المحاضرة العاشرة

يمكن حصر أهمية منظومة الشحن والغرض منها في المركبة فيما يلي:

١- تحويل الطاقة الميكانيكية لمحرك المركبة (في صورة سرعة دوران) إلى طاقة كهربائية.

٢- إعادة شحن البطارية بعد إتمام إدارة محرك المركبة (وعند جميع سرعات دورانه)، أو بعد استعمال بعض الملحقات الكهربائية ومحرك المركبة متوقف عن العمل.

٣- إمداد كافة الأجهزة والدوائر الكهربائية والإلكترونية في المركبة بالطاقة الكهربائية التي تحتاجها لأداء عملها في أي وقت أثناء دوران محرك المركبة.

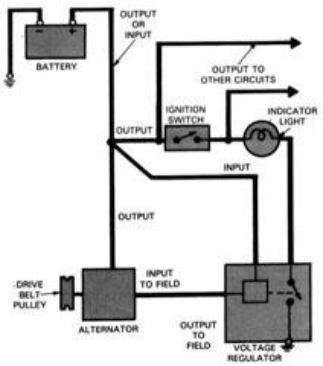
٤- إمداد البطارية بجهد أعلى قليلاً من جهدها الاسمي (١٤ فولت للبطارية ١٢ فولت، و ٢٨ للبطارية ٢٤ فولت).

٥- تغيير خرج منظومة الشحن ليناسب الأحمال الكهربائية المختلفة في المركبة.

مكونات منظومة الشحن (Charging System Components)

تستخدم الدائرة الأساسية لمنظومة الشحن الموضحة في شكل (٣ – ٢): بطارية، مولِّد تيار كهربائي، منظم جهد، مفتاح إشعال، ومبين شحن. مكونات منظومة الشحن تعمل معاً لتكون مصدراً للإمداد بالطاقة الكهربائية في المركبة.

عند عدم عمل محرك المركبة، تتولى البطارية تغذية النظام الكهربائى للمركبة بالطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيله. عندما يعمل محرك المركبة، يقوم سير واصل من بكرة عمود المرفق بإدارة المُوَّلد الكهربائي في منظومة الشحن. يستطيع المُوَّلد الكهربائي عندئذ تقديم خرج كهربائي (electrical output). يسري التيار الكهربائي (تيار خرج المولِّد) إلى البطارية لإعادة شحنها، وإلى الدوائر الكهربائية والإلكترونية في المركبة لتشغيلها.



شكل (٣ – ٢): المكونات الأساسية لمنظومة الشحن في المركبة

٣- **عيوب مُوَّلد التيار المستمر (DC Generator Disadvantages)**

العيوب التي ظهرت من خلال أداء مُوَّلد التيار المستمر، هي في نفس الوقت من الأسباب التي أدت إلى التفكير في تطويره والوصول إلى مُوَّلد التيار المتردد المستخدم حالياً في المركبات الحديثة.

من أهم عيوب مُوَّلد التيار المستمر:

١- إمكانية مقيدة وشاقة البلوغ للعمل عند مدى سرعات دوران مفتوح.

٢- لا يمكن بلوغ أقصى سرعة دوران مسموح بها و إلا تعرض عضو التوحيد (المسؤول عن تجميع وتقويم التيار) للسخونة الزائدة مما يقلل من العمر الافتراضي للفرش الكربونية.

٣- التحميل على ملفات عضو الاستنتاج كنتيجة لقوى القصور الذاتي، لابد أن تؤخذ في الاعتبار عند البحث عن أسباب تلف المُوَّلد وقصر عمره الافتراضي.

٤- في حالات كثيرة، لا يوجد خرج للمُوَّلد عند دوران محرك المركبة عند السرعة الخاملة (سرعة اللا حمل أو سرعة التباطؤ). عند سرعة التباطؤ لمحرك المركبة، يكون الجهد المتولد منخفضاً جداً (بمعنى أن جهد الشحن الضروري للبطارية والنظام الكهربائي في المركبة لم يتم الوصول إليه).

٥- الحاجة الكبيرة للصيانة المستمرة بسبب التآكل الشديد في الفرش الكربونية.

