شركة الصرف الصحى
للقاهرة الكبرى

شركة المقاولون العرب لتشغيل
وصيانة المرافق والخدمات

مشروع التدريب على أعمال التشغيل والصيانة بمحطتى معالجة مياه الصرف الصحى والرى بحلوان - عقد ٥

الدورة التدريبية عن

تشغيل وصيانة وتتبع أعطال المولدات
(كاتربيلر ودويتس)

إعداد
كيمونكس مصر للاستشارات

HWWTP8-13 (A)

أكتوبر ٢٠١٠

تقديـــــم

يهدف مشروع لتدريب العاملين بمحطة المعالجة إلى رفع مستوى الأداء عن طريق تعظيم قدرات الأفراد من خلال تعلم مهارات أو التعرف على معلومات تؤدى إلى تحسين الأداء. ويتم اختيار وسيلة التدريب التى تُيسِّر حصول الفرد على المعلومات والمهارات بأكبر كفاءة ممكنة، وفى نفس الوقت تساعد المتدرب على نقل ما تعلمه إلى مجال الممارسة الفعلية للعمل.

وبناءً على طلب إدارة مشروع محطتي المعالجة والرى بأبو ساعد - حلوان، قامت شركة كيمونكس مصر للاستشارات الهندسية بإعداد وتقديم دورات تدريبية للعاملين بتشغيل وصيانة المشروع. تهدف هذه الدورات التدريبية إلى تحقيق غاية المشروع من خلال توفير التدريب فى المجال الهندسي والفني.

ويتضمن هذا الكتيب محتويات الدورة التدريبية التى تقدمها شركة كيمونكس مصر للاستشارات الهندسية وموضوعها "تشغيل وتتبع أعطال المولدات الكهربية (كاتلربيلر - دويتس)"، وهى إحدى الدورات التى يشملها المجال الفني.

ويشمل الكتيب ستة فصول، يتناول الفصل الأول منها مقدمة موجزة عن بعض المصطلحات الفنية، ويتعرض الفصل الثاني للحديث نظرية عمل المولد، بينما يتحدث الفصل الثالث عن المولدات التزامنية، والفصل الرابع يتناول اكتشاف الأعطال وإصلاحها، إلى الكلام التشغيل وأعمال الصيانة، وينتقل الفصل السادس إلي الكلام عن الاحتياطات الأمان المتبعة عند أجراء أعمال الصيانة الكهربية.

ونأمل أن يحقق هذا الكتيب الغرض الذى أعد من أجله، وأن تحقق الدورة أهدافها، والله الموفق.

المحتويات

الفصل الأول: بعض المصطلحات الفنية	**١ - ١**
مقدمـــــة	١ - ١
مصطلحات فنية هامة	١ - ١
الفصل الثانى: نظرية عمل المولد	**١ - ٢**
مقدمة	١ - ٢
فكرة عمل المولد	١ - ٢
بدء عملية التوليد داخل المولد	٢ - ٥
مكونات وحدات التوليد	٢ - ٦
التحكم في سرعة المولد	٢ - ١١
تنظيم جهد المولد للتحكم في جهد الخرج	٢ - ١٧
فكرة عمل الحاكم الكهربي	٢ - ١٩
الفصل الثالث: المولدات التزامنية	**١ - ٣**
التوصيلات المختلفة لملفات المولدات التزامنية	١ - ٣
أنواع المولدات التزامنية	٣ - ٦
الفصل الرابع: اكتشاف الأعطال وإصلاحها	**١ - ٤**
اكتشاف وإصلاح أعطال المولدات ومنظمات الجهد	١ - ٤
القياسات اللازمة عند اكتشاف أعطال المولدات ومنظمات الجهد	٤ - ٤
الفحوصات التي تحتاج لقياس المقاومات	٤ - ٦
اكتشاف أعطال حاكمات السرعة وإصلاحها	٤ - ١٢
اكتشاف وإصلاح أعطال جهاز التزامن الأوتوماتيكي	٤ - ١٤
اكتشاف وإصلاح أعطال مقسمات الأحمال	٤ - ١٥
الصيانة الوقائية لماكينات الديزل	٤ - ١٦

الفصل الخامس: التشغيل والصيانة **٥-١**
تشغيل وحدة التوليد لأول مرة ٥-١
أولاً: الصيانة الوقائية ٥-٣
ثانيًا: الصيانة التصحيحية ٥-٩

الفصل السادس: احتياطات الأمان عند إجراء الصيانة **٦-١**
مقدمة ٦-١
معدات الأمان ٦-١
كاشفات الجهد ٦-٢
الاحتياطات المطلوبة عند إجراء الصيانة ٦-٢
احتياطات الأمان عند استخدام كاشف الجهد ٦-٥
تأثير الصدمة الكهربية على جسم الإنسان ٦-٦
نصائح لضمان السلامة الكهربية ٦-٩

الفصل الأول

مقدمة عن بعض المصطلحات الفنية

الفصل الاول

بعض المصطلحات الفنية

مقدمة

يعتبر المولد التزامني Synchronous generator هو العنصر الأساسي في وحدات التوليد العاملة بماكينات الديزل Diseal generator sets والتي تستخدم كمولدات احتياطية في بعض المنشآت مثل: محطات المعالجة ومحطات الرفع .. إلخ.

وتستخدم أيضاً كمصدر قدرة اساسية وذلك في الأماكن النائية التي يصعب إمدادها بالتيار الكهربي من الشبكة الموحدة.

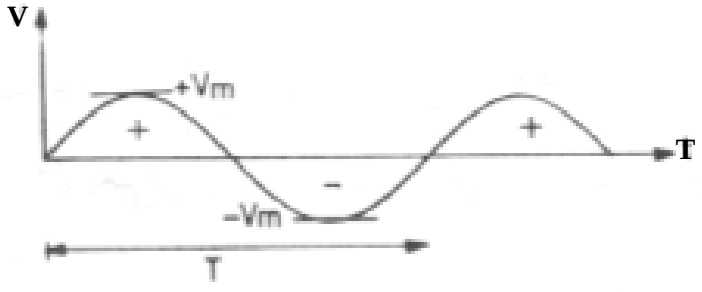
وتتكون وحدات التوليد العاملة بماكينات الديزل من مولد تزامني ثلاثي الأوجه يتم إدارته بماكينة ديزل Diseal Engine كالمستخدمة في محطتنا.

مصطلحات فنية هامة

دوائر التيار المتردد Alternating Current Circuits

وفيها يتغير الجهد والتيار في القيمة والاتجاه بتردد يساوي 50Hz في بعض الدول مثل: مصر، في حين التردد 60Hz في دول أخرى مثل: السعودية.

والشكل (١-١) يعرض موجه جهد متردد



الشكل (١-١)

وتتكون الدورة الكاملة من نصف موجة موجبة +، وأخرى سالبة -، ويكون أقصى قيمة للجهد الموجب Vm+، وأقصى قيمة للجهد السالبة هو Vm-، وزمن الدورة الكاملة هو T والتردد بالهيرتز F يساوي.

والجدير بالذكر أن الزاوية الكهربية للموجة الكاملة تساوي ٣٦٠ °.

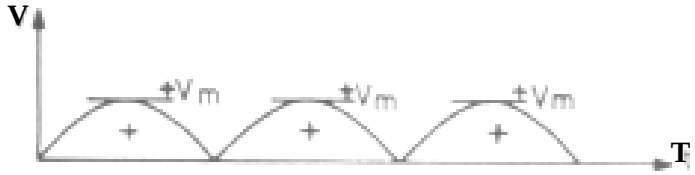
دوائر التيار المستمر Direct Current Circuits

وفيها يكون كل من الجهد والتيار ثابت الاتجاه، وهناك نوعان من الجهد والتيار المستمر وهما:

١- مستمر ثابت القيمة.

٢- مستمر متغير القيمة.

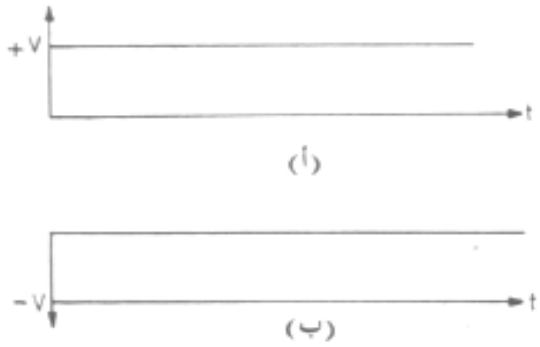
والشكل (١-٢) يعرض موجهة جهد مستمر متغير القيمة وهذا الجهد موجب وهو ناتج عن تقويم الجهد المتردد بقنطرة توحيد كما سيتضح فيما بعد.



الشكل (١-٢)

ويلاحظ أن قيمة الجهد تتراوح ما بين 0 إلى Vm+

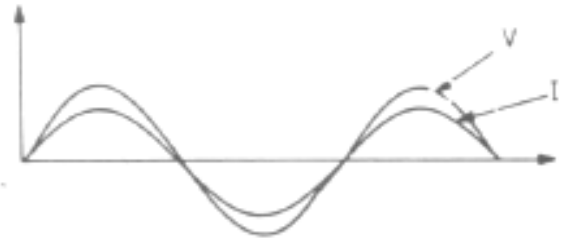
والشكل (١-٣) يعرض جهد مستمر ثابت القيمة موجب الشكل (أ)، وسالب الشكل (ب).



الشكل (١ - ٣)

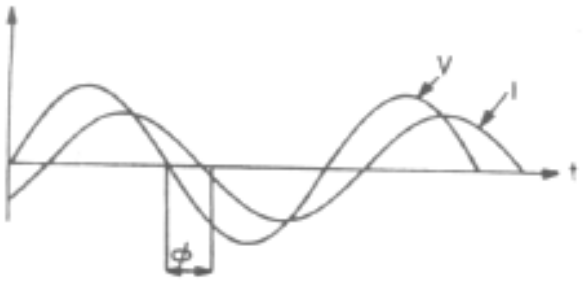
معامل القدرة Power Factor

تتحكم الأحمال الكهربية في العلاقة بين الجهد والتيار، فإذا كانت الأحمال مقاومة Resistive مثل: السخانات الكهربية والمصابيح المتوهجة، فإن الجهد يكون متفقاً في الوجه مع التيار، أي أن الزاوية المحصورة بين الجهد والتيار تكون مساوية للصفر، ويكون معامل القدرة CosØ مساوياً 1، وهذه الحالة هي أفضل حالات التحميل، حيث يستفاد بكل القدرة المتولدة. والشكل (١ - ٤) يوضح هذه الحالة.



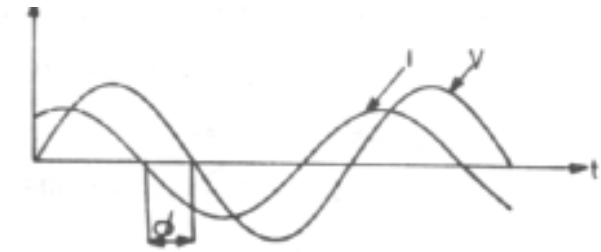
الشكل (١ - ٤)

أما عندما تكون الأحمال حثيه Inductive مثل: المحركات الكهربية ومصابيح الفلوريسنت، فإن التيار يكون متأخراً عند الجهد بزاوية Ø تكون أقل من 90° وأكبر من 0°، ويكون معامل القدرة CosØ أقل من 1، ويقال في هذه الحالة أن معامل القدرة متأخر Lag؛ علماً بأن الأحمال الحثية تمثل غالبية الأحمال. والشكل (١ - ٥) يوضح هذه الحالة.



الشكل (١-٥)

وعندما تكون الأحمال سعوية Capacitive مثل: المكثفات الكهربية فإن التيار يكون متقدماً عن الجهد بزاوية Ø أقل من 90° وأكبر من 0° ويكون معامل القدرة أقل من 1، ويقال أن معامل القدرة متقدم Lead وهذه الحالة نادرة الحدوث. والشكل (١-٦) يوضح هذه الحالة.



الشكل (١-٦)

القدرة الظاهرية والقدرة الفعالة

إن القدرة الظاهرية Apparent Power للمولد التزامني S ووحدتها KVA يمكن أن تحسب من المعادلة 1.2.

$$S = \frac{\sqrt{3}\, IV}{1000} \qquad (KVA)$$

أما القدرة الفعالة Active Power والتي تستهلك في الأحمال P ووحدتها KW (كيلو وات) يمكن أن تحسب من المعادلة 1.3.

$$P = \frac{\sqrt{3}\ IV \cos ø}{1000} \quad (KW)$$

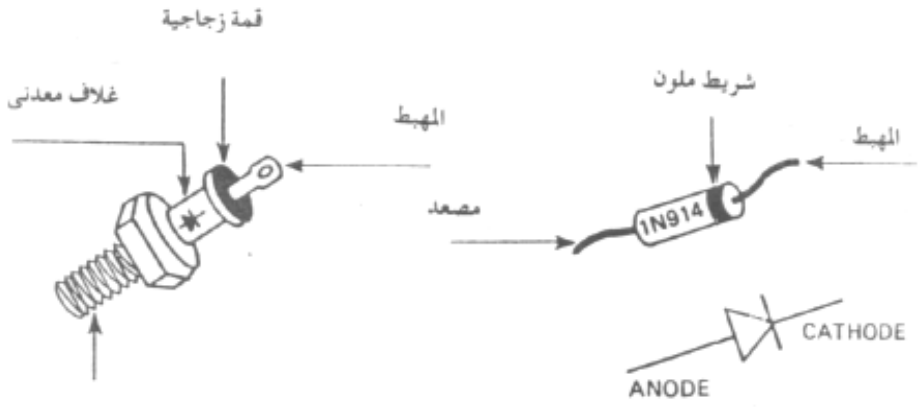
حيث أن:

تيار الخط بالأمبير (A)	I
جهد الخط بالفولت (V)	V
معامل القدرة	Cos ø

دوائر التوحيد Rectification Circuits

تعتبر الموحدات Rectifiers هي البنية الأساسية لدوائر التوحيد، ويتكون الموحد من وصلة ثنائية P-N مصنوعة من أشباه الموصلات مثل: السليكون والجرمانيوم.

والشكل (١-٧) يعرض نموذجاً لموحد صغير طراز 1N914 ورمزه وكذلك صورة لموحد كبير؛ علماً بأنه في حالة الموحدات الصغيرة يوضع شريط ملون جهة المهبط Cathode.



الشكل (١-٧)

ويعتبر الموحد مفتاحاً مفتوحاً OFF في الحالة الطبيعية، وبمجرد تعريضه لانحياز أمامي أي ارتفاع جهد مصعده A عن جهد مهبطه k مقدار (0.7V) يصبح كمفتاح مغلق ON، ويكون اتجاه مرور التيار الكهربي من المصعد إلى المهبط ، ويقال أن: الموحد في حالة توصل ON، أما عند تعريض الموحد لانحياز عكسي (أي

تعريض المهبط K لجهد موجب بالنسبة لجهد المصعد A) يمر تيار صـــغير جـــداً كمفتاح OFF ويقال أن: الموحد في حالة قطع OFF.

ويمكن تقسيم دوائر التوحيد التي تقوم بتحويل التيار المتردد لتيار مستمر إلى:

أ – دوائر توحيد نصف موجة.

ب- دوائر توحيد موجة كاملة.

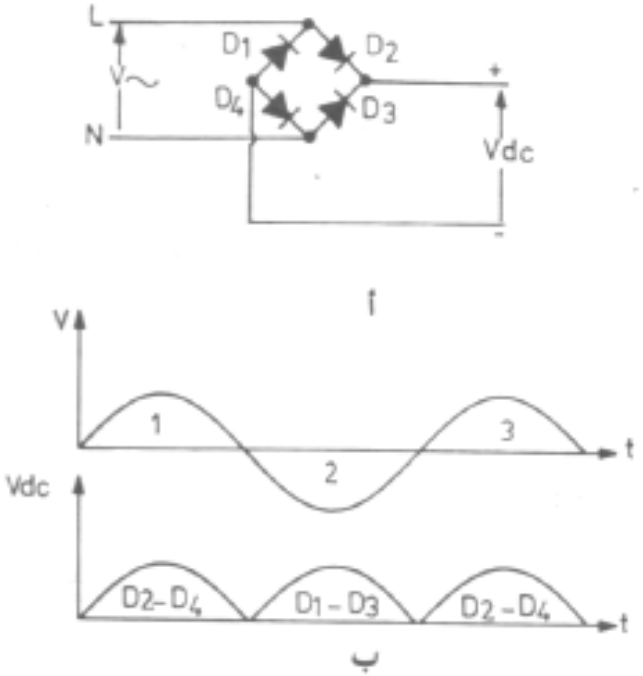
وسوف نكتفي في هذا الكتاب بتناول دوائر توحيد الموجة الكاملـــة والتـــي تنقـــسم بدورها إلى:

أ – دوائر توحيد أحادية الوجه.

ب- دوائر توحيد ثلاثية الوجه.

دوائر التوحيد الأحادية الوجه

الشكل (١-٨) يعرض دائرة توحيد موجة كاملة أحادية الوجه باســـتخدام قنطـــرة توحيد، والمؤلفة من أربعة موحدات (D_1 : D_4) وذلك في (الشكل أ)، وكذلك موجة الدخل V، وموجة الخرج V_{DC} وذلك في (الشكل ب).

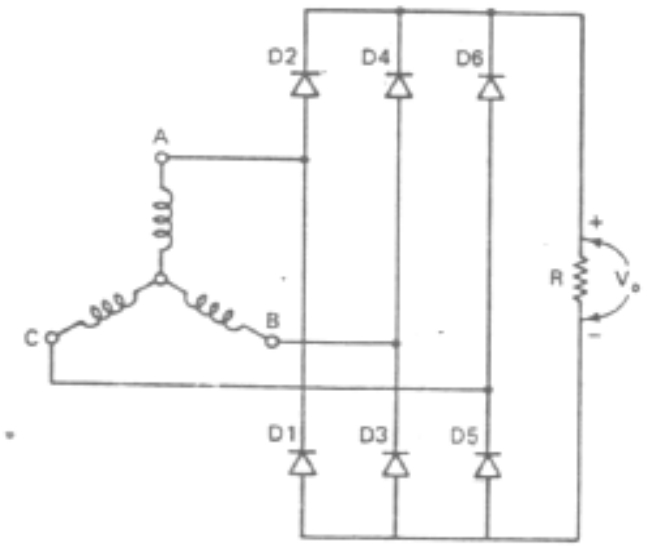


الشكل (١-٨)

ويلاحظ أنه في نصف الموجة الأول (1) يكون كل من D_2, D_4 في حالة وصل، أما في نصف الموجة السالب يكون D_1, D_3 في حالة وصل وهكذا.

دوائر التوحيد الثلاثية الوجه

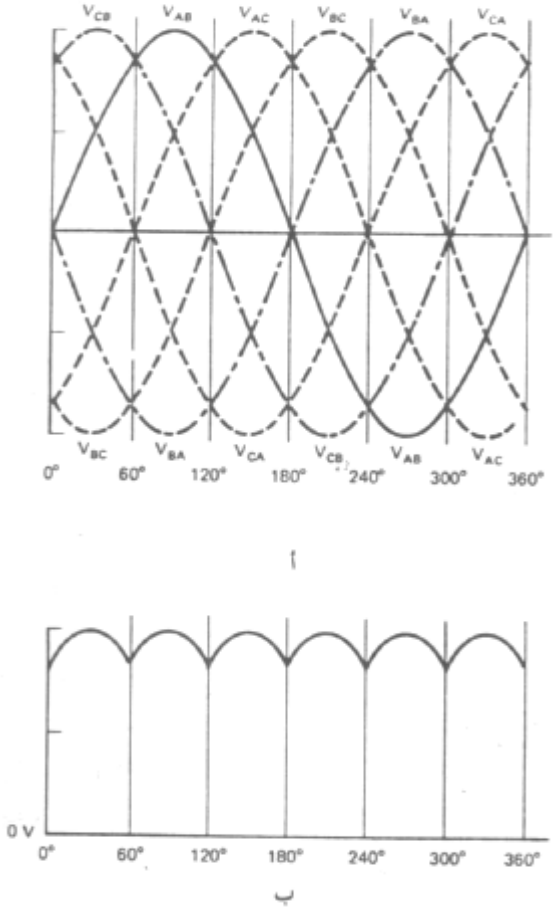
الشكل (١-٩) يعرض دائرة توحيد موجة كاملة ثلاثية الأوجة، وعادة يكون هناك موحدان في حالة وصل ON، في أي لحظة، في حين يبقى اربعة موحدات في حالة قطع OFF. ويكون أحد الموحدين اللذين في حالة وصل من الموحدات الفردية D_1, D_3, D_5 والآخر من الموحدات الزوجية D_2, D_4, D_6، ويمر التيار الكهربي من الخط الذي له أعلى جهد موجب في الموحد الزوجي عبر الحمل، ثم عبر الموحد الفردي الذي يؤدي إلى خط المصدر الذي له أعلى جهد سالب.



الشكل (١-٩)

ولذلك يمكن تحديد مسار التيار في أي لحظة بتحديد الطرف الأعلى جهد موجب، والطرف الأعلى جهد سالب. والشكل (١-١٠) يعرض شكل موجات الجهد للأوجه الثلاثة ومعكوسهم (الشكل أ) وكذلك شكل موجة الخرج VO على المقاومة R (الشكل ب) .

والجدير بالذكر أنه لتعين الوجه الأعلى جهد موجب نتبع الآتي:
في الفترة 0:60° يكون V_{BC} هو أعلى فرق جهد سالب، أي أن V_{CB} أعلى فرق جهد موجب، أي أن الوجه C هو أعلى جهد موجب، والوجه B هو أعلى جهد سالب، وبالتالي يكون الموحد الزوجي الذي في حالة وصل هو D_6، والموحد الفردي الذي ف حالة وصل هو D_3 وهكذا.



الشكل (١-١٠)

الفصل الثـــــانى

نظرية عمل المولد

الفصل الثاني

نظـــريـــة عمـــل المولـــد

مقـــدمـــــة

سبق أن علمنا أن المولد الكهربائى هو الآلة التى تقوم بتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية وذلك عن طريق دوران موصل فى مجال مغناطيسى فيقطع المجال الموصل وينتج عن ذلك تولد قوة دافعة كهربائية داخل هذا الموصل. ولكى تتم عملية التوليد يلزم وجود:

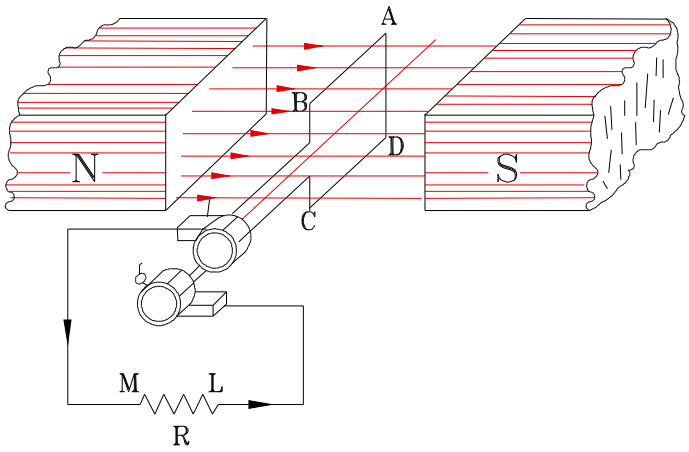
- مجال مغناطيسى
- ملف تتولد فيه القوة الدافعة (عنصر الاستنتاج).
- حركة سواء للملف أو للمجال.

فكرة عمل المولد

يوضح الشكل رقم (٢-١) فكرة عمل المولد وهو عبارة عن مجال مغناطيسى يتم الحصول عليه من خلال قطبى مغناطيس دائم وبينهما ملف عبارة عن لفة واحدة من النحاس، ويتم تحريك هذا الملف داخل المجال فتتولد قوة دافعة كهربية فى هذا الملف يمكننا الحصول عليها خارج هذا الملف باستخدام فرش كربونية وحلقتى انزلاق.

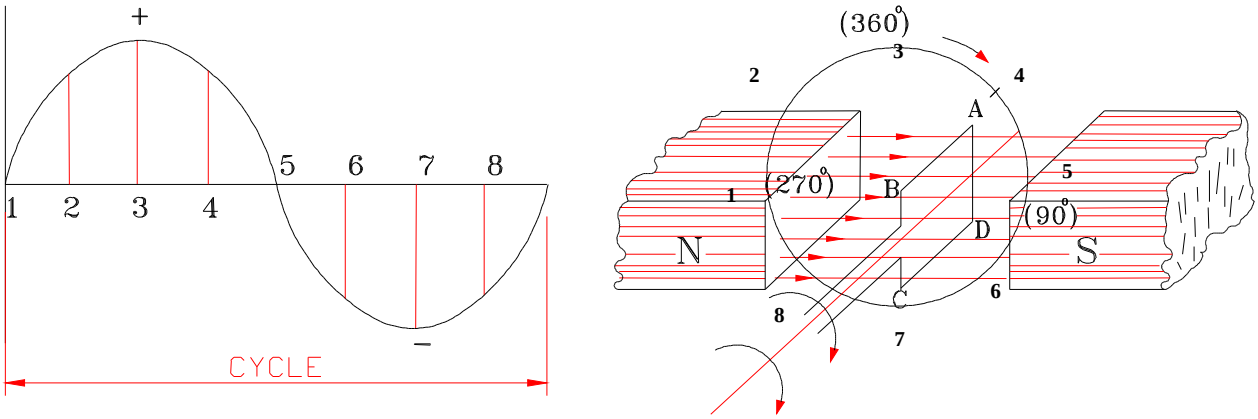
وعندما يدور الملف فى اتجاه عقارب الساعة، فى هذه الحالة سيقطع الملف المجـــال فـــى أوضـــاع مختلفة يتحدد على أساسها القوة الدافعة المتولدة والتى تتناسب مع معـــدل قطع المجال للملف، كما هو معروض بالشكل رقم (٢-٢-أ). وعندما يكون الملف على الوضع (١) فى هذه الحالة معدل تغير المجال بالنسبة للملف أقل ما يمكن فتكون القوة الدافعة مقدارها صفر كما فى الشكل رقـــم (٢-٢-ب) لأنه فى هذه الحالة خطوط المجال لا تقطع الموصل (AB) أو (CD). وعندما يدور الملف ويصل إلى الوضع (٢) فإن المجال فى

هذا الوضع سيقطع الملف بقدرٍ ما فتتولد قوة دافعة أكبر من القدرة المتولدة عند الوضـــع (١) وهكذا فعندما يصل الملف إلى الوضع (٣) فى هذه الحالة سيكون القطع بين المجال والملف أكبر ما يمكن وبالتالى القوة الدافعة الكهربية المتولدة أكبر ما يمكن. وهكذا فإذا أكملنا الدائرة على الأوضاع ٤ ، ٥ ، ٦ ، ٧ ، ٨ فإن القوة الدافعة المتولدة ستكون كما بالشكل رقم (٢-٢-ب).



