# المحاضرة الحادية عشرة

لملف الإثارة. عندما يبدأ المُوَّلد في العمل، تستحث المغناطيسية المتبقية (بمعاونة الإثارة الأولية) جهداً بسيطاً في ملفات العضو الساكن. يتسبب هذا الجهد وبأثر رجعي في مرور تيار صغير في ملف العضو الدوار، ومن ثم يقوي المجال المغناطيسي فيزيد جهد العضو الساكن مرة أخرى.

يتكرر هذا الفعل المتبادل باستمرار كلما تزداد سرعة الدوران، إلى أن تحدث الإثارة الكاملة في المُوَّلد ويتم الوصول إلى الجهد المطلوب للمُوَّلد.

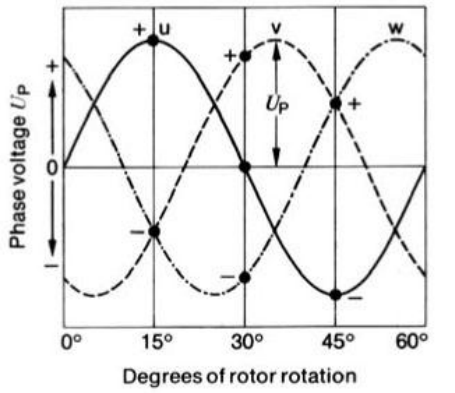
**٣- دائرة المُوَّلد (الدائرة الرئيسة) (Alternator Circuit (Main Circuit))**

جهد المُوَّلد المستحث في الأطوار الثلاثة لملفات العضو الساكن، يجب تقويمه بواسطة دايودات القدرة في دائرة التقويم (راجع شكل ٣ – ٢٤ إلى اليمين). مسار تيار المُوَّلد (التيار الرئيس) يمكن ملاحظته في شكل (٣ – ٢٨).

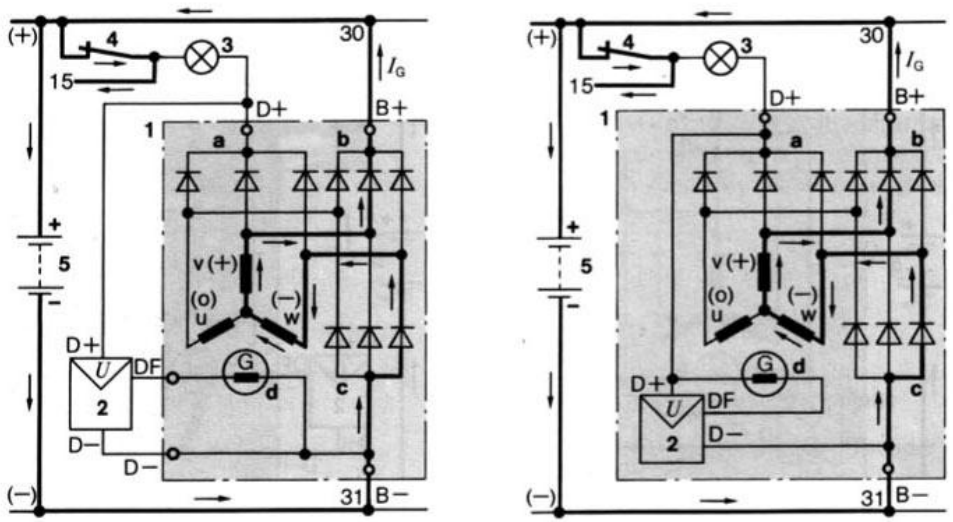
مثال: عند زاوية دوران ٣٠° للعضو الدوار ذي ستة أزواج من الأقطاب، يكون الجهد في نهاية الملف (v) موجباً، بينما يكون سالباً في نهاية الملف (w) وصفراً عند نهاية الملف (u) (شكل ٣ – ٢٩). مسار التيار في هذه الحالة كما هو موضح في شكل (٣ – ٢٨) كالتالي: نهاية الملف (v)، دايود القدرة (1b)،

طرف المُوَلّد (+B)، البطارية، الأرضي، طرف المُوَلّد (– B) (عادة يكون جسم المُوَلّد)، دايود القدرة (1c)، نهاية الملف (w)، ثم نقطة التعادل (نقطة الحياد) لملفات العضو الساكن.