٦- رفع قدرة الخرج للمُوَّلد يسبب زيادة غير متناسبة في أبعاد ووزن المُوَّلد.

مولدات التيار المتردد

(ALTERNATORS)

العيوب التي ظهرت في أداء مُوَّلد التيار المستمر، أدت إلى التفكير في تطويره والبحث عن البديل الذي يمكنه تلافي تلك العيوب وتحويلها إلى مميزات. توصل البحث والتطوير إلى الوصول إلى مُوَّلد التيار المتردد أو ما يسمى "مُوَّلد التيار المتردد ثلاثي الأطوار" أو ثلاثي الأوجه **(Alternators)**.

أهمية مُوَّلدات التيار المتردد (Importance of Alternators)

كما أشرنا من قبل، فإن الزيادة في متطلبات الأنظمة والدوائر الكهربائية والإلكترونية في المركبات الحديثة من الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيلها وحدوث تغيرات متكررة وشاقة وأحياناً معاكسة في ظروف القيادة، أدت إلى متطلبات قاسية من منظومة الشحن ولم يكن قادراً على الوفاء بها إلا تصميم موَّلدات التيار المتردد.

ومتعددة. أهم هذه المتطلبات ما يلي:

١- إمداد جميع الأحمال الكهربائية والإلكترونية بتيار مستمر.

٢- وجود قدرة إضافية احتياطية للشحن السريع للبطارية وعند التشغيل المتواصل للأحمال وعندما يدور محرك المركبة على سرعة التباطؤ.

٣- المحافظة على جهد المُوَّلد ثابتاً عند كامل مدى سرعات محرك المركبة.

٤- عدم الحاجة إلى صيانة قدر المستطاع.

٥- متانة المُوَّلد ومكوناته لمقاومة جميع الأحمال الخارجية المؤثرة عليه بسبب الاهتزازات والتغير في درجة الحرارة والأتربة والرطوبة والوقود ووسائط التزييت (زيوت وشحوم).

٦- وزن أقل وتصميم مدمج.

٧- ضوضاء أقل.

٨- عمر افتراضي أطول.

أساسيات عمل مولّد التيار المتردد (Principles of Alternator Operation)

يعمل مُوَلّد التيار المتردد (alternator) في المركبة على أساس مبدأ الحث الكهرومغناطيسي (electromagnetic induction). عندما يتحرك ملف (coil) من السلك خلال مجال مغناطيسي (magnetic field)، يستحث أو يتولد جهد كهربائي (induced voltage) في الملف.

يمكن أن يستحث الجهد الكهربائي بصورة فعلية بإحدى الطريقتين الآتيتين:

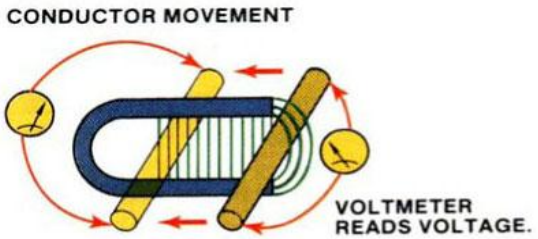
١- بتحريك ملف السلك خلال المجال المغناطيسي الساكن.

٢- الإبقاء على ملف السلك ساكناً وتحريك المجال المغناطيسي.

مُوَلّد التيار المستمر (DC generator) يعمل بالطريقة الأولى، حيث يستحث الجهد الكهربائي في الملفات التي تدور (ملفات عضو الاستنتاج) في مجال مغناطيسي ساكن (أحذية القطب وملفات الإثارة).

مُوَلّد التيار المتردد (AC generator or Alternator) يعمل بالطريقة الثانية، حيث المجال المغناطيسي يدور ويمثله ما يسمى العضو الدوار (rotor) ويتولد الجهد الكهربائي في الملفات الساكنة ويمثلها ما يسمى العضو الساكن (stator).

