القيادة الكهربائية
السنة ٤ تغذية
المحاضرة ٥

مميزات وإقلاع المحركات المتواقتة :

- مميزات المحركات المتواقتة :

المحركات المتواقتة تتميز بدورانها بسرعة ثابتة ندعوها بسرعة التواقت، هذه السرعة الميكانيكية تساوي سرعة الساحة المغناطيسية التي تولدها تيارات الثابت ($\mathbf{n_{sync} = n_m}$). الانزلاق إذاً معدوم في الآلات المتواقتة. لذلك يمكننا استخدام هذه المحركات في التطبيقات التي لا يتطلب عملها تغيير السرعة، كما في الضواغط وآلات التبريد وكسارات الحجارة والمضخات. وتكمن الميزة الاقتصادية للمحرك المتواقت بقدرته على العمل عند عامل استطاعة عال بالمقارنة مع المحرك التحريضي. الجزء الثابت في المحركات المتواقتة لا يختلف عن الجزء الثابت في المحركات التحريضية، أما الاختلاف فيكون في الجزء الدائر، حيث يضم المحرك المتواقت دوار بتركيبة مختلفة، هذا الدوار يحتوي ملفات تهييج يتم تغذيتها بالتيار المستمر.

طرق إقلاع المحركات المتواقتة :

في المحركات المتواقتة يتم تغذية ملفات الدائر من مصدر تيار مستمر، تيار التهييج هذا سينتج حقلاً مغناطيسياً ثابتاً ($\mathbf{B_r}$)، بينما تيارات الجزء الثابت المتناوبة ستنتج حقلاً مغناطيسياً دواراً ($\mathbf{B_s}$) يدور بسرعة التواقت ($\mathbf{n_1}$). مبدأ عمل المحرك المتواقت يعتمد على ملاحقة فيض الدائر الثابت لفيض الثابت الدوار، عند الإقلاع لن يتمكن فيض الدائر من اللحاق بالساحة المغناطيسية الدوارة وهذا ما يفسر عدم قدرة المحرك المتواقت على الإقلاع ذاتياً.

من الطرق المتبعة لإقلاع المحرك المتواقت نذكر :

١- إقلاع المحرك المتواقت باستخدام محرك خارجي.

٢- إقلاع المحرك المتواقت باستخدام ملفات الاخماد(قضبان مساعدة مقصورة في الدوار).

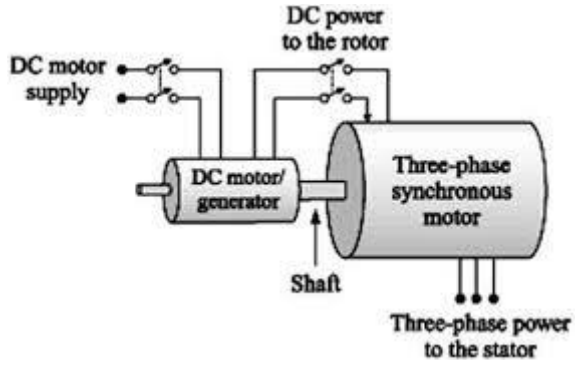
٣- إقلاع المحرك المتواقت عن طريق تخفيض سرعة الساحة المغناطيسية في الثابت.

٤- الإقلاع اليدوي للمحرك المتوقت.

- إقلاع المحرك المتواقت باستخدام محرك خارجي :

في هذه الطريقة يتم إقلاع المحرك المتواقت عن طريق ربط محوره بمحرك خارجي مساعد، حيث يقوم هذا المحرك برفع سرعة الآلة حتى سرعة التواقت، عندها تعمل الآلة المتواقتة كمولدة متواقتة، وعند سرعة التواقت يتم فصل المحرك الخارجي وتغذية ملفات الدائر بالتيار المستمر وتحميل المحرك بحمولته النظامية.

ما يبسط استخدام هذه الطريقة هو أن كثيراً من المحركات المتواقتة تكون جزءاً من مجموعة محرك-مولد، وبالتالي يمكن دائماً إقلاعه باستخدام الآلة الأخرى. في هذه الطريقة لا يحتاج المحرك الخارجي إلاَ أن يتغلب على عزم عطالة الآلة المتواقتة من دون حمولة.



