التحريك الكهربائي

محركات التيار المستمر والمتردد كمحركات للجر

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

الجدارة: معرفة خواص محركات التيار المستمر والتيار المتردد المستخدمة في الجر الكهربائي.

الأهداف:

عندما تكمل التدريب هذه الوحدة يكون لديك القدرة بإذن الله علي:

١- معرفة خواص محركات التيار المستمر من النوع التوالي والمركب.

٢- معرفة خواص محركات التيار المتردد المستخدمة في الجر.

الوقت المتوقع للتدريب: ٦ ساعات

متطلبات الجدارة:

اجتياز مقررات آلات التيار المستمر وآلات التيار المتردد.

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

الوحدة الرابعة : محركات التيار المستمر والمتردد كمحركات للجر

محركات التيار المستمر توصيلة التوالي والمركب تستخدم في نظم الجر الكهربائي التي يستعمل فيها التيار المستمر، بينما يستخدم محرك التوالي العام والمحرك الحثي ثلاثي الأوجه في شبكات الجر للتيار المتردد. ظروف التشغيل تكون دائماً قاسية جداً ، لذلك يجب أن يخضع محرك الجر لشروط صارمة عند التصميم، بحيث يكون المحرك ذا صلابة عالية ويكون من النوع المغلق، لحمايته من الأتربة والغبار والأمطار والأجسام الغريبة.

المتطلبات العامة لمحركات الجر

يجب أن تتمتع محركات الجر بالخواص الآتية:

- أن يكون لديها خواص التوالي أثناء التشغيل مع عزم كبير لبدء الحركة.
- أن تكون صلبة التركيب مع صغر الوزن والحجم.
- أن يكون لديها المقدرة على تحمل الارتفاع المفاجيء في الجهد.
- أن يتم التحكم في سرعتها بسهولة ويسر.
- أن يكون من الممكن استخدام الفرامل الكهربائية بواسطتها.

محركات التيار المستمر كمحركات للجر

١. خواص محرك التوالي:

في محركات التيار المستمر توصيلة التوالي توصل ملفات المجال على التوالي مع ملفات المنتج. تتكون ملفات المجال من سلك سميك ذي عدد قليل من اللفات، بحيث تكون ذات مقاومة مادية صغيرة. و من الواضح أن تيار المنتج يمر بالكامل في ملفات المجال، فعند زيادة التحميل يزداد تيار المنتج وبالتالي تيار المجال. إذاً يزداد المجال المغناطيسي في محركات التوالي مع زيادة تيار المنتج بزيادة التحميل.

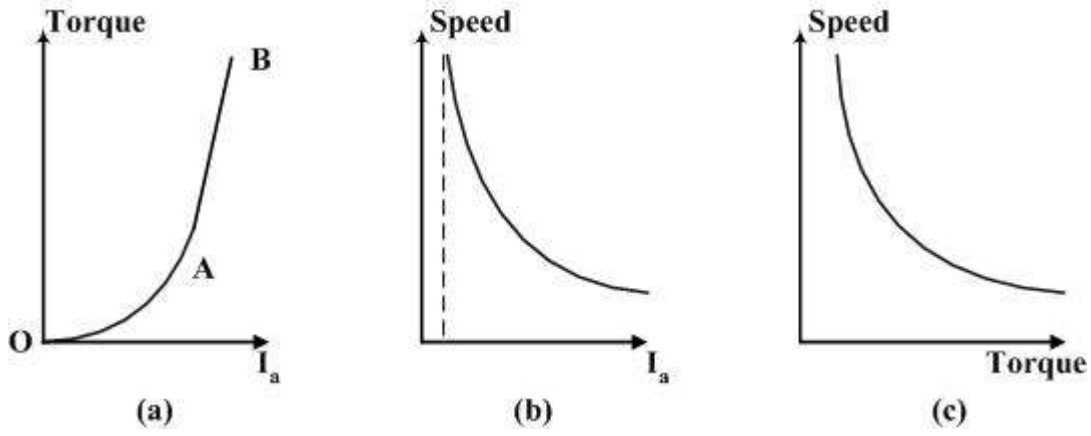
أ) **علاقة العزم مع تيار المنتج (T/I_a):** يتناسب العزم طردياً مع كل من تيار المنتج والمجال المغناطيسي ($T \alpha \phi I_a$.). يعتمد المجال المغناطيسي على تيار المجال أي على تيار المنتج ($\phi \alpha I_a$)، إذاً يتناسب العزم مع مربع تيار المنتج ($T \alpha I_a^2$) طالما أن العلاقة بين المجال المغناطيسي وتيار المجال علاقة خطية، أي قبل أن يصل المحرك إلى مستوى التشبع المغناطيسي، المنحنى OA في الشكل(٤- ١) .بمجرد أن يصل المحرك إلى مستوى التشبع المغناطيسي يصبح المجال المغناطيسي ثابتاً لا يعتمد على أي زيادة في التيار . فيتناسب العزم طردياً مع تيار المجال ($T \alpha I_a$) المنحني AB في الشكل(٤- ١أ)