عند تحريك قطعة مستقيمة من موصل خلال مجال مغناطيسي كما في شكل (٣ – ٨) وتوصيل طرفي جهاز فولتمتر، فإن الفولتمتر يسجل قراءة فولتية صغيرة. تسجيل الفولتمتر للقيمة الفولتية يدل على أن هناك جهد تم حثه في الموصل. يمكن الحصول على جهد كهربائي مستحث، لابد من تحريك موصل ليقطع خطوط الفيض المغناطيسي (magnetic flux lines) في وضع متعامد. لا يستحث أي جهد كهربائي إذا وازى الموصل في أثناء حركته خطوط الفيض المغناطيسي. يمكن أن يستحث جهد كهربائي لنفس الحالة الموضحة في شكل (٣ – ٨) عند الإبقاء على الموصل ساكناً وتحريك المجال المغناطيسي زاوية قائمة. هذا هو مبدأ عمل مُوَّلد التيار المتردد في المركبات، حيث يتم تحريك (دوران) مجال مغناطيسي (العضو الدوار) في محيط ملفات ساكنة (العضو الساكن) لتوليد جهد كهربائي وتيار كهربائي.



شكل (٣ – ٨): الجهد المستحث من قطع موصل متحرك لخطوط المجال المغناطيسي

نستنتج مما سبق أن هناك ثلاثة شروط هامة لزيادة قيمة التيار (عدد الإلكترونات) المستحث في الموصل، هذه الشروط الثلاثة هي:

١- زيادة قوة المجال المغناطيسي.
٢- زيادة سرعة دوران المجال المغناطيسي.
٣- زيادة عدد الملفات الساكنة.

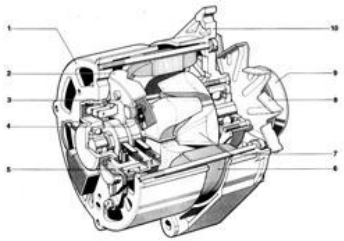
تركيب مولّد التيار المتردد (Construction of an Alternator)

الحديثة (مثال لشرح مكونات مُوَلّد التيار المتردد). يتكون مُوَلّد التيار المتردد من الأجزاء التالية:

١- غطاء نهاية حلقة المُجَمِعْ (Collector-ring end shield): لتثبيت عمود العضو الدوار من ناحية حلقات المُجَمِّعْ المنزلقة (slip rings)، ويتم حمل نهاية العمود على محمل كروي.

٢- المُقـوِّمْ (Rectifier): لوح به مجموعة ثقوب تماثل الثقوب الموجودة في اللوح الحامل للمُوَحِّدات (الثقوب تستخدم للتخلص من الحرارة). يتم تجميع اللوحين بالشكل الموضح وتوجد مجموعة من المُوحِّدات (الدايودات) فيما بينها. الدايودات عددها على الأقل ٩ (تسعة)، منها ٦ (ستة) تسمى دايودات القدرة (جزء رقم ٣) و ٣ (ثلاثة) تسمى دايودات الإثارة (جزء رقم ٤) ومهمتها تحويل التيار المتردد ثلاثي الأطوار المتولد إلى تيار مستمر. المُقوِّم من الأجزاء الساكنة مثل العضو الساكن.

شكل (٣ – ١٢): الأجزاء الداخلية لمُوَلّد التيار المتردد



شكل (٣ – ١٣): المكونات الداخلية لمُوَلّد التيار المتردد

٣- مُوحِّد (دايود) القدرة (Power diode): عددها ٦ (ستة دايودات) ضمن المُقَوِّمْ كما أوضحنا في الجزء رقم (٢). الدايودات تصنع من مواد أشباه الموصلات (تصنع عادة من السليكون)، وتعمل كصمام كهربائي أحادي الاتجاه بحيث يسمح للتيار بالمرور في اتجاه واحد فقط.

٤- مُوَحِّد (دايود) الإثارة (Exciter diode): عددها ٣ (ثلاثة دايودات) خاصة بدائرة الإثارة ضمن المُقَوِّمْ كما أوضحنا في الجزء رقم (٢).

٥- منظم وحامل الفرش والفرش الكربونية (Regulator, Brushes holder, and Carbon Brushes): المنظم يعمل على تنظيم التيار والجهد ويثبت إما داخل المُوَلِّد أو على سطحه الخارجي أو بعيداً عنه في مكان آمن في غرفة محرك المركبة. يتم توصيل المنظم مع حامل الفرش بواسطة مقبس توصيل كهربائي مكونة جزءاً واحداً. حامل الفرش الكربونية يحمل فرشتين يتم ضغطهما على حلقات مُجمِّعْ العضو الدوار المنزلقة، وتقوم بتوصيل تيار الإثارة إلى ملف الإثارة في العضو الدوار.

