منظومة توليد الطاقة الكهربية

ان الناظر الى منظومة القوى الكهربية بشكل عام يجد انها عبارة عن شبكة من الأجهزة تتكامل مع بعضها بهدف توليد ونقل وتوزيع الطاقة الكهربية على المستهلكين. ويعتبر استقرار هذه المنظومة في غاية الاهمية للعمل على استمرار تغذية احمالها بالطاقة المطلوبة. وبالبحث في هذه المنظومة للحفاظ على استقرارها نجد ان تلك المنظومة تواجه كثيرا من التحديات التي تزداد تعقيدا بزيادة مكونات تلك الشبكة حيث مع هذه الزيادة يمكن ان تتعرض الشبكة لمزيد من الأعطال ويصبح نظام تشغيلها أكثر تعقيدا اذ ربما تكون المكونات التي تمت اضافتها مجموعة من محطات التوليد او مجموعة من خطوط النقل او اى شيء اخر. ولكن السؤال الملح مع هذه الإضافات او بدون تلك الإضافات كيف يمكن الحصول على نظام كهربى مستقر لضمان امداد الاحمال بالطاقة التي تتطلبها تلك الاحمال سواء كانت تلك الاحمال صناعية او تجارية او احمال خدمية. ولمعرفة ذلك فإننا ننظر الى مجموعة من العوامل التي تصنف على انها اكثر العوامل تأثيرا على منظومة الطاقة بشكل عام. تلك العوامل تتألف من القدرة الفعالة والقدرة الغير فعالة وزوايا الحمل الخاصة بالمولدات الكهربية حيث يمكن شرح هذه المتغيرات كما يلى: -

- بالنسبة للقدرة الفعالة يجب ان تتساوى القدرة الفعالة للأحمال مع القدرة الفعالة المولدة في منظومة القوى الكهربية وللحكم على ذلك يجب النظر الى التردد الخاص بالشبكة إذا ان التردد لشبكة القوى الكهربية لن يستقر الا إذا تحقق ذلك الشرط.
- اما بالنسبة للقدرة الغير فعالة فانه يجب ان تتساوى القدرة الغير فعالة للأحمال مع القدرة الغير فعالة للشبكة وعند حدوث ذلك الشرط فان الجهد الخاص بالشبكة سوف يستقر.
- اما بالنسبة لزاوية الحمل لكل مولد يجب ان تكون صغيرة قدر الإمكان أي أصغر بكثير من الزاوية التي يتحقق عندها اقصى قدرة ناتجة المولد وهى ٩٠ درجة أي يجب ان تقل كثيرا عن تلك الزاوية حتى نضمن الاستقرار في عملية انتاج الكهرباء وبالتالي استقرار الشبكة الكهربية.

وهذه العوامل مجتمعة تعنى ان الشبكة الكهربية مستقرة أي انها قادرة على استيعاب الهزات التي قد تحدث لها. كما تجدر الإشارة الى ان التحكم في الجهد والتردد على الترتيب يتم من خلال منظم الجهد ونظم التردد وعلى هذا فانه من خلال التحكم في تيار المجال يتم التحكم في القدرة الغير فعالة وبالتالي نتحكم بالجهد الكهربى اما للتحكم في التردد فان ذلك يتم من خلال التحكم في سرعة التربينات أيا كان نوعها من خلال جهاز منظم السرعة او ما يطلق عليه حاكم السرعة.

وبالنظر الى منظومة القوى الكهربية بوجه عام نجد انها تتألف من بعض المنظومات الأساسية ومجموعة أخرى من المنظومات الفرعية. وبالنظر الى المنظومات الأساسية المكونة للمنظومة الام الا وهى منظومة القوى الكهربية نجد انها تتألف من ثلاث اجزاء رئيسية وهى منظومة التوليد ومنظومة النقل ومنظومة التوزيع اما المنظومات الفرعية الأخرى فهى منظومة الحماية ومنظومة التحكم ومنظومة القياس ومنظومة الاتصالات ومنظومة التحكم الإشرافى وتحصيل البيانات وفى وفى هذا الفصل سوف نلقى نظرة عامة على منظومة التوليد ومحطات التحويل.

١-١منظومة التوليد (Generation system):

هى عبارة عن محطات يتم فيها انتاج الكهرباء وذلك بتحويل الطاقة الحركية الى طاقة كهربية باستخدام المولدات الكهربية حيث يتم توفير الطاقة الحركية لإدارة المحركات الأولية التي تستخدم لإدارة المولدات الكهربية لإنتاج الكهرباء. وتكون الوظيفة الرئيسية للمحركات الأولية هي تحويل احدى صور الطاقة الأولية المسلطة على المحرك الأولى الى طاقة حركية ويتم نقل تلك الطاقة الحركية الى المولد الكهربى الذى يقوم بإنتاج الطاقة الكهربية. وللمحرك الأولى عدة اشكال منها التربينات البخارية والتربينات الغازية والتربينات المائية. اما مصادر الطاقة الأولية فلها عدة امثلة نذكر منها الفحم والبترول والغاز الطبيعى. حيث يتم حرق اى من مصادر الطاقة الاولية لتوليد الطاقة الحرارية التي تستخدم على سبيل المثال لتحويل المياه من الحالة السائلة الى الحالة الغازية (بخار الماء) بضغط معين وعند درجة حرارة معينة وتسلط على المحرك الأولى فيبداء في الدوران مما يؤدى الى إدارة العضو الدوار للمولد الكهربى للحصول على الطاقة الكهربية. ولإنتاج الطاقة الكهربية فان ذلك لا يتم الا في وجود طاقة الحركة التي تم توفيرها ووجود مجال مغناطيسى قوى يتم توفيره بالعديد من الوسائل. وتجدر الإشارة الى ان الجهد الناتج من المولدات الكهربية لا يتجاوز ٢٥ كيلو فولت وذلك لاعتبارات فنية تتعلق بالعزل الكهربى للموصلات المستخدمة في تصنيع المولدات الكهربية. ويمكن تقسيم محطات التوليد الكهربى الى ثلاثة اقسام رئيسية هي محطات التوليد الحرارية ومحطات التوليد المائية ومحطات الطاقة المتجددة.

ان محطات التوليد الحرارية يندرج تحتها مجموعة من المحطات مثل المحطات البخارية ومحطات الاحتراق الداخلى (المحطات الغازية) والمحطات النووية.

اما محطات التوليد المائية فيندرج تحتها المحطات التي تستخدم طاقة الوضع الكامنة بالمياه مع وجود انحدارات شديدة الانخفاض في تحويل تلك الطاقة الى طاقة حركية لإدارة المحركات الأولية الخاصة بها كما في محطات المولدات المستخدمة في الأماكن التي تتوفر بها الشلالات وأماكن تكون الأنهار وعندما يكون منحدر المياه ليس بالعمق المطلوب فإننا نلجأ لإنشاء السدود لتعويض ذلك الانحدار وأيضا من المحطات التي تعتمد على الطاقة المائية لتوليد الطاقة الكهربية هي المحطات التي تستخدم فكرة المد والجزر.

اما بالنسبة لمحطات الطاقة المتجددة فيمكن حصرها في محطات الرياح ومحطات الطاقة الشمسية. وبالنظر الى محطات الرياح فنجد انها تلك المحطات التي تستخدم سرعة الرياح لإدارة دوارات الرياح للحصول على الطاقة الأولية لتوليد الكهرباء اما محطات الطاقة الشمسية فإنها تستخدم الالواح الشمسية للحصول على الطاقة عن طريق تحرير الالكترونات والفوتونات من سطحها.