ب) علاقة السرعة مع تيار المنتج (N/I_a): في محركات التيار المستمر

$$N \alpha E/\phi$$
$$E = V - I_a(R_a+R_{se})$$

كلما ازداد تيار المنتج تنقص قيمة E نقصاً طفيفاً (يمكن إهمال هذا النقص في قيمة E)، وتزداد قيمة ϕ مع زيادة تيار المنتج قبل الوصول لمستوى التشبع المغناطيسي أي أن $N \alpha 1/\phi \alpha 1/I_a$ ، عندما يصل المحرك لمستوى التشبع تثبت قيمة المجال المغناطيسي وتثبت السرعة أيضاً. سرعة محرك التوالي تتناسب عكسياً مع تيار المجال قبل التشبع المغناطيسي ثم تصبح ثابتة بعد الوصول إلى التشبع، الشكل (٤- ١ب).

ج) علاقة العزم مع السرعة (T/N): علاقة العزم مع السرعة يمكن استنتاجها من العلاقتين السابقتين و كما في مبينة في الشكل (٤- ١ج) . من الواضح أن محرك التوالي يولد عزماً كبيراً عند السرعات المنخفضة والعكس صحيح. هذا بسبب أن الزيادة في العزم تتطلب زيادة في تيار المنتج وبالتالي زيادة بالتبعية في تيار المجال مما يؤدي إلى انخفاض السرعة.



الشكل (٤- ١)

خواص محرك التوالي للتيار المستمر

يجب ملاحظة النقاط التالية في خواص محرك التوالي:

- محرك التوالي ذو سرعة متغيرة تلقائياً، أي أن المحرك يغير من سرعته ذاتياً حسب التحميل. عندما ينقص الحمل تزداد سرعة المحرك تلقائياً، هذه الخاصية مطلوبة للجر الكهربائي حيث يضبط المحرك سرعته ذاتياً مع تغير التحميل.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

- عندما يصل تيار المنتج إلى قيمته عند اللاحمل، بسبب ازالة الحمل، يصبح المجال المغناطيسي صغيراً جداً. وتزداد السرعة إلى قيمة عالية جداً إلى درجة الخطورة حيث يمكن أن يتحطم العضو الدوار تحت تأثير قوى الطرد المركزية. لذا يجب ألا يبدأ محرك التوالي حركته بدون أحمال، بل يجب أن يتم تحميله أولاً ثم تبدأ الحركة.

أقل حمل لمحرك التوالي يجب أن يكون بالقدر الكافي للحفاظ على السرعة في الحدود المعقولة، وللاحتياط لابد من تزويد المحرك بالأجهزة اللازمة لفصل المحرك مصدر الجهد عند زيادة السرعة عن الحد المسموح به.