شكل رقم (٢ - ١)

رسم مبسط لأساس عملية التوليد



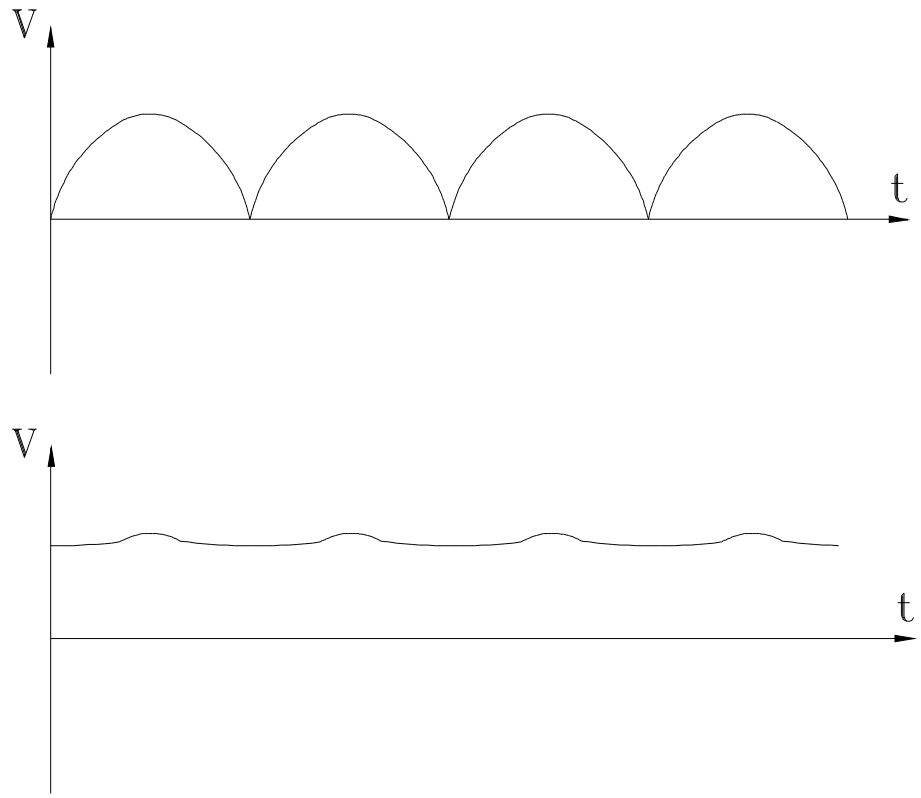
شكل رقم (٢ - ٢)

عملية توليد القوة الدافعة الكهربائية المتغيرة

ويتضح مما تقدم أن الكهرباء المتولدة عبارة عن كهرباء متغيرة تتراوح قيمتها بين نصفى الموجة السالبة والموجبة. ويمكننا إنتاج تيار ذو اتجاه واحد

من المولد وذلك عن طريق استخدام حلقة مشطورة بدلاً من حلقتى الانزلاق التى تم استخدامها سابقاً. فى هذه الحالة سيكون اتجاه التيار المنتج فى اتجاه واحد، كما بالشكل رقم (٢-٣)، ويسمى التيار فى هذه الحالة تيار ذو وجه واحد ولكنة غير مستمر مثل التيار المستمر الصافى. والذى يلزم لإنتاجه وجود موحدات كما سيتضح فيما بعد.

وخلاصة ما سبق أنه لكى يم توليد كهرباء فلابد لنا من مجال كهربى وملفات تتولد فيها الكهرباء وحركة لأى منهم، وهذه النظرية هى التى يقوم على أساس التوليد.

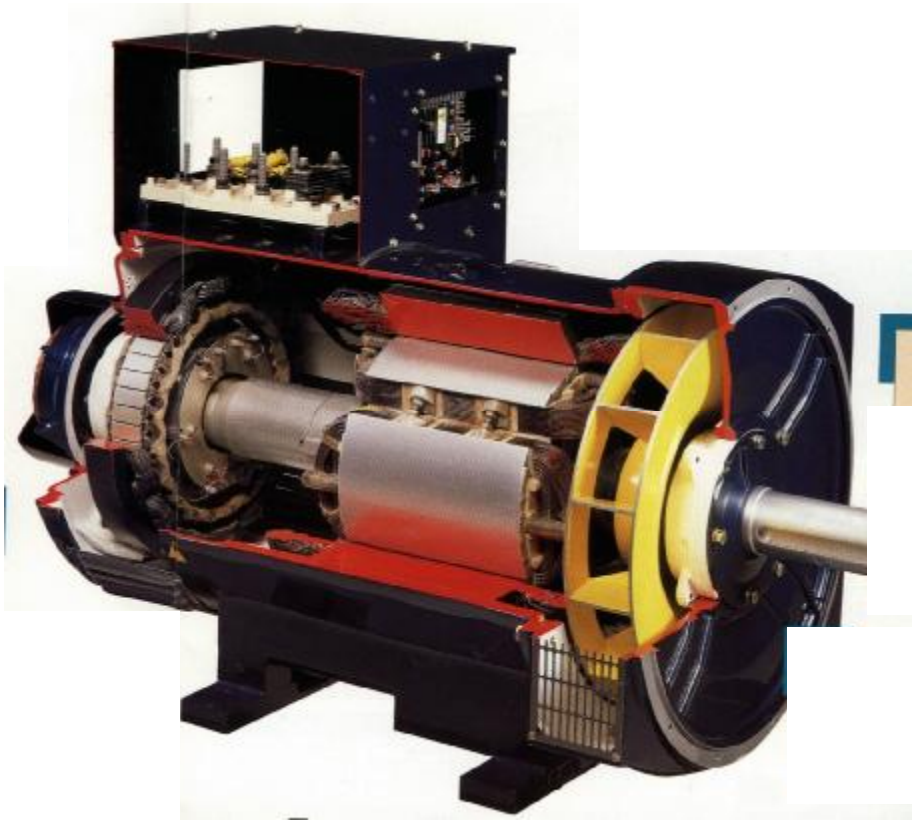


شكل رقم (٢-٣)

عملية إنتاج تيار مستمر

وبعض المولدات الموجودة والعاملة بالمحطات تكون بدون فرش وطالما أن هذه المولدات بدون فرش وعضو المجال للمولد الرئيسى هو العضو الدوار

فكان لابد من إيجاد وسيط يتم عن طريقه تغذية ملفات المجال وهذا الوسيط يسمى المنشط (Exciter) والمنشط هذا هو عبارة عن وحدة توليد صغيرة تـــركب على نفـــس العمود الخاص بالماكينة كما هـــو موضح بالشكل رقـــم (٢-٤) الذى يوضح الربط بين ملفات المجال للمنشط ومنظم الجهد، وكذلك بين عضو الاستنتاج للمنشط وملفات المجال للمولد الرئيسى.



شكل رقم (٢-٤)

مقطع يوضح أجزاء مولد من النوع بدون فرش

بدء عملية التوليد داخل المولد

تتم عملية التوليد داخل المولد عن طريق تغذية مجال المنشط بإحدى الطرق التالية:

١. عن طريق بطارية خارجية
٢. عن طريق المغناطيسية المتبقية داخل ملفات المجال للمنشط وهذه الطريقة هى المستخدمة فى معظم ماكينات التوليد الحديثة.

فعند بدء حركة الماكينة ونتيجة للمغناطيسية المتبقية فى ملفات المجال للمنشط يتم قطع عضو الاستنتاج للمنشط (العضو الدوار) بهذه الخطوط المغناطيسية ونتيجة لحركة هذا العضو فإنه يتولد فيه قوة دافعة كهربية.

وطبقاً لما تم ذكره سابقاً أنه عندما يراد توليد كهرباء يلزمنا مجال وملفات وحركة، فيلاحظ هنا أن:

١. المجال المغناطيسى للمنشط ثابت (لا يتحرك).
٢. الملفات (عضو الاستنتاج) للمنشط تتحرك (تدور) عن طريق عمود ماكينة الديزل فيتولد فيها قوة دافعـــة كهربية، هذه القوة المتولدة تعتبر (AC) ولكن يراد تغذية ملفات المجال للمولد الرئيسى بكهرباء (DC) فيتم توحيدها عن طرق مجموعة موحدات تركب على وش العضو الدوار للمنشط وتدور معه.

وتجمع هذه الموحدات فى مجموعتين إحداهما يمثل الطرف السالب والآخر يمثل الطرف الموجب ويخرج منها كابل يدخل فى ثقوب داخل العضو الدوار حتى يتم توصيله بملفات المجال للمولد الرئيسى ويدور معه أيضاً.

إذاً بالنسبة للمولد الرئيسى فإن المجال يتغذى من العضو الدوار للمنشط ولذلك فإن:

١. المجال المغناطيسى للمولد يتحرك.
٢. ملفات عضو الاستنتاج ثابتة.

وهو بهذه الطريقة يعتبر عكس المنشط ويتم أخذ خرج المولد من خلال أطراف العضو الثابت (عضو الاستنتاج) ولهذا تسمى هذه النوعية من المولدات بأنها **مولدات بدون فرش** لأنها لا تستخدم فيها أى نوع من الفرش.

مكونات وحدات التوليد

يتكــون نظام التوليد مــن عناصر رئيسية وأخــرى مساعدة وأهم عناصره الرئيسية هى:

١. ماكينات الديزل
٢. مولد تزامنى ٣ فاز بدون فرش مع نظام الإثارة

المولد الرئيسى

يتكون المولد من:

١. العضو الثابت
٢. العضو الدوار

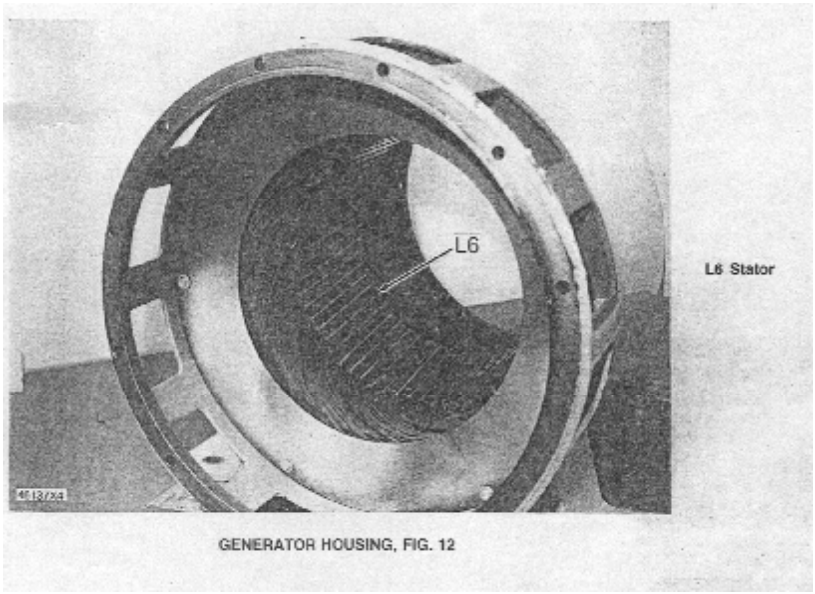
العضو الثابت L_6:

ويسمى عضو الاستنتاج وهو الجزء الذى يتم الحصول من أطرافه على الجهد المطلوب ويصنع العضو الثابت من مجارى تصنع من الصلب السيليكونى وتوضع بهذه المجارى ملفات وتوصل هذه الملفات معاً بتوصيلة نجمة، وتوصل عند نقطة التعادل بها بالأرضى مباشرة كما هو معروض بالشكل رقم (٢-٥) (L_6 Stator).

العضو الدوار L_5:

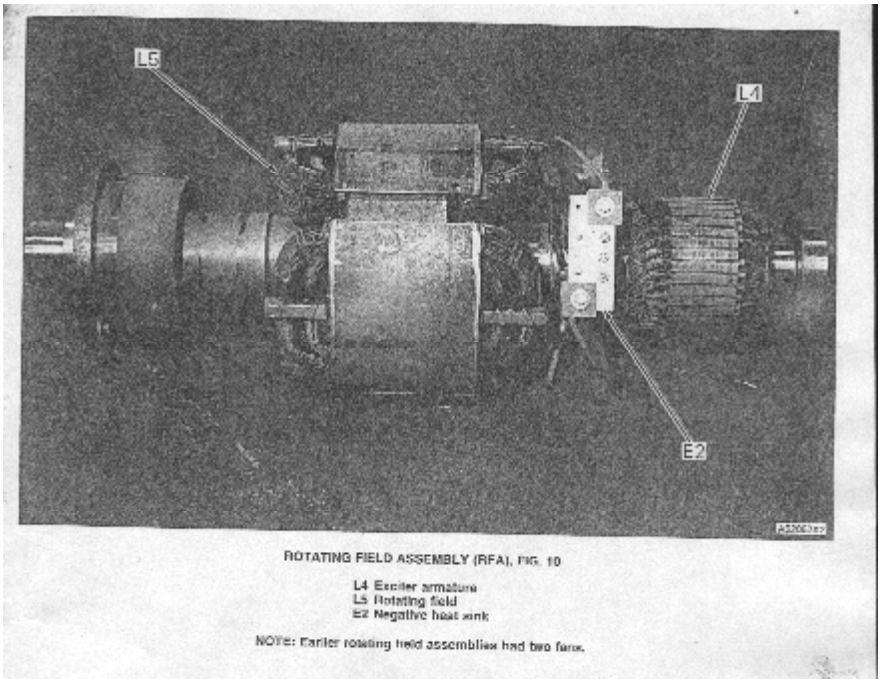
ويسمى ملفات المجال أو الأقطاب، ويعتبر العضو الدوار L_5 هو الملفات التى يتم الحصول منها على المجال اللازم لعملية التوليد ويتغذى العضو الدوار بالكهرباء الآتية من العضو الدوار L_4 ومجموعة التوحيد الخاصين بالمنشط E_2 كما هو معروض بالشكل رقم (٢-٦).

ويوضح الشكل رقم (٢-٧) وضع الموحدات الدوارة وتثبيتها بالعضو الدوار (E_1 & E_2).



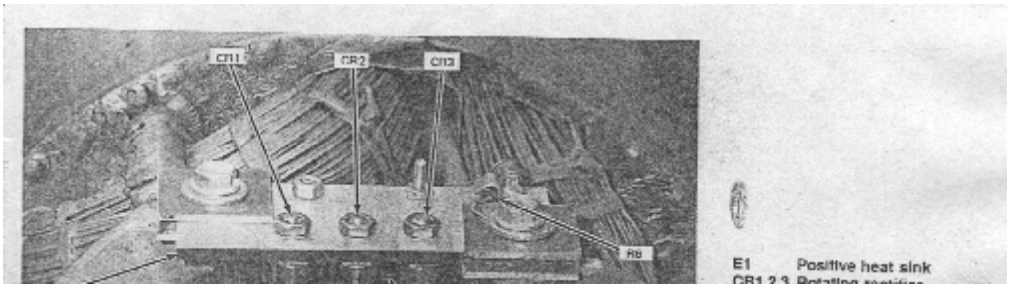
شكل رقم (٢ - ٥)

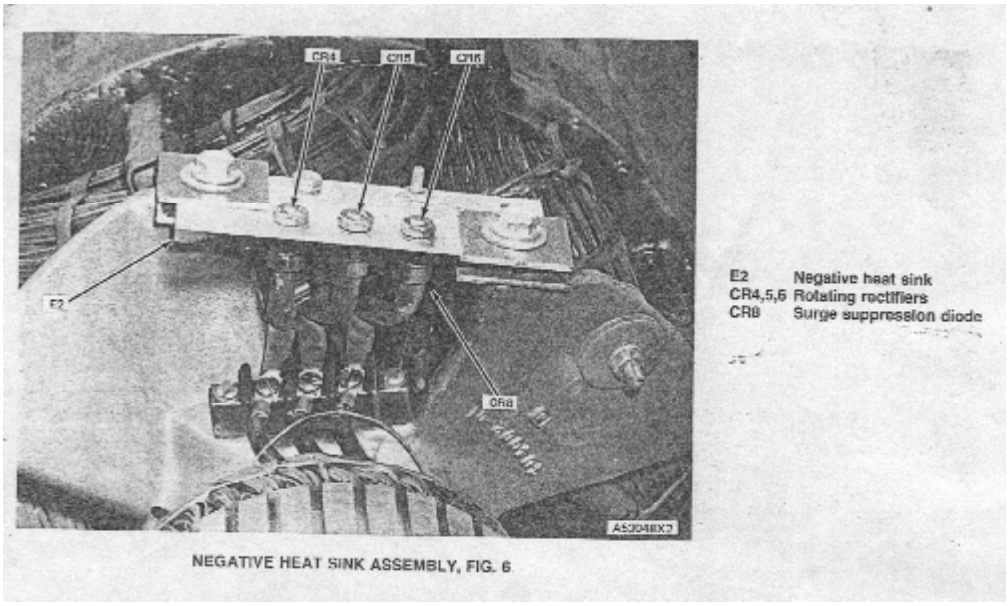
العضو الثابت للمولد الرئيسى



شكل رقم (٢ - ٦)

العضو الدوار للمولد الرئيسى





شكل رقم (٢-٧)

وضع الموحدات الدوارة وتثبيتها بالعضو الدوار

المنشط

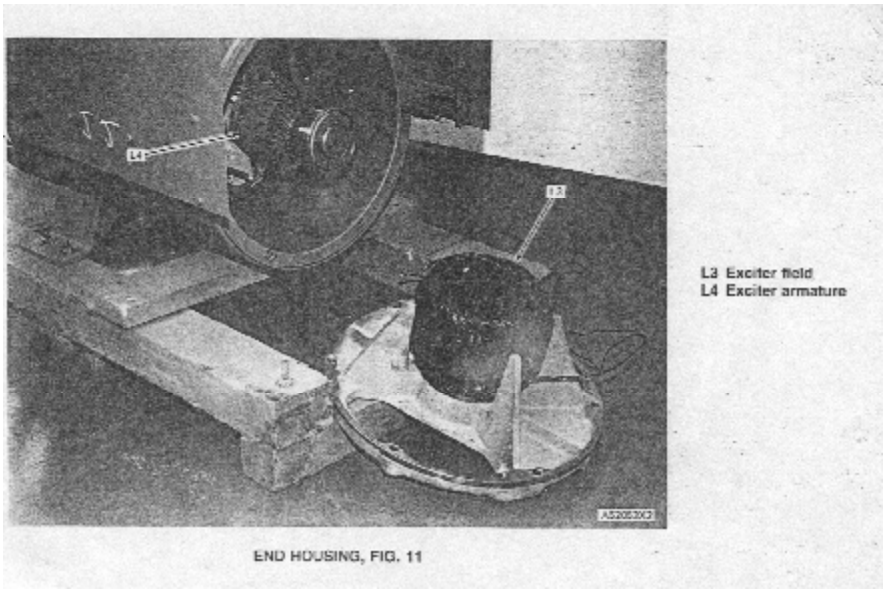
يعتبر المنشط هو الجزء البديل عن الفرش فى هذه المولدات، والمنشط عبارة عن مولد صغير له ملفات مجال (العضو الثابت) L_3 وعضو استنتاج (العضو الدوار) L_4 ويتم تغذية ملفات المجال الخاصة به من خلال منظم الجهد (يدوى/ أتوماتيكى) ويتم التحكم فى هذا الجزء طبقاً للجهد الخارج من المولد الرئيسى. ويعرض الشكل رقم (٢-٨) مجموعة الإثارة التى تتكون من العضو الثابت L_3، والعضو المتحرك L_4.

العضو الثابت للمنشط L_3:

هى عبارة عن أقطاب يتم تغذيتها بجهد وتيار الإثارة القادمين من منظم الجهد (يدوى/ أتوماتيكى) للحصول على المجال اللازم لعملية التوليد، ويتكون من أقطاب مصنوعة من الصلب السليكونى على هيئة شرائح تجمع معاً ويلف عليها سلك معزول L_3 هذا بالإضافة إلى المغناطيسية المتبقية فيه.

العضو الدوار للمنشط L_4:

وهو عبارة عن مجارى توضع بها أسلاك يتم الحصول منها على الجهد والتيار اللازمين لتغذية ملفات المجال للمولد الرئيسى L_5.



شكل رقم (٢-٨)

مجموعة الإثارة [العضو الثابت L_3، العضو المتحرك L_4]

الموحدات الدوارة (E_1 & E_2):

تستخدم الموحدات فى توحيد الكهرباء المنتجة من العضو الدوار الخاص بالمنشط وتحويلها إلى (DC) وذلك لتغذية ملفات المجال الخاصة بالمولد وتوجد هذه الموحدات على نهاية عمود الدوران كما بالشكل السابق رقم (٢-٧). وتوصل الموحدات على هيئة ٣ فاز وهو توصل بملفات المجال عن

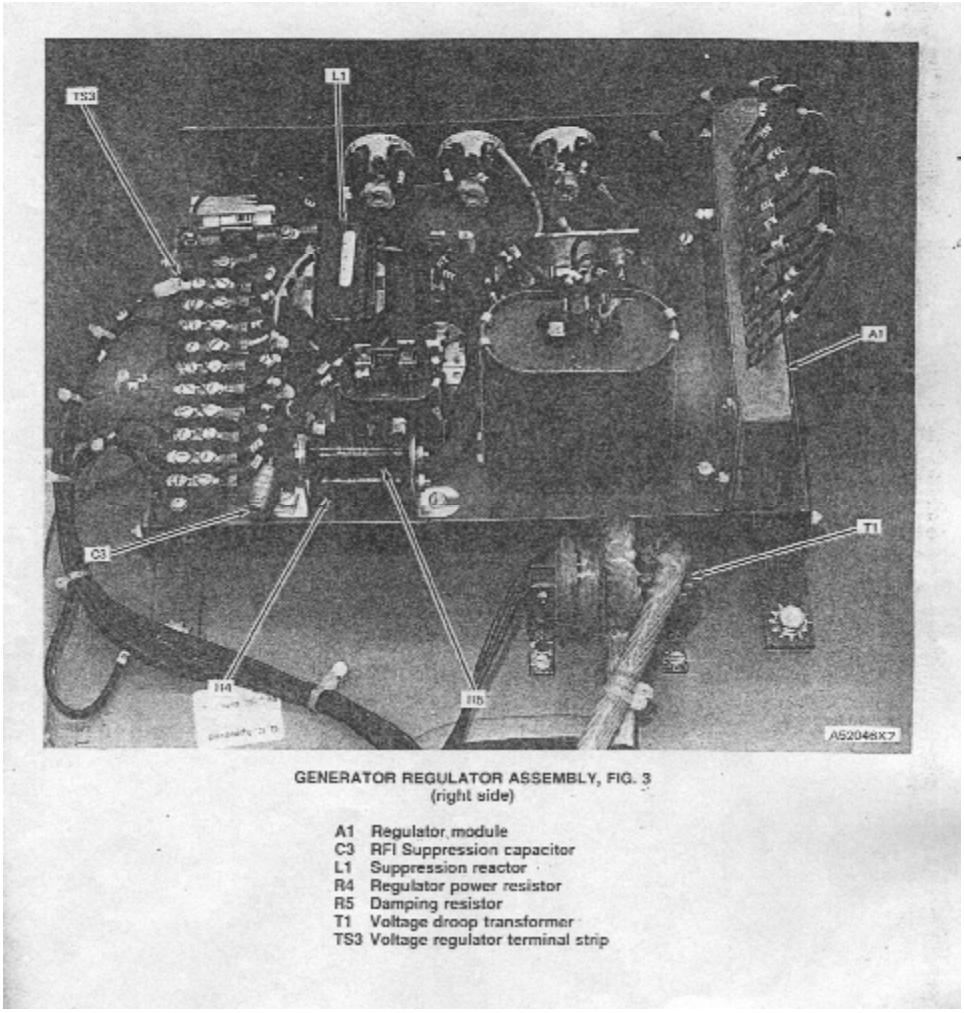
طريق كابلين يمران خلال فتحات داخل عمود الإدارة، وكما هو مبين بالشكل السابق رقم (٢-٧) والذى يوضح كيفية توصيل هذه الموحدات، ويعتبر هذا النظام أقل احتياج للصيانة من النظام الذى يستخدم معه حلقات انزلاق وفرش.

منظم الجهد الإلكترونى يستخدم منظم الجهد فى التحكم فى الجهد الخارج من نظام التوليد ويتم تنظيم جهد المولد بواسطة التحكم فى قيمة التيار الذى يتم تغذية مجال المنشط به، وتصنع دوائر منظم الجهد من أشباه الموصلات التى تتأثر نسبياً بالحرارة، والرطوبة، والاهتزازات، والصدمات، والأتربة كما هو معروض بالشكل رقم (٢-٩).

صندوق الأطراف يحتوى هذا الصندوق على خطوط نقل القدرة وطرق توصيل نقطة التعادل، ويستخدم معهم عوازل من البورسلين لتثبيتهم وكذلك عدد ٣ محول تيار تستخدم للقياس.

أجهزة القياس والملحقات يركب مع المولد أجهزة القياس والملحقات التالية:

- مكتشفات حرارة وذلك لملفات العضو الثابت لاستخدامها فى قراءة درجة الحرارة لحمايته من ارتفاع درجة الحرارة.
- سخان يغذى بجهد ٢٢٠ فولت – فاز واحد



GENERATOR REGULATOR ASSEMBLY, FIG. 3
(right side)

A1 Regulator module
C3 RFI Suppression capacitor
L1 Suppression reactor
R4 Regulator power resistor
R5 Damping resistor
T1 Voltage droop transformer
TS3 Voltage regulator terminal strip

شكل رقم (٢ - ٩)
منظم الجهد الإلكترونى

التحكم فى سرعة المـــولـــــد

ويتم ذلك عن طريق أوزان تدور مع حدافة الديـــزل التى يتم طردها مركزياً وكلما زادت السرعة يزيد نصف قطر دورانها حيث يمكن تقليل فتحة الوقود عن طريق كامة وبالتالى تقل سرعة الدوران للديزل والعكس صحيح.

ويوجد نوعان من حاكم السرعة وهو الحاكم الميكانيكى والحاكم الكهربى.

