محطات توليد الطاقة

مقدمة

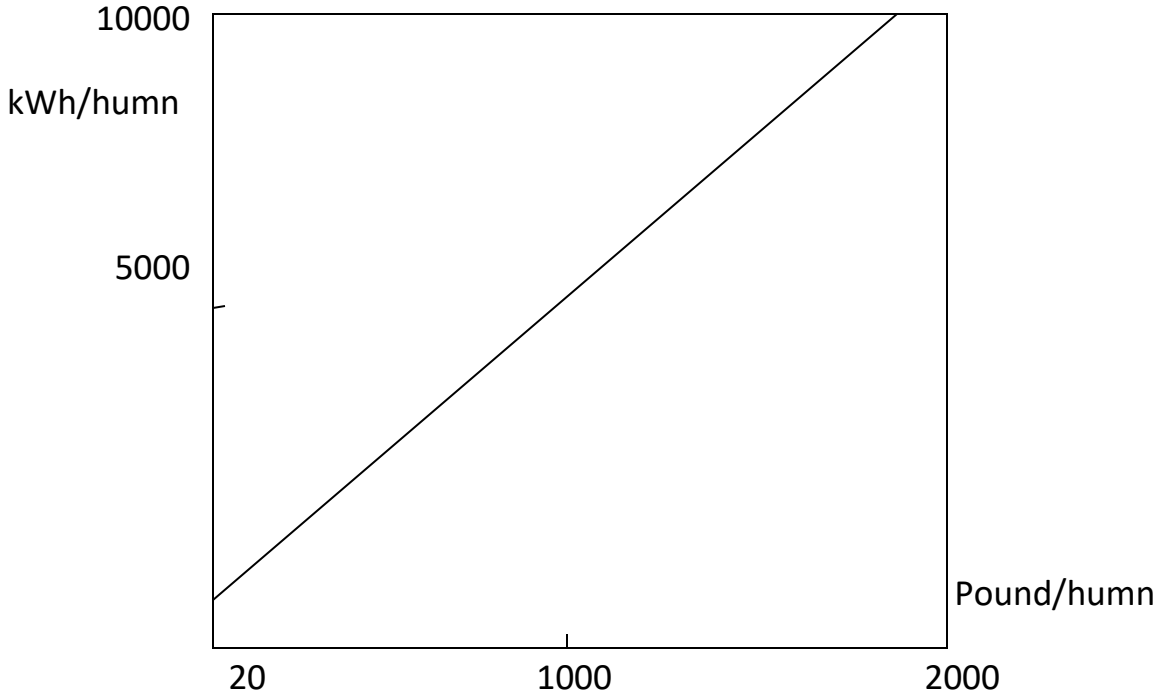
بدأ تزويد المنشآت الصناعية بالطاقة الكهربائية من محطات توليد الطاقة منذ القرن التاسع عشر, حيث اعتمدت المولدات على احتراق الفحم لتدوير المحركات البخارية وتوليد الكهرباء التي كانت تستخدم للإنارة لقد كانت أول محطة مركزية لتوليد الكهرباء عام 1890 واستخدمت للإنارة ولم تستخدم في المجالات الأخرى من ناحية اقتصادية ومنذ ذلك الحين تهتم الدراسات بتأمين الحاجة من الكهرباء مما استدعى الأمر إلى تصميم محطة طاقة ذات مولد بخار (مرجل) ذو أنبوب مياه بسيط واستخدام الفحم أو غاز الفحم باستطاعة 30 MW عند ضغط تشغيل 0.9 MPa ودرجة حرارة 150 c ومنذ ذلك الحين دخلت محطات الطاقة الكهربائية مجال الأنظمة عالية التعقيد حاليا: تصميم تجهيزات العنفة والمرجل من الخلائط معدنية تستطيع تحمل الشروط فوق الحرجة (285 bar) 28,5 MPa ودرجة حرارة 600 c واستطاعة 1300MW .

ومن خلال الدراسة والبحث لتخفيض كلفة الإنتاج تم تصميم محطات تعمل وفق دورة رانكين التي يصل مردودها إلى أكثر من 40% وحاليا تم تصميم محطات تعمل وفق الدورة المشتركة من خلال الاستفادة من استرداد حرارة البخار المولد وذلك باستخدام عنفة غازية بالإضافة إلى عنفة بخارية مما أدى لزيادة المردود الحراري إلى أكثر من 60%.

تعتبر المحطات الكهربائية أحد العوامل الأساسية لتطور الاقتصاد الوطني ويزداد الطلب على استهلاكها بالتوازي مع ازدياد الإنتاج الصناعي ونمو عدد السكان ومستوى معيشتهم.

عالمياً يزداد الطلب سنوياً على استهلاك الطاقة الكهربائية وبشكل عام يعتبر مؤشر استهلاك الطاقة بالنسبة للشخص الواحد من المؤشرات المهمة التي يمكن خلالها تقييم مستوى تطور المجتمع (تطور الدولة). إن العلاقة الوثيقة بين استهلاك الطاقة ومستوى الحياة الاقتصادية أدت إلى إجراء الدراسات لتحقيق التوازن بين استهلاك الطاقة ودخل الفرد.

يبين الشكل العلاقة بين استهلاك الطاقة الكهربائية للفرد بالنسبة للدخل القومي



وهنا نجد أنه مع زيادة مؤشر الدخل القومي وسرعة النمو الاقتصادي يؤدي إلى زيادة الطلب على استهلاك الطاقة الكهربائية وهذا الأمر يتعلق بنوعية التطور الاقتصادي, أي أن تطور الصناعات الخفيفة يؤدي إلى زيادة أقل من استهلاك الطاقة الكهربائية من حالة نمو الصناعات الثقيلة التي تحصل بشكل خاص في الدول الغنية ذات التطور السريع مع الأخذ بعين الاعتبار الزمن اللازم لإنشاء محطة توليد الطاقة.

