

التوليد ومحطات التحويل الرئيسية

محطات التوليد الكهربائية

الجدارة:

الإلمام بأنواع ومكونات محطات التوليد الكهربائية المختلفة وطريقة تشغيلها وكذلك بسميزات وعيوب كل منها.

الأهداف:

عندما تكمل هذا الوحدة يكون لديك القدرة على معرفة:

- ١- الأنواع المختلفة لمحطات التوليد الكهربائية
- ٢- طريقة عمل تلك المحطات وسميزات وعيوب كل منها

مستوى الأداء المطلوب:

أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة 100%

الوقت المتوقع للتدريس : 15 ساعة

الوسائل المساعدة:

التجربة العملية الثالثة

متطلبات الجدارة:

معرفة ما سبق دراسته في جميع المواد السابقة

المقدمة

تتنوع محطات التوليد الكهربائية بتنوع مصادر الطاقة المستخدمة في هذا المجال . ورغم اختلاف التقنيات المستخدمة من محطة إلى أخرى فإن الوحدات المكونة لهذه المحطات تعتمد على نظم متشابهة يركز عملها على مرحلتين أساسيتين. تتمثل المرحلة الأولى في تحويل الطاقة الطبيعية المتوفرة إلى طاقة ميكانيكية حركية وذلك باستخدام التوربينات المناسبة. أما المرحلة الثانية فهي تحويل القدرة الميكانيكية إلى قدرة كهربائية باستخدام المولدات الكهربائية.

لاعتماد المملكة على طاقة المحروقات في توليد الطاقة الكهربائية بنسبة تقارب المائة بالمائة فإننا سنركز دراستنا للمحطات الكهربائية على المحطات الحرارية بأنواعها الثلاث: محطات توربينات البخار ومحطات توربينات الغاز و محطات الاحتراق الداخلي أو الديزل.

تعتمد هذه المحطات الثلاثة على الوقود بأنواعه المختلفة والذي يتحول إلى طاقة حرارية بعد احتراقه ومنها إلى طاقة حركية، سواء باستغلال غازات الاحتراق مباشرة كمحطات توربينات الغاز ومحطات الديزل أو بتسخين الماء والاستفادة من ضغط البخار لتحريك التوربينات. تنقل هذه القدرة الميكانيكية إلى المولدات الكهربائية عبر عمود لنقل الحركة فتحول بدورها إلى قدرة كهربائية بمعايير محددة يتم ضبطها آليا بنظم التحكم المختلفة لهذه المحطات.

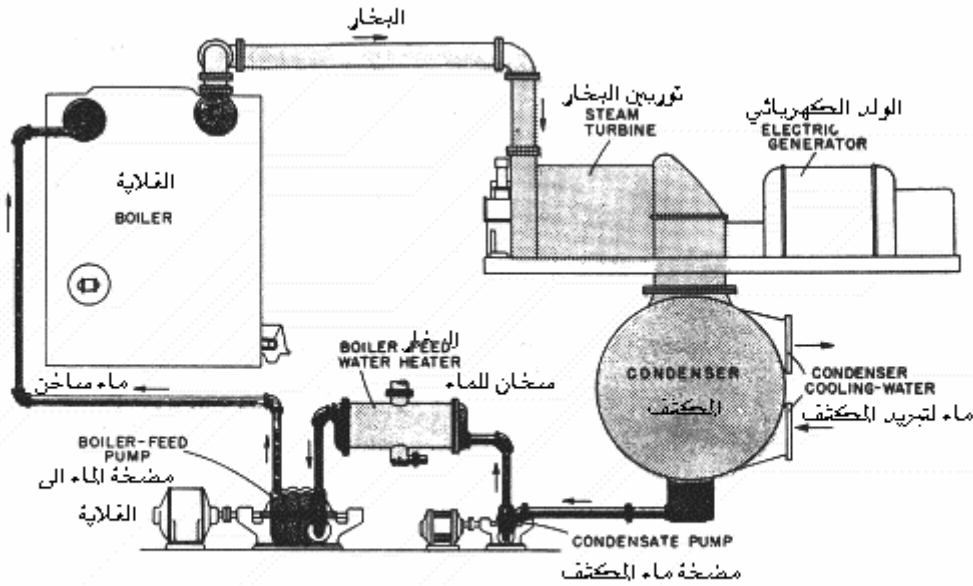
محطات توربينات البخار Steam-turbine plants

طريقة عمل المحطة

تسمى بمحطات توربينات البخار لاعتمادها على ضغط البخار لتحريك التوربينات وتحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية. يتم تولد البخار داخل مولد البخار أو ما يعرف بالفرن (Furnace)، الذي يستخدم أنواع مختلفة من الوقود كالفحم الحجري و الزيت الثقيل والديزل لتسخين الماء و إنتاج البخار تحت ضغط عالٍ.

ينقل الوقود عبر وسائل مختلفة كالناقلات البحرية أو القطارات أو خطوط أنابيب مخصصة من مواقع الإنتاج إلى جوار المحطة، ويوضع داخل خزانات عملاقة حسب مواصفات معينة. يتم ضخ احتياجات المحطة من الوقود مباشرة من هذه الخزانات عبر مضخات مخصصة لذلك وتتم معالجته وتجهيزه للاستخدام قبل أن ينقل إلى داخل الفرن. تتمثل معالجة الوقود و تجهيزه في تصفيته وتسخينه لتسهيل عملية الإشعال داخل الفرن نظرا لرداءة هذا النوع من الوقود الذي يستخدم لرخص ثمنه وقلة تكلفته.

كما يتبين من الشكل (2.1)، تحول الطاقة الحرارية داخل الغلاية الماء إلى كميات كبيرة من البخار تحت ضغط عالٍ. ينقل هذا البخار إلى التوربينات عبر أنابيب مخصصة لذلك فيدفعها في حركة دائرية لينتقل بعدها إلى المكثفات، حيث يتم خفض درجة حرارته ليصبح ماء ويعاد ضخه من جديد إلى داخل الغلاية. يتم التحكم في سرعة وقدرة هذه التوربينات بتنظيم كمية البخار المتدفق عبر صمامات مثبتة في مداخل البخار. غالبا ما تكون توربينة البخار ذات محور أفقي ويوصل عبره المولد الكهربائي التزامني الذي يدور بنفس السرعة ونفس العزم. يحول المولد بدوره هذه القدرة الميكانيكية إلى قدرة كهربائية بنسبة كفاءة متوسطة، حيث تضيع كمية كبيرة من الطاقة على شكل مفاقد لتضاف إلى المفاقد الحرارية والميكانيكية على مستوى الفرن والتوربين. لا تتجاوز كفاءة محطات البخار 30%، وذلك نتيجة لمفاقد الطاقة المتعددة في المراحل المختلفة من دورة البخار والنظم الميكانيكية والدوائر الكهربائية، أي أن أقل من ثلث طاقة المحروقات فقط تحول إلى طاقة كهربائية.



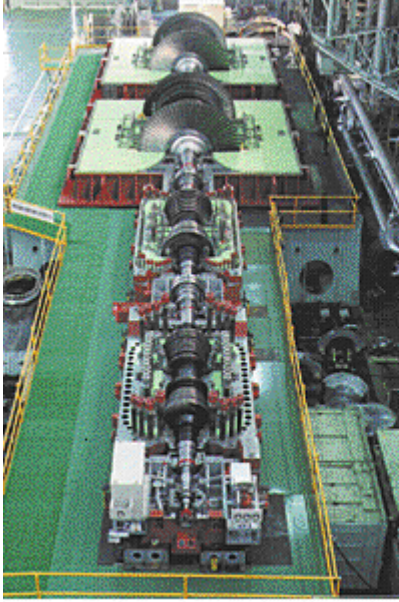
الشكل ٢.١ : محطة توليد كهربائية ذات توربين بخارية

الفرن Furnace أو الغلاية Boiler

الفرن هو عبارة عن غلاية كبيرة للماء تسمى بمولدات البخار، وتعمل على إنتاج البخار تحت ضغط عالٍ وذلك بحرق كميات كبيرة من الوقود. تختلف الأفران باختلاف الوقود المستخدم خاصة بالنسبة للفحم الحجري والزيوت الثقيل. تنتج هذه الأفران كميات كبيرة من العادم الشديد التلوث نظرا لرداءة الوقود المستخدم. يمر هذا العادم عبر مرشح كهرومغناطيسي لتخليصه من كميات كبيرة من الجزيئات السامة قبل أن يطلق في الهواء، ولكن غالبا ما يقذف بهذا العادم مباشرة في الجو دون أي معالجة مما يتسبب في أضرار كبيرة بالبيئة.