أولاً: حاكم السرعة الميكانيكى

يتـــم تنظيم عمل المحرك بواسطة حاكم السرعة لتنظيم السرعة والقدرة الكلية للماكينة، وتسمى قدرة الماكينة الفعالة بالحصان بالقدرة الفرملية (N_b) وهى عبارة عن قدرة المحرك الكلية بالحصان (N_i) مطروحا منها القدرة المفقودة فى الاحتكاك بالحصان (N_f) وهى مجموعة البنود التالية:

١. الاحتكاك بين الأجزاء المتحركة مثل الكراسى
٢. مفاقيد مقاومة الهواء للأجزاء المتحركة مثل (الحدافة، البساتم، أذرع التوصيل)
٣. مقاومة الصمامات لمرور الهواء والعادم
٤. مقاومة احتكاك التروس (وش التقسيمة، طلمبات الوقود، زيت)

$$N_b = N_i - N_f$$

وتعتمد قيمة القدرة الكلية (N_i) على ضغط الاحتراق والذى يعتمد بدوره على كمية الوقود عند بداية شوط القدرة مع ثبات باقى العوامل المرتبطة بالتشغيل (باراميترات التشغيل)، ولذلك يتم توصيل طلمبة الوقود مع الحاكم وضبطها بحيث تعطى كمية وقود ثابتة فى كل عملية حقن بصرف النظر عن سرعة الماكينة.

خواص حاكم السرعة:

يجب أن يعمل الحاكم بصورة مناسبة للماكينة وطبقاً للخواص الآتية:

١. حدود تغيير السرعة مع الحمل (بدون حمل / أقصى حمل) يجب أن تكون مقبولة وتقاس كنسبة مئوية من السرعة المتوسطة.
٢. الحفاظ على سرعة ثابتة عند تغيير الحمل بـــدون انخفـــاض الســـرعـــة (No Speed Drop).
٣. حساسية معقولة بمعنى أن سرعة الاستجابة لتغيير كمية الوقود مع تغير الحمل عند سرعة معينة، وتقاس كنسبة مئوية من السرعة المتوسطة للماكينة.

أنواع حاكم السرعة الميكانيكى:

كما هو موضح بالشكل رقم (٢-١٠-أ) يوضح أماكن (أقصى سرعة/ أقل سرعة) ويمكن أن يوجد ثقلين أو أربعة أثقال تدور مع الماكينة، وتعمل هذه الأثقال على تحريك مكبس صمام الوقود إلى إمرار الوقود عند ضغط السوستة وتثبيته من إحدى نهايتها، وبذلك فانه عند خفض الحمل تزيد سرعة الماكينة ويتم طرد الأثقال الى الخارج ضد ضغط السوستة فيقل إمرار الوقود خلال مكبس صمام الوقود فتقل السرعة والعكس.

الحاكم ذو السرعة الثابتة:

ويعمل بنفس نظرية الأثقال وتكون سرعة دورانه فى حالة اللاحمل أكبر من سرعته عند الحمل الكامل كما بالشكل السابق رقم (٢-١٠-أ).

الحاكم ذو السرعة المتغيرة:

عند تغيير سرعة الماكينة أثناء التشغيل يتم ضبطها بواسطة الحاكم، ويتم تغيير ضغط الياى لضبط السرعة، فإذا الضغط على الياى سوف يقل طوله وتزيد السرعة والعكس صحيح وتعمل الأثقال على معادلة ضغط الياى وبالتالى تغيير كمية الوقود كما فى الشكل رقم (٢-١٠-ب).

الحاكم ذو سرعتين:

فى بعض الأحيان تحتاج دوران الماكينة لفترة طويلة بدون حمل (الطوارئ/ انتظار التحميل) ولتقليل التآكل فى الماكينة واستهلاك الوقود، كما بالشكل رقم (٥-١٠-جـ).

عند التشغيل بدون حمل يمكن تخفيض سرعة الماكينة ويستخدم حاكم له عدد ٢ ياى واحد داخلى (طرى) للسرعة بدون حمل والآخر خارجى (ناشف) يعمل مع الياى الداخلى عند السرعة فى حالة الحمل كما فى الشكل ويوضح الشكل ذراع التحكم فى وضح أقل سرعة بالخط الأسود وأعلى سرعة بالخط المنقط.

حاكم لا مفصلى:

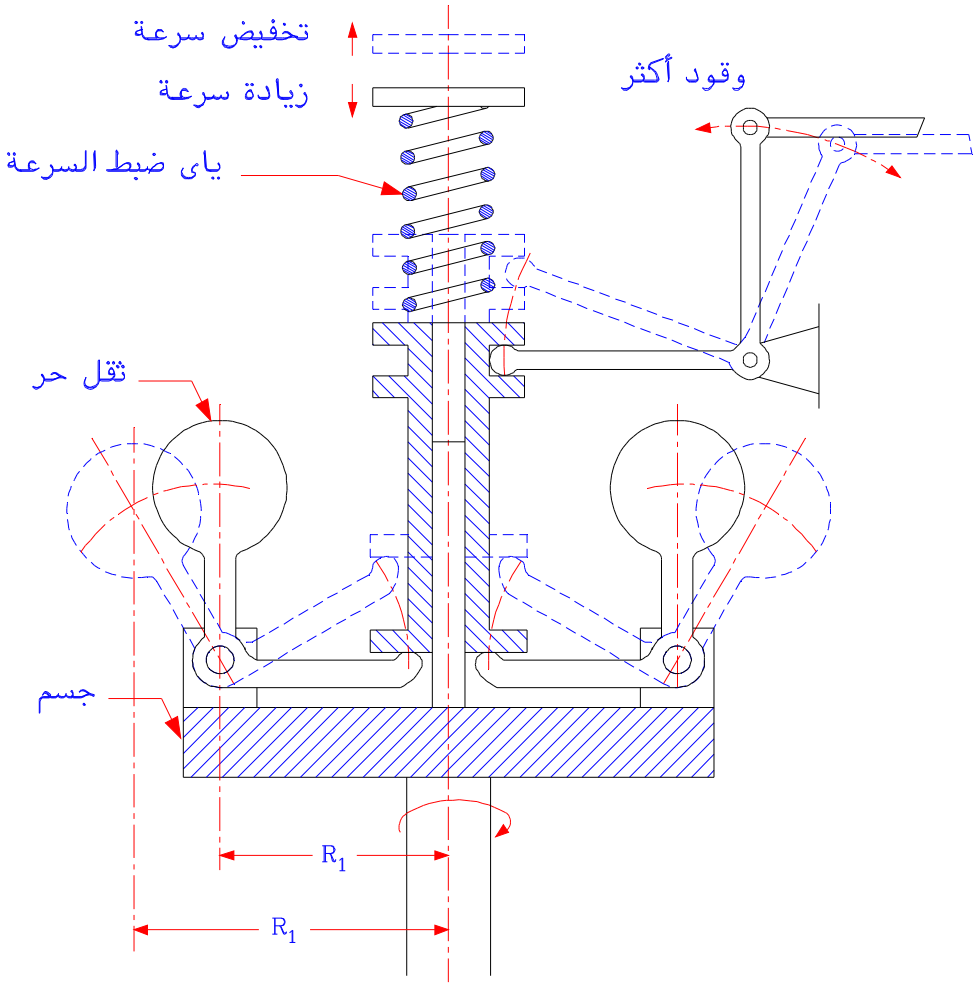
تدور ٦ كرات صلب داخل قفص له غطاء رفع سفلى لحجز الكرات من السقوط، وعند زيادة سرعة الماكينة تندفع الكرات الى الخارج وبعيد عن المحور وتعمل على ضغط الياى.

عيوب هذه الأنواع

١ - تآكل فى مفصل الحركة للروافع الميكانيكية

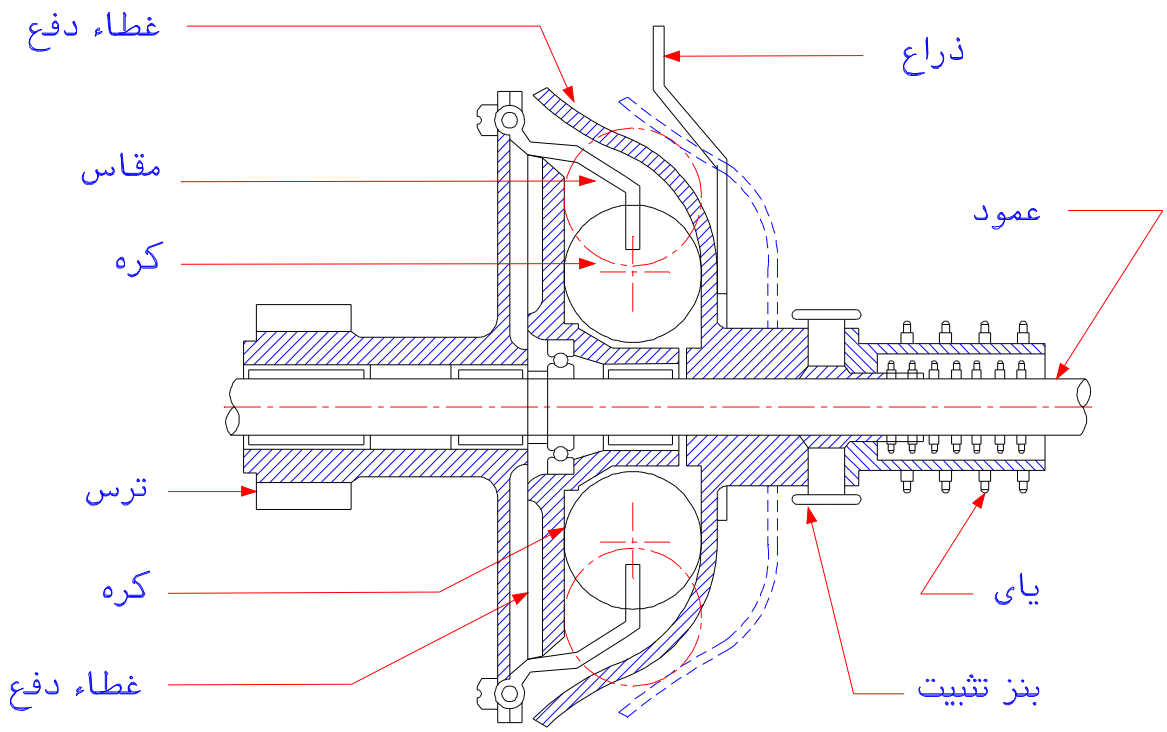
٢ - قلة الحساسية للاعتماد على ياى الأثقال

٣ - قلة الاستقرار



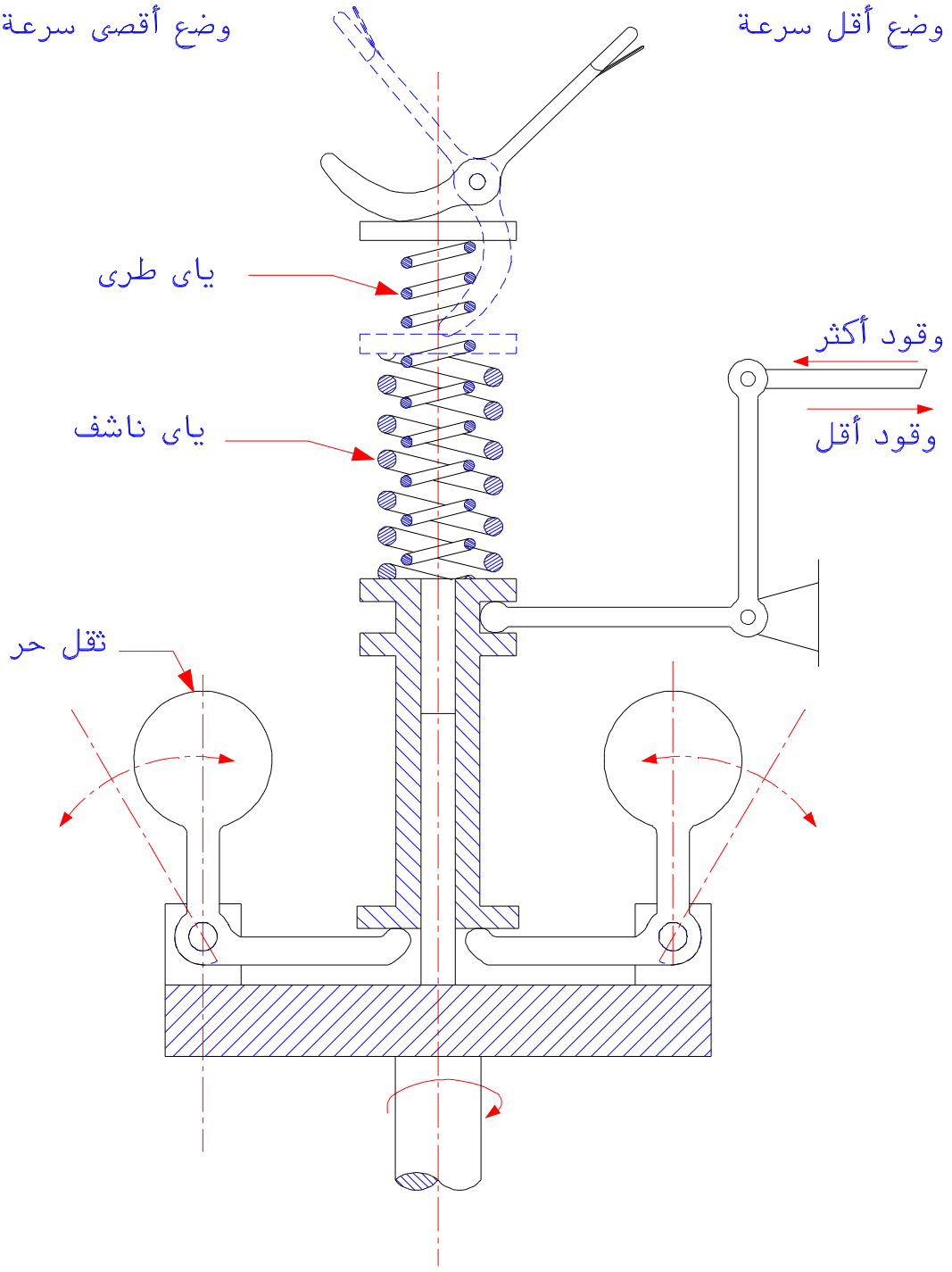
شكل رقم (٢-١٠-أ)

حاكم طرد مركزى ذو سرعة ثابتة (واحدة)



شكل رقم (٢-١٠-ب)

حاكم طرد مركزى ذو سرعة متغيرة



شكل رقم (٢-١٠-جـ)

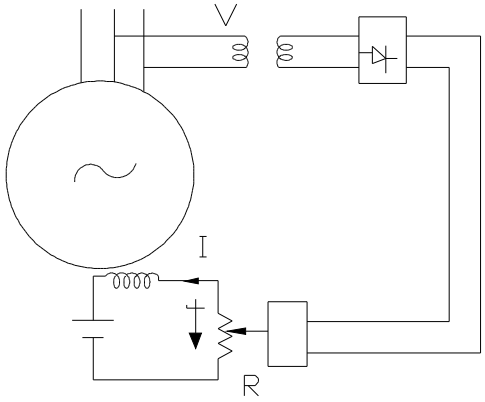
حاكم طرد مركزى ذو سرعتين

ثانياً: فكـــرة عمـــــل الحاكم الكهربى

قبـــل معـــرفـــة فكـــرة عمل الحاكم الكهربى يجب أن نستعرض معاً بعـــض الأجهزة المستخدمة فى عملية التحكم فى السرعة والتحكم فى الفولت لكى نتمكن من ربط الأبعاد الخاصة بعملية التوليد.

تنظيم جهد المولد للتحكـــــم فى جهد الخرج

يتم أخذ عينة من جهد خرج المولد الرئيسى (V) لتشغيل دائرة تحكم فى جهد المجال بحيث يتم زيادة المجال عند نقص خرج المولد الرئيسى (V) والعكس صحيح وذلك للمحافظة على جهد خرج ثابت للمولد الرئيسى، فعند زيادة جهد الخرج يتم زيادة قيم المقاومة (R) فيقل تيار المجال (I) فيقل جهد خرج المولد وعادة ما تكون المقاومة أقراص كربون يزيد الضغط عليها فتقل قيمتهـــا (زيادة سطح التلامس A) عن طريق دائرة التحكم. كما بالشكل رقم (٢-١١).



شكل رقم (٢-١١)
تنظيم جهد المولد للتحكم فى جهد خرج المولد

حساس السرعة

عبارة عن مغناطيس دائم حوله ملف تتولد فيه نبضات بتردد عالى جداً نتيجة لقطع فيض المغناطيس بواسطة سنون ترس الحدافة الذى يدور بسرعة تساوى سرعة دوران الديزل مضروبة فى عدد السنون، ثم يتم توحيد هذه النبضات جهد مستمر (DC)، وعند عطل مقياس السرعة لأى سبب توجد دائرة حماية تمنع تشغيل الديزل بغلق محبس الوقود.

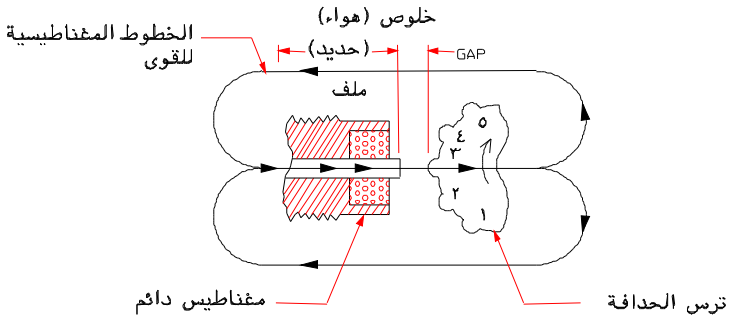
كيفيـــة عمـــــل

يتكـــون حســـاس الســـرعة مـــن مغناطيس يولد مجال مغناطيس ثابت وهذا

حساس السرعة

المغناطيس موضوع داخل ملف السلك. يثبت حساس السرعة أمام أسنان ترس الحدافة عندما يدور المحرك فإن أسنان ترس الحدافة تقطع المجال المغناطيسي المتولد من حساس السرعة، وبناء على ذلك يتولد فولت متردد ويتوقف قيمة هذا الفولت على سرعة دوران الحدافة أى أنه كلما زادت سرعة المحرك تزيد قيمة الفولت المتولد من حساس السرعة (تردد هذا الفولت يتناسب طردياً مع سرعة المحرك).

هذه الذبذبة (فولت متردد) المتولدة نتيجة لسرعة المحرك ترسل إلى لوحة التحكم حيث تتحول إلى فولت مستمر، هذا الفولت المستمر يصل إلى الجفرنر(الحاكم) حيث يقوم الجفرنر بعد ذلك بتحريك جريدة الوقود، وهذا الفولت المستمر الخارج من لوحة التحكم يتناسب عكسياً مع سرعة المحرك أى أنه عند زيادة سرعة المحرك فإن الفولت الخارج من لوحة التحكم إلى الجفرنر يقل وعند نقصان سرعة المحرك فإن الفولت الخارج من لوحة التحكم إلى الجفرنر يزيد. ويعرض الشكل رقم (٢-١٢) رسم تخطيطى لكيفية عمل حساس السرعة.



شكل رقم (٢-١٢)

رسم تخطيطى لكيفية عمل حساس السرعة

فكرة عمل الحاكم الكهربى

الجفـــرنر جهـــاز يتـــم إدارتـــه عـــن طريق المحرك، ويقوم بتحويل الطاقة الكهربائية الواصلة إليه من لوحة التحكم إلى طاقة ميكانيكية (يتم التحويل هيـــدوليكياً) تقوم بتحريك جريدة طلمبة الوقود كما هو معروض بالشكل رقم (٢-١٣).

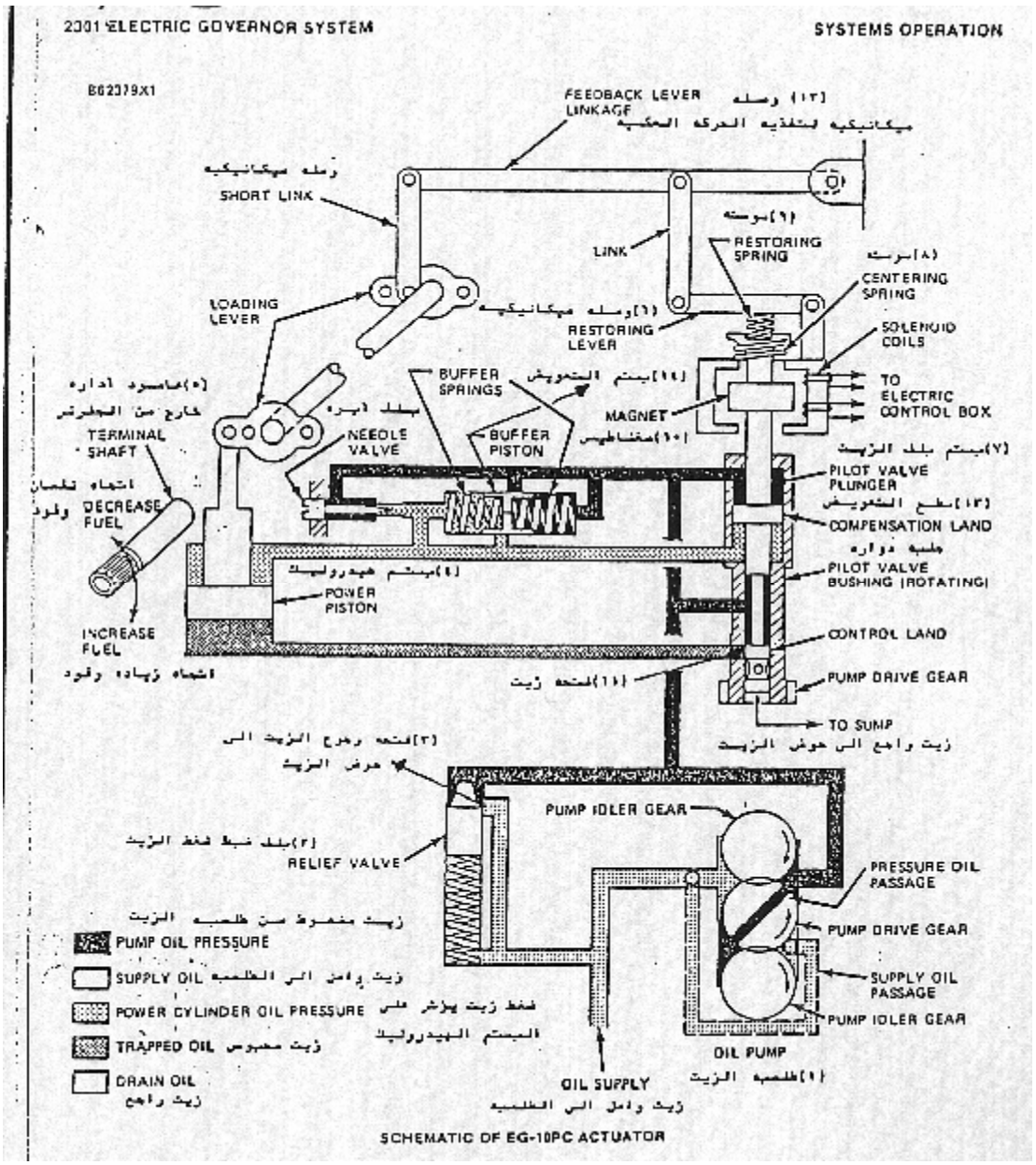
وتقوم لوحة التحكم بتوصيل جهد كهربى إلى ملف سلونيد الجفرنر ويقوم الجفرنر بإدارة عامود خارج منه يقوم بتحريك جريدة طلمبة الوقود عن طريق وصلات ميكانيكية وتتوقف كمية دوران العمود على قيمة الجهد الواصلة إلى الجفرنر، وعندما تتوقف إشارة الجهد الواصلة إلى الجفرنر من لوحة التحكم فإن العامود الخارج من الجفرنر يعود إلى وضع منع الوقود عن المحرك وبذلك يتوقف المحرك.

ولكى نتعرف على طريقة عمل الجفرنر يجب أولاً معرفة الأجزاء الرئيسية بالجفرنر ووظيفة كل جزء وهى:

١. طلمبة زيت
٢. مجموعة ميكانيكية
٣. مجموعة كهربائية
٤. مجموعة هيدروليكية
٥. مجموعة تغذية الحركة العكسية وهى تنقسم إلى جزئين:
   أ. مجموعة تغذية الحركة العكسية ميكانيكياً
   ب. مجموعة تغذية الحركة العكسية هيدروليكياً

١. طلمبة الزيت:

تقوم بضغط الزيت الواصل إليها من المحرك أو الموجود فى حوض الزيت بالجفرنر إلى المجموعة ويصل ضغط الزيت إلى ٤٠٠ رطل/ بوصة المربعة أى حوالى ٣٧ كجم/ سم^{٣} ويتم التحكم فى ضغط الزيت بواسطة بلف ضبط ضغط الزيت (٢) فعندما يزيد ضغط الزيت عن الضغط المسموح به فإن البلف (١) ويفتـــح ريسمح بمرور الزيت إلى حوض الزيت خلال الفتحة (٣) ويتم إدارة طلمبة الزيت عن طريق وصلات ميكانيكية من المحرك.



شكل رقم (٢-١٣)

الحـــاكم الكهـــربى

٢. **المجموعة الميكانيكية:**

وهى مكونة من بستم هيدروليكى (٤) متصل بعامود لنقل الحركة خارج الجفرنر (٥) عامود نقل الحركة الخارج من الجفرنر متصل بجريدة طلمبة الوقود عن طريق وصلات ميكانيكية، عند زيادة أو نقصان الحمل على المحرك فإن البستم الهخيدروليكى (٤) يتحرك إلى أعلى أو أسفل مما يؤدى إلى دوران عامود نقل الحركة (٥) فى اتجاه زيادة أو نقصان الوقود مما يؤدى إلى تحريك جريدة طلمبة الوقود فى اتجاه زيادة أو نقصان الوقود.

٣. **المجموعة الكهربائية:**

وتتكون من:

أ. حساس للسرعة والذى يتم تركيبه فى معظم الأحيان مقابل لترس الحدافة (وفى بعض الأحيان يتم تركيبه مقابل لتروس وش التقسيمة) ويقوم حساس السرعة بتوليد جهد متردد ويرسل الذبذبات الخاصة بهذا الجهد المتردد إلى لوحة التحكم وتقوم لوحة التحكم بمقارنة الذبذبة الناتجة من سرعة المحرك والمرسلة إليها من حساس السرعة بالذبذبة المحفوظة فى لوحة التحكم (والتى يتم تحديدها وضبطها على حسب سرعة المحرك المقررة مثل ١٠٠ لفة/ دقيقة). إذا كانت سرعة المحرك لا تساوى السرعة المقررة فإن لوحة التحكم ترسل جهد مستمر إلى ملف السلونيد بالجفرنر (٦) فيقوم الجفرنر بتعديل وضع جريدة طلمبة الوقود ليجعل المحرك يعمل عند نفس السرعة المقررة.

