محاضرات محطات توليد الطاقة الكهربائية

لطلاب السنة الرابعة قسم التغذية

الكهربائية مدرس المقرر:

الدكتور نصر القاسم

(القسم الثاني)

المراجع العلمية:

١. محطات القوى الكهربائية) 1(– د. فؤاد شكري كردي-منشورات جامعة حلب 1191.

٢. محطات القوى الكهربائية) 2(– د. فؤاد شكري كردي-منشورات جامعة حلب 1112.

٣. محطات توليد الطاقة الكهربائية – د. ميشيل حلاق-منشورات جامعة حلب 1192.

٤. محطات الطاقة الكهربائية) 1(– د. مسلم العبد الله-منشورات جامعة البعث 2002.

٥. محطات الطاقة الكهربائية) 2(– د. مسلم العبد الله، د. أحمد الناصر -منشورات جامعة البعث 2002.

العمل الاقتصادي للمحطات الحرارية

Economic Dispatch of Thermal Units

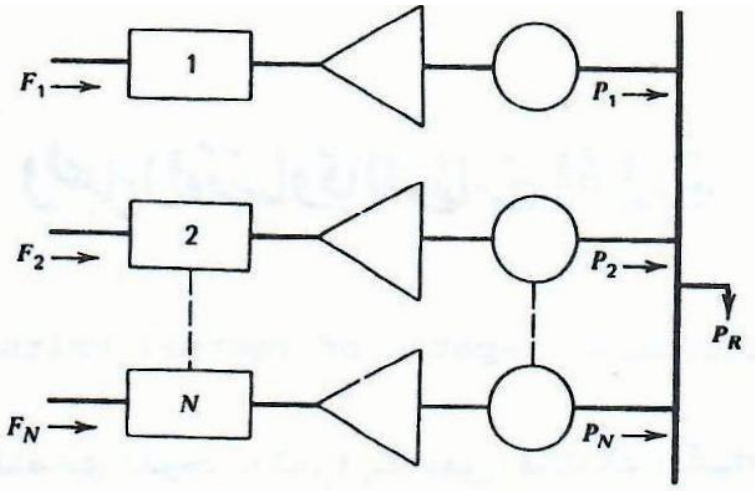
١- العمل الاقتصادى للوحدات الحرارية بدون ضياعات الشبكة :

يبين الشكل(4.1) مخططا تمثيليا لمحطة حرارية ، حيث تتألف هذه المحطة من N وحدة توليد حرارية موصولة بقضيب تجميع لتغذية استطاعة الحمل P_R . وتعبر F_i عن دخل الوحدة i مقدرا بواحدة العمل في الساعة (₰ / h) ، كماتعبر P_i عن الاستطاعة الاستطاعة الكهربائية المتولدة عن الوحدة i مقدرة بالميغا واط (MW) وتكون الكلفة الكلية لتشغيل المحطة مساوية الى مجموع تكاليف تشغيل وحداتها ، والشرط الوحيد الواجب توفره في هذه المحطة هو أن يكون مجموع استطاعات خرج الوحدات مساويا للحمل المطلوب .

ولنوجد القيمة الدنيا للتابع F_T الذى يمثل مجموع تكاليف خرج الوحدات المغذية للحمل ، ويعبر عن ذلك رياضيا بالعلاقة :

$$F_T = F_1 + F_2 + F_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots + F_N$$

$$F_T = \sum_{i=1}^{N} F_i(P_i)$$



الشكل(4.1)

ويعبر عن شرط توازن الحمل مع الاستطاعة المتولدة بالعلاقة:

$$\emptyset = 0 = P_R - \sum_{i=1}^{N} P_i$$

ويمكن ايجاد الحل الامثل لخرج هذه الوحدات باستعمال طريقة رياضية تسمي بمضاريب لاغرانج(Lagrange Multipliers) وتعتمد هذه الطريقة على تشكيل تابع لاغرانج كمايلي :

$$\mathcal{L} = F_T + \lambda \emptyset$$

حيث :

$\mathcal{L}$ ـ هو تابع لاغرانج

$\emptyset$ ـ هو الشرط الواجب تحقيقه

λ ـ مضروب لاغرانج

ويمكن الحصول على الشروط اللازمة لايجاد القيمة المثلى لتابع الكلفة F_T بايجاد المشتق الاول لتابع لاغرانج بالنسبة للمتحولات

المستقلة ومساواة هذه المشتقات مع الصفر . وعدد N! متحولامستقلا منهم N متحول يمثلون استطاعات خرج الوحدات P_i ومتحول اضافي هو مضروب لاغرانج . وتجدر الاشارة الى أن مشتق تابع لاغرانج بالنسبة لمضروب لاغرانج يعطينا شرط توازن الحمل مع الاستطاعات المتولدة . هذا وان أخذ مشتق تابع لاغرانج بالنسبة لاستطاعات خرج الوحدات ينتج عنه N معادلة هي :

(لاحظ اهمال الضياعات واهمال الحدود الدنيا والعظمى لخرج الوحدات)

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_i} = \frac{dF_i(P_i)}{dP_i} - \lambda = 0$$

أو :

$$0 = \frac{dF_i}{dP_i} - \lambda$$

وهذا يعني أن الشرط اللازم لايجاد القيمة الدنيا لكلفة تشغيل محطة حرارية هو أن يكون معدل الكلفة التزايدي ($\frac{dF_i}{dP_i}$) لكل الوحدات متساويا ويساوى الى قيمة λ غير المعروفة .

وبالطبع علينا اضافة شرط توازن الحمل مع استطاعة خرج الوحدات كما يجب اضافة متراجحة لكل وحدة لتحدد الاستطاعة الدنيا والاستطاعة العظمى لها ويمكن تلخيص كل المعادلات والمتراجحات اللازمة كمايلي:

(معادلة)
$$\frac{dF_i}{dP_i} = \lambda \qquad N \text{ equations}$$

(متراجحة)
$$P_{i,min} \leq P_i \leq P_{i,max} \qquad 2N \text{ inequalities}$$

(شرط)
$$\sum_{i=1}^{N} P_i = P_R \,, 1 \quad \text{constraints}$$

ويمكن التعبير من المعادلة السابقة بعد أخذ المتراجحات بعين الاعتبار كمايلي:

$$\frac{dF_i}{dP_i} = \lambda \quad \text{for } P_{i,min} < P_i < P_{i,max}$$

$$\frac{dF_i}{dP_i} \leq \lambda \quad \text{for } P_i = P_{i,max}$$

$$\frac{dF_i}{dP_i} \geq \lambda \quad \text{for } P_i = P_{i,min}$$

ولندرس مثالا على ايجاد الحل الامثل لهذه المعادلات .

مثال(1) :

محطة كهربائية تحتوى على ثلاث وحدات موصوفة كمايلي :

الوحدة الاولى : وهي وحدة بخارية حارقة للفحم الحجرى وفيها:

استطاعة الخرج العظمى = Max output = 600 MW

استطاعة الخرج الدنيا = Min output = 150 MW

ومنحني الدخل والخرج معطى بالعلاقة :

$$H_1[\frac{MBtu}{n}] = 510.0 + 7.2P_1 + 0.00142\ P_1^2$$

الوحدة الثانية :

وحدة بخارية حارقة للنفط

Max output = 400 MW

Min output = 100 MW

منحني الدخل والخرج :

$$H_2\left[\frac{MBtu}{h}\right]=310.0 + 7.85P_2+ 0.00194\ P_2^2$$

الوحدة الثالثة : وحدة بخارية حارقة للنفط

Max output = 200 MW

Min output = 50 MW

ومنحني الدخل والخرج :

$$H_3\left[\frac{MBtu}{h}\right] =78.0+7.97\ P_3+ 0.00482\ P_3^2$$

ولنفرض أننا نود ايجاد الحل الامثل لخرج هذه الوحدات عندما تعمل معا لتغذية حمل قدرة 850 MW علما أن تكاليف الوقود معطاة كمايلي :

تكاليف وقود الوحدة الاولى = 1.1 ₹/MBtu

تكاليف وقود الوحدة الثانية = 1.0 ₹/MBtu

تكاليف وقود الوحدة الثالثة = 1.0 ₹/MBtu

وعندما تصبح توابع الكلفة لهذه الوحدات كمايلي :

$$F_1(P_1)= H_1(P_1)\ x1.1=561+7.92P_1+0.001562P_1^2\ /h$$

$$F_2(P_2)= H_2(P_2)x1.0 =310+7.85P_2+0.00194\ P_2^2\ /h$$

$$F_3(P_3)= H_3(P_3)x1.0=78+7.97P_3+0.00482\ P_3^2\ /h$$

واستعمال شروط الحل الامثل التي أوجدناها حسب مضاريب لاغرانج نجد :

$$\frac{dF_1}{dP_1} = 7.92 + 0.003124\ P_1= \lambda$$

$$\frac{dF_2}{dP_2} = 7.85 + 0.00388\ P_2 = \lambda$$

$$\frac{dF_3}{dP_3} = 7.97 + 0.00964\ P_3 = \lambda$$

$$P_1 + P_2 + P_3 = 850\ MW$$

وبحل هذه المعادلات بالنسبة لـ نجد :

$$\lambda = 9.148 \quad ¢/MWh$$

ومنه يمكن ايجاد P_1 و P_2 و P_3 وهي :

$$P_1 = 393.2\ MW$$

$$P_2 = 334.6\ MW$$

$$P_3 = 1222.2\ MW$$

لاحظ أن الشروط كلها قد تحققت أي أن كل الوحدات تعمل ضمن حدودها العظمى والصغرى بالاضافة الى أن مجموع خرجها مساويا لقيمة الحمولة 850 MW .

مثال (2) :

لنعتبر الوحدات الثلاثة الموصوفة في المثال السابق ولنفرض أن كلفة الفحم الحجري قد انخفضت الى 0.9 ¢/MBtu وبالتالي يصبح تابع الكلفة للوحدة الاولى .

$$F_1(P_1) = 459 + 6.48\ P_1 + 0.00128\ P_1^2$$

واذا اتبعنا نفس الخطوات المتبعة في المثال السابق نجد :

$$\lambda = 8.284 \quad ¢/MWh$$

$P_1 = 704.6$ MW

$P_2 = 111.8$ MW

$P_3 = 32.6$ MW

ويحقق هذا الحل الشرط الواجب توفره لتساوى الحمولة مع مجموع استطاعات الخرج وهي 850 MW لكن خرج الوحدة الاولى يفوق عن خرجها الاعظمي كما أن خرج الوحدة الثالثة يقل عن خرجها الادنى ولايجاد الحل الامثل في هذه الحالة . نستعمل الشكل الاخر للعمل بعد أخذ المتراجحات بعين الاعتبار أى أن الحل يجب أن يحقق المعادلات التالية :

$$\frac{dF_i}{dP_i} = \lambda \quad \text{for } P_{i,min} \leq P_i \leq P_{max}$$

$$\frac{dF_i}{dP_i} \leq \lambda \quad \text{for } P_i = P_{i,max}$$

$$\frac{dF_i}{dP_i} \geq \lambda \quad \text{for } P_i = P_{i,max}$$

ولنفرض أن الوحدة الاولى تعمل عند خرجها الاعظمي والوحدة الثالثة تعمل عند خرجها الاصغرى فيكون الحل :

$P_1 = 600$ MW

$P_2 = 200$ MW

$P_3 = 50$ MW

وحسب المعادلات السابقة الذكر فان λ يجب أن تساوى الكلفة

التزايدية للوحدة الثانية لان خرج هذه الوحدة يقع ضمن المجال الاصغرى والاعظمي المسموحين بهما وعليه :

$$\lambda = \left.\frac{dF_2}{dP_2}\right|_{P_2 = 200} = 8.626 \text{ ₹/MWh}$$

ثم نحسب الكلفة التزايدية للوحدتين الاولى والثالثة فنجد :

$$\left.\frac{dF_1}{dP_1}\right|_{P_1 = 600} = 8.016 \text{ ₹/MWh}$$

$$\left.\frac{dF_3}{dP_3}\right|_{P_3 = 50} = 8.425 \text{ ₹/MWh}$$

ولنلاحظ أن الكلفة التزايدية للوحدة الاولى هي أصغر من λ ولذلك يجب أن تكون هذه الوحدة عند خرجها الاعظمي . ولكن الكلفة التزايدية للوحدة الثالثة ليست أكبر من λ ولذلك يجب ان لانرغم هذه الوحدة على العمل بحدها الادنى ولايجاد الحل الامثل نوجد خرجي الوحدة الثانية والثالثة والذى تتساوى من أجلهما λ أى :

$$P_1 = 600 \text{ MW}$$

$$\frac{dF_2}{dP_2} = 7.85 + 0.00388\, P_2 = \lambda$$

$$\frac{dF_3}{dP_3} = 7.97 + 0.00964\, P_3 = \lambda$$

$$P_2 + P_3 = 850 - P_1 = 250 \text{ MW}$$

ومنه :

$$\lambda = 8.576 \text{ ₹/MWh}$$

$$P_2 = 187.1 \text{ MW}$$

$$P_3 = 62.9 \text{ MW}$$

لاحظ ان هذا الحل يحقق الشروط المطلوبة حيث :

$$\left.\frac{dF_1}{dP_1}\right|_{P_1 = 600 \text{ MW}} = 8.016 \text{ ل/MWh} < \lambda$$