إقلاع المحرك المتواقت باستخدام محرك خارجي

إقلاع المحرك المتواقت باستخدام ملفات مساعدة :

من أكثر الطرق استخداماً لإقلاع المحرك المتواقت هي استخدام ملفات مساعدة، هذه الملفات عبارة عن قضبان متوضعة ضمن أخاديد محفورة على سطح الدوار، مقصورة في نهايتها بحلقات كما يبين الشكل. هذه الحلقات مشابهة للقفص السنجابي الموجود بالمحركات التحريضية. يتم إقلاع المحرك المتواقت ودارة التهييج مفتوحة، أي يتم إقلاعه كمحرك تحريضي ذي قفص سنجابي، وعند وصول سرعته إلى قرب سرعة التواقت يتم إغلاق دارة التهييج ومن ثم تسارعه حتى سرعة التواقت، علماً بأنه لن يتحرض بهذه القضبان المساعدة أي قوى محركة كهربائية عند وصول سرعة المحرك إلى سرعة التواقت.

يمكن تلخيص طريقة الإقلاع هذه بالخطوات الآتية :

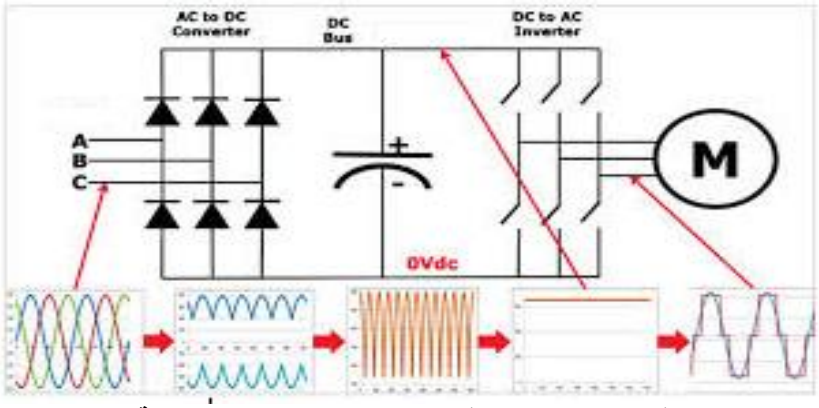
١- تغذية ملفات الثابت بجهد ثلاثي الطور وتترك ملفات التهييج مفتوحة حتى يتسارع المحرك إلى قرب سرعة التواقت. يجب أن يتم الإقلاع على فراغ حتى يتمكن المحرك من التسارع بأقصر زمن ممكن.

٢- يوصل منبع التيار المستمر إلى دارة التهييج عند سرعة قريبة من سرعة التواقت، وعندها تعمل الآلة كمحرك متواقت، بعدها تتم إضافة الحمولة المحرك.

_ إقلاع المحرك المتواقت بتخفيض التردد الكهربائي :

لن يتمكن فيض الدائر من ملاحقة الفيوض المغناطيسية في الثابت إلا عندما يتم تخفيض سرعة الساحة المغناطيسية في الثابت، وهذا يتم عن طريق تخفيض تردد التغذية الكهربائي، في هذه الحالة سيبدأ المحرك بالدوران بسرعة منخفضة نسبياً، ثم يتم زيادة التردد بالتدريج وتزداد معها سرعة الدوران الميكانيكية حتى الوصول إلى سرعة التواقت والتي تقابل تردد التغذية الأساسي.

في السابق لم تكن هذه الطريقة مستخدمة إلا نادراً وذلك بسبب صعوبة توفر منبع تغذية ذي تردد متغير، أما في الوقت الحاضر ومع التطور الكبير في مجال المبدلات الإلكترونية فقد أصبح بالإمكان إقلاع المحرك المتواقت بسهولة، وذلك باستعمال مبدلات إلكترونية، كما يبين الشكل، حديثة قادرة على تزويد المحرك بترددات متغيرة من أجزاء الهرتز إلى قيمة أكبر من تردد التغذية.



إقلاع المحرك المتواقت باستخدام المبدلات الالكترونية

عند تغذية المحرك بتردد منخفض ستنخفض أيضاً القوة المحرك الكهربائية E وإذا كان توتر التغذية ثابت فإن تيار الثابت سيزداد ويتجاوز قيمه المسموحة، كما أن التغذية بترددات منخفضة ستنقص من قيمة المفاعلات التحريضية للمحرك X وبالتالي زيادة التيار المسحوب. لذلك ولحماية المحرك من التيارات العالية ولتجنب حالة الإشباع المغناطيسي للآلة لابد من تخفيض جهد التغذية عند تخفيض التردد الكهربائي، ويتم ذلك بالحفاظ على النسبة $\frac{V}{f}$ ثابتة، وهذا ما تحققه المبدلات الإلكترونية الحديثة.