ب. بستم بلف زيت (٧) معلق بواسطة سوسة (٨) ومثبت به مغناطيس (١٠) ويتحرك داخل مجال ملف السلونيد، وعندما يصل الجهد الخارج من لوحة التحكم إلى ملف السلونيد فإنه تتولد قوة مغناطيسية تحاول دائماً أن تدفع بستم البلف إلى أسفل (فى اتجاه زيادة الوقود) وتتوقف قوة الدفع على قيمة الجهد الداخل إلى ملف السلونيد.

جـــ. السوستة رقم (٨) تكون دائماً فى حالة شد لبستم البلف أى أنها دائماً تحاول رفع بستم البلف إلى أعلى (فى اتجاه نقصان الوقود). وعندما يعمل المحرك عند حمل ثابت وسرعة ثابتة (حالة استقرار) فإن قوة الشد الناتجة من السوستة (٨) والتى تحاول أن ترفع بستم البلف إلى أعلى والقوة المغناطيسية الناتجة من السلونيد والتى تحاول أن تدفع البلف إلى أسفل تكونان متساويتان فى المقدار ومتضادتان فى الاتجاه وفى هذه الحالة يكون بستم البلف فى الوضع المركزى له (وهو الوضع الذى يكون فيه سطح بستم البلف يغطى فتحة يغطى فتحة الزيت (١١) الواصلة إلى أسفل البستم الهيدروليكى).

وعند زيادة سرعة المحرك (نتيجة لنقص الحمل) فإن لوحة التحكم ترسل جهداً أقل إلى ملف السلونيد وبالتالى فإن القوة المغناطيسية الناتجة من السلونيد تقل وفى هذه الحالة فإن قوة شد السوستة (٨) تكون أكبر من القوة المغناطيسية الناتجة من السلونيد مما يؤدى إلى تحريك البستم الهيدروليكى إلى أسفل محركاً معه عامود نقل الحرك الخارج من الجفرنر فى اتجاه نقصان الوقود، وعند نقصان سرعة المحرك (نتيجة لزيادة الحمل) فإن الجهد الواصل إلى السلونيد يزداد مما يؤدى إلى زيادة القوة المغناطيسية الناتجة من السلونيد وفى هذه الحالة فإن القوة المغناطيسية تكون أكبر من قوة شد السوستة (٨) مما يؤدى إلى تحرك بستم البلف إلى أسفل ليسمح بمرور الزيت المضغوط تحت البستم الهيدروليكى من خلال الفتحة (١١) مما يؤدى إلى تحريك البستم الهيدروليكى إلى أعلى محركاً معه عامود نقل الحركة الخارج من الجفرنر فى اتجاه زيادة الوقود.

٤. مجموعة الهيدروليك:

تتكـــون من البستم الهيدروليكى (٤) ويقوم بإدارة عمود الخروج من الجفرنر (٥)، فى حالة الاستقرار (عند السرعة الثابتة والحمل الثابت) ويكون ضغط الزيت أسفل وأعلى البستم متكافئ مما يؤدى إلى ثبات البستم الهيدروليكى، ومعنى أن ضغط الزيت متكافئ هو تساوى القوة المؤثرة أسفل البستم مع القوة

المؤثرة أعلى البستم مع ملاحظة أن مساحة البستم من أسفل تختلف عن مساحة البستم من أعلى أى أن تكافئ ضغط الزيت أسفل وأعلى البستم يمكن أن يعبر عنه كما يلى:
ضغط الزيت أسفل البستم × مساحة وجه البتسم من أسفل = ضغط الزيت أعلى البستم × مساحة وجه البتسم من أعلى. أى أن القوة المؤثرة على البستم من أسفل تساوى القوة المؤثرة على البستم من أعلى.

ويقوم بستم البلف (٧) بالتحكم فى تصرف الزيت من وإلى أسفل البستم الهيدروليك من خلال الفتحة (١١).

وعندما يتحرك بستم البلف إلى أعلى فإنه يسمح بهروب الزيت من تحت البستم الهيدروليك إلى حوض الزيت أسف الفتحة (١١) مما يؤدى إلى تحرك البستم الهيدروليك إلى أسفل إلى أن يتم قفل الفتحة (١١) بواسطة بستم البلف.

٥. مجموعة التغذية العكسية:

فى المولدات الكهربائية فإن درجة الاتزان العالية للمحرك مطلوبة عند تغيير الحمل أى أنه يجب عدم تغيير سرعة المحرك تغييراً ملحوظاً مع تغيير الحمل وذلك لضمان الحصول على جهد ثابت تحت أى ظروف من التشغيل، والغرض من مجموعة التغذية العكسية هى القيام بالمحافظة على درجة اتزان المحرك عند أى تغيير فى الحمل.

مثال على طريقة حساب قدرة المولد

تحميل متقطع:

١. أحمال إنارة = ١٢٣ ك. وات.

٢. موتورات:

حصان	ك. وات RUN	ك. وات بدء
٧٥	٥٦	٣٣٦
٧٥	٥٦	٣٣٦
٦٠	٤٥	٢٧٠
٥٠	٣٨	٢٢٨

٣. الحمل الكلى: ١٩٥ + ١٢٣ = ٣١٨

٤. حساب حمل الموتورات عند بدء التشغيل (التقويم):

أ. موتور ٧٥ حصان يحتاج تقويم والباقي شغال ١٩٥ – ٥٦ = ١٣٩

١٣٩ + ٣٣٦ × ٠,٤ = ١٣٩ + ١٣٥ = ٢٧٤ ك. وات

ب. موتور ٧٥ حصان يحتاج تقويم والباقي شغال ١٩٥ – ٥٦ = ١٣٩

١٣٩ + ٣٣٦ × ٠,٤ = ١٣٩ + ١٣٥ = ٢٧٤ ك. وات

جـــ. موتور ٦٠ حصان يحتاج تقويم والباقي شغال ١٩٥ – ٤٥ = ١٥٠

١٥٠ + ٢٧٠ × ٠,٤ = ١٥٠ + ١٠٨ = ٢٥٨ ك. وات

د. موتور ٥٠ حصان يحتاج تقويم والباقى شغال ١٩٥ – ٣٨ = ١٥٧

١٥٧ + ٢٢٨ × ٠,٤ = ١٥٧ + ٩١ = ٢٤٨ ك. وات

٥. القدرة المطلوبة للمولد

القدرة = ١٢٣ (حمل إنارة) + ٢٤٨ (أقل حمل للموتورات) = ٣٧١ ك. وات

الفصل الثـــــالث

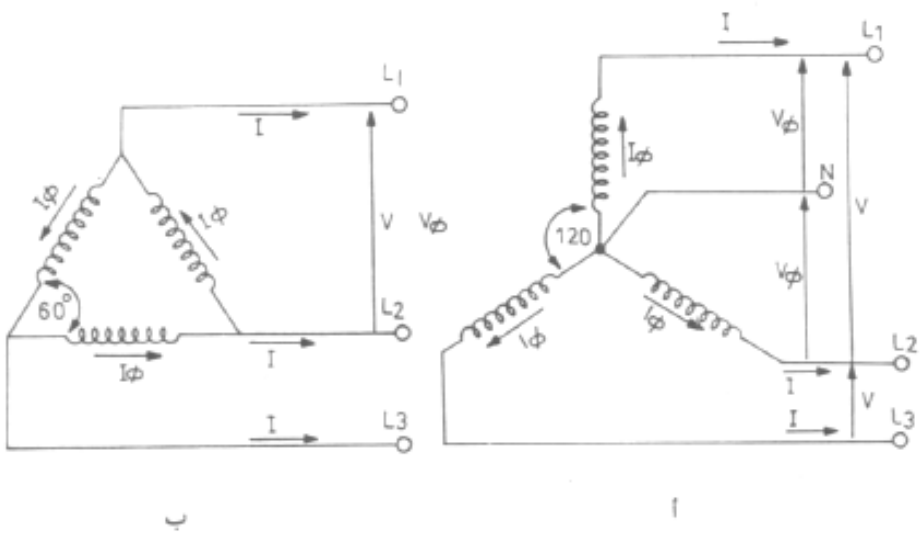
المولدات التزامنية

الفصل الثالث

المولدات التزامنية

التوصيلات المختلفة لملفات المولدات التزامنية

عادة يتم توصيل ملفات الأوجه الثلاثة للمولدات التزامنية، إما دلتا أو نجما. والشكل (٣-١) يبين طريقة توصيل ملفات المولد نجما (الشكل أ)، وطريقة توصيل لفات المولد دلتا (الشكل ب).



الشكل (٣-١)

حيث أن:

الأوجه الثلاثة للمولد	L1, L2, L3
جهد الخط	V
جهد الوجه (فرق الجهد بين الخط والتعادل)	V_Φ
تيار الخط	I
تيار الوجه	I_Φ

وفيما يلي خصائص توصيلة النجما:

$V = \sqrt{3}\, V_{\Phi}$, $I_{\Phi} = I$

وفيما يلي خصائص توصيلة الدلتا

$I = \sqrt{3}\, I_{\Phi}$, $V = V_{\Phi}$

والجدير بالذكر أن القدرة الفعالة للمولد التزامني يمكن تعيينها من العلاقة 1.3، ويختلف عدد أطراف ملفات المولدات التزامنية الموجودة في الأسواق على سبيل المثال يمكن أن تكون عدد أطرافها أثنى عشر طرفاً، أو عشرة أطراف أو ستة أطراف، أو أربعة أطراف (توصيلة النجما) أو ثلاثة أطراف (توصيلة الدلتا).

أولاً: المولدات التزامنية

ذات الاثنى عشر طرفاً:

وتحتوي على ستة ملفات منفصلة أطرفها كما يلي:

(T1 – T4), (T2 – T5), (T3 – T6), (T7 – T10), (T8 – T11), (T9 – T12)

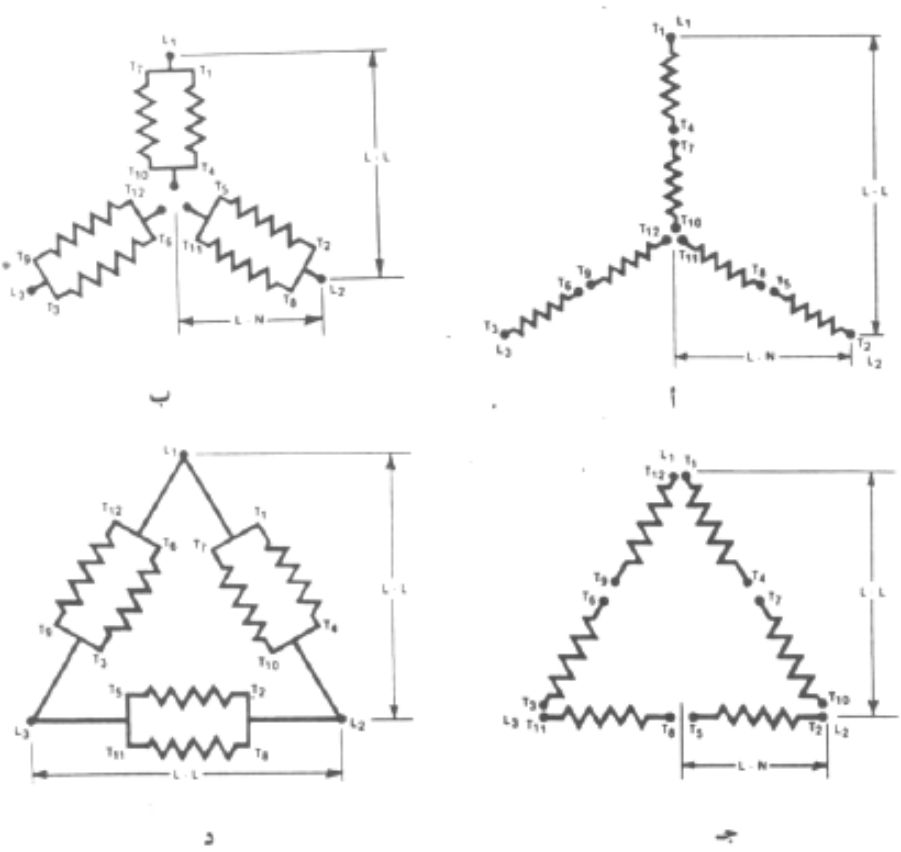
وتوصل هذه الملفات لإحدى الطرق المبينة بالشكل (٣ - ٢) وهم كما يلي:

١ - نجما طويلة HI WYE (الشكل أ).

٢ - نجما قصيرة LOW WYE (الشكل ب).

٣ - دلتا طويلة HI DELTA (الشكل جـ).

٤ - دلتا قصيرة LOW DELTA (الشكل د).



الشكل (٣-٢)

والجدول (٣-١) يبين العلاقة بين الجهد والتيار للتوصيلات المختلفة للمولدات ذات الاثنى عشر طرفاً باعتبار أن القدرة الظاهرية للمولد تساوي $\sqrt{3}\ VI$.

الجدول (٣-١)

نوع التوصيلة	تيار الخط	جهد الخط
نجما طويلة	I	V
نجما قصيرة	2I	$\frac{V}{2}$
دلتا طويلة	$\sqrt{3}$ I	$\frac{V}{\sqrt{3}}$
دلتا قصيرة	$2\sqrt{3}$ I	$\frac{V}{2\sqrt{3}\ I}$

ويلاحظ أن أقصى جهد نحصل عليه في حالة النجما الطويلة يساوي V، وأقل جهد نحصل عليه في حالة الدلتا القصيرة ويساوي $\frac{V}{2\sqrt{3}\ I}$ أما أقصى تيار فنحصل عليه في حالة الدلتا القصيرة ويساوي I $\sqrt{3}$ 2؛ واقل تيار نحصل عليه حالة النجما الطويلة ويساوي I.

ثانياَ: المولدات التزامنية

ذات العشرة أطراف.

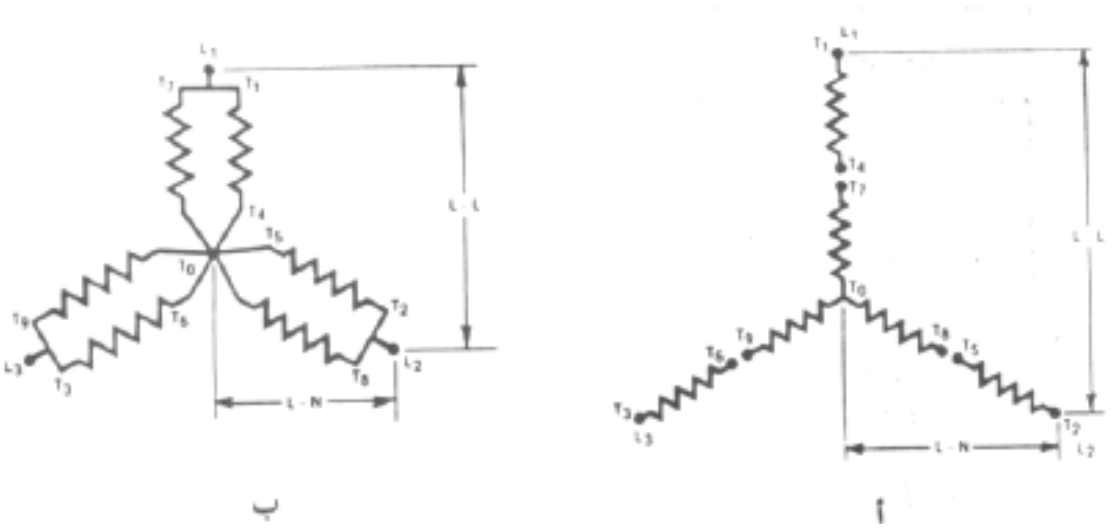
وتحتوي على ستة ملفات، منهم موصلة نجما، وأطرافهم T7, T8, T9 ونقطة التعادل T0، وثلاث ملفات منفصلة أطرافها هي:

(T1 – T4), (T2 – T5), (T3 – T6)

وتوصل هذه الملفات بإحدى الطرق المبينة بالشكل (٣-٣)، وهم كما يلي:

١. نجما طويلة HI WYE (الشكل أ).

٢. نجما قصيرة LOW WYE (الشكل ب).



ب أ

الشكل (٣-٣)

والجدول (٣-٢) يعطي قيمة جهد الخط وتيار الخط في التوصيلات المختلفة للمولد ذات العشرة أطراف باعتبار أن القدرة الظاهرية للمولد VI $\sqrt{3}$.

الجدول (٣-٣)

نوع التوصيلة	تيار الخط	جهد الخط
نجما طويلة	I	V
نجما قصيرة	2I	V/2

ثالثاً: المولدات التزامنية

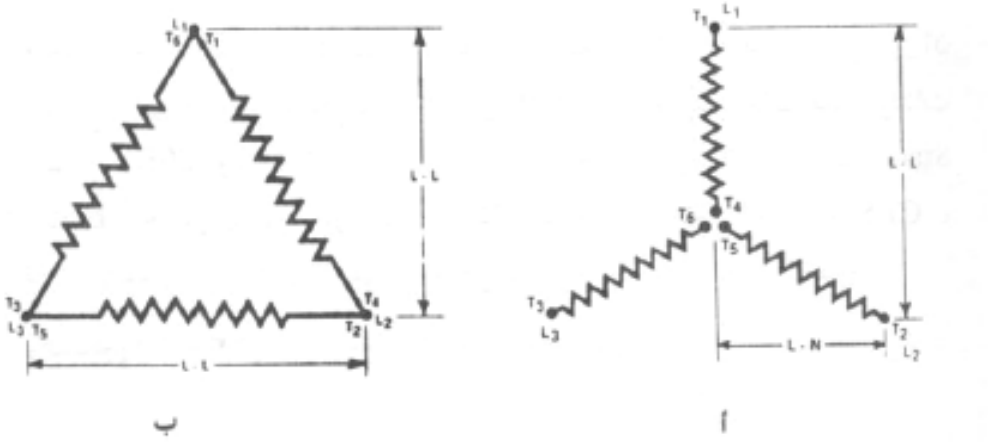
ذات الستة أطراف

وتكون مزودة بثلاثة ملفات وهم: (T1 – T4), (T2 – T5), (T3 – T6)

وأهم طرق توصيل المولدات ذات الستة أطراف مبينة بالشكل (٣-٤) وهـم كما يلي:

١. نجما WYE (الشكل أ).

٢. دلتا DELTA (الشكل ب).



الشكل (٣-٤)

والجدول (٣-٤) يعطي قيمة جهد الخط وتيار الخط في التوصيلات المختلفة إذا كانت القدرة الظاهرية لمولد √3 IV.

الجدول (٣-٤)

نوع التوصيلة	تيار الخط	جهد الخط
نجما	I	V
دلتا	$\sqrt{3}$ I	$\frac{V}{\sqrt{3}}$

أنواع المولدات التزامنية

يمكن تقسيم المولدات التزامنية إلى:

١- مولدات تزامنية بفرش كربونية.

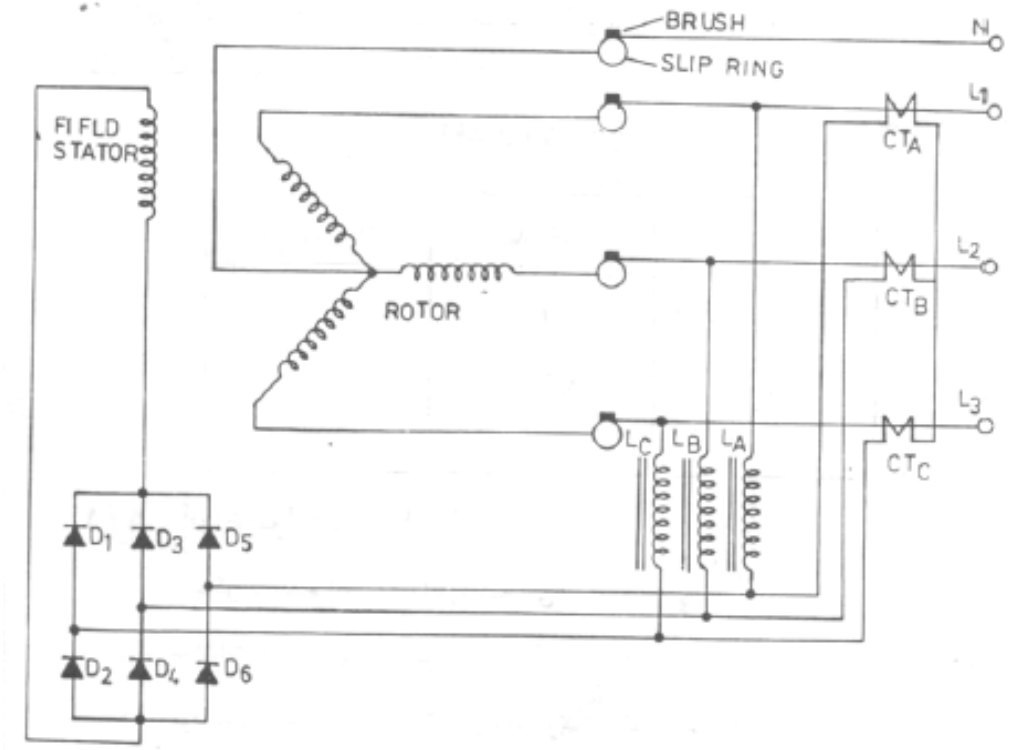
٢- مولدات تزامنية بدون فرش كربونية ويمكن تقسيمها إلى:

أ – مولدات تزامنية بتغذية ذاتية مزودة بمنظم جهد AVR.

ب- مولدات تزامنية بتغذية منفصلة مزودة بمنظم جهد AVR.

المولدات التزامنية ذات الفرش الكربونية

وتكون ملفات التيار المتردد لهذه المولدات مثبتة على العضو الدوار، في حين أن ملفات المجال لهذه المولدات تكون في العضو الثابت، وعادة فإن سعات هذه المولدات أقل من 20KVA. ويستخدم مع هذه المولدات نظام الإثارة الإستاتيكية Static Excitation، حيث ينقل تيار خرج المولد بواسطة ثلاثة محولات تيار CTS، وملفات خانقة Chock Coils تقوم بتعويض التغير في الحمل ومعامل القدرة. والشكل (٣-٥) يبين مخطط التوصيل الداخلي لهذه المولدات.



الشكل (٣ - ٥)

حيث أن:

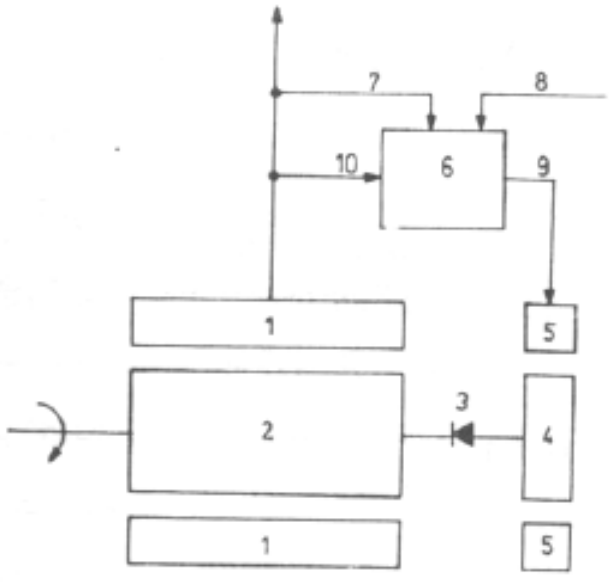
حلقات انزلاق	Slip ring
فرشة كربونية	Brush
العضو الدوار ويحمل ملفات التيار المتردد	Rotor
العضو الثابت ويحمل ملفات المجال	Stator
محولات تيار	CT_A, CT_B, CT_C
ملفات خانقة	L_A, L_B, L_C
موحدات	D1 – D6

المولدات التزامنية ذات التغذية الذاتية والمزودة بمنظم جهد

الشكل (٣-٦) يبين المخط الصندوقي لهذه المولدات.

حيث أن:

العضو الثابت للمولد الرئيسي	1
العضو الدوار للمولد الرئيسي وبه ملفات المجال	2
موحدات دوارة	3
العضو الدوار لمولد الإثارة وبه ملفات المجال	4
العضو الثابت لمولد الإثارة وبه ملفات التيار المتردد	5
الدائرة الإلكترونية لمنظم الجهد AVR	6
تغذية القدرة الكهربية	7
جهد المرجع	8
خرج منظم الجهد AVR	9
التغذية المرتدة	10



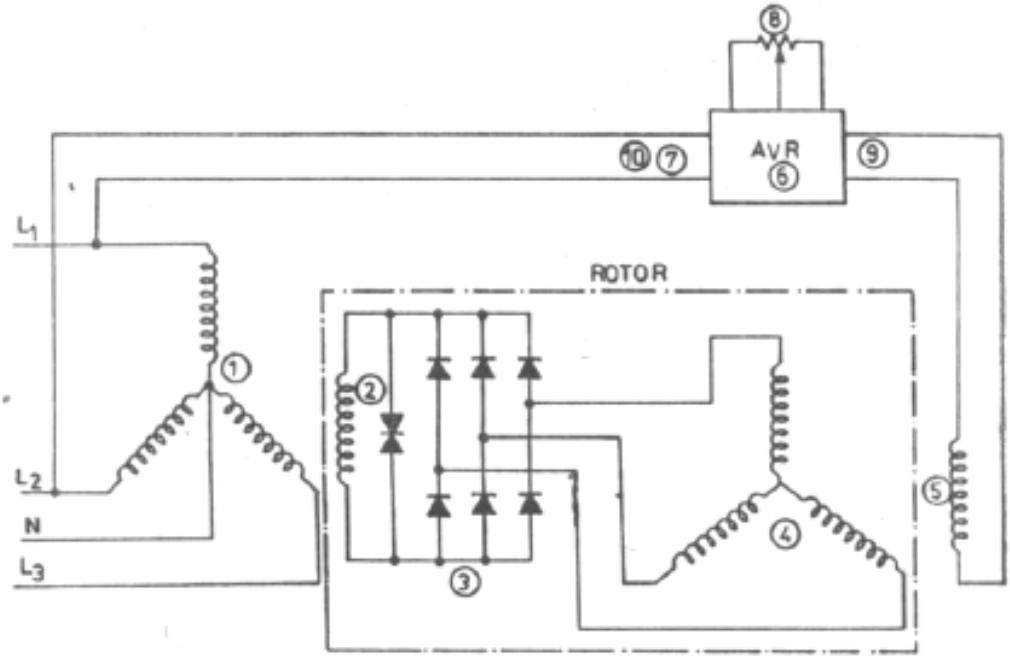
الشكل (٣-٦)

والشكل (٣-٧) يبين دائرة المولدات التزامنية ذات التغذية الذاتية والمزودة بمنظم جهد AVR. ويتكون هذا النوع من المولدات من مولد تزامني رئيسي Main Generator، عضوه الدوار يحمل ملفات المجال الرئيسي (٢)، والعضو الثابت يحمل ملفا ت التيار المتردد الثلاثية الأوجى (١)، ويثبت على نفس عمود الدوران مولد الإثارة Exciter وهو مولد تزامني صغير، وظيفته تغذية ملفات المجال الرئيسي للمولد الرئيسي، ويتكون مولد الإثارة من عضو دوار يحمل ملفات التيار المتردد الثلاثية الأوجة (٤)، وعضو ثابت يحمل ملفات مجال مولد الإثارة (٥) ، ويتم توحيد خرج مولد الإثارة الثلاثي الأوجه بواسطة ستة موحدات دوارة (أي مثبتة على عمود الإدارة (٣)).