تصنيف المنشآت الطاقية

1- منشآت التوليد (الإنتاج) ويتم فيها تحويل الطاقة الكامنة في موارد الطاقة الطبيعية إلى أشكال مختلفة من الطاقة (كهربائية , حرارية , ميكانيكية) أو يمكن أن يتم التحويل فيها إلى أشكال أخرى مثل منشآت توليد الغاز ومنشآت الضواغط.
2- منشآت التحويل ويتم فيها تغير مؤشرات وبعض خواص أشكال الطاقة مثل منشآت التحويل والتقويم في محطات الطاقة الكهربائية.
3- منشآت النقل والتوزيع وتضم خطوط نقل الطاقة الكهربائية وشبكات الغاز وأنابيب نقل البترول وشبكات الهواء المضغوط . . . .

4- المنشآت الادخارية (التخزينية) مهمتها التحكم بنظام إنتاج الطاقة (محطات كهربائية تخزينية, مدخرات حرارية كهربائية)

5- منشآت الاستهلاك وتستخدم لتحويل الطاقة إلى الشكل المناسب للاستثمار (محركات كهربائية, مواقد صناعية, منشآت التدفئة)

المحطات الكهربائية والقطاع الطاقي:

المحطة الكهربائية: هي المنشأة التي تستخدم لإنتاج الطاقة الكهربائية بالاستفادة من الطاقة الكامنة لموارد الطاقة المختلفة ويتحدد نوعها حسب نوع الوقود المستخدم:

آ- المحطات الحرارية وهي الأكثر انتشارا وتستخدم الطاقة الحرارية الناتجة عن احتراق الوقود (نفط وغاز وفحم) ولها ثلاثة أنواع:

- محطات ذات عنفات غازية
- محطات ذات عنفات بخارية
- محركات احتراق داخلي

ب- المحطات النووية وتستخدم الطاقة الناتجة عن الانشطار النووي

ج- المحطات الكهرومائية وتستخدم الطاقة الكامنة لسقوط الجريان المائي من مستويات مختلفة

د- المحطات ذات المولدات المغناطيسية الهيدروديناميكية وتستخدم الطاقة الحرارية الناتجة عن جريان الغاز المتشرد ذو درجة الحرارة العالية ضمن حقل مغناطيسي وهي ذات مردود عالي ولكنها نادرة الاستعمال.

ه- المحطات الريحية وتستخدم الطاقة الكامنة لجريان الرياح عبر ريش العنفات الريحية ولا تزال الأبحاث جارية لزيادة الاستطاعة المولدة

و- المحطات الشمسية وتستخدم طاقة الإشعاع الشمسي عن طريق الخلايا الشمسية أو بالأسلوب الحراري الترموديناميكي

ك- محطات هيدروليكية تخزينية وتستخدم الطاقة الكامنة للماء بعد ضخه إلى خزان مرتفع أثناء الاستهلاك العادي للكهرباء ثم تفريغه في ساعات الذروة

جملة الطاقة الكهربائية:

وتضم كافة منشآت الاستهلاك وخطوط نقل القدرة ومنشآت التوزيع والتحويل .....

قطاع الوقود والنقل: ويتضمن منشآت استخراج ومعالجة ونقل الوقود

القطاع الطاقي والوقودي: ويشمل القطاع الطاقي وقطاع الوقود والنقل يتبع هذا القطاع في سوريا إلى وزارتي النفط والكهرباء وهيئة الطاقة الذرية.

موارد الطاقة

بنية موارد الطاقة: إن موارد الطاقة الطبيعية هي المصادر الطبيعية القابلة للتحويل إلى أشكال الطاقة المختلفة والمستخدمة في الإنتاج والنقل والسكن ولها مصدرين أساسيين:

- موارد تقليدية نفط وغاز وفحم وجريان مائي .....
- موارد جديدة ومتجددة طاقة التفاعلات النووية الانشطارية , الحرارية الاندماجية, الطاقة الشمسية, الجريان الريحي, الطاقة الجيوحرارية, الكتلة الحيوية, طاقة المحيط

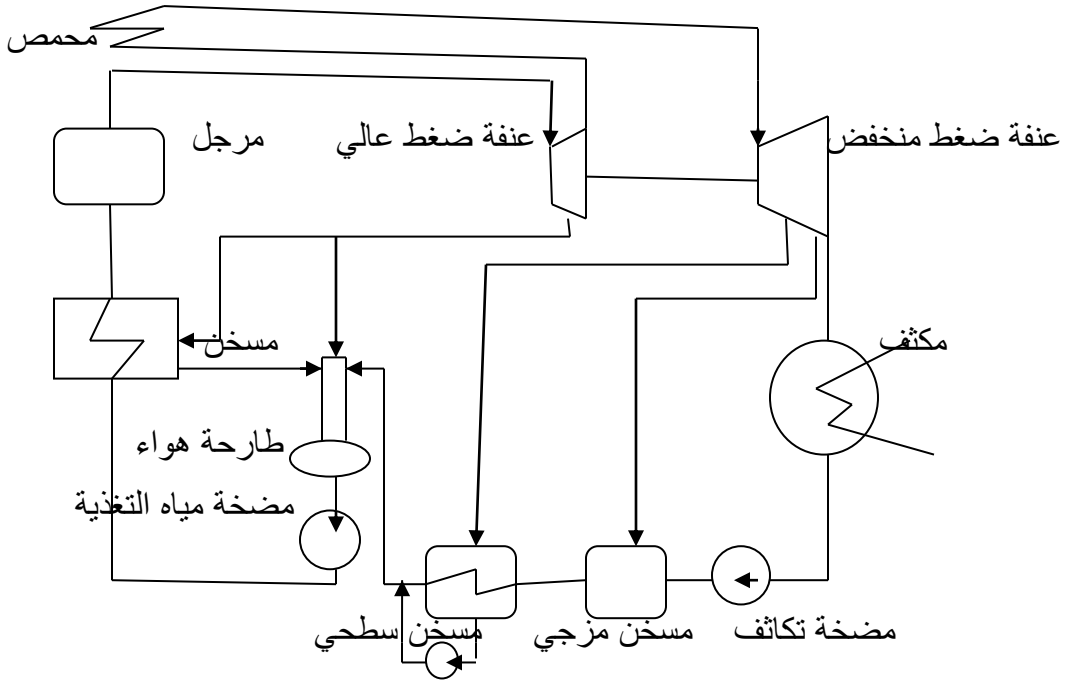
موارد الطاقة في سوريا

- النفط
- الغاز وهو نوعان غاز حر (مكامن مستقلة) وغاز مرافق ذائب في النفط
- مصادر مائية
- موارد الطاقات المتجددة

