

الآلات الكهربائية بالمركبات

منظومة بدء الحركة (STARTING SYSTEM)

منظومة بدء الحركة (STARTING SYSTEM)



الوحدة الثانية : منظومة بدء الحركة (STARTING SYSTEM)

الجدارة: دراسة كل ما يتعلق بالأنواع المختلفة لبادئ الحركة في المركبة ومكوناتها ووظيفتها وخواصها وأعطالها والاختبارات التي تجرى عليها

الأهداف: عند استكمال دراسة هذه الوحدة يكون لديك القدرة على:

- توضيح أهمية منظومة بدء الحركة في المركبة وتسمية الأجزاء الرئيسة لها
- عمل رسم تخطيطي لمنظومة بدء إدارة محرك المركبة
- تسمية الأجزاء الرئيسة لبادئ الحركة ووظيفتها
- التمييز بين الأنواع المختلفة لبادئ الحركة وطريقة عملها والفرق بينها
- توضيح آلية التعشيق في نظام بدء إدارة محرك المركبة
- تلخيص فكرة عمل وتركيب المرحلات والمفاتيح المختلفة في منظومات بدء الحركة
- تسمية الأعطال الشائعة في بادية الحركة وأسبابها وطريقة علاجها
- وضع استراتيجية اختبار بادية الحركة على منصة الاختبار وقراءة النتائج ومدلولاتها

مستوى الأداء المطلوب: أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة تتراوح ما بين ٩٠٪ و ٩٥٪

الوقت المتوقع للتدريب: ١٠ ساعات

الوسائل المساعدة:

شفافيات + نماذج تدريبية مبسطة

متطلبات الجدارة:

لا يوجد

منظومة بدء الحركة (STARTING SYSTEM)

مقدمة (Introduction)

لا يمكن إدارة محرك مركبة في حالة سكون إلا بواسطة وسيلة خارجية تساعد على التغلب على المقاومات والوصول إلى سرعة دوران يستطيع بعدها أن يعمل تحت تأثير عزم دورانه الخاص. هذه الوسيلة الخارجية تسمى "منظومة بدء الحركة" (Starting System)، ويطلق على بادئ الحركة اسم "المارش" أو "السلف" (Starter) حسب التعبير الدارج في مجال إصلاح وصيانة المركبات.

من أهم المقاومات التي يجب التغلب عليها عند بدء إدارة محرك مركبة: مقاومة الضغط في أسطوانات المحرك، مقاومة القصور الذاتي الناجم عن ثقل أجزاء المحرك (كتلة المحرك) وخاصة الحذافة، مقاومة لزوجة الزيت خاصة إذا كان المحرك بارداً، وأخيراً مقاومة احتكاك الأجزاء الداخلية مع بعضها.

منظومة بدء الحركة تستمد الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيلها من البطارية، ويلزم لتنظيم الإمداد بالطاقة أن يتم التحكم في مرور وعدم مرور التيار عن طريق مفاتيح أو مَرَحَلَات. من خلال منظومة التحكم، يتم تحويل الطاقة الكهربائية المستمدة من البطارية إلى طاقة ميكانيكية في صورة حركة دورانية (سرعة دوران) وعزم.

وظيفة منظومة بدء الحركة (Starting-system Function)

يختلف العزم اللازم لبدء إدارة محرك مركبة من محرك إلى آخر حسب نوع المحرك (إشعال بالشرارة (محرك بنزين) أو إشعال بالضغط (محرك ديزل) وحسب كتلته الممثلة في عدد الأسطوانات، وحسب الظروف المحيطة بنفس المحرك مثل درجة حرارة الجو المحيط. على سبيل المثال: محرك البنزين السليم يستطيع أن يدور بسرعة من ٦٠ إلى ٩٠ لفة/دقيقة (60-90 rpm) عند درجة حرارة صفر °م وتكون قدرة بادئ الحركة في حدود واحد ونصف حصان (1½ HP) والتيار اللازم في حدود ٣٠٠ أمبير (300 A)، أما محرك الديزل (له نفس عدد الأسطوانات) فربما يحتاج أن يدار بسرعة من ٨٠ إلى ٢٠٠ لفة/دقيقة (80-200 rpm) (قبل أن يعتمد المحرك على نفسه في استمرارية دورانه) وتتراوح قدرة بادئ الحركة بين ٨-١٠ حصان (8-10 HP).

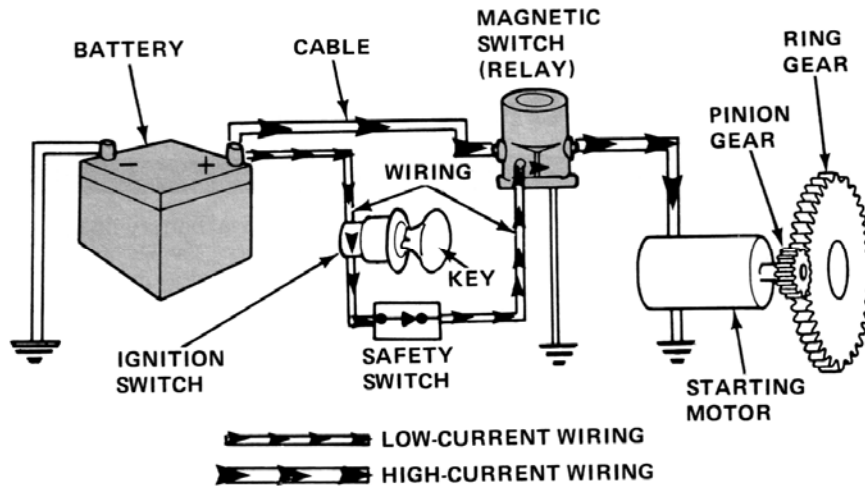
مما سبق يمكن أن نوجز وظيفة منظومة بدء الحركة في الآتي:

- ١- إعطاء محرك المركبة عزم دوران كبير في بداية تشغيله (للتغلب على مجموعة المقاومات السابق الإشارة إليها في مقدمة الوحدة).
- ٢- إيصال محرك المركبة إلى أقل سرعة دوران لازمة لإشعال خليط الهواء والوقود (بتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية في صورة حركة أو سرعة دوران).

الأجزاء الرئيسية لمنظومة بدء الحركة (Starting-system Components)

تتألف منظومة بدء الحركة (شكل ٢ - ١) من دائرتين منفصلتين لكنهما مرتبطتان ببعضهما في دائرة تسمى "دائرة منظومة بدء الحركة" وتعمل الدائرتان على جهد بطارية المركبة، هاتان الدائرتان هما:

- ١- دائرة التحكم ذات التيار المنخفض (low-current control circuit) (ممثلة بالأسهم الصغيرة على شكل ٢ - ١)
- ٢- دائرة المحرك الكهربائي ذات التيار العالي (high-current motor circuit) (ممثلة بالأسهم الكبيرة على شكل ٢ - ١)



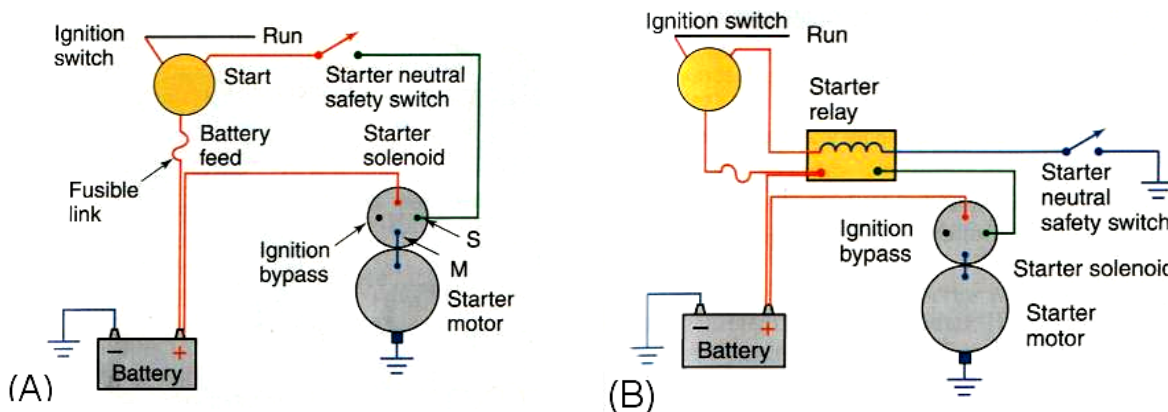
شكل (٢ - ١): الأجزاء الرئيسية لمنظومة بدء الحركة

تتكون منظومة بدء الحركة (شكل ٢ - ١) من عدد من المكونات و الأجزاء، هذه المكونات والأجزاء

هي:

- ١- بطارية المركبة (Battery)
 - ٢- مفتاح الإشعال وبادئ الحركة (السلف) (Ignition/Starter Switch)
 - ٣- مفتاح كهرومغناطيسي أو مُرَّحل (Electro-magnetic Switch (solenoid) or Relay)
 - ٤- محرك بدء الإدارة الكهربائي (Starting Motor)
 - ٥- ترس البنيون (الترس الصغير) (Pinion Gear)
 - ٦- الترس الحلقي لحذافة محرك المركبة (Flywheel Ring Gear)
 - ٧- مفتاح الأمان (Safety Switch)
 - ٨- كيايل دائرة المحرك الكهربائي (دائرة التيار العالي)
 - ٩- أسلاك دائرة التحكم (دائرة التيار المنخفض)
- (Low-current Control Circuit wiring)

بعض منظومات بدء الحركة تستخدم المفتاح الكهرومغناطيسي فقط في الدائرة (شكل ٢ - ٢ A) وفي هذه الحالة يلزم توصيل كيايل واحد موجب من البطارية إلى المفتاح، وبعض المنظومات تستخدم كلاً من المفتاح الكهرومغناطيسي والمُرَّحل معاً ضمن مكونات دائرة المنظومة (شكل ٢ - ٢ B) وفي هذه الحالة يلزم استخدام كيايلين موجبين أحدهما من البطارية إلى المُرَّحل والثاني من المُرَّحل إلى طرف توصيل محرك بدء الإدارة الكهربائي في بادئ الحركة.



شكل (٢ - ٢): استخدام المفتاح الكهرومغناطيسي والمُرَّحل ضمن دائرة منظومة بدء الحركة

A- استخدام المفتاح الكهرومغناطيسي فقط B- استخدام المفتاح الكهرومغناطيسي والمُرَّحل معاً كل منظومات بدء الحركة المستخدمة اليوم تتوافق مع أحد الأنواع الثلاثة التالية من المفاتيح المغناطيسية والمُرَّحلات المستخدمة لتشغيل محرك بدء الإدارة الكهربائي وتعشيق ترس البنيون مع الترس الحلقي لحذافة المحرك:

- ١- مفتاح تشغيل كهرومغناطيسي فقط ومسؤول عن عملية التعشيق (شكل ٢ - ٢ A)، يتم تركيب المفتاح على السطح الخارجي لبادئ الحركة أعلى محرك بدء الإدارة الكهربائي.
- ٢- مفتاح تشغيل كهرومغناطيسي (مسؤول عن عملية التعشيق) بالإضافة إلى مُرَّحل كهربائي (شكل ٢ - ٢ B)، مكان المفتاح الكهرومغناطيسي تماماً كما في النوع الأول. يقوم المُرَّحل بالتحكم في التيار المار إلى المفتاح الكهرومغناطيسي والذي يتحكم بدوره في التيار المار إلى محرك بدء الإدارة الكهربائي. هذا النوع يقلل من كمية التيار المارة من خلال مفتاح الإشعال.
- ٣- مُرَّحل كهربائي فقط (يستخدم مع بادئ الحركة موجب التعشيق) (شكل ٢ - ١٧ ضمن تركيب بادئ الحركة).

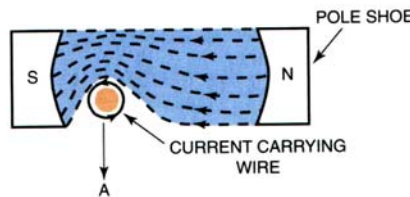
عندما يقوم قائد المركبة بتدوير مفتاح الإشعال على وضع تشغيل منظومة بدء الحركة، تقوم دائرة التحكم بإغلاق نقاط التلامس في مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي أو المُرَّحل (هنا ينتهي دور دائرة التحكم) ليمر تيار عال من خلالها إلى محرك بدء الإدارة الكهربائي (هنا تبدأ دائرة التيار العالي الخاصة بمحرك بدء الإدارة الكهربائي). الترس الصغير (ترس البنيون) على عمود محرك بدء الإدارة الكهربائي يتحرك للتعشيق مع الترس الحلقي لحذافة محرك المركبة لتدوير عمود المرفق بسرعة تكفي لبدء عمل محرك المركبة.

استخدام مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي أو المُرَّحل الكهربائي ضمن دائرة منظومة بدء الحركة يقصر المسافة التي يجب على كيبيل بادئ الحركة كبير القطر حمل تيار بدء الإدارة خلالها. تحتوي دائرة التحكم على مفتاح أمان لمنع مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي أو المُرَّحل من تشغيل منظومة بدء الحركة عندما يكون ناقل الحركة في المركبة في حالة تعشيق.

أساسيات وفكرة عمل محرك بدء الإدارة الكهربائي (Starting-motor Principles & Operation)

جميع محركات بدء الإدارة الكهربائية المستخدمة مع الأنواع المختلفة من بادئ الحركة لها نفس الأساسيات وفكرة العمل، ويقوم محرك بدء الإدارة الكهربائي بتحويل التيار الكهربائي إلى عزم (torque) أو قوة لي (twisting force).

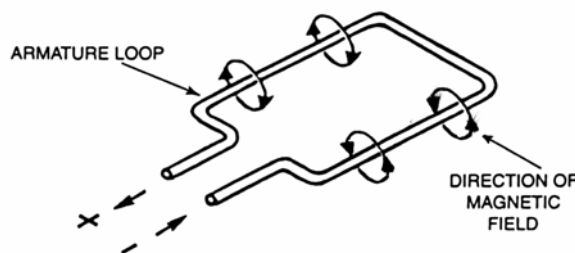
إذا تم وضع موصل (سلك يمر به تيار كهربائي) في مجال أقطاب مغناطيسي (مجال مغناطيسي ثابت)، فإن المجال المغناطيسي المحيط بالموصل بسبب التيار المار فيه سوف يتضاد مع المجال المغناطيسي للأقطاب (شكل ٢ - ٣). إذا كان الموصل المار فيه التيار له حرية الحركة، فإنه سوف يتحرك خارج المجال المغناطيسي للأقطاب (في اتجاه السهم A في شكل ٢ - ٣).



شكل (٢ - ٣): وضع موصل في مجال مغناطيسي

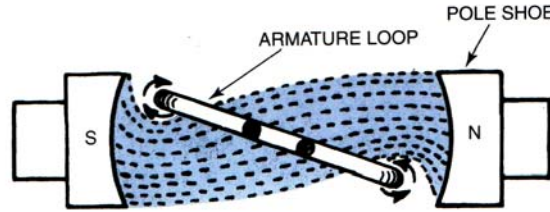
١- ملف عضو الاستنتاج (Armature Winding)

إذا تم ثني الموصل على الصورة الموضحة في شكل (٢ - ٤) أو ما يسمى بملف عضو الاستنتاج (أو عضو الإنتاج) (Armature Winding or Loop)، فإن كل جانب من جانبي الموصل (ملف عضو الاستنتاج) سوف يتكون حوله مجال مغناطيسي. بما أن التيار يمر في اتجاهات متضادة، فإن جانبي ملف عضو الاستنتاج سيتكون فيهما مجالان متضادان.



شكل (٢ - ٤): ملف عضو الاستنتاج واتجاه المجال المغناطيسي موضح على جانبيه

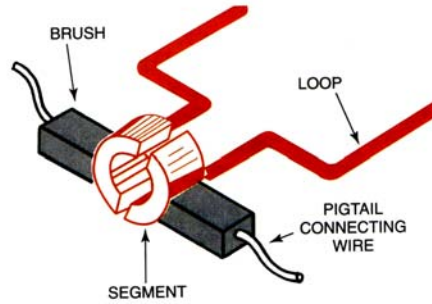
إذا وضع ملف عضو الاستنتاج في مجال مغناطيسي ثابت كما في شكل (٢ - ٥)، فإن كل مجال مغناطيسي على أحد جانبي الملف سيكون في وضع تضاد مع المجال المغناطيسي الثابت. تضاد المجالات المغناطيسية على جانبي ملف عضو الاستنتاج يسبب دوران الملف خارج المجال المغناطيسي الثابت.



شكل (٢ - ٥): تضاد المجالات المغناطيسية لجانبي ملف عضو الاستنتاج مع المجال المغناطيسي الثابت

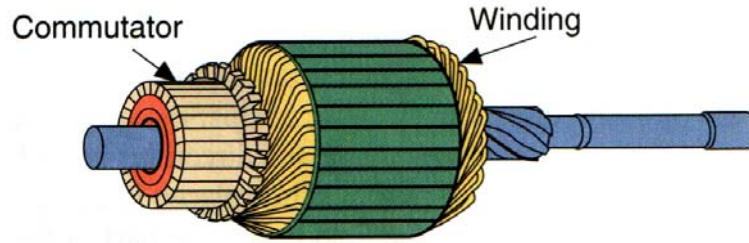
٢- قطاعات عضو التوحيد (المُجمّع) (Commutator Segments)

من أجل مرور تيار داخل ملف عضو الاستنتاج، فإنه يجب ربط نهايتي الملف مع القطاع الموضح بالنصفين الأسطوانيين (نصفي حلقة أو حلقة مشقوقة) في شكل (٢ - ٦). ويسمى هذا القطاع أو الشريحة "قطاع عضو التوحيد" (commutator segment). يتم وضع فرش كربونية (carbon brushes) في حالة تلاصق تام مع السطح الأسطواني لقطاع عضو التوحيد.



شكل (٢ - ٦): اتصال ملف عضو الاستنتاج مع قطاع عضو التوحيد والفرش الكربونية

تجب ملاحظة أن ملفاً واحداً لعضو الاستنتاج ليس كافياً لعمل محرك كهربائي لبدء الإدارة بالقدرة الكافية، ولذلك يتم استعمال مجموعة من الملفات لعضو الاستنتاج. يتم وصل نهايتي كل ملف مع قطاع (شريحة) من عضو التوحيد، لنحصل في النهاية على عضو الاستنتاج المبين في شكل (٢ - ٧).

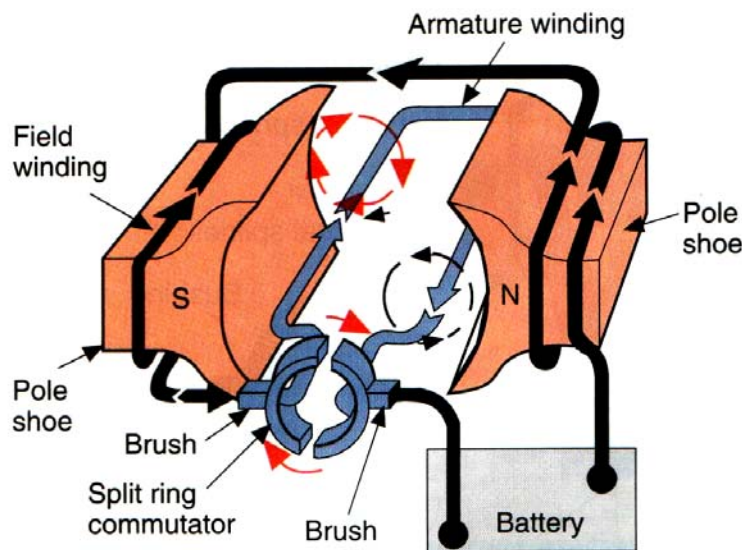


شكل (٢ - ٧): الصورة النهائية لعضو الاستنتاج وعضو التوحيد في محرك بدء الإدارة الكهربائي

٣- محرك التيار الكهربائي المستمر البسيط (Simple DC Motor)

محرك بدء الإدارة الكهربائي ببساطة كما في شكل (٢ - ٨) عبارة عن موصل يمثل ملف عضو الاستنتاج (armature winding) يوضع بين أقطاب مغناطيسية ثابتة (pole shoes) عليها ملف يسمى ملف المجال (field winding). تتصل نهايات ملف عضو الاستنتاج بحلقة مشقوقة (split ring) تمثل قطاعات عضو التوحيد (commutator). توضع فرش (brushes) تلامس الحلقة المشقوقة الممثلة لقطاعات عضو التوحيد تقوم بتوصيل التيار المسحوب من البطارية من وإلى ملف عضو الاستنتاج.

عندما يدور ملف عضو الاستنتاج خلال نصف لفة، يتسبب تلامس الفرش مع عضو التوحيد في عكس مرور التيار في الملف. قطاع (شريحة) عضو التوحيد الموصل بكل نهاية من نهايات ملف عضو الاستنتاج يترك إحدى الفرش ويتلامس مع فرشاة أخرى مما يبقي على التيار ثابتاً ويسمح للملف عضو الاستنتاج الدائر بأن يعكس القطبية.



شكل (٢ - ٨): محرك التيار الكهربائي المستمر البسيط

ملفات عضو الاستنتاج يتم عزلها ثم تشكيّلها على قلب من رقائق الحديد مثبت على عمود من الصلب يسمى عمود عضو الاستنتاج الذي يتم حمله على جلب من البرونز. ويتم توصيل أطراف الملفات مع قطاعات عضو التوحيد النحاسية. تكون قطاعات عضو التوحيد معزولة عن عمود عضو الاستنتاج، ومعزولة عن بعضها.

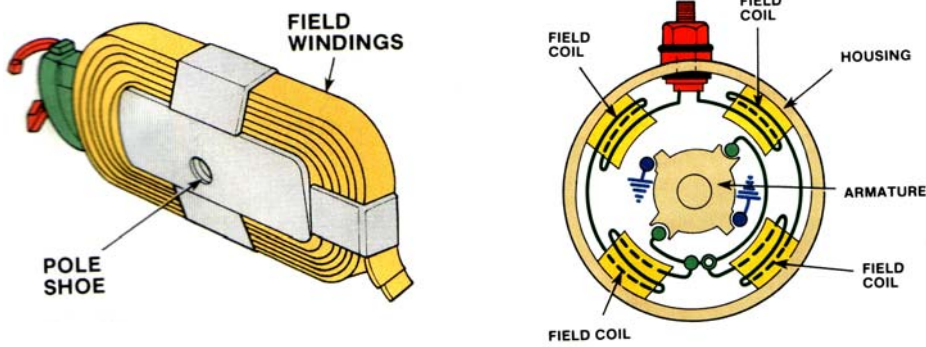
عندما تتم التغذية بالتيار الكهربائي عن طريق فرشتين من الفرش الأربع (اثنان منها معزولتان (موجبتان) والاثنان الآخران تتصلان بالأرضي (سالبتان))، فإن التيار يدخل خلال كل ملفات عضو الاستنتاج عن طريق الفرش المعزولة ويخرج من خلال الفرش الأرضية. هذا الإجراء يولد مجالاً مغناطيسياً حول كل ملف من ملفات عضو الاستنتاج.

عندما يدور عضو الاستنتاج، فإن ملف عضو الاستنتاج سيتحرك إلى وضع يسمح للتيار بأن يعكس مساره، فإذا لم يحدث ذلك فإن المجال المغناطيسي الموجود حول ملفات عضو الاستنتاج سوف يدفع هذه الملفات بعيداً عن أحد جانبي المجال. النتيجة أو المحصلة النهائية أن هذه الملفات سوف تطرد (تنفر) عندما تدخل الجانب الآخر من المجال. الانعكاس الثابت لمرور التيار يتم إنجازه بواسطة قطاعات عضو التوحيد المتحركة أسفل الفرش الكربونية.