وعادة يتم التحكم في جهد مجال مولد الإثارة بواسطة منظم الجهد (٦) الذي يتم ضبطه على جهد المرجع المطلوب بواسطة مقاومة متغيرة (٨).

نظرية العمل

عند دوران الآلة المديرة (ماكينة الديزل) يتولد جهد صغير على أطراف ملفات التيار المتردد لمولد الإثارة نتيجة المغناطيسية المتبقية في مجاله، ويتم توحيد هذا الخرج بواسطة الموحدات الدوارة لتغذية ملفات مجال المولد الرئيسي، ومن ثم ينتج خرج صغير على أطراف المولد الرئيسي.



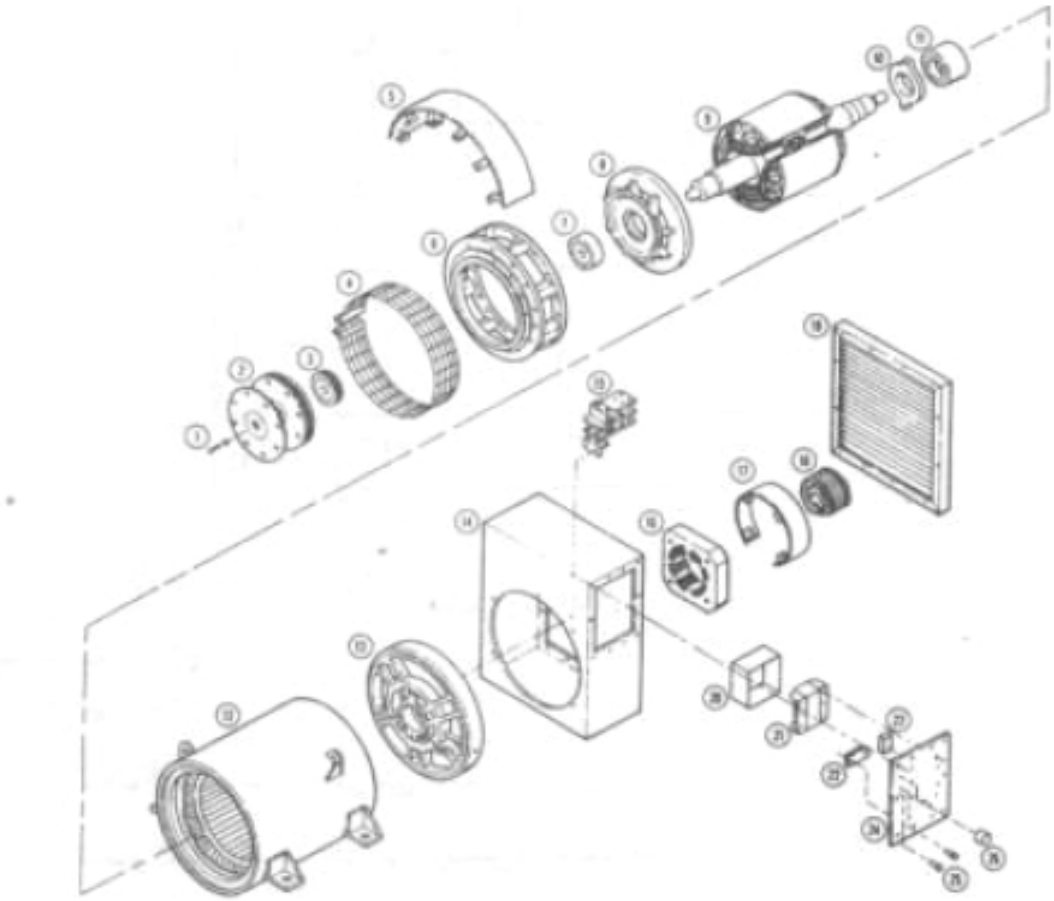
الشكل (٣-٧)

ويقوم منظم الجهد AVR بمقارنة خرج المولد الرئيسي مع جهد المرجع المعاير عليه، فيجد أن جهد الخرج للمولد الرئيسي أقل بكثير من المطلوب، لذلك يقوم AVR بزيادة جهد ملفات مجال مولد الإثارة، وهذا بدوره سيؤدي لزيادة الجهد على أطراف ملفات التيار المتردد لمولد الإثارة، ويتم توحيد هذا الخرج وتغذية ملفات مجال المولد الرئيسي، ومن ثم يرتفع الجهد على أطراف المولد الرئيسي وهكذا وصولاً للجهد المطلوب، علماً بأن هذه العملية تتم بسرعة عاليه؛ لذا فإن الجهد على أطراف المولد الرئيسي يصل على حالة الاستقرار بمجرد وصول ماكينة الديزل لسرعة التزامن.

والشكل (٣-٨) يعرض أجزاء مولد تزامني بتغذية ذاتية من إنتاج شركة Marthon Electric الأمريكية.

وفيما يلي أهم عناصر هذا الشكل:

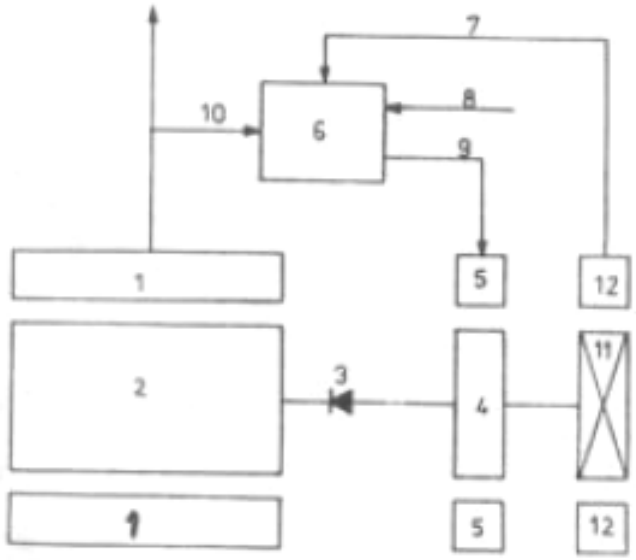
القرص المدير	2
فاصل	3
شبكة	4
غطاء	5.17
موافق حلقي	6
مروحة	8
العضو الدوار	9
غطاء كرسي محور	10
كرسي المحور	11
العضو الثابت	12
الغطاء الأمامي للعضو الثابت	13
صندوق توصيل	14
العضو الثابت لمولد الإثارة	16
العضو الدوار لمولد الإثارة	18
غطاء بفتحات تهوية لصندوق التوصيل	19
صندوق يوضع به منظم الجهد AVR	20



الشكل (٣-٨)

المولدات التزامنية ذات التغذية المنفصلة والمزودة بمنظم جهد

الشكل (٣-٩) يبين المخطط الصندوقي لهذه المولدات

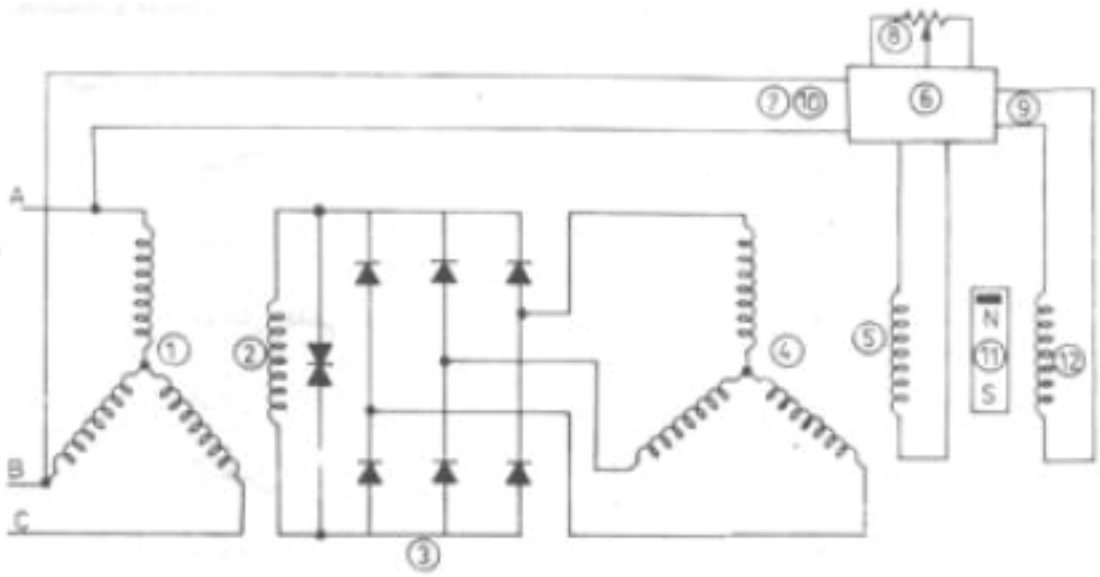


الشكل (٣ - ٩)

حيث أن:

1	العضو الثابت للمولد التزامني الرئيسي
2	العضو الدوار للمولد التزامني الرئيسي؛ ويحمل ملفات المجال
3	موحدات دوارة
4	العضو الدوارة لمولد الإثارة؛ ويحمل ملفات مجال مولد الإثارة
5	العضو الثابت لمولد الإثارة ويحمل ملفات التيار المتردد الثلاثي الوجه
6	الدائرة الإلكترونية لمنظم الجهد AVR
7	تغذية القدرة الكهربية
8	جهد المرجع
9	خرج AVR
10	التغذية المرتدة
11	مغناطيس دائم لمولد تزامني احادي الوجه
12	ملفات التيار المتردد للمولد ذات المغناطيس الدائم PMG

والشكل (٣-١٠) يبين دائرة المولدات التزامنية ذات التغذية المنفصلة



الشكل (٣-١٠)

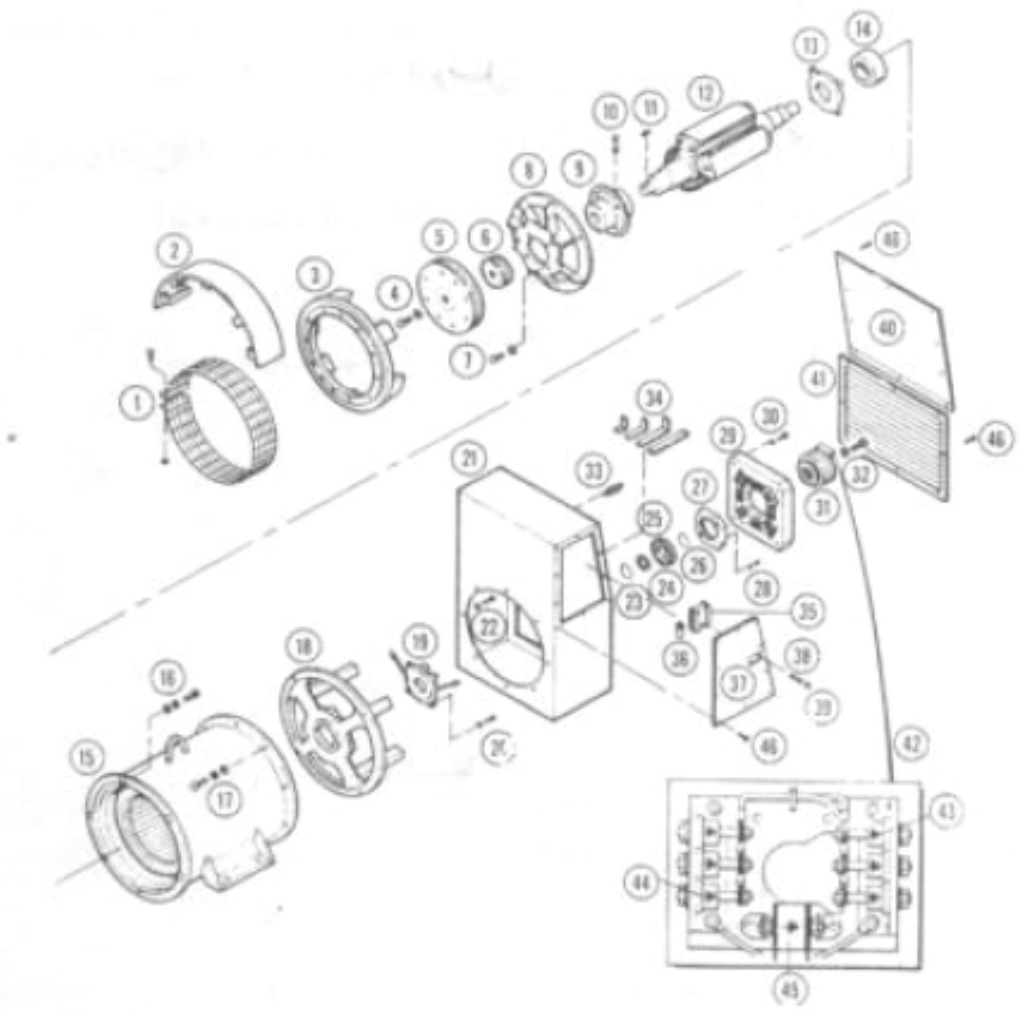
نظرية العمل

عند دوران ماكينة الديزل يقوم المولد التزامني الأحادي الوجه ذي المغناطيس الدائم PMG بتوليد جهد على أطرافه (12)، وهذا الجهد يقوم بتغذية الدائرة الإلكترونية لمنظم الجهد AVR (6)، ويقوم AVR بدورة بتغذية ملفات مجال مولد الإثارة (5) بالجهد اللازم للوصول للخرج المطلوب للمولد الرئيسي، وبالتالي يتولد جهد على أطراف ملفات التيار المتردد لمولد الإثارة (4)، ويتم توحيد هذا الجهد بواسطة الموحدات الدوارة (3)، ثم تغذية ملف مجال المولد الرئيسي (2)، ومن ثم يتولد جهد على أطراف ملفات التيار المتردد للمولد الرئيسي (1) يتناسب مع تيار مجال المولد الرئيسي، ويقوم منظم الجهد (6)، بقياس جهد أطراف المولد الرئيسي، ومن ثم تعديل جهد أطراف مجال مولد الإثارة للوصول للجهد المطلوب على أطراف المولد الرئيسي، والذي يقابل جهد المرجع الذي تم ضبطه بواسطة المقاومة المتغيرة (8) الموصلة مع AVR؛ علماً بأن ذلك يتم في لحظات. ويعرض الشكل رقم (٣-١١) أجزاء مولد تزامني بتغذية منفصلة من إنتاج شركة

.Marthon Electric

حيث أن:

شبكة	1
غطاء	2
موافق حلقي	3
قرص الإدارة	5
فواصل	6
مروحة	8
الهب	9
مجموعة العضو الدوار	12
الكرسي الأمامي	14
جسم العضو الثابت	15
موافق أمامي	18
صندوق أطراف التوصيل	21
العضو الدوار للمولد PMG	25
العضو الثابت لمولد PMG	27
العضو الثابت لمولد الإثارة	29
العضو الدوار لمولد الإثارة	31
منظم الجهد	35
مكثف	36
غطاء جانبي لصندوق التوصيل	37
غطاء مصمت	40
غطاء بفتحات للتهوية	41
موحدات دوارة	43
مخمد قفزات جهد	45



الشكل (٣-١١)

والجدير بالذكر أن الموحدات الدوارة Rotating Diodes والمثبتة على عمـــود الإدارة الرئيسي لهذه المولدات يتم حمايتها بواسطة مخمد قفزات الجهد Surge Suppressor، حيث أن هذا العنصر يكون له مقاومة كبيرة جداً أثناء التشغيل العادي، ولكن عند حدوث تغير كبير في الحمل تتولد قوة دافعة كهربية عالية على أطراف المجال الرئيسي، أي على أطراف الموحدات الدوارة (لأن المولد يعمل في هذه الحالة كما لو كان محولاً) فيعمل مخمد قفزات الجهد كمقاومـــة صغيرة قادرة على تشتيت هذه الطاقة العالية الموجودة في ملفـــات المجـــال،

وبالتالي يعود جهد المجال لقيمته المقننة مرة أخرى، وفي حالة عدم استخدام مخمد قفزات الجهد، فإن الوحدات يمكن أن تتلف عند التغير الكبير في الأحمال نتيجة لتشتت الطاقة العالية المتولدة على أطراف ملف المجال الرئيسي عبر هذه الوحدات.

حماية المولدات التزامنية من الظروف البيئية

إن ارتفاع رطوبة الجو تؤدي إلى حدوث تكاثف بخار الماء على ملفات المولد مما يقلل من عزل المولد وتسرع من انهياره، ومن أجل تجنب تكاثف بخار الماء تزود بعض المولدات بسخان لمنع التكاثف حيث يقوم هذا السخان برفع درجة حرارة المولد درجات قليلة عن حرارة الجو، مما يمنع من تكاثف البخار على ملفات المولد.

وأيضاً يجب حماية المولدات التزامنية من دخول قطرات الماء عند نزول الأمطار داخل المولدات العاملة بالعراء، من أجل ذلك تكون فتحات التهوية مائلة لمنع دخول قطرات الماء المتساقطة بزاوية 60° على الرأسي – Drip Proof Louvers، وتصمم هذه الفتحات لمنع دخول قطرات المطر المتساقطة داخل المولد.

وأيضا يجب حماية المولدات العاملة في العراء من دخول الأتربة الناعمة بداخلها لأن هذه الأتربة يمكن أن تترسب بفعل رطوبة الجو على ملفات المولد، فتقلل من جودة عزل الملفات تسرع من انهيار عزل الملفات؛ لذلك تزود هذه المولدات بمرشح للهواء يوضع عند فتحات التهوية لمنع دخول الأتربة الناعمة والرمال داخل المولد.

الفصل الرابـــــع

اكتشاف الاعطال وإصلاحها

الفصل الرابع

اكتشاف الأعطال وإصلاحها

اكتشاف وإصلاح أعطال المولدات ومنظمات الجهد

تتعرض المولدات ومنظمات الجهد للكثير من الأعطال والتى يجب اكتشافها فوراً والبدء فى إصلاحها، وسوف نعرض فيما يلى لأكثر أعطال المولدات ومنظمات الجهد شيوعاً، كما هو معروض بالجدول رقم (٤ - ١):

جدول رقم (٤ - ١)

اكتشاف وإصلاح أعطال المولدات ومنظمات الجهد

العطل	أسباب العطل المتوقعة	طرق إصلاح العطل
الجهد على أطراف المولد منخفض	• انخفاض المغناطيسية المتبقية أو قطبية غير صحيحة لمجال مولد الإثارة	• المولد يحتاج لوميض مجال
	• مفتاح فصل القدرة عن AVR مفتوح	• اغلق المفتاح
	• ماكينة الديزل لا تصل لسرعتها المقننة	• ارفع سرعة ماكينة الديزل وصولاً للسرعة المقننة
	• أطراف دائرة القدرة للمنظم مفصولة	• تحقق من توصيلات AVR
	• أطراف التغذية المرتدة للمنظم مفصولة	• تحقق من توصيلات AVR
	• المولد محمل بحمل كبير أو يوجد قصر بخرج المولد	• قلل الحمل أو أزل الخطأ
	• مشكلة بالمنظم	• استبدل المنظم
	• مولد الإثارة موصل بطريقة غير صحيحة	• تحقق من توصيلات مولد الإثارة وكذلك من حمله
	• مشكلة بمولد الإثارة	• اختبر مقاومة مولد الإثارة
الجهد على أطراف المولد يتزايد ثم يقل	• تلف المقاومة المتغيرة الخاصة بضبط الجهد أو وجود فتح فى هذه المقاومة	• تأكد من سلامة المقاومة المتغيرة ومن جودة الوصلات الكهربية واستبدل المقاومة

العطل	أسباب العطل المتوقعة	طرق إصلاح العطل
	المتغيرة	المتغيرة إذا تبين تلفها
	• عدم وصول قدرة كهربية لأطراف دائرة القدرة لمنظم الجهد	• تحقق من وصول القدرة الكهربية للمنظم
	• المنظم تالف	• استبدله
الجهد عال ولا يمكن التحكم فيه بواسطة المقاومة المتغيرة	• أطراف التغذية المرتدة للمنظم مفصولة	• تحقق من التوصيلات
	• يوجد قصر على أطراف المقاومة المتغيرة	• تحقق من التوصيلات الكهربية للتغذية المرتدة
	• مشكلة بالمنظم	• استبدله
الجهد عال على أطراف المولد ويمكن تقليله بوساطة المقاومة المتغيرة مع عدم إمكانية الوصول للقيمة المقننة	• قيمة المقاومة المتغيرة منخفضة	• زد قيمة المقاومة المتغيرة
	• توصيل غير صحيح لأطراف التغذية المرتدة لمنظم الجهد	• تأكد من صحة وسلامة التوصيلات الكهربية للتغذية المرتدة
	• جهاز الفولتميتر به خلل	• استبدله
	• مشكلة بالمنظم	• استبدله
الجهد منخفض على أطراف المولد ولكن يمكن زيادته بواسطة المقاومة المتغيرة	• نقطة معايرة الجهد الخشنة أو الناعمة مضبوطة عند قيمة منخفضة	• عدل ضبط نقط معايرة الجهد الخشنة أو الناعمة
	• ماكينة الديزل تدور بسرعة منخفضة	• ارفع سرعة ماكينة الديزل
	• توصيل غير صحيح لأطراف التغذية المرتدة لمنظم الجهد	• تأكد من صحة وسلامة التوصيلات الكهربية للتغذية المرتدة
	• جهاز الفولتميتر غير دقيق	• استبدله إذا لزم الأمر
	• مشكلة بالمنظم	• استبدله
تنظيم ضعيف	• التيار اللازم لمجال المولد أكبر من القيمة العظمى المتاحة من منظم الجهد	• يستبدل المنظم بآخر مناسب للمولد
	• أحمال المولد غير متزنة مع وجود دائرة إحساس ثلاثية الوجه لمنظم الجهد	• حاول أن تجعل أحمال المولد متزنة وذلك بإعادة تقسيم الأحمال على الأوجه الثلاث
	• جهد تغذية دائرة القدرة للمنظم منخفض عن الجهد اللازم له	• صحح جهد تغذية دائرة القدرة باستبدال المحول اللازم
	• ماكينة الديزل لا تصل للسرعة المقننة	• ارفع سرعة المولد
	• عدم إحداث قصر على أطراف محول تيار دائرة التوازى عند تشغيل المولد بمفرده	• ضع مفتاح (المفرد – التوازى) على وضع التشغيل المقرر والذى يعمل قصر على أطراف محول تيار دائرة التوازى

العطل	أسباب العطل المتوقعة	طرق إصلاح العطل
	• خلل فى المنظم	• استبدله
	• خلل فى مولد الإثارة أو المولد	• تحقق من سلامة المولد الرئيسى ومولد الإثارة بالآفوميتر
	• خلل فى الموحدات الدوارة	• تحقق من سلامة الموحدات الدوارة بالآفوميتر واستبدل التالف
عودة الجهد للقيمة المقننة له بطء عند تغير الأحمال على المولد	• ضبط غير جيد لنقطة معايرة الاستقرار لمنظم الجهد	• أعد ضبط نقطة معايرة الاستقرار
	• تجاوب بطئ لماكينة الديزل	• منظم سرعة ماكينة الديزل يحتاج لضبط أو استبدال
	• منظم الجهد غير مناسب	• قارن المواصفات الفنية للمنظم بمتطلبات المولد
لا يوجد تقليل للقدرة غير الفعالة أثناء تشغيل التوازى	• محولات التيار الموصلة مع الوجه B لا تعطى التيار اللازم لدائرة التعويض لمنظم الجهد	• استبدلها بأخرى لها نسبة تحويل مناسبة
	• عمل قصر بين أطراف دائرة تعويض التوازى بواسطة مفتاح الشتغيل المفرد	• افتح المفتاح وضعه على وضع التوازى
	• ضبط غير مناسبة لنقطة معايرة Droop	• أعد الضبط
المولدات المتوازية غير قادرة على تقسيم القدرة غير الفعالة بالتساوى ويجد تيار غير فعال دوار بين المولدات يظهر فى اختلاف معامل قدرة المولدات المتوازية	• قطبية معكوسة لمحولات تيار دائرة التوازى للمنظم	• تحقق من صحة توصيل محولات تيار دائرة التوازى
	• محولات التيار موصلة على وجه آخر غير الوجه B	• عدل وضع محول التيار
	• محولات التيار لا تعطى التيار المطلوب لدائرة التوازى والذى يتراوح ما بين 3:5 A	• استبدل محولات التيار بأخرى مناسبة
	• اختلاف معايرات نقاط Droop لمنظمات الجهد	• اضبط نقاط Droop عند قيم متساوية

القيـــاسات اللازمة عند اكتشاف أعطال المولدات ومنظمات الجهد

يوجد عدة قياسات لازمة عند اكتشاف أعطال المولدات ومنظمات الجهد، وهذه القياسات تتلخص فى:

- قياسات الجهد
- قياسات التيار
- قياسات المقاومات
- قياسات العزل

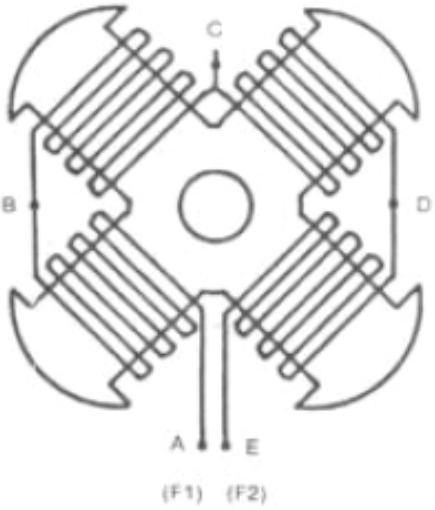
قياست الجهد والتيار

أولاً: قياسات الجهد:

فيما يلى أهم قياسات الجهد المطلوبة عند اكتشاف أعطال المولدات ومنظمات الجهد:

١. قياس جهد أطراف المولد، وذلك عند مخارج قاطع المولد الرئيسى ومداخله وذلك باستخدام أفوميتر خارجى.
٢. قياس جهد خرج منظم الجهد، وذلك عند الأطراف F- , F+ المتصلة بملف مجال مولد الإثارة.
٣. قياس جهد التغذية المرتدة لمنظم الجهد، وذلك عند الأطراف المرتدة من خرطج المولد الرئيسى، وأحياناً تكون دائرة التغذية المرتدة أحادة الوجه أو ثلاثية الوجه.
٤. قياس جهد أطراف القدرة الداخلة لمنظم الجهد، ففى حالة المولدات ذات التغذية المنفصلة تكون أطراف القدرة الداخلة لمنظم الجهد هى خرج مولد PMG والذى يكون تردده (200:300HZ).
٥. فحص ملفات العضو الدوار الرئيسى، وذلك بفك العضو الدوار الرئيسى ووضعه على قطعتين خشبيتين ويجب ألا يستخدم فى ذلك منضدة معدنية لأنها قد تؤدى إلى إحداث قصر بين الأقطاب، ثم يتم توصيل جهد 120V بين أطراف ملفات العضو الدوار الرئيسى F- , F+ ثم قياس الجهد بين طرفى كل قطب، ويعرض الشكل رقم (٤-١) عضو دورا بأربعة أقطاب، القطب الأول أطرافه D,C والقطب الثانى أطرافه D,E والقطب الثالث أطرافه B,A والقطب الرابع أطرافه C,B.