وفى الأجزاء التالية من ذلك الفصل سوف نتعرض لكل نوع من أنواع المحطات السالفة الذكر الخاصة بتوليد الكهرباء من خلال القاء نظرة عامة عليها بدون إسهاب وبدون إخلال وانما سنقدم المختصر المفيد من وجهة نظر المؤلف.

١-٢ محطات توليد الكهرباء الحرارية:

كنا قد ذكرنا انفا ان المحطات الحرارية الخاصة بتوليد الكهرباء تنقسم الى محطات بخارية ومحطات احتراق داخلى ومحطات نووية. تلك المحطات تستخدم طاقة احتراق الوقود كمصدر أولى للحصول على طاقة الحركة التي تستخدم لإدارة المولد الكهربى وتوليد الطاقة الكهربية في وجود المجال المغناطيسى. ان هذه المحطات يراعى عند انشائها مجموعة من العوامل هي التي تتحكم في المكان الذى يختار لإنشاء تلك المحطات فيه ويمكن تلخيص تلك العوامل في النقاط التالية: -

١- القرب من مواقع انتاج الوقود الذى تستخدمه المحطة وتوفر وسائل النقل وتكلفة الوقود وتكلفة نقله.
٢- توافر مصادر المياه حيث تستخدم المياه كمصدر أساسى للتبريد بالمحطة حيث يحتاج المكثف الموجود في الدائرة الحرارية الى تبريد مناسب لذا تنشأ تلك المحطات بالقرب من الأنهار او البحار او المحيطات.
٣- نظرا للملوثات الناتجة من حرق الوقود تنشأ هذه المحطات بالأماكن الغير مأهولة بالسكان.
٤- طبيعة الأرض مهمة جدا عند اختيار موقع المحطة حيث ان المعدات المتواجدة بالمحطة تكون ثقيلة الوزن فعلى هذا الأساس يخشى من حدوث اى هبوط بالتربة المنشئة عليها المحطة فتختار وتختبر حتى يتم التأكد من تحملها لقوى الضغط الناشئة عليها نتيجة لهذه الاوزان.

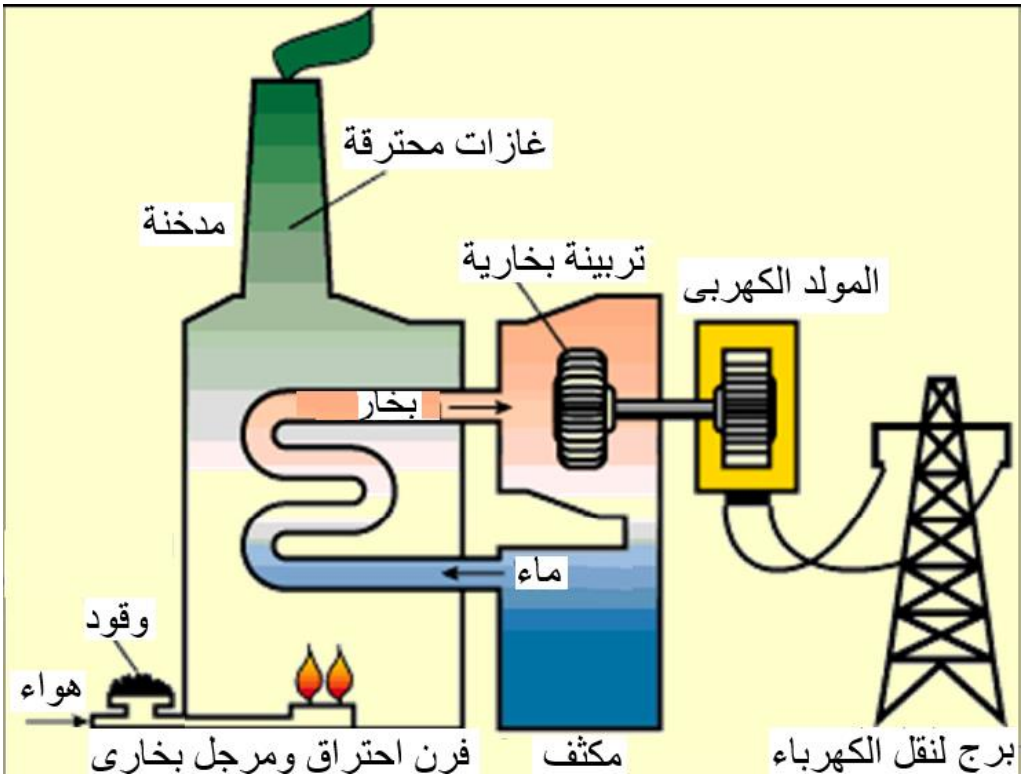
١-٢-١ المحطات البخارية:

ان السبب الرئيس لتسمية تلك المحطات بهذا الاسم اعتمادها على طاقة البخار لتوليد الطاقة الكهربية. حيث يتم حرق الوقود المستخدم مثل الفحم او الديزل او الزيت الثقيل عن طريق افران خاصة لتوليد حرارة تقوم بتبخير الماء وتحويله الى بخار بضغط معين ودرجة حرارة معينة وتوجيهه على ريش تربينة تعمل بالبخار لتدور وتكون مرتبطة ميكانيكا بالمولد الكهربى مما يؤدى الى دورانه وتوليد الطاقة الكهربية. ومن ذلك يمكن استنتاج مكونات المحطات البخارية المستخدمة في توليد البخار والحصول على الكهرباء. ويوضح الشكل ١-١مكونات محطة توليد الكهرباء البخارية. ويلاحظ من ذلك الشكل انه يتم تخزين الوقود المستخدم في خزانات خاصة حيث يتم نقل الوقود اليها اما باستخدام القطارات او الناقلات البحرية او عبر انابيب ويتم بعد ذلك معالجة الوقود بطرق خاصة لرفع كفائتة حيث يصفى ويسخن تسخينا جزئيا لفصل الشوائب. اما الأجزاء الأخرى من مكونات محطة توليد الكهرباء البخارية يمكن ملاحظتها من ذلك الشكل أيضا فهى افران حرق الوقود والمراجل البخارية والتربينات البخارية والمولدات الكهربية والمكثفات والمداخن والآلات والدوائر المساعدة.

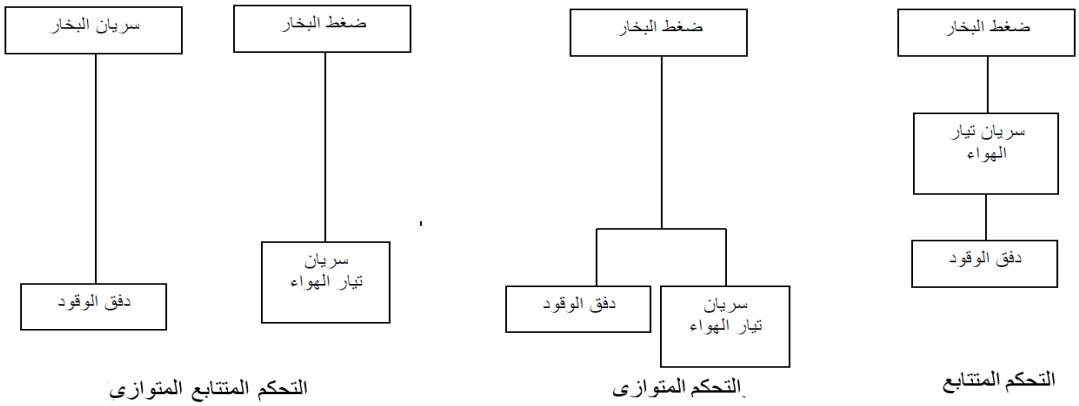
لمعرفة كيف يعمل ذلك النوع من المحطات المستخدم في توليد الكهرباء فعلينا ان نتتبع التالى: -

