مقرر الآلات المتناوبة
السنة الثالثة تغذية
المحاضرة الأولى

مميزات محركات التيار المتناوب

-المطلوب-

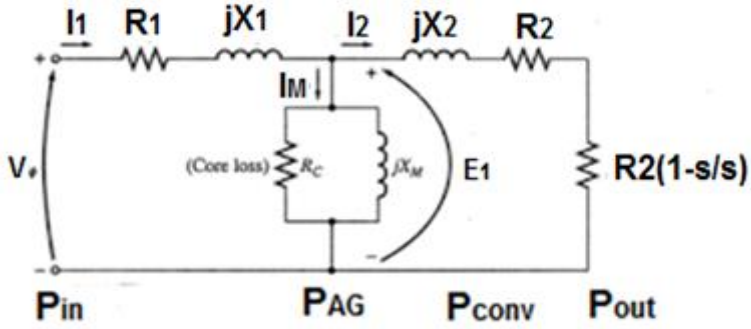
- أجزاء المحرك المتناوب (من المحاضرة)

- مبدأ عمل المحرك المتناوب ثلاثي الطور(من المحاضرة)

- تعليل سبب انخفاض مردود وعامل استطاعة المحرك المتناوب عند الأحمال الصغيرة(المحاضرة)

١- المميزات الطبيعية للمحركات التحريضية ثلاثية الطور :

يبين الشكل الدارة المكافئة لأحد أطوار محرك تحريضي ثلاثي الطور.



الدارة المكافئة لأحد أطوار المحرك التحريضي ثلاثي الطور

حيث :

V_{ϕ} : جهد الطور للثابت (V).

I_1 : تيار الثابت (A).

I_2 : تيار الدوار المنسوب للثابت (A).

X_1, R_1 : مقاومة ومفاعلة الثابت على التوالي (Ω).

X'_2, R'_2: مقاومة ومفاعلة الدوار المنسوبتين إلى الثابت على التوالي (Ω).

X_M : مفاعلة التمغنط (Ω).

s: الانزلاق، والذي يعطى بالعلاقة الآتية :

$$s = \frac{n_1 - n_m}{n_1} \qquad (١-٦)$$

n_1 سرعة الساحة المغناطيسية في الجزء الثابت أو سرعة التواقت $(n_1 = n_{sync})$ و n_m سرعة دوران الدائر الميكانيكية، تعطى n_1 بالعلاقة الآتية :

$$n_1 = \frac{120.f}{p} \qquad (٢-٦)$$

حيث p عدد أقطاب المحرك و f تردد التغذية.
يمكن وبالاعتماد على الدارة المكافئة حساب قيمة تيار الدوار المنسوب إلى الثابت من العلاقة التالية :

$$I_2' = \frac{V_\phi}{\sqrt{(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + (X_1 + X_2')^2}} \qquad (٣-٦)$$

تعطى معادلة الاستطاعة في الفجوة الهوائية بالعلاقة الآتية :

$$P_{AG} = 3.I_2'^2.\frac{R_2'}{s} \qquad (٤-٦)$$

أما الضياعات في الدوار :

$$\Delta P_2 = 3.I_2'^2.R_2' \qquad (٥-٦)$$

من المعادلتين (٦-٤) و (٦-٥) يمكننا أن نستنتج :

$$\Delta P_2 = s.P_{AG} \qquad (٦-٦)$$

بناءً على المعادلة (٦-٦) نجد أنه كلما كان الانزلاق أصغر كلما كانت الضياعات النحاسية في الدوار أصغر، فمن أجل (s = 0) فإن استطاعة المحرك المسحوبة ستتحول كلها إلى ضياعات حرارية.

يعرف العزم المتحرض T_{ind} في المحرك التحريضي بأنه العزم الناتج عن الاستطاعة المتحولة داخلياً P_{conv} من كهربائية إلى ميكانيكية، هذا العزم يختلف عن العزم الميكانيكي الذي يقدمه المحرك على محوره. يعطى العزم المتحرض بالعلاقة الآتية :

$$T_{ind} = \frac{P_{conv}}{\omega_m} \qquad (٧-٦)$$

أو :

$$T_{ind} = \frac{P_{AG}}{\omega_{sync}} \qquad (٨-٦)$$

حيث ω_m و ω_{sync} السرعة الزاوية الميكانيكية والمتواقتة على التوالي ($\omega = \frac{2.\pi.n}{60}$).

$$T_{ind} = \frac{3V^2.\frac{R_2'}{s}}{\omega_{sync}[(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + (X_1 + X_2')^2]} \qquad (٩-٦)$$

نعرف الانزلاق الحرج بأنه الانزلاق المقابل للعزم الأعظمي، ويعطى بالعلاقة الآتية :

$$s_{cr} = \mp \frac{R_2'}{\sqrt{(R_1)^2 + (X_1 + X_2')^2}} \qquad (١٠-٦)$$

الإشارة الموجبة توافق حالة العمل كمحرك بينما الاشارة السالبة توافق حالة العمل كمولدة, أما العزم الأعظمي فيكون :