مثال آخر: عند زاوية دوران ٣٠° للعضو الدوار (شكل ٣ – ٢٩)، نجد أن جميع الملفات بها جهد (موجب في (v, w) وسالب في (u)). يكون مسار التيار بنفس الكثافة من نهايات الملفات (v, w) إلى البطارية والأحمال الكهربائية الأخرى عن طريق الدايودات الموجبة (1b)، ثم يعود إلى نقطة التعادل (نقطة الحياد) عن طريق الدايودات السالبة (1c).




شكل (٣ – ٢٩): منحنى الجهد في ملفات العضو الساكن (u, v, w) كدالة في زاوية دوران العضو الدوار ذي ستة أزواج من الأقطاب




شكل (٣ – ٢٨): الدائرة الرئيسة (دائرة المُوَلّد)

## تبريد مولّد التيار المتردد (Alternator Cooling)

الحرارة المتولدة من المحرك ومجمع العادم، تنتقل إلى المُوَلّد بالإشعاع (radiation) وبالتوصيل (conduction)، إلى جانب الحرارة المتولدة داخل المُوَلّد نفسه من مكوناته الداخلية، تؤثر تأثيراً كبيراً على أداء المُوَلّد وعمره الافتراضي.

التأثير المباشر للحرارة التي يتعرض لها المُوَلّد، يظهر على أداء الدايودات ويجب التخلص الفوري من هذه الحرارة. يجب ألا تزيد درجة الحرارة المسموح بها للجو المحيط بالمُوَلّد عن ٧٠ أو ٨٠°م حسب نوع المُوَلّد.

تنقسم مُوَلّدات التيار المتردد بحسب طريقة التبريد، إلى نوعين هما:

١- مُوَلّدات ذات تهوية داخلية (internally ventilated alternators)

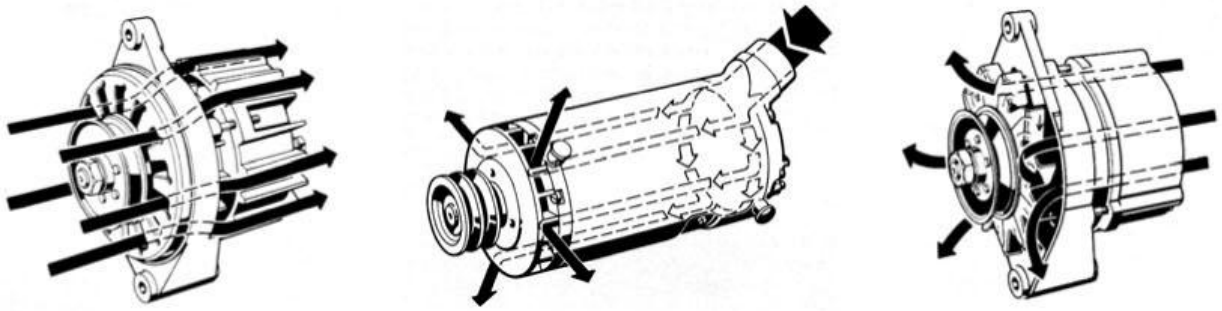
٢- مُوَلّدات ذات تبريد خارجي (externally cooled alternators)

### ١- مُوَلّدات ذات تهوية داخلية (Internally Ventilated Alternators)

تعتبر التهوية الداخلية من أفضل طرق التبريد شيوعاً في مُوَلّدات التيار المتردد. تستخدم مروحة تبريد ذات الاتجاه الأوحد للدوران (شكل ٣ – ٣٣ إلى اليمين)، أو مروحة ذات اتجاهين للدوران (شكل ٣ – ٣٣ في الوسط). المروحة ذات الاتجاه الأوحد للدوران، تستخدم مع مُوَلّدات التيار المتردد ذات الأقطاب

المخلبية (claw-pole alternators)، بينما تستخدم المروحة ذات الاتجاهين للدوران مع مُولدات التيار المتردد ذات الأقطاب البارزة (salient-pole alternators).