المحطات الكهروحرارية والبخارية

مخططات منشآت العنفات البخارية ومؤشرات نظام الاستهلاك الكهربائي

1- مخططات المنشآت العنفات التكثيفية



المخطط الحراري لمحطة توليد طاقة بخارية تكثيفية

يبين الشكل المخطط الحراري لمنشأة عنفية بخارية تتألف من العناصر التالية:
مرجل (مولد بخار) – عنفة بخارية - مكثف – مضخة تكثيفية – مسخن استرجاعي مزجي (مفتوح) – مسخن استرجاعي سطحي (مغلق) – طارحة هواء – مضخة مياه التغذية – مسخن استرجاعي عالي الضغط - محمص ثانوي

يمكن أن يكون المخطط الحراري أبسط من ذلك بدون تحميص ثانوي

أما المخطط الحراري البسيط يحوي **فقط** مرجل وعنفة بخارية ومكثف ومضخة مياه التغذية

مبدأ عمل المحطة:

تعطى الطاقة الحرارية إلى الدورة في مرحلة توليد البخار المحمص في المخطط الحراري بدون تحميص ثانوي, بينما في حالة التحميص الثانوي يتم تقديم الطاقة الحرارية على مرحلتين: الأولى إعطاء حرارة لتوليد البخار النقي (الجديد) والثانية إعطاء حرارة بعد خروج البخار النقي من العنفة عالية الضغط وقبل دخوله إلى عنفة الضغط المنخفض

يخرج البخار بعد تمدده في العنفة منخفضة الضغط إلى المكثف حيث يتكاثف البخار بفقده كمية حرارة إلى مياه التبريد ثم تضخ المياه المتكاثفة بواسطة المضخة التكثيفية إلى طارحة الهواء عبر مسخنات استرجاعية منخفضة الضغط (مزجية ومغلقة) التي تقوم بتسخين المياه المتكاثفة بواسطة البخار المستنزف من العنفة منخفضة الضغط الذي تنخفض درجة حرارته نتيجة تسخين المياه ليعود إلى الدورة بواسطة مضخة تصريف, تقوم طارحة الهواء بتخليص المياه المتكاثفة من الغازات الذائبة وتسخين هذه المياه بواسطة البخار المستنزف من العنفة.

تضخ المياه من طارحة الهواء بواسطة مضخة مياه التغذية عبر المسخنات الاسترجاعية عالية الضغط التي تقوم بتسخين المياه بواسطة البخار المستنزف من عنفة الضغط العالي لتذهب هذه المياه إلى الموفر ثم المبخر والمحمص الموجودين في المرجل ليخرج البخار المحمص وتكتمل الدورة أما إذا كانت الدورة تحوي محمص ثانوي يخرج البخار من عنفة الضغط العالي ليذهب إلى المحمص الثانوي ليعاد تحميصه ويذهب إلى عنفة الضغط المنخفض.

في المحطات ذات الاستطاعة العالية (الكبيرة) إن زيادة قيمة مؤشرات (الضغط ودرجة الحرارة) عند مدخل عنفة الضغط العالي مع ثبات قيمة الضغط التخلخلي الذي يتكاثف عنده البخار في المكثف يؤدي لزيادة المردود الحراري للمحطة.

2- المخطط التقني لمحطة الطاقة الحرارية البخارية العاملة على الغبار الفحمي:

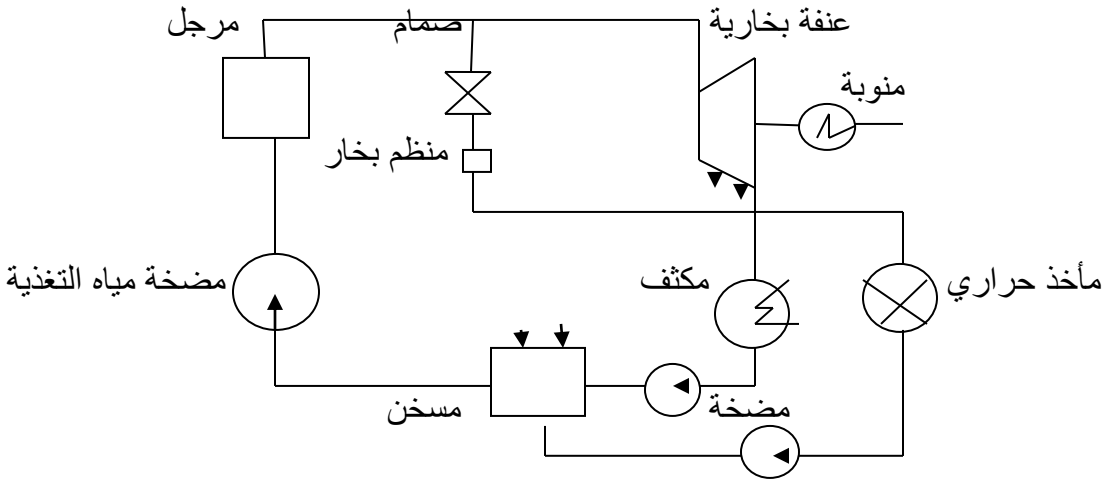
يصل الفحم (الوقود العضوي) المخزن إلى المحطة بواسطة السير النقال ثم ينقل الفحم إلى الكسارة أو مباشرة من أجهزة تفريغ العربات , ثم تخرج من الكسارة إلى المطاحن بعد مروره في قمع عبر المغذيات وعندما يصبح على شكل غبار يضخ بواسطة الهواء إلى الغربال والدوامة والمغذيات ومنها إلى الحراقات.