مما سبق نصل إلى أن فكرة محرك بدء الإدارة الكهربائي الذي يعمل بالتيار المستمر تعتمد على التأثير المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار في ملفات سلكية. ونتيجة لمرور التيار في ملفات عضو الاستنتاج وملفات المجال (ملفات الإثارة)، يتكون مجالان للقوى المغناطيسية يتنافران ثم يتجاذبان مما يؤدي إلى دوران عضو الاستنتاج تحت تأثير هذا الازدواج.

٤- أحذية قطب المجال (Field Pole Shoes)

أحذية قطب المجال يطلق عليها عادة اسم "الأحذية" فقط وتوضع داخل أسطوانة من الصلب تسمى "هيكل المجال" (field frame) وأحياناً تسمى "الجسم الحاوي لعضو الاستنتاج" (armature housing) أو "هيكل بادئ الحركة" (starter frame) وتثبت على السطح الداخلي للهيكل بواسطة مسامير قلاووظ (شكل ٢ - ٩ إلى اليمين). في المعتاد يكون عدد الأحذية أربعة ويمكن أن تكون أكثر حسب حجم بادئ الحركة. اثنان أو أكثر من الأحذية تكون ملفوفة بشرائح من النحاس مكونة "ملفات المجال" (field windings or coils) (شكل ٢ - ٩ إلى اليسار)، بحيث عندما يمر التيار في ملفات المجال تصبح الأقطاب مغناطيساً قوياً. وجود هيكل المجال بالشكل الأسطواناني يجعل الممانعة لمرور القوى المغناطيسية منخفضة، وأيضاً يقوي المجال المغناطيسي.



شكل (٢ - ٩): أحذية قطب المجال (إلى اليمين) وملفات المجال (إلى اليسار)

تركيب بادئ الحركة (Starter Construction)

معظم أنواع بادئ الحركة عبارة عن ثلاثة مكونات أساسية لكل منها وظيفة محددة، ويتم تجميعها مع بعضها فيما يسمى "بادئ الحركة". هذه المكونات الثلاثة لبائء الحركة وكما هو موضح في شكل (٢ - ١٠) هي:

١- محرك بدء الإدارة الكهربائي (Electric Starter Motor) (شكل ٢ - ١٠ الجزء

الأيمن السفلي ١)

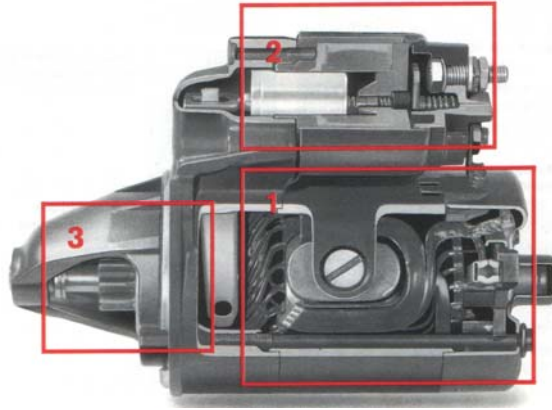
٢- مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي (الدقمة) (solenoid switch) والتوصيلات

الكهربائية (electrical connections) (قد يكون أو لا يكون معه مُرَّحَل

كهربائي relay) (شكل ٢ - ١٠ الجزء الأيمن العلوي ٢)

٣- مجموعة الإدارة وتعشيق ترس البنيون (pinion-engaging drive) (شكل ٢ - ١٠

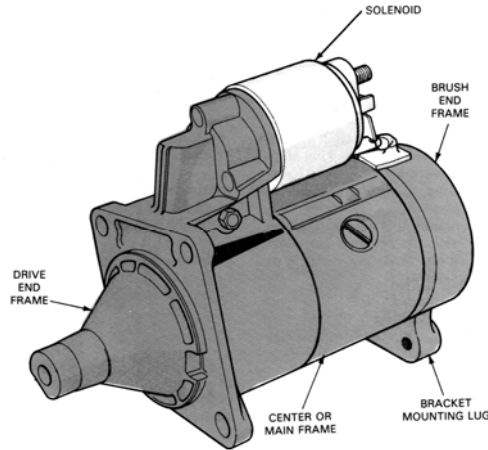
الجزء الأيسر ٣)



شكل (٢ - ١٠): المكونات الأساسية لبادئ الحركة

(١- محرك بدء الإدارة الكهربائي ٢- مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي ٣- مجموعة الإدارة وتعشيق البنيون) يتم وضع هذه المجموعات داخل هيكل أو جسم بادئ الحركة. ينقسم جسم بادئ الحركة إلى ثلاثة هياكل فرعية (starter frames) لكنها مجمعة مع بعضها لتكون جسماً واحداً كما هو موضح في شكل (٢ - ١١). هذه الهياكل الثلاثة المكونة لجسم بادئ الحركة هي:

- ١- الهيكل الأوسط (center frame): هو عبارة عن أسطوانة كبيرة من الصلب لتثبيت ملفات المجال والأقطاب ويسمى أحياناً هيكل المجال (field frame).
- ٢- هيكل نهاية مجموعة الإدارة وتعشيق ترس البنيون (drive end frame): هو عبارة عن غلاف حول مجموعة الإدارة وتعشيق ترس البنيون. عند تثبيت بادئ الحركة في المركبة، يمتد هذا الهيكل داخل هيكل قابض المركبة في مؤخرة محرك المركبة.
- ٣- هيكل نهاية الفرش الكربونية (brush end frame): يقوم هذا الهيكل بمهمة تثبيت الفرش الكربونية و نوابض الفرش (اليابات) حول عضو التوحيد. يتم تثبيت هذا الهيكل بمسامير مع الهيكل الأوسط في الجهة المقابلة لهيكل مجموعة الإدارة وتعشيق البنيون.

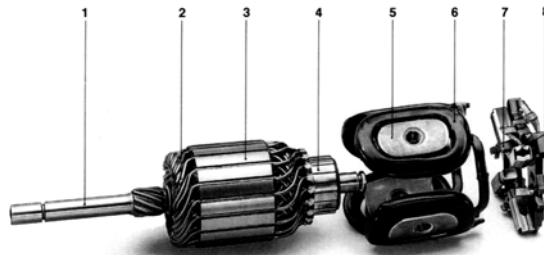


شكل (٢ - ١١): مجموعة الهياكل الفرعية المكونة لجسم بادئ الحركة

١- محرك بدء الإدارة الكهربائي (Electric Starter Motor)

يتكون محرك بدء الإدارة الكهربائي في بادئ الحركة من الأجزاء التالية (شكل ٢ - ١٢):

- ١- عضو الاستنتاج (armature) (يشمل عمود عضو الاستنتاج (١) (armature shaft) و ملفات عضو الاستنتاج (٢) (armature winding) و قلباً من رقائق الحديد (٣) (armature stack) و عضو التوحيد (المجمع) (٤) (commutator)
- ٢- أحذية القطب (٥) (pole shoes) وملفات الإثارة (المجال) (٦) (excitation winding)
- ٣- الفرش الكربونية (٧) وحامل الفرش (٨) و نوابض الضغط على الفرش (brush springs)
- ٤- هيكل المجال أو الجسم الحاوي لمحرك بدء الإدارة الكهربائي (يحتوي جميع الأجزاء المذكورة أعلاه) (field frame or armature housing)



شكل (٢ - ١٢): الأجزاء الداخلية لمحرك بدء الإدارة الكهربائي

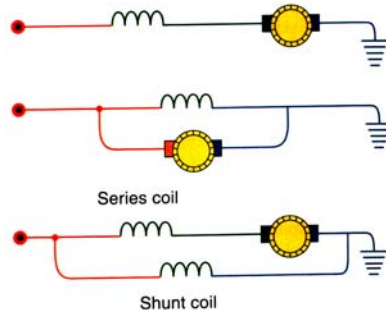
- (١) - عمود عضو الاستنتاج ٢- ملفات عضو الاستنتاج ٣- قلب عضو الاستنتاج (رقائق حديد)

٤- عضو التوحيد

- ٥- أحذية القطب ٦- ملفات المجال (الإثارة) ٧- الفرش الكربونية ٨- حامل الفرش الكربونية نوابض الضغط على الفرش

١- الدوائر الكهربائية لتوصيل محرك بدء الإدارة الكهربائي (Starter Electrical Circuits)

عدد الملفات والفرش قد يختلف حسب نوع وتصميم بادئ الحركة. قد يتم وضع ملفات عضو الاستنتاج على التوالي مع ملفات المجال فيما يسمى "محرك كهربائي توالي لبدء الإدارة" (series motor)، وقد يتم وضع ملفات المجال عبر ملفات عضو الاستنتاج منتجة ما يسمى "محرك كهربائي توازي لبدء الإدارة" (shunt motor). قد يتم استخدام ملفات المجال في نفس المحرك الكهربائي بطريقة مؤتلفة (توالي وتوازي معاً) مع ملفات عضو الاستنتاج ونحصل على ما يسمى "محرك كهربائي مركب لبدء الإدارة" (compound motor) كما هو موضح في شكل (٢ - ١٣).



شكل (٢ - ١٣): أنواع المحركات الكهربائية لبدء الإدارة حسب وضع ملفات عضو الاستنتاج وملفات المجال بالنسبة لبعضها

(علوي: محرك كهربائي توالي أوسط: محرك كهربائي توازي سفلي: محرك كهربائي مركب) محرك التوالي الكهربائي ينتج أقصى عزم عند بدء عمله. يقل العزم كلما زادت سرعة دوران المحرك الكهربائي. أما محرك التوازي الكهربائي فيمتلك عزم بدء إدارة أقل، ولكنه عند السرعات المختلفة يمتلك عزماً أكثر ثباتاً. المحرك المركب الكهربائي لديه قدرة بدء إدارة جيدة مع سرعة تشغيل معتدلة وثابتة.

في الدوائر الكهربائية الداخلية المختلفة لمحرك بدء الإدارة الكهربائي بأنواعه المتعددة، يتم ترتيب وضع الأقطاب (pole) وملفات المجال (field windings or field coils) بطرق متنوعة كما هو موضح في شكل (٢ - ١٤) كأمثلة على ذلك.

شكل (٢ - ١٤) A يوضح أربعة أقطاب واثنين من ملفات المجال موصلة على التوازي. توصيل ملفات المجال على التوازي يقلل من قيمة المقاومة الكهربائية في الدائرة كما تنتج هذه الملفات بهذا الوضع مجالات مغناطيسية قوية. لا توجد ملفات مجال على القطبين الآخرين ولكنها تساعد في تقوية المجال المغناطيسي.

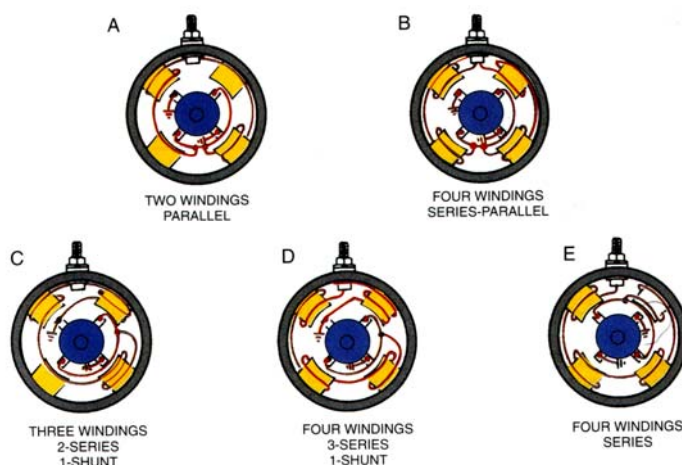
شكل (٢ - ١٤) B يوضح أربعة أقطاب وأربعة من ملفات المجال موصلة على التوالي - التوازي مع ملفات عضو الاستنتاج.

شكل (٢ - ١٤) C يوضح أربعة أقطاب وثلاثة من ملفات المجال، اثنان منها موصلة على التوالي مع بعضها ومع ملفات عضو الاستنتاج. ملف المجال الرابع موصل مع بقية ملفات المجال على التوازي ولكنه لا يمر من خلال عضو الاستنتاج بل يتم توصيله بالأرضي. وضع التوصيل كما هو موضح بشكل (٢ - ١٤) C يعطي زيادة في عزم بدء الإدارة ويسحب تياراً عالياً من البطارية مع الإبقاء على سرعة بادئ الحركة في حدود مقبولة.

شكل (٢ - ١٤) D يوضح أربعة أقطاب وأربعة من ملفات المجال، ثلاثة منها موصلة على التوالي وواحد موصل على التوازي.

شكل (٢ - ١٤) E يوضح أربعة أقطاب وأربعة من ملفات المجال، جميعها موصلة على التوالي. هناك أوضاع أخرى لوضع الأقطاب وتوصيل ملفات المجال مع ملفات عضو الاستنتاج، ولكن الموضح في شكل (٢ - ١٤) هي الأكثر شيوعاً في الاستخدام الآن في محرك بدء الإدارة الكهربائي لبادئ الحركة.

تصميم ملفات عضو الاستنتاج وملفات المجال بهذه الوفرة في عددها وأطوالها، يسمح لها بحمل كمية ضخمة من التيار الكهربائي مع أقل مقاومة كهربائية في الدائرة. مع ذلك، ينصح بعدم تشغيل بادئ الحركة بصورة متواصلة أكثر من ١٥ ثانية، بعدها لابد من تركه دقيقتين ليتخلص من الحرارة المتولدة بداخله. بادئ الحركة يسخن سريعاً والاستخدام السيئ له دون الاعتبارات المذكورة يعرضه للتلف السريع.



شكل (٢ - ١٤): الدوائر الكهربائية شائعة الاستخدام لوضع الأقطاب وملفات المجال وتوصيلها مع ملفات عضو الاستنتاج

٢- مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي (الدقمة) والمرحل (Solenoid Switch and Relay)

تحتوي كل منظومة بدء حركة على بعض المفاتيح المغناطيسية (Magnetic Switches) تكون مهمتها تشغيل أو قطع دائرة بادئ الحركة (دائرة التيار العالي)، أي إنها تعمل ضمن دائرة التحكم (دائرة التيار المنخفض) في عمل منظومة بدء الحركة.

أهم التصميمات الخاصة بهذه المفاتيح المغناطيسية هي:

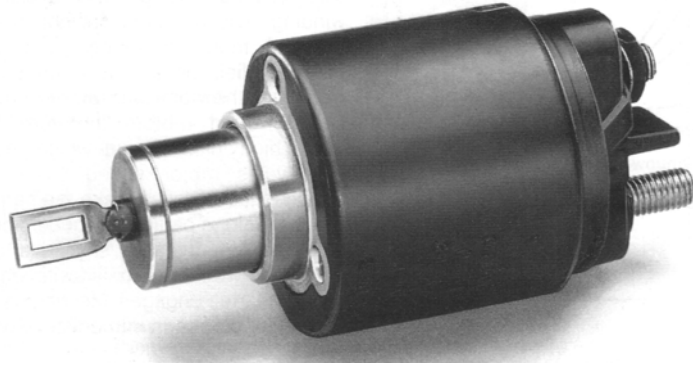
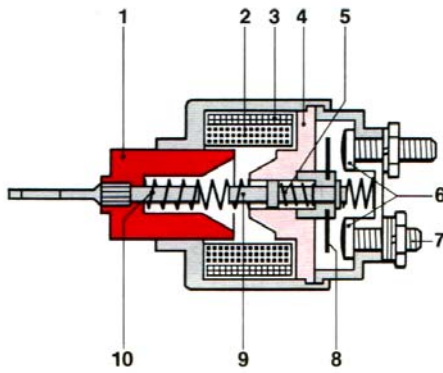
١- مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي (Solenoid Switch)

٢- مُرحل بادئ الحركة (Starter Relay)

٢- ١- مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي (Solenoid Switch)

بَادئ الحركة المحتوي على مفتاح تشغيل كهرومغناطيسي (الدقمة) هو أكثر أنواع بَادئ الحركة الشائعة الاستخدام حالياً في المركبات. يعرف مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي باسم "الدقمة" وهو الاسم الشائع في أوساط إصلاح وصيانة المركبات (شكل ٢ - ١٥).

المفتاح الكهرومغناطيسي عبارة عن وسيلة كهروميكانيكية، فهو يؤدي وظيفة ميكانيكية وأخرى كهربائية لاستغلال تحريك قلب أسطواناني (العمود الدفعي للمفتاح) لتوليد قوة سحب أو قوة إمساك. كما سبق و أوضحنا في شكل (٢ - ١٠)، يوضع مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي أعلى جسم بَادئ الحركة (فوق محرك بدء الإدارة الكهربائي مباشرة).



شكل (٢ - ١٥): مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي (الدقمة)

- (١) عمود دفعي - ٢ لفائف سحب - ٣ لفائف إيقاف - ٤ عضو استنتاج المفتاح - ٥ نابض توصيل - ٦ نقاط توصيل - ٧ طرف توصيل - ٨ قرص توصيل متحرك - ٩ محور تشغيل المفتاح (مكون من قطعتين) - ١٠ نابض إرجاع

يستخدم مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي المحال الكهرومغناطيسي المتولد بواسطة ملفاته لأداء

مهمتين واضحتين هما:

- ١- دفع ترس البنينون للتعشيق مع الترس الحلقى لحذافة محرك المركبة (الوظيفة الميكانيكية لمفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي)
 - ٢- يعمل كمُرّحل كهربائي لإمداد محرك بدء الإدارة الكهربائي بالطاقة ليبدأ عمله بمجرد تعشيق ترس البنينون مع الترس الحلقى لحذافة محرك المركبة (الوظيفة الكهربائية لمفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي).
- بمجرد إغلاق نقاط توصيل مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي، التيار الكهربائي الكبير للبطارية يمر إلى المحرك الكهربائي لبدء الإدارة في بادئ الحركة.
- يحتوي مفتاح التشغيل على نوعين منفصلين من اللفائف (الملفات) لها تقريباً نفس عدد الملفات ولكنها ملفوفة بأقطار أسلاك توصيل مختلفة. هذان النوعان من اللفائف هما:

١- لفائف سحب (pull-in windings)

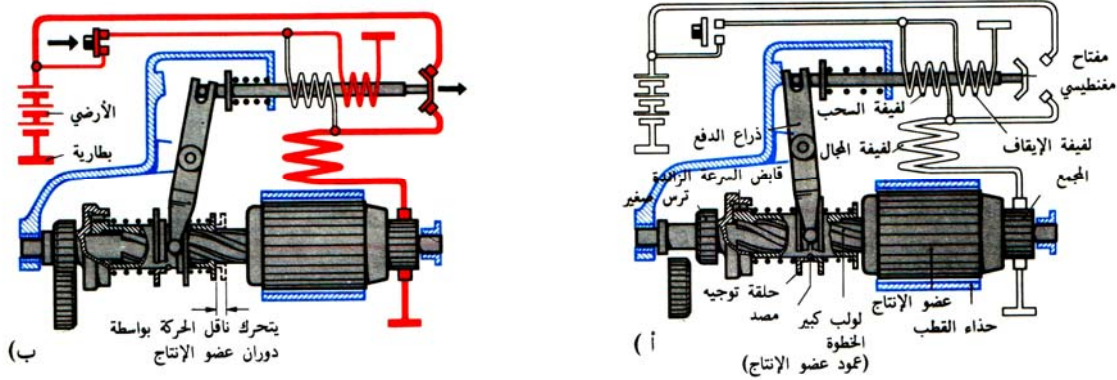
٢- لفائف إيقاف (hold-in windings)

٢- ١ - ١ - كيفية عمل مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي (Solenoid Switch Operation)

شكل (٢ - ١٦) يوضح كيفية عمل مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي. عند وضع مفتاح الإشعال

على وضع تشغيل محرك المركبة، يسري التيار الكهربائي إلى لفائف مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي. تنتج هذه اللفائف معاً القوة الكهرومغناطيسية اللازمة لسحب العمود الدفعي للمفتاح إلى الداخل. يتوقف عمل لفائف السحب ويستمر عمل لفائف الإيقاف للمحافظة على العمود الدفعي في هذا الوضع حتى يتم الانتهاء من إدارة محرك المركبة.

تحرك العمود الدفعي إلى داخل مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي يدفع قرص التوصيل المتحرك ليلاصق طرف توصيل المفتاح الكهرومغناطيسي، وفي نفس الوقت يدفع ذراع التعشيق في الجهة الأخرى ليتم تعشيق ترس البنين مع الترس الحلقى لحذافة محرك المركبة. تلامس قرص التوصيل المتحرك مع طرف توصيل مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي يغلق دائرة التيار العالي. يمر التيار العالي من البطارية إلى محرك بدء الإدارة الكهربائي عبر نقاط توصيل المفتاح، ليبدأ دوران عضو استنتاج بادئ الحركة وتتم إدارة محرك المركبة.



شكل (٢ - ١٦): كيفية عمل مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي

(أ - وضع عدم التشغيل (إلى اليمين) ب - وضع التشغيل (إلى اليسار))

عند إتمام دوران محرك المركبة معتمداً على نفسه، يحدث الآتي:

- ١- يتوقف سريان التيار إلى مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي وتنهى القوة المغناطيسية لللفائف الإيقاف.
- ٢- يقوم نابض الإرجاع في مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي بدفع العمود الدفعي خارج المفتاح إلى وضعه الأصلي. تفتح دائرة التيار العالي وينقطع الاتصال بين البطارية ومحرك بدء الإدارة الكهربائي. بسبب فتح نقاط توصيل المفتاح الكهرومغناطيسي بسبب رجوع قرص التوصيل المتحرك إلى وضعه الأصلي.

٣- يتم فصل تعشيق ترس البنيون مع ترس حذافة محرك المركبة.

قطع التيار عن مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي يجعل لفائف السحب والإيقاف متصلة على التوالي. يسري تيار في الاتجاه المعاكس في لفائف السحب، بينما يبقى في نفس اتجاهه في لفائف الإيقاف لأنها متصلة بالأرضي. حيث إن عدد لفات لفائف السحب ولفائف الإيقاف متساوية كما ذكرنا، فإن التيار الساري فيهما يكون متساوياً في المقدار ومتضاداً في الاتجاه، وهذا ما يفسر سبب انهيار القوى المغناطيسية لللفائف مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي.

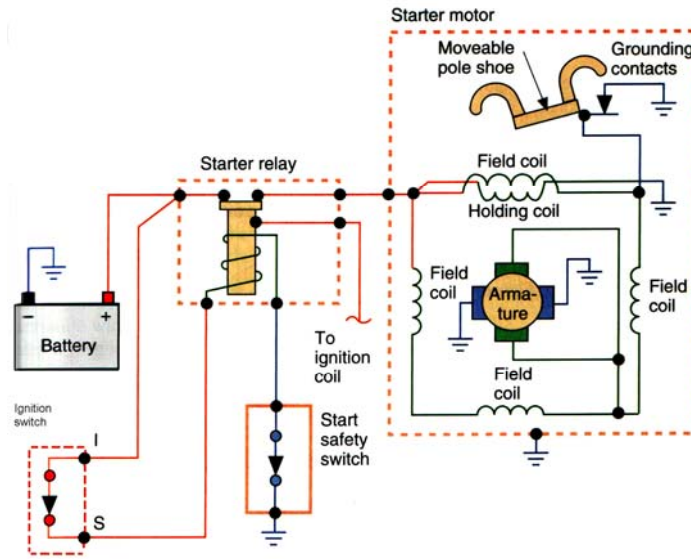
٢-٢ - مُرَّحَلُ بادئ الحركة (Starter Relay)

المُرَّحَلُ يعتبر النوع الثاني الأهم في المفاتيح المغناطيسية المستخدمة في المنظومات المختلفة لبداية الحركة. بادئ الحركة من نوع التعشيق الموجب (positive engagement starter) (الذي سيرد شرحه من خلال هذه الوحدة) يستخدم مُرَّحَلُ يتم توصيله على التوالي مع كيا بل البطارية لتسليم التيار العالي المطلوب من خلال الكيا بل القصيرة للبطارية.