المحركات أحادية الطور: Single - Phase Motors

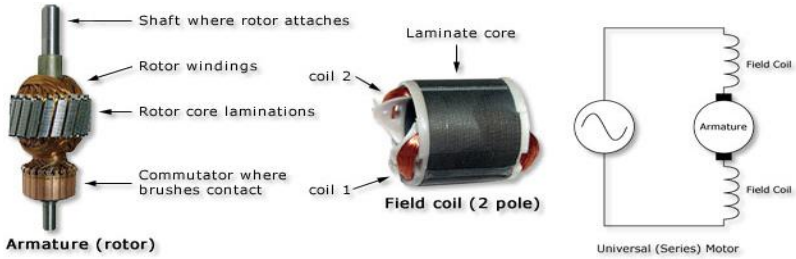
يمكن القول بأن أغلب محركات التيار المتناوب ذات الاستطاعات الصغيرة هي محركات أحادية الطور، كما أن هناك العديد من التطبيقات الصناعية والتجارية و كذلك المنزلية لا تصلها إلا تغذية أحادية الطور، هذه التطبيقات تحتاج غالباً لمحركات صغيرة (أقل من 1hp)، وهذا ينطبق بشكل عام على المحركات أحادية الطور. المشكلة الأساسية بالمحركات أحادية الطور أنه حين تغذيتها من منبع أحادي الطور سيتولد في ملفات الثابت مجال مغناطيسي متردد، هذا المجال يمكن تحليله إلى مجالين لهما المطال نفسه و يدوران بالسرعة نفسها (سرعة التواقت) ولكن في اتجاهين متعاكسين. سيقوم هذان المجالان بتحريض تيارات تحريضية في الجزء الدائر وتوليد عزوم دورانية تحريضية، هذه العزوم متعاكسة بالاتجاه وبالتالي لن يدور المحرك. يمكن القول باختصار أن المنبع أحادي الطور لا ينتج فيضاً مغناطيسياً دواراً، وبالتالي لن يستطيع المحرك أن يقلع ذاتياً، لابد إذاً من اضافة ترتيبات فنية خاصة لتوليد حقل مغناطيسي دوراني في الثغرة الهوائية عند تغذية المحرك، هذا سيمكن المحرك من الإقلاع. هذه الاجراءات تجعل المحرك أحادي الطور أكبر بالحجم من المحرك ثلاثي الطور بمقدار 30% من أجل الاستطاعة نفسها. من المحركات أحادية الطور نذكر:

١- المحرك العام.
٢- المحرك ذو الطور المشطور أو ذو ملف الإقلاع.
٣- المحرك ذو مكثفة الإقلاع المؤقتة أو الدائمة.
٤- المحرك ذو الأقطاب المظللة.

١- المحرك العام :

سبب تسمية المحرك بهذا الاسم لأنه يمكن أن يعمل بالتيار المستمر و بالتيار المتناوب وبالسرعة نفسها تقريباً (وان كانت سرعته أعلى في حالة تشغيله بالتيار المستمر). يستخدم المحرك العام في التطبيقات المنزلية ذات الاستطاعة الأقل من 1KW, مثل خلاطات الطعام وماكينات الخياطة والمكانس

الكهربائية والغسالات الآلية. المحركات العامة هي محركات تسلسلية حيث تضم ملف متحرض وآخر تهييج موصولين على التسلسل، بالإضافة إلى المجمع والفحمات ولها عزم دوران ابتدائي عال. هذه المحركات قادرة على الدوران بسرعة عالية نسبياً (حتى 3000 r.p.m)، وتبلغ في ارتفاعها درجة الخطورة عندما لا تكون محملة(كما في حالة المحركات المستمرة التسلسلية)،
يبين الشكل أحد أشكال المحركات العامة المستخدمة في التطبيقات المنزلية وأجزائه المختلفة.