وهي قيمة أقل من قيمة λ ، كما ان

$$\frac{dF_2}{dP_2} = \frac{dF_3}{dP_3} = \lambda$$

٢- عمل الوحدات الحرارية مع أخذ ضياعات الشبكة بعين الاعتبار:

يبين الشكل(4.2) مخطط رمزيا لمحطة كهربائية تحتوى على وحدات توليد حرارية فقط مربوطة الى قضيب تجميع يغذى الحمل عبر شبكة نقل كهربائية . ولايجاد العمل الامثل لهذه الوحدات يجب أخذ ضياعات شبكة النقل بعين الاعتبار مما يجعل هذه المسألة أكثر تعقيدا من سابقتها وذلك لان الشرط المفروض لتساوى الحمولة مع التوليد يجب أن يتضمن ضياعات شبكة النقل . وتصبح المسألة :

ايجاد الحل الامثل للتابع :

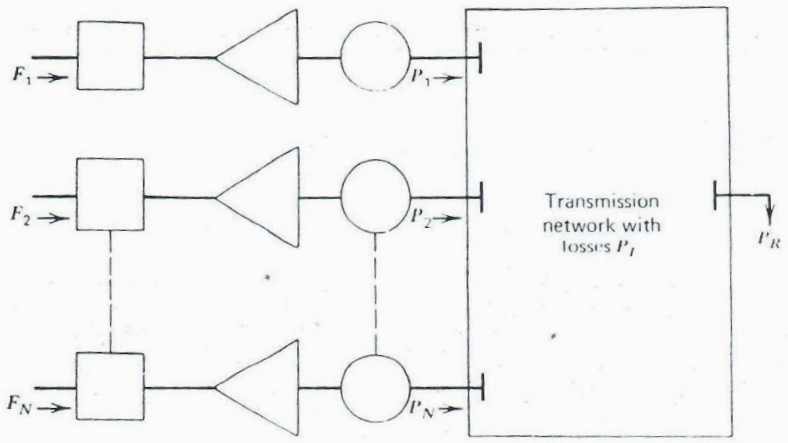
$$F_T = F_1 + F_2 + F_3 + \ldots\ldots\ldots + F_N$$

بحيث أن :

$$\phi = P_R + P_L - \sum_{i=1}^{N} P_i = \emptyset = 0$$

ولايجاد الحل الامثل نتبع نفس الخطوات السابقة التي اتبعناها في حالة عدم وجود ضياعات نقل ، فتشكل تابع لاغرانج :

$$\mathcal{L} = F_T + \emptyset$$



الشكل(4.2)

ثم نوجد المشتق الجزئي لهذا التابع بالنسبة لخرج الوحدات

فنحصل على :

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_i} = \frac{dF_i}{dP_i} - \lambda \left(1 - \frac{\partial P_L}{\partial P_i}\right) = 0$$

أو

$$\frac{dF_i}{dP_i} + \lambda \frac{P_L}{P_i} = \lambda$$

$$P_R + P_L - \sum_{i=1}^{N} P_i = 0$$

ان حل هذه المعادلات أصعب من حل المعادلات التي حصلنا عليها حين أهملنا ضياعات النقل (أو حين لم تكون موجودة) وذلك لان هذه المعادلات تتطلب حساب ضياعات الشبكة ثم ايجاد الحل الامثل لعمل الوحدات . وهناك طريقتان متبعتان لادخال ضياعات الشبكة في ايجاد الحل الامثل . الاولى هي أن نوجد تعبير رياضي يمثل ضياعات النقل كتابعة لخرج الوحدات التي تغذي الحمل و الطريقة

الثانية هي ايجاد سريان الحمولة لشبكة النقل وادخاله في ايجاد الحل الامثل وتسمى هذه الطريقة بسريان الحمولة المثلي (Optimal Load Flow) .

وسنتقصر في دراستنا على اعتماد الطريقة الاولى .

مثال (3) :

لنأخذ الوحدات المعطاة في المثال رقم (1) مع كلفة وقودها ولنفرض أن معادلة ضياعات النقل معطاة بالعلاقة البسيطة التالية :

$$P_L = 0.00003P_1^2 + 0.00009\ P_2^2 + 0.00012\ P_3^2$$

وتعتبر هذه العلاقة البسيطة نسبيا كافية لترينا الصعوبات التي يمكن أن نواجهها حين ايجاد الحل الامثل لخرج الوحدات مع أخذ الضياعات النقل بعين الاعتبار وتجدر الاشارة أن معادلة الضياعات في الحياة العملية تكون أعقد بكثير من المعادلة المعطاة أعلاه ولايجاد الحل الامثل نطبق المعادلة :

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_i} = \frac{dF_i}{dP_i} - \lambda\left(1 - \frac{P_L}{P_i}\right) = 0$$

فنجد أن :

$$\frac{dF_1}{dP_1} = \lambda\left(1 - \frac{\partial P_L}{\partial P_1}\right)$$

ومنه :

$$7.92 + 0.003124P_1 = \lambda\left[1 - 2\ (0.00003)P_1\right]$$

وبنفس الطريقة فمن أجل P_2 و P_3 نجد :

$$7.85 + 0.00388\ P_2 = \lambda\left[1 - 2(0.00009)\ P_2\right]$$

$$7.97 + 0.00964\ P_3 = \lambda[1-2(0.00012)P_3]$$

وأخيـــرا

$$P_1 + P_2 + P_3 - 850 - P_L = 0$$

وبما أن المعادلة الاخيرة تحتوى على الحد P_L وهذا الحـــد هو من الدرجة الثانية فلم يعد لدينا معادلات خطية كما كان سابقـــا ولذلك علينا ايجاد الحل الامثل بطريقة أعقد نسبيا وتتلخص في الفقـرة التالية :

٢-١- طريقة لاغرانج :

الخطوة الاولى :

اختيار قيم ابتدائية لـ P_1 و P_2 و P_3 بحيث أن مجموع هذه القيم يكون مساويا للحمل الواجب تغذيته .

الخطوة الثانية :

احسب الضياعات التزايدية $\partial P_L / \partial P_i$ والضياعات الكليـة P_L باستعمال القيم المفروضة في الخطوة الاولى . وسنعتبـر الضياعات التزايدية والضياعات الكلية ثابتة الى أن نعـــود ثانية الى هذه الخطوة .

الخطوة الثالثة :

احسب قيمة λ والتي يتحقق من أجلها تساوى مجموع خرج الوحدات P_1 و P_2 و P_3 بالاضافة للضياعات مع الحمل . وتعتبـر

هذه الخطوة بسيطة لان المعادلة أصبحت خطية .

الخطوة الرابعة :

قارن قيم P_1 و P_2 و P_3 المحسوبة في الخطوة الثالثة مع القيم المفروضة في بداية الخطوة الثانية. فاذا لم يكن هناك تغيير ملموس في أى من هذه القيم فاننا ننتقل الى الخطوة الخامسة والا فان علينا العودة الى الخطوة الثانية من جديد واتخاذ القيم الجديدة المحسوبة كقيم مفروضة ومتابعة الخطوات الباقية من جديد .

الخطوة الخامسة :

انتهى الحل طالما أن الفرق بين القيم المفروضة والقيم والمحسوبة لخرج الوحدات صغيرا جدا أو معدوما.

والان لنعود الى مثالنا . ولنتبع الخطوات السابقة في حله.

الخطوة الاولى :

نختار قيم P_1 و P_2 و P_3 كمايلي :

$$P_1 = 400 \text{ MW}$$

$$P_2 = 300 \text{ MW}$$

$$P_3 = 150 \text{ MW}$$

850 MW

الخطوة الثانية :

نحسب الضياعات التزايدية :

$$\frac{\partial P_L}{\partial P_1} = 2(0.00003)400 = 0.0240$$

$$\frac{\partial P_L}{\partial P_2} = 2\ (0.0009)\ 300 = 0.0540$$

$$\frac{\partial P_L}{\partial P_3} = 2(0.0012)150 = 0.0360$$

ونحسب الضياعات الكلية للنقل :

$$P_L = 0.00003(400)^2 + 0.0009\ (300)^2 + 0.00012(150)^2$$

$$P_L = 15.6\ MW$$

الخطوة الثالثة:

نوجد قيمة λ بحل المعادلات التالية:

$$7.92 + 0.003124\ P_1 = \lambda\ (1-0.0240)$$
$$= \lambda\ (0.9760)$$

$$7.85 + 0.00388 P_2 = \lambda\ (1-0.0540)$$
$$= \lambda\ (0.9460\ )$$

$$7.97 + 0.00964\ P_3 = \lambda\ (1-0.0360)$$
$$= \lambda\ (0.9640)$$

ولدينا:

$$P_1 + P_2 + P_3 - 850 - 15.6 = P_1 + P_2 + P_3 - 865.6 = 0$$

وهذه أربع معادلات خطية بأربع مجاهيل ، يمكن حلها وايجاد القيم التالية:

$$\lambda = 9.5252\ R/MWh$$

$$P_1 = 440.68\ MW$$

$P_2 = 299.12$ MW

$P_3 = 125.77$ MW

الخطوة الرابعة :

بما أن القيم المحسوبة لـ P_1 و P_2 و P_3 تختلف عن القيم المفروضة في الخطوة الثانية فاننا نعود الى الخطوة الثانية ونعتبر أن القيم المحسوبة في الخطوةالتالية هي القيم المفروضة .

الخطوة الثانية : نحسب الضياعات التزايدية كمايلي :

$$\frac{\partial P_L}{\partial P_1} = 2(0.00003)\ 440.68 = 0.0264$$

$$\frac{\partial P_L}{\partial P_2} = 2(0.0009)\ 299,12 = 0.0538$$

$$\frac{\partial P_L}{\partial P_3} = 2(0.0012)\ 125.77 = 0.0301$$

وتكون ضياعات النقل الكلية :

$$P_L = 15.78 \text{ MW}$$

الخطوة الثالثة : نستعمل القيم الجديدة للضياعات التزايدية و لضياعات النقل الكلية في حساب P_1 و P_2 و P_3 فنجد أن :

$$7.92 + 0.003124P_1 = \lambda\ (1-0.0264)$$
$$= \lambda\ (0.9736)$$

$$7.85 + 0.00388\ P_2 = \lambda\ (1-0.0538)$$
$$= \lambda\ (0.9462\ )$$
$$7.97 + 0.00964\ P_3 = \lambda\ (1-0.0301)$$
$$= \lambda\ (0.9699)$$
$$P_1 + P_2 + P_3 - 850 - 15.78 = P_1 + P_2 + P_3 - 865.78 = 0$$

وبحل هذه المعادلات نجد أن :

$$\lambda = 9.5275\ R/MWh$$
$$P_1 = 433.94\ MW$$
$$P_2 = 300.11\ MW$$
$$P_3 = 131.74\ MW$$

ونتابع المحاولة من جديد

ويبين الجدول(4.1) التكرارات المختلفة لايجاد الحل الامثل :

جدول (4.1)

Iteration	P_1(MW)	P_2(MW)	P_3(MW)	Losses (MW)	Lambda (R/MWh)
Start	400.00	300.00	150.00	15.60	9.5252
1	440.68	299.12	125.77	15.78	9.5275
2	433.94	300.11	131.74	15.84	9.5285
3	435.87	299.94	130.42	15.83	9.5283
4	435.13	299.99	130.71	15.83	9.5284

العمل المشترك للمحطات الهيدروليكية والحرارية

١- مقدمة :

يعتبر تنسيق عمل المحطات التوليد الهيدروليكية أصعب من تنسيق عمل المحطات الحرارية وذلك لسبب بسيط وهام فالمحطات الهيدروليكية مرتبطة مع بعضها البعض كهربائيا (من حيث أنها كلها تغذى نفس الحمل الكهربائي) . وهيدروليكيا (من حيث أن الماء الخارج من محطة هيدروليكية قد يشكل جزءا اساسيا من الماء الداخل الى محطة أخرى) على حين أن المحطات الحرارية مرتبطة مع بعضها البعض كهربائيا فقط .