المُرَّحَلُ في منظومة بدء الحركة يماثل مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي في الوظيفة الكهربائية فقط، وليس مسؤولاً عن تعشيق ترس البنيون مع الترس الحلقى لحذافة محرك المركبة. مُرَّحَلُ بادئ الحركة بدقة هو عبارة عن مُرَّحَلُ كهربائي أو مفتاح تشغيل كهربائي.

عندما يصل التيار من مفتاح الإشعال إلى طرف مفتاح الإشعال في المُرَّحَلُ، يتولد مجال مغناطيسي قوي في ملف المُرَّحَلُ. تقوم القوة المغناطيسية المتولدة في ملف المُرَّحَلُ بسحب قرص توصيل أطراف البطارية وبإدخال الحركة في المُرَّحَلُ ليتم توصيل هذه الأطراف، فتسمح بمرور التيار العالي إلى محرك بدء الإدارة الكهربائي في بادئ الحركة (شكل ٢ - ١٧).

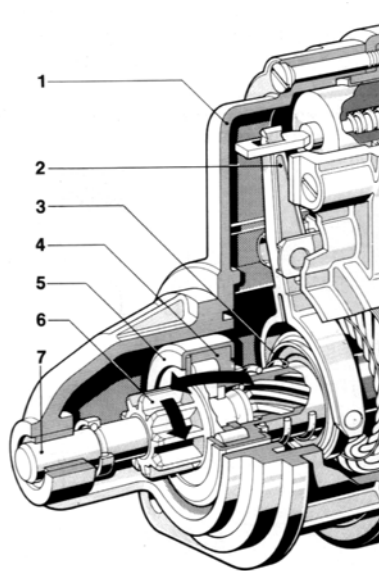
هناك وظيفة كهربائية أخرى لمُرَّحَلُ بادئ الحركة، حيث يقوم بتزويد ملف الإشعال بمسار تيار كهربائي بديل (شكل ٢ - ١٧) أثناء إدارة محرك المركبة. مرور التيار في هذا المسار يجعله يتخطى مقاومة الكبح (ballast resistance or resistance wire) في دائرة الإشعال الابتدائية. يتم المسار التحويلي للتيار عن طريق قرص التوصيل في المُرَّحَلُ عندما يوصل أطراف البطارية وبإدخال الحركة في المُرَّحَلُ وكما هو موضح في شكل (٢ - ١٧).



شكل (٢ - ١٧): الدائرة الكهربائية لمُرحّل بادئ الحركة موجب التعشيق

٣- مجموعة الإدارة وتعشيق ترس البنّيون (Pinion-engaging Drive)

الهدف من وجود مجموعة الإدارة وتعشيق ترس البنّيون (شكل ٢ - ١٨) هو تعشيق ترس البنّيون مع الترس الحلقي لحذافة محرك المركبة قبل بدء دوران عضو الاستنتاج، ثم منع نقل السرعة العالية لمحرك المركبة بعد إدارته إلى مجموعة الإدارة ومن ثم إلى محرك بدء الإدارة الكهربائي وما قد يسببه ذلك من تلف.



شكل (٢ - ١٨): مجموعة الإدارة وتعشيق البنّيون

- (١) غطاء المجموعة - ٢ ذراع التعشيق - ٣ نابض التعشيق - ٤ طوق ترس البنّيون
٥ قابض السرعة الزائدة - ٦ ترس البنّيون - ٧ عمود عضو الاستنتاج

تحتوي مجموعة الإدارة وتعشيق ترس البنون على:

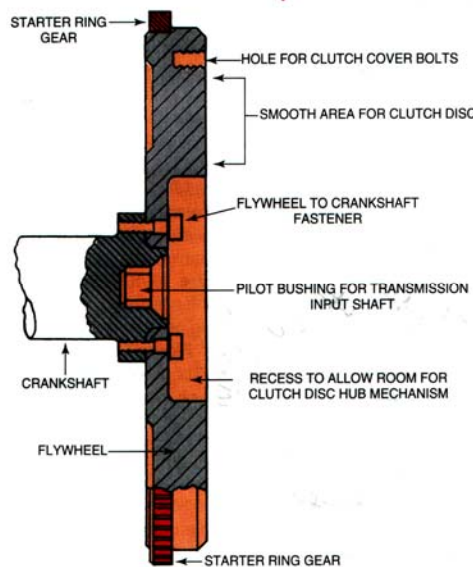
- ١- ترس البنون
 - ٢- الترس الحلقي لحذافة المحرك
 - ٣- وسائل حماية لأجزاء بادئ الحركة من التلف نتيجة السرعة العالية لمحرك المركبة بعد إتمام إدارته (مثل قابض السرعة الزائدة و فرملة عضو الاستنتاج)
- تلحق هذه المجموعة بعمود عضو الاستنتاج وتتم حمايتها بواسطة غطاء أو هيكل. ترتبط مجموعة الإدارة وتعشيق البنون في أداء وظيفتها ببعض الأجزاء الأخرى المساندة مثل ذراع التعشيق ونابض التعشيق.

٣- ١- الترس الحلقي لحذافة المحرك (Flywheel Ring Gear)

الترس الحلقي مثبت على حذافة محرك المركبة ذات صندوق السرعات التزامني إما باللحام (welding) وإما بطريقة التوافق الانكماش (shrink fit) كما في شكل (٢ - ١٩). في طريقة التوافق الانكماش، يتم تسخين الترس الحلقي ليتمدد ويركب ساخناً على حذافة المحرك إلى أن يبرد فينكمش معدنه وبالتالي يحكم قبضته في مكانه على الحذافة.

في المركبات ذات صندوق التروس الآلي (الأوتوماتيكي)، يكون هناك تجميع خفيف الوزن للترس الحلقي يثبت بمسامير بين عمود المرفق ومحول العزم.

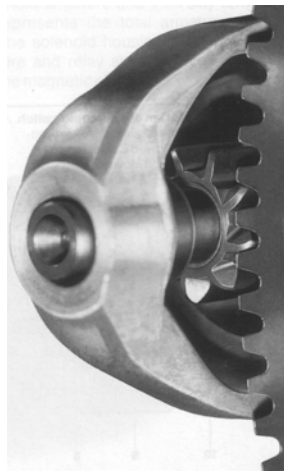
عدد أسنان الترس الحلقي تكون بين ١٥٠ إلى ٢٠٠ سن.



شكل (٢ - ١٩): تركيب الترس الحلقي على حذافة محرك المركبة المثبتة على عمود المرفق

٣- ٢- ترس البنيون لبادئ الحركة (Starter Pinion Gear)

ترس البنيون عبارة عن ترس صغير مركب على عمود عضو الاستنتاج. ترس البنيون يعتبر صغيراً جداً بالمقارنة مع الترس الحلقي لحذافة محرك المركبة حيث عدد أسنانه بين ١٠ و ١٥ سن، ويجب أن يدور من ١٥ إلى ٣٠ دورة حتى يمكن للترس الحلقي أن يدور دورة واحدة من أجل بدء إدارة محرك المركبة. حتى يكون تعشيق البنيون ناعماً بلا ضوضاء مع الترس الحلقي، فقد تم عمل ميل لأسنان البنيون في الجهة المقابلة للحذافة كما في شكل (٢ - ٢٠).

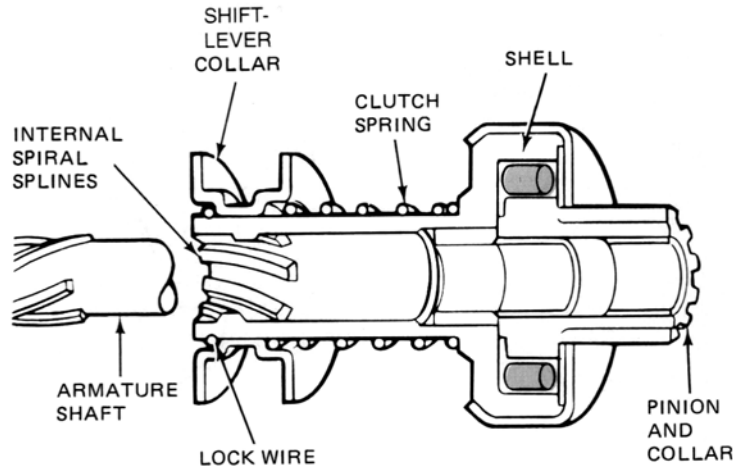


شكل (٢ - ٢٠): تعشيق ترس البنيون مع ترس الحذافة (لاحظ ميل أسنان البنيون لتسهيل التعشيق)

٣- ٣- قابض السرعة الزائدة (Overrunning Clutch)

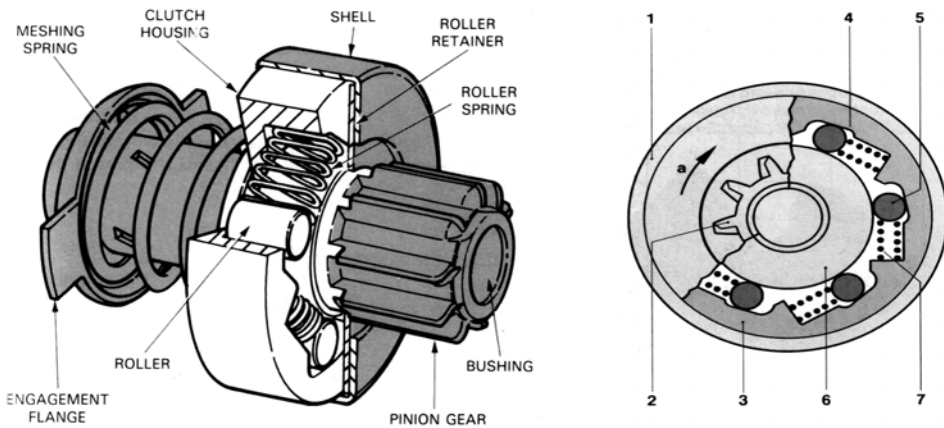
في التصميمات الحديثة لبادئ الحركة، يستخدم قابض السرعة الزائدة لنقل الحركة الدورانية وعزم بدء الإدارة من بادئ الحركة إلى الترس الحلقي، ويستخدم أيضاً كوسيلة حماية لبادئ الحركة. قابض السرعة الزائدة يسمح لترس البنيون أن يكون منقاداً بواسطة عمود عضو الاستنتاج، ثم يقطع الاتصال بين ترس البنيون وعمود عضو الاستنتاج عندما يجبر محرك المركبة ترس البنيون على الدوران أسرع من عضو الاستنتاج. قابض السرعة الزائدة يعتبر حلقة وصل بين عضو الاستنتاج وترس البنيون، حيث هو المسؤول عن السماح بنقل السرعة من عضو الاستنتاج إلى ترس البنيون ولا يسمح بالعكس.

يوضع قابض السرعة الزائدة في بادئ الحركة بين محرك بدء الإدارة الكهربائي وترس البنيون ليمنع عضو الاستنتاج من التعجيل بسبب السرعة المفرطة لمحرك المركبة بعد إتمام إدارته. جلبة القابض بها مراود حلزونية داخلية تماثل مراود عمود عضو الاستنتاج بحيث يدوران معاً ويتوقفان معاً (شكل ٢ - ٢١).



شكل (٢ - ٢١): الاتصال بين غلاف القابض وجلبة ترس البنين وعمود عضو الاستنتاج

يستخدم قابض السرعة الزائدة ذو المدحرجات الأسطوانية (شكل ٢ - ٢٢) كوسيلة حماية لبادئ الحركة. المكونات الأكثر أهمية في قابض السرعة الزائدة ذي المدحرجات الأسطوانية هو غلاف القابض (clutch shell) مع إطار المدحرجات (roller race)، ويمثل ذلك جزءاً من مجموعة الإدارة وتعشيق البنين. بوسيلة اتصال مع عمود عضو الاستنتاج عن طريق مجرى حلزوني (spiral spline). تتحرك المدحرجات الأسطوانية (rollers) في حدود إطار المدحرجات وتقوم بإحكام زنق جلبة ترس البنين مع غلاف القابض ليتحركاً معاً.



شكل (٢ - ٢٢): قابض السرعة الزائدة ذو المدحرجات الأسطوانية

- (١) قابض السرعة الزائدة ٢- ترس البنين ٣- غلاف القابض ٤- إطار المدحرجات ٥-

المدحرجات الأسطوانية

- ٦- جلبة ترس البنين ٧- نابض حلزوني a- اتجاه الدوران

في بدء دوران عضو الاستنتاج في بادئ الحركة ودوران غلاف القابض معه، تصبح المدحرجات محشورة في الفراغات الضيقة لإطار المدحرجات مما يجبر ترس البنيون بالدوران مع غلاف القابض في الاتجاه (a) الموضح في شكل (٢ - ٢٢).

عندما يبدأ محرك المركبة في العمل فإنه يقود ترس البنيون ليدور أسرع من غلاف القابض وعضو الاستنتاج، عندها تقوم المدحرجات بالتدحرج للخلف إلى الفراغات الواسعة لإطار المدحرجات (لتفك إحكام الاتصال بين غلاف القابض وجلبة ترس البنيون) بما يسمح لترس البنيون والجلبة الخاصة به (pinion collar) بالدوران منفصلين عن عمود عضو الاستنتاج وغلاف القابض. محصلة ذلك هي عدم انتقال السرعة الزائدة لمحرك المركبة إلى عضو الاستنتاج مما يحافظ عليه وبالتالي على بادئ الحركة من التلف.

٣- ٤ - فرملة عضو الاستنتاج (Armature Braking)

عندما تفشل محاولة إدارة محرك المركبة، فإن محاولة أخرى تتم لنفس الغرض بشرط توقف عضو الاستنتاج تماماً وبأقصى سرعة عن الدوران بعد المحاولة الأولى وقبل بدء المحاولة الثانية. في هذه الحالة وعندما تتوقف المحاولة الأولى لإدارة محرك المركبة ويعود مفتاح تشغيل بادئ الحركة لوضع عدم التشغيل، يقوم نابض التعشيق بضغط مجموعة ترس البنيون أو عضو الاستنتاج في اتجاه وردة احتكاك (friction washer) أو قرص فرملي (brake disc). يوقف الاحتكاك الناتج دوران عضو الاستنتاج. في بادئ الحركة ذي المغناطيس الدائم (permanent magnet)، تقوم القوى المغناطيسية وبالإضافة إلى عملها بإيقاف دوران عضو الاستنتاج عند بدء دورانه ببطء بعد فشل محاولة إدارة محرك المركبة.

٣- ٥ - نسبة نقل الحركة بين ترس البنيون والترس الحلقي

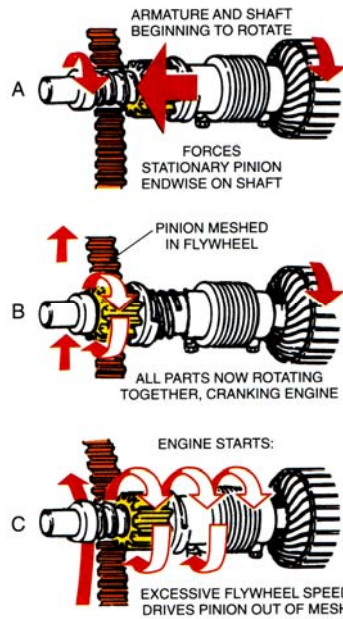
(Gear Ratio between Pinion and Ring Gear)

عدد أسنان الترس الحلقي لحذافة محرك المركبة حوالي ١٥ مرة عدد أسنان ترس البنيون، معنى ذلك أن عضو الاستنتاج يجب أن يدور ١٥ دورة لإدارة الترس الحلقي دورة واحدة. عندما يعمل محرك بدء الإدارة الكهربائي، فإن عضو الاستنتاج يدور بسرعة حوالي ٣٠٠٠ لفة/دقيقة (3000 rpm) وبالتالي يدور الترس الحلقي للحذافة حوالي ٢٠٠ لفة/دقيقة (200 rpm) أو أكثر وهي سرعة كافية لبدء إدارة محرك المركبة.

بعد بدء دوران محرك المركبة، يمكن أن تزداد سرعة دوران عمود المرفق إلى ٣٠٠٠ لفة/دقيقة (3000 rpm) أو أكثر. إذا ظل ترس البنينون في حالة تعشيق مع الترس الحلقي بعد دوران محرك المركبة، فسوف يدور ترس البنينون وعضو الاستنتاج بسرعة حوالي ٤٥٠٠٠ لفة/دقيقة (45000 rpm). السبب في ذلك هو نسبة نقل الحركة بين ترس البنينون والترس الحلقي لحذافة المحرك وهي عادة ما بين ١٠ إلى ١ و ١٥ إلى ١ (بين ١:١٠ و ١:١٥).

٣-٦ - إدارة بندكس (Bendix Drive)

يطلق على إدارة بندكس أحياناً اسم "الإدارة بالقصور الذاتي" (inertia drive) أو "الإدارة بالتعشيق الذاتي" (self-engaging drive). إدارة بندكس هي إحدى وسائل تعشيق ترس البنينون مع الترس الحلقي قليلة الاستخدام في السيارات الحديثة.

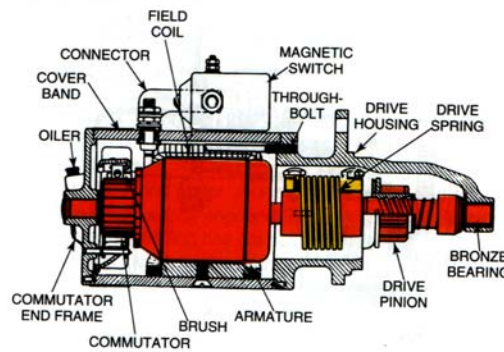


شكل (٢ - ٢٣): طريقة عمل نظام الإدارة بالقصور الذاتي (إدارة بندكس)

شكل (٢ - ٢٣) يوضح عمل نظام الإدارة بالقصور الذاتي (إدارة بندكس). عندما يدور عمود عضو الاستنتاج، يقف ترس البنينون فترة قصيرة حتى تبدأ الجلبة المسننة تدور بداخله دافعة ترس البنينون لينزلق للخارج في اتجاه الترس الحلقي فيتم التعشيق (شكل ٢ - ٢٣ A). الجلبة تسبب دوران ترس البنينون معها من أجل إدارة محرك المركبة (شكل ٢ - ٢٣ B).

جلبة البنينون غير محكمة التثبيت على عمود عضو الاستنتاج مباشرة، لكنها متصلة بنابض

كبير مثبت على العمود. النابض يمتص الصدمة المفاجئة الناتجة عن تعشيق ترس البنين. عندما يبدأ محرك المركبة في العمل، يدور ترس البنين أسرع من عضو الاستنتاج الذي يدير الجلبة مما يعكس حركتها فتدور راجعة إلى الخلف بعيداً عن الترس الحلقى ومعها ترس البنين (شكل ٢ - ٢٣ C). يستخدم نابض صغير لمنع عودة البنين لوضع التعشيق ومحرك المركبة يدور. شكل (٢ - ٢٤) يوضح استخدام نظام إدارة بندكس مع محرك بدء الإدارة الكهربائي.



شكل (٢ - ٢٤): محرك بدء إدارة كهربائي مع نظام إدارة بندكس

طريقة عمل بادئ الحركة (Starter Operation)

شكل (٢ - ٢٥) يوضح المكونات والأجزاء الداخلية لبداي الحركة ذي الترس الحلزوني الدفعي (pre-engaging drive) وهو أحد أنواع بادئ الحركة بدون وسيلة نقل وسطية. يعمل المحرك الكهربائي في هذا النوع من بادئ الحركة بالتيار المستمر وهو محرك توالي حيث يتم توصيل ملفات عضو الاستنتاج مع ملفات المجال على التوالي. سوف نشرح فيما يلي طريقة عمل بادئ الحركة الموضح في شكل (٢ - ٢٥) كمثال لطريقة عمل الأنواع المختلفة لبداي الحركة.

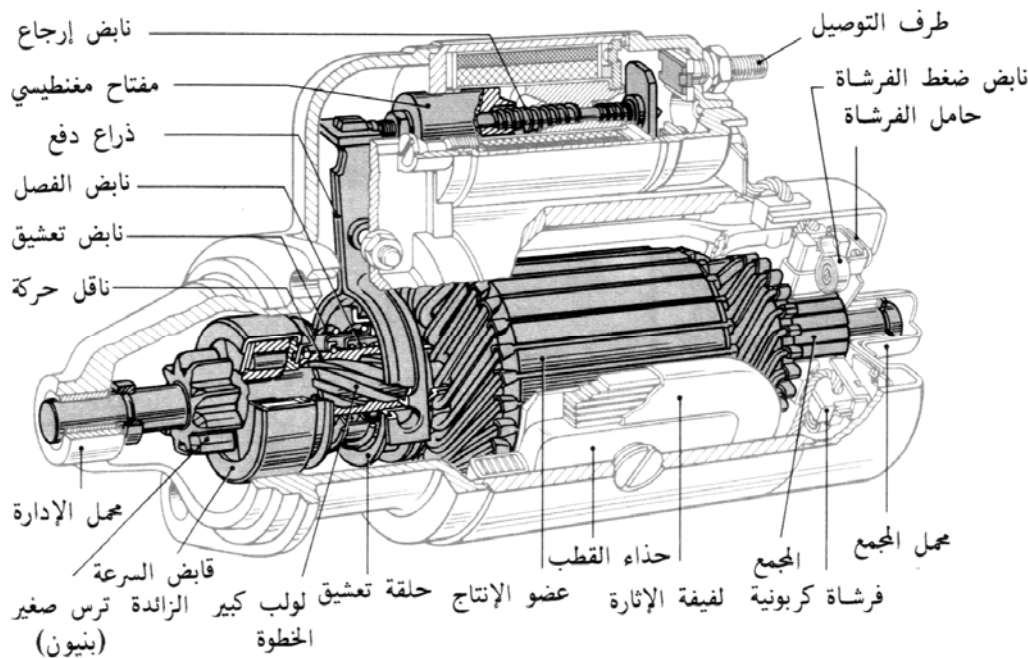
عملية تعشيق ترس البنين ضمن مجموعة الإدارة في بادئ مع الترس الحلقى لحذافة محرك المركبة هي محصلة حركتين إحداها محورية (axial travel) والأخرى حلزونية (helical travel). شكل (٢ - ٢٦) يوضح المراحل المختلفة لتعشيق ترس البنين مع الترس الحلقى لحذافة المحرك.