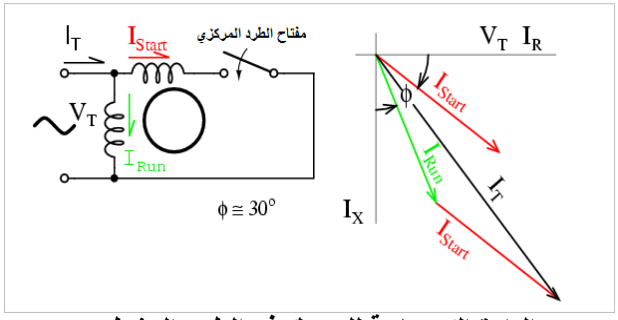


الشكل (٦-٢٥): المحرك العام وأجزائه المختلفة

عند تغذية المحرك العام بمصدر تيار مستمر سيقلع ويدور كمحرك تيار مستمر تسلسلي، وعند تغذيتها بمصدر تيار متناوب سينتج عزم دوراني وحيد الاتجاه يعمل على تدوير المحرك.
من سلبيات هذه المحركات أنها :
١- ذات كفاءة بسيطة نسبياً و ذلك بسبب الضياعات المغناطيسية (ضياعات البطاء المغناطيسي وضياعات تيارات فوكو التحريضية).
٢- عامل استطاعة منخفض وذلك بسبب ممانعة الملفات العالية.
٣- تحتاج إلى صيانة دورية بسبب وجود الفحمات والمجمع، كما أن الشرارات الكهربائية الناتجة من احتكاك الفحمات بصفائح المجمع يمكن أن تسبب خطراً في بعض الأماكن (وجود مواد قابلة للاشتعال أو الانفجار)، و لهذا ينصح بعدم استخدامها في الأماكن الخطرة.

٢- المحرك ذو الطور المشطور أو ذو ملف الإقلاع :

محرك ذو استطاعة صغيرة (<1hp) يستخدم غالباً لتشغيل بعض الأجهزة المنزلية مثل الغسالات والمضخات الصغيرة والمراوح ... وغيرها من التجهيزات التي لا تحتاج إلى عزوم إقلاع عالية. لا يستطيع هذا المحرك الإقلاع ذاتياً عند تغذية ملفه الأساسي من مصدر جهد أحادي الطور لذلك فقد تم شطر ملفه الأساسي إلى ملفين: الأول يدعى بالملف الرئيسي أو ملف التشغيل والثاني هو ملف البدء أو الملف المساعد، كما يوضح الشكل، بحيث يكون محوراهما مزاحاً أحدهما عن الآخر فراغياً، ويمر فيهما تياران مزاح أحدهما عن الآخر بزاوية قدرها ϕ ومتصلان تفرعياً مع الشبكة الكهربائية. لخلق فرق صفحة بين الملفين فقد تم تصميم ملف البدء أو الملف المساعد ليكون ذي مقاومة أومية كبيرة بالنسبة إلى الملفات الرئيسية (إضافة ممانعة أومية أو استخدام ملفات بمقطع صغير)، وهذا يؤدي الى خلق فرق طور بين الفيضين، وبالتالي انتاج عزم دوراني. نحصل على أفضل حالة عند زاوية 90 درجة.

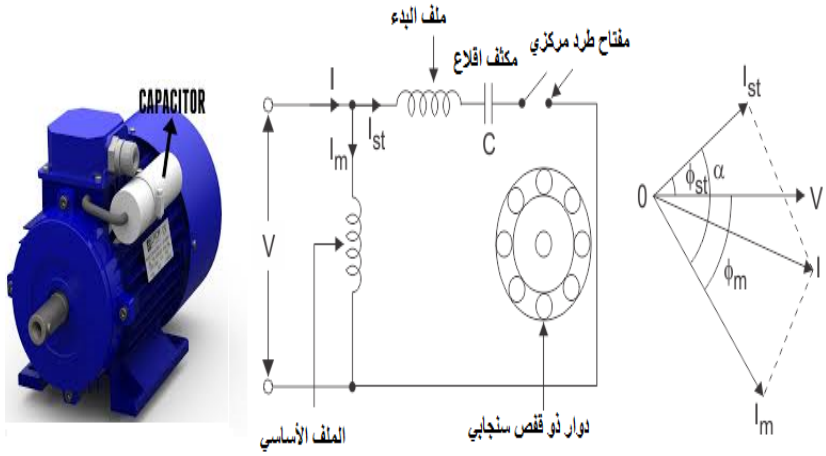


الدارة الكهربائية للمحرك ذو الطور المشطور

الدارة الكهربائية توضح أن ملفات البدء تكون في داخل الدارة عند بدء التشغيل للمساعدة على توليد المجال المغناطيسي وتزول بعدها الحاجة لملفات البدء وتنفصل عن الدارة بوساطة مفتاح الطرد المركزي، وذلك عندما تصل سرعة المحرك الى (75 %) من سرعته الاسمية تقريباً. وظيفة مفتاح الطرد المركزي هو فصل ملفات البدء وبالتالي منع المحرك من سحب المزيد من التيار، وحماية ملفات البدء من التلف نتيجة لارتفاع درجة الحرارة. يمكن عكس اتجاه الدوران بعكس قطبية أحد الملفين (ملف التشغيل أو ملف البدء) بالنسبة للملف الآخر.