تخرج نواتج الاحتراق (الغازات) عبر المبادلات الحرارية في مولد البخار إلى الوسط الخارجي من المدخنة بواسطة مراوح امتصاص وذلك بعد أن ينظف من الرماد في المرشح الكهربائي ويدفع السائل الناتج بواسطة مضخة خاصة.

عندما يتولد البخار المحمص النقي يذهب إلى العنفة البخارية ويكمل دورته المغلقة كما شرحت سابقاً, تصل درجة حرارة البخار النقي إلى ^{o}c [540-565].

3- المخطط الحراري لمركز كهروحراري

المركز الكهروحراري هو عبارة عن محطة طاقة تقوم بإنتاج كلا النوعين من الطاقة (كهربائية وحرارية أي بخار أو ماء ساخن).

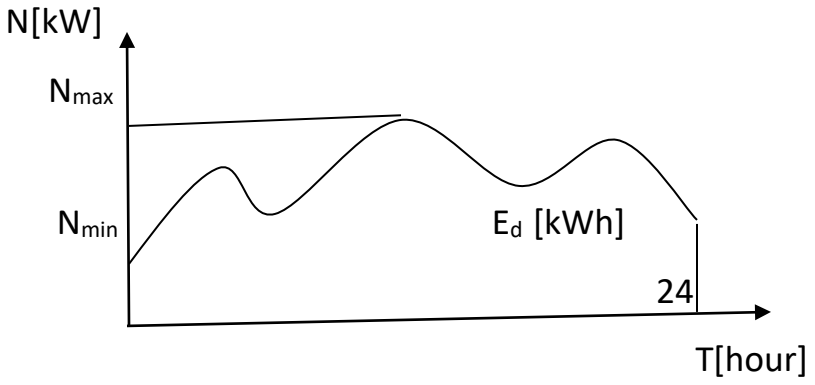


المخطط الحرارية لمركز حراري

مبدأ العمل:

يؤخذ جزء من البخار الخارج من المرجل إلى المأخذ الحراري من خلال الصمام ومنظم البخار لإنتاج الطاقة الحرارية (للتدفئة) والجزء الآخر يذهب إلى العنفة لإنتاج الطاقة الكهربائية حيث يمكن زيادة الطاقة الكهربائية المنتجة في ساعات الذروة على حساب تخفيض الطاقة الحرارية.

4- منحنيات الحمولة الكهربائية لمحطات الطاقة ومؤشرات نظام الاستهلاك الكهربائي



مخطط الحمولة الكهربائية اليومي

يبين الشكل المنحني المميز للحمولة الكهربائية وتغيرات إنتاج الطاقة ومقارنتها مع الاستهلاك خلال يوم 24 ساعة , يمكن أن يكون أسبوعي أو شهري أو فصلي أو سنوي.

إن عمل محطات الطاقة لإنتاج الكهرباء يتم بالتوافق مع الاستهلاك من خلال الشبكة بما فيها المنشآت الصناعية والمنزلية والإنارة ......, حيث يبين المنحني الساعات التي يتم فيها الاستهلاك الأعظمي مقارنة بالإنتاج أو ما يسمى ساعات الذروة.

إن المساحة المحددة تحت المنحني تمثل كمية الكهرباء المنتجة E_d [kWh] خلال يوم واحد 24 ساعة وتحسب من العلاقة:

$$E_d = \int_0^{24} NdT$$

N الحمولة الكهربائية kW

T الزمن hour

أما إنتاج الطاقة السنوي

$$E_a = \int_0^{8760} NdT$$

مميزات منحني الحمولة

f_{min} درجة التباين بين الحمولة الصغرى والعظمى (معامل أصغر حمولة) $f_{min} = \frac{Nmin}{Nmax}$

e_t معامل زمن العمل ويساوي عدد الساعات الفعلي T_t باليوم $e_t = \frac{Tt}{24}$

الحمولة الوسطية $N_m = \frac{Et}{Tt} = \frac{\int_0^{Tt} NdT}{24\ et}$

حيث E_t كمية الطاقة المنتجة الآنية (اللحظية)

E_{dmax} كمية الطاقة المنتجة الأعظمية اليومية

f_m معامل الحمولة الوسطية $f_m = \frac{Nm}{Nmax}$

g_{max} معامل استخدام الحمولة الأعظمية $g_{max} = \frac{Nm.24.ed}{Nmax.24} = f_m.e_d \frac{Et}{Edmax}$

عندما T_t=24 فإن e_d= 1 وبالتالي $g_{max} = f_m$ ويحدد عدد ساعات استخدام الحمولة الأعظمية T_{max} كما يلي:

$$E_t = g_{max}.\ E_{dmax} = g_{max} . N_{max} . 24$$

$$T_{max} = \frac{Et}{Nmax} = \frac{Nmax}{Nmax} . g_{max} . 24 = f_m . e_d . 24$$

n معامل أصغر حمولة $n = N_{min}/N_{max}$ وهو يعبر عن الحمولة أثناء الليل

إن مخطط الحمولة المبين في الشكل يشبه مخططات الحمولة لمختلف الأنظمة مع الأخذ بعين الاعتبار أن المعامل n والزمن T يختلفان عن باقي الأنظمة بحسب تشغيل المصانع التي تعمل على نظام الورديات, حيث أن وردية الليل لا تكون فيها الاستطاعة N_{min} أصغرية.