١- الحركة المحورية (Axial Travel)

عندما يبدأ قائد المركبة تشغيل مفتاح الإشعال و السلف (ignition/starter switch) (شكل ٢ - ٢٦ - ١ - ١)، يتم إمداد لفائف السحب (pull-in windings) ولفائف الإيقاف (hold-in windings) في مفتاح التشغيل كهرومغناطيسي (solenoid) (شكل ٢ - ٢٦ - ١ - ٢) بالتيار الكهربائي فيتكون مجال كهرومغناطيسي. المجال المغناطيسي المتولد في اللفائف يجبر عمود مفتاح التشغيل

الكهرومغناطيسي (الدقمة) على التحرك ساحباً معه ذراع التعشيق (engaging lever) (شكل ٢ - ٢٦ - ٢ - ٥) ضد نابض الإرجاع (return spring) (شكل ٢ - ٢٦ - ١ - ٣). ذراع التعشيق، عن طريق حلقة التعشيق (حلقة التوجيه) ونابض التعشيق، يدفع ترس البنيون (pinion) (شكل ٢ - ٢٦ - ١ - ٧) في مواجهة الترس الحلقي لحذافة محرك المركبة (ترس البنيون يتحرك إلى الأمام مع الدوران الخفيف بفعل الحلزون الموجود على عمود عضو الاستنتاج). لا يزال عضو الاستنتاج (armature) (شكل ٢ - ٢٦ - ١ - ٩) في محرك بدء الإدارة الكهربائي لم يبدأ بعد في الدوران لأن التيار الرئيس لم يصل إلى ملفاته ولا إلى ملفات الإثارة (ملفات المجال) (excitation windings) (شكل ٢ - ٢٦ - ١ - ٤).

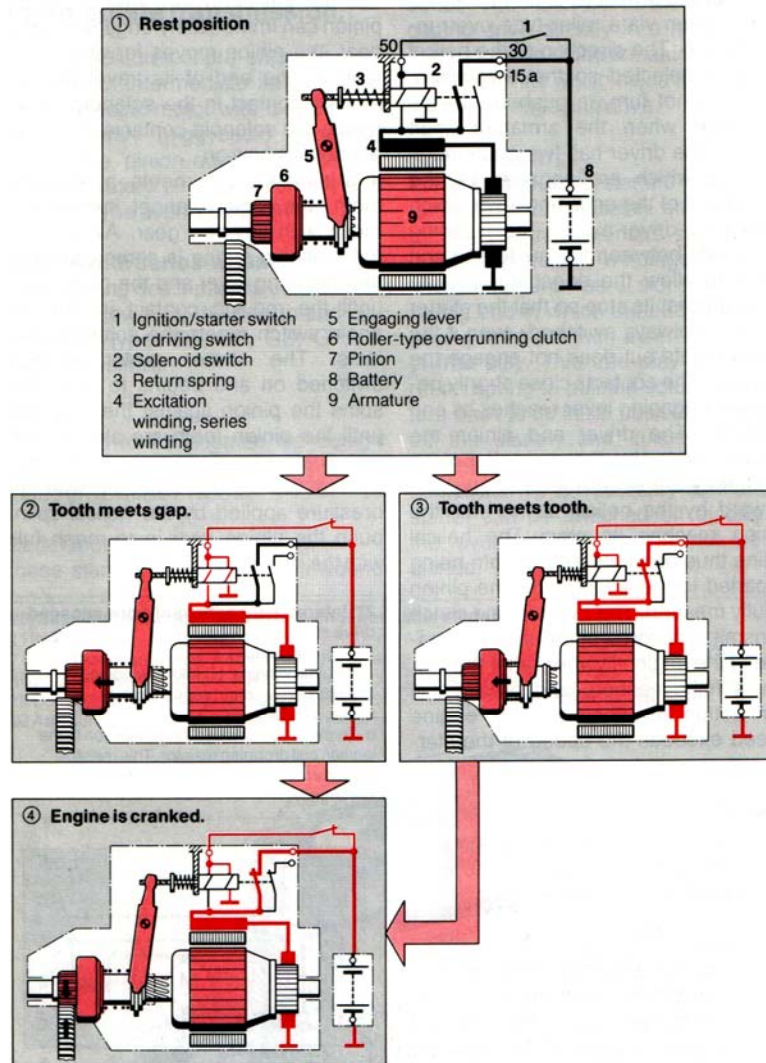
إذا استطاع ترس البنيون التعشيق مباشرة مع الترس الحلقي للحذافة (إذا لاقى الفراغات ما بين أسنان الترس الحلقي كما في شكل ٢ - ٢٦ - ٢)، يكون ترس البنيون في هذه الحالة قد تحرك إلى الأمام وأخذ حركته وفي نفس الوقت أغلقت نقاط التوصيل في مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي (هنا ينتهي دور دائرة التحكم في منظومة بدء الحركة) ويكون محرك بدء الإدارة الكهربائي الآن في وضع تشغيل (تكون دائرة التيار العالي في منظومة بدء الحركة قد بدأت عملها).



شكل (٢ - ٢٥): المكونات والأجزاء الداخلية لبادئ الحركة ذي الترس الحلزوني الدفعي

إذا لم يستطع ترس البنيون التعشيق مباشرة مع الترس الحلقي لأنه لاقى أسنان الترس الحلقي وأصبحت في مواجهة أسنان ترس البنيون كما في شكل ٢ - ٢٦ - ٣)، ينضغط نابض التعشيق عن طريق ذراع التعشيق وحلقة التعشيق إلى أن يتم تلامس نقاط التوصيل في مفتاح التشغيل

الكهرومغناطيسي. الآن بدأ عمل المحرك الكهربائي لبدء الإدارة وبدأ عضو الاستنتاج في الدوران ويدور ترس البنينون حتى تكون أسنانه في محاذاة أسنان الترس الحلقي. الضغط المبذول من نابض التعشيق مع الضغط المسلط على ترس البنينون بفعل الحلزون الموجود على عمود عضو الاستنتاج يعملان معاً لدفع ترس البنينون ليتم التعشيق التام مع الترس الحلقي لحذاقة المحرك (شكل ٢ - ٢٦ - ٤).



شكل (٢ - ٢٦): مراحل تعشيق ترس البنينون مع الترس الحلقي لحذاقة المحرك

- (١) وضع عدم التعشيق (بادئ الحركة لا يعمل) ٢- أسنان البنينون تلاقي الفراغات بين أسنان ترس الحذاقة (وضع مفضل)
- ٣- أسنان البنينون تلاقي أسنان ترس الحذاقة (وضع غير مفضل) ٤- محرك المركبة بدأ في الدوران

٢- الحركة الحلزونية (Helical Travel)

تمام إغلاق نقاط التوصيل في المفتاح الكهرومغناطيسي يعتمد على موضع ترس البنينون، وبعد إغلاق هذه النقاط يبدأ تيار بادئ الحركة في المرور إلى محرك بدء الإدارة الكهربائي. عندما يبدأ عضو الاستنتاج في الدوران، يقوم الحلزون الموجود على عمود عضو الاستنتاج بدفع ترس البنينون في صورة دوران مبروم في اتجاه الترس الحلقي حتى يلامس ترس البنينون حلقة الإيقاف في نهاية عمود عضو الاستنتاج ويكتمل التعشيق عندئذ.

يتم إغلاق دائرة بادئ الحركة وإيقاف عمل ملفات السحب في مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي في آن واحد. في هذه الحالة تعمل فقط ملفات الإيقاف في مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي وتكون قوتها المغناطيسية كافية لإبقاء عمود مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي في وضعه المسحوب إلى أن تتم إدارة محرك المركبة.

٣- فك التعشيق بين ترس البنينون والترس الحلقي للحذافة (Pinion Disengagement)

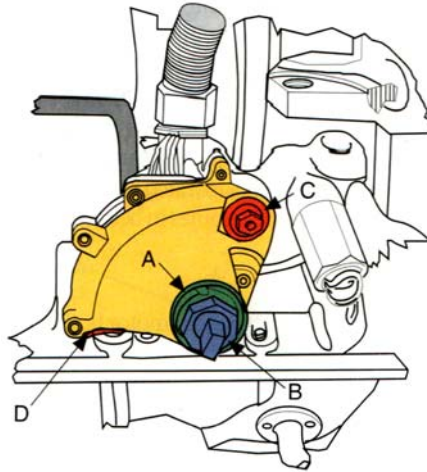
بعد إتمام إدارة محرك المركبة وبلوغ سرعة ترس البنينون سرعة اللاحمل لمحرك بدء الإدارة الكهربائي، يقوم قابض السرعة الزائدة (overrunning clutch) بفصل الاتصال بين ترس البنينون وعمود عضو الاستنتاج من أجل حماية عضو الاستنتاج من التلف بسبب دورانه بسرعة عالية جداً. يظل ترس البنينون في حالة تعشيق طالما ذراع التعشيق في وضع التعشيق.

عند رجوع مفتاح إدارة بادئ الحركة إلى وضع الإشعال فقط (يعود المفتاح تلقائياً بفعل نابض) بعد دوران محرك المركبة، يجبر نابض الإرجاع في مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي ذراع التعشيق للرجوع إلى وضع عدم التشغيل. ينسحب ذراع التعشيق ويسحب معه البنينون ومجموعة الإدارة وينفصل الاتصال بين البنينون والترس الحلقي لحذافة محرك المركبة.

مفتاح الأمان الحيادي لبدء الحركة (Starting Neutral Safety Switch)

مفتاح الأمان لبدء الحركة يعتبر أحد المكونات الأساسية لمنظومة بدء الحركة، وغالباً يطلق عليه اسم "مفتاح الأمان الحيادي لبدء الحركة". الوضع الطبيعي له يكون مفتوحاً ووظيفته محصورة في منع منظومة بدء الحركة من العمل عندما يكون ناقل الحركة في وضع تعشيق مما يقلل من الوضع الذي قد يجعل المركبة تتحرك تحركاً غير متوقعاً إلى الأمام أو إلى الخلف باهتزاز وتمايل وما قد يخلفه ذلك من أضرار.

يستخدم مفتاح الأمان الحيادي بصورة معتادة مع ناقل الحركة الأوتوماتيكي (الآلي) أكثر من استخدامه مع ناقل الحركة التزامني دائم التعشيق. يتم تثبيت مفتاح الأمان الحيادي في الحالتين إما قريباً من ذراع اختيار التعشيق (عصا الجير) أو على جسم ناقل الحركة (شكل ٢ - ٢٧).



شكل (٢ - ٢٧): تثبيت مفتاح الأمان الحيادي على جسم ناقل الحركة

A - وردة إحكام (زنق) B - صامولة ربط المفتاح C - مسمار ضبط المفتاح D - مفتاح الأمان الحيادي

يتم تثبيت مفتاح الأمان الحيادي في أحد مكانين ضمن دائرة التحكم:

١ - بين مفتاح الإشعال والمُرَّحل أو المفتاح الكهرومغناطيسي (يجب أن يتم إغلاق مفتاح

الأمان قبل أن يستطيع التيار المرور إلى المُرَّحل أو المفتاح الكهرومغناطيسي).

٢ - بين المُرَّحل الكهربائي والأرضي (يجب أن يتم إغلاق مفتاح الأمان قبل أن يستطيع

التيار المرور إلى الأرضي).

مفتاح الأمان الحيادي المستخدم مع ناقل الحركة الأوتوماتيكي يمكن أن يكون إما من النوع

الكهربائي أو من النوع الميكانيكي. في النوع الكهربائي لمفتاح الأمان الحيادي يتم إغلاق نقاط تلامس

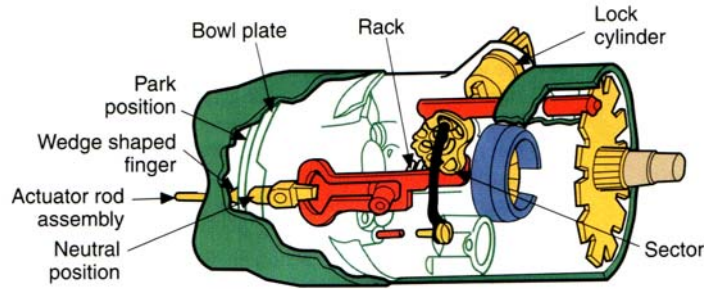
المفتاح فقط عندما يكون ذراع الاختيار في وضع (P) أو (N) ولذلك يتم توصيل المفتاح على التوالي في

دائرة التحكم. أما في النوع الميكانيكي لمفتاح الأمان الحيادي وتقوم مجموعة الوصلات الميكانيكية

الموضحة في شكل (٢ - ٢٨) بمنع تحرك مفتاح الإشعال طالما أن ناقل الحركة في وضع تعشيق، ويتم

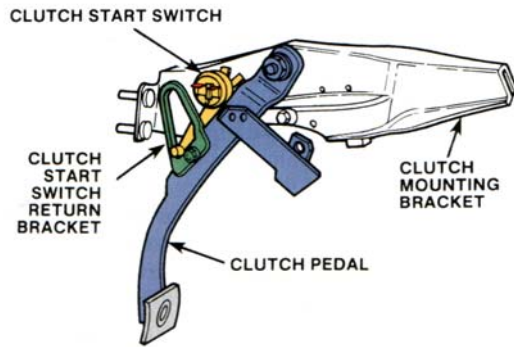
السماح لمفتاح الإشعال بالتحرك عندما يكون ذراع الاختيار في وضع (P) أو (N) (كما هو الشرط في

النوع الكهربائي).



شكل (٢ - ٢٨): مفتاح الأمان الحيادي من النوع الميكانيكي

مفتاح الأمان الحيادي المستخدم مع ناقل الحركة التزامني دائم التعشيق عادة يكون من النوع الكهربائي. مفتاح القابض يعتبر نوعاً آخر من مفاتيح الأمان يستخدم مع ناقل الحركة التزامني دائم التعشيق، ويعمل المفتاح فقط في حالة الضغط الكامل على بدال (الدواسة أو الدعسة) القابض كما في شكل (٢ - ٢٩).



شكل (٢ - ٢٩): يلزم الضغط الكامل على بدال القابض لتشغيل مفتاح القابض لإكمال دائرة التحكم

المُرحَلات والمفاتيح الخاصة (Relays and Switches)

المفاتيح والمُرحَلات استخدمت في الأصل مقترنة بأجهزة بدء الحركة وتؤدي مهام مختلفة، منها:

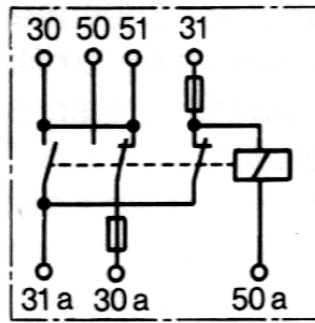
- ١- تشغيل مفاتيح التيار العالي لبادئ الحركة
- ٢- تحويل مسارات التيار في الدوائر الكهربائية
- ٣- حماية مكونات الدوائر ضد التلف

هناك العديد من أنواع المُرحَلات والمفاتيح تستخدم مع منظومة بدء الحركة (خاصة المحتوية على

بادئ حركة كبير الحجم) منها ما يختص بتشغيلها ، ومنها ما يختص بإعاقة تشغيلها طالما الظروف لا تسمح بذلك ومنعاً لإتلاف مكونات المنظومة. ذكرنا بعضاً من هذه المرحلات والمفاتيح ، ونذكر فيما يلي بعضاً آخر منها ولكن من نوعية خاصة نظراً لطبيعة استخدامها وتركيبها.

١- مفتاح التوالي - التوازي (Series-parallel Switch)

يستخدم مفتاح التوالي - التوازي والموضح تركيبه في شكل (٢ - ٣٠) في الأنظمة المهجنة ٢٤/١٢ فولت (hybrid systems 12/24 V) ١٢ فولت للأحمال الكهربائية في المركبة ، ٢٤ فولت لتشغيل منظومة بدء الحركة).

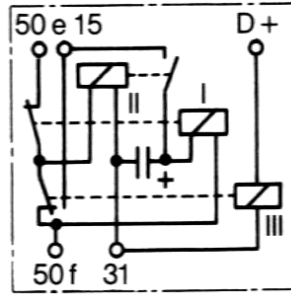


شكل (٢ - ٣٠): مفتاح التوالي - التوازي

عند ضغط مفتاح تشغيل منظومة بدء الحركة ، يتم تزويد مُرَّحل التحكم في تشغيل المفاتيح ضمن مفتاح التوالي - التوازي بالتيار عن طريق نقطة التوصيل (50 a). يقوم المُرَّحل بتوصيل نقاط تلامس المفاتيح بحيث يتم توصيل البطاريتين ١٢ فولت على التوالي لتشغيل منظومة بدء الحركة بفرق جهد ٢٤ فولت (توصيل البطاريتين على التوازي في الوضع الطبيعي لتشغيل المركبة بحيث يكون فرق الجهد اللازم للأحمال الكهربائية في المركبة ١٢ فولت).

٢- المُرَّحل الكهروميكانيكي لإعاقة بدء الإدارة (Electromechanical Start-locking Relay)

يتكون المُرَّحل الكهروميكانيكي الموضح في شكل (٢ - ٣١) من المُرَّحل (I) ذي نقاط توصيل مقفلة في الوضع الطبيعي والمُرَّحل (III) ذي نقاط توصيل مقفلة في الوضع الطبيعي ونقاط توصيل أخرى لتغيير مسار التيار، تقوم هذه المُرَّحلات بمهمة إمداد المفتاح الكهرومغناطيسي و مُرَّحل التحكم بالتيار.



شكل (٢ - ٣١): المُرَّحل الكهروميكانيكي لإعاقة بدء الإدارة

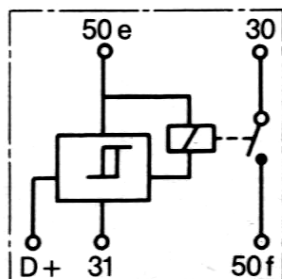
يحتوي المُرَّحل الكهروميكانيكي أيضاً على مُرَّحل تشغيل المفاتيح (II) ذي نقاط تلامس مفتوحة في الوضع الطبيعي، تعمل هذه النقاط على شحن المكثف الذي يتم تثبيته على السطح الخارجي للمُرَّحل الكهروميكانيكي لإعاقة بدء الإدارة. يقوم هذا المكثف بالإبقاء على المُرَّحل (I) مفتوحاً لعدة ثوان لإعاقة عملية الإدارة إذا لم يبدأ محرك المركبة في العمل بصورة سليمة أو يتوقف بعد عدة دورات قليلة.

عندما يبدأ محرك المركبة في الدوران بصورة منتظمة، فإن الجهد الخارج من المُولد الكهربائي يقوم بفتح نقاط التلامس المقفلة طبيعياً في المُرَّحل (III) مع الإبقاء على النقاط المفتوحة طبيعياً في المُرَّحل (II) مغلقة من أجل منع بادئ الحركة من العمل في حالة إذا أغلق مفتاح بادئ الحركة من فوره مرة أخرى، وهكذا يتم منع الترس الصغير (البنيون) من محاولة التعشيق مع الترس الحلقى لحذافة محرك المركبة.

٣- المُرَّحل الإلكتروني لإعاقة بدء الإدارة (Electronic Start-locking Relay)

المُرَّحل الإلكتروني لإعاقة بدء الإدارة الموضح في شكل (٢ - ٣٢) يضم مجموعة من المميزات

مقارنة بالأنواع الأخرى من مُرحّلات إعاقَة بدء الإدارة منها خفة وزنه واحتوائه على عدد قليل من الأجزاء مدمجة في مُرحّل تشغيل مفاتيح واحد فقط أكثر اتزاناً في العمل.



شكل (٢ - ٣٢): المُرّحل الإلكتروني لإعاقَة بدء الإدارة

في حالة الباصات ذات المحركات الخلفية، يكون كيبِل بادئ الحركة طويلاً مما قد يحدث مشاكل كثيرة في البطارية بسبب التيار المسحوب أثناء إدارة المحرك الكهربائي لبائى الحركة. وجود المُرّحل الإلكتروني قام بحل هذه المشكلة حيث يتم توصيل التيار إلى النقطة (50) لبائى الحركة ليس عن طريق مفاتيح قيادة المركبة ولكن عن طريق النقطة (30) في المُرّحل الإلكتروني.

تصميمات وأنواع بادئ الحركة (Starter Designs & Types)

١- تصميمات بادئ الحركة (Starter Designs)

كما أن محركات المركبات يتم تصميمها بأحجام وأوضاع أسطوانات مختلفة، فإن بادئ الحركة يختلف أيضاً في الحجم والشكل والتصميم من مركبة إلى أخرى (سيارات صغيرة - سيارات نصف نقل - سيارات نقل أو شاحنات) ومن محرك إلى آخر (ديزل - بنزين). تصميم بادئ الحركة يأخذ في الاعتبار الحيز المتاح في المركبة لتثبيت بادئ الحركة ونوع التثبيت، وظروف التشغيل المختلفة.

التصميم الحيد لبائى الحركة، لابد أن يحقق عدة متطلبات، منها:

- ١- الاستعداد الدائم والمتواصل لبدء إدارة محرك المركبة في أي وقت.
- ٢- قدرة كافية لبدء إدارة محرك المركبة عند درجات الحرارة المختلفة.
- ٣- عمر افتراضي طويل يتناسب مع عدد مرات بدء إدارة محرك المركبة (خاصة في السيارات المستخدمة داخل المدن).

- ٤- تصميم قوي يتحمل الظروف التي يعمل فيها بادئ الحركة مثل: التعشيق، وإدارة محرك المركبة، و الاهتزازات، والتآكل بسبب الرطوبة أو الأملاح والأتربة، و درجات الحرارة العالية في غرفة محرك المركبة.
- ٥- وزن قليل وحجم صغير.
- ٦- قليل الصيانة على المدى الطويل من عمره الافتراضي.
- يجب أن يكون تصميم بادئ الحركة متوافقاً مع المكونات الأخرى لمنظومة بدء الحركة ومع محرك المركبة المستخدم معها، لأن متطلبات بدء إدارة محرك المركبة تتغير تغيراً كبيراً وتأثير درجة الحرارة ذو دلالة عالية في أداء بادئ الحركة.

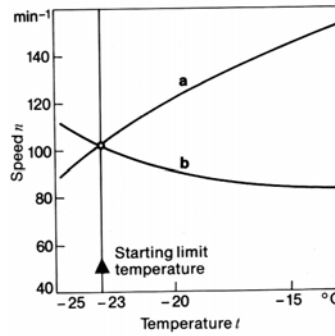
هناك معطيات كثيرة لابد من أخذها في الاعتبار عند تصميم بادئ الحركة، من هذه المعطيات:

- ١- حد درجة حرارة بدء إدارة المحرك (تعني أقل درجة حرارة للمحرك ودرجة حرارة البطارية والممكن عندها إدارة المحرك).
- ٢- المقاومات التي تواجه عملية بدء إدارة محرك المركبة (تعني عزم بدء الإدارة المطلوب لإدارة محرك المركبة عند حد درجة الحرارة الموضح في بند ١).
- ٣- أقل سرعة مطلوبة لبدء إدارة محرك المركبة عند حد درجة الحرارة الموضح في بند ١.
- ٤- مقنن الجهد لمنظومة بدء الحركة.
- ٥- خصائص البطارية المستخدمة في منظومة بدء الحركة.
- ٦- طول ومقاومة الكيابل من البطارية إلى بادئ الحركة (الهبوط في الجهد).
- ٧- عزم و سرعة وسعة بادئ الحركة (منحنيات أداء بادئ الحركة والتي سيتم تناولها فيما بعد خلال هذه الوحدة).
- ٨- مقنن الخرج (يعتمد على مقاومة خط التوصيل والمقاومة الداخلية للبطارية).
- الأمثلة التالية توضح كيفية تناول هذه المعطيات عند تصميم بادئ الحركة، مع ملاحظة أن كل محرك مركبة وكل بادئ حركة لكل خواصه وبالتالي لا يمكن التعميم على كافة محركات

المرکبات وأنواع بادئ الحركة المختلفة. الأمثلة كثيرة، لكن سنوجز فيما يلي أهمها فقط.

مثال (١): أقل درجة حرارة يمكن إدارة محرك مركبة ديزل ٢ لتر عندها، موضحة في المنحنى شكل (٢ - ٣٣). تقاطع منحنى سرعة بادئ الحركة (منحنى a)، ومنحنى أقل سرعة مطلوبة للمحرك

حتى يبدأ عمله (منحنى b) يعطي أقل درجة حرارة يمكن عندها إدارة هذا المحرك وهي (-23°C) . يجب ملاحظة أن قيمة أقل درجة حرارة ستختلف من حالة إلى أخرى حسب محرك المركبة ونوع بادئ الحركة.