٦٣- المحرك ذو مكثف الإقلاع :

يعد المحرك ذو المكثفة أو المحرك السعوي من أهم المحركات التحريضية أحادية الطور، بشكل مشابه للمحرك ذي ملف الإقلاع فإنه يحوي ملف رئيسي وآخر مساعد (بدء). تم تصميمه بحيث يحتل الملف الرئيسي ثلثي المساحة القطبية للمحرك، في حين الثلث المتبقي يتم تعبأته بالملف المساعد. يتم خلق فرق طور بين تياري الملف الرئيسي والمساعد عن طريق وصل ممانعة سعوية على التسلسل مع ملف البدء كما يوضح الشكل، في هذه الحالة سنحصل على فرق صفحة أكبر من فرق الصفحة في حالة المحرك ذي الملف المشطور، وبالتالي الحصول على عزم إقلاع أعلى.

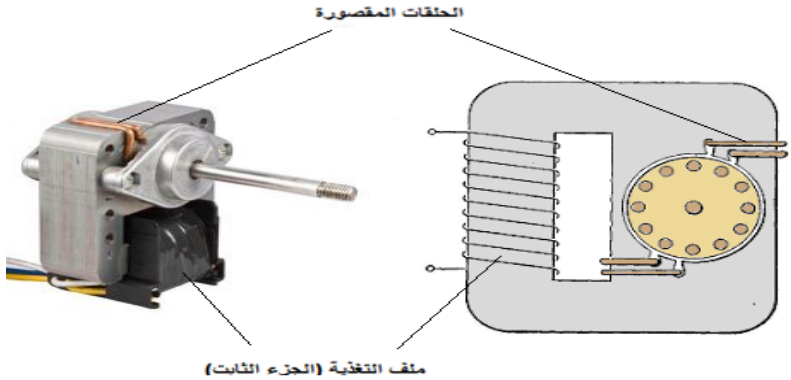


الدارة المكافئة للمحرك أحادي الطور ذو مكثفة الاقلاع

يمكننا ولزيادة قيمة عامل الاستطاعة ابقاء المكثف موصولاً مع الشبكة الكهربائية، إلا أن السعة المطلوبة في هذه الحالة ستكون كبيرة، لذلك يفضل تصميم دارات كهربائية بحيث يتم فصل الملف المساعد عن التغذية بعد إتمام عملية الاقلاع وذلك بوساطة حاكمة تعمل على القوة النابذة

٤- المحرك أحادي الطور ذو القطب المظلل :

يبين الشكل الدائرة الكهربائية و الأقسام الرئيسية لمحرك ذي قطب مظلل، المحرك ذو القطب المظلل هو محرك كهربائي متناوب أحادي الطور ذو استطاعة صغيرة نسبياً (<250W)، هذا المحرك يقلع ذاتياً وبالتالي لا يحتاج إلى أي ترتيبات إضافية (كمكثف الإقلاع مثلاً). ويعود سبب ذلك إلى امكانية توليد عزم دوراني نتيجة وجود ملفات إضافية أو حلقات مقصورة في الجزء الثابت بالإضافة إلى ملفات الثابت الرئيسية.



الدائرة الكهربائية والأقسام الرئيسية لمحرك ذي قطب مظلل

يتم تصنيع العضو الثابت بحيث يكون فيها قطبان ثانويان بالإضافة إلى القطبين الرئيسين البارزين. يسمى القطبان الثانويان بالقضبان المشقوقة، بحيث يلتف حول هذين القطبين ملفين صغيرين أو حلقتين نحاسيتين مقصورتين. يتكون العضو الدوار، والذي يتوسط القطبين الرئيسين و المشقوقين، من دوار قفص سنجابي. يسبب التيار المار في ملف العضو الثابت توليد فيض مغناطيسي Φ، هذا الفيض سينقسم إلى قسمين : فيض القطب الرئيسي Φ_H وفيض القطب المشقوق Φ'_S، فيض القطب المشقوق سيحرض قوة محركة كهربائية متأخرة بالصفحة عنه بمقدار 90^o، هذه القوة تسبب مرور تيار في الحلقة المقصورة ينتج عنه فيضاً إضافياً يضاف أو ينطرح من الفيض Φ'_S ندعوه بالفيض Φ_S. فيض القطب الرئيسي Φ_H والفيض Φ_S غير متساويين ومزاحين عن بعضهما البعض فراغياً بزاوية أقل من 90^o، هذا الانزياح ينشأ عنه حقل مغناطيسي دوراني غير متناظر قادر على توليد عزم إقلاع يعادل ($20\%-50\%T_n$). استطاعة خرج هذه المحركات صغيرة نسبياً بسبب الضياعات الناتجة في الحلقات المقصورة وبالتالي مردودها صغير (25%-40%)، لذلك يتم استثمار هذه المحركات في التطبيقات ذات الاستطاعات الصغيرة و التي لا تحتاج إلى عزوم إقلاع عالية كالمراوح ومجففات الشعر وألعاب الأطفال وآلات الحلاقة وغيرها.