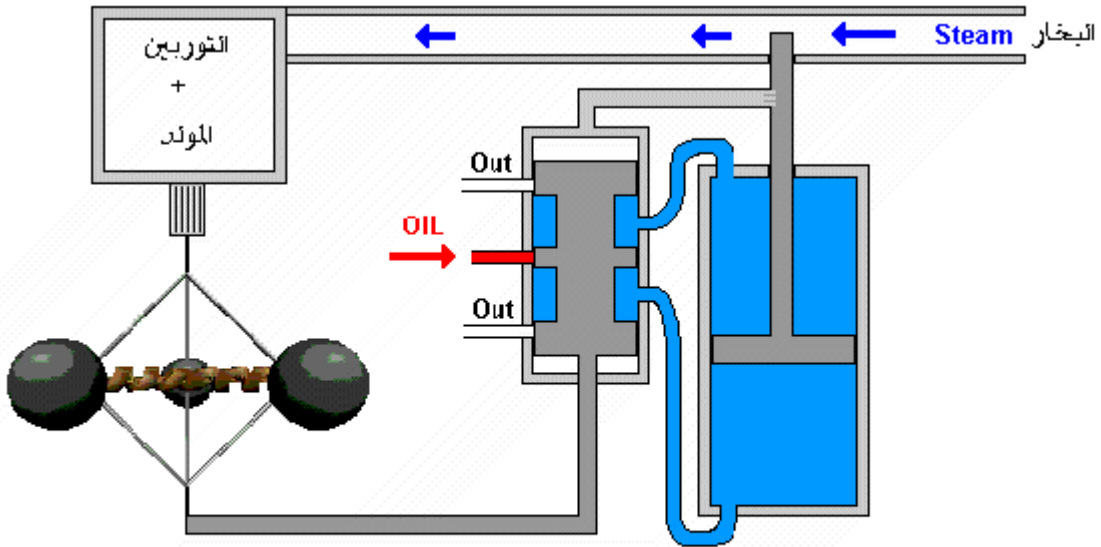
توربين البخار Steam Turbine

يتكون التوربين من عدد كبير من الريش صممت بشكل انسيابي يسمح لها بالحركة دائريا حول محورها عند تعرضها لضغط البخار، كما يتضح من الشكل (2.3). غالبا ما تكون توربينات البخار ذات محور أفقي وموصلة بالمولد عبر عمود لنقل الحركة مما يجعله يدور بنفس السرعة وبنفس العزم. تتكون بعض التوربينات الحديثة من ثلاث وحدات، الأولى للضغط العالي والثانية للضغط المتوسط و الثالثة للضغط المنخفض.



الشكل ٢،٣: توربين البخار

يمكننا التحكم بسرعة دوران التوربين والمولد بالتحكم في ضغط البخار الداخل للتوربين وذلك عبر صمام يعمل بنظام ميكانيكي هيدروليكي بسيط كما يبينه الشكل (2.4). يعتمد هذا النظام على ثقلين يدوران بنفس سرعة المولد ويتحكمان في صمام البخار بنظام هيدروليكي يمكنها من زيادة الفتحة عند انخفاض السرعة أو التقليل منها إذا زادت السرعة، مما يجعل السرعة ثابتة في المستوى المحدد لها مهما تغير العزم.



الشكل ٢،٤: نظام ميكانيكي للتحكم في سرعة التوربين

المكثف Condenser

بعد أن يمر البخار عبر التوربينات ينتقل إلى المكثف حيث يتم خفض حرارته ليصبح ماء، ثم يضخ من جديد إلى داخل الفرن لتأمين دورة البخار. يعتمد المكثف على مصدر للماء البارد لخفض درجة حرارة البخار. ولذلك فإن هذا النظام يحتاج إلى كميات كبيرة من الماء يتم ضخها من البحر كما هو الحال في المحطات الساحلية، أو خزانات كبيرة للماء تعتمد على التبريد الطبيعي عند ضخها من خزان إلى آخر. عند استخدام ماء البحر للتبريد يتم تصفيته و معالجته من المكونات العضوية قبل أن يضخ إلى داخل المكثف وذلك لحمايته من الشوائب والرواسب المحتملة. غالباً ما يتم إرجاع هذه المياه إلى البحر بعد استخدامها دون الاستفادة من الحرارة التي اكتسبتها عند مرورها بالمكثف. ولذلك تقوم بعض المحطات الأخرى بالاستفادة من البخار الناتج عن المياه الحارة وتكثيفه باستخدام التقنيات اللازمة لإنتاج كميات كبيرة من الماء العذب الذي يتم تجميعه داخل خزانات، كما هو الحال في محطات التحلية بجدة أو غيرها من محطات التحلية بالمملكة.

المولد الكهربائي Electrical Generator

تستخدم المولدات الكهربائية التزامنية في محطات التوليد لتحويل القدرة الميكانيكية إلى قدرة كهربائية. يوصل كل مولد كهربائي بتوربين بخار عبر عمود لنقل الحركة ليدور بنفس السرعة. تكون هذه السرعة ثابتة ولا تتغير مع تغير الأحمال نتيجة لوجود نظام التحكم في السرعة الذي وصفه سابقاً. يتناسب التردد تناسباً طردياً مع سرعة دوران المولد (أو التربين) ولذلك يتم تحديد السرعة مسبقاً وتثبيتها للحصول على تردد ثابت للطاقة الكهربائية الناتجة، كما أن لذلك علاقة بعدد أقطاب المولد، والقانون التالي يوضح تلك العلاقة:

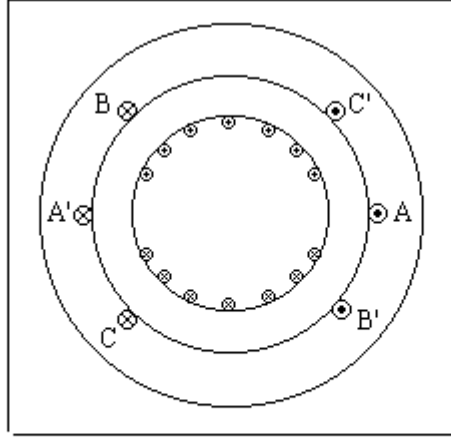
$$\omega_m = \frac{120}{p} f \quad (2.1)$$

حيث $\omega_m(\text{rpm})$: سرعة دوران المولد بالدورة في الدقيقة

$p(\text{poles})$: عدد أقطاب المولد التزامني

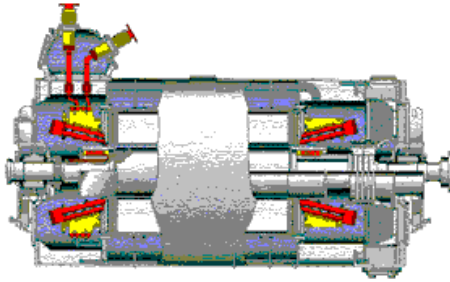
$f(\text{Hz})$: تردد التيار الكهربائي بالهرتز

إذا كان التردد المطلوب 60Hz كما هو الحال عندنا بالمملكة وعدد الأقطاب في المولد $p=2$ كما هو الحال في أغلب المحطات الحرارية فمن الضروري أن تكون سرعة المولدات في هذه المحطات 3600 rpm دورة في الدقيقة أما إذا كان عدد الأقطاب أربعة فالسرعة تكون النصف أي 1800 rpm دورة في الدقيقة (الشكل 2.5).