٢. **خواص المحرك المركب:**

يحتوي محرك التيار المستمر المركب على ملفين للمجال المغناطيسي، يوصل الملف الأول على التوازي مع المنتج ويوصل الثاني على التوالي مع المنتج. ويقسم المحرك المركب إلى نوعين بناءً على مجال ملف التوالي هل يساعد أم يعاكس مجال ملف التوازي، ففي الحالة الأولى يسمى المحرك بالمحرك المركب التراكمي وفي الثانية يسمي بالمحرك المركب الفرقي أو التفاضلي.

خواص المحرك المركب تراكمياً : في المحرك المركب تراكمياً يوصل ملف التوالي بحيث يكون المجال المغناطيسي الناتج عنه في نفس اتجاه المجال الناتج عن ملف التوازي، أي أن ملف التوالي يساعد ملف التوازي. فعند أي حمل يكون المجال المغناطيسي الإجمالي هو مجموع مجالي ملفي التوازي والتوالي $(\phi_t = \phi_{sh} + \phi_{se})$. إذاً محصلة المجال المغناطيسي تعتمد على قيمة التيار في كل من ملفي التوازي والتوالي.

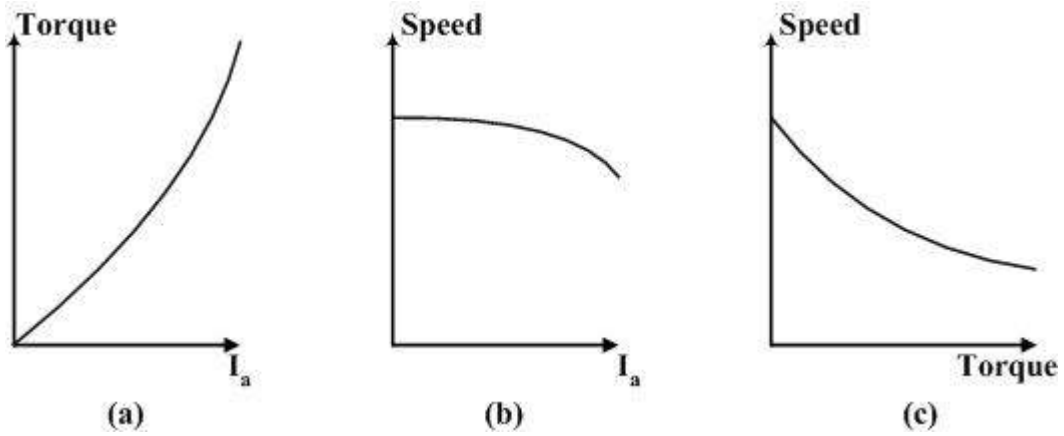
أ) **علاقة العزم مع تيار المنتج (T/I_a):** بما أن $(T \ \alpha \ I_a \ . \ \phi_t)$ وأن $(\phi_t = \phi_{sh} + \phi_{se})$ فإن محصلة المجال الكلي أصبحت أكبر من ذي قبل. وبالتالي سيزداد العزم بما يتناسب مع الزيادة في المجال الشكل(٤- ٢أ). العزم المتولد سيكون أكبر من ذلك العزم المتولد عندما يعمل المحرك بأي من الملفين على حدة.

ب) **علاقة السرعة مع تيار المنتج (N/I_a):** بما أن $(N \ \alpha \ E/\phi_t)$ وأن $(\phi_t = \phi_{sh} + \phi_{se})$، فعند زيادة الحمل فإن مجال ملف التوالي يساعد مجال ملف التوازي مما يزيد من المجال الكلي للمحرك، لذلك تقل سرعة المحرك مع زيادة الحمل. وتكون السرعة أقل من تلك السرعة التي يدور بها المحرك عندما يعمل بأي من الملفين كل على حدة، الشكل (٤- ٢ب). يجب ملاحظة النقاط التالية:

- أن سرعة المحرك المركب التراكمي تقل مع زيادة التحميل كما في حالة محرك التوالي.

- أن سرعة المحرك تكون في الحدود المعقولة عندما يدور المحرك بدون أحمال، بسبب أن مجال ملف التوازي يكون موجوداً عند تلاشي مجال ملف التوالي.