١- يتم حرق الوقود في افران خاصة وحتى تصبح عملية الاحتراق كاملة من اجل تقليل الغازات السامة مثل غاز اول أكسيد الكربون فان الحرق يتم في وجود كمية وفيرة من الهواء تكون كافية لتحويل غاز اول أكسيد الكربون السام الى غاز ثانى أكسيد الكربون الغير سام. ولتقليل أثر تلك العوادم الناتجة من عملية حرق الوقود فان تلك العوادم تمر على مرشحات كهرومغناطيسية تعمل على جذب جزيئات العوادم السامة وبذلك نكون قد تخلصنا من أجزاء كبيرة منها قبل طردها للهواء الخارجى. وتجدر الإشارة الى ان عملية الحرق الكامل للوقود تنتج عنها مخلفات

صلبة ومخلفات غازية اما المخلفات الصلبة فتنحصر في الرماد والجسيمات الصلبة الناتجة عن عملية الحرق والتي يتم التخلص منها عن طريق العديد من الأساليب لعل أشهرها الفلاتر والمرسبات الكهروستاتيكية. اما المخلفات الغازية فيمكن حصرها في غازات ثانى أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكبريت واكاسيد النيتروجين وبعض الغازات العضوية وبخار الماء. ولتقليل تلك الانبعاثات الضارة بالبيئة الناتجة عن حرق الوقود فانه يتم التحكم في عملية الحرق باستخدام العديد من الطرق منها التحكم المتتابع والتحكم المتوازى والتحكم المتتابع المتوازى. وتجدر الإشارة الى ان طريقة التحكم المتتابع والمتوازى يكون الحكم الاساسى فيها هو ضغط البخار اما طريقة التحكم المتتابع المتوازى او اما تسمى بطريقة تحكم الموضع فإنها تخضع لمتغيرين رئيسين هما ضغط البخار ومعدل سريان البخار ويمكن رؤية ذلك في الشكل ١-٢. ففي التحكم المتتابع يتم التحكم في عملية الحرق عن طريق التحكم في كمية الهواء المسلط لحرق الوقود وبالتالي التحكم في كمية الوقود المراد ضخها اما التحكم المتوازى فانه يتم ضبط كلا من كمية الوقود وكمية الهواء اللازمة للاحتراق في نفس الوقت وفى النظام المتتابع المتوازى فان ضغط البخار هو الحكم في سريان تيار الهواء اما معدل سريان البخار فهو المتحكم في معدل ضخ الوقود.



شكل ١-١ المحطة البخارية المستخدمة في توليد الكهرباء



شكل ١-٢ طرق التحكم في حرق الوقود

وتجدر الإشارة الى انه توجد ثلاثة أنظمة رئيسية للتحكم الأوتوماتيكي في عملية الاحتراق هذه الأنظمة هي انظمة التشغيل والايقاف وأنظمة تحديد الموضع وأنظمة المعايرة. ويمكن تسليط الضوء على تلك الأنظمة كالتالى

أولا أنظمة التشغيل والايقاف: وتعتمد هذه الطريقة على مقدار ضغط البخار حيث تعتمد هذه الطريقة على ضبط كمية الوقود بناء على قيمتين لضغط البخار احداهما تسمى القيمة العظمى والأخرى تسمى بالقيمة الصغرى حيث عند وصول ضغط البخار الى القيمة العظمى يتم إيقاف ضخ الوقود والهواء وعندما تنخفض قيمة الضغط الى القيمة الأدنى فانه يبدا ضخ الوقود مرة اخرى.

ثانيا أنظمة تحديد الموضع: وتعتمد هذه الطريقة على اتصال منظومة دفع الوقود ومنظومة دفع الهواء. فاذا كان دفع الوقود يأخذ وضعية معينة فان نظام دفع الهواء سوف يظل بنفس الكيفية ولن يتغير اما إذا حدث تغيرا في ضغط البخار فان ذلك سوف يؤدى الى تغير دفع الوقود طبقا لضغط البخار مما يؤدى الى تغير وضع تدفق الهواء أيضا عن طريق تحريك محركات دفع الهواء ويتم الربط بين هذه العمليات غالبا باستخدام كأمات ميكانيكية.

ثالثا أنظمة المعايرة: يعتبر ذلك النظام من أفضل الأنظمة لضبط عملية الاحتراق حيث انه يعمل على نظام مغلق. ففي ذلك النظام عند تغير الضغط عن الحد المقنن تعمل الإشارة الصادرة على مقارنة القيمة المرجعية بالوقود والقيمة الحقيقية بجانب مقارنة القيمة الدافعية للوقود بالقيمة المرجعية لتعيد الوقود ومعدل سريان الهواء حتى ضبط والبخار وضغطه بالغلاية للحصول على أفضل ضغط بأفضل عملية احتراق.

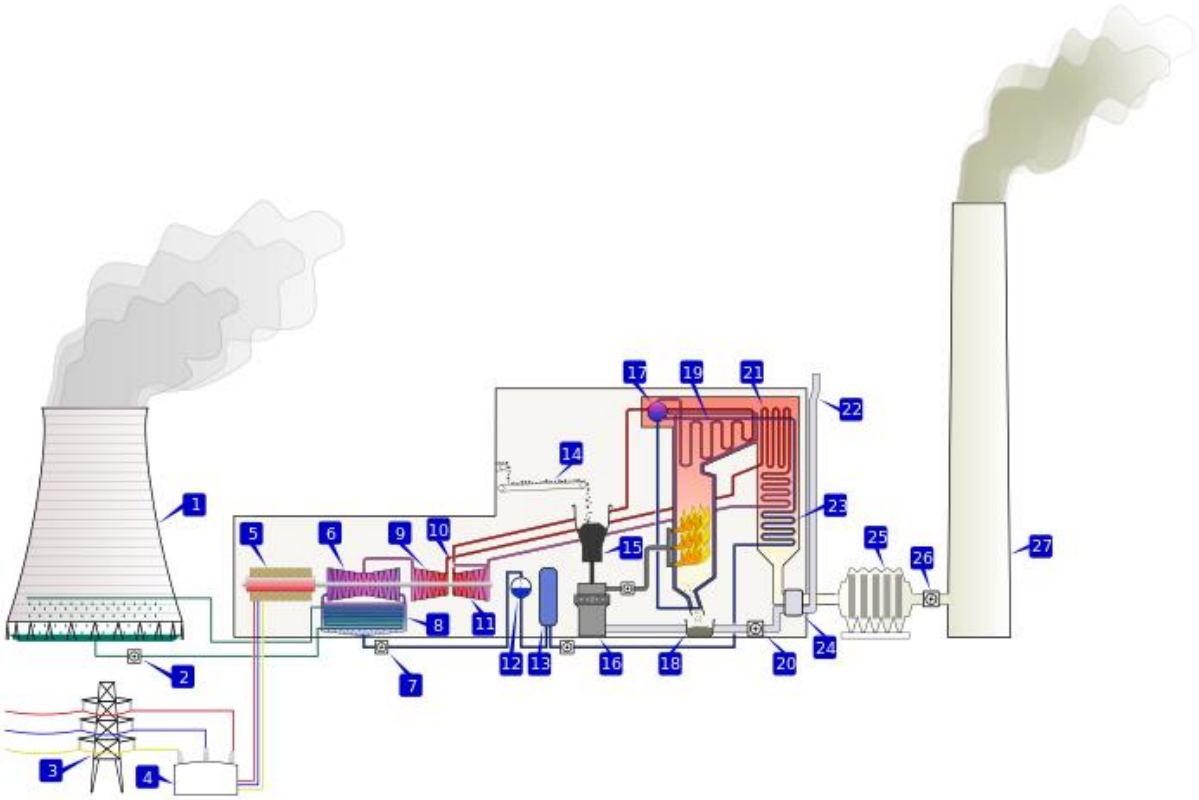
٢- يتم تسليط الحرارة الناتجة من حرق الوقود على المراجل البخارية المحتوية على الماء ليتم تبخير الماء المتواجد داخلها وتحويلها الى بخار محمص بدرجة حرارة معينة وبضغط معين ولكن يجب العلم انه المياه الداخلة الى الغلاية يجب ان يتم معالجتها أولا للتخلص من اى اضرار قد تؤدى حدوث مشاكل اثناء التبخير حيث يتم إزالة المواد الصلبة والغازات المذابة في الماء وتصفية المياه من العلائق المتواجدة بها حيث من الممكن تسبب هذه المواد الغير مرغوب فيها بعض المشاكل مثل تكون قشور في الغلاية والاجزاء الملحقة بها التخلص من الاكسجين الذائب في الماء الذى يكون له اغلب الأثر على العمر الافتراضى للغلاية حيث من الممكن ان يسبب تأكلها او تأكل المواسير الملحقة بها. وفى اغلب المحطات للاستفادة من الطاقة الحرارية الناتجة من حرق الوقود يكون فرن حرق الوقود والمرجل البخارى في حيز واحد. وللمراجل البخارية العديد الأنواع ويتعين كل نوع بمعرفة حجم المحطة البخارية وكمية البخار المولدة في الثانية الواحدة. علما بان الغلاية تحتوى على العديد من أجهزة القياس الت تضمن التشغيل السليم والامن للغلاية. ويتضمن ذلك التساوى ما بين المدخلات الحرارية للغلاية والمخرجات الحرارية للغلاية وتنظيم النسبة ما بين كمية الوقود المتدفقة وكمية الهواء لضمان الاحتراق الكامل. التحكم في درجة حرارة الافران بالإضافة الى التحكم في درجة حرارة الغلاية. كما انه لضمان استقرار الضغط عند الحدود المسموح بها للغلاية طبقا للتصميم الخاص بها فانه يتم تركيب صمامات لتنفيس اى ضغط زائد حتى لا يحدث اى انفجار بالغلاية.