٦- العضو الساكن (Stator): مع ملفات العضو الساكن (stator windings) ثلاثية الأطوار (three-phase) التي توصل التيار المتولد إلى المُقَوِّمْ (rectifier) (ساكن أيضاً). يتكون العضو الساكن من مجموعة رقائق تبادلية ذات مجرى معزولة مضغوطة على بعضها مكونة القلب المصمت للعضو الساكن، وتدفن ملفات العضو الساكن في مجاري القلب.

٧- العضو الدوار (Rotor): عبارة عن عمود (عمود العضو الدوار) يحمل الأقطاب المغناطيسية المخلبية (claw poles)، كما يحمل مُجَمِّعْ العضو الدوار وهو عبارة عن حلقتين (two collector rings). يتم تقسيم الأقطاب المخلبية على نصفين متداخلين كما هو موضح بالشكل بينهما ملف واحد يسمى ملف الإثارة (excitation winding). ملف الإثارة عبارة عن ملف دائري مفرد كما هو موضح ضمن أجزاء العضو الدوار في شكل (٣ – ١٤). يتكون المجال المغناطيسي بواسطة تيار صغير (من ٤ إلى ٦ أمبير) يمر في ملف العضو الدوار من البطارية مباشرة عن طريق الفرش الكربونية كما في شكل (٣ – ١٥ إلى اليمين). عدد الأقطاب المغناطيسية ١٢ أو ١٤ وقد يصل إلى ١٦ (نصفها شمالي (N) ونصفها جنوبي (S)) حسب تصميم المُوَلِّد، ويتحرك المجال المغناطيسي بين مخالب الأقطاب من القطب الشمالي (N) إلى القطب الجنوبي (S) المجاور له مباشرة كما في شكل (٣ – ١٥ إلى اليسار).

دوائر مولّدات التيار المتردد ثلاثية الأطوار (The Circuits of the Alternators)

في مُوَلّد التيار المتردد ، توجد الدوائر الثلاث الآتية:

١- دائرة الإثارة الأولية (Pre-excitation Circuit): (إثارة خارجية بواسطة تيار البطارية)

٢- دائرة الإثارة أو دائرة الإثارة الذاتية (Excitation or Self-excitation Circuit)

٣- دائرة المُوَلّد أو الدائرة الرئيسة (Alternator or Main Circuit)

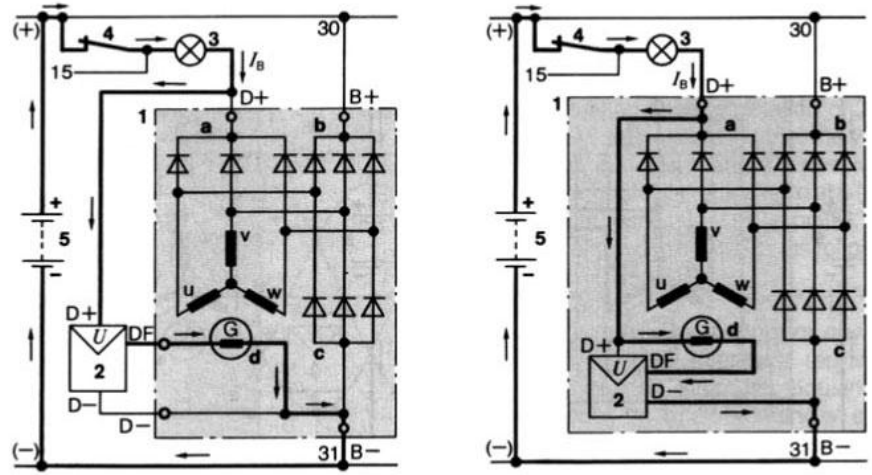
سيتم فيما يلي تناول هذه الدوائر بالتفصيل على أحد المُوَلّدات التي يستخدم العضو الساكن بها ملفات موصلة على شكل (Y) الأكثر استخداماً في غالبية المُوَلّدات.