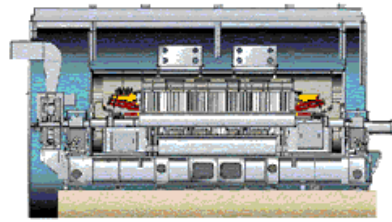


الشكل ٢,٥: توزيع اللفائف في دوار المولد التزامني ذات القطبين

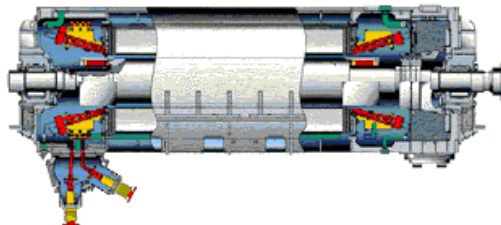
ترتفع حرارة المولد عند التشغيل إلى درجة كبيرة مما يستدعي استخدام نظام للتبريد ذي كفاءة عالية. يختلف نظام التبريد من مولد إلى آخر حسب حجم وقدرة المولد. تعتمد المولدات ذات القدرة المنخفضة والمتوسطة على نظام التبريد بالهواء فيما يستخدم الهيدروجين السائل في المولدات الكبيرة ذات القدرة العالية. بعض هذه المولدات تستخدم نظام مزدوج للتبريد يعتمد على الهواء والهيدروجين في نفس الوقت (الشكل 2.6).



أ- مولد مبرد بالهيدروجين



ب- مولد مبرد بالهواء

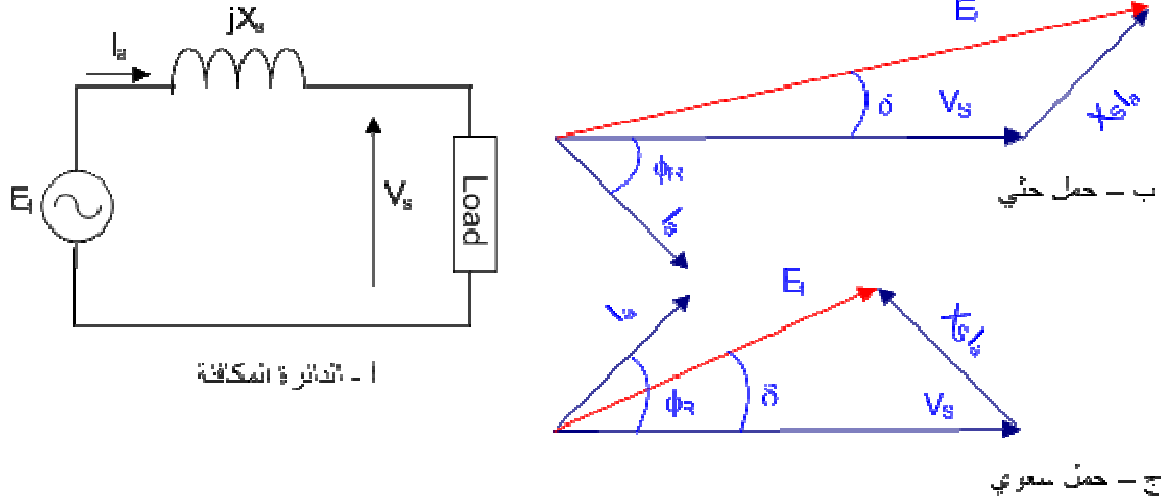


ج- مولد مبرد بالهواء والهيدروجين

الشكل ٢,٦ : مختلف أنواع نظم التبريد للمولدات الكهربائية

الدائرة المكافئة للمولد التزامني مع الحمل

إذا اعتبرنا أن الأطوار الثلاثة في حالة توازن فيمكننا تمثيل المولد بدائرة كهربائية بسيطة كما هو مبين في الشكل (2.7).



الشكل 2.7 : الدائرة المكافئة للمولد التزامني مع المخطط الاتجاهي لهذه الدائرة حسب نوعية الحمل.

ويمكننا حساب جهد الطور عند خرج المولد V_s والقدرة الفعالة الناتجة P_{out} وكذلك القدرة المفاعلة Q_{out} من المعادلات التالية:

جهد الطور عند خرج المولد:

$$V_s = E_f - jI_a X_s$$

القدرة الفعالة :

$$P_{out} = 3V_s I_a \cos \Phi_R = \frac{3V_s E_f \sin \delta}{X_s}$$

القدرة المفاعلة :

$$Q_{out} = 3V_s I_a \sin \Phi_R = \frac{3V_s E_f \cos \delta}{X_s} - \frac{3V_s^2}{X_s}$$

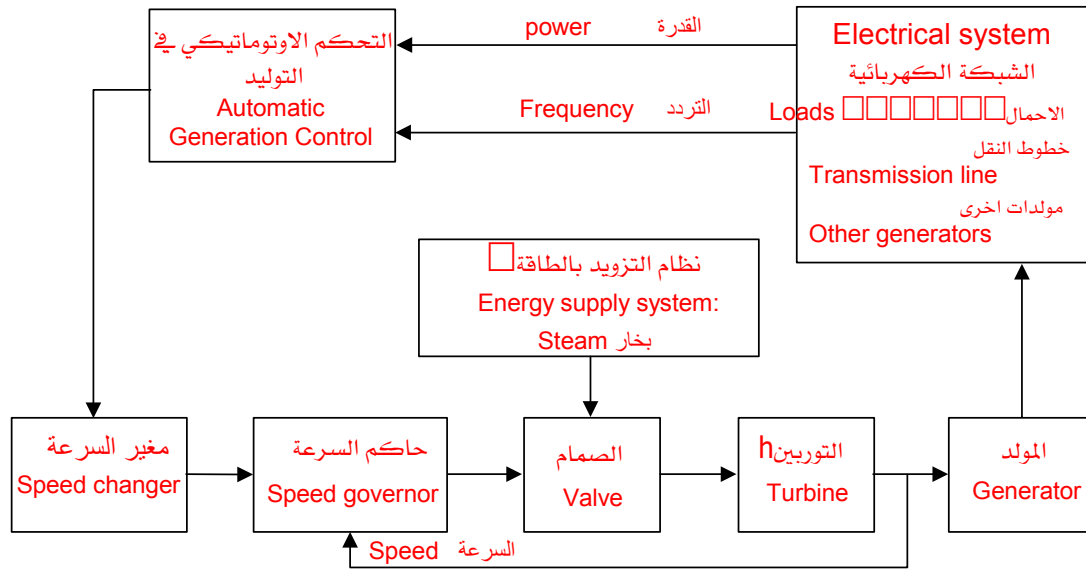
حيث : E_f جهد الإثارة Excitation Voltage