تتابع المجالات المغناطيسية بسبب انزياح طور التيارات الكهربائية على أقطاب العضو الثابت كالآتي: من القطب الرئيسي (1) إلى القطب المشقوق (1)، ومن القطب الرئيسي (2) إلى القطب المشقوق (2). بالتالي يكون اتجاه الدوران من القطب الرئيسي إلى القطب المشقوق.

لعكس اتجاه دوران هذا محرك لابد من تصميمه بطريقة خاصة، يتضمن ذلك التصميم تشكيل أربعة أقطاب مشقوقة حول العضو الدوار (على يمينه اثنان وعلى يساره اثنان) أو تجهيز المحرك بمجرى إضافي في الجهة المقابلة للجهة التي بها الحلقة المقصورة، ويتم نقل الحلقة التي تمثل لفة مقصورة على نفسها إلى هذه المجرى، وفي حالة عدم وجود هذه المجرى أو صعوبة نقل الحلقة فيمكن

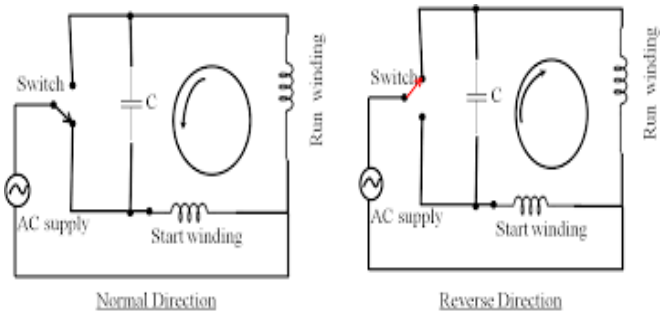
تبديل وضع العضو الدائر بالنسبة إلى العضو الثابت، ولكن يشترط لذلك أن يبقى الجزء الحديدي للعضو الدائر أمام الجزء الحديدي للعضو الثابت تماماً من دون أي إزاحة.

- عكس اتجاه وتغيير سرعة المحركات أحادية الطور :

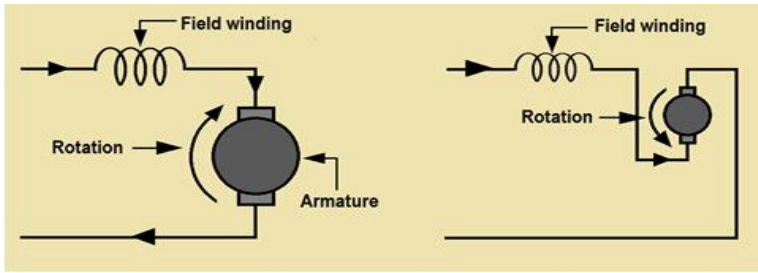
١- عكس اتجاه المحركات المتناوبة أحادية الطور :

إن محركات التيار المتناوب أحادية الطور تصمم بشكل عام لتعمل باتجاه واحد، ومع ذلك يمكن وباستخدام تقنية معينة جعلها تدور بالاتجاه المعاكس لاتجاه دورانها الأصلي. يمكن عكس اتجاه دوران المحركات ذات الطور المشطور وذات مكثفة الإقلاع بتبديل قطبية أحد الملفين (الملف الرئيسي أو الملف المساعد) بالنسبة إلى الآخر كما يوضح الشكل، يتم تحقيق ذلك عن طريق تبديل التوصيلات في علبة المرابط للمحرك، و يجب أن يتباطأ المحرك قبل عكس اتجاه دورانه خاصة في المحركات التي تحتوي على مفتاح أو تماس يعمل بالقوة النابذة حتى يتمكن التماس من الإغلاق.

