Energetica

02/03/2009

- prof. Alessandro Franco c/o Dip. Energetica (Ed. 8), tel. 050/
- ricevimento: lun. 16:30-18:30, mer. 9-10:30, ven 9:30-10:30 / email alessandro.franco@ing.unipi.it
- modalità d'esame: colloquio orale (circa 4 domande – 1 ora).
- testi: 1) Comini, Cortella - "Energetica generale", SGE Padova
  2) dispensa del docente fornita in aula
- programma di massima: richiami di termodinamica e complementi; apparati e sistemi di scambio termico; principi e metodologie di conversione delle fonti fossili; principi e metodologie di conversione delle fonti rinnovabili.

MASTER COPY
Tel. 388/9837745

03/03/2009

Con <u>energia</u> in generale si intende del movimento o della capacità di determinare movimento. L'energia esiste in varie forme: elettrica, meccanica, elettromagnetica, chimica, nucleare, termica, Tutte queste forme sono <u>metrologicamente equivalenti</u> e sono convertibili l'una nell'altra, alcune integralmente, altre in modo più difficile e comunque parzialmente.
Esistono dunque diverse "qualità" di energia: ad esempio nel caso dell'energia termica la temperatura è un indicatore qualitativo perché determina la frazione massima che può essere convertita in lavoro (il fattore $\left[1-\frac{T_0}{T}\right]$ della legge di Carnot).
Esiste poi una tendenza dell'energia a degradarsi secondo il principio di aumento dell'entropia dell'universo.
Si cercherà di associare le varie forme di energia con le fonti di energia, che hanno <u>caratteristiche</u> intrinseche diverse riguardo il tipo di energia ottenibile più direttamente; la potenza specifica (cioè quella ottenibile per unità di fonte) e la scala dei sistemi utilizzatori; la disponibilità (costante, periodica o casuale); i costi di approvvigionamento e le economie di scala; l'impatto ambientale.
Le <u>grandezze fondamentali</u> sono quelle relative al lavoro, ed alla potenza; la prima misurata in Joule, Kilowattora, Tep; il secondo in Watt. Sono utilizzati molto spesso i multipli delle unità di misura del Sistema Internazionale (Joule e Watt) perché questi sono piuttosto piccole.

$1K = 10^3$	$1T = 10^{12}$	(Tera)	Prefissi usati per i multipli delle unità di misura.
$1M = 10^6$	$1P = 10^{15}$	(Penta)	
$1G = 10^9$	$1E = 10^{18}$	(Exa)	

Le equivalenze tra le principali unità di misura utilizzate nella tecnica e quelle del Sistema internazionale sono le seguenti:

$1\ KWh = 1000\ W \cdot 1\ h = 1000\ W \cdot 3600\ s = 3{,}6 \cdot 10^6\ J = 3{,}6\ MJ$

$1\ Kcal = 4186\ J$

$1\ Kgm = 9{,}81\ J$

$1\ Btu = 1{,}055\ KJ$

$1\ TEP = 41{,}86\ GJ$

$1\ TEC = 29{,}3\ GJ$

Energia

$1\ Kcal/h = 4186\ J / 3600\ s = 1{,}163\ W$

$1\ Cv = 735{,}5\ W$

$1\ HP = 745{,}7\ W$

$1\ Btu/h = \sout{0{,}293}\ 1055\ J / 3600\ s = 0{,}293\ W$

Potenza

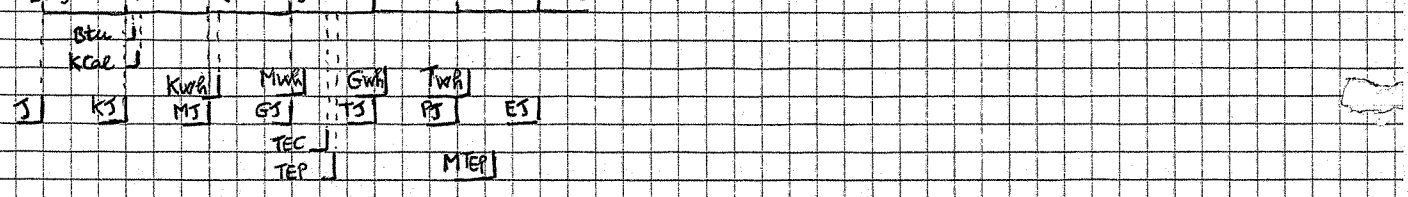
La percezione comune dell'energia è legata al potere calorifico dei combustibili: si può rappresentare su una scala il potere calorifico di vari tipi di combustibile:

- legna 6 MJ/Kg
- torba 12 MJ/Kg
- legname 15-20 MJ/Kg
- lignite 20 MJ/Kg
- carbone (sub-bituminoso) 20-30 MJ/Kg
- antracite 31-32 MJ/Kg
- oli combustibili 41-47 MJ/Kg
- metano 50 MJ/Kg
- idrogeno 120 MJ/Kg

.....