X_s المفاعلة التزامنية للمولد Synchronous reactance

I_a تيار الحمل Load current

نظام التحكم في التردد والقدرة للمولد التزامني

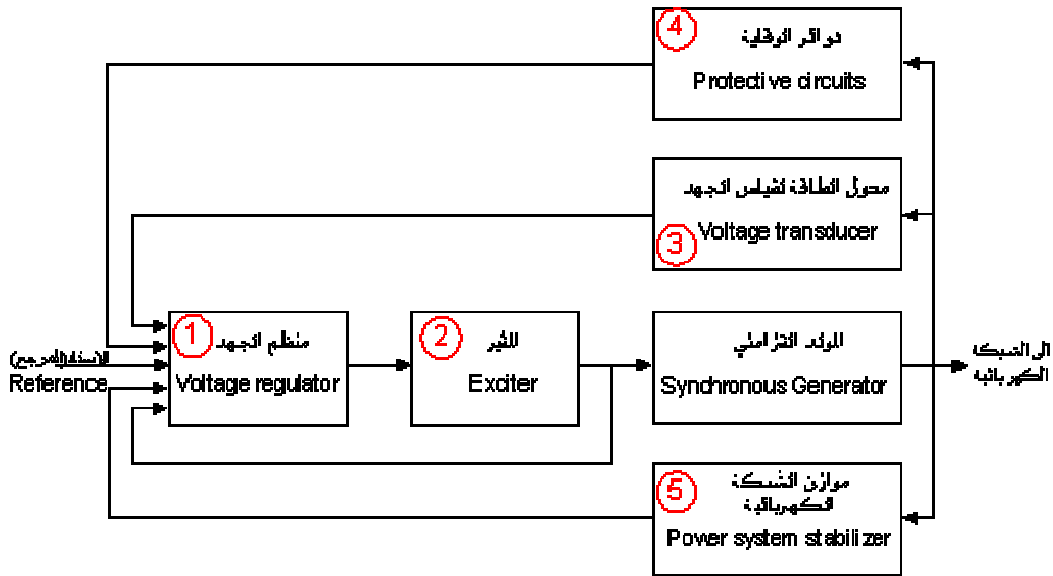
يوضح الشكل (2.8) نظام للتحكم الأوتوماتيكي في التردد في محطات البخار وذلك بالتحكم في سرعة التوربين. يتم التحكم في هذه السرعة عن طريق ضغط البخار عبر الصمام المخصص لذلك. يتلقى هذا الصمام الإشارة بالفتح أو بالغلق حسب الحاجة من وحدة التحكم الأوتوماتيكي للمحطة. تحدد هذه الوحدة إشاراتها من خلال القياسات الآنية للتردد عند خرج المولد وما تم تحديده مسبقا كمعطيات ثابتة للمحطة. كما يؤمن هذا النظام التحكم في القدرة الفعالة المتبادلة مع الشبكة بعد الربط.



الشكل (2.8): الرسم التخطيطي لنظام التحكم في التردد والقدرة في محطات التوليد الحرارية

نظام التحكم في الجهد و معامل القدرة للمولد التزامني

يحتاج المولد إلى مصدر للتيار المستمر لتأمين المجال المغناطيسي وتحويل الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية حسب نظرية لينز، و يسمى هذا المصدر بنظام الإثارة أو المثير Exciter . يؤمن هذا النظام عملية التحكم في قيمة الجهد الكهربائي عند خرج المولد وذلك بالتحكم في قيمة تيار المجال كما يتضح من الشكل (2.9). يمكننا تثبيت جهد المولد عبر هذا النظام عند المستوى المطلوب لربطه بالشبكة كما يمكننا المحافظة على معامل القدرة عند قيمة واحد بعد الربط.



الشكل (2.9): الرسم التخطيطي لنظام التحكم في الإثارة للمولد التزامني

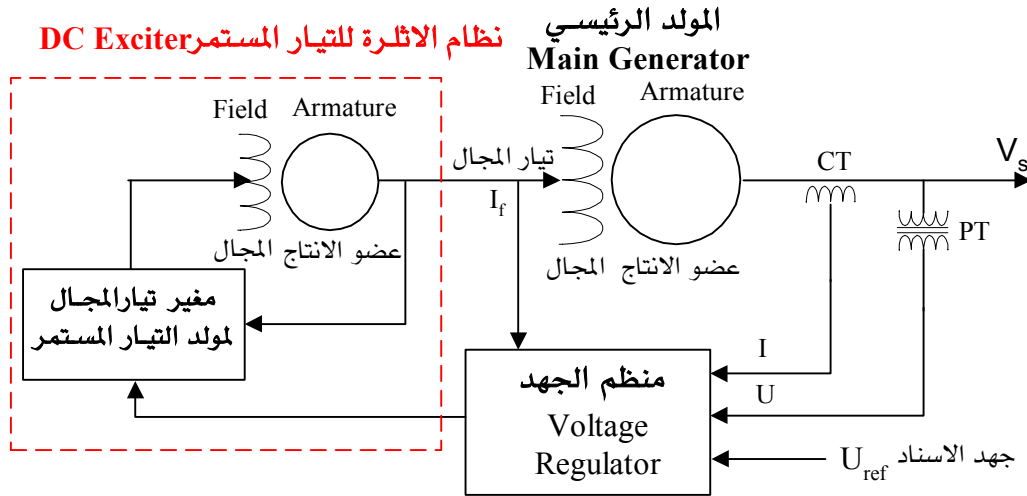
- (1) المنظم Regulator : يقارن تيار المجال المطلوب مع تيار الإثارة الموجود ويضخم إشارة التحكم لإعطائها القدرة الكافية على التحكم في المثير.
- (2) المثير Exciter : هو عبارة عن مصدر للتيار المستمر يغذي ملفات المجال للمولد التزامني و يسمى تيار المجال ، حيث يتحكم في كمية الفيض المغناطيسي الناتج وبالتالي في الجهد.
- (3) محول الطاقة Transducer : يعمل على تخفيض الجهد عند خرج المولد وتحويله إلى جهد مستمر ليتسنى مقارنته مع الإسناد (المرجع) الذي يمثل الجهد المطلوب إنتاجه وذلك عبر المنظم.
- (4) دوائر الوقاية Protective circuits : دورها يتمثل في حماية المولد ودوائر الإثارة بحيث يراعي القدرة القصوى لكل منهما ولا يتجاوزها.

(5) موازن الشبكة Power system Stabilizer: يعطي إشارات تحكم إضافية للمنظم لمضائة الهزات الحاصلة في الشبكة عند الحالات العابرة وتثبيت الجهد عند قيمة معينة.

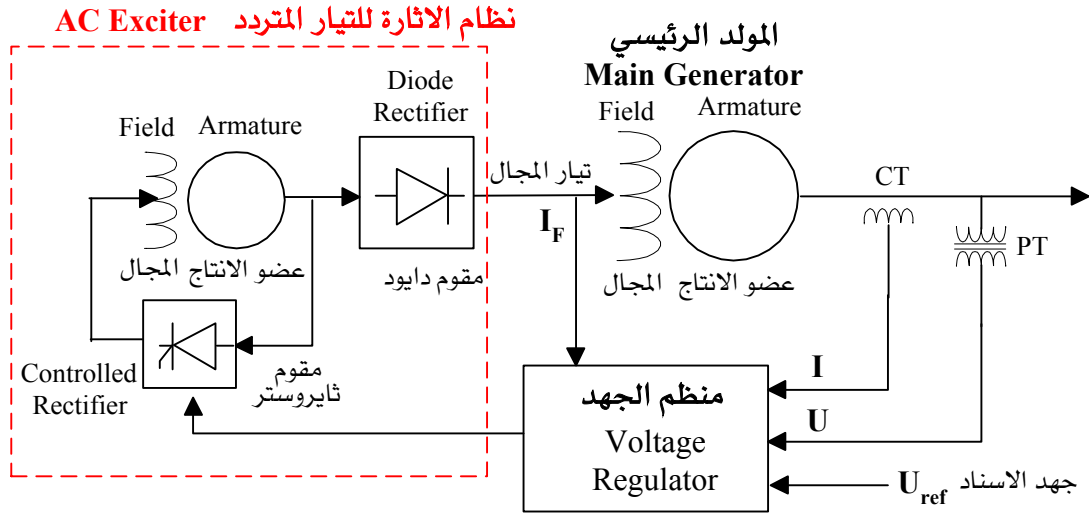
نظم الإثارة للمولدات التزامنية :

نظام الإثارة أو المستثير هو عبارة عن مصدر متغير للتيار المستمر يوفر للمولد تيار المجال ويمكن تصنيفه إلى ثلاث أنواع:

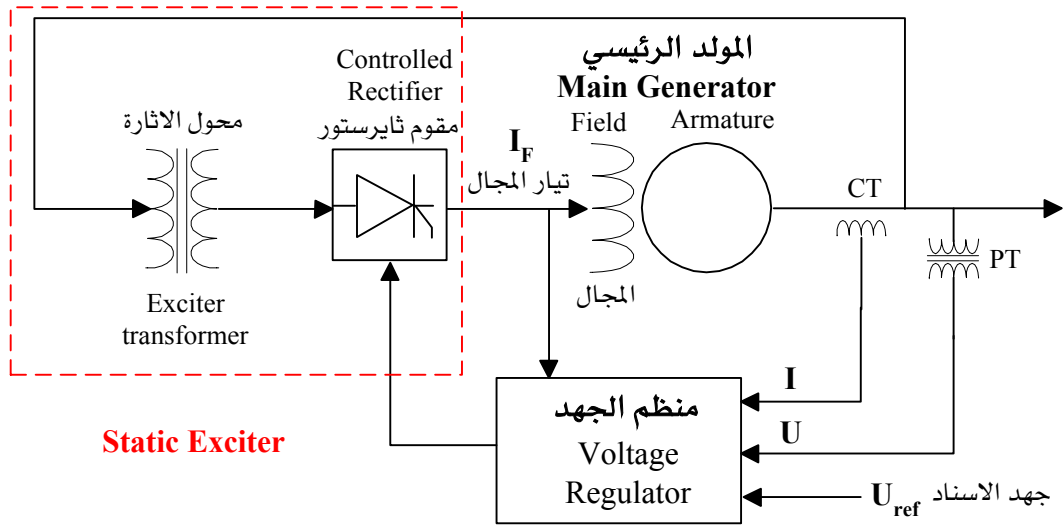
- نظام الإثارة للتيار المستمر DC Exciter (الشكل - (أ) - 2.10)
- نظام الإثارة للتيار المتردد AC Exciter (الشكل - (ب) - 2.10)
- نظام الإثارة الساكن Static Exciter (الشكل - (ج) - 2.10)



الشكل (أ) - 2.10: نظام الإثارة للتيار المستمر DC Exciter



الشكل (ب). 2.10. نظام الإثارة للتيار المتردد AC Exciter



الشكل (ج). 2.10. نظام الإثارة الساكن Static Exciter

اختيار موقع المحطة

- يتم اختيار موقع المحطات الحرارية بعد الأخذ في الاعتبار المعطيات الفنية والاقتصادية والبيئية. غالبا ما تشيد هذه المحطات في المواقع التي تتوفر فيها الشروط التالية:
- أ - توفر كميات وافرة من المياه الباردة لتبريد البخار داخل المكثف وتأمين دورة البخار لذا فإن أغلب المحطات الحرارية تنشأ على ضفاف الشواطئ والأنهار.
 - ب - توفر وسائل نقل منخفضة التكلفة لجلب الوقود إلى المحطة، مثل البواخر أو القطارات أو خطوط الأنابيب. ويستحسن أن تشيد هذه المحطات بالقرب من حقول النفط أو مناجم الفحم وذلك لخفض نقل الوقود وضمان استمراريته. ثم ترسل الطاقة الكهربائية المتولدة بعد رفعها عن طريق محولات القدرة إلى جهود مرتفعة عبر خطوط النقل الكهربائية لتغذي بقية المناطق.
 - ج - توفر مساحات شاسعة من الأراضي تلبي حاجة المحطة حسب الخطة الآنية والمستقبلية، بحيث تتسع لإنشاء مباني المحطة والمرافق التابعة لها وأن تسمح بتوسعها مستقبلا.
 - د - يكون الموقع بعيدا عن المدن لتجنب هذه المناطق التلوث الذي يصيب البيئة نتيجة الغازات المختلفة التي تنتج عن الاحتراق كظاهرة الانحباس الحراري.

المميزات والعيوب

- لمحطات البخار عدة مزايا أبرزها:
- قدرتها العالية مقارنة مع المحطات الحرارية الأخرى كالمحطات الغازية ومحطات الديزل .
 - إمكانية تشغيلها لفترات طويلة دون توقف
 - إمكانية إنشاءها قرب المستهلك في مكان تتوفر فيه المياه اللازمة ويسهل جلب الوقود إليه دون أي ارتباط بمصدر الطاقة.
 - إمكانية استخدام المحطة لأغراض أخرى كتحلية المياه.
- لهذه المحطات عيوب أيضا أبرزها:
- التأثيرات المباشرة وغير المباشرة على البيئة، وذلك لما تنتجه المحروقات من ثاني أكسيد الكربون CO_2 عند احتراقها وما يسببه هذا الغاز من انحباس حراري، إضافة إلى الغازات السامة الأخرى كثاني أكسيد الكبريت ($Sulfur dioxide SO_2$..) و أكاسيد النيتروس (Nitrous oxides NO_x).

محطات توربينات الغاز Gas-turbine plants

طريقة عمل المحطة

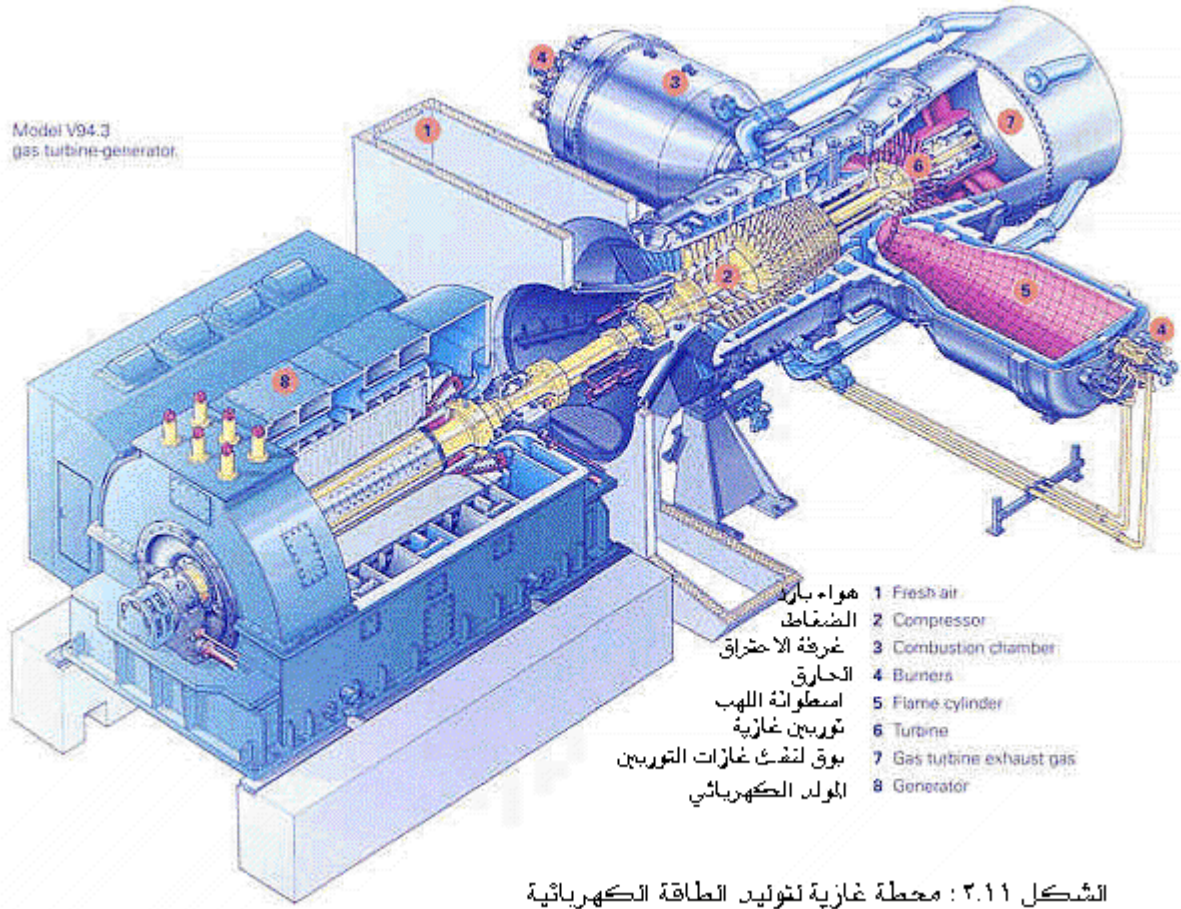
تعمل المحطة على توليد القدرة الكهربائية من الطاقة الحركية لتوربينة غازية تدفعها غازات الاحتراق المضغوطة. تتكون المحطة في أبسط صورها، كما يبينها الشكل (2.11)، من وحدة تغذية وقودية وضغط لهواء الاحتراق وغرفة احتراق نفثة، وتوربين غازية ومولد كهربائي متصل بعمود إدارة التوربين.