المحركات أحادية الطور ذات الاقطاب المظللة يمكن عكس اتجاه دورانها كما رأينا بعكس وضع وشيعة التظليل بالنسبة إلى القطب، أما المحركات العامة ذات التيار المتناوب فيتم عكس اتجاه دورانها بالطريقة المستخدمة ذاتها في محركات التيار المستمر (عكس التوصيلات)، كما يبين الشكل.



عكس اتجاه دوران المحركات أحادية الطور ذات المكثف



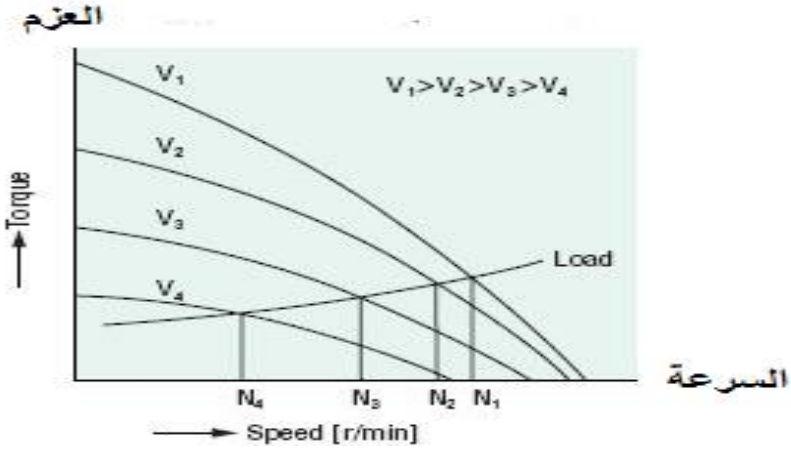
عكس اتجاه دوران المحركات العامة أحادية الطور (التسلسلية)

٢- تغيير سرعة المحركات المتناوبة أحادية الطور :

إن أبسط طريقة لتغيير سرعة ومميزات العزم-سرعة للمحركات التحريضية أحادية الطور هي طريقة تغيير جهد التغذية الكهربائية. هذه الطريقة تتضمن تخفيض الجهد المطبق على ملف الثابت (في المحركات التحريضية التقليدية) أو على ملف المتحرض في حالة المحركات العامة أو التسلسلية. كما نعلم بأنه في المحركات التحريضية ينتج عن تخفيض الجهد تخفيض في العزم و ازدياد في انزلاق المحرك، في المحركات العامة أو التسلسلية تعد هذه الطريقة مناسبة أيضاً للتحكم بالسرعة سواءً عن طريق التحكم بجهد المتحرض أو التحكم بالفيض المغناطيسي.

بما أن عزم المحرك المتناوب أحادي الطور ينشأ عن فيضين دوارين متعاكسين لذلك فإن انزلاق المحرك أحادي الطور سيكون أكثر حساسية لتغيرات جهد التهييج من المحركات ثلاثية الطور.

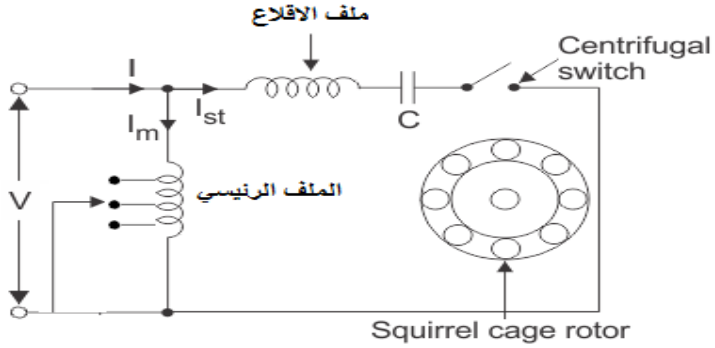
يبين الشكل تأثير تغيير جهد التغذية على مميزات المحرك أحادي الطور، فمن أجل أي قيمة للحمولة فإن تخفيض جهد الثابت سيؤدي إلى تخفيض موافق في السرعة (زيادة في الانزلاق). بما أن العزم يتعلق بمربع الجهد لذلك فإن منحني العزم-سرعة عند 50% من الجهد الاسمي يساوي 25% من منحني العزم عند الجهد الاسمي.