يجب أن توضع ريش المروحة بطريقة لا تماثلية على محيطها، حتى لا يحدث الصفير المسبب للضوضاء عند سرعات دوران معينة.



شكل (٣ – ٣٣): أنواع مُولدات التيار المتردد بحسب طريقة التبريد

**٢- مُوّلدات ذات تبريد خارجي (Externally Cooled Alternators)**

تستخدم طريقة التبريد الخارجي (شكل ٣ – ٣٣ إلى اليسار) مع المُوَّلدات التي تعمل في الظروف

هناك الكثير من مُوَّلدات التيار المتردد مختلفة الأنواع والأحجام والمواصفات، والتي تجعل عملية اختيار المُوَّلد فيما بعد تتم على أساس صحيح، ومن أمثلة ذلك:

١- مقنن تيار الخرج: في المركبات الصغيرة من ٤٠ إلى ٨٥ أمبير، المركبات ذات الاستخدام الخاص (مثل مركبات الشرطة) من ٩٠ إلى ١٢٠ أمبير، والشاحنات من ١٠٥ إلى ١٦٠ أمبير.

٢- عدد الأقطاب: بعض المُوَّلدات ذات ١٢ قطب أو ١٤ قطب أو ١٦ قطب.

٣- مكان المنظم: قد يكون داخل المُوَّلد أو على جسم المُوَّلد الخارجي (على غطاء مجموعة الدايودات) أو بعيداً عن المُوَّلد.

٤- طريقة التبريد: تبريد خارجي أو تبريد داخلي.

٥- مكان مروحة التبريد: داخل المُوَّلد أو خارجه

٦- شكل مروحة التبريد، بكرة الإدارة، ونوع محامل العضو الدوار.

٧- تثبيت الدايودات: بالكبس في أماكنها أو بالقلاووظ أو تأتي وحدة واحدة مثل الدايود الثلاثي (diode trio).

٨- نوع العضو الدوار: ذو أقطاب مخلبية أو ذو أقطاب بارزة أو بدون ملف إثارة.

هذه الفروق في التصميمات، تفيد في تأكيد حقيقة تقول بأنه مهما يكن تصميم المُوَّلد، تقوم الدايودات بتقويم التيار المتردد من ملفات العضو الساكن ليمر في صورة تيار مستمر عند طرف خرج المُوَّلد. العضو الدوار (المجال المغناطيسي)، العضو الساكن (الموصلات)، الدايودات (المُقَوِّمَات)، تعمل كفريق واحد لإنتاج تيار مستمر يحفظ البطارية في حالة شحن تام ويمد الدوائر والأنظمة الكهربائية والإلكترونية في المركبة بالطاقة الكهربائية اللازمة.

عملية اختيار مُوَّلد معين للتيار المتردد ، محكومة بعدة أمور كهربائية (إلى جانب المعايير التي تم ذكرها في بداية هذا الجزء)، منها (راجع اختيار المُوَّلد المناسب للمركبة خلال هذا الفصل):

١- جهد المُوَّلد (١٤ فولت، ٢٨ فولت)

٢- مقنن التيار أو التيار الأقصى

٣- القدرة الكهربائية الممكنة (بضرب التيار X الجهد)

من أهم أنواع مُوَّلدات التيار المستمر التي تم تطويرها لتناسب ظروف الخدمة المختلفة ، و مدى القدرة ، والأنواع المختلفة للمركبات ومحركاتها ، ما يلي:

١- مُوَّلدات التيار المتردد ذات الأقطاب المخلبية مع حلقات مُجَمِّعْ منزلقة
(Claw-pole Alternators with Collector Rings)

٢- مُوَّلدات التيار المتردد ذات الأقطاب البارزة مع حلقات مُجَمِّعْ منزلقة
(Salient-pole Alternators with Collector Rings)