ويجب أن تكون قراءات الأقطاب متساوية مع اختلاف لا يتعدى 1 V، فإذا لم يكن الجهد المشكل على الأقطاب الأربعة يساوى (30 V ± 1 V) فإن هذا يعنى أن العضو الدورا يحتاج إعادة لف.



شكل رقم (٤ - ١)
عضو دورا بأربعة أقطاب

ثانياً: قياسات التيار:

فيما يلى أهم قياسات التيار المطلوبة أثناء اكتشاف أعطال المولدات ومنظمات الجهد:

١. قياس تيار حمل المولد، ويتم ذلك باستخدام جهاز أميتر بكماشة.

ويجب التأكد من أن الكماشة تكون محيطة بكابلات كل وجه لأنه فى بعض الأحيان يكون كل وجه للمولد مؤلف من عدة كابلات، وإذا لم تستطع عمل ذلك، يمكن وضع الكماشة حول كابل واحد، ثم تكرار ذلك على باقى كابلات الوجه، ثم جمع تيارات كابلات الوجه الواحد للحصول على التيار الكلى المار فى كل وجه.

والجدير بالذكر أن تيار الحمل الكامل يجب ألا يتعدى التيار الأسمى للمولد ولكنه فى حالة واحدة يمكن أن يتعدى التيار الأسمى للمولد وذلك أثناء بدء المحركات الاستنتاجية ذات القدرات العالية.

٢. قياس تيار مجال الإثارة الموصل بالأطراف F- , F+ للمنظم ويحتاج ذلك لجهاز أميتر تيار مستمر، وعادة فإن التيار الأقصى لمجال الإثارة لا يتعدى 6.5 A، ويكون عند الحمل الكامل 3 A، ويمكن الرجوع للمواصفات الفنية للمولد لمعرفة التيار المقنن لمجال الإثارة بالضبط.

الفحوصات التى تحتاج لقياس المقاومات يوجد العديد من الفحوصات التى تحتاج لإجراء قياس للمقاومات مثل:

١. فحص ملفات العضو الثابت لمولد الإثارة، وذلك بقياس مقاومة هذه المفات والتى تتراوح ما بين (24 Ω : 22) للمولدات القياسية، ويجب اختبار العزل بين هذه الملفات مع جسم المولد.

٢. فحص ملفات العضو الدوار للمولد الرئيسى، والموصلة مع الموحدات الدوارة عن ملف العضو الدوار مع مقارنة القراءة التى حصلت عليها مع القيم المدونة فى دليل الخدمة والصيانة للمولد، ويجب اختبار العزل بين هذه البملفات مع جسم المولد.

٣. فحص ملفات العضو الدوار لمولد الإثارة، وذلك بقياس مقاومة هذه الملفات بعد فصل الموحدات الدوارة مع المقارنة بين القيم التى حصلت عليها مع القيم المدونة فى دليل الخدمة والصيانة للمولد، ويجب اختبار العزل بين هذه الملفات مع جسم المولد.

ويعرض الجدول رقم (٤-٢) قيم مقاومة ملفات العضو الثابت الرئيسى (Main stator) والعضو الدوار الرئيسى (Main rotor) لطرازات مختلفة من المولدات المصنعة بشركة (Marathon Chectic).

الجدول رقم (٤ - ٢)

قيم مقاومة ملفات العضو الثابت الرئيسى (Main stator)

والعضو الدوار الرئيسى (Main rotor)

لطرازات مختلفة من المولدات المصنعة بشركة (Marathon Electic)

Base model low voltage	Main stator (1)	Main rotor
431 RSL 4005	0.0855	0.153
431 RSL 4007	0.0648	0.173
432 RSL 4009	0.0418	0.190
432 RSL 40011	0.0410	0.186
432 RSL 4013	0.0370	0.189
432 RSL 4015	0.0260	0.225
432 RSL 4017	0.0240	0.226
433 RSL 4019	0.0140	0.286
433 RSL 4021	0.0137	0.297
572 RSL 4024	0.0132	0.376
572 RSL 4027	0.0126	0.398
572 RSL 4028	0.0092	0.423
572 RSL 4030	0.0089	0.426
573 RSL 4032	0.0074	0.427
573 RSL 4034	0.0059	0.507
574 RSL 4036	0.0049	0.584
574 RSL 4038	0.0048	0.601
741 RSL 4042	0.0045	0.677
741 RSL 4044	0.0039	0.708
742 RSL 4046	0.0036	0.748
742 RSL 4048	0.0030	0.776
743 RSL 4050	0.0023	0.889
743 RSL 4052	0.0018	0.979
744 RSL 4054	0.0018	1.100
744 RSL 4060	0.0026	0.892
744 RSL 4062	0.0018	1.044

ويعرض الجدول رقم (٤ - ٣) قيم مقاومات العضو الثابت للمثير (Exiter stator) (Field)، ومقاومات ملفات العضو الدوار للمثير (Exiter rotor)، ومقاومات العضو الثابت للمولد ذو المغناطيسية الدائمة PMG لطرازات مختلفة لمولدات الجهد المنخفض المصنعة بشركة Marathon Electric.

جدول رقم (٤ - ٣)

قيم مقاومات العضو الثابت للمثير (Exiter stator) (Field)،
ومقاومات ملفات العضو الدوار للمثير (Exiter rotor)،
ومقاومات العضو الثابت للمولد ذو المغناطيسية الدائمة PMG

Low voltage	Exiter stator (Field)	Exiter (Armature)	PMG stator
430 Frames	22.5	0.022	2.1
570 Frames	23.0	0.045	2.1
741 Frames	22.0	0.043	2.1
742 Frames	22.0	0.043	2.1
743 Frames	22.0	0.043	2.1
744 Frames	22.1	0.048	2.1

٤. فحص الموحدات باستخدام الآفوميتر، وذلك بفك سلك التوصيل المثبت ببراغى من أحد الوحدات، ثم قياس المقاومة بين سلك التوصيل المفصول وقاعدة الموحد، وسجل القراءة، ثم اعكس أطراف الفولتميتر وسجل القراءة وكرر القياس لباقى الوحدات فإذا كانت إحدى القراءتين صغيرة والأخرى كبيرة فإن هذا يعنى أن الموحد جيد، أما غير ذلك فيعنى أن الموحد تالف ويحتاج لاستبدال.

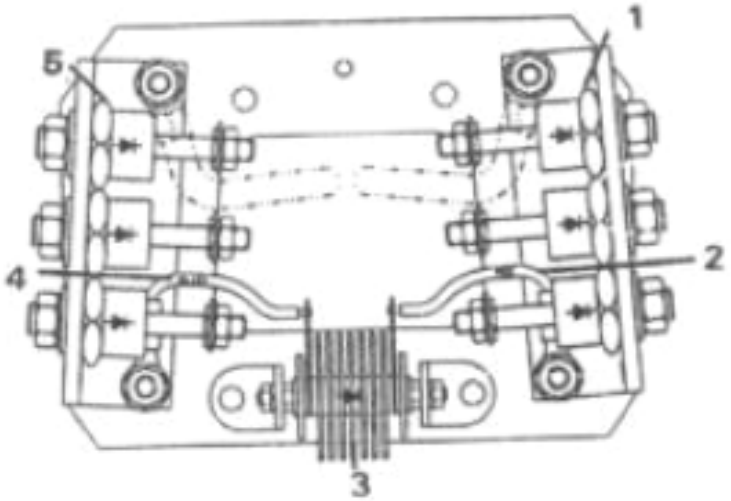
والجدير بالذكر أن ختبار الموحدات بالآفوميتر يحتاج لآفوميتر له بطارية جهدها أكبر من 0.6 V، علماً بأن جهد أطراف الآفوميتر يتغير بتغير مدى القياس. كما أن قطبيةو البطارية الداخلية للآفوميتر لا تطابق قطبية أطراف التوصيل للآفوميتر، ويجب أخذ هذه الملاحظات فى الحسبان.

٥. فحص مخمد قفزات الجهد وذلك بفصل أحد سلكى التوصيل الخاصة بهذا المخمد وباستخدام آفوميتر قس مقاومة هذا المحمد، ثم سجل قراءة الآفوميتر وكرر القياس ولكن بعد عكس أطراف الآفوميتر، فإذا كانت قراءة الآفوميتر كبيرة فى الاتجاهين فإن هذا يعنى أن المخمد سليم والعكس بالعكس.

ويعرض الشكل رقم (٤-٢) لوحة تجميع الموحدات ومخمد قفزات الجهد لمولد من صناعة شركة Marathon Co.

حيث أن

١. موحد له قطبية قياسية
٢. أطراف توصيل حمراء
٣. مخمد القفزات
٤. أطراف توصيل سواداء
٥. موحد له قطبية معكوسة



شكل رقم (٤-٢)
لوحة تجميع الموحدات ومخمد قفزات الجهد لمولد
من صناعة شركة Marathon Co.

قياسات العزل

عادة فإن مقاومات العزل لمفات المولد تنخفض بمرور الوقت نتيجة لتراكم الأتربة والقاذورات والزيوت والشحوم والرطوبة ... إلخ. ويؤدى انخفاض عزل الملفات إلى تلفها وانهيارها، وفى كثير من الأحيان فإن انخافض عزل الملفات ينتج نتيجة لتجمع الرطوبة عند إيقاف المولد لمدة طويلة، ويمكن بسهولة التخلص من رطوبة الملفات بتجفيفها، وعادة يستخدم جهاز الميجر فى فحص العزل وجهد الميجر المستخدم فى فحص عزل مولدات الجهد المتوسط

(4160 V : 2400) قد يتعدى هذه القيمة. ويجب فصل جميع الأجهزة الإلكترونية مثل منظمات الجهد AVR، والموحدات ومخمدات قفزات الجهد وريليهات الوقاية ... إلخ أثناء اختبارات العزل حتى لا تتلف.

ويوضح الشكل رقم (٤-٣) المسقط الأفقى لميجر (أ)، وتدريج القياس للميجر (ب).

شكل رقم (٤-٣)
جهاز ميجر يستخدم فى فحص العزل

أولاً: اختبار مقاومة عزل العضو الثابت الرئيسى:

ولاختبار عزل العضو الثابت الرئيسى للمولد يتم عمل قصر بين جميع أطراف ملفات المولد وتوصيلها معا مع منقطة النجما المعزولة عن الأرضى، ثم يتم توصيل الطرف الموجب للميجر بنقطة النجما، والطرف السالب بجسم المولد ثم تدار يد الميجر، وتسجل مقاومة عزل ملفات العضو الثابت، ويجب أن تكون مقاومة العزل Ri لا تقل عن

$$\text{Ri} = \frac{V}{1000} + 1(M\Omega) \rightarrow 9.1$$

حيث أن:

Ri مقاومة العزل V جهد الخط للمولد

فمثلاً إذا كان جهد الخد يساوى 380 V، فإن مقاومة العزل الصغرى تساوى:

$$Ri = \frac{380}{1000} + 1 = 14.38 M\Omega$$

فإذا كانت مقاومة العزل أقل من 1.38 MΩ فإن هذا يعنى أن المفات تحتاج لتجفيف.

ثانياً: اختبار مقاومة عزل العضو الدوار الرئيسى:

لاختبار مقاومة عزل العضو الدوار الرئيسى، يجب فصل أطراف ملف العضو الدورا لرئيسى من الموحدات الدوارة، ثم يعمل قصر بين طرفى ملف العضو الدوار، ثم وصل الطرف الموجب للميجر بالنقطة المشتركة للعضو الدوار والقطب السالب يتم توصيله مع جسم المولد وتدار يد الميجر، فإذا كانت مقاومة العزل أكبر من 1.5 MΩ فإن هذا يعنى سلامة العضو الدوار، أما إذا كانت مقاومة العزل أقل من 1.5 MΩ فإن هذا يعنى أن ملفات لعضو الدوار تحتاج لتجفيف أو إصلاح.

ثالثاً: اختبار مقاومة عزل العضو الثابت لمولد الإثارة:

يتم فصل أطراف ملف العضو الثابت لمولد الإثارة من منظم الجهد -F, +F، ثم يقصر طرفى ملف العضو الثابت لمولد الإثارة معاً وتوصل مع الطرف الموجب للميجر ويصل الطرف السالب للميجر مع جسم المولد فإذا كانت قراءة العزل أقل من 1.5 MΩ فإن هذا يعنى أن الملفات تحتاج لتجفيف أو إصلاح.

رابعاً: اختبار مقاومة عزل العضو الدوار لمولد الإثارة:

افصل الأطراف الستة للعضو الدوار لمولد الإثارة من الموحدات الدوارة، ثم اقصر الأطراف الستة معاً، ووصلهم مع الطرف الموجب للميجر، ووصل الطرف السالب للميجر مع جسم المولد، فإذا كانت مقاومة العزل أقل من 1.5 MΩ فإن هذا يعنى أن الملفات تحتاج لتجفيف أو إصلاح.

اكتشـــاف أعطال حاكمات السرعة وإصلاحها

يعرض الجـــدول رقم (٤-٤) الأعطال المختلفة لحاكمات الســـرعة وأسبابها وطرق إصلاحها

جدول رقم (٤-٤)

الأعطال المختلفة لحاكمات السرعة وأسبابها وطرق إصلاحها

العطل	أسباب العطل المتوقعة	طرق إصلاح العطل
حاكم السرعة غير قادر على العمل تماماً ويظل ذراع عنصر الفعل على أدنى وضع له حتى بعد وصول القدرة الكهربية للحاكم	• انخفاض جهد البطارية الواصل بدائرة قدرة منظم السرعة أو انعكاس أطراف البطارية.	• اختبر جهد البطارية الكهربية وتأكد من صحة الوصلات الكهربية.
	• تلف المقاومة المتغيرة المستخدمة في اختيار السرعة المقننة.	• تأكد من عدم وجود قصر أو فتح بالمقاومة المتغيرة.
	• ضعف جهد الإشارة القادمة من مجس السرعة أو انعدامها.	• اختبر هذه الإشارة باستخدام افوميتر له مقاومة داخلية أكبر من 500Ω/V واستبدل مجس السرعة إذا السرعة إذا كان ملفه به قصر أو مفتوح.
	• تلف عنص الفعل الكهرومغناطيسي	• اختبر مقاومة ملف عنصر الفعل الكهرومغناطيسي واستبدله إذا كان به قصر أو مفتوح.
	• تلف منظم السرعة.	• استبدل منظم السرعة.
	• مشكلة بالوصلة الميكانيكية بين عنصر الفعل ومضخة الحقن.	• شغل مضخة الحقن يدوياً للتأكد من عدم التصاق الوصلة الميكانيكية.
عنصر الفعل يصل إلى أقصى مشوار له بمجرد وصول التيار الكهربى له وذلك فى حالة عدم تشغيل الماكينة	• مشكلة فى توصيل محبس السرعة	• تأكد من أن توصيل محبس السرعة يطابق مخطط التوصيل المعد من قبل الشركة المصنعة
	• مشكلة فى توصيل عنصر الفعل	• تحقق من توصيل عنصر الفعل
	• تلف منظم السرعة	• استبدله
	• مشكلة فى عنصر الفعل الكهرومغناطيسى	• اختبر مقاومة ملف عنصر الفعل واستبدله إذا كان به قصر أو فتح
عدم إمكانية تغيير السرعة بواسطة المقاومة المتغيرة الموصلة بمنظم السرعة	• فتح أو قصر بالمقاومة المتغيرة	• فحص المقاومة المتغيرة بالآفوميتر وتأكد من عدم وجود فتح أو قصر بها واستبدلها عند الضرورة
	• مشكلة فى توصيل المقاومة المتغيرة	• تحقق من صحة التوصيل
	• استخدام كابل غير مدرع shield فى توصيل المقاومة المتغيرة	• استخدم كابل مدرع

العطل	أسباب العطل المتوقعة	طرق إصلاح العطل
خلل فى آداء حاكم السرعة	• انقطاع مصدر القدرة	• راجع فرق الجهد بين أطراف تغذية المنظم وتأكد من وجوده
	• انخفاض جهد البطارية عن ٢٠ % من الجهد المقنن	• راجع قيمة جهد مصدر تغذية المنظم
	• يوجد تداخلات راديو لعدم التوصيل الجيد للكابلات	• تأكد من إحكام الوصلات
الماكينة لا تبدأ ويقوم عنصر الفعل بالوصول إلى أقصى مشوار له عند البدء	• عدم وجود وقود	• تأكد من أن خزان الوقود غير فارغ
	• وجود هواء فى دورة الوقود	• استنزاف الهواء الموجود فى دورة الوقود
	• توصيل غير صحيح لدائرة الفصل الأتوماتيكى	• راجع التوصيل
انخفاض سرعة الماكينة	• وجود مشكلة بالوحدة الميكانيكية بين عنصر الفعل ومضخة الحقن	• شغل مضخة الحقن يدوياً
	• مشكلة بعنصر الفعل	• اخبتره واستبدله عند اللزوم
	• مشكلة بمنظم السرعة	• استبدله

اكتشـــاف وإصـــلاح يعرض الجدول رقم (٤-٥) الأعطال المختلفة لتجهازك التزامن الأتوماتيكى **أعطال جهاز التزامن الأتوماتيكى** وأسبابها وطرق إصلاحها

جدول رقم (٤-٥)

الأعطال التزامن المختلفة بين المولدات أسبابها وطرق إصلاحها

العطل	أسباب العطل المتوقعة	طرق إصلاح العطل
جهاز التزامن غير قادر على تصحيح التردد	• عدم توصيل إشارة جهد المولد أو قضيب التزامن مع جهاز التزامن	• تحقق من التوصيل
	• اختلاف تردد المولد الداخل عن تردد قضيب التزامن بقيمة تتعدى ±3 HZ	• عدل تردد المولد الداخل بواسطة المقاومة المتغيرة لمنظم السرعة
عدم استقرار التردد	• توصيل غير صحيح بين جهاز التزامن ومنظم السرعة	• تحقق من التوصيل
	• عدم تأريض طبقة تدريع كابلات التوصيل بين جهاز التزامن ومنظم السرعة	• تحقق من تأريض طبقة التدريع
	• يوجد مشكلة بمنظم السرعة	• أرجع إلى الجدول رقم (٤-١)
جهاز التزامن يعطى إشارة تزامن ولكن القاطع الرئيسى أو الكنتاكتور الرئيسى للمولد لا يغلق	• توصيل غير صحيح لريش التزامن لجهاز التزامن	• تحقق من توصيل ريش التزامن
جهاز التزامن لا يعطى إشارة تزامن	• عدم تساوى جهد المولد وجهد قضيب التزامن	• صحح جهد المولد باستخدام المقاومة المتغيرة لمنظم جهد المولد
يحدث تزامن عند اختلاف وجهى 180° مما يؤدى لفصل القاطع	• انعكاس وصلات جهد المولد أو وصلات قضيب التزامن مع جهاز التزامن	• تحقق من صحة التوصيل
تردد المولد الداخل عال أو منخفض	• توصيل غير صحيح بين جهاز التزامن ومنظم السرعة	• صحح التوصيل
	• انعكاس وصلات قضيب التزامن ووصلات المولد مع جهاز التزامن	• صحح التوصيل
يحدث غلق للقاطع عند اختلاف	• خلل فى ضبط نقطة معايرة اختلاف الوجه الموجودة بجهاز التزامن	• تحقق من ضبط نقطة معايرة اختلاف الوجه Breaker closing angle

ولفحص جهاز التزامن يجب فك جهاز التزامن والتأكد من عدم وجود عناصر محترقة وعدم وجود كسر لبعض العناصر أو بعض المسارات فى الدائرة المطبوعة وعدم وجود نقاط لحام مفكوكة. وللاختبار السريع لجهاز التزامن يتم توصيل أطراف BUS وأطراف GEN لجهاز التزامن مع مصدر جهد واحد والتأكد من غلاق ريشة التزامن (التى تعمل على تشغيل قاطع المولد الداخل).

اكتشـــاف وإصلاح أعطال مقسمات الأحمال

يعرض الجـــدول رقم (٤-٦) الأعطال مقســـمات الأحمـــال وأسبابها وطرق إصلاحها

جدول رقم (٤-٦)

أعطال مقسمات الأحمال وأسبابها وطرق إصلاحها

العطل	أسباب العطل المتوقعة	طرق إصلاح العطل
تدور الماكينة بسرعة منخفضة أو عالية ولا يمكن تغيير السرعة باستخدام المقاومة المتغيرة	• وجود فتح فى التوصيلات بين مقسم الأحمال ومنظم السرعة	• تحقق من التوصيل
	• تلف المقاومة المتغيرة لمنظم السرعة	• استبدل المقاومة المتغيرة لمنظم السرعة
لا يتم تقسيم الأحمال بالتساوى بين المولدات	• ضبط غير جيد لكسب الجهد لمقسم الأحمال كل مولد	• يتم ضبط مقسم أحمال كل مولد على حدة وذلك بتحمل المولد بمفرده وضبط كسب الجهد
مقسم الأحمال لا يقسم الأحمال بالتساوى فيوجد مولد يرفض أى حمل وآخر يحمل بكل الحمل	• عدم ضبط Droop لمقسمات الأحمال أو ضبط غير متساو لها	• اضبط Droop لجميع مقسمات الأحمال عند نفس القيمة
	• عدم توصيل خطوط التوازى بين مقسمات الأحمال أو تبديلها	• تحقق من الوصلات
	• انعكاس أحد إشارات الجهد الخارجة من محولات الجهد أو انعكاس إشارات التيار الخارجة من محولات التيار	• تحقق من الوصلات
عدم استقرار توزيع الحمال على المولدات	• ضبط غير دقيق لنقطة معايرة الاستقرار لمقسم الأحمال	• اعد ضبط استقرار مقسم الأحمال

وعادة تزود مقسمات الأحمال بنقط اختبار يمكن من خلالها معرفة انعكاس إشارات الجهد أو التيار وذلك من خلال قياس جهد هذه النقاط.

الصيانة الوقائية لماكينات الديزل

سنتاول فى هذا الجزء بنود الصيانة الوقائية التى يتم إجراؤها على العناصر المختلفة فى ماكينات الديزل

١. **الزيت**:

يجب فحص مستوى الزيت والماكينة متوقفة والتأكد من أن مستوى اليزت يقع بين المستوى الأدنى Low والمستوى الأعلى Max ويستبدل زيت الماكينة بعد الفترة الزمنية المحددة أو عدد ساعات التشغيل المحددة من قبل الشركة المصنعة.

٢. **خزان الوقود**:

يجب المحافظة على خزان الوقود فى حالة امتلاء مع فتح المخرج الموجود أسفل خزان الوقود كل ٥٠٠ ساعة تشغيل لتصريف الماء أو الرواسب.

٣. **خطوط الوقود**:

افحص بالنظر خطوط الوقود للتأكد من عدم وجود تسربات، والتأكد من عدم وجود وقود متجمع تحت خزان الوقود، أو تحت ماكنية الديزل.

٤. **نظام التبريد**:

افحص مستوى ماء التبريد يومياً وحافظ عليه قريباً من أعلى المشع (الراديتير)، وتحقق من عدم وجود تسربات فى نظام التبريد، كما يجب تفريغ دورة التبريد من الماء كل ١٠٠٠ ساعة تشغيل، وتنظف دورة التبريد بماء طازج، ثم يعاد ملء دورة التبريد مباء عذب مع إضافة مانع الصدأ، علماً بأن مانع الصدأ يزيد الفترة اللازمة لاستبدال ماء التبريد لتصبح مرة فى فصل الربيع ومرة فى فصل الخريف فقط. ويجب فحص

جميع خراطيم نظام التبريد، مرة على الأقل كل ٧٠٠ ساعة تشغيل، لمعرفة ما إذا كان هناك دلائل تلف للخراطيم، واستدال التالف منها.

٥. **الشاحن التوربينى**:

يجب فحص محاور ارتكاز ومواسير سحب ومواسير عادم الشاحن التوربينى للتأكد من عدم وجود تسربات، ثم يجب فحص خطوط دخل وخروج الزيت والتأكد من عدم وجود تسربات زيت، كما يجب مراقبة الشاحن التوربينى أثناء دوران ماكينة الديزل للتأكد من عدم وجود اهتزازات عنيفة فى الشاحن التوربينى أما فى حالة وجود اهتزازات عنيفة فى الشاحن، فيجب فك الشاحن التوربينى وإصلاحه.

٦. **البطارية**:

يجب فحص الكثافة النوعية لمحلول البطارية فى كل خلية من خلايا البطارية كل شهر باستخدام جهاز الهيدروميتر ليكون مساوياً ١,٢٥ ويجب المحافظة على مستوى المحلول أعلى الألواح بحوالى ١ سم، وذلك بتزويد الخلايا المختلفة للبطارية بالماء المقطر.

٧. **سيور نقل الحركة**

يجب التأكد من أن سيور نقل الحركة من عمود المرفق إلى مضخة الماء ومولد الشحن ليست مرتخية، وكذلك ليست مشدودة، فزيادة شد السيور يضر بكراسى الحور، وارتخاء السيور يجعلها تنزلق، ويجب تعديل درجة شد السيور بحيث إذا دفع السير بالإبهام من نقطة فى منتصف المسافة بين البطاريتين، فإن ينخفض السير بمقدار ٦,١٨ مم.