ω سرعة التحميل: هي نسبة تزايد ΔN [MW] خلال الزمن ΔT [min] اللازم لتقبل التزايد في الحمولة.

$$\omega = \frac{\Delta N}{\Delta T}$$

إن تحديد مؤشرات الاستهلاك السنوية له أهمية خاصة أثناء التصميم

$$T_{amax} = \frac{Ea}{Nmax} = \frac{Nam.Ta.ea}{Nmax} = g_{amax}.T_a$$

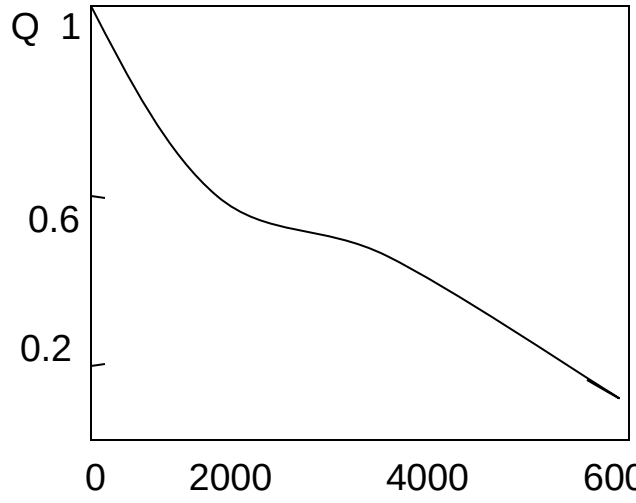
حيث: T_a زمن الاستهلاك خلال عام

N_{am} الاستطاعة الوسطية خلال عام

$g_{amax} = \frac{Nam.ea}{Nmax}$ معامل استخدام الحمولة الأعظمية خلال عام

إن مخطط الحمولة لمحطة كهروحرارية له مؤشرات مشابهة لمخطط الحمولة للطاقة الكهربائية حيث أن

Q_{max} أكبر حمولة حرارية



المخطط السنوي للطاقة الحرارية المستخدمة للتدفئة

$Q=k(t_{in} - T_0).V$ [kcal/h]

حيث: Q الطاقة الحرارية الضرورية

t_{in} [c] درجة حرارة الفراغ المدفأ

T_o[c] درجة حرارة الوسط المحيط

V[m^2] حجم الفراغ المدفأ

k [kcal/m^3h.c] معامل النفاذ الحراري

k=0.5 عندما V=1000[m^3]

k=0.25 عندما V=500[m^3]

5- تصنيف المحطات الكهروحرارية ذات العنفات البخارية

يتحدد نوع المحطة كما يلي:

1- نوع الطاقة المنتجة إما كهربائية أو حرارية وكهربائية أو حرارية لأغراض صناعية أو تدفئة وتهوية

2- نوع الوقود المستخدم (صلب, سائل, غاز)

3- نوع العنفات منخفضة الضغط (تكثيفية, ذات ضغط معاكس, تحوي مآخذ استنزاف للبخار لأغراض الاستهلاك الحراري)

4- قيم مؤشرات (بارامترات) البخار الابتدائية ونوع الدورة الحرارية المستخدمة MP (17-16) محطة ذات ضغط حرج واستطاعتها لا تزيد عن MW (200 – 150) وأكبر من MW 22 محطة ذات ضغط فوق الحرج

5- نوع مولد البخار في المحطات ذات الضغط دون الحرج يستخدم مولد بخار ذو حلة مع دوران طبيعي وفي المحطات ذات الضغط فوق الحرج يستخدم مولد بخار ذو جريان مباشر

6- البنية التقنية محطة مؤتلفة وتكون محطات تكثيفية حديثة وتحوي تحميص ثانوي وكل عنفة تتغذى بالبخار من مولد خاص فيها ولا يوجد أنابيب اتصال بين مجموعات البخار الجديد والمحمص وتتكون من مجموعة بلوكات مستقلة قد تتصل فيما بينها بأنابيب مساعدة ليس لها أي دور أساسي في عمل البلوك وهي رخيصة الثمن وبسيطة من حيث دارات التحكم والتوجيه.

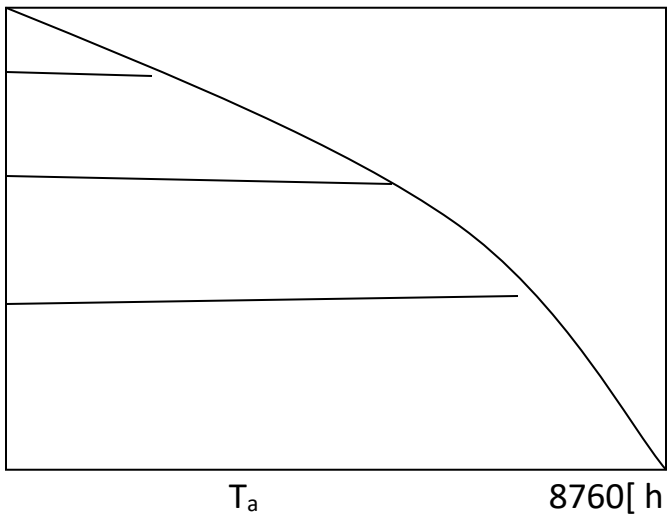
محطات غير مؤتلفة تتصل كافة المجموعات العنفية بأنبوب بخار مشترك يأتيه البخار من عدة مولدات ويوجد أنبوب مشترك لمياه التغذية.

7- ارتباط محطة الطاقة مع الجملة الطاقية إما منفصلة (معزولة) عن الشبكة أو جميع المحطات مرتبطة بجملة واحدة.