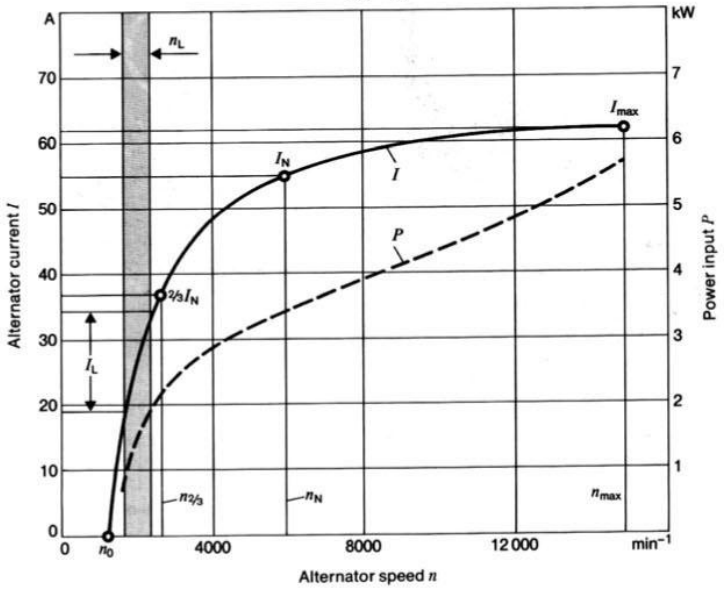
٣- مُوَّلدات التيار المتردد ذات العضو الدوار بدون ملف (بدون حلقات مُجَمِّعْ منزلقة)
(Alternators with Winding less rotor (without collector rings))

## المنحنيات الخصائصية لمولّد التيار المتردد ثلاثي الأطوار (Alternators Characteristic Curves)

توضح المنحنيات الخصائصية قيم التيار الناتج من المُوَلّد عند سرعات الدوران المختلفة. عندما يبدأ محرك المركبة في إدارة المُوَلّد، فإن المُوَلّد يبدأ الدوران من السكون حتى يصل إلى أقصى سرعة. خلال التغير في السرعة (من السكون إلى أقصى سرعة)، يمر المُوَلّد بسرعات معينة لكل منها اسم معين ولها أهمية خاصة في فهم المُوَلّد.

يتم رسم المنحنيات الخصائصية لقدرة الدخل (P) وتيار الخرج (I) كدالة في سرعة الدوران (n)، كما هو مبين في شكل (٣ – ٤٠). ترسم هذه المنحنيات عند درجات حرارة محددة ومعروفة، وعند جهد ثابت للمُوَلّد. تختلف المنحنيات الخصائصية للأنواع المختلفة من المُوَلّدات في القيم، ولكنها تتفق في شكل المنحنيات. أيضاً القيم تعتمد على مواصفات محرك المركبة المستخدم معه المُوَلّد.

شكل (٣ – ٤٠): المنحنيات الخصائصية لمُوَلّد التيار المتردد ذي الأقطاب المخلبية مع حلقات مُجَمِّعْ منزلقة من طراز N1



١- **المنحنى الخصائصي للتيار ( *I* ) (Current Characteristic Curve (I))**

**$n_0$ : أقل سرعة دوران (Minimum speed)**

أقل سرعة دوران ($n_0$) (حوالي ١٠٠٠ لفة/دقيقة)، وتسمى سرعة الصفر أمبير، عندها يصل جهد المُوَّلد إلى قيمة مقنن الجهد. يستطيع المُوَّلد فقط تسليم القدرة الكهربائية عند سرعات أعلى.

**$n_L$ : سرعة المُوَّلد عند سرعة تباطؤ محرك المركبة (Speed when engine idling)**

**$I_L$ : تيار المُوَّلد عند $n_L$ (Current when engine idling)**

عند سرعة تباطؤ محرك المركبة، تزيد سرعة دوران المُوَّلد وتصل إلى $n_L$. هذه السرعة موضحة على المنحنى في شكل (٣ – ٤٠) بالمساحة المظللة. يجب أن يكون تيار المُوَّلد ($I_L$) كافياً لتغطية الأحمال المستمرة (مثل الإضاءة الداخلية للمركبة، الراديو، إلى آخره). لضمان بقاء البطارية مشحونة، يجب أن يكون ($I_L$) أكبر من التيار اللازم لهذه الأحمال بمقدار من ١.١ إلى ١.٤ مرة حسب نوع المركبة والمُوَّلد.