٨. **الفلاتر المختلفة**

يجب تغيير الزيت كل ٥٠٠ساعة، والجدير بالذكر أن ضغط الزيت ينخفض عند استاخ فلتز الزيت، ويكون ضغط الزيت الطبيعى مساوٍ (70:75 PSI) وذلك فى الماكينات غير المزودة بشاحن توربينى، فى حين

يساوى (50: 70 PSI) وذلك فى الماكينات المزودة بشاحن توربينى، وعند انخفاض ضغط الزيت عن هذه القيم يجب تغيير مرشح الزيت.

أما مرشح الوقود فيجب تغييره كل ٣٠٠ ساعة تشغيل، فى حين أن مرشح الماء فى حالة وجوده يجب تغييره كل ٥٠٠ ساعة تشغيل.

٩. مولد شحن البطارية

يجب تنظيف حلقات انزلاق المولد بقطعة قماش ناعمة ولا يستخدم فى ذلك ورق الصنفرة، ويجب تغيير الفرش الكربونية فى حالة قصرها، وكذلك يجب تغيير حلقات الانزلاق عندما تصبح خشنة أو غير كاملة الاستدارة

الفصل الخـــامس

التشغيل والصيانة

الفصل الخامس

التشغيل والصيانة

تشغيل وحدة التوليد لأول مرة

قبل بدء تشغيل الوحدة لأول مرة يجب إجراء الفحوصات التالية:

١. الفحص بالنظر، للتأكد من عدم وجود أى أجزاء مفكوكة.
٢. فحص الخلوص بين العضو الثابت، والعضو الدوار للمولد الرئيسى، ويجب التأكد من ان المولد يدور بحرية، بإدارة المولد بواسطة عتلة باليد دورتين كاملتين، مع الحذر من تعريض مروحة المولد لأى قوة أثناء إدارته باليد.
٣. تثبت الكابلات التى تنقل القدرة الكهربية من المولد إلى الأحمال بطريقة تمنع تلفهم أثناء دوران المولد.
٤. التأكد من أن المولد مأرض جيداً.
٥. التحقق من عدم وجود أى مواد خاصة بنقل المولد بداخله.
٦. التأكد من أن جميع الأغطية والدلائل فى مكانها.

وفيما يلى خطوات تشغيل الوحدة لأول مرة:

١. ابدأ بتشغيل آلة الاحتراق الداخلى (ماكينة الديزل) حتى تصل للسرعة المقننة، فى هذه الحالة أغلق مفتاح مجال الإثارة (إن وجد) وذلك فى حالة المولدات ذات التغذية المنفصلة، أما فى حالة المولدات ذات التغذية الذاتية، فإن الجهد سوف يتشكل على أطراف المولد تلقائياً، وإذا لم يتشكل الجهد على أطراف المولد، يجب اللجوء لوميض المجال لإعادة المغناطيسية المتبقية.
٢. تحقق من قيمة جهد أطراف المولد فقد يحدث ما يلى:

أ. زيادة الجهد عن ٢٠ % من الجهد المقنن، فإن حدث هذا افتح مفتاح تغذية القدرة لمنظم الجهد (فى حالة المولدات ذات التغذية المنفصلة)

مع إيقاف ماكينة الديزل فورا، ثم حدد سبب ازدياد جهد أطراف المولد بالاستعانة بجدول اكتشاف الأعطال.

ب. عند انخفاض جهد المولد عن ١٥ % من الجهد المقنن، أوقف ماكينة الديزل وحدد سبب تدنى الجهد بالاستعانة بجدول اكتشاف الأعطال.

ج. يتولد الجهد على أطراف المولد ثم ينهار وقف ماكينة الديزل وحدد سبب الانهيار بالاستعانة بجدول اكتشاف الأعطال.

د. جهد متذبذب على أطراف المولد، وقف ماكينة الديزل وحدد سبب الانهيار بالاستعانة بجدول اكتشاف الأعطال.

٣. حمل الوحدة بالحمل الكامل وتحقق من أن جهد أطراف الوحدة فى حدود ± ١٢% من الجهد المقنن فإذا لم يكن كذلك أرجع لجدول اكتشاف الأعطال. أما إذا تغير جهد أطراف الوحدة مع زيادة الحمل، أعد معايرة نقطة معايرة الاستقرار لمنظم الجهد، فإذا لم تنجح هذه المحاولة أرجع لجدول اكتشاف الأعطال لتحديد مكان العطل.

٤. تجنب تشغيل الوحدة بسرعة منخفضة لمدة طويلة، لأن هذا يمكن أن يتلف منظم الجهد، أو مولد الإثارة، أو مجال المولد الرئيسى، فإذا كان التشغيل عند السرعات المنخفضة ضرورياً، فإنه يجب نزع أسلاك تغذية القدرة لمنظم الجهد، وذلك إذا لم تكن الوحدة مزودة بموديول حماية من انخفاض التردد، ويمكن أن يكون منظم الجهد مزود بمفتاح يساعد على إمكانية فصل التيار عن مولد الإثارة فى حالة الطوارئ (مثل تشغيل الماكينة بسرعات منخفضة) ويوصل هذا لمفتاح مع أطراف دخول القدرة الكهربية.

أولا: الصيـــانة الوقائية

هذه الصيانة تسمى الصيانة الوقائية لأنها بالفعل تقى المعدات وتطيل فى عمر استخدام المعدة وهذه الصيانة تتم حسب جداول مدونة من قبل الصيانة وأهم أركان هذه الصيانة هى:

١. التفتيش
٢. التشحيم
٣. تغيير الأجزاء التالفة
٤. نظافة
٥. ضبط
٦. اختبار

ولعمل الصيانة الوقائية لأى معدة كهربائية يجب على مسئول الصيانة أولاً قراءة كتالوج المعدة للالتزام بما جاء فيه من توصيات من الشركة المنتجة للمعدة.

ملاحظة هامة جداً:
قبل إجراء أى عملية صيانة للمولد أو للديزل يجب فصل أطراف البطارية للحماية من التشغيل المفاجئ للماكينة خاصة فى حالة وجود تشغيل أتوماتيكى للماكينة أو فى حالة وجـــود خاصية التشغيل عن بعد، ويوضح الجدول رقم (٥-١) الصيانة الوقائية للأجزاء المختلفة للمولد.

جدول رقم (٥-١)

جدول صيانة الأجزاء المختلفة للمولد

الجزء المراد صيانته	إجراءات الصيانة	توقيت الصيانة
البطاريات في حالة وجودها	التأكد من مستوى المحلول داخل البطارية وعمل نظافة عامة على الأطراف والربطات والكابلات وقياس فولت البطاريات كل بطارية على حدة، (فى حالة وجود بطاريات قلوية ١,٣٥ فولت/ بطارية)	أسبوعياً
المولد	نظافة المولد بواسطة شفاط هوائي اختبار التوصيل الأرضي للمولد ومراجعة الأسلاك والربطات الخاصة بأسلاك الكونترول المرتبطة بمنظم الجهد. تشحيم رولمان البلى إن وجد اختبار عزل الملفات للمولد وتسجيل البيانات	١ شهر ١ شهر ٣ شهور ٦ شهور ٦ شهور
الثرموستات الخاص بالراديتير	تغيير مياه الراديتير ويجب تغيير الثرموستات الخاص بالراديتير حتى لو كان الحالة جيدة	كل سنتان
لمبات البيان	اختبار لمبات البيان وتغييرها إذا لزم الأمر	شهرياً
كابلات القدرة ومفتاح التوصيل	فصل الكابلات من جهة المولد ومن جهة مفتاح التوصيل وعمل قياس لعزل الكابلات، وعمل قياس عزل لمفتاح التوصيل بعد نظافته وإعادة ربطات الكابلات بنفس الترتيب السابق قبل فكها، مع تسجيل قراءة العزل.	كل ٦ شهور
الحاكم الكهربي	فصل أطراف الحاكم الكهربي من منظم السرعة وقياس مقاومته ويجب أن تكون فى حدود القيمة المنصوص عليها فى كتالوج المصنع ويتراوح ما بين ٣٠- ٤٠ أوم، وفى حالة وجود تغيير فى قيمة المقاومة يجب تغيير الحاكم فوراً (تسجيل قيمة المقاومة)	كل ٦ شهور

"تابع" جدول رقم (٥-١)

جدول صيانة الأجزاء المختلفة للمولد

الجزء المراد صيانته	إجراءات الصيانة	توقيت الصيانة
إعادة ضبط المرحلات للمولد	يجرى اختبار للمرحلات الخاصة بالمولد وأجهزة الحماية وإعادة ضبطها إذا كانت القيمة ليست فى المدى وتسجل القيمة الحالية قبل وبعد الضبط	٣ شهور
حساس السرعة	فصل أطراف حساس السرعة من منظم السرعة وقياس مقاومته، ويجب أن تكون فى حدود القيمة المنصوص عليها فى كتالوج المصنع، ويتراوح بين (١٩٠-٢١٠ أوم) فى حالة وجود تغير فى قيمة المقاومة يجب تغييرها (تسجل قيمة المقاومة)	كل ٦ شهور
اختبار دوائر الحماية الكهربائية لمحرك الديزل	١. تشغيل الديزل ومراجعة كتاب المعدة لمعرفة أطراف الأسلاك التى تقوم بعمل إيقاف للماكينة مثل درجة حرارة المياه. ٢. عوامة مستوى المياه داخل الراديياتير ٣. ضغط الزيت عن طريق (Pres-Switch) وعمل إيهام بالعطل للماكينة واختبار عمل ريلاى الإيقاف الاضطراري.	كل ٦ شهور
تشغيل المولد	فى حالة عدم تشغيل المولد لفترات طويلة يجب تشغيل الماكينة وإجراء عملية التحميل على المولد بحد أدنى ٣٠ % من الحمل لمدة ساعتين.	كل ٣ شهور

التنظيف والفحص لتنظيف الأجزاء الكهربية يجب فك المولد، ثم يتم تنظيف الأجزاء الكهربية بأحد الطرق التالية:

١. تنظيف الأتربة المتراكمة المحتوية على زيت، أو شحم بواسطة قطعة قماش مبللة بمذيب صناعى (أحد مشتقات البترول التى لها نقطة وميض أكبر من ٣٨ °C) ثم بعد ذلك يتم تجفيف جميع الملفات جيداً بواسطة الهواء المضغوط الخال من الرطوبة مع أخذ الاحتياطات اللازمة، حتى لا يقع المذيب على الورنيش العازل للمولد، وألا يتلف الورنيش، ويجب استعمال مواد مذيبة بترولية من الأنواع المأمونة مع توفير تهوية كافية لتجنب الحريق والانفجار والأضرار الصحية عند استعمال المواد المذيبة، مع تجنب استنشاق أبخرة هذه المذيبات واستعمال القفازات الجلدية الواقية للأيدى.
٢. يتم التنظيف بالقماش الجاف، للأجزاء الصغيرة والضيقة التى يصعب الوصول إليها، كما أن نفخ الغبار بالهواء المضغوط له فعالية خصوصاً عند تجميع الغبار فى أماكن يصعب الوصول إليها بالقماش.
٣. إزالة الغبار، والأوساخ الجافة باستعمال فرشاة ذات شغر خشن يليها التنظيف بمكنسة كهربية مع الحذر من استخدام الفرشاة السلكية، وعادة فإن المكنسة الكهربية تستخدم لإزالة الغبار السائب.
٤. التنظيف ببخار الماء، وهذا التنظيف يستخدم عند فك المولد كلياً، مع استبعاد عناصر التحكم الإلكترونية، ويعتبر هذ النوع من التنظيف جيد، ولكنه يحتاج لتجفيف المولد بعد التنظيف لإزالة الرطوبة من المولد قبل إعادته للخدمة.

وبعد الانتهاء من التنظيف يجب فحص الموصلات الكهربية فى المولد، للتحقق من عدم تشقق المواد العازلة ويجب استبدال الموصلات التى لها مواد عازلة تالفة أو مشبعة بالزيت فإذا ظهر أن طبقة الورنيش الخارجية الموجودة على الملفات تالفة، فإنه يجب طلاؤها ثانية بورنيش عازل.

التشحيم

يجب إعادة تشحيم ركائز المولد سنوياً، اما المولدات التى تعمل فى ظروف التشغيل القاسية، كالبيئات القذرة، فإنها تتطلب مزيداً من التشحيم (مرة كل ستة شهور)، وعادة تستخدم شحم مضاد للاحتكاك له مدى تشغيل يتراوح ما بين (-30 °C + 175 °C)، ولإضافة أو تجديد الشحم اتبع ما يلى:

١. اوقف المولد.
٢. نظف سدادات الشحم والأجزاء المحيطة بها.
٣. انزع سدادات فتحات التشحيم وفتحات التصريف.
٤. ادخل وصلة مسدس الشحم فى فتحتات التشحيم، لحقن الشحم اللازم.
٥. أزل الشحم المتصلب فى فتحات التصريف، مستخدما سلكاً إذا لزم الأمر.
٦. شغل المولد، وسدادات فتحتات التشحيم وفتحات التصريف مرفوعة لمدة خمسة عشر دقيقة للسماح للشحم الزائد بالخروج.
٧. وقف المولد، وامسح أى شحم خارج وأعد سدادات فتحات التشحيم والتصريف لأماكنها.

ويجب استعمال شحم نظيف موضوع داخل أ،عية مغلقة، كما أن مقدار الشحم المضاف مهماً جداً، فزيادة الشحم قد يكون ضاراً مثل قلة الشحم، لذلك يجب الرجوع لدليل الشركة المصنعة لمعرفة كميات الشحم المطلوبة، وعادة فإن كيمة الشحم المطلوبة لكل نقطة تشحيم تتراوح ما بين ($25:50\ Cm^3$).

تجفيف العزل الكهربى

عند ترك المولد لفترة كبيرة بدون عمل فى أماكن رطبة فى العراء، فإنه يلزم تجفيف عزل المولد، خصوصاً إذا كانت نتائج اختبارات العزل غير مرضية، وهناك عدة طرق لتجفيف المولدات كما يلى:

١. توضع سخانات كهربية تعمل من مصدر كهربة آخر داخل المولد.
٢. يوضع المولد داخل فرن كهربى، ويتم تشغيل الفرن عند درجة حرارة ٩٠ درجة مئوية، بشرط نزع جميع أجهزة التحكم الإلكترونية من المولد عند استخدام هذه الطريقة.
٣. استخدام وحدة توليد هواء مضغوط ساخن حيث يوجه خرج هذه الوحدة فى صندوق وصلات الأسلاك مع تشغيل المولد عند اللاحمل بدون أى

مجال وذلك بفك فيوز المنظم، ويجب ألا تتعدى درجة حرارة الهواء المضغوط المدخل عن ٦٦ درجة مئوية.

٤. التجفيف بإحداث قصر على أطرف المولد، مع تتبع الخطوات التالية:

أ. الفصل أطراف تغذية المجال من المظم F1, F2.

ب. وصل بطارية أو مصدر قدرة أخر يعطى جهد 35 VDC : 20 إلى أطراف المجال مع استخدام مقاومة متغيرة تتحمل تيار 2 A بالتوالى، مع مصدر التيار المستمر، أو استخدام مصدر تيار المولد عند الحمل الكامل.

ج. احدث قصر على أطراف المولد L1, L2, L3 مع استخدام كبارى تتحمل تيار المولد عند الحمل الكامل.

د. أدر المولد، وقس تيار الخرج على أطراف المولد باستخدام جهاز أميتر ذو الكماشة.

ه. تحكم فى الجهد الواصل لملفات المجال بواسطة المقاومة المتغيرة الموصلة مع مصدر التيار المستمر، بشرط أن يكون تيار المولد لا يتعدى ٨٠% من تيار الحمل الكامل

ويعتمد زمن دوران المولد على هذه الحالة، على كمية الرطوبة الموجودة بالمولد، ويجب اختبار عزل المولد كل أربع ساعات حتى نصل إلى قيمة عزل ثابتة.

وبعد تجفيف المولد والوصول لمقاومة عزل ثابتة، انزع الكبارى الموجودة على أطراف المولد، وافصل مصدر التيار المستمر الموصل مع المجال، وأعد توصيل أطراف المجال مع F1 , F2 للمنظم، والتأكد من إحكام ربط جميع الوصلات قبل إعادة المولد للتشغيل.

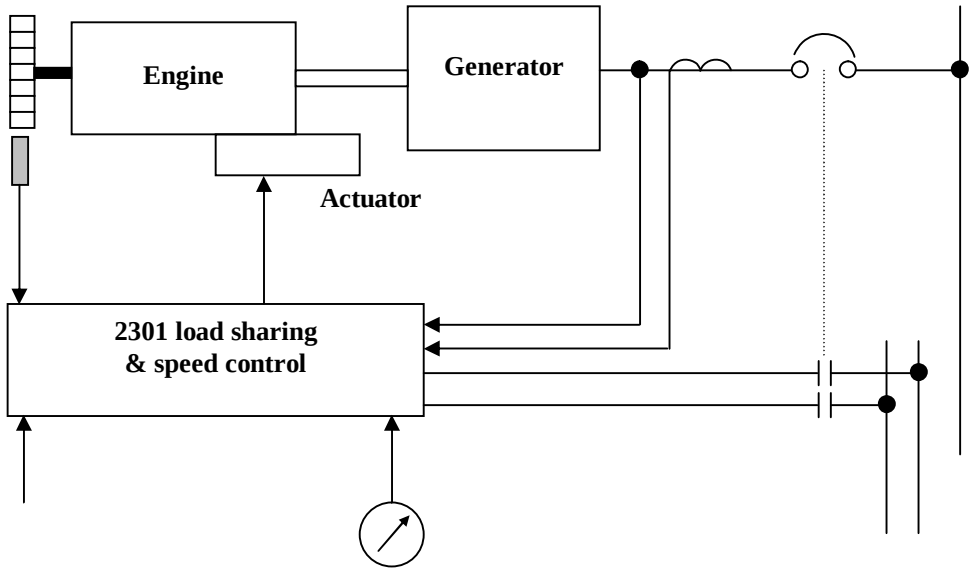
ثانياً: الصيانة التصحيحية

هذه الصيانة ليست من ضمن الصيانة التي تتم عن طريق جداول ولكنها صيانة طارئة لتصحيح وضع معين غير سليم وسرعان ما يتم تنفيذها، ويمكن تنفيذها على حساب الصيانة الوقائية إذا دعت الضرورة، وتعتمد الصيانة التصحيحية لأى معدة اعتماداً كلياً على معرفة القائم بأعمال الصيانة على مكونات الدائرة الكهربائية للمعدة وذلك من الرسم الكهربائى وذلك لتسهيل مهمة القائم بأعمال الصيانة لإيجاد العطل وإعادة الوضع كما كان عليه فى أسرع وقت. وفى حالة عدم وجود دائرة كهربائية يجب توافر خبرات كافية فى أعمال الصيانة للتعامل مع هذه المكونات مع معرفة الفكرة الرئيسية للتوليد كما سبق شرحه فى "دورة تشغيل وحدات التوليد الكهربية" السابقة ومعرفة اتصال كل من منظم السرعة ومنظم الجهد بالمحرك والمولد أى يكون على دراية كاملة بهذه النوعية من المنظمات.

ونعرض فيما يلي صيانة منظم السرعة وكيفية ضبطه وصيانة المولد ومنظم الجهد

صيانة منظم السرعة وكيفية ضبطه

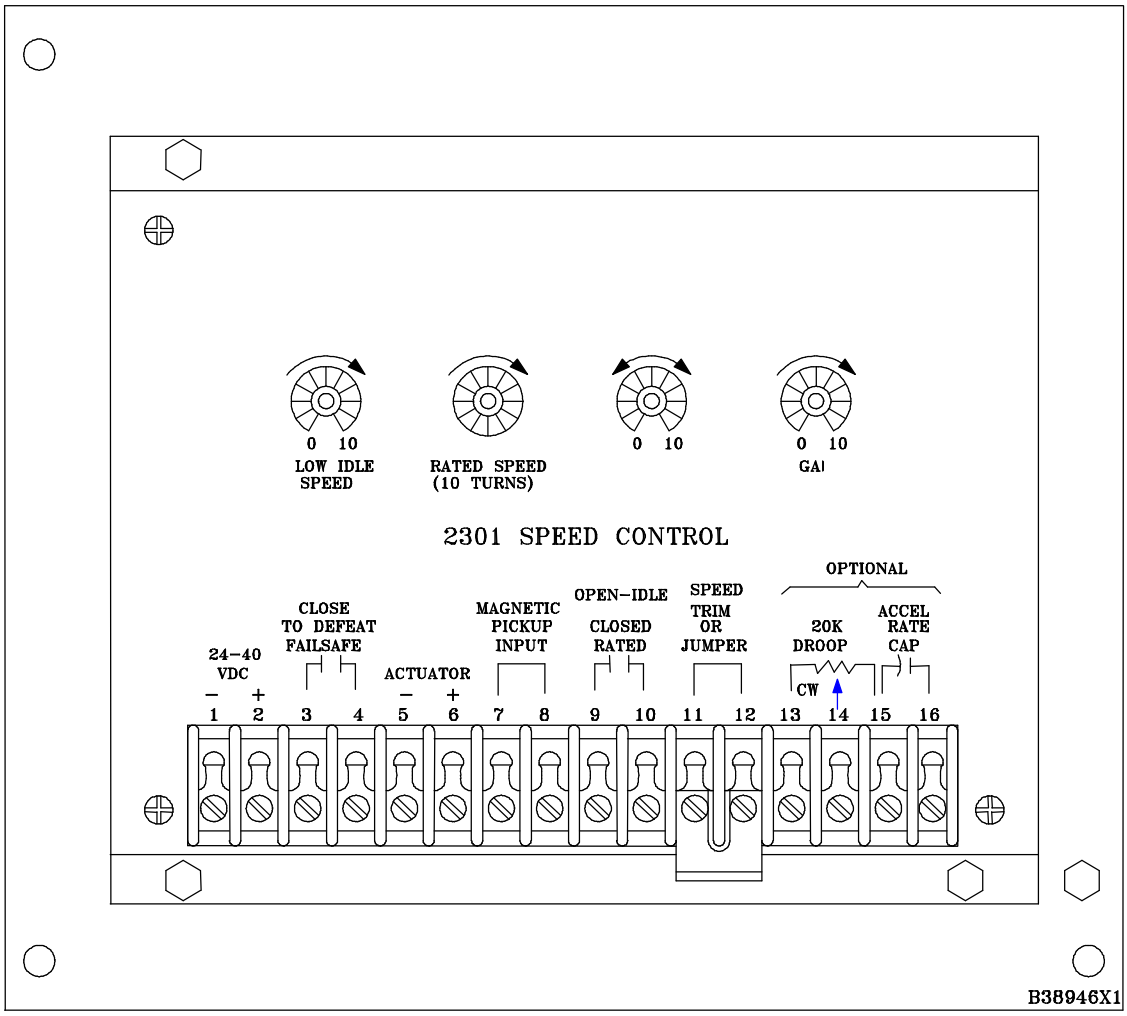
نعلم أن الحاكم الكهربي يحول الإشارة الكهربية الواصلة إليه من لوحة التحكم إلى حركة ميكانيكية للتحكم فى زيادة أو نقصان كمية الوقود وبالتالى يتحكم فى سرعة الماكينة، فمثلا لو أن سرعة الماكينة أعلى من السرعة السابق ضبطها فى لوحة التحكم فسوف يقل الفولت المرسل من لوحة التحكم إلى الحاكم الميكانيكي وبالتالى سوف تقل كمية الوقود نتيجة غلق جزئى من الحاكم للوقود. وتعتمد هذه التغيرات فى الفولت المرسل من وحدة التحكم إلى الحاكم على السرعة المقاسة عن طريق حساس السرعة (MagneticPickup). ويوضح الشكل رقم (٥-٢) مخطط لعملية التحكم فى السرعة.



شكل رقم (٥-٢)
مخطط لعملية التحكم فى السرعة للمولد

وتوجد فى الأسواق أنواع كثيرة من منظمات السرعة أشهرها منظم السرعة ٢٣٠١ (2301 Speed control) ومن هذه المنظمات توجد منظمات تعمل مع مولد واحد (Non Parallel Speed Control) ومنظمات تعمل مع مولدات تعمل على التوازى معا (Parallel Speed Control)، وسوف يقتصر الشرح على النوعيات التى تعمل مع مولد واحد فقط، وسوف يذكر باختصار النوعية الأخرى التى تعمل مع المولدات التى تتصل على التوازى.

ويوضح الشكل رقم (٥-٣) إحدى المنظمات التى تعمل مع مولد واحد.



شكل رقم (٥-٣)

إحدى المنظمات التى تعمل مع مولد واحد

ويتضح من الشكل رقم (٥-٣) أن مجموعة المقاومات المتغيرة الخاصة بضبط المنظم هى عبارة عن:

Low IDLE Speed
Rated Speed
Stability
Gain

Low IDLE Speed:

هذه المقاومة للتحكم فى أقل سرعة لازمة لتشغيل الديزل (أكبر من السرعة اللازمة لتشغيل عمود الكرنك) ويتم ضبطه مع مقاومة ضبط السرعة المقننة (Rated Speed).

Rated Speed:

تستخدم لضبط السرعة المقننة للمحرك (Rated Speed).