ج) علاقة العزم مع السرعة (T/N): علاقة العزم مع السرعة أو كما تسمي أحياناً إلخواص الميكانيكية للمحرك تظهر في الشكل (٤- ٢ج).وهي تقع بين خواص محرك التوازي ومحرك التوالي. يتضح من الشكل أن للمحرك خواص التوالي، أي انخفاض السرعة مع زيادة الحمل، ويتضح أيضاً أن سرعة اللاحمل تكون في الحدود المسموح بها ميكانيكيا.



الشكل(٤- ٢)

خواص المحرك المركب تراكمياً

خواص المحرك المركب فرقياً (أو التفاضلي): في المحرك المركب فرقياً يوصل ملف التوالي بحيث يكون المجال المغناطيسي الناتج عنه في عكس اتجاه المجال الناتج عن ملف التوازي، أي أن ملف التوالي يعاكس ملف التوازي. فعند أي حمل تكون محصلة المجال المغناطيسي هي الفرق بين مجالي ملفي التوازي والتوالي $(\phi_t = \phi_{sh} - \phi_{se})$

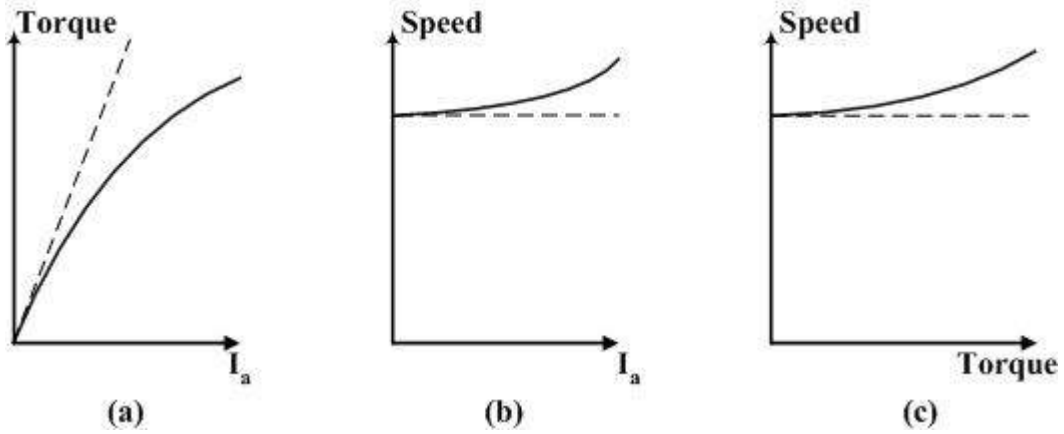
أ) علاقة العزم مع تيار المنتج (T/I_a): بما أن مجال ملف التوالي يعاكس مجال ملف التوازي، فإن محصلة المجال المغناطيسي تتناقص مع زيادة تيار الحمل. في هذه الحالة سيزداد العزم المتولد ولكن بمعدل أقل من محرك التوالي الشكل (٤- ٣أ).

ب) علاقة السرعة مع تيار المنتج (N/I_a): مع زيادة الحمل تتناقص محصلة المجال المغناطيسي، وبالتالي تزداد سرعة المحرك الشكل(٤- ٣ب) أي أن سرعة المحرك تزداد بزيادة الحمل،هذه الخاصية تشكل خطورة على المحرك إذا ما ازداد التحميل عليه وازدادت السرعة عن الحدود المعقولة.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

ج) **علاقة العزم مع السرعة** (T/N): أو الخواص الميكانيكية للمحرك مبينة في الشكل(٤- ٣ج). كما يتضح من الشكل أنه كلما ازداد العزم ازدادت السرعة. فعند زيادة العزم زيادة كبيرة تزداد السرعة عن الحدود المسموح بها

ملحوظة: يجب تجنب استخدام هذا النوع كمحرك للجر.