8- درجة التحميل واستخدام الاستطاعة الكهربائية وتقسم إلى:

أ- محطات قاعدية (أساسية) b وتعمل على الاستطاعة الاسمية (القائمة) الأعظمية سنويا أي

$$T_{max}= (6000\text{-}7000)[hour]$$



ب- محطات نصف قاعدية d/b

T_{max} = (4000-6000)[hour]

ج- محطات نصف ذروة d/p

T_{max} = (2000-4000)[hour]

د- محطات ذروة (p)

$T_{max} < 2000$[h]

تصنيف المحطات من حيث استخدام الاستطاعة

تعتبر المحطات القاعدية أو الأساسية ذات مؤشرات طاقية عالية وتحتوي عدة مجموعات ذات مستويات مختلفة وذات كلفة عالية للإنشاء إن جميع أنواع المحطات تغطي منحني الحمولة الكهربائي اليومي, بينما محطات الذروة فهي سهلة الإقلاع والإيقاف وذات كلفة قليلة نسبيا.

بمعرفة توزع المحطات واستطاعتها مقارنة مع الحاجة إلى الطاقة الكهربائية والاستطاعة المطلوبة يتم التخطيط لإنشاء محطات توليد جديدة. مع العلم أنه لا يمكن استخدام كامل الاستطاعة التي تنتجها المحطات القائمة لأن البعض منها لا يعمل بالحمولة الكاملة أو البعض منها يكون في حالة الصيانة الدورية أو الطارئة لذلك يؤخذ هذا الأمر أيضا لتغطية النقص في إنتاج الطاقة الكهربائية.

تقييم محطات الطاقة ووحدات التوليد

عندما يتم التخطيط لإنشاء محطة طاقة جديدة يؤخذ بعين الاعتبار بارامترين أساسيين:

- الخرج الإجمالي لجميع التجهيزات المركبة بال kW الذي يحدد من تقدير الاستطاعة المطلوبة الأعظمية.
- حجم وحدات التوليد موزعا بالنسبة لل kW ويعتمد على:

1- معامل الحمولة (مخطط الحمولة) اليومي أو الأسبوعي أو الشهري أو الفصلي أو السنوي

2- الحمولة الإجمالية للوحدات الموصولة إلى الشبكة الكهربائية

3- الزمن الأصغري للإقلاع والتوقف للمحركات

4- مخطط برنامج الصيانة

5- المردود الحراري الموافق لحجم الوحدة

6- السعر والمكان منسوبا بال kW الموافق لحجم الوحدة

وبناءً على الحمولة الأعظمية للتجهيزات يتم إنشاء مخطط الحمولة المفترض.

مثال:

عند إنشاء مخطط الحمولة استناداً لشروط الحمولة بالنسبة للمستهلك فإذا كان مخطط الحمولة لا يحوي هبوطً (ميولاً) فإن حاجة المستهلك تناسب القيمة المطلوبة الأعظمية للتجهيزات. لتحليل المحددات والعوامل المستعملة في الكهرباء الصناعية تستخدم العلاقات:

معامل الاستطاعة للمحطة $n = E[kWh]/N_{inst}[kW] .8760 [h]$

زمن تشغيل الاستطاعة الأعظمية $T[h] = E[kWh]/N_{inst}[kW]$

معامل أعظم حمولة $m = E [kWh]/N_{max}[kW].8760[h]$

المعامل الاحتياطي $r = n/m = E_{max}/E_{inst}$

معامل الاستخدام $u = E/N_{inst}\,8760 = n$

إذا كان عدد ساعات العمل لا يساوي [h] 8760 فإن n لا تساوي u

معامل الطلب على الطاقة = الحاجة الأعظمية الآنية/ الحاجة الكلية المركبة

$$dem = N_{max}[kW] / N_{com}[kW]$$

div معامل الاختلاف = مجموع حملات الذروة للمستهلك / حمولة الذروة الآنية للنظام

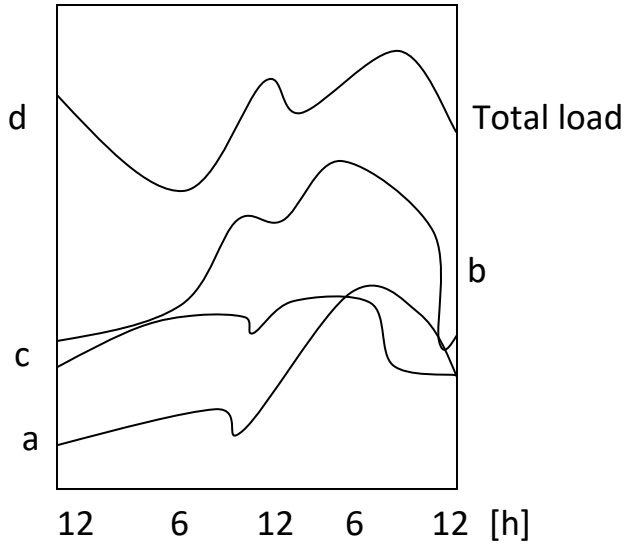
بفرض أن مجموعة المستهلك بحاجة إلى 1000MW لتجهيزات الإنارة وأن dem = 0.54 فإن الحمولة الأعظمية للنظام

$$N_{max} = N_{com} * dem = 1000 *0.54 =540 MW$$

ومعامل الاختلاف حسب الشكل $div = (a + b + c)/d$

حيث d حمولة الذروة الأعظمية

a, b, c حمولات الذروة للمستهلك حسب المخططات المبينة على الشكل



الحمولة المولدة من محطة الطاقة = الطاقة الاحتياطية + المضخات + المراوح + الضواغط + الضياعات في خطوط النقل والتوزيع.