**$N_{2/3}$ : السرعة عند ٣/٢ مقنن التيار (Speed at 2/3 rated current)**

تعطى قيمة هذه السرعة بالمئات على لوحة بيانات المُوَّلد ( مثلاً ٢٥ = ٢٥٠٠). يتم بلوغ ٣/٢ مقنن التيار ($I_N$) عند هذه السرعة. تستخدم هذه السرعة على المنحنى لتوضيح كيفية زيادة التيار (زيادة حادة أم متدرجة).

في الأنواع المختلفة من مُوَّلدات التيار المتردد، تتماثل السرعة ($n_L$) مع السرعة ($n_{2/3}$) عند نسبة نقل حركة معطاة، كما يتماثل ($I_L$) مع ($2/3I_N$).

**$n_N$: السرعة عند مقنن التيار (Speed at rated current)**

**$I_N$: مقنن التيار (Rated current)**

النقطة المهمة التالية على المنحنى هي ($n_N$)، التي عندها يستطيع المُوَّلد تسليم التيار المقنن ($I_N$). يجب أن تكون قيمة ($I_N$) أكبر من قيمة التيار اللازمة لكل الأحمال الكهربائية المختلفة في المركبة مجتمعة.

**$n_{max}$: أقصى سرعة دوران (Maximum speed)**

**$I_{max}$: أقصى تيار (Maximum current)**

($I_{max}$) هي أقصى قيمة للتيار يمكن الحصول عليها عند أقصى سرعة دوران للمُوَّلد ($n_{max}$). تحديد أقصى سرعة للمُوَّلد يعتمد على متانة المحامل ومدى مقاومة الفرش الكربونية للتآكل ونوع مروحة التبريد. هذه السرعة بين ١٠٠٠٠ و ١٥٠٠٠ لفة/دقيقة، وتعلو هذه القيمة في بعض الأنواع الخاصة من المُوَّلدات.

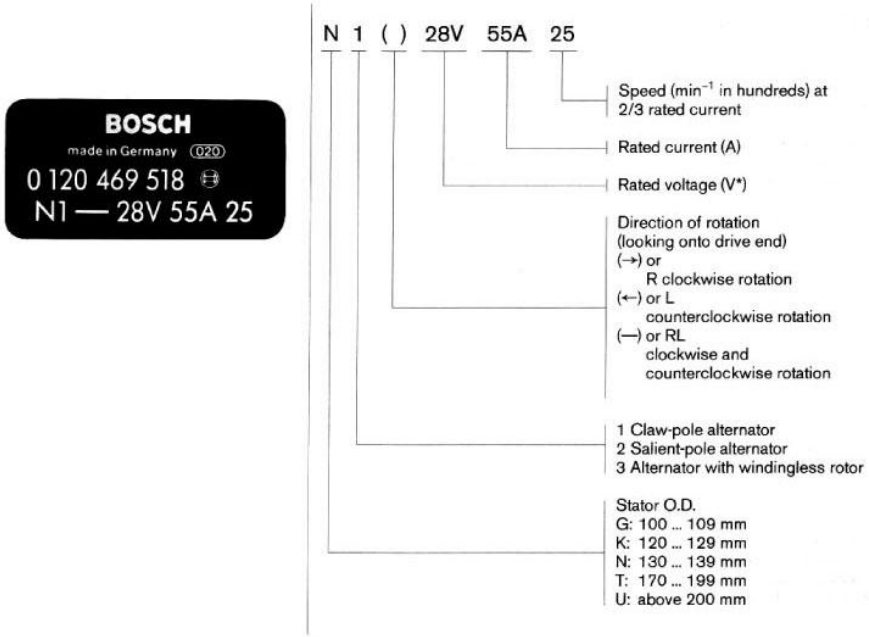
**٢- المنحنى الخصائصي لقدرة الدخل *( P )* (Characteristic Curve of Power Input (P))**

يعتبر المنحنى الخصائصي للقدرة الداخلة (قدرة الدخل) ذا أهمية خاصة بالنسبة لتصميم سير إدارة المُوَّلد (سير المروحة). هذا المنحنى يعطي المعلومات عن أقصى قدرة يجب أن يخرجها محرك المركبة لإدارة

**٣- شرح اصطلاح (كود) نوع مُوَّلد التيار المتردد (Explanation of Alternator Type-Code)**

لكل مُوَّلد تيار متردد ، لوحة بيانات مدوَّن عليها رقم الجزء والبيانات الفنية للمُوَّلد.