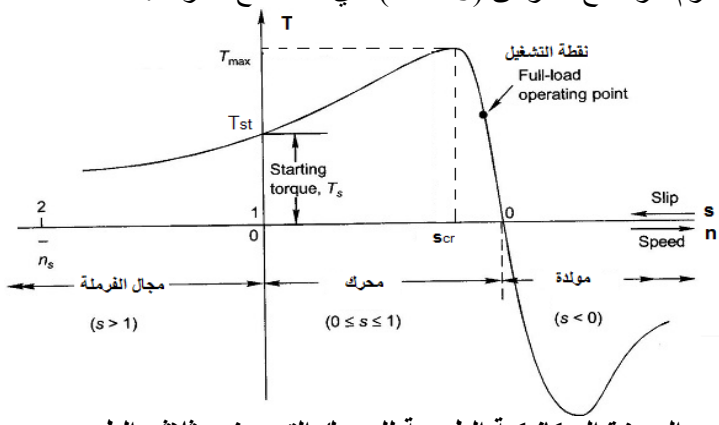
$$T_{max} = \frac{3V^2}{2\omega_{sync}[R_1 + \sqrt{(R_1)^2 + (X_1 + X_2')^2}]} \qquad (١١-٦)$$

بإهمال مقاومة ومفاعلة الثابت R_1 و X_1، يمكننا كتابة معادلة العزم المتحرض في العلاقة (٦-٩) بالشكل المبسط الآتي :

$$T_{ind} = K\frac{V^2.R'_2.s}{(R_2^2 + (s.X'_2)^2} \qquad (١٢ - ٦)$$

يبين الشكل المميزة الميكانيكية الطبيعية للمحرك التحريضي ثلاثي الطور. عند الإقلاع تكون قيمة s أعظمية (≈ 1) وبالتالي ($R'_2 < sX'_2$)، لذلك يمكننا إهمال R'^2_2 أمام $(sX'_2)^2$، وبالتالي سيتناسب العزم أثناء الاقلاع عكساً مع الانزلاق ($T \backsim \frac{1}{s}$).

عند الحمل الكامل ينقص تردد تيار الدوار، أي ينقص الانزلاق ويصبح sX'_2 أصغر من R'_2، في هذه الحالة سيتناسب العزم طرداً مع الانزلاق ($T \backsim s$)، أي عكساً مع السرعة.



المميزة الميكانيكية الطبيعية للمحرك التحريضي ثلاثي الطور

في كثير من الأحيان يمكننا إهمال المقاومة (R_1) كونها صغيرة نسبياً بالمقارنة مع $(X_1 + X'_2)$ وبخاصة في المحركات ذات الاستطاعة المتوسطة والكبيرة. يمكننا إذاً إعادة كتابة المعادلات السابقة بالشكل الآتي :

$$s_{cr} = \frac{R'_2}{X_1 + X'_2} \qquad (١٣ - ٦)$$

$$T_{max} = \frac{3V^2}{2\omega_{sync}(X_1 + X'_2)} \qquad (١٤ - ٦)$$

$$T_{ind} = \frac{2.T_{max}}{\frac{s}{s_{cr}} + \frac{s_{cr}}{s}} \qquad (١٥ - ٦)$$

نلاحظ من العلاقات السابقة أن العزم الاعظمي للمحرك لا يتعلق بالمقاومة (R_2)، في حين أن هذه المقاومة تؤثر في الانزلاق الحرج. كما نلاحظ أيضاً أن العزم يتناسب مع مربع جهد التغذية، أي أن المحرك التحريضي حساس جداً لتغيرات التوتر على ملفاته.

بالعودة إلى الشكل والذي يعبر عن العلاقة بين العزم والانزلاق نلاحظ أن :
١- عندما s = 0 فإن $T = 0$، أي أن المحرك التحريضي لا يطور أي عزم عندما تتساوى سرعة دوران الدائر مع سرعة الساحة المغناطيسية في الثابت.
٢- عندما $s = s_n$ فإن $T = T_n$، هذه الحالة توافق الحالة الاسمية للمحرك.
٣- عندما $s = s_{cr}$ فإن $T = T_{max}$، هذه الحالة توافق العزم الأعظمي للمحرك.
٤- عندما s = 1 فإن $T = T_{st}$، هذه الحالة توافق عزم الإقلاع للمحرك.

$$T_{st} = \frac{2.T_{max}}{\frac{1}{s_{cr}} + s_{cr}} \qquad (١٦ - ٦)$$

٥- عندما $s = -s_{cr}$ فإن $T = T_{max}$، هذه الحالة توافق العزم الأعظمي للمحرك في نظام العمل كمولدة موصولة على التفرع مع شبكة التغذية الكهربائية.
٦- من أجل (s<1) فإن المحرك يعمل في حالة الكبح بالتوصيل على التضاد، أما عندما يكون (s >1) فإن المحرك يعمل كمولدة (يقدم استطاعة إلى الشبكة الكهربائية).