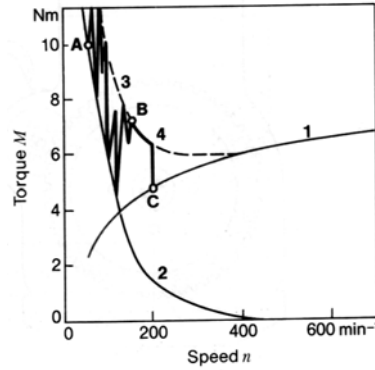


شكل (٢ - ٣٣): أقل درجة حرارة يمكن عندها إدارة محرك ديزل ٢ لتر (نقطة التقاطع)

(المحور الأفقي يمثل درجة الحرارة t ، بينما المحور الرأسى يمثل سرعة دوران n محرك المركبة (b) و بادئ الحركة (a))

مثال (٢): شكل (٢ - ٣٤) يوضح أقل سرعة دوران يمكن أن يبدأ عندها خليط الهواء والوقود في

الاحتراق ومن ثم يبدأ محرك المركبة في الدوران معتمداً على نفسه (النقطة C على المنحنى). المنحنى (١) يمثل العزم النظري لمحرك المركبة بفرض الاحتراق السلس والمنتظم للخليط. المنحنى (٢) يمثل عزم بادئ الحركة. المنحنى (٣) (الخطوط الشرط) يمثل العزم الكلي النظري (مجموع عزم المحرك وعزم بادئ الحركة). المنحنى (٤) (الجزء المستمر على الخط الشرط) يمثل العزم الكلي الفعلي كنتيجة لعدم الاحتراق المنتظم. النقطة (A) يبدأ عنها الاحتراق غير المنتظم، بينما النقطة (B) يبدأ عندها الاحتراق السلس و المنتظم.

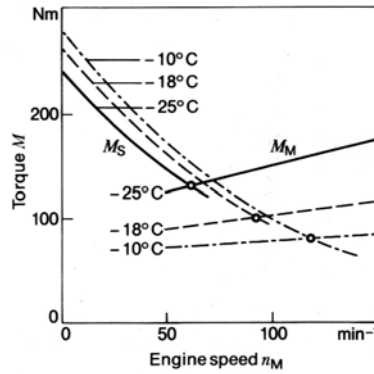


شكل (٢ - ٣٤): أقل سرعة دوران يمكن أن يبدأ الحريق المنتظم واعتماد محرك المركبة على نفسه في استمرارية العمل (النقطة C)

(المحور الأفقي يمثل سرعة الدوران n ، بينما المحور الرأسي يمثل العزم M)

مثال (٣): شكل (٢ - ٣٥) يوضح أقل سرعة يمكن أن يبدأ عندها محرك مركبة إشعال بالشرارة سعتة ٣ لتر عند درجات حرارة مختلفة (10°C و 18°C و 25°C)، ويمثلها نقاط التقاطع بين عزم محرك المركبة (M_M) وعزم بادئ الحركة (M_S). هذه المنحنيات تمثل أداء محرك المركبة وبادئ الحركة مع بطارية ٥٥ أمبير - ساعة (55 Ah).

منظومات بدء الحركة متاحة بمقننات جهد مختلفة. على سبيل المثال: السيارات الصغيرة اليوم لها نظام ١٢ فولت (12 V)، الشاحنات و الباصات تستخدم أنظمة ١٢ فولت (12 V) و ٢٤ فولت (24 V)، ومقنن الجهد القياسي لبادئ الحركة في الباصات الكبيرة والشاحنات هو ٢٤ فولت (24 V) لأن أقل فقد في الجهد يسمح باستخدام بادئ حركة أصغر بالنسبة لقيمة الخرج. وهكذا، نجد أن لكل نوع مركبة وحسب بادئ الحركة المستخدم معها، هناك مقنن جهد خاص بهذا النوع. الخلاصة أن مقنن الجهد لبادئ الحركة الصغير هو ١٢ فولت، وبالنسبة لبادئ الحركة متوسط الحجم فهو بين ١٢ فولت و ٢٤ فولت. تزيد قيمة مقنن الجهد عن ٢٤ فولت في بادئ الحركة كبير الحجم اعتماداً على طبيعة ونوع الاستخدام.

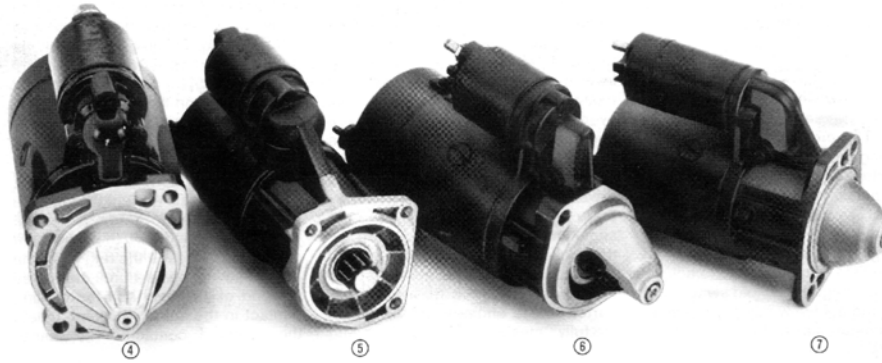
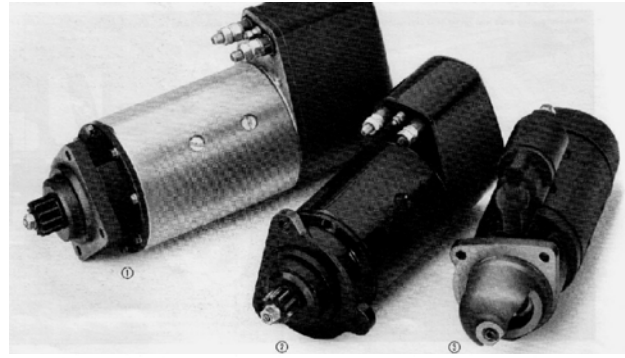


شكل (٢ - ٣٥): أقل سرعة دوران يبدأ عندها محرك مركبة إشعال بالشرارة ٣ لترالدوران معتمداً على نفسه عند درجات حرارة مختلفة (أقل سرعة يمثلها نقاط التقاطع)
(المحور الأفقي يمثل سرعة دوران محرك المركبة n_M ، بينما المحور الرأسي يمثل قيم العزم M)

مقنن الخرج الموضح في بند (٨) في المعطيات السابقة، هو عامل آخر مهم في تصميم بادئ الحركة بالإضافة لكل العوامل والمعطيات السابق ذكرها. هذا المقنن عبارة عن متغير يمكن تحديده بدقة على منصة اختبار بادئ الحركة. الخرج الفعلي لبداي الحركة يقاس عند ترس البنيون تحت ظروف التشغيل المختلفة. مقنن الخرج يناظر القدرة المسحوبة داخلياً بواسطة بادئ الحركة مطروحاً منها الجزء المفقود من هذه الطاقة في الحديد والنحاس حيث يمر التيار داخل بادئ الحركة و الفاقد بسبب الاحتكاك. كلما كانت المقاومة الداخلية للبطارية قليلة، كلما كانت قيمة الخرج لبداي الحركة أكبر.

٢- أنواع بادئ الحركة (Starter Types)

معظم أنواع بادئ الحركة التي استخدمت من قبل في المركبات اعتمدت على المغناطيس الكهربائي لتوليد المجال المغناطيسي في تصميمها وطريقة عملها، بينما نجد الآن معظم أنواع بادئ الحركة في المركبات الحديثة تعتمد في التصميم وطريقة العمل على المغناطيس الدائم بدلاً عن المغناطيس الكهربائي. تختلف أنواع بادئ الحركة أيضاً فيما بينها في طريقة تعشيق ترس البنيون مع الترس الحلقى لحذافة المحرك. هناك الكثير والكثير من أوجه الاختلاف بين الأنواع المختلفة لبداي الحركة، لذلك عند تصنيف بادئ الحركة إلى أنواع فإننا يجب أن نحدد أساس التصنيف (شكل ٢ - ٣٦).



شكل (٢ - ٣٦): أنواع مختلفة من بادئ الحركة

بصفة عامة يمكن تصنيف الأنواع المختلفة لبادئ الحركة على عدة أسس، منها على سبيل المثال:

- ١- تصنيف على أساس نوع دائرة محرك بدء الإدارة الكهربائي: يقصد توصيل ملفات المجال (ملفات الإثارة) وملفات عضو الاستنتاج بالنسبة لبعضها البعض (توالي - توازي - مركب) (راجع الأشكال ٢ - ١٣ و ٢ - ١٤).
- ٢- تصنيف على أساس نوع مفتاح التحكم: استخدام مفتاح كهرومغناطيسي فقط أو استخدام مفتاح كهرومغناطيسي ومُرَّحَل أو استخدام مُرَّحَل فقط (راجع الأشكال ٢ - ٢ و ٢ - ١٣ و ٢ - ١٦ و ٢ - ١٧).
- ٣- تصنيف على أساس طريقة إدارة محرك المركبة (طريقة تعشيق ترس البنين مع الترس الحلقي لحذافة محرك المركبة): تعشيق موجب أو تعشيق بالتروس الحلزوني الدفعي أو التعشيق المسبق لترس البنين.
- ٤- تصنيف على أساس استخدام نسبة نقل حركة وسطية ونوعية الوسيلة في حالة استخدامها من عدمه: قد لا تكون هناك نسبة نقل حركة وسطية، وقد تستخدم نسبة نقل حركة عبارة عن ترسين منهما الصغير يركب على عمود عضو الاستنتاج والكبير

على عمود مجموعة الإدارة، وقد تستخدم مجموعة تروس كوكبية للحصول على نسبة نقل الحركة المطلوبة.

- ٥- تصنيف على أساس مكان ترس البنيون (داخل أم خارج بادئ الحركة): داخل جسم بادئ الحركة وله غطاء ضمن مجموعة الإدارة أو خارج بادئ الحركة وبقية مجموعة الإدارة في داخله (شكل ٢ - ٣٦ (١، ٢)).
- ٦- نوع المغناطيس المستخدم للإثارة: استخدام مغناطيس دائم أو استخدام مغناطيس كهربائي.
- ٧- مكان مفتاح التشغيل الكهربومغناطيسي: يثبت فوق بادئ الحركة (إذا كان مسؤولاً أيضاً عن تعشيق البنيون) أو يركب بعيداً إذا كان يؤدي فقط وظيفته الكهربائية.

مما سبق وحتى يكون التقسيم محدوداً، يتم تقسيم بادئ الحركة إلى أنواع ثلاثة رئيسة معنية بمحرك بدء الإدارة الكهربائي وبطريقة تعشيق ترس البنيون مع الترس الحلقى لحذافة محرك المركبة. الأنواع الرئيسة الثلاثة لبادئ الحركة هي:

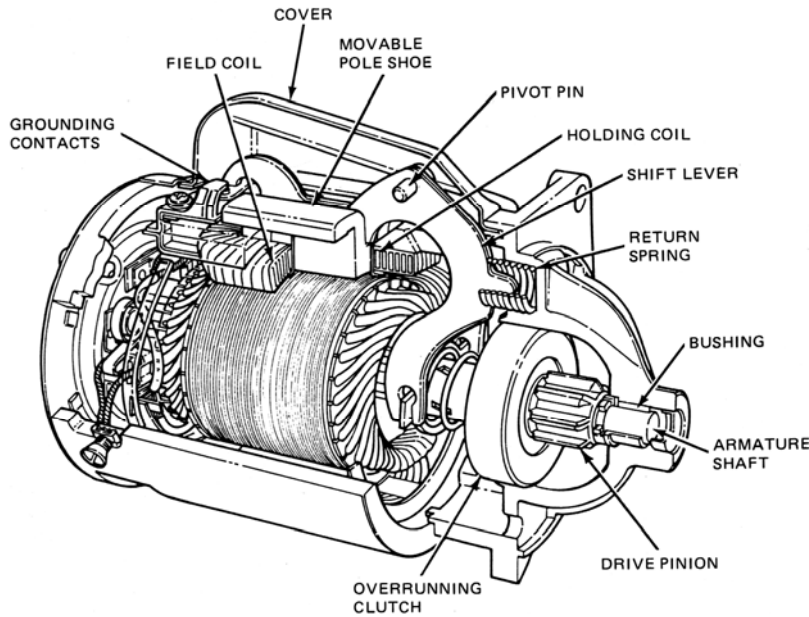
- ١- بادئ الحركة الموجب التعشيق (Positive Engagement Starter)
- ٢- بادئ الحركة ذو التشغيل الكهربومغناطيسي (Solenoid-actuated Starter)
- ٣- بادئ الحركة ذو المغناطيس الدائم (Permanent Magnet Starter)

٢ - ١ - بادئ الحركة الموجب التعشيق (Positive Engagement Starter)

شكل (٢ - ٣٧) يوضح بادئ الحركة الموجب التعشيق، حيث يتم استخدام حذاء قطب متحرك (movable pole shoe) لسحب ذراع التعشيق (plunger lever) المسؤول عن تحريك مجموعة الإدارة وتعشيق ترس البنيون مع الترس الحلقى لحذافة المحرك. المفتاح الكهربومغناطيسي يتم تثبيته في غرفة محرك المركبة بالقرب من البطارية، ويقوم فقط بوظيفة كهربائية (سبق شرح ذلك في مفتاح التشغيل الكهربومغناطيسي).

يتم جذب حذاء القطب المتحرك بواسطة ملفات المجال (field coils) في بادئ الحركة. نتيجة لجذب حذاء القطب المتحرك يتم دفع ذراع التعشيق لينزلق ترس البنيون ويتم تعشيقه مع الترس الحلقى لحذافة المحرك. محور ارتكاز (pivot pin) حذاء القطب عبارة عن عمود أسطواني صغير. تم تصميم ذراع التعشيق بهذا الشكل الموضح لتسهيل تحريك الذراع حول محور ارتكازه ليسحب بسهولة من جهة

بواسطة ملفات المجال ويدفع بسهولة أيضاً ترس البنيون لينزلق وتتم عملية التعشيق.



شكل (٢ - ٣٧): بادئ الحركة الموجب التعشيق

٢ - ٢ - بادئ الحركة ذو التشغيل الكهرومغناطيسي (Solenoid-actuated Starter)

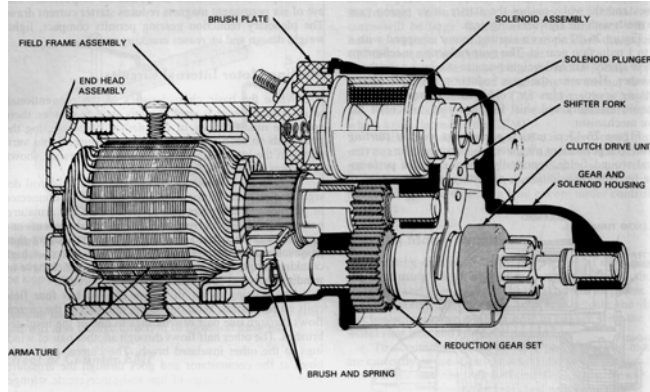
يطلق على هذا النوع من بادئ الحركة اسم "بادئ الحركة ذو الترس الحلزوني الدفعي" أو اسم "بادئ الحركة بإدارة سبق التعشيق" (pre-engaged-drive starter) (راجع شكل ٢ - ٢٥). سبق شرح الأجزاء الداخلية لهذا النوع وطريقة عمله ضمن موضوع طريقة عمل بادئ الحركة في هذه الوحدة. يستخدم مع هذا النوع من بادئ الحركة مفتاح كهرومغناطيسي يتم تثبيته فوق محرك بدء الإدارة الكهربائي على سطح بادئ الحركة. يقوم المفتاح الكهرومغناطيسي هنا بوظيفتين إحداها كهربائية لتوصيل دائرة التيار العالي، والأخرى ميكانيكية لتحريك ذراع التعشيق ليتم تعشيق البنيون مع الترس الحلقي لحذافة المحرك (راجع تفاصيل عمل مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي).

تجدر الإشارة إلى أن هذا النوع من بادئ الحركة قد لا يستخدم وسيلة نقل حركة وسطية كما هو موضح في شكل (٢ - ٢٥) وقد يستخدم وسيلة نقل حركة وسطية (intermediate transmission) باستخدام التروس العادية (شكل ٢ - ٣٨) أو التروس الكوكبية (٢ - ٤٦) لزيادة قيمة العزم الخارج من بادئ الحركة.

شكل (٢ - ٣٨) يوضح أحد أنواع بادئ الحركة ذي التشغيل الكهرومغناطيسي يستخدم ترسين، الترس الصغير يثبت على عمود عضو الاستنتاج والترس الكبير على عمود ترس البنيون.

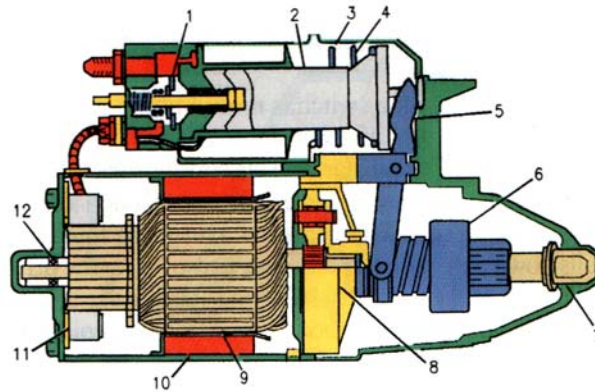
٢ - ٣ - بادئ الحركة ذو المغناطيس الدائم (Permanent Magnet Starter)

بادئ الحركة ذو المغناطيس الدائم هو أحد نواتج التعديلات الأخيرة في بادئ الحركة المستخدم مع محركات المركبات. تم استبدال أحذية القطب وملفات المجال (المغناطيس الكهربائي) بالمغناطيس الدائم (شكل ٢ - ٣٩).



شكل (٢ - ٣٨): بادئ الحركة ذو التشغيل الكهرومغناطيسي مع وسيلة نقل حركة وسطية

بادئ الحركة ذو المغناطيس الدائم يعتبر الأبسط من الناحية الكهربائية، فهو لا يحتاج إلى تيار لملفات المجال. يمر التيار مباشرة عند عمل مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي إلى ملفات عضو الاستنتاج عن طريق عضو التوحيد والفرش. محامل عمود عضو الاستنتاج من النوع الكروي (ball bearing) من جهة الفرش الكربونية ومن النوع ذي الدلافين (roller bearing) بدلاً من الجلب البرونزية كما في الأنواع الأخرى.



شكل (٢ - ٣٩): بادئ الحركة ذو المغناطيس الدائم

(١) قرص التوصيل ٢- العمود الدفعي لمفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي ٣- مفتاح التشغيل

الكهرومغناطيسي

٤- نابض إرجاع ٥- ذراع التعشيق ٦- مجموعة الإدارة ٧- محمل ذو دلافين ٨-

مجموعة التروس الكوكبية

٩- عضو الاستتاج ١٠- المغناطيس الدائم ١١- الفرش الكربونية ١٢- محمل كروي)
كل أنواع بادئ الحركة ذي المغناطيس الدائم تقريباً تستخدم مجموعة التروس الكوكبية كوسيلة نقل حركة وسطية لزيادة العزم الناتج من بادئ الحركة.
أعمال الصيانة والاختبارات لبادئ الحركة ذي المغناطيس الدائم مماثلة تماماً مع كافة الأنواع الأخرى من بادئ الحركة. يجب مراعاة الحذر عند التعامل مع هذا النوع من بادئ الحركة، لأن المادة المصنوع منها المغناطيس الدائم مادة قصفة جداً ويسهل تدميرها بسبب طرقة عنيفة أو سقوط بادئ الحركة على الأرض مثلاً.

٣- بطاقة بيانات بادئ الحركة (Starter Labelling)

بطاقة بادئ الحركة عبارة عن بيانات مدموغة (مُشكَّلة بالختم أو الكبس) على السطح الخارجي لجسم بادئ الحركة، وتختلف طريقة تسجيل هذه البيانات من شركة إلى أخرى.

		G	F	(R)	12V	0.8 kW
Letter code for field frame diameter	Field frame diameter mm					
D	65 to 79					
E	80 to 99					
G	100 to 109					
J	110 to 119					
K	120 to 139					
Q	140 to 169					
T	170 to 199					
B, D, E, F, G, M and W indicate certain design features						
Direction of rotation (as viewed onto the output (pinion) end)						
→ or R = clockwise						
← or L = counterclockwise						
Rated voltage in V						
Rated output in kW						

شكل (٢ - ٤٠): بطاقة بيانات بادئ الحركة ومدلولاتها

مثال: بادئ حركة بياناته كالتالي:

G F (R) 12V 0.8 kW

تفسير هذه البيانات، موضح في شكل (٢ - ٤٠)، حيث:

G: قطر هيكل المجال بالمليمتر (mm) (من ١٠٠ إلى ١٠٩ مم). الحروف الأخرى الموضحة على الشكل تمثل مقاسات أخرى

F: تدل على خصائص معينة في التصميم (هناك حروف أخرى مثل B, D, E, G, M, W)

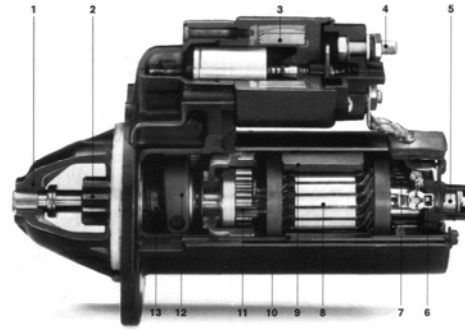
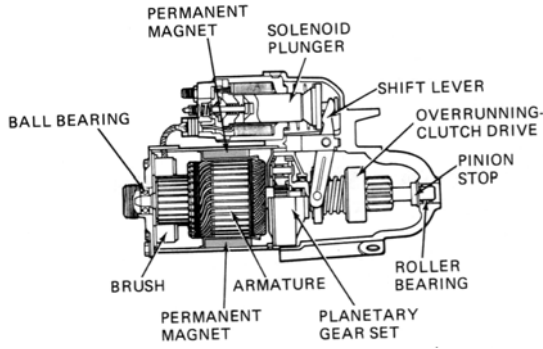
(R): توضح اتجاه الدوران **R:** للدوران في اتجاه عقارب الساعة و **L:** للدوران في عكس اتجاه عقارب الساعة

12 V: الجهد المقنن (فولت)

0.8 kW: مقنن الخرج (كيلووات)

بادئ الحركة ذو مجموعة التروس الكوكبية (Starting Motor with Planetary Gearset)

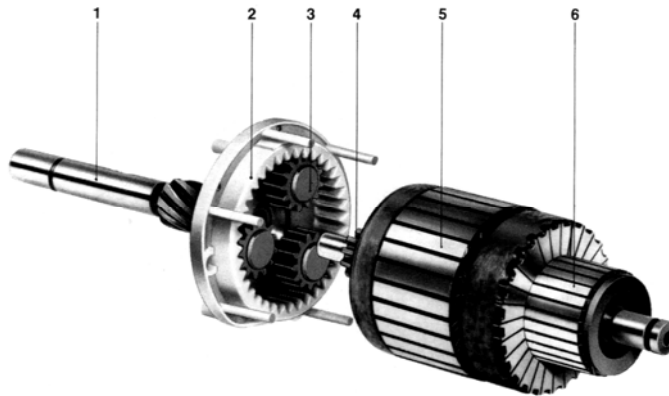
بادئ الحركة ذو مجموعة التروس الكوكبية (شكل ٢ - ٤١) يتشابه مع بادئ الحركة ذي الترس الحلزوني الدفعي (pre-engaging drive) في كثير من المكونات (مفتاح التشغيل الكهربومغناطيسي ومجموعة الإدارة وتعشيق البنيون) وطريقة العمل، ويختلف معه اختلافاً بسيطاً في محرك بدء الإدارة الكهربائي. بادئ الحركة ذو مجموعة التروس الكوكبية هو عبارة عن محرك كهربائي يعمل بالتيار المستمر ويحتوي على مغناطيس إثارة دائم (permanent-magnet excitation) في دائرة الإثارة (بديلاً عن أحذية القطب وملفات الإثارة في بادئ الحركة ذي الترس الحلزوني)، كما يحتوي أيضاً على وسيلة وسطية لنقل الحركة عبارة عن مجموعة تروس كوكبية (intermediate transmission) عبارة عن مجموعة تروس كوكبية كما في شكل (٢ - ٤٢) (planetary gearset) (لزيادة عزم دوران ترس البنيون وإدارة بادئ الحركة بسرعة كافية).