تغير مميزات المحرك أحادي الطور مع جهد التغذية

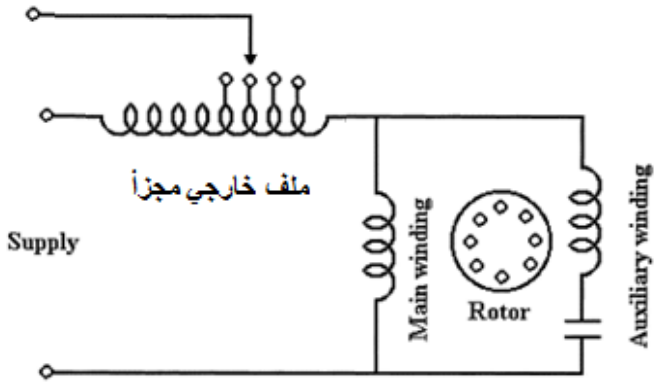
لتغيير سرعة المحرك أحادي الطور بتغيير جهد الجزء الثابت هناك ثلاث طرق رئيسية :

الطريقة الأولى : هي طريقة تجزئة ملف المحرك الأساسي (ملف الدوران)، في هذه الطريقة يتم تجزئة ملف الثابت إلى أقسام عدة كما يوضح الشكل (٦-٣٢). أعلى سرعة يمكن الحصول عليها عند تطبيق جهد التغذية على أصغر جزء من الملف الرئيسي، وأخفض سرعة يمكن الحصول عليها عند تطبيق جهد التغذية على كامل الملف. إن التدفق المغناطيسي للآلة يعتمد على النسبة (E/N) حيث N عدد لفات الملف الرئيسي، بتخفيض عدد لفات الثابت من أجل قيمة الجهد نفسها المطبقة فإن تدفق المحرك سيزداد، وكذلك تيار وعزم الدوار، وهذا بدوره سيزيد من سرعة المحرك نظراً لزيادة نسبة الفولت- لفة. كما يجب الانتباه إلى ضرورة تحمل أجزاء الملف لجهد التغذية.



الطريقة الثانية : تعتمد على استخدام ملف تسلسلي خارجي مجزأ أو مقاومة كما يبين الشكل. هذا الملف يكون بمنزلة مقسم جهد، وجود هذا الملف على التسلسل مع ملف ثابت المحرك سيؤمن هبوطاً في جهد

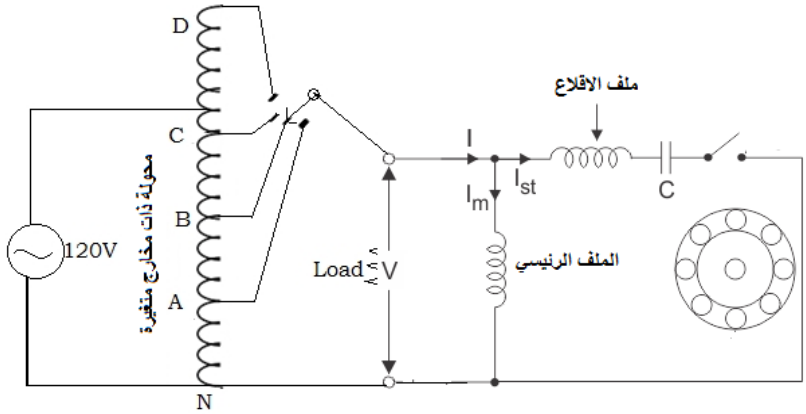
التغذية، فاستخدامه بشكل كامل سينتج عنه أكبر هبوط جهد وبالتالي أقل جهد مطبق على ملف المحرك الأساسي.



طريقة الملف الخارجي المجزأ لتغيير السرعة

كما أن هبوط الجهد على الملف الخارجي يرتبط أيضاً بتيار الحمولة، فكلما زاد تيار الحمولة كلما زاد هبوط الجهد على الملف وانخفض جهد المحرك ونقصت بالنتيجة السرعة. هذه الطريقة يمكن استخدامها في أي محرك أحادي الطور إلا أن سيئتها تكمن في التنظيم الضعيف للسرعة.

الطريقة الثالثة : تعتمد هذه الطريقة على استخدام محولة تغذية ذات مخارج متعددة كما هو موضح بالشكل ، بحيث كل مخرج يقابل قيمة معينة للجهد الذي سيطبق على المحرك. هذه الطريقة تؤمن تنظيماً أفضل للسرعة من طريقة الملف الخارجي المجزأ وخاصة عند السرعات المنخفضة والمتوسطة.



استخدام محولة خارجية متغيرة لتغير جهد تغذية المحرك أحادي الطور