وحدة التوربين والضاغط :Turbine compressor unit

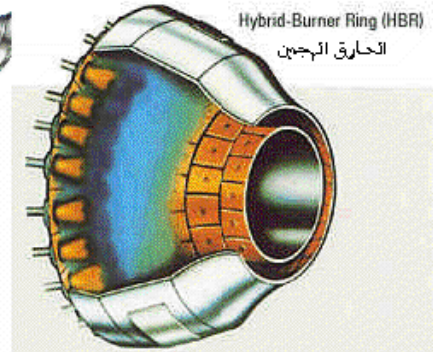
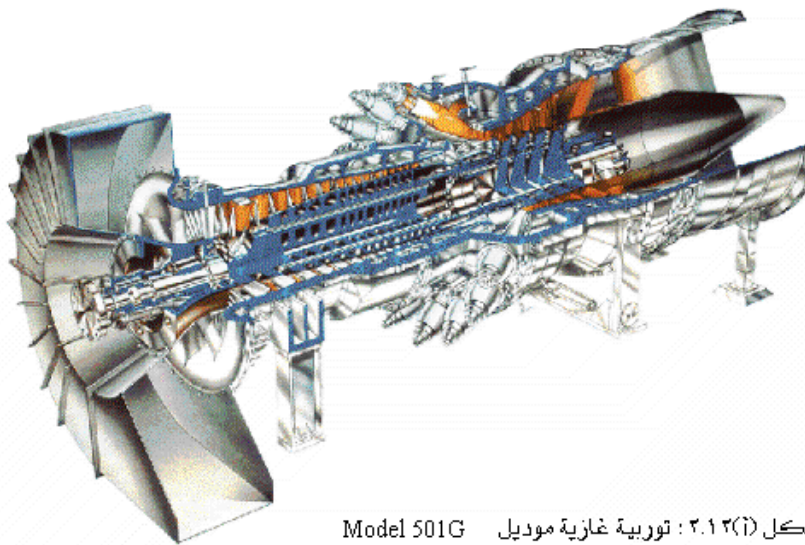
تشكل التوربينة و الضغوط وحدة مشتركة لتوليد القدرة الميكانيكية من الطاقة الحرارية للوقود. يستمد الضغوط طاقته الميكانيكية من دوران التوربين وذلك لوجود عمود إدارة مشترك بينهما، كما يغذيها في نفس الوقت بالهواء المضغوط اللازم لاحتراق الوقود أو نفث الغازات. يتم حرق الوقود داخل غرفة الاحتراق التي يختلف تصميمها حسب نوع الوقود المستخدم ومقدار الحمل الحراري ونوع جهاز الاحتراق أو طبيعة عملية الحرق التي تجري في داخلها (الشكل (أ).2.1).

الحارق :Burner

هو جهاز لتوليد اللهب، ويتكون من مسار خاص بالوقود و آخر خاص بالهواء أو المادة المؤكسدة. يتم التحكم في عملية الاحتراق عن طريق تنظيم ضخ الوقود داخل الحارق، حيث يتوقف مستوى اللهب والغازات المنبعثة على خلط الهواء بالوقود داخل غرفة الاحتراق. وفي جميع الأحوال يجب إمداد الحارق بالمعدل المناسب من الهواء أو المادة المؤكسدة ليضمن إشعال الوقود واستقرار اللهب. توجد تصميمات كثيرة للحارق تختلف باختلاف نوع الوقود المحترق وطبيعة تغيير الحمل ونظام التحكم المستخدم (الشكل (ب).2.12).



الشكل ٢.١١ : محطة غازية لتوليد الطاقة الكهربائية



الشكل (ب) ٢.١٣ الحارق الهجين الشكل (أ) ٢.١٣ : توربينة غازية موديل Model 501G

المولد الكهربائي Electrical generator :

تستخدم المولدات الكهربائية التزامنية في المحطات الغازية لتحويل القدرة الميكانيكية إلى قدرة كهربائية. يوصل المولد الكهربائي مع التوربين والضغط بنفس عمود الدوران ليدوران بنفس السرعة. تكون هذه السرعة ثابتة ولا تتغير مع تغير الأحمال و يؤمن ذلك نظام التحكم في السرعة الذي يعتمد على نظام ضخ الوقود داخل الحارق. ويعتبر تثبيت السرعة ضروريا لتثبيت تردد التيار الكهربائي حيث يتم تحديد السرعة مسبقا حسب قيمة التردد للجهد الخارج وعدد أقطاب المولد مثلما تم شرحه مسبقاً في المحطات الحرارية. أما بالنسبة للمولدات التزامنية المستخدمة في المحطات الغازية فلا تختلف عن تلك التي تستخدم في محطات البخار والتي سبق شرحها في الجزء الأول لذا يمكن الرجوع إليها لمزيد من المعلومات.

مميزات وعيوب المحطات الغازية

تمتاز محطات الغاز بسرعة تشغيلها ، حيث لا تتجاوز عملية التشغيل بعض دقائق مقارنة بمحطات البخار التي تحتاج إلى ساعات عديدة للبدء بالإنتاج. وتسمى هذه المحطات بمحطات البدء السريع أو محطات الدعم ، حيث تستخدم لدعم الشبكة الكهربائية في أوقات ذروة الأحمال ، فهي تعرف أيضا بمحطات تغطية أحمال الذروة.

من مميزات هذه المحطات تكلفتها الإنشائية المنخفضة وسرعة إنشائها مقارنة مع محطة بخار بنفس القدرة ، حيث لا تتجاوز الثلث في أغلب الحالات. يميز هذه المحطات أيضا الحيز القليل الذي تشغله بالمقارنة مع محطات البخار لذا يمكن إنشائها قرب مركز الحمل.

لهذه المحطات عيوب أيضا ، فهي ذات تكلفة تشغيل عالية مقارنة مع محطات البخار مما يجعل كفاءتها منخفضة جدا ولا تتجاوز 30%. كما يصعب تشغيل بعض المحطات التي تفتقد لنظام تبريد فعال لفترات طويلة بسبب الحرارة.

تسبب المحطات الغازية كنظيراتها من المحطات الحرارية أضرار جسيمة بالبيئة وذلك لما ينتجه الوقود من ثاني أكسيد الكربون CO_2 عند احتراقها وما يسببه هذا الغاز من انحباس حراري إضافة إلى الغازات السامة الأخرى كثاني أكسيد الكبريت (Sulfur dioxide SO_2 ..) و أكاسيد النيتروجين المختلفة (Nitrous) NO_x .

