MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

Fondamenti di Energetica

1. Definizioni delle fonti energetiche: primarie secondarie, da capitale e rinnovabili

Si dicono *primarie* le fonti energetiche seguenti: radiazione solare, petrolio, gas naturale, carbone e tutte le altre disponibili senza trasformazioni operate dall'uomo. Le fonti *derivate* sono quelle che forniscono energia in seguito a una combustione, del funzionamento di una macchina termica o idraulica e di altre simili. L'energia potenziale dell'acqua contenuta in un bacino alpino è fonte primaria, quella elettrica che si ottiene attraverso una turbina idraulica dalla stessa acqua è considerata secondaria.

Il petrolio, il carbone e il gas naturale sono dette anche *fonti primarie da capitale*, in quanto si sono formate per azione del sole nel corso delle ere geologiche.

Le fonti rinnovabili

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

2. Energia solare

L'energia che provenendo dal sole incide normalmente sulla superficie terrestre è circa pari a 1,4 KW/m^2. A causa del rinvio e dell'assorbimento dissipativo nell'atmosfera al livello del mare giunge una potenza specifica pari alla metà di quella che proviene. L'irraggiamento al livello del mare dipende dalla latitudine, dal giorno dell'anno e della'ora, ma anche dallo stato del cielo. Questo varia da 0 a poco più di 1 kW/m^2.

Il rapporto tra l'energia che giunge sul nostro pianeta dal sole e quella corrispondente all'attuale consumo di combustibili fossili è pari circa all'$1,8x10^4$. L'energia proveniente dal sole è di ben quattro ordine di grandezza maggiore di quella attualmente ricavata dai combustibili fossili.

3. Energia elettrica dal solare: problematiche dovute alle elevate superfici a all'accumulo

Si assuma un valore di $1kW/m^2$ come insolazione massima. L'energia media annuale che ne risulta è pari 1,2 kWh; supposto infine che il coefficiente di utilizzazione dell'impianto sia 0,8, si ottiene che l'impianto solare funziona come se sullo stesso incidesse con continuità di 0,11 kW/m^2. La suddetta potenza, o energia, deve essere convertita nella forma elettrica e il rendimento (con cellule fotovoltaiche di silicio è inferiore al 15%), ne segue che ogni metro quadrato di cellule fotovoltaiche può fornire:

$$1.2*10^3 \times 0.8 \times 0.15 = 1.4*10^2 \text{ kWh elettrici}$$

In accordo con le stime della richiesta di energia primaria italiana pari a $8*10^{18}$ J per anno, in termini di potenza la domanda media sarà dunque pari a $2.5*10^5$ MW, la richiesta media di energia elettrica si può prevedere pari a $2,6*10^{11}$ kWh. Se si vuole ottenere tutta la suddetta energia mediante celle fotovoltaiche, è necessario impiegare

$$2.6*10^{11}\ \text{kWh} / 1.4*10^2\ \text{kWh}*\text{m}^{-2} = 1.9*10^9\ \text{m}^2$$

di pannelli solari. Tenuto conto delle superfici necessarie per operazioni di montaggio e riparazione ed altresì aree di rispetto, il valore deve essere più che raddoppiato; si conclude che l'area necessaria raggiunge il valore di $5*10^3$ km^2. Si deve tenere conto poi degli impianti di accumulo che, per gli impianti solari, sono indispensabili a causa del funzionamento intermittente e continuamente variabile in questi impianti. In media i sistemi oggi conosciuti dissipano almeno il 25% dell'energia.

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

4. Perdite energetiche per ottenere l'energia elettrica. Pile a combustibile

Dopo l'uscita dall'alternatore alla centrale di produzione, l'energia elettrica deve subire un processo di trasformazione: dalla tensione di uscita ad alta tensione. Successivamente deve essere trasportata a grande distanza con le linee ad alta tensione, poi trasformata a media tensione e trasportata a piccola distanza, infine portata all'utente sotto forma di energia a bassa tensione. Tutti questi trasporti e trasformazioni implicano una perdita non inferiore al 15%.

Se si vuole iniziare il conto da 100J di energia chimica del prodotto petrolio nel pozzo, le perdite sono: circa il 10% per l'estrazione e il trasporto, circa il 10% per la raffinazione, 55% degli 80J restanti si perdono nella centrale termoelettrica, ipotizzando un rendimento del 45%. Alla fine, vuol dire, che usciti dall'alternatore si ottengono 36J e all'utente ne giungono 30J.

Un altro sistema di accumulo è quello dell'idrogeno. Mediante l'energia che si ricava da un impianto solare - fotovoltaico, si può ottenere l'idrogeno dall'elettrolisi dell'acqua; questo gas

Fondamento della termodinamica: la riduzione delle irreversibilità implica un aumento dei rendimenti: a sua volta la riduzione delle irreversibilità, ovvero l'avvicinamento al funzionamento reversibile, implica a parità di volume dell'impianto minore potenza e a parità di potenza, maggiore volume dell'impianto, dunque maggiore spesa energetica.

La convenienza del miglioramento termodinamico dell'impianto deve essere calcolata mediante un bilancio energetico globale (*spesa d'impianto + spesa di processo*). Queste considerazioni e i corrispondenti calcoli approssimativi, mettono in chiara evidenza le difficoltà di realizzare grandi centrali elettrosolari.

L'impiego nel settore privato del sole sembra più semplice e ragionevole.

deve essere immagazzinato, quindi utilizzato in celle a combustibile per produrre energia elettrica in assenza di sufficiente irraggiamento solare.