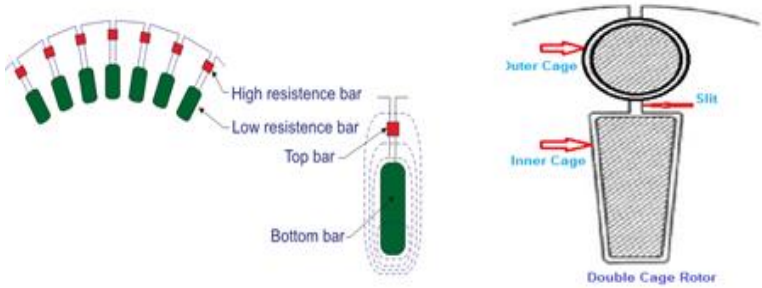
إقلاع المحركات التحريضية :

A.C. Motors Starting

من أجل المحركات التحريضية ذات الدائر الملفوف يمكن إقلاع المحرك بإضافة مقاومة خارجية إلى دارة الدوار وذلك بهدف الحصول على تيارات إقلاع منخفضة، هذه المقاومة المضافة ستزيد أيضاً عزم اقلاع المحرك. أما من أجل المحركات التحريضية ذات القفص السنجابي يمكن أن يختلف تيار الإقلاع بشكل واسع تبعاً للاستطاعة الاسمية للمحرك ولمقاومة الدوار الفعالة عند شروط الإقلاع.
بشكل عام عند إقلاع المحركات التحريضية لابد أن تتحقق الشروط الآتية :
١- يجب أن يطور المحرك عزم إقلاع كافي وذلك للتغلب على عزم العطالة وعزم الاحتكاك وكذلك عزم الحمل، حيث تتم عملية الإقلاع ضمن فترة زمنية محددة.
٢- يجب ألا يسبب تيار الإقلاع ارتفاع في درجة حرارة المحرك، وألا يسبب أيضاً هبوطاً في جهد الشبكة الكهربائية المغذية عن الحد المسموح به .بشكل عام يكون تيار الإقلاع أكبر من التيار الاسمي للمحرك بحوالي (7-5) مرات.
في الحالة التي يكون فيها عزم الحمولة وعطالة (المحرك- حمولة) عند الإقلاع غير كبيرة فإن عملية الإقلاع لا تستغرق وقتاً طويلاً، في هذه الحالة يمكن أن يتم إقلاع المحرك مباشرة من الشبكة الكهربائية، أما عندما يكون عزم الإقلاع وتيار الإقلاع عاليين سيكون من الضروري اجراء بعض الترتيبات لتخفيض تيار الإقلاع وبالتالي حماية ملفات المحرك من التلف. كما أن ارتفاع درجة الحرارة سيؤثر على كابلات التغذية والقواطع وأجهزة الحماية، بالإضافة إلى هبوط الجهد على الشبكة نتيجة مرور تيار ذي قيمة عالية.

- تحسين إقلاع المحركات التحريضية :

يعتبر عزم إقلاع المحرك المتناوب منخفض نسبيا، من الطرق المتبعة لتحسين عزم الإقلاع في المحرك التحريضي ذو القفص السنجابي استخدام محرك بقفصين سنجابيين في الدوار. حيث يضم الدوار قفصين سنجابيين مستقلين بعضهم عن بعض، يتميز القفص الخارجي بقضبان معدنية ذات مقاومة عالية ومحارضة صغيرة، بينما القفص الداخلي يتكون من قضبان نحاسية ذات مقاومة منخفضة ومحارضة عالية.



مجاري الدوار ذو القفصين السنجابيين

عند الإقلاع، تكون المفاعلة التحريضية للقفص السنجابي الداخلي (السفلي) عالية جداً و السبب أن تردد تيار الدوار عند الإقلاع يكون نفسه تردد التغذية (تردد الثابت)، في هذه الحالة سيتركز تيار الدوار في القفص السنجابي الخارجي ذي المقاومة الكبيرة، وهذا سيؤدي إلى انتاج عزم إقلاع عال وذلك حسب المعادلة (٦-١٢). بعد ذلك وعند دوران المحرك بسرعته الطبيعية سينخفض تردد تيار الدوار وتنخفض معه المفاعلة التحريضية للقفص السنجابي الداخلي، و هذا سيؤدي إلى انزياح تيار الدوار إلى نواقل القفص الداخلي ذي المقاومة الأصغر.

من أجل المحرك ذي الدائر الملفوف يمكن تحسين عزم إقلاعه عن طريق إضافة مقاومات إلى الجزء الدائر، وهذا يحتاج إلى حلقات إنزلاق، كما يجب فصلها بعد الإقلاع كي لا تسبب زيادة في الضياعات الكهربائية.