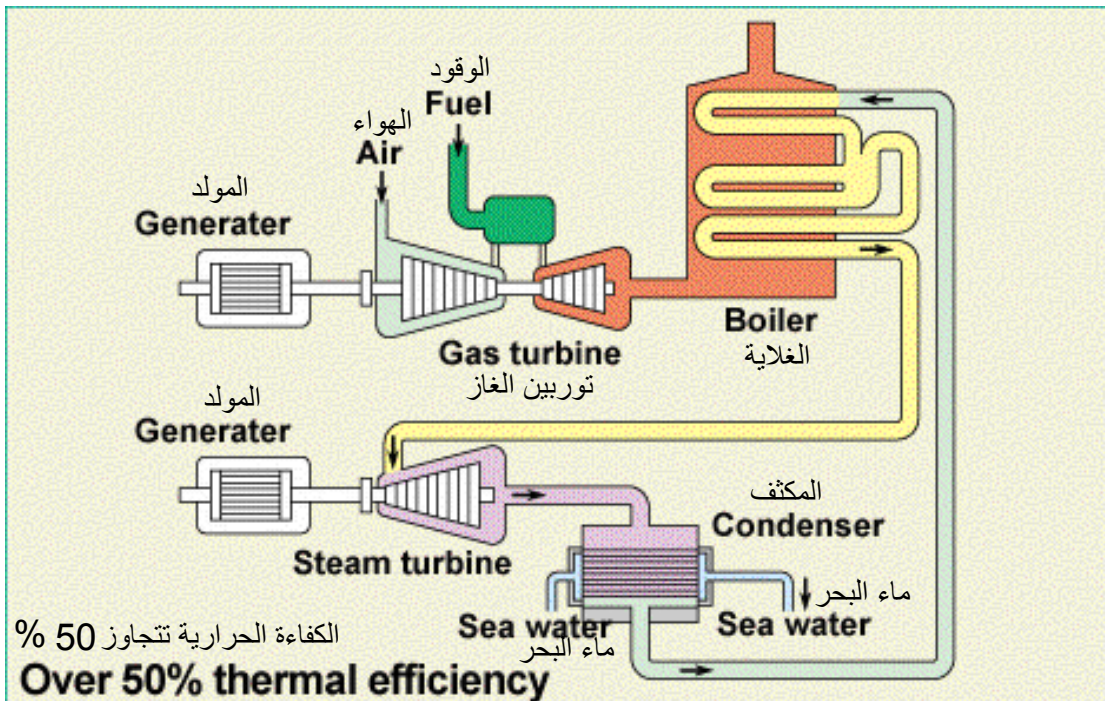
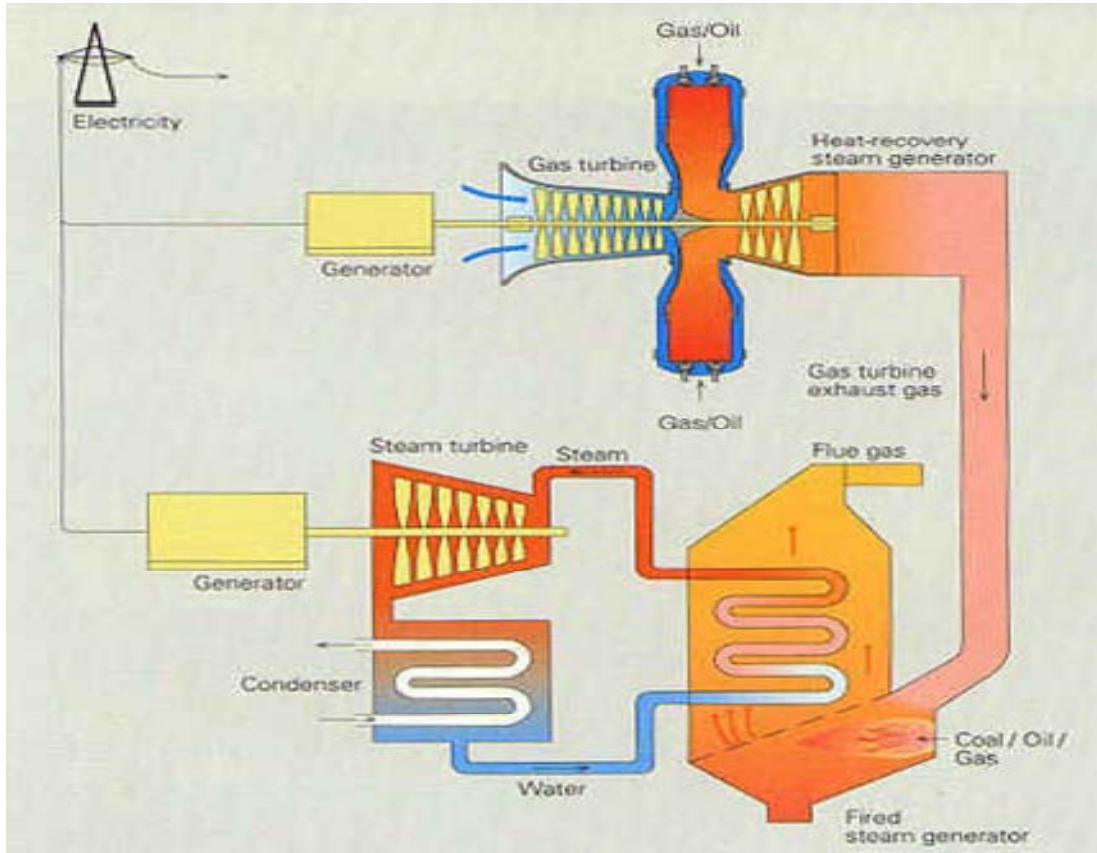
محطات الدورة المركبة بخار- الغاز Combined cycle steam-gas power plant

تضم هذه المحطات وحدات توليد أساسية بتوربينات غازية لإنتاج الطاقة الكهربائية، ويتم الاستفادة من غازات الاحتراق المهدرة لتسخين الماء في الغلاية وتوليد البخار الذي يستخدم بدوره لتشغيل وحدات توليد أخرى تدار بتوربينات البخار كما سبق توضيحه في محطات البخار. تعتبر هذه المحطات أئتلاف بين المحطات الغازية و محطات البخار حيث يتم الاستفادة من حرارة العادم لتوليد البخار مما يزيد في كفاءة المحطة لتتجاوز 50٪.

يتميز محطات الدورة المركبة عن المحطات الحرارية الأخرى كفاءتها العالية وتكلفة تشغيلها المنخفضة حيث تستهلك الوقود اللازم لوحدات التوليد الغازية فقط ويتم تجميع غازات التوربينات لتشغيل وحدات البخار. من أكبر محطات الدورة المركبة في المملكة محطة رابغ بالمنطقة الغربية حيث تحتوي على ثمانية وحدات توليد بالغاز تشغل كل أربعة منها وحدة توليد بالبخار لتنتج ما يقارب 1700MW.

من المميزات التي تجعل محطات الدورة المركبة أفضل محطات التوليد الحرارية الحديثة هي:

- كفاءتها العالية حيث تصل إلى 40٪ بتوربينات البخار لوحدها و 35٪ لتوربينات الغاز لوحدها وتتجاوز 50٪ للدورة المركبة.
- النسبة المنخفضة لثاني أكسيد الكربون المنبعث في الجو.
- النسبة المنخفضة لأكسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت المنبعثة في الجو.
- كمية التلوث الحراري للبحر أقل من نظيراتها.
- استهلاك كمية أقل من الوقود و المحافظة على الموارد الطبيعية.



الشكل (2.13) : محطة حرارية ذات دورة مؤتلفة غاز - بخار.

محطات الديزل Diesel power plants

طريقة عمل المحطة

تعتمد محطات الديزل على آلات الاحتراق الداخلي لتحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة حركية دوارة يحولها المولد بدوره إلى قدرة كهربائية. تتكون كل وحدة من محرك ميكانيكي يشغل حسب دورة الاحتراق الداخلي المعروفة بدورة الديزل ومولد كهربائي موصل بنفس العمود الأفقي (الشكل 2.14). تشغل هذه المحركات بوقود الديزل أو الزيت الثقيل مما يجعلها ذات قدرة عالية تصل إلى 10MW للوحدة وتحل مكان وحدة البخار في عديد من المجالات.

تشغل محطات الديزل عادة حيز أكبر من الذي تشغله نظيراتها من المحطات الحرارية بنفس المواصفات. كما تحتاج هذه المحطات إلى صيانة دورية مكثفة نظرا لكثرة أجزائها المتحركة ونظام تشغيلها المعقد (الشكل 2.15). يتم التحكم في سرعة المحرك عن طريق نظام ضخ الوقود الذي يؤمن السرعة الثابتة للمولد رغم تغير الحمولة.

مجالات استخدام محطات الديزل

أ - استخدام محطات الديزل كمحطة مركزية:
تستخدم محطات الديزل كمحطات مركزية عندما تكون سعة المشروع غير كبيرة حيث لا تتجاوز 10MW.

ب - استخدام محطات الديزل كمحطة احتياطية (محطة طوارئ):
تستخدم محطات الديزل لتغذية جزء من الحمل المطلوب في الشبكة الكهربائية وذلك لتعويض أي نقص في الطاقة ينتج عن خطأ أو زيادة فجائية في الحمل. فمن مميزات محطات الديزل إمكانية بدء عملها وإيقافها بسرعة.