Il primo processo, ossia l'elettrolisi, ha un rendimento vicino all'80%; le pile, o celle a combustibile hanno a loro volta un rendimento non superiore al 60%; ne segue che meno del 50% dell'energia iniziale viene successivamente restituito.

Sin ora si sono considerate soltanto le cosiddette spese energetiche di processo, vale a dire le dissipazioni e i rendimenti strettamente collegati alle successioni di trasformazioni termodinamiche che si debbono fare per ottenere alla fine l'energia nella forma voluta. Esistono anche le spese di impianto, vale a dire i consumi energetici necessari per costruire la centrale o l'impianto che produce l'energia nella forma voluta.

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

5. **I principio della termodinamica per sistemi non stazionari a k bocche**

6. **II principio della termodinamica per sistemi non stazionari a k bocche**

7. **Significato del termine produzione di entropia. Introduzione al concetto di exergia. Exergia di flusso e di sistema**

$$L' = Q_e\,(1 - T_a/T_o^{+}) + G(I_e - T_aS_e) - G(I_u - T_aS_u) - Ta(S_1)_t$$

Questa è definita equazione exergetica e si ottiene dalla combinazione delle due equazioni di bilancio e che, di conseguenza, può sostituire una delle due ma non entrambe, suggerisce alcune importanti precisazioni e osservazioni:

- Far coincidere la temperatura media di scambio T_o^{+} con la temperatura ambiente Ta significa dare alla prima il suo valore limite inferiore; una siffatta imposizione ha significato solo nel caso di reversibilità.
- Se l'entalpia e l'entropia di entrata coincidono con quelle di uscita, (se il fluido dopo aver percorso tutto il volume di controllo si ritrova nelle condizioni di ingresso), e se in accordo con la precisazione precedente si pone nullo il termine di produzione entropica, l'equazione energetica stabilisce che il rapporto tra la potenza esterna netta effettivamente ottenuta e il flusso termico entrante totale coincide con il cosiddetto fattore di Carnot: $(1-T_a)/T_o^{+}$; (per il caso in cui $T_o^{+} < T_a$) ovvero della macchina frigorifera, l'equazione che stabilisce L' deve essere negativa e fornisce l'espressione del consumo specifico.

- Se Q_e è uguale a zero, la relazione in esame dice che la potenza esterna netta è data dalla differenza tra le exergie di entrata e di uscita (con Exergia I - TaS).

8. Confronti energetici sulle varie modalità di effettuare il riscaldamento di ambienti

9. Ancora sui principali impieghi dell'energia primaria: produzione di energia elettrica, trasporto e riscaldamento

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

10. Spesa energetica di processo di impianto e di distribuzione

11. Generalità sugli scambiatori

Gli scambiatori di calore sono organi aperti nei quali avvengono scambi termici tra due o più fluidi, generalmente gli scambi di lavoro tra i fluidi che scorrono nello scambiatore sono nulli, o del tutto trascurabili, e altrettanto trascurabili sono gli scambi con l'esterno.
Purché i flussi termici con l'esterno sono generalmente molto piccoli, lo scambiatore viene considerato un apparato isolato, tranne che in corrispondenza delle bocche di entrata e di uscita dei fluidi che lo percorrono. Gli scambiatori si suddividono in due grandi categorie: a miscelamento ed a fluidi separati; quest'ultimi sono detti anche a superficie perché i fluidi che scorrono nei medesimi sono separati l'uno dall'altro da una o più pareti.
Considerando il funzionamento stazionario di uno scambiatore a due fluidi separati e quattro bocche; a causa della stazionarietà le portate di entrata debbono coincidere con quelle di uscita, tutte le grandezze non dipendono dal tempo. Se l'apparato è isolato rispetto all'esterno ed i flussi termici assiali attraverso le bocche sono trascurabili.

$$G'(I'e - I'u) + G''(Ie'' - I''u) = 0$$
$$G'(S'e - S'u) + G''(S''e - S''u) - S_{1_t}$$

Ovviamente si sono ritenuti trascurabili i termini macroscopici. Da queste relazioni possono essere tolti i valori medi delle entalpie e delle entropie se gli ingressi vengono fissati un poco a monte della zona di scambio termico, e gli sbocchi un poco a valle. Le due relazioni sono assai generali; si trascurano anche le perdite di carico, ritenendo che la produzione di entropia per attrito sia piccola rispetto al quella derivante dai gradienti di temperatura). Sotto queste ipotesi le pressioni di ingresso coincidono con quelle di uscita, e per i fluidi termodinamici i due bilanci divengono:

$$G'cp'(T'e - T'u) + G''cp''(T''e - T''u) = 0$$

$$G'cp' \ln\left(\frac{T'u}{T'e}\right) + G''cp''\left(\frac{T''u}{T''e}\right) = S_{1_t} > 0$$

12. Scambiatori equicorrente, controcorrente e a fasci tubieri: risoluzione con metodo a parametri concentrati

13. Complementi sulle macchine frigorifere e le pompe di calore

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

14. I principali impieghi dell'energia primaria: produzione di energia elettrica, trasporto e riscaldamento

15. Macchine criogeniche: il ciclo Gifford-Mc Mahon

Questo tipo di criogeneratore è realizzato per fornire potenze criogeniche tali da determinare temperature di regime dell'ordine di 10k ed è costituito da due stadi. Ogni criogeneratore si compone di due unità principali:

- Il gruppo compressore che fornisce elio compresso al gruppo refrigeratore ed è costituito da un compressore ermetico: da uno scambiatore di calore gas-liquido refrigerante per il raffreddamento del gas dopo la compressione