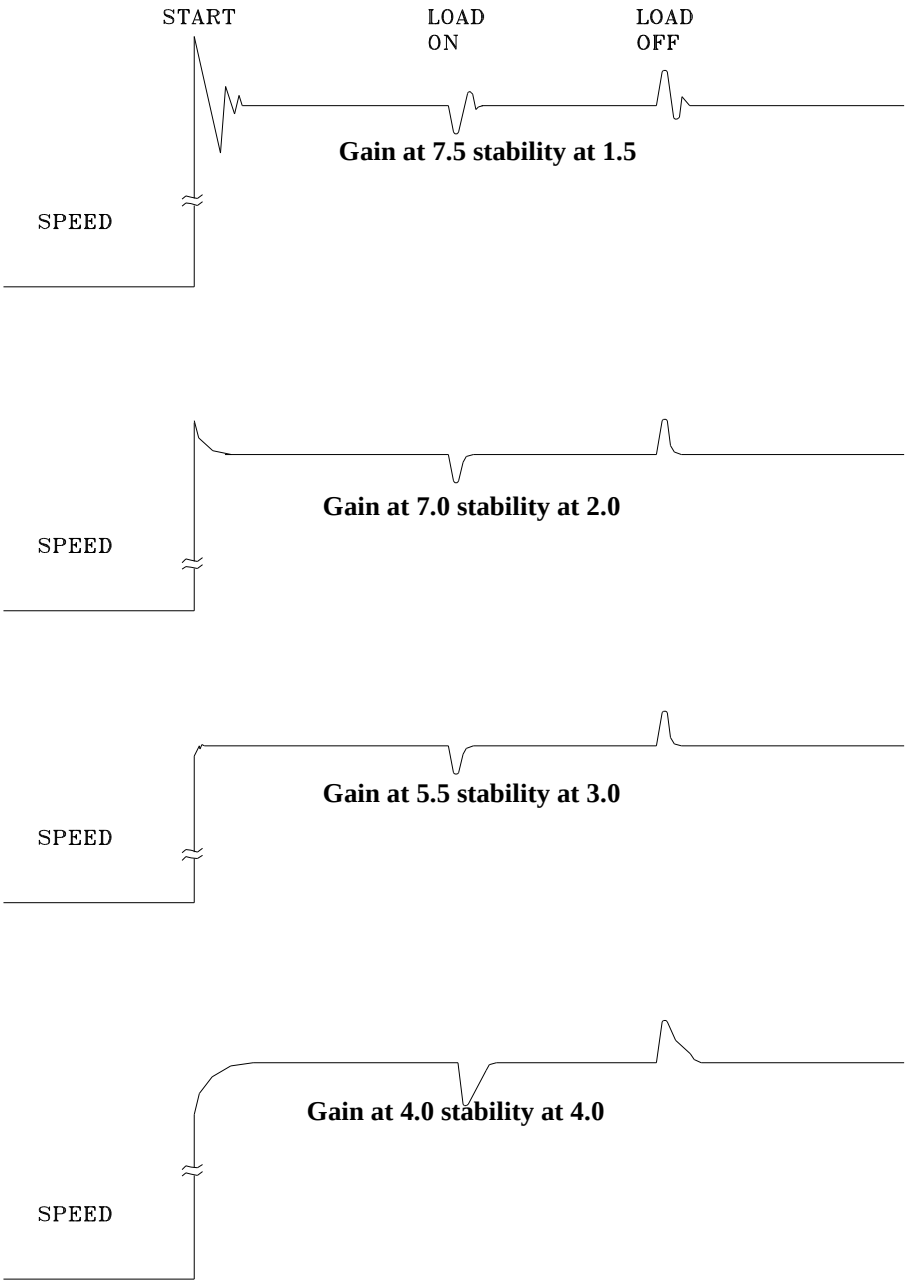
Stability A`nd Gain:

يستخدما معا لضبط سرعة استجابة الماكينة مع تغيير الأحمال، مع ملاحظة أن المقاومة الخاصة بال Gain تستخدم لتقليل زمن الاستجابة إلى أدنى حد، والمقاومة الخاصة بالـــ Stability تستخدم لتحسين الوصول إلى أفضل درجة لثبات هذه السرعة مع هذا الـــ Gain.

ويوضح الشكل رقم (٥-٤) علاقة الـــ Stability And Gain، بينما يوضح الشكل رقم (٥-٥) اتصال لوحة التحكم بالمكونات الخارجية للمحرك.

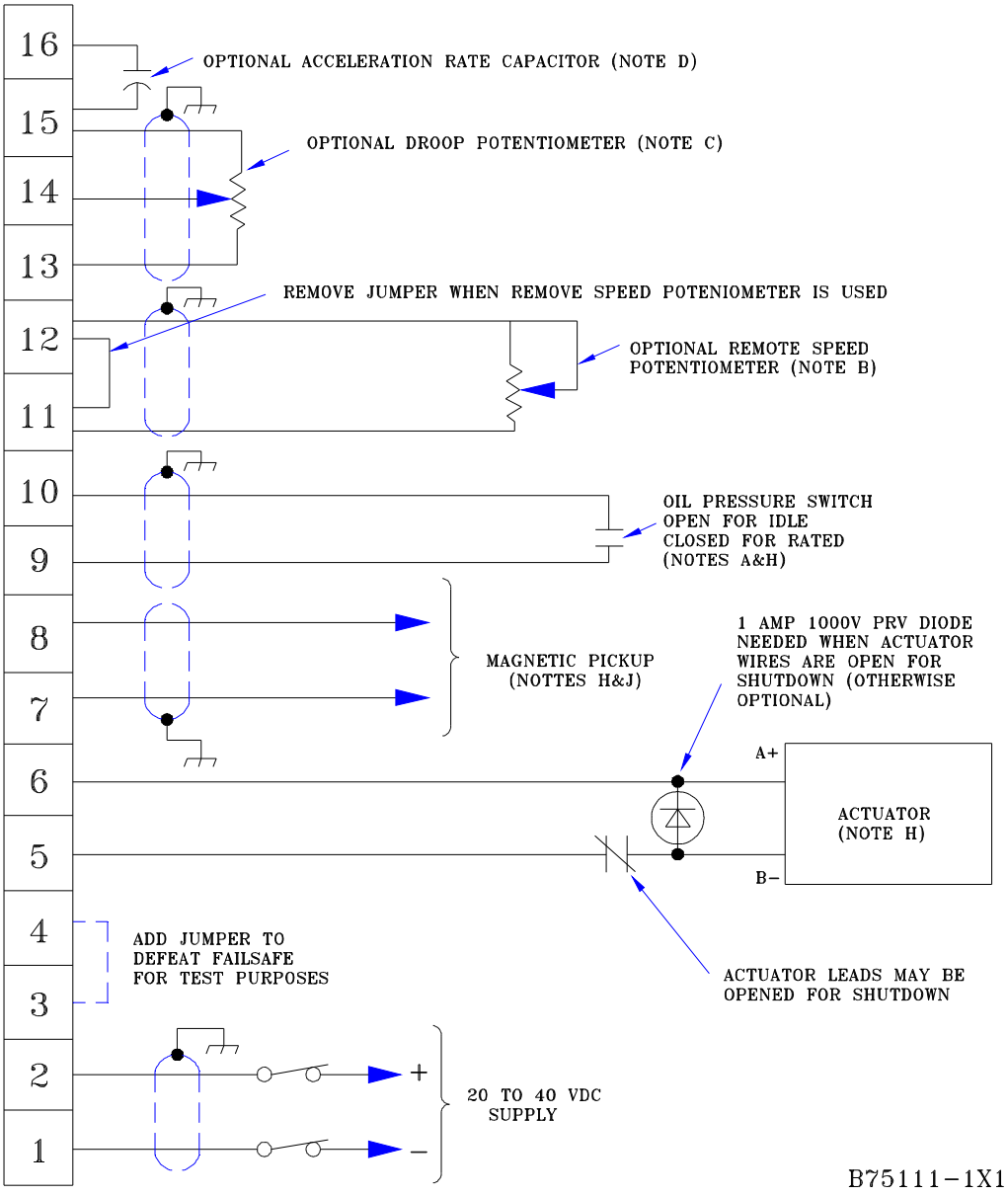
علاقة الـــ Stability And Gain

يلاحظ أن عند تقليل الـــ Gain وزيادة الـــ Stability يقل معدل التذبذب فى السرعة عند بداية التشغيل، وأيضا لا يوجد تذبذب عند زيادة الأحمال أو انخفاضها.



شكل رقم (٥ - ٤)

علاقة الـــ Stability And Gain



شكل رقم (٥-٥)

اتصال لوحة التحكم بالمكونات الخارجية

من الشكل السابق يلاحظ أن النقطة (5,6) متصلة مباشرة بالحاكم (Actuator) والنقطة (7,8) متصلة بحساس السرعة (Magnetic Pickup) والنقطة (1,2) هى

التغذية الرئيسية لهذه اللوحة ويتراوح الفولت بين (٢٤-٤٠) فولت تيار مستمر.

كما يمكن عن طريق النقطة (11,12) توصيل مقاومة متغيرة (أقل من ١٠٠ أوم) فـــى مكان آخر خارج هذا المنظم لإمكانية التحكم فى السرعة فى حدود ± ٤ % وهو ما يسمى (Speed trim) وفى حالة عدم استخدامه يجب أن يظل هذا الاتصال بين النقطتين (11,12) موجود (Jumper). أما النقطة (3,4) تستخدم كحماية للمحرك أى تعمل على إيقاف الماكينة فورا عندما لا تصل الإشارة القادمة من حساس السرعة وذلك عن طريق منع الفولت عن الحاكم وبالتالى يتم إيقاف المحرك (Fail safe). ويجب تنشيط هذه الخاصية إما بعمل شورت أو عمل فتح فى الدائرة.

أما النقطة (9,10) (Open IDLE, Closed Rated) يتم توصيلهم بحساس لضغط الزيت بالمحرك حتى لا يسمح للمحرك بالتغير والوصول إلى السرعة المقننة قبل أن يتأكد من أن ضغط الزيت كاف لغلق هذا الاتصال (Switch).

الفصل السادس

احتياطات الامان عند اجراء الصيانة

الفصل السادس

احتياطات الأمان عند إجراء الصيانة

مقـــدمـــة

من الضرورى، قبل وأثناء القيام بصيانة المحولات والمولدات ولوحات التوزيع الخاصة بهما، اتخاذ الاحتياطات المناسبة لتجنب التعرض لمخاطر الكهرباء. ونتناول فيما يلـــى بعض المعدات المستخدمة لهذا الغرض، والاحتياطات المطلوب اتخاذها عند التعامل مع هذه المعدات، وبعض النصائح لضمان سلامة القائمين بالصيانة.

معدات الأمان

تشمل معدات الأمان التى يجب توافرها عند العمل الآتى:

- لافتات التحذير (خطر/ احترس/... إلخ).
- الأقفال.
- طفايات الحريق.
- مهمات الحماية الشخصية، وتشمل:

أ- الملابس الواقية من الحريق(Overalls) .

ب- أقنعة حماية الوجه من الشرارة الكهربية.

ج- نظارات حماية العين من الشرارة الكهربية.

د- خوذات حماية الرأس من الصدمات.

هـــ- القفازات والأحذية والأرضيات العازلة.

- كاشفات الجهد (الضوئية والصوتية) للجهد المنخفض والمتوسط والعالى.
- كابلات التأريض.

- العُصى العازلة (للاستخدام مع كاشف الجهد) والعُصى العازلة (للاستخدام فى عملية التأريض).
- عِدد الإصلاح المعزولة.

وسنعرض فيما يلى فكرة مبسطة عن إحدى المعدات السابقة وهى كاشفات الجهد.

كاشفات الجهد هناك نوعان من كاشفات الجهد وذلك للجهد المتوسط والعالى.

أ. **كاشف يعمل بالمجال (Proximity detector)**
يوضع فى نهاية عصا عازلة، ويعمل بتأثير المجال الكهروستاتيكى حول الموصل الحى. يستخدم لكشف الجهد بتقريبه من الموصل الحى، ويعطى إنذار (صوتياً/ ضوئياً) عند وجود جهد.

ب. **كاشف يعمل باللمس المباشر (Direct detector)**
يوضع فى نهاية عصا عازلة ويعمل باللمس المباشر مع الموصل، وتوجد بالعصا مجموعة مكثفات متصلة على التوالى تستخدم لتقسيم الجهد، ويعطى هذا الكاشف إنذاراً ضوئياً.

الاحتياطات المطلوبة عند إجراء الصيانة توجد بعض الاحتياطات الواجب مراعاتها عند إجراء عمليات الصيانة ونستعرضها فيما يلى:

- تأمين المعدة أو اللوحة أولاً بفصل الكهرباء عنها، وباستخدام الأقفال يتم تأمين مصادر تغذية لمعدة أو اللوحة بالكهرباء فى حالة الفصل.
- تعليق لافتات تحذير على الأجزاء التى تم فصلها. ويجب أن تحمل هذه اللافتات اسم وتوقيع الشخص المسئول وتاريخ تعليقها. ولا يتم رفع لافتات التحذير إلا بموافقة نفس الشخص المسئول.

ويوضح الشكل رقم (٦-١) نماذج من لافتات التحذير.

شكل رقم (٦ - ١)

نماذج من لافتات التحذير

- التأكد من توصيل جسم المعدة أو اللوحة بالأرضى توصيلاً جيداً. وذلك قبل البدء فى إجراءات فتح اللوحة والعمل بها.

- ارتداء مهمات الحماية الشخصية قبل البدء فى:
  ١. إدخال وإخراج قواطع الدائرة الكهربية.
  ٢. توصيل وفصل الأرضى.
  ٣. اختبار المعدات بالجهد العالى.

- الكشف عن وجود جهد أو أى شحنات كهربية عن طريق كاشف الجهد المناسب. ويفضل الكشف مرتين بواسطة شخصين مختلفين.

- التأكد من تأريض القاطع أثناء خرُوجه.

- تغطية قضبان التوزيع باللوحات بالصورة السليمة وبالأخص الأجزاء الحية منها.

- توصيل قضبان التوزيع باللوحات بالأرضى (قبل العمل عليها) عن طريق كابل تأريض مناسب لكل جهد. ولا يتم فصل هذا الكابل إلا بعد الانتهاء من إجراء الصيانة.

- توصيل ملفات المحول بالأرضي لمدة دقيقة على الأقل قبل العمل عليها وذلك لتفريغ الشحنات الكهربية.

- توصيل ملفات المولد بالأرضي قبل العمل عليها وذلك لتفريغ الشحنات الكهربية.

ونستعرض فيما يلى احتياطات الأمان عند استخدام كاشف الجهد، وعملية تأريض قضبان التوزيع وملفات كل من المحولات والمولدات (أى توصيلها بالأرضى).

احتياطات الأمان عند استخدام كاشف الجهد

لاستعمال كاشف الجهد لابد من اتباع بعض احتياطات الآمان والتى نوجزها فيما يلى:

١. ارتداء القفاز العازل.
٢. التأكد من أن عصا الكاشف العازلة نظيفة من الأتربة والرطوبة.
٣. اختبار عمل الكاشف قبل تجربته على موصل مؤكد وجود جهد عليه.

تأريض ملفات المولدات

من أهم فوائد التأريض تفريغ الشحنات الكهربية الاستاتيكية التى قد تكون موجودة على الملفات قبل بدء أعمال الصيانة، أو التى قد ترد إليها (بسبب التوصيل الخاطئ) أثناء إجراء الصيانة، وذلك لحماية الأفراد القائمين بالصيانة.

<u>خطوات التأريض</u>

١. اختيار كابل التأريض المناسب مع مراعاة الآتى:
أ. أن يكون شكل ومساحة مقطع كلبسات الكابل مناسباً لشكل نقطة التأريض باللوحة أو بجسم المعدة أو نقطة التأريض بقدر الإمكان.
ب. أن يكون قطر كابل التأريض مناسباً (ويفضل أن يكون هو نفس قطر كابل توصيل المعدة بالتيار أثناء تشغيلها).

٢. تستخدم عصا تأريض فى توصيل الجزء المراد تأريضه بالأرضى حتى ينتهى العامل الآخر من توصيل كلبس كابل التأريض بهذا الجزء، ثم يتم رفع عصا التأريض.

٣. أثناء إجراء عمليات التأريض يجب أن يرتدى القائم بعملية التأريض مهمات الأمان اللازمة لهذا العمل، وتشمل: قفازات عازلة مع قفازات الحماية، قناع للوجه، خوذة.

ملحوظة:
يستخدم قفاز عازل كهربياً عند العمل على أطراف توصيل الملفات التوزيع لزيادة الأمان أثناء العمل. وتوجد منه أنواع مختلفة منها طبقاً للجهود التالية:

أ. قفاز طراز "0" للجهد المنخفض حتى ٧٥٠ فولت.
ب. قفاز طراز "١" للجهد حتى٥ ك. ف (ويستخدم جهد ١٠ ك. ف لاختبار عزله).
ج. قفاز طراز "٢" للجهد ١٠ ك.ف (ويستخدم جهد ١٥ ك. ف لاختبار عزله).
د. قفاز طراز "٣" للجهد ١٥ ك.ف (ويستخدم جهد ٢٠ ك. ف لاختبار عزل).

ويلاحظ عند استخدام قفاز العزل ألا يكون مثقوباً أو مشبعاً بالشحم أو الزيت. ويستخدم قفاز حماية مع قفاز العزل لحماية الأخير من التعرض للقطع أو التلف.

تـــأثير الصدمة الكهربية على جسم الإنسان

صدق أو لا تصدق ولكنها الحقيقة بالرغم مما قد يبدو فى ذلك غريباً، أن معظم الصدمات الكهربائية المميتة تحدث عادة لمن يعملون فى مجال الكهرباء، وهم الذين يعرفون خطورتها أكثر من غيرهم. ولذلك فإننا نسوق فيما يلى بعض الحقائق الكهروطبية التى تجعلك تفكر مرات ومرات عند التعامل مع الكهرباء.

١. **إنه التيار الكهربائى الذى يقتل**:
للوهلة الأولى قد يبدو أن صدمة كهربائية من عشرة آلاف فولت أكثر إماتة من مائة فولت. ولكن الأمر ليس كذلك!! فإن أشخاصاً قد ماتوا بصدمات كهربائية من أجهزة تعمل على جهد ١١٠ فولت!! بل إن آخرين قد ماتوا بصدمات كهربية من أجهزة صناعية تعمل على جهد بسيط فى حدود ٤٢ فولت!!!

إن أمر الصدمة الحقيقى يكمن فى كمية التيار (الأمبير) المدفوعة خلال الجسم وليس الجهد (الفولت). وإن أى جهاز كهربائى مستعمل فى المنزل من الممكن تحت ظروف معينة أن ينقل إلى الجسم تياراً مميتاً. وفى الوقت الذى نعلم فيه أن أى كمية تيار فوق ١٠ مللى أمبير (٠,٠١ من الأمبير) كافية لحدوث إحساس بالألم يصل إلى صدمة شديدة، فإن تيارات ذات قيمة من ٠,١ فما فوق هى تيارات مميتة، إذا لم نسرع بإسعاف المصاب (حيث أن إنعاشاً بالتنفس الصناعى كفيل إذا ما تم إجراؤه سريعاً بإنقاذ حياة المصاب).

علاوة على ذلك، فإن التيارات ذات الشدة فوق ٠,٢ أمبير تسبب حروقاً شديدة وفقدان للوعى، ومن وجهة النظر العملية فإنه من المستحيل بعدما يفقد شخص وعيه نتيجة لصدمة كهربائية أن نحدد شدة التيار الذى مر خلال أعضائه الحيوية.

ويوضح الشكل رقم (٦-٢) التأثير الواقع على وظائف أعضاء جسم الإنسان تبعاً لشدة التيار الكهربائى المار خلال الجسم نتيجة للصدمة الكهربائية.

لاحظ أن التأثير هنا لشدة التيار بصرف النظر عن قيمة الجهد. ونظراً لما نعلمه جميعاً من تناسب شدة التيار المار خلال دائرة ما عكسياً مع قيمة المقاومة فإننا نسلم باختلاف شدة تيار الصدمة تبعاً لمقاومة الجزء من الجسم الذى يمر خلاله التيار بين نقط التلامس خلال حدوث الصدمة. ويتضح من الشكل رقم (٦-٢) السابق الإشارة إليه أن تأثير تيار الصدمة على وظائف أعضاء الجســم يزداد قسوة بزيادة شدة هذا التيار فعند قيمة صغيرة لشدة التيار مثل ٢٠ مللى أمبير (٠,٠٢ أمبير) يصبح التنفس صعباً وأخيراً يتوقف تماماً عندما تصل شدة التيار إلى ٧٥ مللى أمبير فقط (٠,٠٧٥ أمبير). وعندما تصل شدة التيار إلى ١٠٠ مللى أمبير (٠,١ أمبير) يحدث توقف القلب حيث تتقلص جدران القلب وبالتالى يتوقف ضخ الدم من القلب إلى أعضاء الجسم.

شكل رقم (٦-٢)

التأثير الواقع على وظائف أعضاء جسم الإنسان تبعاً لشدة التيار الكهربى

فإذا لم تتم معالجة هذا التقلص بأسرع ما يمكن فإن الموت سيقع خلال وقت قصير جداً.

٢- خطـــر ... جهد منخفض

من المعلومات الهامة التى قد تبدو غريبة أن مصابى صدمات الضغط العالى يستجيبون للتنفس الصناعى أسرع من مصابى صدمات الضغط المنخفض. وربما كان السبب فى ذلك الانقباض الحنون للقلب نتيجة لشدة التيار العالية الناشئة عن الضغط العالى.

وعموماً فإنه مخافة أن تكون قائمة هذه التفاصيل غير قابلة للتفسير فإن النتيجة المنطقية الوحيدة التى يمكن استنتاجها هى أن ٧٥ فولتاً لها ما لـــ ٧٥٠ فولت ما لـــ ٧٥٠ فولتاً من التأثير المميت.

تختلف المقاومة الحقيقة للجسم تبعاً لنقط التلامس وحالة الجلد (رطب أو جاف). فمثلاً بين الأذنين تكون المقاومة فى حدود ١٠٠ أوم فقط وهى

أقل من مقاومـــة الجلـــد. بينما نجد أن المقاومة من اليد إلى القدم تقترب كثيراً من ٥٠٠ أوم.

تعتمد مقاومة جسم الإنسان للتيار الكهربى المتردد على حالته الصحية وطوله ووزنه، وطبقاً للمواصفات الأمريكية فإن المقاومة من الرأس إلى للقدم والجلد جاف = ٦٠٠/١٠٠ ك. أوم.
والمقاومة من الرأس للقدم والجلد مبلول = ١ ك. أوم.
المقاومة من اليد للقدم والجلد جاف = ٦٠٠/٤٠٠ أوم.
المقاومة من اليد لليد والجلد مبلل = ١٠٠ أوم.
أما مقاومة الجلد فإنها قد تتغير من ١٠٠٠ أوم للجلد الرطب إلى أكثر من ٥٠٠٠٠٠ أوم للجلد الجاف.
ويتم حساب التيار الكهربى الذى يمر فى جسم الإنسان عند ملامسته للجهاز كما يلى:

$$\text{التيار} = \frac{\text{الجهد}}{\text{مقاوم جسم الإنسان}}$$

نصائح لضمان السلامة الكهربية

وحـــرصاً منا على سلامتك عزيزنا المتدرب فإنا نرجو أن تتذكر النصـــائح الهامة الآتية:

أ. **نصائح عامة**

١. عند العمل حول معدة كهربائية، تحرك ببطء وحذر. تأكد من أن أقدامك تتحرك بثبات حرصاً على التوازن الجيد. لا تندفع خلف العدة الساقطة فقد تكون فى انتظارك صدمة كهربية.

٢. أفصل جميع مصادر الطاقة الكهربائية وقم بتأريض جميع نقط الضغط العالى (وصلها بالأرضى) قبل لمس التوصيلات. تأكد من أنه ليس هناك سبيل للتيار الكهربائى ليرجع بطريق الخطأ. لا

تعمل فى أى معدة غير مؤرضة (غير موصلة بشبكة الأرضى) لا تختبر معدة موصلة بالكهرباء عندما تكون متعباً جسدياً أو ذهنياً.

٣. احتفظ بإحدى يديك فى جيبك عند فحص معدة موصلة بالكهرباء. وفوق كل هذا، لا تلمس معدة كهربائية أثناء الوقوف على أرضية معدنية أو خرسانة مبللة أو أى مسطحات أخرى مؤرضة. لا تحمل أو تنقل معدة كهربائية وأنت ترتدى ملابس مبللة (خصوصاً الأحذية المبللة) أو عندما يكون جلدك مبللا بالماء.

- لا تعمل وحدك!! وتذكر أنك كلما زدت معرفة بالمعدات الكهربائية كلما زادت غفلتك عن خطورتها.
- لا تأخذ على عاتقك مخاطرات لا داعى لها قد تكلفك حياتك.

ب. ماذا يجب عمله للمصاب

إفصل الكهرباء فوراً و/أو إبعد المصاب عن نقطة التلامس بأسرع ما يمكن ولكن دون تعريض نفسك للمخاطر إستعمال قطعة طويلة من الخشب الجاف أو حبلاً أو بطانية ... إلخ. لا تضيع وقتاً ثميناً فى البحث عن مفتاح الكهرباء، فإن مقاومة منطقة مرور التيار فى جسم المصاب تقل بمرور الوقت وقد تصل شدة التيار إلى المرحلة المميتة.

ج. الاستعمال الصحيح لطفاية الحريق

تحتاج أى نار إلى ثلاثة عوامل للإبقاء عليها وتقويتها وهذه العوامل هى: الحرارة والوقود والأكسجين. فإذا تخلصت من أى عامل من هذه العوامل الثلاثة فإن النار سنتطفئ. وكلنا نعلم أن أى سائل غير قابل للاشتعال يمكنه تبريد الأشياء المحترقة إلى ما دون درجة حرارة اشتعالها (٤٥٠ فهرنهيت تقريباً للأشياء الورقية القابلة للاشتعال) وبالتالى يؤدى إلى إطفائها. ويمكن منع الوقود بقفل محبسة وفصل

المواد القابلة للاشتعال عن موقع النار أو بناء فاصل حاجز لمنع انتقال النار عبره كما فى حالة حرائق الغابات.
أما الأكسجين فإن بالإمكان حصره بتغطية النار بمادة غير قابلة للاشتعال مثل بطاطين الحريق أو الرصاص أو أى غاز خامل لا يحتوى الأكسجين فى تركيبه. وتأتى طفايات الحريق فى تصميمات ذات مستويات ثلاثة هى أ، ب، ج، (A, B, C).

ففى المستوى أ (A) يتم شحن الطفايات بالماء وتكون مناسبة للحرائق المتعلقة بالخشب والورق والبلاستيك وما شابه ذلك من المواد الصلبة القابلة للاشتعال. ولا يجوز إطلاقاً استعمال طفايات الحريق المائية للحرائق المتعلقة بالكهرباء حيث أن الماء موصل للكهرباء، فإذا تلامس مع مصدر الكهرباء تنتقل الكهرباء خلال الماء إلى القائم بالإطفاء ومن الممكن أن يؤدى هذا إلى صدمة قاسية أو مميتة لهذا الشخص.
ولنحاذر فالطفايات من الفئة أ (A) يجب ألا تستعمل لإطفاء نار مشتعلة فى مواد ملتهبة إطلاقاً، حيث أنها ستسبب طفو السائل المشتعل وتطايره إلى مواقع إضافية وبذلك تساعد على انتشار النار.

أما الطفايات من الفئة ب (B) فإنها تشحن ببودرة كيميائية جافة أو تشحن بغاز خامل مثل ثانى أكسيد الكربون أو الهليوم وهذا النوع من الطفايات هو النوع المفضل للاستعمال مع حرائق الكهرباء.