ج - استخدام محطات الديزل كمحطات ذروة الحمل:
تستخدم محطات الديزل لدعم الشبكة الكهربائية في أوقات ذروة الحمل عندما تكون قاعدة الحمل مغذاة من محطات حرارية أو كهر ومائية. ويؤمن ذلك احتياجات الطاقة إضافة إلى تحسين معامل الحمل القاعدي وتقليل تكاليف إنتاج الكيلوات ساعة.



الشكل (2.14): محطة ديزل لتوليد القدرة الكهربائية

عناصر محطات الديزل

أ - نظام دخول الهواء والمرشحات:

يؤمن هذا النظام الهواء اللازم لأغراض الضغوط العالية في كل دورة بعد تنقيته عبر المرشحات لإزالة ما يعلق به من شوائب.

ب - نظام الوقود:

يضخ الوقود إلى الخزان بمضخات خاصة عبر الصفايات لعزل الشوائب، ثم يضخ من الخزان إلى الوحدة عبر الفلتر (المصفي) عن طريق مضخة الحقن إلى داخل غرفة الاحتراق.

ج - نظام العادم وكاتم الصوت:

يخرج العادم الناتج عن احتراق الوقود عبر أنبوب خاص يوضع في طرفه كاتم للصوت لخفض صوت المحرك. كما يمكن الاستفادة من حرارة العادم قبل طرده وذلك بإدخاله في مبادل حراري.

د - نظام التبريد :

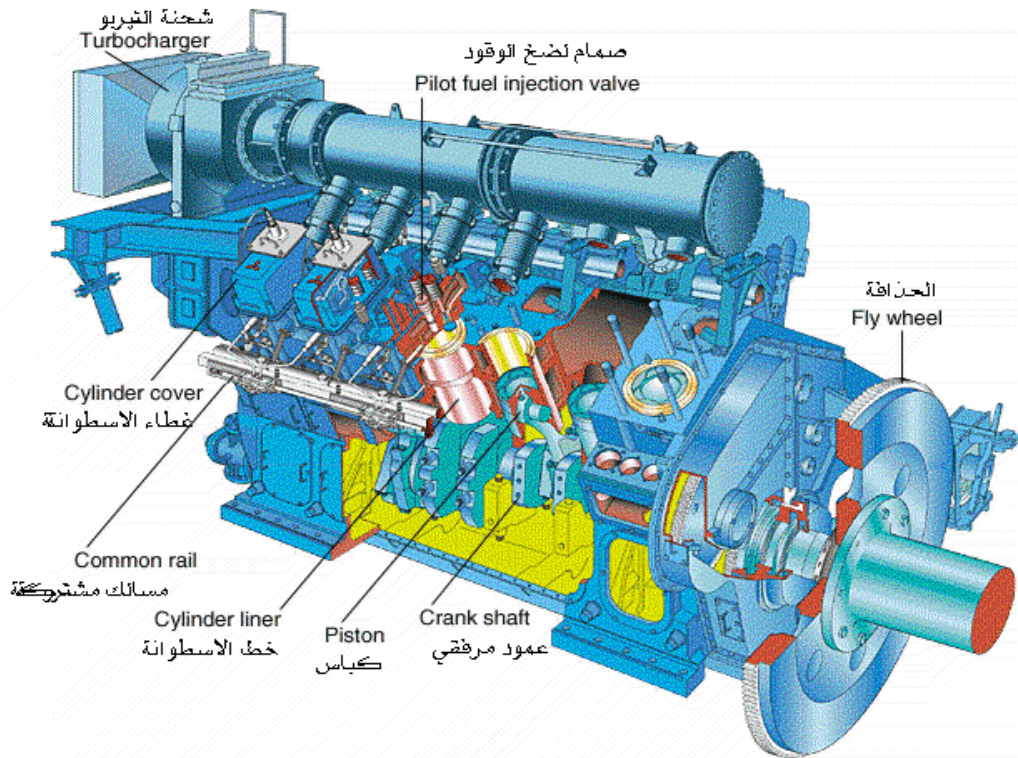
يتم استعمال المياه لتبريد محرك الديزل بعد ترشيحه ومعالجته كيميائياً لتجنب المشاكل التي يمكن أن تنشأ في دورة التبريد.

ح - دورة الزيت:

يتم سحب الزيت بواسطة مضخات عبر مرشحات لتنقيته، كما يتم تبريده إن لزم الأمر قبل إعادته إلى داخل الآلة. عند بداية التشغيل يتم تسخين الزيت لتقل لزوجته ويسهل ضخه.

خ - نظام بدء الحركة:

يشمل البطاريات و بادي الحركة (the Self) و مصدر الهواء المضغوط ودوائر التحكم، حيث توفر إمكانية بدء تشغيل محطات الطوارئ أوتوماتيكيا عند الحاجة.



الشكل ٢.١٥ : رسم مقطعي لمحرك الاحتراق الداخلي لمحطة الديزل

مميزات وعيوب محطات الديزل

تتميز محطات الديزل بسرعة التشغيل، حيث تستخدم كمحطات طوارئ أو لدعم محطات البخار والمحطات الكهرومائية. كما تتميز هذه المحطات بإمكانية نقلها من مكان إلى آخر، حيث تصنع وحدات ذات قدرة توليد عالية محمولة على عربات نقل. هذه الميزة الأخيرة تجعل من هذه المحطات الحل الأمثل لتوفير الطاقة الكهربائية في المناطق النائية والأرياف أو المناطق المعزولة.

من أهم مميزات محطات الديزل:

- سهولة التصميم والإنشاء.
- تعطي كفاءة مقبولة عند التحميل الجزئي على عكس المحطات الحرارية الأخرى.
- انخفاض تكلفة الإنشاء والأعمال المدنية.
- انخفاض كمية الماء المطلوبة للتبريد.
- تكفي مساحة أرض صغيرة من الأرض لإنشائها وذلك لعدم وجود أجهزة مساعدة كثيرة.
- نسبة الفقد أقل من المحطات الحرارية الأخرى.

كنظيراتها من المحطات الحرارية تنتج هذه المحطات كميات كبيرة من الغازات الملوثة مثل ثاني أكسيد الكربون وأكسيد النيتروجين وغيرها من الغازات السامة. كذلك بالنسبة للكفاءة الحرارية فهي لا تتجاوز 35٪ في أفضل الحالات.

ومن أهم عيوب محطات الديزل:

- تكلفة التشغيل العالية خاصة بعد زيادة أسعار الوقود بما فيه الديزل.
- تكلفة الصيانة والتشحيم عالية مقارنة بالمحطات الأخرى.
- تعمل جزئياً فقط ولفترة قصيرة مقارنة بالمحطات الأخرى.

تمارين

2.1- مولد كهربائي تزامني ثلاثي الطور له المواصفات التالية:

- القدرة (سعته الظاهرية) = 10MVA

- موصل على شكل نجمة Y

- عدد الأقطاب 2 وتردد الجهد المطلوب إنتاجه : $f=60\text{Hz}$

- الجهد المنتج (الخط إلى الخط) $U_s=13.8\text{ kV}$

- المفاعلة التزامنية لكل طور : $X_s=20\Omega$

أوجد جهد الإثارة E_f والقدرة الفعالة P_{out} والمفاعلة Q_{out} للمولد :

- إذا كان المولد يغذي حملاً حثياً بتيار $I_a=300\text{A}$ متأخر بزاوية 30° تحت جهد 13.8kV

- إذا كان المولد يغذي حملاً سعوياً بتيار $I_a=300\text{A}$ متقدم بزاوية 30° تحت جهد 13.8kV

2.2- مولد ثلاثي الطور ذو توصيلة على شكل نجمة Y وسعته الظاهرية (القدرة الظاهرية المقننة) تساوي

2000kVA وجهد الخارج 11kV و المفاعلة الحثية لكل طور هي $X_s=5\Omega$.

ويكون معامل القدرة له $P.F.=0.8$ (متأخر) Lag إذا أنتج هذا المولد تيار الحمل القصى عند الجهد

الاسمي $U=11\text{kV}$.

أوجد الجهد الخارج من المولد بنفس الإثارة ونفس تيار الحمل ولكن عندما يكون معامل القدرة

$P.F.=0.8$ متقدم Lead.