١- دائرة الإثارة الأولية (Pre-excitation Circuit)

عند تشغيل مفتاح الإشعال (٤) كما هو موضح في شكل (٣ – ٢٦ إلى اليمين)، يمر تيار البطارية (I_B) عن طريق مصباح بيان الشحن (٣) إلى ملف الإثارة (d) في العضو الدوار ومنه إلى الأرضي عن طريق المنظم (٢). في حالة المنظم المثبت على الجسم الخارجي للمُوَلّد (G) (شكل ٣ – ٢٦ إلى اليسار)، يمر التيار أولاً من خلال المنظم (٢) وفقط بعد ذلك إلى ملف الإثارة في العضو الدوار (d). بهذه الطريقة يكون تيار البطارية قد أحدث إثارة أولية في المُوَلّد.

السؤال هو: لماذا يجب عمل إثارة أولية في المَوَّلد ؟. الإجابة: أن المغناطيسية المتبقية في القلب الحديدي لملف الإثارة في لحظة بدء الإدارة أو عند السرعات المنخفضة لمحرك المركبة، ليست كافية لإحداث الإثارة الذاتية اللازمة لبناء المجال المغناطيسي وبالتالي لتوليد الجهد المطلوب.

في دائرة الإثارة، يتصل دايود قدرة (دايود سالب)(c) مع دايود إثارة (a) على التوالي مع كل طور من الأطوار الثلاثة. لا يمكن أن تبدأ الإثارة الذاتية قبل أن يتغلب المُوَّلد على الهبوط في الجهد لهذه الدايودات (مقداره ٠,٧X٢ = ١,٤ فولت)، وهذا بالتحديد ما يفعله تيار الإثارة الأولية. المجال المغناطيسي الكبير الذي يسببه الاستهلاك الكافي للتيار في مصباح بيان الشحن (٣)، يساعد في بدء الإثارة الأولية. حتى لو كان محرك المركبة يدور عند سرعة التباطؤ، فإن مجال الإثارة يكون قوياً بدرجة تجعل الإثارة في المُوَّلد تحدث ذاتياً دون إثارة خارجية من تيار البطارية.



شكل (٣ – ٢٦): دائرة الإثارة الأولية

٢- دائرة الإثارة (دائرة الإثارة الذاتية) (Excitation (Self-excitation) Circuit)

واجب دائرة الإثارة (شكل ٣ – ٢٧)، هو إنتاج المجال المغناطيسي في ملف الإثارة (d) في العضو الدوار ومن ثم حث الجهد المطلوب في الملفات ثلاثية الأطوار للعضو الساكن (u, v, w) طوال زمن التشغيل.

في حالة المنظم المثبت داخل المُوَلِّد، جزء من تيار ملفات العضو الساكن الثلاثية الأطوار يمر خلال دايودات الإثارة الثلاثة، ثم يتم إمداد ملف الإثارة بالعضو الدوار والمنظم (الطرف DF) بهذا التيار عن طريق الفرش الكربونية وحلقات المُجَمِّع المنزلقة. المسار الآخر عن طريق الطرف (– D) و دايود القدرة (1c) ويرجع إلى ملفات العضو الساكن (شكل ٣ – ٢٧ إلى اليمين).

إذا كان المنظم المستخدم مثبتاً على جسم المُوَلِّد، فإن مسار التيار يختلف عن الحالة السابقة (شكل ٣ – ٢٧ إلى اليسار). بعد ملفات الإثارة، يمر تيار الإثارة أولاً إلى المنظم عن طريق الطرف، (+D) ثم يترك المنظم عن طريق الطرف (DF). تكتمل الدائرة بعد ذلك عن طريق ملف الإثارة و دايودات القدرة وملفات العضو الساكن.

عندما يعمل المُوَلِّد، لا تعدد هناك حاجة لأية طاقة خارجية لعمل الإثارة الذاتية، حيث تتم الإثارة عن طريق المُوَلِّد نفسه (إثارة ذاتية). الإثارة الذاتية تبدأ بواسطة المغناطيسية المتبقية في القلب الحديدي