٣- يتم تسليط البخار الناتج على التربينة البخارية المصممة بطريقة انسيابية بحيث تتحرك بسهولة عند تسليط البخار عليها. وأشهر أنواع التربينات البخارية هي التربينة الافقية. ويمكن رؤية التربينة البخارية الافقية بالشكل ١-٣. وتتصل التربينة بالمولد الكهربى عن طريق عمود يسمى بعمود الادارة الامر الذى يجعل المولد الكهربى يدور بنفس سرعة التربينة ويكون مقدار العزم المسلط عليه هو نفس العزم الناتج من التربينة البخارية. وغالبا ما تتكون التربينة من ثلاث وحدات رئيسية حتى تعمل بكفائه تحت الضغوط المختلفة وتكون وحدات التربينة الثلاثية احداها مصممة للعمل تحت تأثير الضغط العالى للبخار اما الوحدة الثانية فهى مصممة للعمل تحت تأثير الضغط المتوسط والوحدة الأخيرة مصممة للعمل تحت تأثير الضغط المنخفض. كما تجدر الإشارة الى انه يمكن التحكم في سرعة التربينة البخارية عن طريق التحكم في كمية البخار المسلط عليها عن طريق صمام يعمل بنظام ميكانيكى هيدروليكى.

٤- بعد ان يمر البخار من التربينة يتوجه الى المكثف الذى يحتوى على كميات كبيرة من المياه الباردة حيث يتم تكثيف البخار الى مياه (الصورة السائلة) مرة أخرى للمحافظة على تامين دورة المياه المستخدمة للتحويل لبخار وترتفع درجة حرارة المياه الخاصة بالمكثف نتيجة للتبادل الحرارى ما بين البخار وهذه المياه وغالبا ما يتم ارجاع هذه المياه الساخنة للمصدر الذى سحبت منه مرة أخرى حيث اذا كان البحر او المحيط هو مصدر مياه المكثف وكانت هذه الدولة التي بها هذه المحطات البخارية لا تطل على نهر فان ذلك يعتبر هدر لهذه المياه اذا من الممكن استخدامها للحصول على مياه عذبة والاستفادة منها ولا يتم ارجاعها للبحر او المحيط مرة اخرى. ويجب معالجة المياه الداخلة للمكثف حتى لا تترسب الشوائب في المكثف وتؤدى الى تلفه بعد فترة.

شكل ١-٣ التربينة البخارية ذات المحور الأفقى

كما تجدر الإشارة الى ان المداخن المستخدمة في المحطة البخارية تبنى من الطوب الحرارى وتكون على ارتفاعات شاهقة حتى يتم طرد الهواء الملوث لارتفاعات كبيرة لتقليل تأثير الغازات المحملة مع ذلك على العامل البشرى. والشكل ١-٤ يبين تفاصيل محطة بخارية يتم استخدام الفحم فيها كعنصر أولى للاحتراق لتوليد الطاقة الحرارية اللازمة للمحطة.



شكل ١-٤ محطة بخارية تستخدم الفحم كمصدر للاحتراق

والتالى يوضح مسميات مكونات تلك المحطة الموضحة بالرسم

١. برج تبريد
٢. طلمبة ماء التبريد
٣. خط نقل الكهرباء (ثلاثي الأوجه)
٤. محول كهربائي (ثلاثي الأوجه)
٥. مولد كهربائي (ثلاثي الأوجه)
٦ . توربين بخاري منخفض الضغط
٧. طلمبة الماء المكثف
٨. مكثف سطحي
٩. توربين بخاري متوسط الضغط
١٠. صمام تحكم بخاري
١١. توربين بخاري عالي الضغط
١٢. نازع للهواء
١٣. سخان تغذية المياه
١٤. ناقل الفحم
١٥. مستودع الفحم
١٦. محمصة الفحم
١٧. أسطوانة بخار الغلاية
١٨. مستودع رماد القاع
١٩. سخان عالي
٢٠. مروحة سحب من المرجل
٢١. اعادة تسخين
٢٢. مدخل الهواء للاحتراق
٢٣. موفر الطاقة
٢٤. سخان مسبق للهواء
٢٥. مرسب
٢٦. مروحة سحب الدخان
٢٧. مدخنة الغاز

١-٢-٢ مميزات وعيوب المحطات البخارية:

بالنظر الى المحطة البخارية نجد انها تمتاز بالتالى

١- تعتبر المحطات البخارية محطات ثنائية الإنتاج حيث انها تنتج الكهرباء كما انها تعمل على تحلية المياه لذلك تصنع قريبة من البحار والمحيطات في الدول التي لا يوجد بها لإمكانية انتاج مياه عذبة صالحة الاستخدام لأنشطة العنصر البشرى.
٢- تعتبر منخفضة التكلفة مقارنة بحجم الطاقة المنتجة منها.
٣- الحصول على كمية كبيرة من الطاقة مقارنة بحجم الوقود المستخدم.
٤- الطاقة الناتجة منها كبيرة مقارنة بالطاقة الناتجة من المحطات الحرارية الاخرى.
٥- رخص تكاليف الوقود الذى يستخدم للحصول على طاقة لتحريك المحرك الأولى للمحطة.
٦- تكاليف الصيانة لها ولمنظومة التوليد المجاورة لها ليست باهظة.
٧- تكلفة الانشاء الأولية لها منخفضة.
٨- يمكن تشغيلها لفترات طويلة

بالرغم من المميزات العديدة لتلك المحطات الا انها بها بعض العيوب مثل

١- انخفاض كفاءتها.
٢- تحتاج لوقت طويل لإعادة تشغيلها اذا خرجت من الخدمة.
٣- تحتاج لكميات كبيرة من مياه التبريد.
٤- مرتفعة التلوث البيئى.

١-٣ محطات التوليد الغازية:

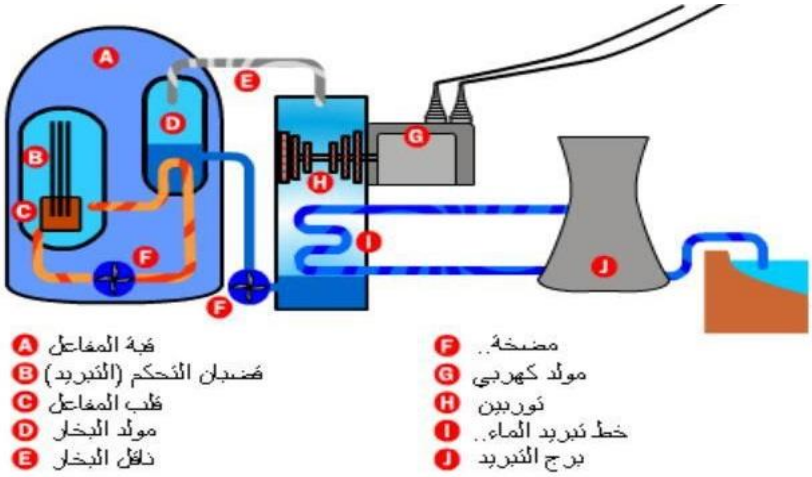
وهى المحطات التي تستخدم المخلفات الناتجة عن حرق الغاز الطبيعى (العوادم والغازات المتولدة نتيجة عملية الحرق) لإدارة التربينة الغازية حيث تكون تلك المخلفات هي مصادر الطاقة الأولية بما تملكه من حرارة مرتفعة وضغط مرتفع والتربينة الغازية هي المحرك الأولى الذى قام بتحويل مصادر الطاقة الأولية الى طاقة حركية مما يؤدى الى إدارة المولد الكهربى وتوليد الطاقة الكهربية. والشكل ١-٢ يلقى نظرة عامة على محطة التوليد الغازية.

شكل ١-٢ نظرة عامة على محطة التوليد الغازية

٩- **محطات الديزل للتوليد:** وهى محطات تعتمد على استخدام الات الاحتراق الداخلى لتحويل الطاقة الحركية الى طاقة كهربية والشكل ١-٣ يمثل نظرة عامة على محطات توليد الكهرباء باستخدام الديزل.

١٠- **المحطات النووية للتوليد:** وهى المحطات التي تستخدم الانشطار النووى لتوليد الطاقة الأولية لتسخين المياه وتحويلها الى بخار محمص ذو ضغط معين ودرجة حرارة معينة يتم تسليطها على المحرك الأولى وهو التربينة البخارية مما يؤدى الى دورانها ودوران المولد الكهربى بالتبعية محولا طاقة الدوران الى طاقة كهربية. والشكل ١-٤ يبين المكونات الرئيسية للمحطة النووية لتوليد الكهرباء.

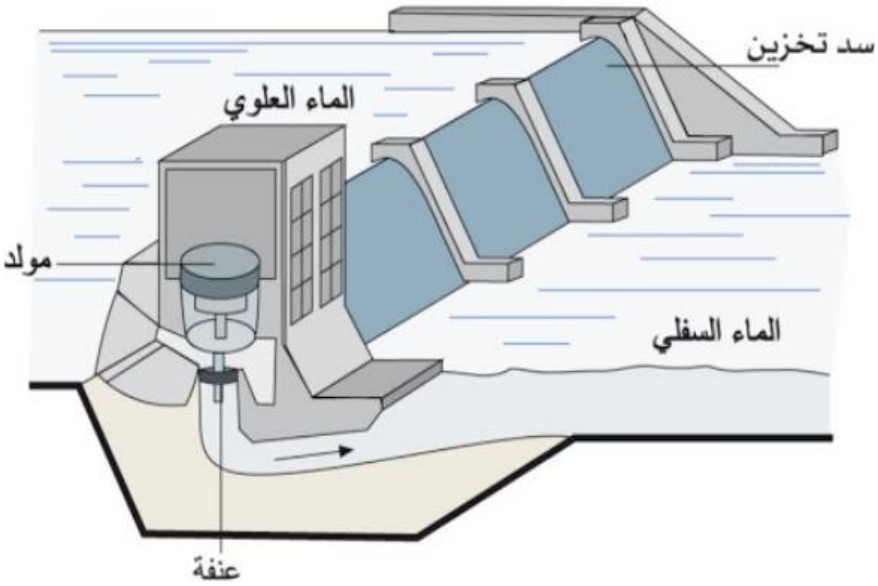
شكل ١-٣ نظرة عامة على محطة ديزل لتوليد الكهرباء



شكل ١-٤ المكونات الرئيسية لمحطة التوليد النووية

- وبالنظر الى محطات التوليد المائية نجد انه يمكن تقسيمها الى عدة أنواع تختلف مسمياتها اعتمادا على نوعية الحركة المستخدمة في توليد الطاقة الحركية التي سوف تتحول الى طاقة كهربية ونذكر منها

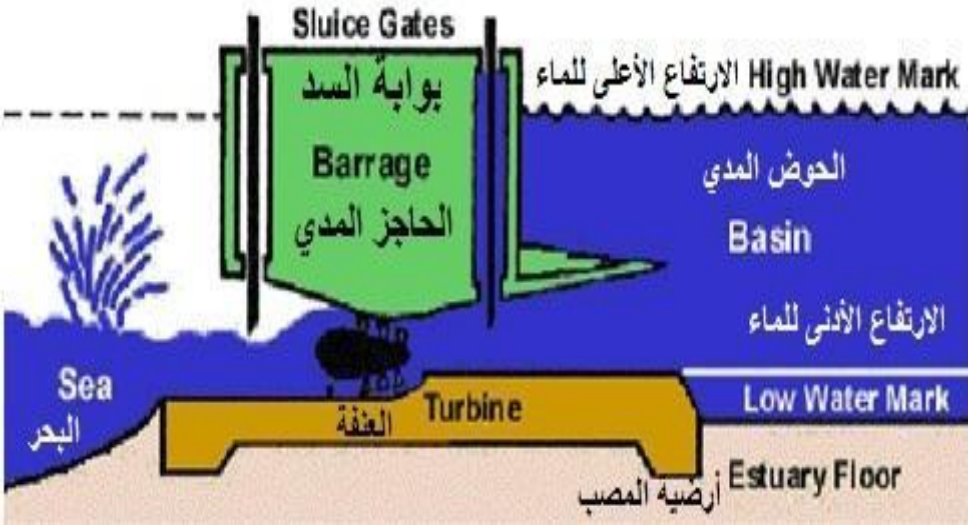
١- **محطات التوليد المائية (السدود والشلالات):** تسمى تلك المحطات بالمحطات المائية نظرا لاستغلال طاقة المياه لتوليد الكهرباء. يتم انشاء هذه المحطات في الأماكن المرتفعة التي تتوافر بها المياه التي تنشا عن مجارى الأنهار او أماكن هطول الامطار او أماكن المساقط المياه اما إذا كانت مجارى المياه ذات انحدار خفيف فانه يتم انشاء سدود لحل مشكلة الانحدار الخفيف للمياه واكساب المياه طاقة وضع كبيرة يستفاد منها في توليد الكهرباء. وتعتمد فكرة التوليد لهذه المحطات على تحويل الطاقة الكامنة للمياه نتيجة سقوطها من أماكن مرتفعة الى طاقة حركية تستخدم في إدارة توربينات مائية (عنفه) التي تكون مرتبطة بالعضو الدوار لمولد كهربى مما يؤدى الى دورانه وتوليد الطاقة الكهربية. من الأمثلة الشهيرة لتوليد الكهرباء بهذه الطريقة توليد الكهرباء بشلالات نياجرا المتواجدة ما بين الولايات المتحدة الامريكية وكندا ومن امثلة توليد الكهرباء باستخدام السدود انشاء السد العالى بمصر لتوليد الكهرباء. والشكل ١-٥ يوضح مثال لتلك المحطات التي يتم بها توليد الكهرباء.



شكل ١-٥ شكل عام لمحطة توليد مائية

٢- **محطات التوليد من للمد والجزر:** من المعروف انه عندما يقترب القمر من مكان معين على الأرض وهذا المكان عبارة عن مسطح مائى فان مستوى الماء يرتفع وعندما يبتعد القمر فان مستوى الماء ينخفض وعلى ذلك عند وضع

تربينة في اتجاه حركة الماء فإنها تتحرك في اتجاه معين مما يؤدى الى تولد الكهرباء والعكس عند انحسار الماء فان التربينة تدور في الاتجاه الاخر مما يؤدى أيضا الى تولد تيار كهربى والشكل ١-٦ يبين الشكل العام لإحدى محطات التوليد باستخدام المد والجزر.



شكل ١-٦ نظرة عامة على محطات التوليد باستخدام المد والجزر

- اما محطات الطاقة المتجددة فمن امثلتها محطات الرياح ومحطات الطاقة الشمسية

١- **محطات الرياح لتوليد الكهرباء:** تستخدم تربينات الرياح لتوليد الكهرباء. لإنتاج الكهرباء من الرياح لابد ان لا تقل سرعة الرياح عن خمسة أمتار في الثانية. عند تعرض تربينة الرياح او دوارة الرياح لهذه الرياح فإنها تدور وتعمل على إدارة العضو الدوار للمولد الكهربى وتوليد الكهرباء والشكل ١-٧ يبين نموذج لدوارة رياح تستخدم لإنتاج الكهرباء.

شكل ١-٧ نموذج لمحطة رياح لإنتاج الكهرباء

٢- **محطات الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء:** في هذه المحطات يتم استخدام الألواح الشمسية لتوليد الكهرباء. تتكون هذه الألواح من العديد من الخلايا الشمسية، تصنع هذه الخلايا من أشباه الموصلات مثل السليكون، وتصمم من طبقتين طبقة موجبة وطبقة سالبة والتي تكون ما يعرف بالمجال الكهربائي. عند تركيب الألواح الشمسية وسقوط أشعة الشمس على هذه الألواح يتم تحويل ضوء الشمس إلى تيار مستمر، ثم يتدفق التيار إلى العاكس الموصل بالدائرة الكهربية الذي بدوره يحوّل الكهرباء من التيار المستمر إلى التيار المتردد، بعد ذلك يمكن استخدام الكهرباء في اى مكان على حسب الحاجة مثل المنازل والمصانع والمتاجر. والشكل ١-٨ يبين مزرعة مصنعة من الخلايا الشمسية لتوليد الكهرباء.

شكل ١-٨ مزرعة مصنعة من الخلايا الشمسية لتوليد الكهرباء

المولد الكهربى: نظرا لأهمية المولد حيث انه هو الذى يقوم بتحويل الطاقة الحركية الى طاقة كهربية التي تعتبر عصب الحياة الحديثة فإننا سوف نتحدث عنه في هذا الجزء في عجالة. سنتحدث هنا المولد التزامنى نظرا لأنه الأكثر انتشارا في محطات التوليد وقد أطلق عليه هذا الاسم نظرا للتزامن ما بين سرعة المجال لهذا المولد وسرعة العضو الدوار الخاص به. وبالنظر الى التركيب الداخلى لهذا المولد نجد انه يتكون من جزئين رئيسيين هما العضو الثابت والعضو الدائر ويحمل احد هذين العضوين ملفات الإنتاج (ملفات انتاج الكهرباء) وغالبا ما يكون العضو الثابت اما الاخر فيحمل ملفات المجال والسبب في وضع ملفات انتاج الكهرباء بالعضو الثابت يرجع لمجموعة من الأسباب الفنية نذكر منها

١- تقليل عدد حلقات الانزلاق والفرش الكربونية الى اقل عدد ممكن نظرا لكثرة تأكلها مما يستلزم صيانتها وتغيرها مما يزيد من تكلفة الصيانة.
٢- يفضل سحب التيار الكهربى من جسم ثابت عكس سحبها من جسم متحرك نظرا لاستخدام فرش وحلقات انزلاق.
٣- سهولة عملية تبريد الملفات عندما تكون تلك الملفات في وضع الثبات.
٤- تلافى المشاكل التي قد تحدث للملفات عندما يتم تركيبها على أجزاء متحركة حيث تخضع لقوى الطرد المركزية مع زيادة سرعة الدوران للعضو الدوار وزيادة وزنها مما يشكل خطرا على ثبات الملفات في اماكنها.

وبالنظر الى العضو الثابت في المولدات التزامنية نجد انه يتركب من شرائح متراصة من الحديد المغناطيسى متراصة مع بعضها ومعزولا بينها بعازل كهربى حيث تأخذ الشكل الاسطواني ويكون محفورا في المحيط الداخلى لها مجموعة من المجارى يتم تركيب ملفات التوليد داخلها مما يسمح بتبريد العضو الثابت بما يحتويه حيث من اهم الأسباب التي تؤدى لسخونة القلب الحديدى للعضو الثابت وملفاته التيارات الدوامية المولدة نتيجة لتعرضه لمجال مغناطيس متغير والتركيب الداخلى للعضو الثابت بهذه الطريقة يزيد المقاومة الكهربية مما يقلل من التيارات الدوامية المسببة لارتفاع درجة حرارة العضو الثابت. كما يجب الإشارة الى انه يتم توصيل ملفات العضو الثابت اما دلتا او نجمة لكن يفضل توصيلها نجمة لاعتبارات تقنية. وغالبا ما يستخدم هذا النوع في المحطات الهيدروليكية اى في محطات التوليد من الشلالات والسدود وحركات المد والجزر.

اما العضو الدائر فيحمل ملفات المجال المغناطيسى ويغذى من مصدر مستمر وعلى هذا لا تتولد تيارات دوامية نظرا لثبات المجال المغناطيسى الناتج عن التيار المستمر وعلى ذلك فان العضو الدائر يصنع من قلب مصمت إذا لا يوجد ضرورة لتصنيعه من شرائح كما في العضو الثابت. ويجدر الإشارة الى ان العضو الدائر له نوعين رئيسيين احداهما يسمى العضو الدائر ذو الأقطاب البارزة حيث يتم تركيب ملفات العضو الدائر عليه من الخارج وتثبيتها بطريقة جيدة وللحد من تأثير القوة الطاردة المركزية الناتجة من الدوران فان ذلك النوع يصمم للعمل مع السرعات المنخفضة اما الاخر من العضو الدوائر يسمى بالعضو الدوار الاسطوانى وهو يستخدم في السرعات العالية ولتقليل أثر القوة الطاردة المركزية على ملفات المجال المغناطيسى فانه يتم حفر مجارى على المحيط الخارجي لذلك العضو وتثبت فيها الملفات تثبيتا جيدا. وتجدر الإشارة الى ان هذا النوع يستخدم في المحطات البخارية.

وتبنى نظرية عمله على أساس دوران العضو الدائر أيا كان نوعه باى وسيلة من الوسائل السابق شرحها وعند وصوله لسرعة التزامن يتم تغذية ملفات العضو الدائر بالتيار المستمر اما عن طريق ملفات اثارة وعن طريق حلقات انزلاق وفرش كربونية مما يولد مجال مغناطيسيا يدور بسرعة التزامن وهى سرعة العضو الدائر فيقطع ملفات العضو الثابت (ملفات

الانتاج) فيولد بها قوة دافعة كهربية فاذا تم توصيلها بحمل تم سحب التيار المغذى لذلك الحمل. ويمكن حساب التردد الخاص بالكهرباء المولدة من العلاقة التالية

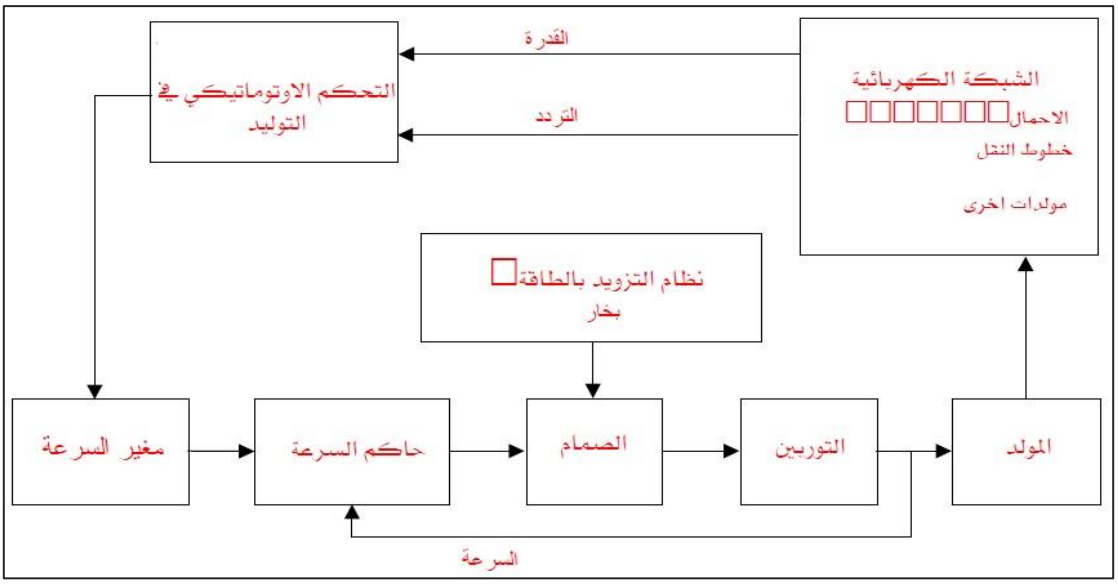
$$f = \frac{n_s}{120} P \qquad (1)$$

حيث f هي التردد الخاص بالموجة المولدة و P عدد الأقطاب و n_s هي سرعة دوران العضو الدوار

كما تجدر الإشارة الى انه من خلال نظم حلقى مغلق فانه يتم المحافظة على التردد بغض النظر عن مقدار الاحمال الموصلة بالشبكة ونوعية تلك الاحمال من خلال التحكم في كمية البخار المسلطة على التربينة لإدارتها بالسرعة المطلوبة للحصول على التردد المطلوب سواء نقص الحمل او زاد حيث يتم قراءة التردد من خلال حساس ومقارنته مع التردد المقنن (التردد المرجعى) فاذا كان منخفضا نتيجة لزيادة التحميل على الشبكة في وقتا ما فانه تزداد كمية البخار المسلطة على التربينة البخارية عن طريق صمام التحكم في كمية البخار فتزداد سرعتها وبالتالي تزداد سرعة العضو الدائر مما يؤدى الى انتظام التردد وعودته للقيمة المقننة اذا يتضح من المعادلة رقم ١ ان التردد يتناسبا طرديا مع سرعة دوران المولد والعكس بالعكس في حالة زيادة التردد بالشبكة نتيجة لخروج بعض الاحمال او انخفاضها حيث مع حدوث ذلك تقل كمية البخار المسلطة على التربينة عن طريق صمام البخار فتقل سرعة التربينة وبالتالي سرعة المولد فينخفض التردد للقيمة المقننة. ويمكن رؤية توصيف التحكم في التردد من قراءة سرعة المولد من خلال الشكل ١-٩ حيث يتم قراءة السرعة المقننة من خلال نظام المراقبة والاشراف على نظام التوليد حيث يمكن ملاحظة ان ذلك النظام يقوم بقراءة القدرة المسحوبة والتردد ويتم ادخال هذه البيانات على وحدة التحكم الأوتوماتيكى في التوليد ويتم تسليط خرج تلك الوحدة بمغير السرعة لحساب السرعة المقننة التي يتم مقارنتها بالسرعة الحقيقية للمولد الكهربى ويتم ادخال تلك البيانات الى حاكم السرعة فيعطى امر الى صمام البخار اما بزيادة معدل البخار وانقاص معدل البخار او ان يحتفظ بنفس وضع البخار الداخل على التربينة لإدارتها وهكذا نكون قد تحكمنا في سرعة التربينة وبالتالى التردد الناتج من المولد.

كما انه تجدر الإشارة بانه يتم التحكم في الجهد الناتج من المولد من خلال منظومة أخرى بالتحكم في المجال المغناطيسى الناتج من عنصر الإيثارة المركب على العضو الدوائر عن طريق التحكم في تياره من خلال وحدة منظم الجهد وتجدر الإشارة أيضا الى انه يتم التحكم أيضا في معامل القدرة للحد من المفاقيد الكهربية بنظام التوليد. كما يجب الإشارة الى ان المجال المغناطيسى المسبب للإيثارة يمكن الحصول عليه من خلال عدة طرق هي

١- استخدام مولد تيار مستمر وهو ما يسمى نظام الإيثارة بالتيار المستمر.
٢- استخدام مولد تيار متردد صغير ويتم التحكم فيه باستخدام ثيرستور وموحدات سيليكونية وهو ما يطلق عليه نظام الإيثارة ذو التيار المتردد.
٣- استخدام محول مع ثيرستور وهو ما يطلق عليه نظام الإيثارة الساكن.



شكل ١-٩ الشكل التخطيطى للتحكم في تردد وقدرة المولدات بالمحطات البخارية

١-٢ محطات التحويل:

الجهد الذى تم انتاجه بهذه الكيفية لا يصلح للوصول للمستهلكين لعدة اعتبارات فنية واقتصادية لذلك لابد من استخدام محطات تحويل للجهد المنتج من محطات التوليد حيث ان محطات التوليد يتم انشائها غالبا قريبة من مصدر الطاقة الأولية اى انها تكون قريبة من مصدر الوقود او مصدر المياه بجوار الأنهار او الشلالات او السدود اما المستهلكين لهذه الطاقة فغالبا ما يبعدون ابعاد شاسعة عن أماكن التوليد وعلى ذلك فانه لكن الطاقة بهذه الكيفية اليهم فإنها سوف تضيع على هيئة طاقة حرارية مفقودة في الاسلاك نظرا للتيار الكبير الذى سوف يسحب في هذه الحالة كما اننا سوف نحتاج موصلات ذات اقطار ضخمة مما يؤدى الى ضياع جهد التوليد في هذه الخطوط على هيئة جهد مفقود كما ان كبر هذه الموصلات يتطلب أبراج خاصة وذات تكلفة مرتفعة لنقل تلك الطاقة للمستهلكين مما يجعل عملية انتاج الكهرباء غير مجدية اقتصاديا والحل الوحيد للتغلب على تلك المشكلة هو انشاء محطات التحويل التي تقوم برفع الجهد عند أماكن التوليد وبالتالي ينخفض التيار المسحوب بدرجة كبيرة جدا مما يسمح باستخدام موصلات كهربية ذات اقطار صغيرة فتقل تكلفة انشاء الأبراج الحاملة لهذه الموصلات وتقل الطاقة المفقودة في هذه الموصلات والجهد المفقود فى هذه الموصلات ينخفض أيضا مما يجعل توليد الطاقة الكهربية مع استخدام محطات تحويل عملية اقتصادية ذات جدوى كبيرة. اما في أماكن الاستهلاك فان محطات التحويل تقوم بخفض مستوى الجهد حتى يتناسب مع طبيعة الاحمال المراد تغذيتها. وبناء على ذلك يتضح أهمية محطات التحويل في منظومة الطاقة الكهربية حيث يمكن حصر أهمية محطات التحويل في النقاط التالية

- رفع الفولتية الناتجة من محطات التوليد مما يؤثر بالإيجاب على الطاقة المفقودة والجهد الضائع في خطوط النقل ويعزز من البعد الاقتصادى لتكلفة انشاء منظومة القوى الكهربية.
- خفض الفولتية بالقرب من أماكن استهلاك الطاقة مما يوفر الجهود والتيارات المناسبة للأحمال التي يتم تغذيتها بشكل مناسب مما يزيد من عمرها الافتراضى ويحسن من ادائها.
- توصيل وفصل الخطوط الهوائية والكابلات باستخدام جهود مناسبة لتلك الادوات.
- السماح بتوصيل مكثفات مناسبة لتحسين معامل القدرة مما يقلل من التيار المسحوب ويحسن من القدرة الغير فعالة بالنظام الكهربى بشكل عام.
- احتوائها على أجهزة الحماية لمعظم المكونات المهمة لمنظومة القوى الكهربية مثل أجهزة حماية المولدات والمحولات وخطوط النقل والمغذيات بشكل عام.
- تنظيم القدرة المنقولة في حالة الأعطال وذلك من اجل الحفاظ قدر الإمكان على الاحمال المهمة المطلوب تشغيلها باستمرار.

١-٢-١ مكونات محطة التحويل:

بالنظر الى تلك المحطات نجد انها تتكون المحولات الكهربية والقواطع الالية والمستعزلات وأجهزة القياس وأجهزة الحماية.

أولا المحولات: يمكن وصف المحول بانه جهاز استاتيكى كهرومغناطيسى يقوم بنقل الطاقة الكهربية مع تغير مقدار الجهد والتيار من مستوى الى مستوى اخر بدون تغير التردد. اما بالنسبة الى تركيبه فان يتركب في ابسط صوره من قلب حديدى موضوع علية مجموعات من الملفات احداها تسمى ملفات المحول الابتدائية والأخرى تسمى ملفات المحول الثانوية ويتم الربط ما بين مجموعة الملفات الابتدائية ومجموعة الملفات الثانوية من خلال الفيض المغناطيسى المتولد نظرا للطبيعة المترددة للتيار الكهربى. اما إذا ما نظرنا لهذه المحولات ما ناحية رفع وخفض الجهد فاذا كان جهد الملف الثانوى مرتفعا عن جهد الملف الابتدائى سمى المحول رافعا للجهد وهذه المحولات غالبا ما تستخدم عند مناطق التوليد اما إذا حدث العكس اى انخفض جهد المحول الثانوى عن المحول الابتدائي سمى المحول خافضا للجهد. كما تجدر الإشارة الى ان هذه الأنواع من المحولات يجب ان يتم تبريدها طبقا لكمية الطاقة التي تنقلها حيث يوجد المحولات التي يتم تبريدها بالزيت والمحولات التي تبريدها باستخدام الهواء سواء كان ذلك طبيعيا او قسريا.

ثانيا القواطع الالية: ان الغرض الأساسى من توصيل قاطع في الدوائر الكهربية هو عملية الفصل والتوصيل للطاقة من منطقة الى أخرى اما في الظروف الغير طبيعية مثل حال حدوث الأعطال فانه يقوم بعزل المنطقة المعطوبة حتى لا تتلف أجهزتها او الأجهزة المتصلة بها. ونظرا لأننا نتعامل مع كميات هائلة من الطاقة فان عملية فصل القواطع يتبعها شرارة هذه الشرارة تمثل خطرا على نقاط التلامس للقاطع اى نقاط الفصل والتوصيل لذلك يجب اخماد تلك الشرارة بسرعة حتى لا تتلف تلك النقاط ويفقد القاطع دوره في المنظومة الكهربية لذلك توجد وسائل عديدة الإطفاء تلك الشرارة وتتوقف عملية الإطفاء على مقدار الجهد الذى يعمل عنده القاطع حيث يمكن الإطفاء عن طريق تواجد نقاط التلامس في غرفة من الزيت او غرفة تحتوى على غاز خامل او استخدام كمية الهواء بطرق معينة وبمواصفات معينة لإطفاء تلك الشرارة.

ثالثا المستعزلات: تستخدم هذه الأجهزة لاتمام عملية الفصل عند اجراء عمليات الصيانة على المعدات او في حالة حدوث اعطال. وغالبا ما يسمح بفصل تلك المستعزلات الا بعد التأكد من فصل القاطع الملازم لها كما تجدر الإشارة الى ان هذه المستعزلات منها يتم فصله يدويا ومنها ما يتم فصله كهربيا عن طريق محركات كهربية. وغالبا ما يتم استخدام الفصل الكهربى في الجهود ما وراء ١٣٢ كيلوفولت.

رابعا محولات الجهد والتيار: المقصود بمحولات الجهد والتيار هنا هي المحولات التي توصل بها أجهزة القياس حيث تقوم بخفض الجهد والتيار لإمكانية قياسهما.

خامسا أجهزة الحماية: ان اهم أجهزة الحماية المستخدمة في محطات التحويل هي مانعات الصواعق. حيث تستخدم لحماية المحولات والكابلات ويتم توصيلها في بدايات المحولات وقبل نهاية الكابلات.

أنواع محطات التحويل: يمكن تقسيم محطات التحويل تبعا لعدة تقسيمات يمكن حصرها في التالى

- من ناحية طبيعة العمل يمكن تقسيمها الى محطات تحويل خاصة برفع الفولتية ومحطات تحويل خاصة بشبكات النقل ومحطات خفض الفولتية وهى مستخدمة في شبكات التوزيع.
- من ناحية التركيب يمكن تقسيمها الى محطات تحويل داخلية ومحطات تحويل خارجية.
- اما من حيث تركيب القضبان الرئيسية فيمكن تقسيمها الى محطات تحويل بدون قضبان ومحطات تحويل أحادية القضيب ومحطات تحويل مزدوجة القضبان محطات تحويل عديدة القضبان.