الشروط الفنية والاقتصادية الأساسية في المحطات الكهروحرارية

1- **الوثوقية**: تتصف الوثوقية في المحطات بإمكانية تحقيق العمل وبدون انقطاع لإنتاج الطاقة الكهروبائية حسب حاجة المستهلك وتوزيع الحمولة مع تأمين التغيرات السريعة للحمولة وقدرتها على التحمل أثناء الإقلاع السريع أو التوقف بدون أن يلحق الضرر بالمواصفات الفنية للمعدات والمحافظة على المؤشرات الاستثمارية الأفضل خلال الاستثمار وخاصة أنه في المحطات يتم التوليد (الإنتاج) والاستهلاك بنفس الوقت وهذا يتعلق بنوعية المعدات وخطوط التوصيل. تقدر الوثوقية للمنشأة حسب مفهوم الجاهزية P.

$$P = T_p /(T_p + T_{av})$$

حيث: T_p [hour] الزمن اللازم لكي تصبح المجموعة في حالة الجاهزية

$$T_p = T_{tr} + T_{rez}$$

T_{tr} زمن العمل و T_{rez} زمن الاحتياط

T_{av} زمن الأعطال والصيانة (ساعة في السنة)

2- **الاقتصادية:** يؤخذ بعين الاعتبار في اقتصادية المحطة جانبين أساسيين:

الكلفة التأسيسية وتشمل كلفة البناء للمنشأة والكلفة الاستثمارية التي تشمل تكاليف الإنتاج (مصروف الوقود واهتلاك المعدات والأبنية .....).

يتم تقييم كل منها باستخدام المؤشر العام للاقتصادية (المصروفات الحسابية)

$$Z_v = P_n . K_v + u_v$$

حيث: $P_n = 0.12$ المعامل النظامي للفعالية ويتعلق بالظروف الاقتصادية

K_v مؤشر الكلفة التأسيسية

u_v مؤشر الكلفة السنوية

أثناء حساب الكلفة الإجمالية للمحطة يجب اختيار أقل قيمة بحيث تكون $Z_v = Z_{min}$

ومع الأخذ بعين الاعتبار تغير المصاريف الجارية (الاستثمارية) حسب الفترات الزمنية المختلفة للاستثمار تؤخذ هذه المصاريف بالنسبة للفترة الزمنية الجارية باستخدام معامل التحويل B

$$B = 1/ (1+ P_{n,a})^t$$

حيث: t فترة التحويل الزمنية بالسنوات

$P_{n,a} = 0.08$ معامل التحويل النظامي للمصاريف المختلفة (خلال سنوات مختلفة) وفي حال تساوي كميات الطاقة الكهربائية المنتجة E في سنوات مختلفة تحسب عندها المصاريف النوعية بالعلاقة:

$$Z_s = (P_n \cdot K + u) / E$$

تتألف تكاليف الإنتاج السنوية من :

تكاليف الإنتاج السنوية الثابتة $u_c = u_{an} + u_{ex}$

التكاليف الإجمالية السنوية $u_a = u_c + u_t$

U_{an} تكاليف الاهتلاك (صيانة دورية)

U_{ex} مصاريف استثمارية (صيانة طارئة أو جارية وأجور ...)

U_t مصاريف الوقود (متغيرة سنويا)

تحدد الاقتصادية العامة لفعالية توظيف رأسمال المال في السنة

$$E_c = (U_1 - U_2)/ K$$

U_1 تكاليف الإنتاج السنوية لوحدة إنتاج الطاقة قبل توظيف رأسمال K

U_2 تكاليف الإنتاج السنوية لوحدة إنتاج الطاقة بعد توظيف رأسمال K

بينما فترة استرداد رأس المال بالسنة

$$T = K /(U_1 - U_2) = 1/ E_c$$

يتوجب أثناء إجراء المقارنة بين مجموعة محطات أن تكون الوثوقية متساوية ونفس الإنتاج ودرجة المحافظة على البيئة ومنع التلوث نفسه فيما بينها.

المؤشرات الاقتصادية الحرارية والطاقية للمحطات والمراكز الكهروحرارية البخارية

يعطى الميزان الحراري خلال واحدة الزمن بالعلاقة:

$$Q_{st} = N_{el} + \Delta Ng + \Delta Nm + Qc + Qtr + Qt + \Delta Qsg + \Delta Qct$$

حيث:

Q_{st} [kW] المصروف الحراري الوقودي العام

N_{el} [kW] الاستطاعة الكهربائية

ΔNg [k W] الضياعات في المنوبة (الاستهلاك الذاتي لتأمين حاجة المركز)

$\Delta Nm[kW]$ الضياعات الميكانيكية في العتفة

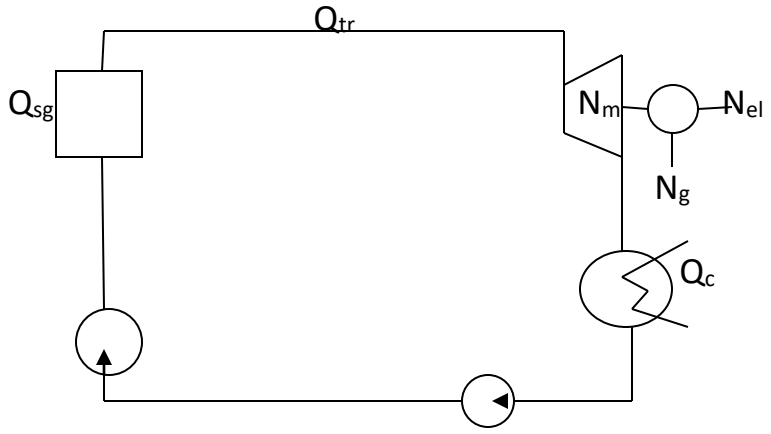
$Qc[kW]$ الضياعات الحرارية في المكثف

$Qtr[kW]$ ضياعات حرارية في الأنابيب بين المرجل والعنفة

$Qt[kW]$ كمية الحرارة المستخدمة في التدفئة

$\Delta Qsg[kW]$ الضياعات الحرارية في المرجل

$\Delta Qct[kW]$ الضياعات الحرارية أثناء إعداد ونقل الوقود



المخطط الحراري لمنشأة عنفية بخارية بسيطة

يتألف من مرجل وعنفة ومكثف ومضخة تكثيفية ومضخة مياه التغذية

بإهمال الضياعات الحرارية في نقل الوقود والمستخدمة في التدفئة تصبح العلاقة بالشكل:

$$Q_{st} = N_{el} + \Delta Ng + \Delta Nm + Qc + Qtr + \Delta Qsg$$

فإذا كانت N_i الاستطاعة الداخلية للعنفة $N_i = N_{el} + \Delta Ng + \Delta Nm$

وكانت $\Delta Qinst$ مجموع الضياعات في في العنفة والمكثف $\Delta Qinst = \Delta Nm + Qc + \Delta Ng$