شكل (٣ – ٤١) يبين لوحة بيانات لمُوَّلد تيار متردد مقنن الجهد له ٢٨ فولت (يستخدم مع أنظمة ٢٤ فولت) ، ويبين شكل اللوحة التي تثبت على جسم المُوَّلد وتحتوي هذه البيانات (إلى اليسار) ، كما يبين شكل (٣ – ٤٢) نفس البيانات ولكن لمُوَّلد مقنن جهده ١٤ فولت (أي إنه يستخدم مع أنظمة ١٢ فولت). هناك اختلاف قليل في طريقة إعطاء بيانات التيار سوف نوضحها في نهاية هذا الجزء.




شكل (٣ – ٤١): إلى اليمين: تفسير البيانات المكتوبة على مُوَّلد التيار المتردد المستخدم مع أنظمة ٢٤ فولت، إلى اليسار: لوحة البيانات التي توجد على جسم المُوَّلد

أهم مزايا استخدام مُوَّلدات التيار المتردد في المركبات الآلية، ما يلي:

١- يعطي المُوَّلد تياراً عند سرعة الدوران الحر (سرعة اللاحمل أو سرعة التباطؤ)

٢- يضمن شحناً عالياً مستمراً للبطارية

٣- يتطلب صيانة أقل لعمر أطول، بسبب استبدال المجمع بحلقات منزلقة، ومن ثم تستهلك الفرش الكربونية بمعدل أقل.

٤- تصميمه أصغر ووزنه أقل.

٥- يحوِّل التيار المتردد المأخوذ من المُوَّلد ثلاثي الأطوار (الأوجه) إلى تيار مستمر، عن طريق الدايودات، التي تسمح بمرور التيار في اتجاه واحد فقط. وتوضع الدايودات على الجانب الأمامي للموَّلد، لتوفير تبريد أفضل لها.

٦- تبريد أفضل للمُوَّلد.

٧- يتحمل العمل لفترات زمنية طويلة.

٨- كفاءة عالية في الأداء.

٩- يتحمل الاهتزازات والرطوبة ودرجات الحرارة العالية.

## أهم الفروق بين مولّد التيار المستمر ومولّد التيار المتردد

| نوعية الفرق | مُولّد التيار المستمر | مُولّد التيار المتردد |
|---|---|---|
| ملفات تيار المُولّد | دوارة (عضو الاستنتاج) | ساكنة (العضو الساكن) |
| ملفات الإثارة | ساكنة (هيكل العضو الساكن) | دوارة (العضو الدوار) (ملف واحد) |
| المُقَوِّم | دوار (عضو التوحيد أو المجمع) | ساكن (نظام المُوحدات، أيضاً إعاقة التيار العكسي) |
| المنظم | منظم جهد مع مُرَحّل قاطع للتيار (أيضاً منظم تيار في بعض الحالات) | منظم جهد فقط |

| | | | |
|---|---|---|---|
| خَرجْ المُوَّلد بالنسبة لسرعة محرك المركبة | | عند سرعات أعلى من سرعة التباطؤ | عند جميع السرعات بلا استثناء |
| الوزن | | أثقل | أخف |
| العمر الافتراضي | | أقصر | أطول |
| كفاءة التبريد | | غير جيدة | أفضل بكثير |
| الحاجة إلى الصيانة | | يحتاج بصورة دورية | قد لا يحتاج إلا نادراً |
| العمل لفترات زمنية طويلة | | لا يتحمل | يتحمل |
| الأداء في ظل درجات الحرارة العالية في غرفة محرك المركبة | | أقل | أفضل |
| الأبعاد الرئيسة | القطر | أصغر | أكبر |
| | الطول | أطول | أقصر (نظام القطب المخلبي) |