كما أن محطات الهيدروليكية تختلف عن بعضها البعض بشكل كبير فليس هناك أى محطتين هيدروليكيتين متشابهتين في العالم كله بل أن لكل محطة قيود وشروط خاصة بها فقط ، ويعود ذلك لعدة أسباب منها:

* ان هناك اختلاف في كمية الماء الجارية الى المحطة الهيدروليكية حتى ولو كانت هذه المحطات مبنية على نهر واحد .
* هناك اختلافات بين المحطات الهيدروليكة ناتجة عن اختلاف طرق تخزين الماء وحجم الخزانات والبحيرات المنشأة على السد بالاضافة الى الطرق المختلفة المستعملة في اطلاق الماء اللازم لعمل المحطة .
* هناك اختلافات ناتجة عن قيود وشروط تفرضها الطبيعة ذاتها

بالاضافة على القيود التي يفرضها الانسان على عمل المحطات الهيدروليكية والتي تهدف الى الاستفادة العظمى من بناء المحطة سواء لتوليد الطاقة أو لمشاريع استثمارية أخرى .

وتلعب القيود المفروضة على المحطات الهيدروليكية دورا كبيرا في تنسيق عملها ومن هذه القيود يمكن أن نذكر مايلي :

١- ان كمية الماء الجارية الى المحطة قد تكون مرتبطة بشكل مباشر بمياه الفضيانات وبكمية الماء اللازمة لمشاريع الري التي تلازم بناء السد .

٢- ان المراكز الترفيهية التي تبنى عادة حول بحيرات السدود قد تلعب دورا في تحديد ارتفاع منسوب الماء في هذه البحيرات

٣- تعتبر الملاحة النهرية من العوامل الرئيسية التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند اطلاق الماء اللازم لعمل المحطة . فتحرير كميات هائلة من ماء الخزانات قد يسبب أضرارا كبيرة اذا كان النهر فعالا من حيث الملاحة .

٤- ان الكثير من الانهار تمر في أكثر من دولة واحدة وكثيرا ماتكون كمية الماء المسموح استهلاكها في احدى الدول مرتبطة بمعاهدة بين الدول التي يمر فيها النهر نفسه .

ان كل العوامل السابقة تجعلنا نؤكد ان كل المحطات الهيدروليكية تختلف عن بعضها البعض وليس هناك محطتين متشابهتين .

٢- جدولة المحطات الهيدروليكية لفترة طويلة :

Long-Range Hydro-Scheduling

ان مانقصده بجدولة المحطات الهيدروليكية هو وضع جدول

بعمل هذه المحطات سواء لفترة طويلة او قصيرة . وتعتمد جدولة المحطات الهيدروليكية لفترة طويلة على كمية الماء المتوفرة وعلى جدولة كمية الماء الموجودة في الخزانات وعلى سعة الخزانات نفسها.

ويمكن أن ندرس جدولة المحطات الهيدروليكية لفترات تتراوح من اسبوع أو سنة الى عدة سنوات ولكن تجدر الاشارة على أن جدولة المحطات الهيدروليكية لفترة طويلة تتعلق بأمور احصائية ومناخية فيمكن مثلا أن نقوم بدراسة جدول عمل هذه المحطات اعتمادا على متوسط جريان الماء في النهر خلال عدة سنوات خلت أو يمكن دراسة جدولة عمل هذه المحطات اعتمادا على أسوأ كمية جريان خلال السنوات الاخيرة . وفي كلا الحالتين فان النتائج تعتمد على عوامل التنبوء والاحصاء والتي قد لاتكون بالضرورة دقيقة.

وهكذا فان جدولة المحطات الهيدروليكية لفترة طويلة يعتمد على تنبوء الحمل وعلى كمية جريان الماء كما يعتمد على جاهزية الوحدات المتوفرة في المحطة وكل هذه القيم هي قيم احصائية وليست اكيدة وهناك عدة طرق مستخدمة لدراسة جدول المحطات الهيدروليكية لفترة طويلة تعتمد بمجملها على الاحصاء والبرمجة الرياضية ونعتقد ان دراسة جدولة المحطات الهيدروليكية لفترة طويلة هي خارج حدود كتابنا هذا.

٣- جدول المحطات الهيدروليكية لفترة قصيرة :

Short-range Hydro-Scheduling

ان جدولة المحطات الهيدرولكية لفترة قصيرة تتراوح من اسبوع الى سنة يعني ايجاد جدول ساعي باستطاعة توليد الوحدات بشكل تكون فيه الكلفة أقل مايمكن خلال هذه الفترة الزمنية .

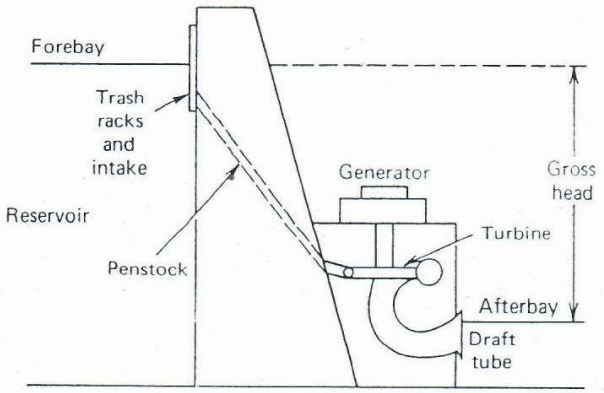
وفي هذا النوع من الجدولة فاننا نعتبر أن الحمل وجريان الماء وجاهزية الوحدات كلها قيم معلومة ، كما أن الشروط الابتدائية للمحطة (مستوى ارتفاع الماء في الخزانات مثلا) أيضا معلومة ،ونحاول ايجاد القيمة الدنيا لتابع الكلفة الساعية الذى يحقق بدوره كل الشروط والقيود المفروضة على المحطة ، وقد تكون هناك قيودا مفروضة على الكمية النهائية الواجب توفرها في الخزانات بعد انتهاء عملية الجدولة لفترة قصيرة وذلك تمهيدا للقيام بالجدولة لفترة طويلة .

٤- القدرة والاستطاعة في الطاقة المائية :

لفهم المتطلبات اللازمة لعمل المحطات الهيدروليكية علينا معرفة القيود المفروضة على المصادر المائية بسبب الملاحة والتحكم بالفيضانات والمراكز الترفيهية وماشابهه من المتطلبات التي توءثر على كمية الماء المتوفرة للاستهلاك كما توءثر على تدفق الماء بالاضافة الى تأثيرها على كمية القدرة المخزنة على شكل ماء والتي ستتحول الى قدرة كهربائية .

ان كمية القدرة المخزنة في واحدة الماء (ولتكن قدم مكعب) تساوى الى جداء وزن هذه الكمية (64.2 lb في هذه الحالة) بالارتفاع (مقدرا بالقدم) الذى تسقط منه . فيحتوى مثلا ألف متر مكعب من الماء الموجود على ارتفاع ساقط قدره 42.5 ft على كمية من القدرة تعادل 1KWh .وبنفس الطريقة فان $42.5\ ft^3$ من الماء على ارتفاع ساقط قدره 1000ft تحتوى أيضا على 1KWh .

والان لندرس المظاهر المتعلقة بالماء الساقط اثناء جريانه من الخزانات من الهويس الى بوابات الدخل ومن ثم عبر العنفة



الشكل (6.1)

الهيدروليكية الى انبوب السحب ومنه الى خارج المحطة فالاستطاعة التي يمكن أن يولدها الماء تساوى الى معدل جريانه (بالقدم المكعب في الثانية) مضروبا بعامل تحويل يتعلق بالارتفاع الضاغط الصافي (الارتفاع الضاغط الصافي هو الارتفاع الذى يسقط منه مطروحا منه الضياعات في الارتفاع والتي يسببها جريان الماء) • ومضروبا بمردود المولد العنفي •

فيحتوى تدفق ماء قدره $1\ ft^3/sec$ يسقط من ارتفاع قدره 100ft على استطاعة تعادل 8.5 KW واذا اعتبرنا أن الضياعات في الارتفاع الضاغط هي بنسبة 5% فان معدل تدفق قدره $1\ ft^3/sec$ ذو ارتفاع ضاغط صافي قدره 95 ft (100-5 = 95) يعادل استطاعة اكثر بقليل من 8KW (8.5x 95%) ولكن بما أن مردود المولدات العنفية تتراوح مابين 85% و 90% فيمكن ان نخلص الى أن جريان قدره $1ft^3/sec$ من ارتفاع قدره 100 ft يعادل حوالي 7Kw على الاكثر •

٥ـ جدولة المحطات الهيدروليكية : Hydroelectric Schediling

٥ـ١ـ أنواع الجدولة :

تصادفنا عند دراسة عمل المحطات الهيدروليكية ثلاثة أنواع من مسائل الجدولة وذلك تبعا للتوازن بين كمية التوليد في المحطات الهيدروليكية وكمية التوليد في المحطات الحرارية بالاضافة الى الحمل .

تعتبر الجمل الكهربائية التي تحتوي على محطات هيدروليكية فقط دون وجود أي محطة حرارية نادرة جدا. ويمكن ان نحقق العمل الاقتصادي لهذه الجمل بايجاد جدول استهلاك الماء المتوفر بشكل نحقق معه كل القيود المفروضة على هذه المحطات .

وهناك جمل كهربائية تحتوي على محطات حرارية وأخرى هيدروليكية ولكن تشكل المحطات الهيدروليكية فيها العامل الرئيسي في تغذية حمل هذه الجمل أي أن معظم القدرة الكهربائية المتولدة في هذه الجمل ناتجة عن المحطات الهيدروليكية والقسم الصغير المتبقي تغطيه الوحدات الحرارية . ويمكن جدولة هذه الجمل بايجاد الكلفة الدنيا لتوليد الوحدات الحرارية . وتتحول جدولة هذه الجمل الى مايسمى بجدولة القدرة (Energy Scheduling) والتي سنقوم بدراستها من خلال مثال بسيط في الفقرة التالية .

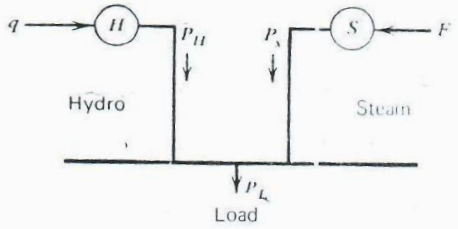
أما النوع الاخير من الجمل الكهربائية فيتضمن الجمل التي يكون فيها التوليد الناتج عن المحطات الهيدروليكية قريبا من التوليد الناتج عن المحطات الحرارية ، كما يتضمن الجمل

التـــى يكون فيها توليد المحطات الهيدروليكية صغيراً بالمقارنة مع التوليد الناتج عن المحطات الحرارية. ولدراسة جدولـــــة هذه الجمل نقوم بايجاد القيمة الدنيا لكلفة انتاج الاستطاعـــة المتولدة عن المحطات الحرارية آخذين بعين الاعتبار كل القيـود المفروضة على المحطات الحرارية والمحطات الهيدروليكية على السواء.

٥-٢- جدولة القدرة : Sheduling Energy

لنفرض أن لدينا وحدة حرارية ووحدة هيدروليكية تغذيـــان حملا كهربائيا كما هو موضح في الشكل(6.2). ولنفرض أن الوحدة الهيدروليكية يمكنها أن تغذى الحمل ولكن لفترة زمنية محدودة فقط فيكون لدينا من أجل فترة زمنية :

$$P_{Hj}^{max} \leq P_{Lj} \qquad j = 1.....j_{max}$$



الشكل(6.2)

ولكن القدرة المتوفرة من الوحدة الهيدروليكية غير كافيـــة لتغذية الحمل أى :

$$\sum_{j=1}^{j_{max}} P_{Hj} n_j \leq \sum_{j=1}^{j_{max}} P_{Lj}\, n_j$$

حيث n_j هي عدد ساعات الفترة j .

$$\sum_{j=1}^{j_{max}} n_j = T_{max}$$

حيث T_{max} هي الفترة الكلية :

وبالطبع فاننا نود استهلاك القدرة الهيدروليكية بأكملها بحيث تكون كلفة تشغيل الوحدة الحرارية أقل مايمكن وتكون القدرة الحرارية المطلوبة :

القدرة الحرارية = قدرة الحمل – القدرة الهيدروليكية

أى :

$$\sum_{j=1}^{j_{max}} P_{Lj} n_j - \sum_{j=1}^{j_{max}} P_{Hj}\, n_j = E$$

حيث :

E – هي القدرة الحرارية المطلوبة .

P_{Hj} – خرج الوحدة الهيدروليكية في الفترة

P_{Lj} – قيمة الحمل في الفترة j .

وبالطبع لن نشترط عمل الوحدة الحرارية طوال الفترة الزمنية ولذلك :

$$\sum_{j=1}^{N_s} P_{sj} n_j = E$$

حيث :

N_s – عدد الفترات الزمنية التي ستعمل خلالها الوحدة الحرارية

P_{sj} – خرج الوحدة الحرارية في الفترة j .