الشكل(٤- ٣)

خواص المحرك المركب التفاضلي

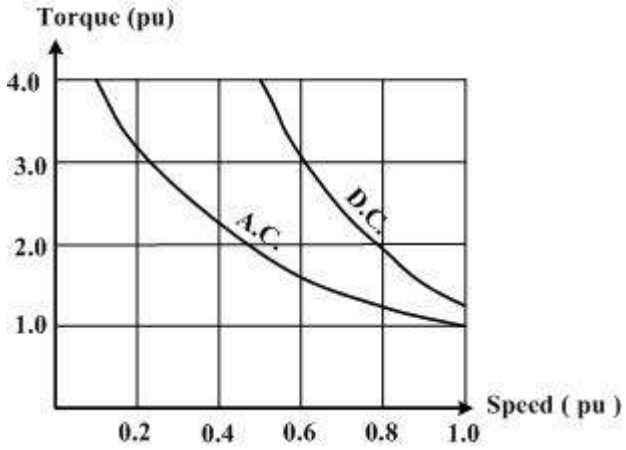
محركات التيار المتردد كمحركات للجر

١) **محرك التوالي العام** : في محركات التيار المستمر توصيلة التوالي، تيار المجال هو نفس تيار المنتج، ويكونان متحدين في زاوية الطور عند توصيل المحرك بمصدر تيار متردد. من الناحية النظرية عندما يمر تيار متردد ذو قيمة معينة فإن المحرك سيولد نفس العزم الذي يولده عند مرور تيار مستمر بنفس القيمة. عند توصيل محرك للتيار المستمر توصيلة التوالي إلى مصدر للتيار المتردد، سيعمل المحرك ولكن بصورة غير مرضية للأسباب الآتية:

- سيتولد عزم في اتجاه واحد ولكنه ينبض بضعف تردد المصدر، بسبب أن التيار يعكس اتجاهه مرتين كل ذبذبة واحدة.
- المجال المغناطيسي المتردد المتولد في هذه الحالة سيتسبب في مفقودات عالية، نتيجة للتيارات الدوامية المتولدة في القلب الحديدي والإطار الخارجي و سترتفع درجة حرارة المحرك وتنخفض كفاءته.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

- جهود التحويل المتولدة في ملفات المنتج، بسبب المجال المتردد، ستتسبب في إحداث شرارة عالية بين الموحد والفرش الكربونية.
- المعاوقة الحثية لملفات المجال والمنتج ستتسبب في خفض كبير للجهد، ومعامل قدرة صغير، مما ينتج عنه أداء سيىء للمحرك. الفرق في أداء محرك التوالي عند تشغيله من مصدر للتيار المتردد عن أدائه
- عند تشغيله من مصدر للتيار المستمر موضح في الشكل(٤- ٤).



الشكل (٤- ٤)

خواص محرك التوالي العام

إذا اعتبرنا محرك توالٍ للتيار المستمر قلبه الحديدي وجميع أجزاء دائرته المغناطيسية مصنوعة من شرائح الحديد المعزول، للحد من التيارات الدوامية،ويتغذى من مصدر للتيار المستمر فإنه عند الحمل الكامل سيفقد جهداً مقداره حوالي 10% فقط بسبب مقاومة ملفات المنتج وملفات التوالي وتكون القوة الدافعة الكهربائية العكسية حوالي 90% من جهد المصدر، وهي كبيرة إذا ما قورنت بالجهد المفقود. إذاً عند استعمال التيار المستمر يمكن اعتبار أن E ثابتة القيمة على مدى تشغيل المحرك وتقل قليلاً عن جهد المصدر، حيث:

$$V = E + I_a (R_a + R_{se})$$
$$E = K \cdot \phi \cdot N$$

حيث K ثابت، ϕ المجال المغناطيسي لكل قطب، N سرعة دوران المحرك.

افترض الآن أن نفس المحرك تمت تغذيته من مصدر للتيار المتردد بنفس الجهد. سيصبح المجال المغناطيسي المتولد متردداً بنفس تردد المصدر وله نفس زاوية طور التيار (تيار المجال أو تيار المنتج). القوة

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

الدافعة الكهربائية E سيكون لها أيضاً نفس زاوية طور التيار. وسيفقد جزءاً كبيراً من الجهد في هذه الحالة على الممانعة الحثية لكل من ملفات المنتج والمجال بالإضافة إلى الجهد المفقود على المقاومات.