- comb. nucleari $\sim 10^5$ MJ/Kg

Mettendo invece su una scala le unità di misura si ha:



Ognuna di queste unità di misura può essere associata a grandezze percepibili praticamente: ad esempio 1 grammo di petrolio contiene una energia equivalente a 7 minuti di accensione di una lampadina da 100 W, oppure al riscaldamento di 1°K di 10 Kg di acqua, ma anche a circa 20 metri percorsi con una automobile media, o ad un sollevamento di un quintale per circa 40 metri. Tutte grandezze che equivalgono a 41,86 KJ. Invece 1 KWh coincide col consumo di una lavatrice in un'ora; 1 GWh è l'energia prodotta da una centrale nucleare grande in un'ora; 8 TWh è quella prodotta da una analoga in un anno; mentre l'Italia ha un bilancio energetico di circa 200 MTEP (di cui per la parte elettrica ~350 TWh) ed a livello mondiale il bilancio è 12000 MTEP (di cui parte elettrica 18000 TWh)

eitangarbawy@gmail.com

MASTER COPY

Tel. 388/9837745

04/03/2009

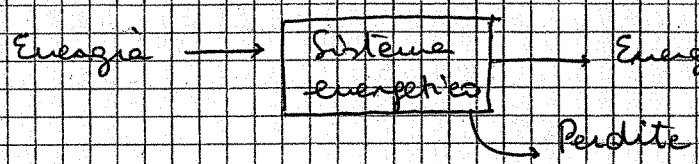
Vediamo alcuni esempi sulla potenza ed i relativi ordini di grandezza: una calcolatrice necessita di pochi Watt di potenza; le lampade per l'illuminazione dai circa 10 W ai 250 W delle luci stradali; un computer è intorno ai 250 W; un frigorifero domestico sui 500 W; altri elettrodomestici con movimento (lavatrice, lavastoviglie) circa 1 KW; un asciugacapelli intorno a 1,6 KW; il forno elettrico ed il ferro da stiro circa 2 KW; una caldaia domestica a metano circa 20 KW; un'automobile di media cilindrata sui 50 KW; una turbina eolica di diametro 80 metri (area $\approx 5000\ m^2$) circa 1,5 MW; le prime turbine a gas erano sui 2 MW mentre attualmente arrivano a 400 MW; una centrale termoelettrica produce (da carbone) circa 1 GW (le prime $\approx$ 150 MW); gli impianti nucleari più moderni producono circa 1,6 GW; ~~sicché~~ i più grandi impianti idroelettrici arrivano a 12 GW; la radiazione solare che alle nostre latitudini colpisce il suolo è, per ogni metro quadrato, tra i 100 W e 1 KW.

Non si possono quindi paragonare, ad esempio, una centrale di produzione elettrica da carbone, che produce circa 1 GW su una superficie di circa 10 ettari, con un impianto solare, anche se funzionante in modo ideale, che per produrre 1 GW deve occupare centinaia di ettari.

Per l'impianto eolico già considerato (80 metri di diametro delle pale, produzione sui 1,5 MW) si può parlare invece di potenza specifica, dividendo la potenza prodotta per l'area interessata: nel caso considerato si ottiene 300 W/m^2 che è analoga alla potenza specifica dell'irraggiamento solare al suolo.

Considerando invece 1 ettaro di terreno che produce circa 2-4 tonnellate di residui l'anno, utilizzati come biocombustibile di potere calorifico 6 MJ/Kg, si ottiene una potenza specifica (data dal rapporto disponibilità energetica annua/superficie · tempo) di $\approx 0{,}1\ W/m^2$, che per produrre 1 GW richiede un'area di 10000 ettari.

L'utilizzo come prima fonte energetica dei combustibili fossili ha introdotto una concezione di centrale elettrica concentrata in un unico sito che, nel passaggio alle fonti rinnovabili, si dovrà necessariamente abbandonare, perché gli ordini di grandezza non sono comparabili.



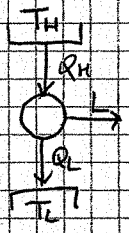
Poiché in un sistema di conversione dell'energia non tutta quella in ingresso viene trasformata, ma si hanno delle perdite, il parametro fondamentale è il rendimento, che indica la parte di energia che viene trasformata.

$$\eta = \frac{\text{energia trasformata}}{\text{energia utilizzata}} = 1 - \frac{\text{perdite energetiche}}{\text{energia utilizzata}}$$

Nel caso di una macchina termica ciclica si può calcolare il rendimento come segue:

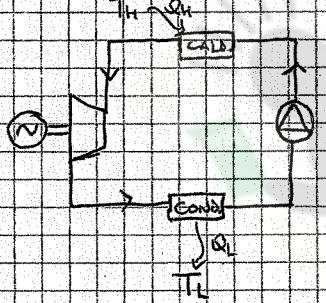
MASTER COPY

Tel. 388/9837745



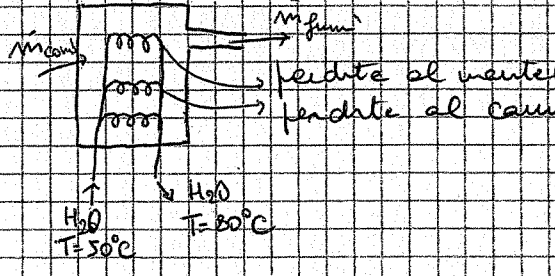
$$\eta = \frac{L}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

Per un ciclo di Hirn (o, come è più noto, ciclo di Rankine a vapore surriscaldato) il rendimento pratico è intorno al 40%.



$$\eta = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} \simeq 0{,}4$$

Una caldaia domestica ha rendimento molto alto, perché le perdite in calore sensibile comunque l'acqua e parte quelle al mantello ed al camino: arriva circa al 90%.



$$\eta = \frac{\dot{m}_{H_2O} \cdot c_p \left(T_{out,H_2O} - T_{in,H_2O} \right)}{\dot{m}_{comb.} \cdot PCI_{comb.}}$$