تصبح علاقة المصروف الحراري الوقودي العام

$$Q_{st} = N_i + Qc + Qtr + \Delta Qsg$$

ويكون إنتاج الطاقة السنوي [kWh]أو [GWh] E_a بدل الاستطاعة

ويكون المصروف الحراري على منشأة العنفة يساوي مجموع الطاقة الحرارية الضائعة في المكثف والاستطاعة الكهربائية الناتجة عن العنفة $Q_{inst} = N_i + Q_c$

بينما كمية الحرارة الناتجة عن احتراق الوقود (المصروف الحراري الوقودي) يذهب جزء منها كضياعات حرارية في المرجل والجزء الآخر Q_{sg} يصرف لتحويل الماء إلى بخار الذي يذهب جزء منه كضياعات في أنابيب النقل بين المرجل والعنفة Q_{tr} والباقي يذهب إلى منشأة العنفة الذي يتوزع على الاستطاعة N_i وضياعات المكثف Q_c.

تقدر فعالية المحطة البخارية بالمردود $\eta_{st} = \frac{Nel}{Qst}$

ويكون المردود خلال سنة = الإنتاج السنوي من الطاقة E_a مقسوماً على الاستهلاك الحراري السنوي Q_{ast}

$$\eta_{st} = \frac{Ea}{Qast}$$

مردود المرجل (مولد البخار) = الطاقة الحرارية التي اكتسبها البخار في المرجل Q_{sg} مقسوما على الطاقة الحرارية للوقود Q_{st}

$$\eta_{sg} = \frac{Qsg}{Qst}$$

ومردود أنابيب نقل الحرارة = الطاقة الحرارية Q_{inst} المقدمة للعنفة مقسوماً على الطاقة الحرارية Q_{sg} التي اكتسبها البخار في المرجل

$$\eta_{tr} = \frac{Qinst}{Qsg}$$

أما مردود العنفة يساوي الاستطاعة الكهربائية N_{el} مقسوماً على الطاقة الحرارية المقدمة للعنفة Q_{inst}

$$\eta_{inst} = \frac{Nel}{Qinst}$$

فيكون المردود العام للمحطة يساوي جداء هذه المراد

$$\eta_{st} = \eta_{sg} + \eta_{tr} + \eta_{inst} = \frac{Qsg}{Qst} \cdot \frac{Qinst}{Qsg} \cdot \frac{Nel}{Qinst} = \frac{Nel}{Qst}$$

مع الأخذ بعين الاعتبار الاستهلاك الذاتي من الكهرباء في المحطة ΔN_{el} تصبح علاقة المردود العام بالشكل

$$\eta_{st} = \frac{Nel-\Delta Nel}{Qst} = \frac{Nel}{Qst}(1-\beta)$$

أما المردود العام السنوي

$$\eta_{ast} = \frac{Ea-\Delta Ea}{Qast} = \frac{Ea}{Qast}(1-\beta a)$$

حيث: $\Delta E_a[kWh]$ الاستهلاك الكهربائي الذاتي السنوي لتشغيل (مضخات, مراوح, إنارة.....)

B_a =(0.04-0.05) معامل (حصة) الاستهلاك الذاتي السنوي من الطاقة المولدة

$E_a[kWh]$ الطاقة الكهربائية المنتجة سنوياً

$\Delta N_{el}[kW]$ حاجة المحطة من الاستطاعة الكهربائية المستخدمة لتشغيل (مضخات.....)

$N_{el}[kW]$ الاستطاعة الكهربائية المفيدة الناتجة عن المحطة

β معامل (حصة) الاستهلاك الذاتي للمحطة

تتراوح قيم المراديد في المحطات ذات الاستطاعة الكبيرة وفق التالي:

$\eta_{st} = (0.39 - 0.43)$, η_{sg}= (0.9-0.94), η_{tr}=0.99 , η_{inst}=(0.44-0.46)

مسألة: محطة بخارية تكثيفية استطاعتها N_{el} = 20000 [kW] بفرض أن مردود المنشأة العنفية η_{inst}=0.42 ومردود أنابيب النقل η_{tr} =0.99 ومردود المرجل η_{sg}=0.92 المطلوب:

احسب الطاقة الحرارية المقدمة للعنفة Q_{inst} والطاقة الحرارية في أنابيب النقل Q_{tr} والطاقة الحرارية المستهلكة في المرجل لتحويل الماء إلى بخار Q_{sg} والمصروف الحراري للوقود Q_{st} .

إذا كان معامل الاستهلاك الذاتي في المحطة β =0.04 المطلوب : احسب المردود العام للمحطة

$$Q_{inst} = N_{el} / \eta_{inst} = 20000/0.42 = 47619 \text{ [kW]}$$

الطاقة الحرارية في أنابيب النقل

$$Q_{tr} = Q_{inst} / \eta_{tr} = 47619/0.99 = 48100 \text{ [kW]}$$

الطاقة الحرارية في المرجل

$$Q_{sg} = Q_{tr} / \eta_{sg} = 48100/0.92 = 52282.6 \text{ [kW]}$$

المردود العام للمحطة

$$\eta_{st} = \eta_{sg} + \eta_{tr} + \eta_{inst} = 0.92 * 0.99*0.42 = 0.38$$

المصروف الحراري للوقود

$$Qst = N_{el} / \eta_{st} = 20000 / 0.38 = 52631.5 \text{ [kW]}$$

المردود الحراري العام

$$\eta_{st} = \frac{Nel}{Qst}(1-\beta) = \frac{20000}{52631.5}(1- 0.04) = 0.36$$