إذاً في حالة استعمال التيار المتردد تكون القوة الدافعة الكهربائية العكسية المتولدة أقل بكثير عنها في حالة استعمال التيار المستمرو هذا يعني أنه لنفس العزم المتولد في الحالتين تكون سرعة المحرك في حالة التشغيل بالتيار المتردد أقل من سرعته في حالة التشغيل بالتيار المستمر، معامل القدرة يكون أيضاً منخفضاً و بالتالي يجب إدخال بعض التعديلات لتحسين أداء المحرك عند تشغيله بالتيار المتردد، هذه التعديلات هي:

- يحب تخفيض عدد لفات ملف التوالي من أجل تخفيض ممانعته الحثية وبالتالي التخفيض من الجهد المفقود على الممانعة الحثية.
- تخفيض عدد لفات ملف التوالي ينتج عنه أيضاً تخفيض في قيمة المجال المغناطيسي الناتج لكل قطب لنفس التيار المار في الملف، وهذا سوف يؤدي بدوره لزيادة سرعة المحرك وتخفيض العزم المتولد لنفس التيار. ولزيادة العزم وتعويض النقص المذكور يجب زيادة عدد موصلات ملف المنتج بنفس النسبة.
- زيادة عدد موصلات المنتج سترفع من قيمة الممانعة الحثية لملفات المنتج،وبالتالي فإن الممانعة الحثية الكلية لدائرة المحرك لن تتغير، لأن هذه الزيادة ستعوض النقص الذي سببه تخفيض عدد لفات ملف التوالي. للتغلب على هذه الصعوبة يزود المحرك بملفات تعويضية (Compensating Winding) التي تقوم بمعادلة المجال المغناطيسي الناتج عن ملفات المنتج فتمحو تأثير الممانعة الحثية لملف المنتج.
- للتقليل من جهود التحويل المتولدة في ملفات المنتج والشرارة الناتجة بسبب ذلك، يبنى محرك التوالي العام بعدد أكبر من الأقطاب وبمجال مغناطيسي أقل لكل قطب ولكن بحيث يظل المجال الكلي للمحرك كما هو.
- للتقليل من الشرارة الكهربائية بين الموحد والفرش يتم لف المنتج بلفة واحدة لكل ملف من ملفاته ويزاد في عدد قطع الموحد لتخفيض الجهد بين القطع المتجاورة، كما تستعمل فرش كربونية أقل عرضاً حتى لا تقصر أكثر من قطعتي مبدل (لفة واحدة من المنتج)في نفس اللحظة.
- تقلل الثغرة الهوائية بقدر الإمكان لتعويض النقص في المجال المغناطيسي لكل قطب، الذي يكون ضرورياً لتحسين معامل القدرة.
- تصنع جميع أجزاء الدائرة المغناطيسية للمحرك من شرائح الحديد المعزول للحد من مفقودات التيارات الدوامية.

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

- يجب استخدام جهد منخفض لشبكة الجر الكهربائية بحيث يكون في حدود (300 to 400-V) من أجل تخفيض المحاثة و يمكن تفسير ذلك بأن استخدام جهد منخفض يعني أيضا استخدام تيار أكبر وبالتالي عدد لفات أقل لملفات التوالي لتوليد نفس المجال المغناطيسي المطلوب.
- بما أن الممانعة الحثية تتناسب مباشرة مع تردد المصدر، فان شبكات الجر ومحرك التوالي العام المستخدم في الجر الكهربائي تصمم ليعملا على تردد 16⅔Hz أو 25Hz، للتخفيض من قيمة الممانعة الحثية للمحرك.

خواص محرك التوالي العام : محرك التوالي العام عملياً له نفس خواص محرك التوالي للتيار المستمر.وعزم الجر المتولد يتناسب طردياً مع مربع تيار المنتج وتتناسب السرعة عكسياً مع التيار. لنفس قدرة الخرج و يكون وزن محرك التوالي العام ماوياً من مرة ونصف إلى مرتين من وزن محرك التوالي للتيار المستمر.