شكل (٢ - ٤١): بادئ الحركة ذو مجموعة التروس الكوكبية والمغناطيس الدائم

- (١) غطاء مجموعة الإدارة
- (٢) ترس البنون
- (٣) المفتاح الكهرومغناطيسي
- (٤) طرف توصيل
- (٥) غطاء نهاية عضو التوحيد
- (٦) حامل الفرش مع الفرش الكربونية
- (٧) عضو التوحيد
- (٨) عضو الاستنتاج
- (٩) المغناطيس الدائم
- (١٠) هيكل المجال
- (١١) مجموعة التروس الكوكبية (وسيلة وسطية لنقل الحركة)
- (١٢) ذراع التعشيق
- (١٣) وسيلة تعشيق البنون

تصميم محرك بدء الإدارة الكهربائي في بادئ الحركة ذي مجموعة التروس الكوكبية يسمح بتقليل وضغط مقاس المحرك الكهربائي وبالتالي تقليل المقاسات الخارجية لبادئ الحركة (تقليل حجمه) مما يترتب عليه في النهاية تقليل وزن بادئ الحركة بنسبة حوالي ٣٥% أقل من بادئ الحركة التقليدي. كما أن استخدام المغناطيس الدائم (عددها ٦) في بادئ الحركة ذي مجموعة التروس الكوكبية يزيد من أداء بادئ الحركة بنسبة ١٦% كما يقلل من سحب التيار أثناء إدارة محرك المركبة.

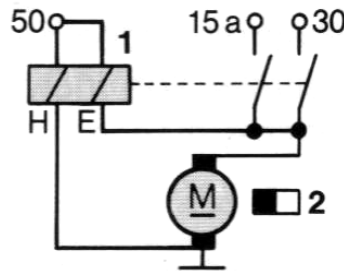


شكل (٢ - ٤٢): عضو الاستنتاج مع مجموعة التروس الكوكبية

- (١) عمود حامل التروس الفلكية مع مجرى حلزوني
- (٢) الترس الداخلي (الحلقي)
- (٣) التروس الفلكية
- (٤) الترس الشمسي على عمود عضو الاستنتاج
- (٥) عضو الاستنتاج
- (٦) عضو التوحيد

لا يعتمد بادئ الحركة ذو مجموعة التروس الكوكبية على عضو الاستنتاج في إدارة البنينون مباشرة وإنما يعتمد على مجموعة التروس الكوكبية بنسبة نقل حركة حوالي من ٢ - ٣,٥ : ١ لمساعدة سرعة بدء الإدارة وتشغيل بادئ الحركة عند سرعة كافية وعزم دوران كبير خاصة في ظروف التشغيل في الأجواء الباردة.

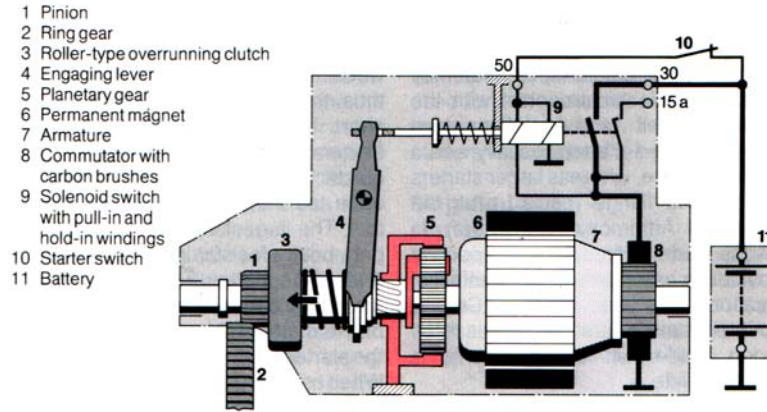
المفتاح الكهرومغناطيسي في بادئ الحركة ذي مجموعة التروس الكوكبية (شكل ٢ - ٤٣) هو نفسه المستخدم مع كافة أنواع بادئ الحركة. يقوم المفتاح الكهرومغناطيسي بإغلاق دائرة بادئ الحركة ويتم تثبيته على الهيكل الخارجي لبادئ الحركة، كما يقوم بنقل الحركة إلى مجموعة الإدارة وترس البنينون عن طريق ذراع التعشيق. مجموعة الإدارة وتعشيق البنينون في بادئ الحركة ذي مجموعة التروس الكوكبية مع قابض السرعة الزائدة ذي المدحرجات الأسطوانية هي كما سبق شرحه من خلال هذه الوحدة في الأنواع الأخرى لبادئ الحركة بدون مجموعة التروس الكوكبية.



شكل (٢ - ٤٣): المفتاح الكهرومغناطيسي في بادئ الحركة ذي مجموعة التروس الكوكبية

(١- المفتاح الكهرومغناطيسي مع لفائف سحب (E) ولفائف إيقاف (H) ٢- المغناطيس الدائم)

طريقة عمل بادئ الحركة ذو مجموعة التروس الكوكبية (شكل ٢ - ٤٤) مثل باقي الأنواع من بادئ الحركة السابق شرحها مع اختلاف بسيط. هذا الاختلاف هو أن الدائرة الكهربائية لا تحتوي على ملفات إشارة موصلة على التوالي، ولكن عند إغلاق دائرة بادئ الحركة يمر التيار مباشرة إلى الفرش الكربونية وعضو الاستنتاج.



شكل (٢ - ٤٤): طريقة عمل بادئ الحركة ذي مجموعة التروس الكوكبية

(١) - ترس البنيون ٢ - الترس الحلقى لحذافة محرك المركبة ٣ - قابض السرعة الزائدة ذو

المحركات الأسطوانية

٤ - ذراع التعشيق ٥ - مجموعة التروس الكوكبية ٦ - المغناطيس الدائم ٧ - عضو الاستنتاج

٨ - عضو التوحيد مع الفرش الكربونية ٩ - مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي مع لفائف سحب

ولفائف إيقاف

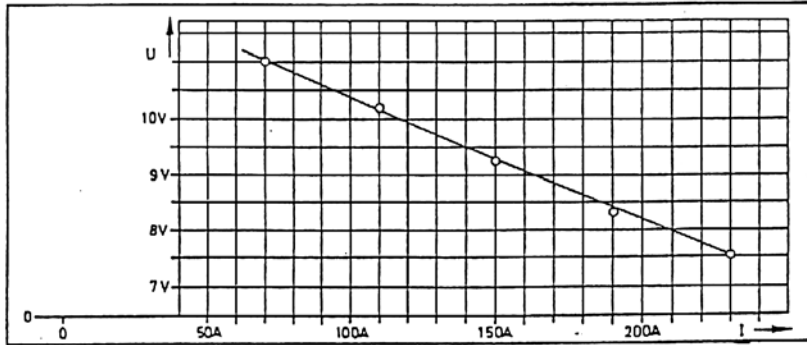
١٠ - مفتاح تشغيل منظومة بدء الحركة ١١ - بطارية المركبة

المنحنيات الخصائصية لبادئ الحركة (Starter Characteristic Curves)

المنحنيات الخصائصية لبادئ الحركة هي مجموعة من المنحنيات تمثل العلاقات بين مجموعة من المتغيرات مثل: جهد البطارية والتيار وسرعة الدوران وعزم الدوران والقدرة الفعالة والكفاءة.

فيما يلي، سنقدم شرحاً للمنحنيات الخصائصية لأحد أنواع بادية الحركة (محرك بدء الإدارة الكهربائي من نوع التوالي) وطبيعة العلاقة بين المتغيرات المختلفة المشار إليها. يجب ملاحظة أن كل نوع من أنواع بادية الحركة له مجموعة منحنيات خاصة به وتميزه عن غيره.

١- منحنى العلاقة بين جهد البطارية والتيار (U - I Curve)



شكل (٢ - ٤٥): منحنى العلاقة بين جهد البطارية (U) والتيار (I)

(المحور الأفقي يمثل شدة التيار بالأمبير، والمحور الرأسى يمثل جهد البطارية بالفولت)

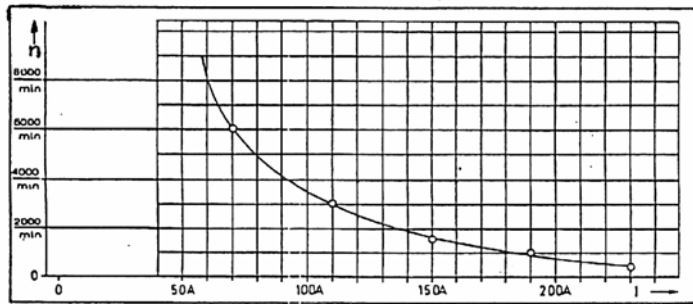
من منحنى العلاقة بين جهد البطارية (U) والتيار (I) الموضح في شكل (٢ - ٤٥)، نلاحظ ما يلي:

- ١- جهد البطارية لا يعتبر ثابتاً أثناء سحب التيار منها عند تشغيل بادية الحركة. ينخفض جهد البطارية تدريجياً كلما زادت قيمة التيار المسحوب منها، بسبب وجود مقاومة كهربائية في البطارية وبادئ الحركة ومفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي.
- ٢- ينخفض جهد البطارية بشدة (يصل إلى نهايته الصغرى) عندما يوشك محرك المركبة على بدء الدوران، في نفس اللحظة يكون التيار المسحوب قد وصل إلى نهايته العظمى.
- ٣- إذا كانت البطارية غير مشحونة شحناً تاماً ودرجة الحرارة منخفضة، قد لا يتحقق بدء إدارة المحرك حسب الظروف في بند (٢). تعتبر هذه الحالة، هي أسوأ ظروف بدء الإدارة المحرك.

٢- منحنى العلاقة بين سرعة الدوران والتيار (n - I Curve)

من منحنى العلاقة بين سرعة الدوران (n) والتيار (I) الموضح في شكل (٢ - ٤٦)، نلاحظ ما يلي:

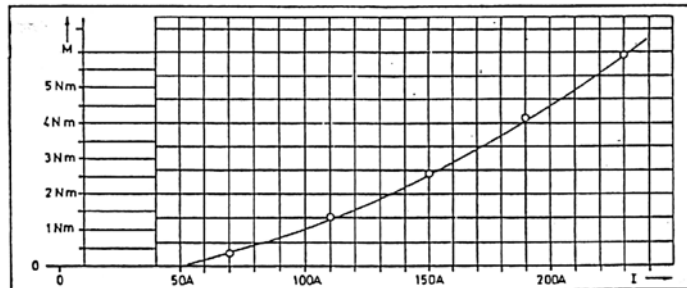
- ١- تنخفض سرعة الدوران مع زيادة قيمة التيار المسحوب.
- ٢- يصل التيار إلى قيمته العظمى عندما يبدأ محرك المركبة في الدوران (عند سرعة دوران لبادئ الحركة تساوي تقريباً صفراً).
- ٣- يمكن استنتاج الخاصية المميزة لمحرك التوالي الكهربائية لبدء الإدارة، وهي أنه عند التحميل المنخفض (التيار المسحوب صغير) يبلغ بادئ الحركة سرعات دوران شديدة الارتفاع وعند التحميل (زيادة التيار المسحوب) تنخفض سرعة الدوران بسرعة.



شكل (٢ - ٤٦): منحنى العلاقة بين سرعة الدوران (n) والتيار (I)

(المحور الأفقي يمثل شدة التيار بالأمبير، والمحور الرأسى يمثل سرعة الدوران لفة/دقيقة)

٣- منحنى العلاقة بين عزم الدوران والتيار (M - I Curve)



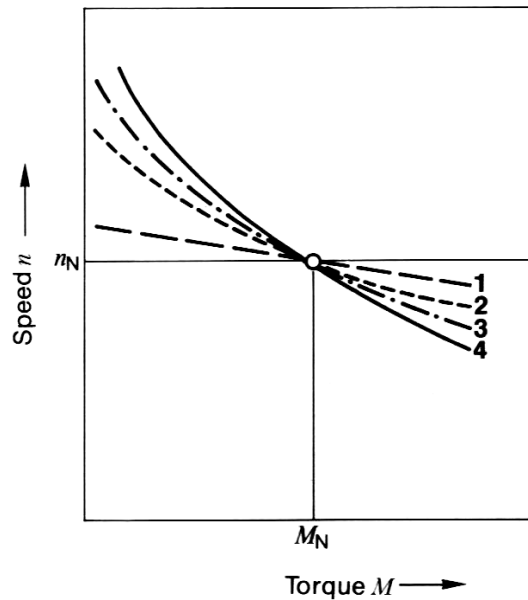
شكل (٢ - ٤٧): منحنى العلاقة بين عزم الدوران (M) والتيار (I)

(المحور الأفقي يمثل شدة التيار بالأمبير، والمحور الرأسى يمثل عزم الدوران بالنيوتن.متر)

من منحنى العلاقة بين عزم الدوران (M) والتيار (I) الموضح في شكل (٢ - ٤٧)، نلاحظ ما يلي:

- ١- عزم دوران بادئ الحركة يزيد مع زيادة التيار المسحوب من البطارية.
- ٢- يمكن استنتاج خاصية أخرى مميزة لمحرك التوالي الكهربائي لبدء الإدارة، وهي أن محرك التوالي يحوز عزم دوران كبير جداً في حالة السكون وعند سرعات الدوران المنخفضة، لذلك يعتبر محرك التوالي لبدء الإدارة الكهربائي ذا صلاحية جيدة للاستعمال في بادئ حركة المركبات الآلية.

٤- منحنى العلاقة بين سرعة الدوران وعزم الدوران (n - M Curve)



شكل (٢ - ٤٨): منحنى العلاقة بين سرعة الدوران (n) وعزم الدوران (M)

- (١) محرك بدء إدارة كهربائي توازي مع جهد ثابت
- (٢) محرك بدء إدارة كهربائي ذو مغناطيس دائم
- (٣) محرك بدء إدارة كهربائي مركب
- (٤) محرك بدء إدارة كهربائي توازي

من منحنى العلاقة بين سرعة الدوران (n) وعزم الدوران (M) الموضح في شكل (٢ - ٤٨)،

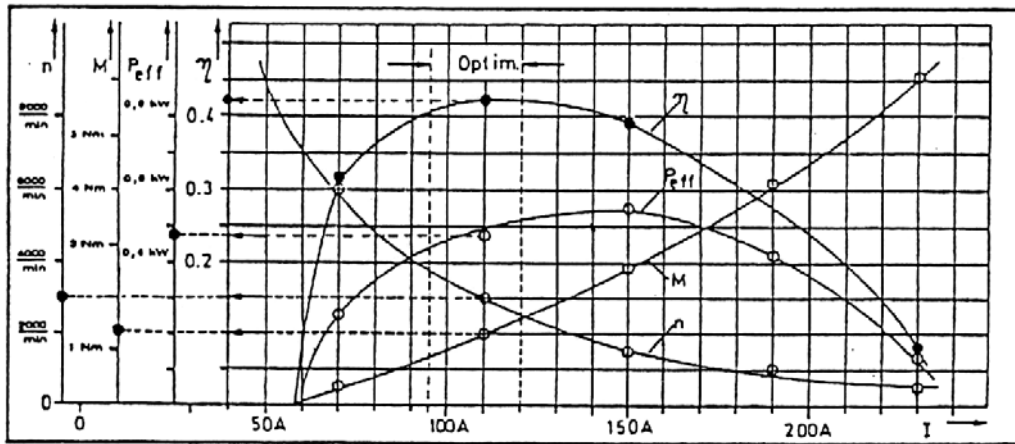
نلاحظ ما يلي:

- ١- للأنواع الأربعة من محركات بدء الإدارة الكهربائية الموضحة في الشكل، كلما زاد عزم الدوران قلت سرعة الدوران والعكس صحيح.

- ٢- يتساوى أداء محركات بدء الإدارة الكهربائية الأربعة ولا توجد فروق بينها (تتساوى قيمة عزم الدوران وقيمة سرعة الدوران) عند قيمة متوسطة للعزم وسرعة الدوران.
- ٣- أداء محرك بدء الإدارة الكهربائي التوازي مع الجهد الثابت أفضل من بقية الأنواع الأخرى حيث يكون الانخفاض في سرعة الدوران صغيراً مع التغير الكبير في قيم عزم الدوران.
- ٤- يعكس ترتيب أداء محركات بدء الإدارة الكهربائية (ذات المغناطيس الدائم والمركب والتوالي) بالنسبة لبعضها في القيم المتوسطة لعزم الإدارة عنها في القيم العليا للعزم وما يقابلها من قيم سرعة الدوران

٥- منحنيات العلاقة بين كل من سرعة الدوران وعزم الدوران والقدرة الفعالة والكفاءة وبين التيار

(n, M, P_{eff}, η - I Curves)



شكل (٢ - ٤٩): منحني العلاقات بين كل من سرعة الدوران (n) وعزم الدوران (M) والقدرة الفعالة

(P_{eff}) والكفاءة (η) وبين التيار (I)

(المحور الأفقي يمثل شدة التيار بالأمبير، والمحور الرأسى يمثل بقية المتغيرات ولكل متغير مقياس خاص به)

من منحنيات العلاقة بين كل من سرعة الدوران (n) وعزم الدوران (M) والقدرة الفعالة (P_{eff})

والكفاءة (η) وبين التيار (I)، الموضحة في شكل (٢ - ٤٩)، نلاحظ ما يلي:

- ١- لكل قيمة تيار مسحوب من البطارية (الحمل)، يمكن الحصول على القيم المناظرة لسرعة وعزم الدوران والقدرة الفعالة والكفاءة لبداى الحركة.

- ٢- منحني الكفاءة يماثل منحني القدرة الفعالة من حيث الشكل، وتصل كفاءة بادئ الحركة حدها الأقصى عند قيمة متوسطة للتيار المسحوب (الحمل).
- ٣- القدرة الفعالة تساوي صفراً في حالة السكون، وتكون قيمتها صغيرة جداً عند التيارات المسحوبة الكبيرة والعالية.
- ٤- كلما زاد التيار، قلت سرعة الدوران وزاد عزم الدوران.
- ٥- كلما زاد التيار (في حدود القيم المتوسطة)، زادت القدرة الفعالة والكفاءة.
- ٦- كلما زاد التيار (في حدود القيم العالية)، تقل القدرة الفعالة والكفاءة.

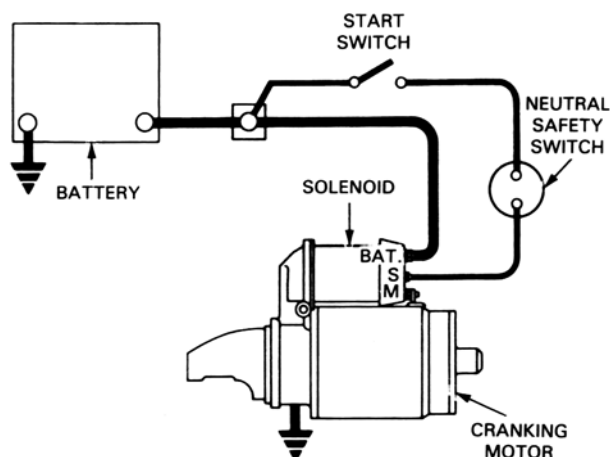
اختبارات منظومة بدء الحركة (Starting-System Tests)

توجد عدة طرق لاختبار منظومة بدء الحركة لتحديد حالة تشغيلها، البداية تكون بعمل اختبار للمنظومة على المركبة يتبعها اختبار اللاحمل وتنتهي باختبارات دقيقة على منصة الاختبار لتحديد سبب المشكلة (إن وجدت). لذلك، يتم تقسيم اختبارات منظومة بدء الحركة إلى نوعين من الاختبارات حسب موضع إجراء الاختبار وحسب المستهدف من الاختبار (هل المنظومة بأكملها أم أحد مكونات أو أجزاء من المنظومة 5)، ويتم التقسيم كالتالي:

- ١- اختبارات على المركبة (خاصة بمنظومة بدء الحركة بأكملها)،
 - ٢- اختبارات على منصة الاختبار (خاصة ببداي الحركة وهو خارج المركبة أو بأحد مكونات أو أجزاء منظومة بدء الحركة (خارج المركبة أيضاً)).
- تضم كل نوعية من هذه الاختبارات مجموعة من الاختبارات سيتم تناول أهم الاختبارات ضمن كل نوعية من الاختبارات الخاصة بمنظومة بدء الحركة أو مكوناتها وأجزائها، وهناك مجموعة اختبارات أخرى تكميلية ضمن كل نوعية (سيتم تناول كافة الاختبارات الخاصة ببداي الحركة بمزيد من التفاصيل من خلال الحقيبة التدريبية العملية للمقرر).

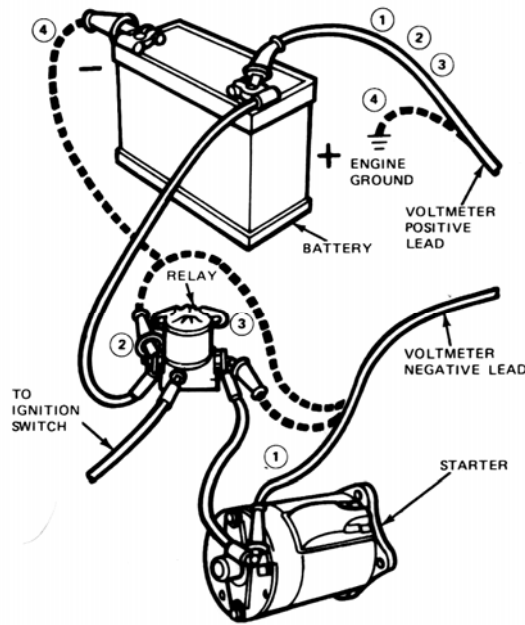
١- اختبارات على المركبة (On-car Tests)

هي عبارة عن مجموعة من الاختبارات يتم إجراؤها على دائرة منظومة بدء الحركة بأكملها (شكل ٢ - ٥٠) لقياس فرق الجهد أو شدة التيار.



