$$

عند البدء $s = 1$

$$I_{2st}' = \frac{219.4}{\sqrt{(0.12+0.16)^2 + (0.45+0.52)^2}} = 217.3\ A$$

$$T_{st} = k\, R_2'\, I_{st}' \quad , \quad k = \frac{3*60}{2\pi n_s}$$

$$n_s = \frac{120 * f_s}{p} = \frac{120 * 60}{4} = 1800\ rpm$$

$$k = \frac{3*60}{2\pi * 1800} = 0.0159$$

$$T_{st} = 0.0159 * 0.16 * 217.3^2 = 120.13\ N.m$$

Scanned by CamScanner

العزم الأقصى

$$T_{max} = \frac{k\, V_{ph}^2}{2\, X_2'} = \frac{0.0159 * 219.4^2}{2 * 0.52}$$

$$T_{max} = 735.93 \ Nm$$

$$S_m = \frac{R_2'}{X_2'} = \frac{0.16}{0.52} = 0.3$$

٤- عزم البدء بإضافة المقاومة

$$I_{st} = \frac{V_{ph}}{\sqrt{(R_1 + 1 + R_2')^2 + (X_1 + X_2)^2}} =$$

$$= \frac{219.4}{\sqrt{(0.12 + 1 + 0.16)^2 + (0.45 + 0.52)^2}}$$

$$= 136.61 \ A$$

$$T_{st} = k\, I_{st}^2 (R_2' + 1) = 0.0159 * 136.61^2 * (0.16 + 1)$$

$$= 344.2 \ N.m$$

Scanned by CamScanner