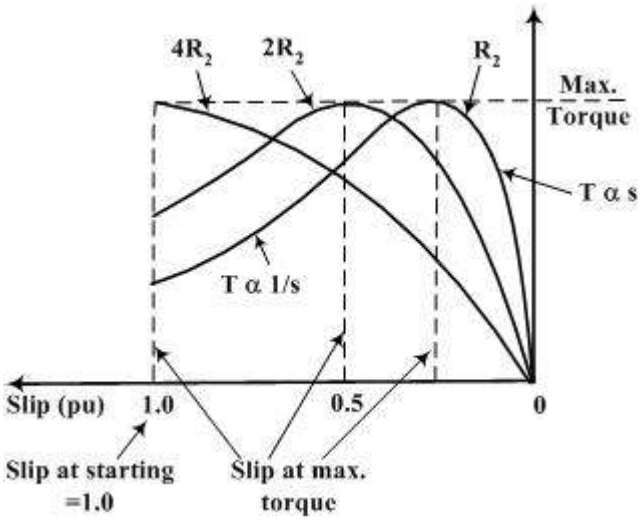
عند بدء الحركة (E=0) يكون معامل القدرة رديئاً (منخفضاً) إذاً لنفس التيار يكون عزم بدء الحركة أقل بكثير من العزم المتولد في محرك التيار المستمر. نتيجة لقلة عزم بدء الحركة لذلك فإن هذه المحركات ليست مناسبة لوسائل الجر داخل المدن حيث يتكرر الوقوف وبدء الحركة، لكنها تكون مناسبة للاستعمال في وسائل الجر خارج المدن حيث تكون المسافات طويلة بين الوقفات، ولا يكون التسارع العالي ضرورياً في هذه الحالة.

٢) المحرك الحثي ثلاثي الأوجه:

علاقة العزم مع الانزلاق : سبق أن عرفنا من مقرر آلات التيار المتردد أن العزم المتولد في المحركات الحثية ثلاثية الأوجه يعطي من العلاقة الآتية: $T = \frac{K.s.R_2}{R_2^2 + (sX_2)^2}$

حيث s الانزلاق و R_2 ، X_2 المقاومة والمعاوقة الحثية للدوار و K ثابت.

إذا رسمنا العلاقة بين العزم والانزلاق لعدة قيم من مقاومة الدوار، الشكل(٤- ٥)، يمكن ملاحظة النقاط التالية لخواص المحرك:



شكل ٤- ٥ العلاقة بين العزم والانزلاق لمحرك حثي ثلاثي الأوجه لعدة قيم من مقاومة الدوار

- عند دوران المحرك بسرعة التزامن حيث (s=0) يكون العزم مساوياً للصفر، أي أن العلاقة بين العزم والانزلاق تبدأ من الصفر.
- عند الدوران بالسرعات العادية بانزلاق صغير، يمكننا إهمال $(sX_2)^2$ بالمقارنة مع R_2^2 ، ويصبح العزم $T = K\frac{s}{R_2}$ وعند ثبات قيمة R_2 فإن العزم $(T \alpha s)$، أي أن العزم يتناسب طردياً مع الانزلاق في السرعات العادية وتكون العلاقة بينهماخطية ابتداء من الصفر وحتي الحمل الكامل للمحرك.
- عند ازدياد الانزلاق عن قيمته عند الحمل الكامل يزداد العزم حتى يصل إلى أقصي قيمة له عند انزلاق يساوي $s = \frac{R_2}{X_2}$ أقصى عزم للمحرك يعرف بعزم التعثر وتصل قيمته إلى حوالي ضعف قيمة عزم الحمل الكامل عندما يعمل المحرك بالجهد والتردد المقننين.
- عندما يزداد الانزلاق عن قيمته عند أقصى عزم تصبح قيمة $(sX_2)^2$ أكبر بكثير من R_2^2 ، حيث يمكن إهمال R_2^2 مقارنة مع $(sX_2)^2$ ويصبح العزم متناسباً عكسياً مع الانزلاق $T \propto \frac{1}{s}$
- من علاقة العزم مع الانزلاق لعدة قيم من R_2 يمكن ملاحظة أن الزيادة في قيمة مقاومة الدوار، لا تؤثر في قيمة أقصي عزم يبذله المحرك، ولكن تزيد من قيمة العزم عند بدء الحركة.