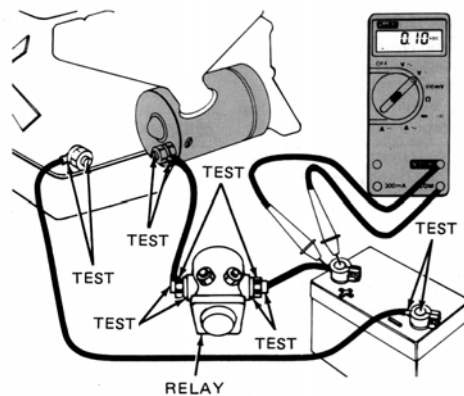
شكل (٢ - ٥٠): منظومة بدء الحركة في المركبة المراد اختبارها

١-١ اختبار الهبوط في الجهد (المقاومة المفرطة) (Voltage-Drop (Excessive Resistance) Test) تتكون دائرة منظومة بدء الحركة من دائرة معزولة ودائرة توصيل أرضي. الدائرة المعزولة تشمل كل كيايل التيار العالي والوصلات من البطارية إلى المحرك الكهربائي لبادئ الحركة. إجراء هذا الاختبار سوف يظهر قيم الهبوط في الجهد نتيجة المقاومة المفرطة في الدائرة المعزولة لمنظومة بدء الحركة ويطلق عليه أحياناً اسم "اختبار قياس مقاومة الدائرة المعزولة" (insulated circuit resistance test). يستخدم جهاز قياس فولت (فولتметр) لإجراء الاختبار، حيث يقوم بقياس الهبوط في الجهد بين النقاط المختلفة الموضحة في شكل (٢ - ٥١). لإجراء الاختبار افصل سلك الملف الابتدائي من ملف الإشعال ثم ابدأ بإدارة محرك المركبة. قيم الهبوط في الجهد حسب المواصفات بين النقاط (١، ٢، ٣، ٤) الموضحة في الشكل (٢ - ٥١) أو عند الأماكن المحددة بكلمة اختبار (Test) كما في شكل (٢ - ٥٢) يكون ما بين ٠,٢ و ٠,٦ فولت.



شكل (٢ - ٥١): نقاط قياس الهبوط في الجهد أثناء اختبار المقاومة المفرطة

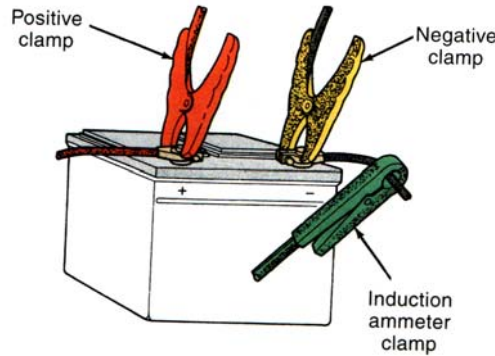
إذا وجدنا هبوطاً مفرطاً في الجهد أثناء القياس فإن المشكلة تكون بين نقطة القياس ونقطة الاختبار السابقة مباشرة، ويكون السبب في ذلك إما تلف الكيبل أو اتصال سيئ أو مقاس الكيبل أو السلك أقل من اللازم أو احتمال وجود اتصال غير جيد عند نقاط توصيل المفتاح الكهرومغناطيسي (الدقمة)، ويجب إصلاح أو استبدال الكيابل أو الأسلاك المسببة لذلك.



شكل (٢ - ٥٢): أماكن قياس الهبوط في الجهد أثناء اختبار المقاومة المفرطة

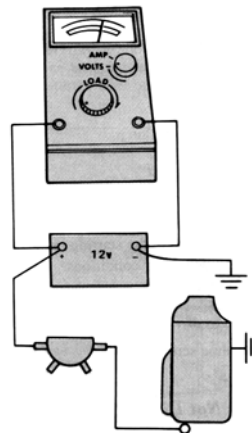
١ - ٢ - اختبار سحب الأمبير (اختبار الحمل) (Amperage Draw Test (Load Test))

اختبار سحب الأمبير (اختبار الحمل) أو ما يسمى "اختبار تيار بدء إدارة محرك المركبة" يقيس كمية التيار التي يتم سحبها بواسطة دائرة منظومة بدء الحركة عند إدارة محرك المركبة. تساهم معرفة قيمة التيار المسحوب في تحديد السبب في المشاكل التي تحدث في منظومة بدء الحركة. كل أجهزة قياس تيار بادئ الحركة الحديثة تستخدم ماسكاً حثياً (inductive pick-up or clamp) لقياس التيار المسحوب كما هو موضح في شكل (٢ - ٥٣)، على أن بعض أجهزة القياس المستخدمة في السابق (التقليدية) مجهزة بمقياس لشدة التيار يحتاج إلى توصيلة على التوالي مع البطارية لإجراء الاختبار كما في شكل (٢ - ٥٤).



شكل (٢ - ٥٣): أجهزة قياس سحب التيار الحديثة ذات الماسك الحثي

يجب تعطيل عمل نظام الإشعال في محرك المركبة قبل إجراء الاختبار، مع اتباع التعليمات الواردة بشأن استخدام جهاز القياس عند توصيل أسلاكه. قم بإدارة المحرك بما لا يزيد عن ١٥ ثانية.



شكل (٢ - ٥٤): أجهزة قياس سحب التيار التقليدية

لاحظ قراءة الفولتمتر فإذا كانت أقل من ٩,٦ فولت أثناء الاختبار فذلك يدل على وجود مشكلة في دائرة منظومة بدء الحركة.

المشكلة	السبب المحتمل
قيمة التيار المسحوب منخفضة	١ - شحن البطارية أقل من المطلوب أو هناك عيب في البطارية. ٢ - مقاومة مفرطة في دائرة منظومة بدء الحركة بسبب عطل في أحد المكونات أو في التوصيلات.
قيمة التيار المسحوب عالية	١ - دائرة قصر في المحرك الكهربائي لبادئ الحركة. ٢ - مقاومة ميكانيكية بسبب محرك المركبة أو عطل في أحد مكونات منظومة بدء الحركة أو عدم محاذاة بادئ الحركة مع محرك المركبة

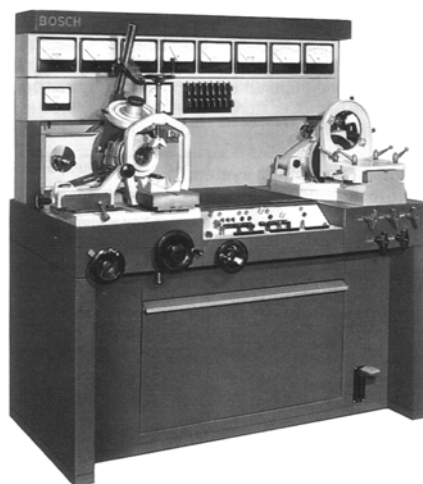
جدول (٢ - ١): الأسباب المحتملة للقيم العالية جداً أو المنخفضة جداً للتيار المسحوب بواسطة المحرك الكهربائي لبادئ الحركة

جدول (٢ - ١) يلخص معظم الأسباب المحتملة للقيم العالية جداً أو المنخفضة جداً (مقارنة بالقيم القياسية من ١٥٠ إلى ٢٥٠ أمبير) للتيار المسحوب بواسطة المحرك الكهربائي لبادئ الحركة. إذا كانت المشكلة تبدو بسبب المقاومة المفرطة في منظومة بدء الحركة، قم بإجراء اختبار قياس مقاومة الدائرة المعزولة.

٢- اختبارات على منصة الاختبار (Bench Tests)

هي مجموعة من الاختبارات يتم إجراؤها على أحد المكونات أو الأجزاء في دائرة منظومة بدء الحركة وليس على الدائرة بأكملها. يتم إجراء هذه الاختبارات في حالة اكتشاف مشاكل في عضو الاستنتاج أو أي جزء آخر ومن أجل تحديد أسباب المشكلة أو المشاكل بكل دقة.

سيتم تناول أهم هذه الاختبارات التي تتم على مكونات أو أجزاء دائرة منظومة بدء الحركة باستخدام منصة الاختبار الموضحة في شكل (٢ - ٥٥) والتي تستعمل أيضاً لاختبار المولد الكهربائي و الموحّدات (الدايودات) وملفات الإشعال وموزعات الشرر ويطلق الشرر ويطلق على الجزء من المنصة والخاص باختبار عضو الاستنتاج اسم "جرولر Growler".

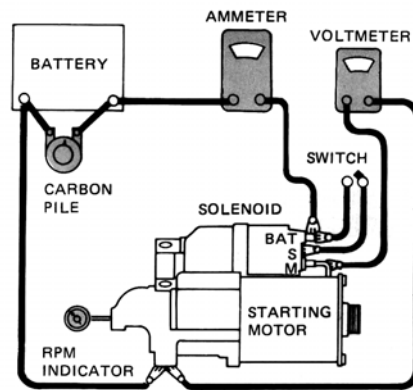


شكل (٢ - ٥٥): منصة اختبار المكونات والأجزاء الداخلية للمكونات في منظومة بدء الحركة

٢- ١- اختبار اللاحمل (No-load Test)

اختبار اللاحمل أو اختبار السرعة الحرة (Free Speed Test) يحدد سرعة دوران عضو الاستنتاج لبادئ الحركة وكمية التيار المسحوبة عند فرق جهد معين (القيمة تكون معطاة وقياسية). شكل (٢ - ٥٦) يوضح توصيلة اختبار اللاحمل حيث يلزم جهاز قياس فرق الجهد (فولتметр) وجهاز قياس شدة التيار (أميتر) وعمود كربوني. يمكن استخدام جهاز متعدد القياسات لهذا الغرض (يقيس الفولت والأمبير معاً). يستعان بمبين سرعة الدوران ويوضع في نهاية عمود عضو الاستنتاج. يتم تثبيت بادئ الحركة في ملزمة طاولة العمل ويتم توصيل دائرة الاختبار كما هو موضح في شكل (٢ - ٥٦). تتم الاستعانة بمفتاح التحكم في تشغيل باديئ الحركة عن بعد لإدارة المحرك الكهربائي لبدء الإدارة.

لضبط وضع اللاحمل لبادئ الحركة، يجب التحكم في ضبط المقاومة المتغيرة حتى نحصل على قيمة فرق الجهد المعطاة وبذلك سيدور باديئ الحركة عند سرعة اللاحمل.



شكل (٢ - ٥٦): توصيلات اختبار اللاحمل لبادئ الحركة

تقارن قيمة الأمبير وسرعة الدوران مع القيم القياسية (من ٥٠ إلى ٧٥ أمبير - من ٦٠٠٠ إلى ١١٥٠٠ لفة/دقيقة). إذا كانت القيم المأخوذة من الاختبار متوافقة مع القيم القياسية، فإن المحرك الكهربائي لبادئ الحركة في حالة جيدة. أما إذا بينت المقارنة وجود مشكلة ما فإنها تكون محصورة في عضو الاستنتاج نفسه أو في الملفات أو عضو التوحيد أو محامل عضو الاستنتاج. يجب فحص عضو الاستنتاج على منصة الاختبار كما سيأتي بعد لتحديد سبب المشكلة بدقة.

٢-٢ - اختبارات الدائرة المفتوحة لعضو الاستنتاج وملفات المجال

(Armature and Field Open Circuit Tests)

يمكن اكتشاف الدائرة المفتوحة في عضو الاستنتاج بالفحص البصري لعضو التوحيد ومشاهدة أية آثار لاحتراقه. وجود نقاط محترقة على عضو التوحيد يسببها القوس الكهربائي الذي يحدث في كل مرة تكون إحدى قطاعات (شرائح) عضو التوحيد متصلة بالدائرة المفتوحة للملفات ويمر تحت فرشاة.

يمكن عمل اختبار الدائرة المفتوحة لملفات المجال بإحدى طريقتين:

١- باستخدام مصباح اختبار ١١٠ فولت كما في شكل (٢ - ٥٧)، فإذا لم يضيئ يدل ذلك على

وجود دائرة مفتوحة في ملفات المجال.

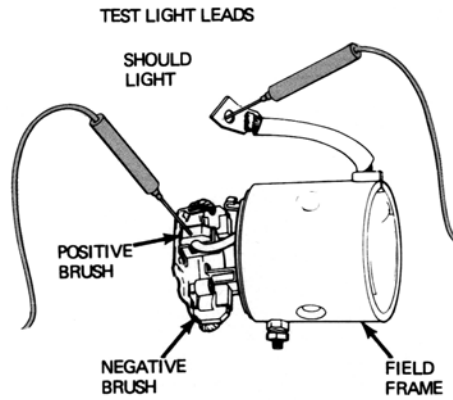
٢- باستخدام جهاز قياس الفولت (فولتметр) وذلك بتوصيل سلك تخطي (jumper lead) من

القطب الموجب للبطارية إلى طرف توصيل بادئ الحركة، السلك السالب الفولتметр يتم توصيله

بالقطب السالب للبطارية والسلك الموجب الفولتметр بكل فرشاة مجال على حدة (يتم التوصيل

بكل الفرش واحدة تلو الأخرى). إذا لم يتحرك مؤشر الفولتметр أو أنه لا يقرأ أي قيمة للفولت،

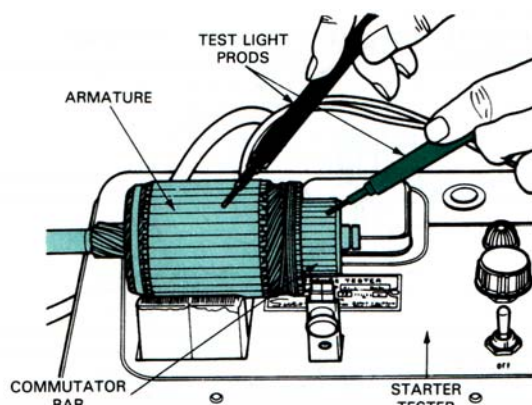
يدل ذلك على وجود دائرة مفتوحة في ملفات المجال.



شكل (٢ - ٥٧): اختبار الدائرة المفتوحة في ملفات المجال باستخدام مصباح اختبار ١١٠ فولت

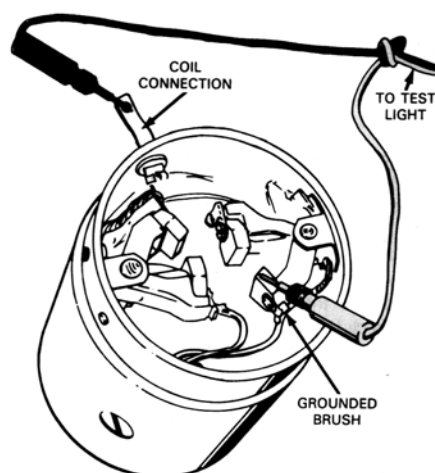
٢- ٣- اختبارات التوصيل الأرضي لعضو الاستنتاج وملفات المجال (Armature and Field Grounded Circuit Tests)

كما في الاختبار السابق مباشرة، يمكن إجراء اختبار التوصيل الأرضي لعضو الاستنتاج وملفات المجال باستخدام مصباح اختبار ١١٠ فولت أو باستخدام جهاز قياس الفولت (فولتметр).
لاختبار التوصيل الأرضي لعضو الاستنتاج باستخدام مصباح الاختبار كما في شكل (٢ - ٥٨)، يتم عمل تلامس لسن أحد أطراف المصباح مع عمود عضو الاستنتاج والسن الآخر يتلامس مع أحد قطاعات (شرائح) عضو التوحيد (يتم عمل التلامس مع قطاع ثم الذي يليه حتى يتم الانتهاء من كل القطاعات). إذا أضاء المصباح فإن ذلك يدل على الاتصال الأرضي لملفات عضو الاستنتاج.
لاختبار التوصيل الأرضي لعضو الاستنتاج باستخدام الفولتметр، يتم توصيل سلك تخطي من القطب الموجب للبطارية إلى عمود عضو الاستنتاج ثم طرف من أطراف أسلاك الفولتметр مع القطب السالب للبطارية والطرف الآخر مع كل قطاع من قطاعات (شرائح) عضو التوحيد بطريقة متتالية. إذا ظهر على الفولتمتر أية قراءة لقيمة فولتية فإن ذلك يدل على الاتصال الأرضي لملفات عضو الاستنتاج.



شكل (٢ - ٥٨): اختبار التوصيل الأرضي لعضو الاستنتاج باستخدام مصباح اختبار ١١٠ فولت

لاختبار التوصيل الأرضي ملفات دائرة المجال باستخدام مصباح اختبار ١١٠ فولت كما في شكل (٢ - ٥٩)، ضع طرفاً من أطراف مصباح الاختبار على طرف توصيل ملف المجال والطرف الآخر للمصباح على الهيكل، يجب ألا يضيء مصباح الاختبار. إذا أضاء مصباح الاختبار فإن ذلك يدل على التوصيل الأرضي لملفات دائرة المجال. يجب التأكد من عدم ملامسة أي جزء من دائرة المجال والفرش أو أطراف التوصيل للهيكل أثناء الاختبار. إذا كان بادئ الحركة يستخدم ملفاً على التوازي، فإنه يجب فك التوازي قبل إجراء الاختبار.



شكل (٢ - ٥٩): اختبار التوصيل الأرضي لملفات دائرة المجال باستخدام مصباح اختبار ١١٠ فولت

تثبيت منظومة بدء الحركة في المركبة (Installing the Starting System)

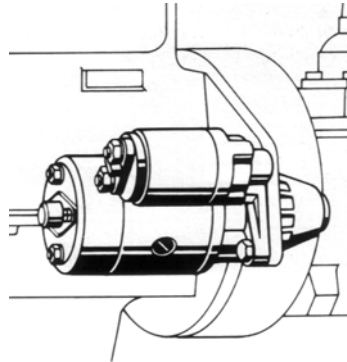
١- تثبيت بادئ الحركة (Installing the Starter)

يتم تثبيت بادئ الحركة في المركبة إما إلى الأمام من حذافة المحرك (flywheel) وقريباً من علبة المرفق (crankcase)، أو خلف الحذافة وقريباً من ناقل الحركة (transmission). يعتمد مكان وطريقة تثبيت بادئ الحركة على تصميمه.

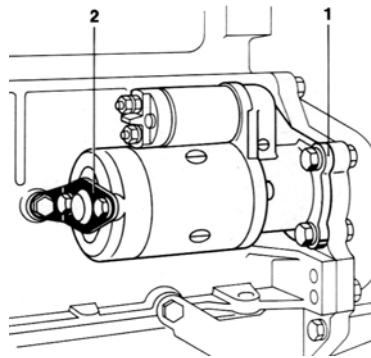
هناك طريقتان أساسيتان لتثبيت بادئ الحركة في المركبة، هما:

١- طريقة التثبيت بالشفة (Flange-mounted): تستخدم هذه الطريقة الموضحة في

شكل (٢ - ٦٠) لتثبيت أنواع بادئ الحركة الصغيرة و المتوسطة الحجم. يتم عمل ثقبين في الشفة لتثبيت بادئ الحركة. في بعض الموديلات من بادئ الحركة المثبت بهذه الطريقة، تتم الاستعانة بدعامة إضافية (additional support) لتقليل تأثير الاهتزازات على بادئ الحركة كما هو موضح في شكل (٢ - ٦١).



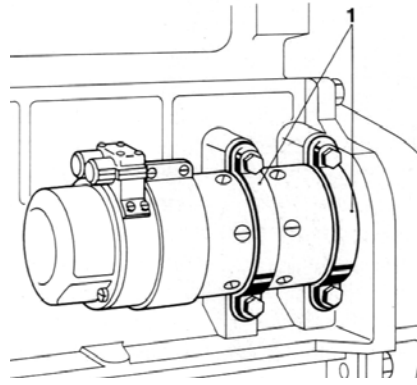
شكل (٢ - ٦٠): تثبيت بادئ الحركة بطريقة الشفة (Flange-mounted)



شكل (٢ - ٦١): تستخدم دعامة إضافية مع طريقة التثبيت بالشفة لتقليل تأثير الاهتزازات

(١- طريقة التثبيت بالشفة ٢- الدعامة الإضافية)

٢- طريقة التثبيت بالحمّالات (Cradle-mounted): تستخدم هذه الطريقة الموضحة في شكل (٢ - ٦١) لتثبيت أنواع بادئ الحركة كبيرة الحجم. تستخدم ماسكات تثبيت (hold-down clamps) (الجزء ١ في شكل ٢ - ٦١). باستخدام طريقة التثبيت بالحمّالات، يكون هناك تلامس كهربائي جيد مع محرك المركبة.



شكل (٢ - ٦٢): تثبيت بادئ الحركة بطريقة الحمّالات (Cradle-mounted)

(١- ماسكات تثبيت لإحكام ربط بادئ الحركة بطريقة الحمّالات)

بصفة عامة، يتم تثبيت بادئ الحركة بشكل أفقي (horizontally) بحيث يكون المفتاح الكهرومغناطيسي (solenoid switch) وأطراف التوصيل (terminals) لأعلى. دليل التثبيت المبين على جسم بادئ الحركة يسمح بالمحافظة على خلوص صحيح بين أسنان ترس البنيون وترس حذافة المحرك.

٢- الكيبل الرئيس لبادئ الحركة (Main Starter Cable)

اختيار طول الكيبل الرئيس لبادئ الحركة يعتمد على المسافة بين البطارية وبادئ الحركة. دائماً تُجرى المحاولات لتقصير طول الكيبل الرئيس قدر المستطاع.

ترجع أهمية طول الكيبل الرئيس لبادئ الحركة إلى أن مساحة مقطع أي موصل كهربائي تعتمد على الأجهزة المكلفة بتوصيل التيار الكهربائي إليها. الحمل الكهربائي الأكبر في المركبة هو بادئ الحركة حتى ولو كان استخدامه فقط لإدارة محرك المركبة. من أجل ذلك، فإن مواصفات بادئ الحركة نفسه تحدد سعة البطارية ومساحة مقطع (cross section) الكيبل الرئيس لبادئ الحركة. عند إدارة محرك المركبة، فإنه يتم سحب أقصى قيمة للتيار من البطارية إلى بادئ الحركة،

لذلك يجب أن تكون المقاومة الكهربائية للكيبيل الرئيس أقل ما يمكن حتى يكون الفقد في الجهد قليلاً. المقاومة الكهربائية في خط الإمداد بالتيار وخط الرجاء معاً يجب ألا تزيد عن ١ مللي أوم (1 mΩ)، وأقصى فقد ممكن في الجهد يجب أن يكون في حدود ٠,٥ فولت (0.5 V) (لمقنن جهد ١٢ فولت 12 V و ١ فولت (1 V) (لمقنن جهد ٢٤ فولت 24 V).

يتم حساب مقطع الكيبيل الرئيس مع أخذ العوامل التالية في الاعتبار:

- ١- استهلاك التيار في بادئ الحركة تحت ظروف دائرة القصر (السرعة تساوي صفراً) والتحميل المسموح به للكيبيل ودرجة الحرارة المرافقة للحمل.
 - ٢- المادة المصنوع منها الكيبيل الرئيس ومقاومتها النوعية (تستخدم عادة الكيابل النحاسية نظراً لخصائصها الكهربائية المميزة)
 - ٣- طول الكيبيل
 - ٤- مقنن الجهد لمنظومة بدء الحركة، وكذلك الفقد في الجهد المسموح به تحت ظروف دائرة القصر
- في معظم الحالات، يتم عمل التوصيل الأرضي لبداي الحركة عن طريق تلامس جسمه مع جسم محرك المركبة، ثم يعود الكيبيل الأرضي من جسم المحرك إلى البطارية. إذا كان هناك كيبيل أرضي معزول لبداي الحركة، فليس هناك معنى لتلامس بادئ الحركة مع المحرك. تتم حماية أطراف توصيل بادئ الحركة بواسطة أغطية أو جلب مطاطية.

٣- مفتاح بادئ الحركة (مفتاح السلف) (Starter Switch)

المفاتيح المستخدمة مع منظومة بدء الحركة، هي في معظم الحالات مفاتيح ميكانيكية يتم تشغيلها يدوياً. يتم استخدام هذه المفاتيح للتشغيل المباشر لبداي الحركة صغير ومتوسط الحجم، أو للتشغيل غير المباشر عن طريق مرحلات إضافية.

٣- ١ - مفتاح بادئ الحركة أحادي الغرض (Single-purpose Starter Switch)

هو نوع بسيط من المفاتيح القياسية ذات الزر الانضغاطي (pushbutton) يسمى "المفتاح أحادي الغرض" (تشغيل أو إيقاف on/off). يعود المفتاح أحادي الغرض إلى وضعه الأصلي تلقائياً (مثل مفتاح تشغيل بادئ الحركة في بعض محركات الديزل في الشاحنات).

٣ - ٢ - مفاتيح الإشعال/بادئ الحركة (Ignition/Starter Switches)

مفاتيح الإشعال/بادئ الحركة هي مفاتيح متعددة الأغراض (لها عدة أوضاع تشغيل داخلية) تستخدم مع أنظمة الإشعال بالشرارة (في معظم المركبات الحديثة). تستخدم هذه المفاتيح لإمداد غالبية الأحمال الكهربائية في المركبة بالتيار اللازم لتشغيلها (بما في ذلك نظام الإشعال ومنظومة بدء الحركة).

تتميز الأنواع المختلفة من مفاتيح الإشعال/بادئ الحركة بوجود عدد من الأوضاع للمفتاح، منها على سبيل المثال: إيقاف - تشغيل - بدء إدارة محرك (off - on - start). قد تزيد هذه الأوضاع لتشمل وضع أنوار الوقوف (parking lights) أو تشغيل الراديو (radio). عند اختيار وضع المفتاح لبدء إدارة محرك المركبة (start) وعند الانتهاء من ذلك، يعود المفتاح تلقائياً إلى وضع التشغيل العادي لأنظمة المركبة المختلفة (وضع on).

الأعطال الشائعة في منظومة بدء الحركة (Starting-system Troubles)

هناك ثلاثة مشاكل أساسية خاصة بإدارة محرك المركبة وقد ترتبط هذه الشكاوى أو المشاكل ارتباطاً مباشراً بأحد مكونات منظومة بدء إدارة محرك المركبة بصفة عامة أو ببادئ الحركة بصفة خاصة، هذه المشاكل أو الشكاوى يمكن إحرازها كما يلي:

- ١ - محرك المركبة لا يدور عند استخدام باديئ الحركة.
- ٢ - محرك المركبة يدور ببطء ولكنه لا يبدأ عمله.
- ٣ - محرك المركبة يدور بصورة طبيعية ولكنه لا يبدأ عمله (هذه الحالة لا يتسبب فيها نظام باديئ الحركة، فقد يكون السبب وجود مشكلة في نظام الإمداد بالوقود أو نظام الإشعال أو مشكلة في محرك المركبة نفسه).

هناك مشاكل أخرى ترتبط ارتباطاً مباشراً بنظام باديئ الحركة مثل الأصوات الصادرة عن عمل المُرحّل أو المفتاح الكهرومغناطيسي (الدقمة) أو البطء في فصل تعشيق ترس البنيون من ترس الحذافة. عند تشخيص الأعطال في نظام باديئ الحركة، يجب أن نأخذ في الاعتبار حالة الإضاءة الأمامية الرئيسية في المركبة، وأن معظم مشاكل منظومة بدء الحركة يمكن حلها بالبحث عن أعطال البطارية والمكونات المرتبطة بها.

جدول (٢ - ٢) يوضح الاحتمالات المختلفة المسببة لما سبق ذكره من مشاكل أو شكاوى كأعطال في نظام بادئ الحركة وأسباب هذه الأعطال وكيفية علاجها.

العطل	أسباب العطل	علاج العطل
محرك المركبة لا يدور (الأنوار الأمامية ساطعة)	١ - دائرة مفتوحة في مفتاح الإشعال والسلف. ٢ - دائرة مفتوحة في المحرك الكهربائي لبادئ الحركة. ٣ - فتح في دائرة التحكم. ٤ - وصلة منصهر مفتوحة	١ - افحص نقاط التلامس وتوصيلات مفتاح الإشعال والسلف. ٢ - افحص عضو التوحيد والفرش والتوصيلات. ٣ - افحص المفتاح الكهرومغناطيسي (الدقمة) والمُرَّحل ومفتاح تشغيل بادئ الحركة والتوصيلات. ٤ - صحح سبب الانصهار واستبدل وصلة المنصهر.
محرك المركبة لا يدور (الأنوار الأمامية تخفت بشدة)	١ - مشكلة في محرك المركبة. ٢ - البطارية ضعيفة (أو مفرغة). ٣ - درجة حرارة الجو المحيط منخفضة جداً. ٤ - التصاق محامل عضو الاستنتاج أو دائرة قصر في المحرك الكهربائي لبادئ الحركة.	١ - افحص محرك المركبة للوصول لسبب العطل. ٢ - افحص حالة شحن البطارية أو استبدلها. ٣ - يجب أن تكون البطارية تامة الشحن، ومحرك المركبة وتوصيلات الدوائر المختلفة والمحرك الكهربائي لبادئ الحركة في حالة جيدة. ٤ - قم بإصلاح المحرك الكهربائي لبادئ الحركة أو استبداله.
محرك المركبة لا يدور	١ - خلل أو انزلاق في مجموعة إدارة	١ - استبدل الأجزاء المسببة لذلك.

<p>٢- قم بتنظيف عضو التوحيد واستبدل الفرش وقم بإصلاح التوصيلات التالفة.</p>	<p>بادئ الحركة.</p> <p>٢- مقاومة مفرطة أو دائرة مفتوحة في المحرك الكهربائي لبادئ الحركة.</p>	<p>(الأنوار الأمامية تخفت ببطء)</p>
<p>١- قم بتنظيف ماسكات كيابل البطارية والأقطاب واربط الكيابل جيداً.</p>	<p>١- وجود توصيلات رديئة، ويحتمل عند البطارية.</p>	<p>محرك المركبة لا يدور (الأنوار الأمامية تنطفئ تماماً)</p>
<p>١- اشحن البطارية أو استبدلها.</p> <p>٢- نظف واربط التوصيلات واستبدل ما يلزم من أسلاك.</p>	<p>١- البطارية ميتة (تفريغ تام).</p> <p>٢- وجود دائرة مفتوحة.</p>	<p>محرك المركبة لا يدور (الأنوار الأمامية لا تعمل)</p>
<p>١- افحص حالة شحن البطارية أو استبدلها.</p> <p>٢- يجب أن تكون البطارية تامة الشحن، ومحرك المركبة وتوصيلات الدوائر المختلفة والمحرك الكهربائي لبادئ الحركة في حالة جيدة.</p> <p>٣- اختبر المحرك الكهربائي لبادئ الحركة.</p> <p>٤- قم بتركيب بطارية بسعة مناسبة ومقاسات كيابل مناسبة.</p> <p>٥- افحص محرك المركبة.</p> <p>٦- اشحن البطارية أو استبدلها.</p>	<p>١- البطارية بدأت في الانهيار.</p> <p>٢- درجة حرارة الجو المحيط منخفضة جداً.</p> <p>٣- عيب في المحرك الكهربائي لبادئ الحركة.</p> <p>٤- مقاسات كيابل البطارية أو سعة البطارية أقل من اللازم.</p> <p>٥- عطل ميكانيكي في محرك المركبة.</p> <p>٦- استمرار قائد المركبة في محاولة</p>	<p>محرك المركبة يدور ببطء، ولكنه لا يبدأ عمله</p>

	إدارة المحرك مما تسبب في بدء انهيار البطارية.	
محرك المركبة يدور بصورة طبيعية، ولكنه لا يبدأ عمله	<p>١- عيب في نظام الإشعال.</p> <p>٢- عيب في نظام الإمداد بالوقود.</p> <p>٣- تسريب هواء في مجمع السحب أو المغذي.</p> <p>٤- عيب في محرك المركبة.</p>	<p>١- قم بفحص قوة الشرارة، و توقيت الإشعال و نظام الإشعال.</p> <p>٢- افحص مضخة الوقود وخطوط الوقود والمغذي أو نظام حقن الوقود.</p> <p>٣- قم بإحكام التشيت والربط جيداً وتغيير الحاشيات (الجوانات) إذا لزم.</p> <p>٤- اختبر الانضغاط في المحرك وتوقيت الصمامات... إلى آخره.</p>
صدور أصوات (اصطكاك) من المرحل أو من مفتاح التشغيل الكهربومغناطيسي (الدقمة)	<p>١- الملف مفتوح.</p> <p>٢- البطارية ضعيفة.</p> <p>٣- احتراق نقاط التلامس.</p>	<p>١- استبدل المفتاح الكهربومغناطيسي (الدقمة).</p> <p>٢- اشحن البطارية أو استبدلها إذا لزم.</p> <p>٣- استبدل المرحل أو المفتاح.</p>
البطء في فصل تعشيق ترس البنيون من ترس الحذافة	<p>١- التصاق العمود الدفعي (قلب) المفتاح الكهربومغناطيسي.</p> <p>٢- التصاق قابض السرعة الزائدة على عمود عضو الاستنتاج.</p> <p>٣- عيب في قابض السرعة الزائدة.</p> <p>٤- ضعف نابض إرجاع ذراع التعشيق (ذراع الدفع).</p>	<p>١- نظف وحرر العمود الدفعي.</p> <p>٢- نظف عمود عضو الاستنتاج وجلبة قابض السرعة الزائدة.</p> <p>٣- استبدل قابض السرعة الزائدة.</p> <p>٤- قم بتركيب نابض جديد.</p>
ضوضاء غير طبيعية صادرة من منظومة بدء الحركة	١- نغمة أنين عالية أثناء إدارة محرك المركبة (قبل بدء الإشعال في	١- اضبط الخلوصل بين ترس البنيون وترس الحذافة.

<p>٢- اضبط الخلوصل بين ترس البنينون وترس الحذافة.</p> <p>٣- استبدل قابض السرعة الزائدة.</p> <p>٤- استبدل عضو الاستنتاج.</p>	<p>محرك المركبة) بسبب وجود خلوص كبير جداً بين ترس البنينون وترس حذافة محرك المركبة.</p> <p>٢- نغمة أنين عالية بعد إدارة محرك المركبة وبدء الإشعال وبعد إرجاع مفتاح تشغيل بادئ الحركة بسبب وجود خلوص صغير جداً بين ترس البنينون وترس حذافة محرك المركبة.</p> <p>٣- صوت مرتفع و طنين وصوت صفير بعد إدارة محرك المركبة وبدء الإشعال وبداي الحركة مازال في حالة تعشيق مع المحرك بسبب عيب في قابض السرعة الزائدة.</p> <p>٤- صوت قرقرة أو دق أو زمجرة عند اتجاه بادئ الحركة للتوقف بعد انتهاء إدارة محرك المركبة بسبب انحناء عمود عضو الاستنتاج أو عدم اتزانها.</p>	
---	---	--

جدول (٢ - ٢): الأعطال الشائعة في منظومة بدء الحركة

صيانة بادئ الحركة (Starter Maintenance)

الفحص الدوري لحالة المحرك الكهربائي لبداي الحركة بصفة خاصة و منظومة بدء الحركة بصفة عامة يساعد في تقليل احتمالية حدوث أعطال على الطريق أثناء استخدام المركبة. يعتمد الفحص الدوري على طريقة تشغيل بادئ الحركة.

تشمل أعمال الصيانة مجموعة من البنود التي يجب تنفيذها على الأقل سنوياً، كما يجب اعتبارها جزءاً من أعمال ضبط محرك المركبة (العمر الافتراضي لبداي الحركة يكون تقريباً هو نفس عمر محرك المركبة).

عموماً تشتمل أعمال الصيانة على عدة بنود (سيتم تناولها بالتفصيل من خلال الحقبة التدريبية

العملية للمقرر)، هي:

- ١- الفحص الظاهري لمنظومة بدء الحركة ويشمل:
 - أ- وجود كسر أو شرخ في أجزاء المنظومة.
 - ب- أعمال تنظيف الأجزاء مثل ترس البنيون والترس الحلقى للحذافة وعضو التوحيد وعضو الاستنتاج.
 - ج- التأكد من الربط الجيد للتوصيلات
 - د- التأكد من تثبيت بادئ الحركة جيداً في مكانه بالمركبة.
- ٢- اختبار عمل و أداء المحرك الكهربائي لبداي الحركة (يدار بادئ الحركة أولاً ليتم التأكد من سرعة دورانه واستقرار عمله، ثم تجرى أعمال الاختبار بعد ذلك).
- ٣- اختبار عمل مفتاح الأمان الحيادي لمنظومة بدء الحركة.
- ٤- الكشف على حالة الفرش الكربونية للتأكد من سلامة حالتها واستبدالها عند الضرورة.
- ٥- الكشف على جلب نهايتي عمود عضو الاستنتاج (الجلب) وتغييرها إذا لزم الأمر (ينطبق ذلك أيضاً في حالة بعض الأنواع من بادئ الحركة التي تستخدم محامل كروية أو ذات مدحرجات أسطوانية).

تجب ملاحظة عدم إدارة بادئ الحركة عند إجراء أعمال الصيانة أكثر من ١٥ ثانية في المرة

الواحدة حتى لا يتعرض للسخونة الزائدة.

بعض الأنواع الحديثة من بادئ الحركة لا تسمح بالفحص إلا إذا تم فكها. لذلك ننصح بفك بادئ الحركة من مكانه بالمركبة لعمل التنظيف والفحص بعناية تامة تمهيداً لإجراء أعمال الصيانة أو أعمال الإصلاح اللازمة.

امتحان ذاتي رقم (١)

أولاً: ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة وضع علامة (X) أمام العبارة الخطأ، في العبارات التالية:

- ١- تحتوي دائرة التحكم في منظومة بدء الحركة على مفتاح أمان لمنع تشغيل المنظومة عندما يكون ناقل الحركة في حالة تعشيق ().
- ٢- بادئ الحركة يقوم بتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية ().
- ٣- أثناء اختبار بادئ الحركة، يجب تحييد عمل نظام الإشعال حتى لا يستطيع محرك المركبة أن يعمل ().
- ٤- في الدائرة الكهربائية لمحرك بدء الإدارة الكهربائي، يمر تيار عال من البطارية إلى محرك بدء الإدارة خلال كيا بل قوية ().
- ٥- دائرة التحكم في منظومة بدء الحركة تسحب تياراً عالياً لتشغيل المفتاح الكهرومغناطيسي الذي يفتح ويغلق دائرة محرك بدء الإدارة الكهربائي ().

ثانياً: ضع دائرة حول الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المرفقة مع كل سؤال من الأسئلة الآتية:

- ١- أي من أجزاء بادئ الحركة التالية لا يدور أثناء تشغيل بادئ الحركة ؟:
 - أ - ملفات عضو الاستنتاج
 - ب - قطاعات عضو التوحيد
 - ج - ترس البنيون
 - د - أحذية القطب
- ٢- أي من الأجزاء التالية ليس ضمن دائرة التيار العالي لمنظومة بدء الحركة ؟:
 - أ - البطارية
 - ب - مفتاح الأمان
 - ج - محرك بدء الإدارة الكهربائي
 - د - مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي

٣- أي من الاختبارات التالية يتم إجراؤها لتحري المقاومة العالية في كيابل البطارية ؟:

أ - اختبار المقاومة المفترطة

ب - اختبار سحب الأمبير

ج - اختبار اللا حمل

د - اختبار الدائرة المفتوحة لعضو الاستنتاج

٤- إذا انطفأت الأنوار الأمامية تماماً ومحرك المركبة لا يدور عند إدارة مفتاح تشغيل محرك

المركبة ، قد يكون السبب:

أ - تلف مفتاح تشغيل الأنوار الأمامية

ب - البطارية مفرغة تماماً (ميتة)

ج - كيابل البطارية غير محكمة الربط

د - وجود دائرة مفتوحة في محرك بدء الإدارة الكهربائي

٥- محرك بدء الإدارة الكهربائي لبادئ الحركة يقوم بإدارة عمود مرفق محرك المركبة

بسرعة دوران حوالي:

أ - ٣٠٠٠ لفة/دقيقة

ب - ٤٥٠٠٠ لفة/دقيقة

ج - ٢٥ لفة/دقيقة

د - ٢٠٠ لفة/دقيقة

ثالثاً: أجب عن الأسئلة التالية:

١- ما هي وظيفة منظومة بدء الحركة في المركبة ؟

٢- ما هي المكونات الداخلية الأساسية لمحرك بدء الإدارة الكهربائي ؟

٣- اذكر الأنواع الثلاثة لمحرك بدء الإدارة الكهربائي.

٤- يحتوي مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي لبادئ الحركة على نوعين من اللفائف، ما هي ؟

٥- ما هي أسباب صدور ضوضاء من المُرَّحَل أو من مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي ؟

امتحان ذاتي رقم (٢)

أولاً : ضع علامة (√) أمام العبارة الصحيحة وضع علامة (X) أمام العبارة الخطأ ، في العبارات التالية :

- ١- محرك بدء الإدارة الكهربائي عبارة عن محرك كهربائي قادر على إنتاج قدرة كهربائية عالية في فترات زمنية قصيرة () .
- ٢- مجموعة الإدارة في بادي الحركة تقوم بالتعشيق مع الترس الحلقى للحذافة وإدارته حتى يمكن إدارة محرك المركبة () .
- ٣- عند فك بادئ الحركة من المركبة ، يجب أولاً فك الكيبل الموجب للبطارية () .
- ٤- يتم التحكم في مرور التيار في دائرة التحكم في منظومة بدء الحركة بواسطة مفتاح الأمان الحيادي () .
- ٥- قابض السرعة الزائدة يحمي محرك بدء الإدارة الكهربائي من الدوران بسرعة زائدة بمجرد بدء دوران محرك المركبة () .

ثانياً : ضع دائرة حول الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المرفقة مع كل سؤال من الأسئلة الآتية :

- ١- بعض أنواع بادئ الحركة يحتوي على حذاء قطب متحرك ، وذلك بغرض :
 - أ - زيادة عزم بادئ الحركة
 - ب - تقليل سرعة دوران بادئ الحركة
 - ج - تعشيق مجموعة إدارة بادئ الحركة
 - د - حماية بادئ الحركة من الحرارة الزائدة
- ٢- أي من الأجزاء التالية ليس ضمن دائرة التحكم في منظومة بدء الحركة ؟
 - أ - مفتاح الإشعال
 - ب - مفتاح التشغيل الكهربومغناطيسي
 - ج - مقاومة الكبح في دائرة الإشعال الابتدائية
 - د - مفتاح الأمان
- ٣- جهد بدء إدارة محرك المركبة يكون في المعتاد حوالي :
 - أ - ٩,٦ فولت

ب - ١٠,٥ فولت

ج - ١١ فولت

د - ١٢,٦٥ فولت

٤- إذا لم تعمل الأنوار الأمامية وفشلت محاولة إدارة محرك المركبة، قد يكون السبب:

أ - احتراق لمبات الأنوار الأمامية

ب - وجود دائرة مفتوحة

ج - البطارية ميتة (مفرغة تماماً)

د - وصلة منصهر مفتوحة

٥- المجال المغناطيسي الساكن في محرك بدء الإدارة الكهربائي يتم إنتاجه بواسطة:

أ - ملفات المجال أو المغناطيس الدائم

ب - الفرش وعضو التوحيد

ج - ملفات عضو الاستنتاج وقطاعات عضو التوحيد

د - المُرَّحَل أو مفتاح التشغيل الكهربومغناطيسي

ثالثاً: أجب عن الأسئلة التالية:

- ١- ما هي المكونات الأساسية لمنظومة بدء الحركة بالمركبة ؟
- ٢- اذكر أسماء الهياكل الثلاثة المكونة لجسم بادئ الحركة.
- ٣- أين يتم تثبيت مفتاح الأمان الحيادي ضمن دائرة التحكم في منظومة بدء الحركة ؟
- ٤- اذكر الأنواع الثلاثة الرئيسة لبادئ الحركة المستخدم في المركبات.
- ٥- ما هي المكونات الأساسية الثلاثة لبادئ الحركة ؟

إجابة امتحان ذاتي رقم (١)

أولاً:

- ١- √
- ٢- X (العكس صحيح)
- ٣- √
- ٤- √
- ٥- X (تياراً صغيراً)

ثانياً:

- ١- د
- ٢- ب
- ٣- أ
- ٤- ج
- ٥- أ

ثالثاً:

- ١- وظيفة منظومة بدء الحركة هي:
 - أ- إعطاء محرك المركبة عزم دوران كبير في بداية تشغيله للتغلب على المقاومات التي قد تعيق تشغيله.
 - ب- إيصال محرك المركبة إلى أقل سرعة دوران لازمة لإشعال خليط الهواء والوقود (بتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية في صورة حركة أو سرعة دوران).
- ٢- المكونات الداخلية الأساسية لمحرك بدء الإدارة الكهربائي هي:
 - أ- عضو الاستنتاج وعضو التوحيد

- ب- أحذية القطب وملفات الإثارة
- ج- الفرش الكربونية وحامل الفرش الكربونية و نوابض الضغط على الفرش
- د- هيكل المجال (الهيكل الأوسط)

٣- الأنواع الثلاثة لمحرك بدء الإدارة الكهربائي هي:

- أ- محرك كهربائي توالي
- ب- محرك كهربائي توازي
- ج- محرك كهربائي مُركَّب

٤- أنواع لفائف مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي لبادئ الحركة هي:

- أ- لفائف سحب
- ب- لفائف إيقاف

٥- أسباب صدور ضوضاء من المُرَّحل أو من مفتاح التشغيل الكهرومغناطيسي هي:

- أ- الملف مفتوح.
- ب- البطارية ضعيفة.
- ج- احتراق نقاط التلامس.

إجابة امتحان ذاتي رقم (٢)

أولاً:

- ١- ✓
- ٢- ✓
- ٣- X (القطب السالب)
- ٤- X (مفتاح الإشعال)
- ٥- ✓

ثانياً:

- ١- ج
- ٢- ج
- ٣- أ
- ٤- ج
- ٥- أ

ثالثاً:

١- المكونات الأساسية لمنظومة بدء الحركة في المركبة هي:

- أ- بطارية المركبة
- ب- مفتاح الإشعال وبادئ الحركة (السلف)
- ج- مفتاح كهرومغناطيسي أو مُرَّحَل
- د- محرك بدء الإدارة الكهربائي
- هـ- ترس البنيون (الترس الصغير)
- و- الترس الحلقى لحذافة محرك المركبة
- ز- مفتاح الأمان
- ح- كيا بل دائرة المحرك الكهربائي (دائرة التيار العالي)
- ط- أسلاك دائرة التحكم (دائرة التيار المنخفض)

٢- الهيكل الثلاثة المكونة لحسم بادئ الحركة هي:

- أ- الهيكل الأوسط
 - ب- هيكل نهاية مجموعة الإدارة وتعشيق البنيون
 - ج- هيكل نهاية الفرش الكربونية
- ٣- يتم تثبيت مفتاح الأمان الحياضي ضمن دائرة التحكم في منظومة بدء الحركة في أحد مكانين:

- أ- بين مفتاح الإشعال والمُرَّحل أو مفتاح التشغيل الكهربومغناطيسي
- ب- بين المُرَّحل الكهربائي والأرضي

٤- الأنواع الثلاثة الرئيسة لبادئ الحركة المستخدم في المركبات هي:

- أ- بادئ الحركة الموجب التعشيق
- ب- بادئ الحركة ذو التشغيل الكهربومغناطيسي
- ج- بادئ الحركة ذو المغناطيس الدائم

٥- المكونات الأساسية الثلاثة لبادئ الحركة هي:

- أ- محرك بدء الإدارة الكهربائي
- ب- مفتاح التشغيل الكهربومغناطيسي (الدقمة)
- ج- مجموعة الإدارة وتعشيق ترس البنيون