عندئذ يكون :

$$\sum_{j=1}^{N_s} n_j < T_{max}$$

وعليه تصبح مسألة جدولة المحطة المذكورة هي ايجاد القيمة الدنيا لتابع كلفة الوحدة الحرارية الهيدرو ليكية :

$$\text{Min } F_T = \sum_{j=1}^{N_S} F(P_{sj})\, n_j$$

بحيث أن :

$$\sum_{j=1}^{N_S} P_{sj} n_j - E = 0$$

وبتشكيل تابع لاغرانج نحصل على :

$$\mathcal{L} = \sum_{j=1}^{N_S} F(P_{sj}) n_j + \alpha \left(E \sum_{j=1}^{N_S} P_{sj} n_j \right)$$

ولايجاد الحل الامثل نشتق تابع لاغرانج ونساويه بالصفر أى :

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_{sj}} = \frac{dF(P_{sj})}{dP_{sj}} - \alpha = 0$$

ومن أجل :

$$j = 1 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots N_S$$

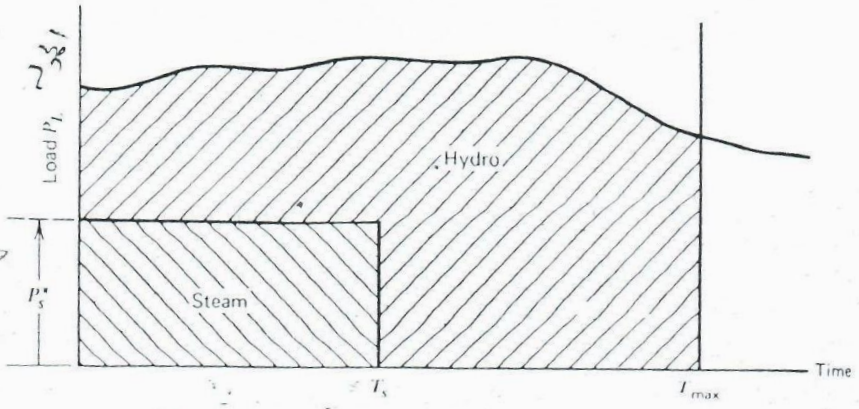
أو أن :

$$\frac{dF(P_{sj})}{dP_{sj}} = \alpha$$

من أجل :

$$j = 1 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots N_S$$

وهذا يعني أن معدل الكلفة التزايدى للمحطة الحرارية يجب ان يبقى ثابتا خلال فترة عملها • ولنفرض أن قيمة استطاعة خرج الوحدة الحرارية في هذه الحالة تساوى P_S^* والتي تبقى ثابتة خلال كل فترات عملها ويبين الشكل (6.3) هذا النوع من الجدولة •



الشكل(6.3)

وتكون الكلفة الكلية خلال فترة عمل الوحدة الحرارية هي :

$$F_T = \sum_{j=1}^{N_s} F(P_S^*)\, n_j$$

$$= F(P_S^*) \sum_{j=1}^{N_s} n_j$$

$$F_T = F(P_S^*)\, T_S$$

حيث : .

فترة عمل الوحدة الحرارية = $T_S = \sum_{j=1}^{N_S} n_j$

فان عبرنا عن تابع كلفة الوحدة الحرارية بالشكل :

$$F(P_S) = A + BP_S + CP_S^2$$

حيث A و B و C هي ثوابت :

فيكون عندها :

$$F_T = (A+BP^*_S + CP^{*2}_S)\, T_S$$

لنلاحظ أن :

$$\sum_{j=1}^{N_S} P_{Sj} n_j = \sum_{j=1}^{N_S} P^*_S\, n_j$$

$$= P^*_S\, T_S = E$$

عندئذ :

$$T_S = \frac{E}{P^*_S}$$

كما أن :

$$F_T = (A+BP^*_S + CP^{*2}_S)\left(\frac{E}{P^*_S}\right)$$

والان يمكن ايجاد قيمة P^*_S بايجاد القيمة الدنيا للتابع F_T أي أن :

$$\frac{dF_T}{dP^*_S} = \frac{-AE}{P^{*2}_S} + CE = 0$$

ومنه :

$$P^*_S = \sqrt{A/C}$$

وهذا يعني أن الوحدة الحرارية يجب أن تعمل عند مردودها الاعظمي طوال فترة عملها الى أن تغذى الاستطاعة المطلوبة منها والتي تساوى الى E .

لاحظ أن :

$$F(P_S) = A + BP_S + CP^2_S$$

$$= f_C \cdot H(P_S)$$

حيث f_C هي كلفة الوقود.

وعليه فان المعدل الحراري هو :

$$\frac{H(P_S)}{P_S} = \frac{1}{f_C}\left(\frac{A}{P_S} + B + CP_S\right)$$

وتكون القيمة الدنيا للمعدل الحراري :

$$\frac{d}{dP_S}\left(\frac{H(P_S)}{P_S}\right) = 0 = \frac{-A}{P_S^2} + C$$

وهذا يعني أن أفضل مردود يتحقق عندما :

$$P_S = \sqrt{A/C} = P_S^*$$

مثال :

وحدة حرارية وأخرى هيدروليكية تغذيان حملا قدره 90 Mw لاسبوع واحد (168 h)وتوصف الوحدتان كمايلي:

الوحدة الهيدروليكية :

$$q = 300 + 15P_H \quad \text{acre-ft/h}$$

$$0 \leqslant P_H \leqslant 100 \text{ Mw}$$

الوحدة الحرارية :

$$H_S = 53.25 + (1.27P_S + 0.0213 P_S^2$$

$$12.5 \leqslant P_S \leqslant 50\text{Mw}$$

الحالة الاولى :

لنفرض أن القدرة الكلية التي تعطيها الوحدة الهيدروليكية هي 10,000 Mwh أوجد زمن عمل الوحدة الحرارية T_S^* .

قدرة الحمل = 90 x168

= 15,120 ميغا واط ساعي

وتكون القدرة المطلوبة من الوحدة الحرارية

$$15{,}120 - 10{,}000 = 5120 \text{ Mwh}$$

وتكون استطاعة خرج الوحدة الحرارية عند المردود الاعظمي هي :

$$P_S^* = \sqrt{53.25 / 0.0213}$$

$$P_S^* = 50 \text{ Mw}$$

وعليه فان زمن عمل الوحدة الحرارية عند المردود الاعظمي هو

$$T_S^* = 5120 / 50$$

$$T_S^* = 102.4 \text{ h}$$

وهذا يعني أن الوحدة الحرارية يجب أن تعمل بخرج قدره 50Mw والوحدة الهيدروليكية يجب أن تعمل بخرج قدره 40Mw طوال 102.4 ساعة الاولى من الاسبوع على حين أن الوحدة الهيدروليكية يجب ان تعمل لوحدها بخرج قدره 90Mw خلال الفترة المتبقية من الاسبوع .

الحالة الثانية :

لنفرض أننا أعطينا كمية الماء الممكن استهلاكها من الخزانات خلال اسبوع واحد بدلا من القدرة الكهربائية للماء المستهلك . أي لنفرض ان القيمة العظمى للكمية الماء الممكن استهلاكها خلال اسبوع واحد هي 250,000 arcr-ft فما هو زمن عمل الوحدة الحرارية ؟

ان تدفق الماء المستهلك عندما تعمل الوحدتان معا يختلف عنه عندما تعمل الوحدة الهيدروليكية لوحدها وعليه فان :

$$q_1 = [\ 300 + 15(40)\ ] \times T_S \quad \text{acre -ft}$$

$$q_2 = [300 + 15(90)\ ] \times (168 - T_S) \quad \text{acre-ft}$$

ويكون :

$$q_1 + q_2 = 250{,}000 \text{ acre-ft}$$

وبحل هذه المعادلات من أجل T_s نحصل على :

$$T_s = 36.27 \text{ h}$$

أى أن الوحدة الحرارية يجب أن تعمل مع الوحدة الهيدروليكية خلال 36.27 ساعة بخرج قدره 40 Mw (ويكون خرج الوحدة الهيدروليكية عندها 50 Mw) على حين تعمل الوحدة الهيدروليكية لوحدها بخرج قدره 90 Mw خلال الفترة الزمنية المتبقية .

٥-٣- جدولة المحطات الهيدروليكية مع الحرارية لفترة قصيرة :

The short -term Hydrothermal Scheduling

تعتبر هذه الحالة من أكثر الحالات انتشارا للعمل المشترك بين المحطات الهيدروليكية و المحطات الحرارية . ويمكن معالجتها بالاستعانة بالشكل(6.4) حيث يمكن تمثيل الوحدات الحرارية في المحطة بوحدة حرارية وحيدة خرجها P_S ، كما اننا سنفرض وجود وحدة هيدروليكية وحيدة خرجها P_H وأن هذه الوحدة الهيدروليكية غير قادرة على تغذية الحمل بنفسها كما سنفرض ان كمية الماء المتوفر محدودة.

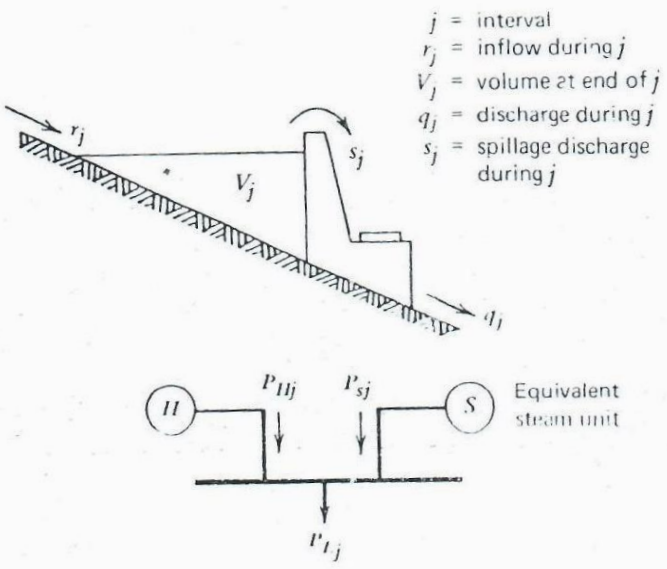
وعليه يمكن أن نشكل حل هذه المسألة كمايلي :

أوجد القيمة الدنيا للتابع :

$$\text{Min } F_T = \sum_{j=1}^{j_{max}} n_j F_j$$

بحيث أن :

$$\sum_{j=1}^{j_{max}} n_j q_j = q_{tot}$$



الشكل (6.4)

وأن :

$$P_{Lj} - P_{Hj} - P_{sj} = 0$$

حيث :

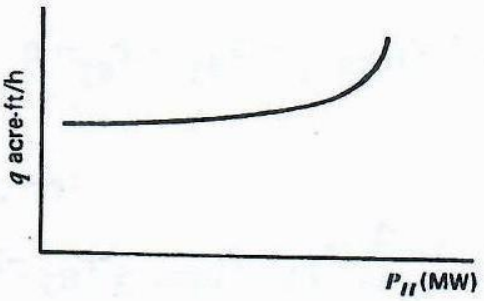
q_{TOT} – هي كمية الماء الكلية

n_j – طول الفترة الزمنية j .

وأن :

$$\sum_{j=1}^{j_{max}} n_j = T_{max}$$

وأخيرا سنفرض أن العلاقة بين خرج الوحدة الهيدروليكية P وكمية الماء المستهلكة q معطاة كما في الشكل (6.5) .



الشكل(6.5)

والان لنشكل تابع لاغرانج:

$$\mathcal{L} = \sum_{j=1}^{j_{max}} [\, n_j F(P_{sj}) + \lambda_j \,(P_{Lj} - P_{Hj} - P_{sj})]$$

$$+ \gamma \left[\sum_{j=1}^{j_{max}} n_j q_j(P_{Hj}) - q_{TOT} \right]$$

ومن أجل فترة زمنية معينة $j = k$ نجد ان المعادلة :

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_{sk}} = 0$$

تعطي :

$$n_k \frac{dF_{sk}}{dP_{sk}} = \lambda_k$$

كما أن :

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial P_{Hk}} = 0$$

تعطي :

$$\gamma \; n_k \frac{d_{gk}}{dP_{Hk}} \qquad \lambda$$

واذا أضفنا ضياعات الشبكة فنجد أن :

$$P_{Lj} + P_{loss\ j} - P_{Hj} - P_{sj} = 0$$

ويصبح تابع لاغرانج:

$$\mathcal{L} = \sum_{j=1}^{j_{max}} [n_j F(P_{sj}) + \lambda_j (P_{Lj} + P_{loss\ j} - P_{Hj} - P_{sj})]$$

$$+ \gamma \left[\sum_{j=1}^{j_{max}} n_j q_j (P_{Hj}) - q_{TOT} \right]$$

وبايجاد مشتق تابع لاغرانج نجد أن :

$$n_k \frac{dF(P_{sk})}{dP_{sk}} + \lambda_k \frac{P_{loss\ k}}{P_{sk}} = \lambda_k$$

$$\gamma\, n_k \frac{dg(P_{Hk})}{dP_{Hk}} + \lambda_k \frac{P_{loss\ k}}{P_{Hk}} = \lambda_k$$

وبالتالي فان ادخال الضياعات قد جعل الحل اكثر تعقيدا عما كان عليه وغالبا مانحتاج الى وضع برنامج على الكومبيوتر لحل مثل هذه المسائل . ويبين الشكل(6.6) مخططا صندوقيا لطريقة الحل بالكومبيوتر .

محطات التوليد الكهرومائية

HYDROELECTRIC POWER STATIONS (HPS)

٧-١ مقدمـــة :

تقوم المحطة الكهرومائية (المحطة الهيدروليكية) بتحويل الطاقة الكامنة في ذرات الماء إلى طاقة ميكانيكية – حركية بوساطة العنفة الهيدروليكية (Hydraulic Turbine) والتي تتحول بدورها إلى طاقة كهربائية في المولد (Electric Generator) الموصول إلى هذه العنفة . ويمكن إنشاء المحطات الكهرومائية في الأماكن التي يتواجد فيها الماء . وتختلف قدرة هذه المحطات على إنتاج الطاقة الكهربائية باختلاف مصادر الطاقة المائية والترتيبات الواجب اتخاذها لتأمين الحجم والمنسوب المائيين اللازمين .

ويتم بناء هذه المحطات عادة على مجاري الأنهار، ولذلك تسمى أحياناً بمحطات التوليد النهرية ، لتمييزها عن المحطات الكهرومائية البحرية والتي تعمل على طاقة المد والجزر البحري وتصنف ضمن محطات الطاقة البديلة التي سنتعرف عليها فيما بعد .

ولقد استخدمت محطات التوليد الكهرومائية منذ زمن بعيد بأشكالها البدائية وباستطاعات صغيرة ، إلا أن القرن العشرين حمل معه تطوراً هائلاً في مجال صناعة العنفات الهيدروليكية والمولدات الكهربائية اللازمة لها ، إضافة إلى إيجاد جميع الحلول الفنية للصعوبات الهيدروليكية ، حيث أصبح بالإمكان إنشاء محطات توليد كهرومائية باستطاعات تتراوح بين بضعة كيلوواطات وحتى مئات الميغاواط ، وبأقل تكاليف ممكنة ، مما جعل الكثير من دول العالم التي تتوفر فيها مصادر المياه ، وخاصة النهرية منها ، تتجه للاستفادة من هذا النوع من المخططات . وعلى سبيل المثال ، تؤمن المحطات الكهرومائية في الجمهورية العربية السورية ما نسبته حوالي (10%) وسطياً من مجمل الإنتاج الكهربائي ، بينما الاستطاعة المركبة في محطات التوليد الكهرومائية تساوي ما قيمته (21.8%) من مجموع الاستطاعات المركبة في محطات التوليد المختلفة في سوريا . وتعد البرتغال من أكثر

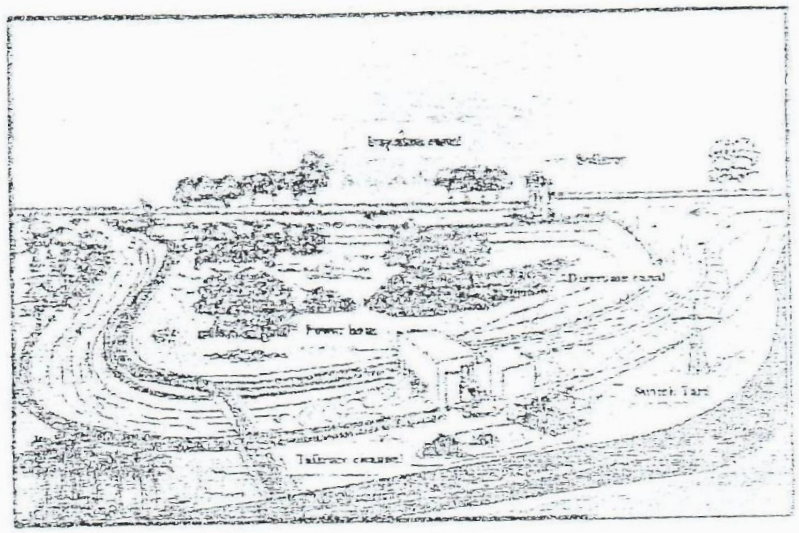
الدول اعتماداً على الطاقة الكهرومائية ، التي توفر لها أكثر من (60%) من حاجتها إلى الطاقة الكهربائية .

٧-٢ تصنيف المحطات الكهرومائية :

تتعدد أنواع المحطات الكهرومائية النهرية وحالات استخدامها تبعاً لعدة عوامل أهمها :

أ- حسب طبيعة المكان وطبيوغرافية مجرى النهر نميز الأنواع الآتية :

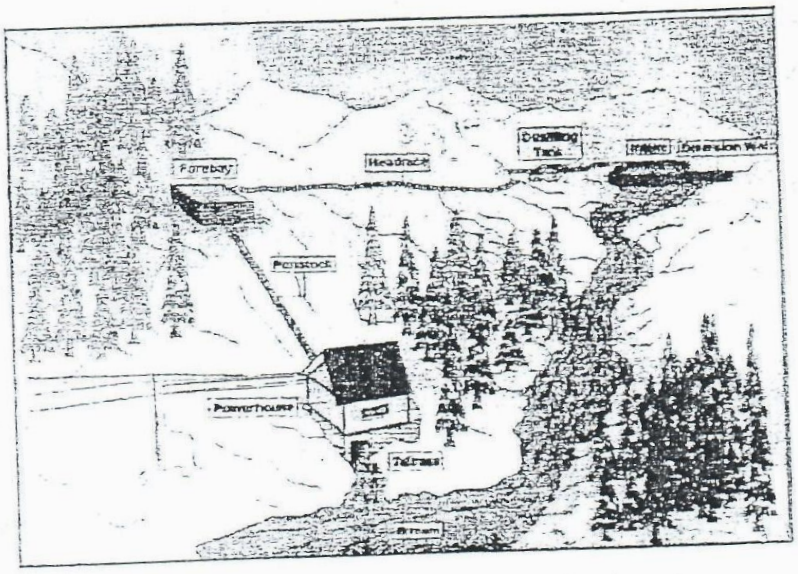
١) المحطات النهرية من دون تخزين : تستمد هذه المحطات القدرة من النهر مباشرة وذلك عن طريق تحويل جزء من مجرى النهر أو كامل مجرى النهر بواسطة القنوات المائية ويتم إنشاء هذه المحطات في مواقع مختلفة من طول مجرى النهر، وتتميز بأحجامها الصغيرة وبالتالي باستطاعات توليد صغيرة لا يمكنها معالجة الحمولات المتزايدة ، ويوضح الشكل (٧-١) مثالاً عن هذا النوع من المحطات .



الشكل (٧-١) كيفية ترتيب محطة توليد كهرومائية من دون تخزين

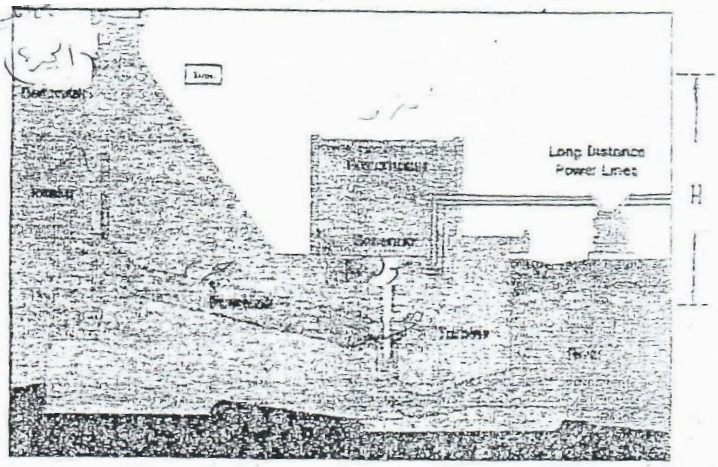
ويمكن أن توفر طبيعة المكان المقامة فيه هذه المحطات انحداراً مائياً (ارتفاع الماء المتاح) منخفضاً أو متوسطاً .

٢) المحطات النهرية ذات التخزين المحدود : تتشابه هذه المحطات مع سابقتها في كيفية تحويل جزء من مجرى النهر بوساطة قنوات مائية ، ولكنها تتميز عنها بوجود خزانات للمياه إما طبيعية أو اصطناعية وبقدرات تخزين محدودة عادة . وقد يتم التخزين على مراحل بهدف تأمين التدفق والانحدار المائيين المطلوبين . ويبين الشكل (٧-٣) محطة توليد كهرومائية من هذا الصنف . ومن الملاحظ أن استطاعة هذه المحطات تكون محدودة أيضاً .

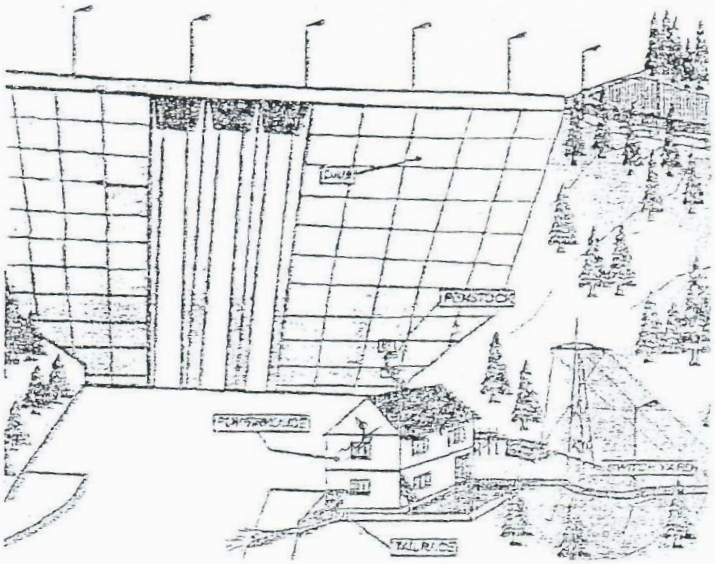


الشكل (٧-٣) ترتيب محطة توليد كهرومائية نهرية ذات تخزين محدود

٣-) المحطات النهرية ذات التخزين الواسع (محطات ذات السدود) : تمتاز هذه المحطات بوجود بحيرات لتخزين المياه وبكميات ضخمة ، ويتم اصطناع هذه البحيرات بإقامة سدود مختلفة الحجوم لاحتجاز الكميات الكبيرة من الماء التي يستفاد منها في توليد الطاقة الكهربائية ، وقد تكون هذه المحطة مبنية في جسم السد لتشكل جزءاً منه ، كما في الشكل (٧-٣) ، وتتصف بمنحدر مائي منخفض (30 – 35 m) ، وبتدفقات مائية كبيرة ، وبالتالي فإن الاستطاعة الناتجة عنها تكون كبيرة . كما يمكن أن تقام هذه المحطة بالقرب من السد تماماً (خلف السد مباشرة) ، كما هو مبين في الشكل (٧-٤) . وتتميز بتوفر انحدارات مائية متوسطة (70 – 80 m) ، وبتدفقات مائية متوسطة أو كبيرة ، وبالتالي باستطاعات متوسطة أو كبيرة .



الشكل (٧-٣) ترتيب محطة توليد نهرية متوضعة في جسم السد .



الشكل (٧-٤) ترتيب محطة توليد نهرية متوضعة خلف السد

ب- حسب الاستطاعة المولدة : تقسم المحطات الكهرومائية إلى نوعين رئيسيين :

١-محطات التوليد الكهرومائية التقليدية (Conventional hydroelectric stations): وهي المحطات ذات الاستطاعة الأكبر من (5 MW) لوحدة التوليد الواحدة ، وتمثلها المحطات الكهرومائية ذات السدود

٢-محطات التوليد الكهرومائية الصغيرة(Small hydroelectric Power stations):

وهي المحطات الكهرومائية التي لا تتجاوز فيها استطاعة وحدة التوليد الواحدة (5 MW) ونميز منه

Pico hydroelectric Power stations	up to	10 kW	-
Micro hydroelectric Power stations	up to	100 kW	-
Mini hydroelectric Power stations	up to	1000 kW	-
Small hydroelectric Power stations	up to	5000 kW	-

وتمثلها محطات التوليد الكهرومائية من دون تخزين للماء ، أو المحطات ذات التخزين المحدود .

ج- حسب موقعها في منحني الحمل (أي حسب احتياجات الحمل الذي تغذيه) :

وتظهر أهمية هذا التصنيف تحديداً عند عمل المحطات الكهرومائية بشكل مشترك مع محطات التوليد الحرارية والنووية ، وبالتالي نميز :

١- محطات القاعدة أو الأساس (Basic hydroelectric stations) : وهي التي تغذي القاعدة في منحني الحمل ، وتكون ذات استطاعات كبيرة (المحطات النهرية ذات السدود) ، وتعمل طوال اليوم باستطاعة قريبة من استطاعتها الاسمية ، وذلك عندما يكون تدفق الماء كبيراً في النهر المغذي للبحيرة الواقعة خلف السد .

٢- محطات القمة أو الذروة (Pike hydroelectric stations) : هي المحطات الكهرومائية التي تستخدم لتغذية قمة الحمل في منحني الحمل للنظام الكهربائي . وتقوم بهذه المهمة جميع أنواع المحطات الكهرومائية ، أي المحطات من دون تخزين والمحطات ذات التخزين المحدود وحتى المحطات ذات التخزين الواسع ، عندما يكون تدفق الماء أصغرياً في النهر المغذي للبحيرة الواقعة خلف السد .

وتجدر الإشارة هنا إلى أن خسرة استثمار المحطات الكهرومائية تدل على أفضلية استخدامها لتغذية قمة الحمل خلال معظم أوقات السنة . وهذا يعني أن استطاعة المحطات الكهرومائية يجب أن تتغير في مجال واسع من القيمة الأصغرية عندما يكون حمل النظام

الكهربائي أصغرياً إلى القيمة الأعظمية عندما يكون هذا الحمل أعظمياً مما يؤدي إلى تسوية وتنظيم حمل المحطات الحرارية ، وبالتالي يصبح عملها أكثر اقتصادية .

٣- محطات القمة ذات التخزين المضخي : وهي محطات كهرومائية ذات تخزين محدود تستخدم عندما يراد تخزين الماء في مكان مرتفع ، بينما يكون منبع الماء في مكان منخفض . والوظيفة الرئيسية لهذه المحطات هي تنظيم منحني الحمل اليومي للنظام الكهربائي ورفع اقتصادية المحطات الحرارية والنووية .

ففي ساعات الحمل الأصغري للنظام ، يعمل هذا النوع من المحطات الكهرومائية بالنظام المضخي ، أي يتم ضخ الماء من مصدره في المكان المنخفض (أو من الخزان السفلي) إلى الخزان العلوي . أما في ساعات الحمل الأعظمي للنظام الكهربائي فتعمل المحطة الكهرومائية بالنظام العنفي مستخدمة الماء المتدفق من الخزان العلوي لتقوم بتغذية قمة الحمل التي تستمر كما هو معروف لفترات زمنية قصيرة . ومن مزايا هذا النوع من المحطات ، مقارنة مع المحطات الكهرومائية ذات التخزين المحدود ، أنه يمكن زيادة ارتفاع الماء الضاغط إلى أية قيمة مرغوبة ، إضافة إلى إمكانية استخدام وحدات التوليد فيها كوحدات دوارة احتياطية وكمعوضات تزامنية .

د- حسب ارتفاع الماء الضاغط : H

يعد هذا التصنيف أمراً ضرورياً ، لأن التقانات المائية المستخدمة في المحطات الكهرومائية تختلف باختلاف ارتفاع الماء الضاغط (H) . وتقسم المحطات تبعاً لارتفاع الماء الضاغط إلى ثلاثة أقسام هي :

① محطات ذات ارتفاع مائي ضاغط منخفض : حيث يتراوح الارتفاع المائي في المجال ($2\ m < H < 80\ m$) ، وتجهز معظم هذه المحطات بعنفات مائية من نوع كابلان – بروبيلر (Kaplan & Propeller) ، كما سنرى لاحقاً .

② محطات ذات ارتفاع مائي ضاغط متوسط : يكون فيها المنحدر المائي متراوحاً في المجال ($80\ m < H < 300\ m$) وتستخدم فيها عنفة فرانسيس (Francis turbine) .

٣- محطات ذات ارتفاع مائي ضاغط عالٍ : حيث يكون ارتفاع المنحدر المائي ضمن المجال ($300\ m < H < 1000\ m$) ، وعادة يتم تجهيز هذا النوع من المحطات بعنفة بلتون (Pelton turbine) .

٧-٣- الأقسام الرئيسية لمحطات التوليد الكهرومائية

(Basic components of HPS) :

تتألف المحطات الكهرومائية التقليدية من الأقسام الرئيسية الآتية :

أ- السد (Dam) والخزان العلوي (Upper reservoir) : ويتم تشكيل الخزان عن طريق بناء السد في مجرى النهر .

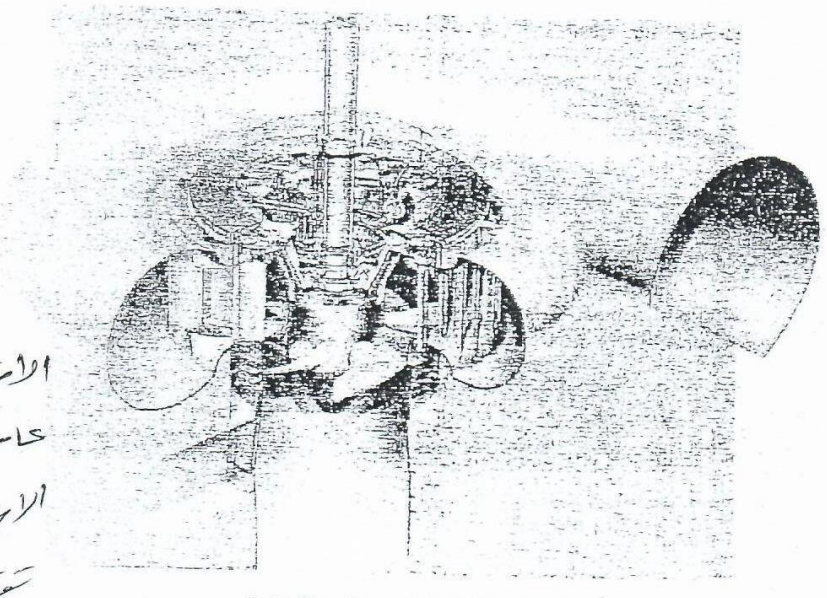
ب- بوابة السحب (Intake) : وهي عبارة عن مدخل أو قناة أسمنتية لنقل الماء إلى العنفة المائية مباشرة في المحطات ذات الارتفاع المائي الضاغط المنخفض ، كما في الشكلين (٧-٢) و (٧-٤) ، أو إلى قناة الضغط في المحطات ذات الارتفاع المائي الضاغط المتوسط أو العالي كما في الشكل (٧-٣) .

ج- قناة الضغط (Penstock) : وهي عبارة عن نفق أو أنبوب ، تستخدم لنقل الماء تحت الضغط إلى العنفة المائية ، وذلك في المحطات ذات الارتفاع المائي الضاغط المتوسط أو العالي كما في الشكل (٧-٣) مثلاً .

د- العنفة المائية (Hydraulic turbine) : سنتعرض لها بالتفصيل لاحقاً .

هـ- المولد الكهربائي (Electric generator) : يتم وصله بمحور العنفة المائية لتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية .

و- غرفة التوليد (Power house) : وتحتوي هذه الغرفة ، في معظم المحطات الكهرومائية وهي أغلب الحالات على العنفة والمولد الكهربائي والتجهيزات الكهربائية والميكانيكية المساعدة مثل آلية نقل الحركة (Transmission) والحاكم (Governor) ، ولوحة التحكم أيضاً (Control Panel) ، وغيرها . هذه الغرفة تشبه صالة الآلات في محطات التوليد الحرارية .



الشكل (٧-١٠) عنفة كابلان

٧-٥-٣ الوسائط المعبرة عن أداء العنفات المائية :

إن أهم الوسائط (البارامترات) التي تعبّر عن أداء العنفات المائية هي :

آ- التدفق المائي :

وهو كمية المياه المتدفقة والمارة خلال العنفة المائية في واحدة الزمن، ونرمز له (Q) وواحدة قياسه (m^3/sec) .

ب- الاستطاعة :

لتوضيح مفهوم استطاعة العنفة المائية نميز بين استطاعة دخل العنفة $(P_{1,1})$ أو ما يسمى بالاستطاعة النظرية، واستطاعة خرج العنفة $(P_{2,1})$ والتي تعني الاستطاعة الفعلية لها .

إن استطاعة دخل العنفة المائية يعطى بالعلاقة :

$$P_{1,1} = \gamma . Q . H \qquad [kg\,m/sec] \qquad (7.1)$$

حيث :

γ : كثافة الماء وتساوي $1000\ [kg/m^3]$.

H : الارتفاع المائي الصافي : $[\ m\ ]$.

محطات الترشيد الكهربائية

ELECTRIC SUBSTATIONS

٩-١ مقدمـــة :

إن محطات الترشيد الكهربائية (المحطات الفرعية) هي عبارة عـن مجموعـة مـن الأجهزة الكهربائية ، التي تقوم بتحويل توتر التوليد وتوترات الشبكات الكهربائيـة ، وذلـك بهدف تحقيق التوزيع الاقتصادي للطاقة الكهربائية المولدة إلى المناطق المجاورة ، أو نقلهـا إلى المناطق البعيدة ، وتتكون هذه المحطات من محولات القوى وأجهـزة التوزيـع مختلفـة التوتر ، بالإضافة إلى الأجهزة المساعدة مثل : أجهزة الحماية والقياس ، وأجهـزة تعـويض الاستطاعة الردية ، وتجهيزات الخدمات العامة ، مثل أجهزة الإنارة والمدخرات وتجهيـزات المراقبة والتحكم .

تقسم محطات الترشيد الكهربائية حسب موقعها وأهميته في نظام القدرة الكهربائي إلى ثلاث مجموعات رئيسية :

أ- محطات ترشيد مركزية (رئيسية) : وتعد هذه المحطات الأكثر أهمية في النظام الكهربائي ، ويجب أن تحقق درجة عالية من الموثوقية لأنها تشكل صلة الوصل بـين عـدة محطات توليد كهربائية ، أو عدد من محطات العبور والمحطات النهائية ، وفي الوقت نفسـه تؤمن التغذية الكهربائية لمراكز أحمال مكانية ذات استطاعة عالية . إن حدوث أي خلل فـي عمل هذه المحطات قد يؤدي إلى انهيار كامل النظام الكهربائي ، وبالتالي إلى انقطاع التغذية الكهربائية عن مراكز الأحمال الضخمة ولفترة طويلة . وتضم هـذه المجموعـة محطـات التوزيع الرافعة للتوتر ومحطات التوزيع الخافضة ، وأيضاً بعض محطات التحويل المحليـة ذات الاستطاعات الكبيرة .

ب- محطات الترشيد للعبور (محطات ترانزيت) : وهي لا تقل أهمية عن محطـات الترشيد المركزية في النظام الكهربائي لأنها تؤمن نقل الاستطاعات الكهربائية مـن خلالهـا وذلك لتغذية مراكز التوزيع الكهربائية ومحطات التحويل المحلية ذات الاستخدام الواسع . إن

حدوث عطل ما فيها لا يسبب انهيار في كامل النظام ، بل يؤثر فقط على عمل بعض محطات الترشيد الأخرى ، وتنتمي إلى هذه المجموعة بعض محطات التوزيع الخافضة للتوتر وبعض محطات التحويل المحلية .

ج- محطات ترشيد نهائية : وهي تمثل آخر درجة من درجات تحويل الطاقة الكهربائية وأهميتها كبيرة لأنها تؤمن التغذية الكهربائية إلى القسم الأكبر من مستهلكي الطاقة الكهربائية الصناعية والمنزلية ، وتضم هذه المجموعة جميع مراكز التحويل النهائية .

وفيما يلي ، سنتعرف إلى جميع أنواع محطات التوزيع والتحويل ، وعلى اختلاف مواقعها في النظام الكهربائي ، والتي تصنف عادة حسب توتراتها كما يلي :

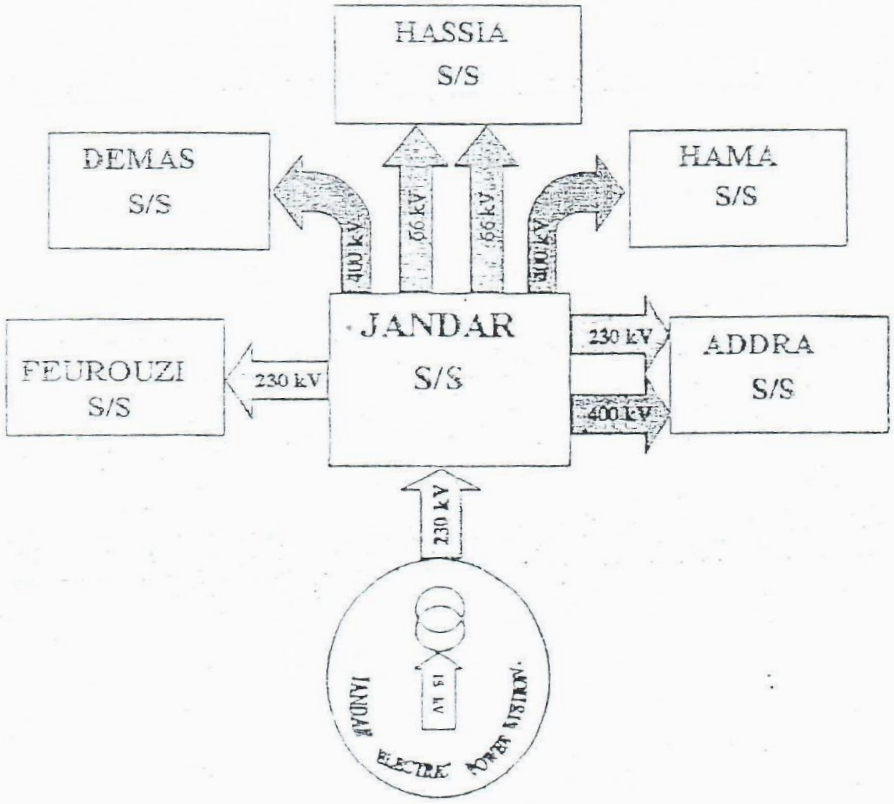
١- محطات التوزيع الرافعة للتوتر :

تقام هذه المحطات بالقرب من محطات التوليد الكهربائية ، ويتم وصل محولاتها مع المولدات الكهربائية ، وهي مخصصة لرفع توتر التوليد (13.8 – 15 kV – 10 – 6.3 – 3) إلى التوترات العالية أو المتوسطة [66 ، 110 ، 220 (230) ، 400 ، 500 ، 750 kV] ، وفي كثير من هذه المحطات يكون جانب التوتر العالي للمحولات يعمل على توترين مختلفين ولذلك تستخدم إما محولات إفرادية (ثنائية الملفات) ذات توترات أولية متساوية وذات توترات ثانوية مختلفة ، أو محولات ثلاثية الملفات ذات ملف للتوتر الأولي وملفين للتوترين الثانويين المختلفين .

٢- محطات التوزيع الخافضة للتوتر :

وهي تخدم منطقة أحمال كبيرة ، ويتم من خلال محولاتها خفض التوتر القادم إليها إلى توتر التوزيع (توترات التوزيع) ، وتقام بعيدة نوعاً ما عن محطات التوليد ، حيث يعمل جانب التوتر العالي على التوترات [220 (230) ، 400 ، 500 ، 750 kV] وجانب التوتر المنخفض على التوترات [66 ، 110 ، 220 (230) kV] .

وتكون هذه المحطات عادة عبارة عن محطات توزيع للعبور أو للتحويل ، انظر المخطط المبين في الشكل (٩-١) ، وهي أيضاً تجهز إما بمحولات إفرادية أو محولات ثلاثية الملفات للسبب السابق ذكره .



الشكل (٩-١) المخطط الصندوقي لمحطة توزيع[٣] جندر

٣- مراكز التوزيع الكهربائية :

وهي المراكز أو المحطات التي تخدم جزء من منطقة أحمال كبيرة ، حيث تقوم أيضاً بخفض التوتر القادم إليها إلى توتر التوزيع المتوسط ، حيث يعمل جانب التوتر العالي

---

(٣) محطة توزيع جندر (JANDAR S/S) أو كما تسمى محطة تحويل جندر : نلاحظ كيف تم رفع توتر التوليد (15kV) إلى التوتر العالي (230kV) ومن ثم يتم توزيعه بعد التحويل عبر محولات رافعة للتوتر إلى كل من محطات الترشيد في عندرا وحماة والديماس على التوتر (400kV) ونقله من دون تحويل (عبور فقط) إلى محطات الترشيد في عندرا (خط ثان) وفيروزة على التوتر (230kV) وتوزيعه أيضاً بعد التخويض في محولات خاصة إلى محطة ترشيد هنياء على التوتر (66kV) . ومن هذه المحطات يتم توزيع التوترات الجديدة إلى محطات تحويل لتغذية بعض المستهلكين أو تنقل إلى محطات توزيع أخرى ، وهكذا نجد أن هذه المحطة هي عبارة عن محطة ترشيد مركزية في النظام الكهربائي السوري .

لمحولاتها على التوترات [66 . 110 . ~~220~~ (230) kT] ، وجانب التوتر المنخفض على التوترات (20 . 35 . 66 kT) ، وتزود أيضاً بمحولات إفرادية أو محولات ثلاثية الملفات للحصول على توترين ثانويين مختلفين .

٤ – مراكز التحويل المحلية :

وهي المحطات التي تخدم التجمعات السكنية الكبيرة والمدن الصناعية ، ويتغذى جانب التوتر الأولي لمحولاتها من شبكات التوزيع ذات التوتر المحلي العالي أو المتوسط [20 . 35 . 66 . ~~110 . 220 (230)~~ kT] ، ويكون التوتر المنخفض فيها (6 . 10 . 20 kT) وفي البعض من هذه المحطات لا يتم تحويل التوتر بل تستقبل الطاقة الكهربائية وتوزعها على التوتر نفسه .

٥ – مراكز التحويل النهائية :

وهي التي تخدم المستهلك مباشرة ، حيث تقوم محولاتها بخفض التوتر المتوسط المقدم إليها من (6 . 10 . 20 kT) إلى توترات الاستهلاك المنخفض (127 . 220 . 380 V) ، وتركب هذه المراكز في مواقع سكنية ضمن المدن وفي المصانع الصغيرة والقرى والمزارع وتكون عادة محولاتها ثنائية الملفات .

٤ – ٢ مخططات التوصيل الكهربائية لأجهزة توزيع محطات الترشيد :

تتفق درجة موثوقية عمل محطات الترشيد الكهربائية بمختلف أنواعها بمجموعة من المتطلبات التي يجب أن تحققها مخططات التوصيل الكهربائية الرئيسية المستخدمة في هذه المحطات ، وأهم هذه المتطلبات :

١ – تأمين وتوقية التغذية الكهربائية للمستهلكين الموصولين بها في جميع أنظمة العمل الطبيعية وغير الطبيعية .

٢ – تأمين وتوقية نقل أو عبور الاستطاعة الكهربائية عبر أجهزة التوزيع في جانب التوتر العالي لمحطات الترشيد الكهربائية إلى مخطوط نقل الطاقة الكهربائية المختلفة .

١٠-٢-١ الأسلوب الترموديناميكي لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية (المحطات الكهروشمسية الترموديناميكية) :

يعد هذا الأسلوب الأكثر استخداماً في الوقت الحاضر لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية وحرارية ، ولا يختلف الأسلوب الترموديناميكي عن الأسلوب المتبع في محطات التوليد البخارية أو النووية من حيث المبدأ ، إذ أنه يعتمد على طاقة البخار أيضاً . كما أن المحطات الكهروشمسية العاملة بأسلوب التحويل الترموديناميكي على اختلاف أشكالها وتصاميمها تقوم بتوليد الطاقة الكهربائية عبر ثلاث مراحل أساسية : هي مرحلة تحويل الأشعة الشمسية إلى طاقة حرارية لإنتاج البخار ، الذي يتحول بدوره في المرحلة الثانية إلى طاقة ميكانيكية عبر العنفة البخارية ، ثم مرحلة تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية في المولد الكهربائي .

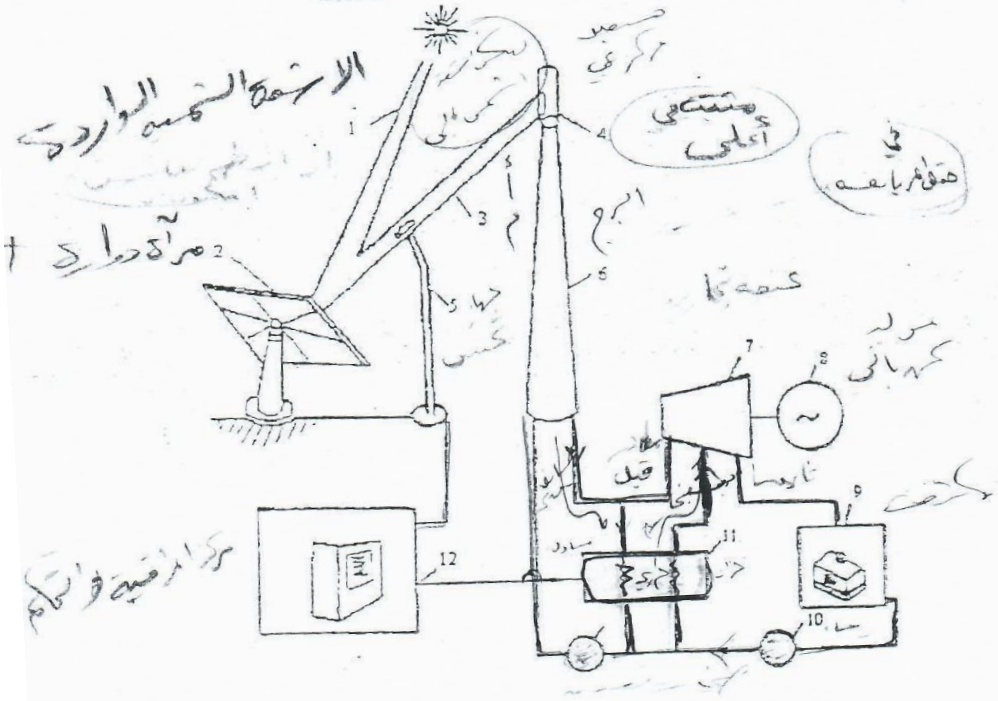
ونميز نوعين رئيسيين من الأنظمة الكهروشمسية ذات التحويل الثرموديناميكي وهما :

أولاً- نظام المستقبل المركزي (Central Receiver System) :

تسمى محطات التوليد الشمسية التي تعمل بهذا النظام بالمحطات الكهروشمسية البرجية ويبين الشكل (١٠-٢) مخططاً توضيحياً لهذا النظام ، حيث تنتقل الأشعة الشمسية من السطح العاكس (المكون من مرآة دوارة (Heliostat)) تعكس أشعة الشمس إلى مستقبل مركزي مثبت في أعلى البرج المتوضع في حقل المرايا نفسه ، ويضم المستقبل المركزي الفلاية الشمسية التي يمر فيها السائل المراد تسخينه لاستعماله بصورة مباشرة أو غير مباشرة .

فحين استعماله بشكل مباشر يتم تسخينه وإرساله إلى العنفة البخارية مباشرة ، ثم تكثيفه وإعادة ضخه إلى الفلاية الشمسية ، أما في حال الاستعمال غير المباشر فإنه يمكن استعمال سوائل يمكنها تحمل درجات حرارة عالية (سوائل معدنية) دون أن تتبخر ، ويتضمن السائل الساخن في مخزن حراري (Sensible thermal storage) يحتوي على مبادل حراري (Heat exchanger) يمر فيه سائل آخر (غالباً الماء) يتبخر عند درجة حرارة أقل من درجة حرارة السائل في المخزن ، وتتيحة لانتقال الحرارة من السائل في المخزن إلى السائل في المبادل الحراري ، يتبخر الأخير ويتوجه إلى العنفة البخارية لتحت ضغط

ودرجة حرارة محددين ليديرها ، وبالتالي إلى المولد الكهربائي المربوط معها لإنتاج الطاقة الكهربائية .



الشكل (٢-١٠) الدارة المبدئية لمحطة توليد كهروشمسية برجية

1- الأشعة الشمسية الواردة ، 2- مرآة دوارة ، 3- الأشعة المنعكسة ، 4- مستقبل مركزي ، 5- جهاز تعقب ، 6- البرج ، 7- غلاية بخارية ، 8- مولد كهربائي ، 9- مكثف 10- مضخات تغذية ، 11- خزان حراري مع مبادل حراري ، 12- مركز المراقبة والتحكم

ويجب الإشارة هنا إلى أن الحقل الشمسي يضم عدداً كبيراً من المرايا المستوية ، التي تتوضع حول البرج كما هو مبين في الشكل (٢-١٠-٣) ، الذي يقدم تصميماً مختلفاً لمحطة توليد كهروشمسية ترموديناميكية برجية ، حيث يتوضع فيها المستقبل المركزي مع المبادلات الحرارية والخزان الحراري في أعلى البرج وذلك لتقليل الضياع الحراري ، وبالتالي رفع مردود المحطة بشكل عام . ويظهر في الشكل أيضاً كيفية توزع المرايا العاكسة مستوية الشكل حول البرج ، بالإضافة إلى مبنى الآلات (العنفة ، المولد الكهربائي ، والمكثف والمضخات) ومركز المراقبة والتحكم .

محطات التوليد الكهروهوائية

WIND – ELECTRIC POWER STATIONS

١١-١ مقدمـــة :

تعد الرياح أحد أهم مصادر الطاقة البديلة المتجددة . ولقد استخدم الإنسان طاقة الرياح منذ العصور القديمة لرفع السفن الشراعية قبل اكتشاف الآلة البخارية ، وفي إدارة الطواحين الهوائية (*Windmills*) بهدف طحن الحبوب ورفع المياه من الآبار.

وفي بدايات القرن التاسع عشر، كانت الطواحين تنتشر بالآلاف في معظم أنحاء العالم إلا أن عددها أخذ بالتناقص بشكل كبير منذ أن أصبحت الكهرباء في متناول الجميع . وقد قام العديد من المهندسين بمحاولات لإحياء هذه التقنية الرحيمة بالبيئة ، وذلك منذ أن بنى الفرنسي بورجيه مولده الهوائي باستطاعة ($20\ kW$) من أجل سرعة رياح ($6\ m/sec$) . ثم طور المهندسون السوفييت هذه التقنية وصمموا وحدة توليد هوائية باستطاعة ($100\ kW$) ذات مروحة هوائية قطرها ($30,5\ m$) وعند سرعة رياح قدرها ($11.5\ m/sec$) . وفي عام (1957) بنيت ووضعت في الخدمة عدة وحدات توليد هوائية في الدانمارك بمواصفات فنية مختلفة . أما الولادة الحقيقية لإعادة استخدام طاقة الرياح من جديد – وخاصة لتوليد الطاقة الكهربائية – فقد بدأت مع ظهور أزمة النفط العالمية في مطلع السبعينات من القرن العشرين والذي ترافق أيضاً مع إدراك الخطر البيئي الناجم عن استخدام مختلف أنواع الوقود التقليدي .

ولقد خططت بعض الدول المتقدمة لتأمين ما يعادل (2 – 15)% من حاجتها إلى الطاقة الكهربائية باستخدام محطات التوليد الكهروهوائية ، وهي تعمل في الوقت الحاضر على زيادة هذه النسبة اعتماداً على نتائج البحوث العلمية التي تقوم بها لتطوير تقنية استخدام طاقة الرياح ، وتنتشر هذه التقنية في مختلف مناطق العالم التي تتوفر فيها الشروط المناسبة لعمل محطات التوليد الكهروهوائية .

وتحتل الولايات المتحدة الأمريكية حالياً مركزاً متقدماً في مجال استخدام العنفسات الهوائية ، والتي يساوي مجموع استطاعتها (2000 MW) ، بينما استطاعت الدانمارك أن تولد ما يزيد عن (10%) من حاجتها إلى الكهرباء بوساطة طاقة الرياح .

وتعد الصين من أكثر دول العالم نشاطاً في استخدام وصناعة أجهزة الطاقة الهوائية ، حيث عملت على رفع قيمة الاستطاعة المولدة باستخدام طاقة الرياح من (44.4 MW) إلى (1000 MW) بحلول عام (2005) ، وبموجب خطة الحكومة المركزية ستقوم برفع هذه الاستطاعة حتى (4000 MW) بحلول عام (2010) و (20000 MW) حتى عام (2020) ، وذلك من خلال العمل على بناء أكبر مشاريع للطاقة الهوائية ، وأهمها محطة التوليد الكهروهوائية التي تتشكل من ثلاث مراحل ، وذلك في شمال الصين بالقرب من مدينة تشانغ جياكو .

وعلى الصعيد الأوروبي فإن ألمانيا تقوم باستثمار طاقة الرياح بشكل فعّال لتوليد الطاقة الكهربائية ، ولديها من المنشآت على اليابسة وفي السواحل ما يزيد عن (15000) عنفة هوائية باستطاعة إجمالية تفوق على (11000 MW) ، ولقد ساهم هذا العدد من العنفات في حماية البيئة بشكل مباشر عن طريق منع تسرب حوالي (12.10^6 Ton) من غاز ثاني أوكسيد الكربون إلى الوسط المحيط .

أما كلفة الكيلوواط الواحد فتساوي (1000) دولار أمريكي ، ويتراوح سعر الطاقة الكهربائية المولدة في المجال (0.03 – 0.09 $/kWh) وذلك تبعاً لمعدل سرعة الرياح السائدة .

وتتميز محطات التوليد الهوائية عن المحطات الكهربائية الأخرى بما يلي :

1- انعدام طاقة الرياح دائم وأبدي .

2- بساطة التركيب وسهولة تحويل طاقة الرياح إلى طاقة ميكانيكية دوارة .

3- سعر الطاقة الكهربائية المنتجة فيها صغير .

4- إمكانية إنشائها في الأماكن النائية والمناطق الجبلية ، حيث توجد تجمعات سكانية صغيرة تفتقر إلى الطاقة الكهربائية بسبب بعدها عن شبكات الكهرباء الوطنية .

- تأثيرها السلبي المحدود على الوسط المحيط (البيئة) وتوفر الوسائل المعالجة ، انظر الشكل (١١-١) .

- يمكن أن تكون آلية بشكل كامل ، وبالتالي لا تحتاج إلى كوادر فنية بشكل دائم .

- إمكانية إنشاء وحدة توليد هوائية أو أكثر لتغذية مستهلك كهربائي محدد ، أو إنشاء محطة توليد كهروهوائية (مزرعة توليد ريحية) لتغذية أحمال كهربائية متوسطة أو كبيرة .

وانطلاقاً من ذلك ، فإنه يمكن تحديد ثلاثة اتجاهات رئيسية لاستخدام طاقة الرياح :

آ- تصميم وحدات توليد كهربائية مستقلة (ذاتية) باستطاعات منخفضة (1-1,5 kW) ذات تيار مستمر، ومخصصة للاستخدام في المجالات الزراعية ، ورفع المياه والري وإنارة المنازل السكنية ، مع الأخذ بالاعتبار أهمية تخزين الطاقة الكهربائية المولدة لاستخدامها عند الحاجة .

ب- تصميم محطات كهروهوائية ذات تيار متناوب ومخصصة إما للعمل على التوازي مع المحطات الكهروحرارية ، وخاصة محطات الديزل الكهربائية بهدف الاقتصاد في كميات الوقود اللازمة ، أو لتأمين التغذية الكهربائية للأحمال المتوضعة في المناطق الجبلية أو النائية وذات ظروف ريحية جيدة ومناسبة لها ، مع مراعاة أهمية تخزين الطاقة الكهربائية المولدة في مدخرات لاستخدامها في أوقات انقطاع الرياح .

ج- تصميم محطات كهروهوائية باستطاعات عالية ومخصصة للعمل في نظام القدرة الكهربائي بهدف الاستخدام الصناعي الواسع لطاقة الرياح .

١١-٢ أسس اختيار موقع محطة التوليد الكهروهوائية :

يتم اختيار موقع محطة التوليد الكهروهوائية اعتماداً على معرفة أربعة أمور رئيسية هي :

آ- معلومات مفصلة عن سرعات الرياح في هذا الموقع وتغيرها مع الزمن لسنوات طويلة . ولقد أظهرت خبرة استخدام طاقة الرياح ما يلي :

- عند رياح خفيفة تتراوح سرعتها في المجال (1,8 – 3,6 *m/sec*) فإن ظروف عمل المحطة تعد سيئة .
- عند رياح ضعيفة ذات سرعة (3,6–5,8 *m/sec*) تعد مقبولة لعمل مضخات الماء.
- عند رياح معتدلة بسرعات (5,8 – 8,5 *m/sec*) يمكن اعتبار ظروف عمل المحطة جيدة .
- أما عند رياح نشطة ذات سرعة (8,5 – 11 *m/sec*) فإن ظروف عمل المحطة تعد جيدة جداً .
- وعند سرعة الرياح القوية (11 – 14 *m/sec*) ، تكون الظروف ممتازة لعمل وحدات التوليد صغيرة الحجم ، وجيدة لوحدات التوليد كبيرة الحجم .
- أما بالنسبة للرياح القوية جداً (14 – 17 *m/sec*) فإنها تكون ممتازة لعمل محطات التوليد الكبيرة الحجم ، وغير مسموح بها لعمل الوحدات الصغيرة .
- وعندما تكون سرعة الرياح عاصفة (17 – 20 *m/sec*) فإنها تعد الحد الأقصى المسموح به لعمل المحطات الكهروهوائية .
- أما عندما تكون الرياح عاتية (ذات سرعات أكبر من 20 *m/sec*) فإن ظروف عمل المحطة الكهروهوائية تصبح صعبة وغير مسموح بها .

ب- المتوسط السنوي لاستطاعة الرياح في المتر المربع الواحد من الموقع المدروس والذي تختلف قيمته من موقع إلى آخر. فعلى سبيل المثال يساوي المتوسط السنوي لاستطاعة الرياح في معظم مناطق سورية (100 – 150 W/m^2) ، ولكن هذه القيمة تصل حتى (321 W/m^2) في منطقة معين عند ارتفاع (10 *m*) عن سطح الأرض ، وتزداد قيمتها بازدياد هذا الارتفاع . وتشير الدراسات المستندة إلى خريطة حول الرياح في الجمهورية العربية السورية ، إلى أن المناطق الوسطى والجنوبية تعد من مناطق الكسون الريحي ، التي يمكن اختيار مواقع مناسبة فيها لبناء محطات توليد كهروهوائية .

ج- سوف تأثر محطات التوليد الكهروهوائية على الوسط المحيط بالموقع المختار لبنائها .

VI-7 تخفيف التلوث:

1. تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري والبدء في التوجه في الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة مثل طاقة الشمس والرياح والكتلة الحية.
2. تقليل الاعتماد على المواد الكيميائية مثل المبيدات والأسمدة والمنظفات والبدء بالاعتماد على الأسمدة الطبيعية وطرق المكافحة الحيوية ومنظفات قابلة للتحلل.
3. تغيير العادات الاستهلاكية ونمط الحياة المستهتر لدى العديد من الناس من خلال زيادة الوعي البيئي وتنمية روح المواطنة والانتماء.
4. التوقف عن استنزاف المصادر الطبيعية مثل الغابات وصيد الأسماك وغير ذلك، والتوجه نحو الاعتدال في ذلك.
5. تنقية المياه العادمة ومعالجتها قبل تصريفها للبحار من خلال إقامة محطات المعالجة الصحية.
6. التوقف عن إنتاج الغازات الضارة بالأوزون والبحث عن بدائل علما أنها متوفرة.
7. العمل على سن تشريعات وقوانين قادرة على ردع المخالفين والمسيئين للبيئة والعمل على تحفيز التعاون الدولي في هذا المجال من خلال وضع اتفاقيات عالمية وتبادل الخبرات وتأهيل الكوادر الفنية.

VI-8 مصادر التلوث

1- المواد الصلبة : مثل الغبار وجزيئات الغبار فالتلوث الناتج عن الغبار يؤدي إلى أضرار تنفسية فيزيولوجية وإن سمية الغبار أقل من سمية الغازات. إن المصادر الرئيسية للتلوث هي : (محطات الاحتراق، العمليات الصناعية، استخراج المعادن، معامل الإسمنت، الزجاج)

2- ثاني أوكسيد الكبريت SO_2 : إن انبعاث SO_2 ناتج بشكل أساسي من :
- استخدام المواد الأحفورية التي تحتوي على: (الكربون، فحم الكوك، النفط الثقيل، الغازات، النفط المنزلي).
- نواتج العمليات الصناعية : مثل تكرير النفط وصناعة الورق.
- النشاطات الطبيعية مثل البراكين.

3- أكسيد النتروجين (No_x): تنتج عن عمليات: (استخدام الوقود الأحفوري، نشاطات طبيعية، العمليات الصناعية (صناعة الأسمدة)). تأثيرها: تشترك أكاسيد النتروجين في تكوين المؤكسدات الكيميائية وتأثير غير مباشر في زيادة تأثير ظاهرة الاحتباس الحراري.

4- أول أوكسيد الكربون (CO): وينتج بسبب الاحتراق غير الكامل مثل حرق النفايات وعمليات صناعية أخرى.

5- المركبات العضوية المتطايرة: تشكل مجموعة متنوعة من المواد (النفط، الميثان، المواد الهيدروكربونية). ومصادره : (العمليات الصناعية التي تنطوي على العمليات الكيميائية الأساسية والشحوم المعدنية وتطبيق الطلاء والدهان ونواتج مواد التنظيف، العطور، مستحضرات التجميل)

6- غاز ثاني أوكسيد الكربون CO_2: ينتج من الاستخدام الزائد لمصادر الوقود الأحفوري.

7- غاز الميثان (CH_4): ويساهم بشكل مباشر في ظاهرة الاحتباس الحراري (18%)، ومصادره (استخراج الفحم، الثروة الحيوانية ومقالب القمامة).

8- أوكسيد النتيروز (N_2O):وهو مركب أوكسجين–أزوتي وينتج من صناعة الأسمدة والوقود الأحفوري.

9- مركبات الكربون الكلورية–فلورية:

10-تستخدم هذه المنتجات في السلع الاستهلاكية المعبأة مثل: (طفايات الحروق، المبردات، المواد الرغوية)

11-غاز SF_6: ويستخدم هذا الغاز في العديد من التطبيقات التقنية وفي المعدات الكهربائية.

12-غاز الأوزون (Q_3) : هي ملوثات سامة لأنها على اتصال مباشر بالنظم البيئة. المعادن الثقيلة: مثل: (الزرنيخ، المواد الخام المستخدمة في صناعة الزجاج والمعادن الحديدية، الزنك، الكروم، النحاس، الرصاص).