مثال ٤- ١: قاطرة كهربائية تتحرك بواسطة محرك توالٍ للتيار المستمر، يبذل المحرك قوة جر مقدارها 20000-N عندما تسير القاطرة بسرعة 50-Km/h . أوجد التيار المسحوب من المصدر إذا كان جهد المصدر 500-V وكفاءة المحرك 80%

$$\text{Power required} \equiv P(W) = F(N) \times v(m/\sec.)$$

$$P = 20000 \times \frac{50 \times 1000}{60 \times 60} \times \frac{1}{1000} = 277.8 \quad \text{KW}$$

$$P_{in} = \frac{P_o}{\eta} = \frac{277.8}{0.8} = 347.2 \quad \text{KW}$$

$$\text{The motor current} = \frac{P_{in}}{\text{Volt}} = \frac{347.2 \times 1000}{500} = 694.4 \quad \text{Amp.}$$

مثال ٤- ٢: قاطرة كهربائية تبذل قوة جر مقدارها 4000-Kg عند السير على مستوى أفقي بسرعة 50-km/h ، وتبذل قوة مقدارها 5000-Kg عندما تصعد مستوى مائل. أوجد قدرة المحرك بالحصان إذ كان:

- المحرك توالٍ للتيار مستمر.
- المحرك حثٍ ثلاثي الأوجه

$$P = 4000 \times 9.81 \times \frac{50 \times 1000}{60 \times 60} \times \frac{1}{1000} = 545 \quad \text{KW}$$

$$P = \frac{545 \times 1000}{746} = 730.6 \quad \text{H.P.}$$

$$\text{In the case of DC series motor } P \propto \sqrt{T}$$

$$\therefore \text{The power required} = 730.6 \times \sqrt{\frac{5000}{4000}} = 816.8 \quad \text{H.P.}$$

$$\text{In the case of } 3-\text{phase induction motor } P \propto T$$

$$\therefore \text{The power required} = 730.6 \times \frac{5000}{4000} = 925 \quad \text{H.P.}$$

هذا يوضح فائدة استخدام محركات التوالي للتيار المستمر.

أسئلة وتمارين متنوعة:

س ٤- ١: ما المتطلبات العامة لمحركات الجر؟

س ٤- ٢: لماذا كان محرك التوالي للتيار المستمر هو الأكثر مناسبة للاستخدام في الجر الكهربائي؟

س ٤- ٣: ما التعديلات التي يجب إدخالها على محرك التوالي للتيار المستمر ليعمل كمحرك عام؟

س ٤- ٤: لماذا كان محرك التوالي العام مناسباً للاستخدام في شبكات الجر للتيار المستمر أو المتردد؟

س ٤- ٥: لماذا يجب تجنب استخدام محرك التيار المستمر المركب فرقياً كمحرك جر؟

س ٤- ٦: ما الشكل العام لعلاقة العزم/الانزلاق للمحركات الحثية ثلاثية الأوجه؟ وضح بالرسم كيف تتأثر هذه العلاقة بزيادة مقاومة الدوران ؟

تمرين ٤- ١: قاطرة كهربائية تبذل قوة جر مقدارها 33800-N عند السير على مستوى أفقي بسرعة 48.3-km/h، وتبذل قوة مقدارها 53400-N عندما تصعد مستوى مائلاً. أوجد قدرة المحرك بالحصان إذا كان: أ- المحرك توالٍ للتيار مستمر. ب- المحرك حثٍ ثلاثي الأوجه.

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM