



Le centrali termoelettriche tra presente e futuro

di Costantino Parlani

Dagli anni '60, non essendo più possibile incrementare la potenza idroelettrica disponibile, si è registrato un considerevole aumento delle installazioni termoelettriche che ad oggi forniscono in Italia il maggior contributo d'energia elettrica, pari a circa l'85%

L'utilizzo delle centrali termoelettriche nel nostro Paese è cresciuto contemporaneamente all'aumento della richiesta d'energia elettrica determinata dallo sviluppo industriale.

Un gruppo termoelettrico è sostanzialmente composto di una caldaia nella quale è vaporizzata una certa quantità d'acqua a spese del calore fornito dal combustibile; di una turbina che riceve il vapore e trasforma il contenuto termico dello stesso in energia meccanica; di un alternatore che opera la trasformazione finale dell'energia meccanica in energia elettrica.

Queste apparecchiature necessitano di una serie di macchinari ausiliari di notevole importanza sia per i compiti che devono assolvere sia per la complessità e la mole delle moderne installazioni di grande potenza.

Di seguito sono descritte brevemente le fasi fondamentali del processo produttivo di una centrale termoelettrica, le apparecchiature elettromeccaniche principali, gli aspetti costruttivi, i tipi di contratto, l'inquinamento e altri dati significativi.

Ciclo del Combustibile

I combustibili usati generalmente in una centrale termoelettrica sono di tipo liquido (olio combustibile, gasolio), solido (carbone), gassoso

(gas naturale). Secondo il tipo di combustibile usato variano le caratteristiche delle apparecchiature destinate al suo trattamento.

Vi è poi un altro tipo di combustibile, le biomasse, che in questi ultimi anni ha trovato posto nelle centrali termoelettriche convenzionali con bassi costi d'investimento migliorando anche il rendimento elettrico del sistema.

Olio combustibile

E' accumulato in una serie di serbatoi la cui capacità complessiva è proporzionata alla potenza dell'impianto in modo da assicurare una certa autonomia. Il rifornimento dell'olio combustibile può avvenire mediante navi cisterne per le centrali costiere, oppure mediante oleodotti per le centrali interne. In caso di emergenza è anche previsto un impianto per lo scarico delle autobotti. Sono previsti una stazione di pompaggio per il travaso del combustibile da un serbatoio all'altro, pompe di spinta per l'alimentazione delle caldaie e un sistema di riscaldamento in modo da mantenere ad una certa temperatura l'olio combustibile per facilitarne il trasporto.

Carbone

E' ammassato in grossi mucchi in vaste aree aperte. Il trasporto del carbone è realizzato con l'impiego di speciali macchine di messa a parco e ripresa e con l'ausilio di una rete di nastri trasportatori che convogliano il carbone dalla zona di scarico al deposito e da questo alla centrale.

Lo scarico dalle navi avviene mediante gru che estraggono il carbone dalle stive e lo caricano sui nastri trasportatori. Nel deposito il carbone subisce alcuni trattamenti atti a depurarlo da



Veduta panoramica di una centrale termoelettrica 2x200 MW e sala macchine



elementi estranei (materiali ferrosi e metallici in genere, pietre, ecc.) e a renderlo in pezzatura idonea per un miglior immagazzinamento e per il successivo trattamento di polverizzazione mediante mulini.

Gas naturale

E' prelevato direttamente dalla rete di distribuzione nazionale.

Le apparecchiature di ricevimento consistono in una stazione dotata di appositi apparecchi per ridurre la pressione dal valore di trasporto a quello adatto per la combustione nelle caldaie e, attraverso un complesso sistema di valvole e tubazioni, il gas è inviato direttamente ai singoli bruciatori.

In detta stazione vi è anche il sistema di misurazione per quantificare il gas in arrivo.

Caldaia

Il combustibile brucia in una zona della caldaia detta *camera di combustione*, delimitata da pareti formate dall'insieme dei tubi vaporizzatori che sono percorsi dall'acqua destinata, per effetto del riscaldamento, a trasformarsi gradualmente in vapore. Il combustibile giunge in camera di combustione attraverso i bruciatori tramite i quali è anche immessa l'aria comburente fornita da appositi ventilatori.

Ciclo termico e turbina

Il vettore, per trasferire dalla caldaia alla turbina l'energia generata dalla combustione, è il vapore prodotto e surriscaldato in caldaia e successivamente fatto espandere in turbina ove cede il suo contenuto termico, producendo l'energia necessaria per il funzionamento dell'alternatore.

Le apparecchiature, che l'acqua (destinata a diventare vapore) attraversa per compiere il suo lavoro, costituiscono un circuito chiuso che comprende i seguenti componenti:

- il pozzo caldo del condensatore;
- le pompe di estrazione del condensato;
- l'impianto di trattamento del condensato;
- i preriscaldatori di bassa pressione;
- il degasatore;
- le pompe di alimentazione della cal-

daia;

- i preriscaldatori di alta pressione;
- il condensatore (costituito da un grande fascio di tubi percorsi da acqua a temperatura ambiente; il vapore, scaricato dalla turbina, a contatto con i tubi del condensatore, si raffredda e si condensa nel sottostante pozzo caldo da dove inizia un nuovo ciclo);
- l'impianto di demineralizzazione dell'acqua (per eliminazione dei sali minerali che potrebbero compromettere il funzionamento della caldaia e della turbina).

Sistema elettrico

È costituito essenzialmente da un *alternatore* che, trascinato in rotazione dalla turbina, produce energia elettrica destinata ad essere immessa nella rete di trasporto nazionale attraverso una sottostazione ad alta tensione composta di *trasformatori elevatori, interruttori, sezionatori, trasformatori di tensione e di corrente, scaricatori, bobine a onde convogliate, quadri di protezione, controllo e misura, sistemi ausiliari in ca/cc, eccetera*.

Impianti ausiliari di centrale

In una centrale termoelettrica rivestono particolare importanza gli impianti ausiliari, essenziali per il funzionamento della stessa. Questi sono:

- l'impianto d'acqua di raffreddamento del condensatore e le relative opere di presa e di adduzione;
- l'impianto d'acqua per i servizi idrici di centrale;
- l'impianto di aria compressa;
- gli impianti antincendio;
- l'impianto di depurazione acqua-olio;
- gli impianti di ventilazione e condizionamento;
- l'impianto di trattamento delle acque reflue (per garantire il rispetto delle normative vigenti in materia di inquinamento);
- gli impianti telefonici, d'allarme, d'illuminazione interna ed esterna, antintrusione;
- i gruppi diesel di emergenza;
- gli impianti in corrente continua e i gruppi di continuità;
- gli impianti elettrici di centrale (costituiti da quadri MT-BT di regolazione, di controllo, di misura, di protezione, da cavi, ecc.);

- gli impianti di distribuzione della forza motrice, della rete di terra, delle scariche atmosferiche e della segnalazione aerea.

Aspetti costruttivi

Dal punto di vista costruttivo sono stati messi a punto progetti unificati e, per sezioni comprese tra 250-800 MW, sono adottati gli stessi criteri di base:

- la sala manovra comune a due sezioni;
- la concentrazione della massima parte degli ausiliari intorno alla turbina;
- lo schema monoblocco.

Quest'ultimo prevede una maggior semplicità d'impianto, una riduzione del costo della centrale e nessuna interferenza tra i vari gruppi.

La sistemazione dei gruppi può essere longitudinale o trasversale; in quella longitudinale la larghezza della sala macchine è inferiore, ma deve essere aumentata notevolmente la lunghezza della sala stessa. La disposizione trasversale risponde meglio alla simmetria generale dell'unità e dei suoi ausiliari e richiede un percorso minore delle tubazioni di collegamento tra caldaia e turbina.

Contratto chiavi in mano

Con tale contratto l'imprenditore/committente che intenda realizzare un impianto industriale, affida ad una società di *engineering* o *main contractor* il compito di progettare, fornire i componenti ed eseguire le opere civili; nonché la direzione dei lavori, i montaggi elettromeccanici e strumentali, la messa in opera (*commissioning*).

La società dovrà assicurare gli interventi di manutenzione durante il periodo di garanzia, tutelando nello stesso tempo il rispetto dei tempi, dei costi e delle norme ambientali e di sicurezza. Inoltre, salvaguarderà la funzionalità, il rendimento e la qualità del progetto.

La società di *engineering* deve essere analizzata nelle sue implicazioni soprattutto giuridiche che derivano dall'intrecciarsi di schemi contrattuali ben diversi fra loro. Tali società, infatti, per giungere al prodotto finale si avvalgono delle prestazioni di *liberi professionisti* competenti e specializzati nei diversi settori.

Considerata la complessità delle opere e l'entità economica delle stesse, i *Main Con-*



tractors che partecipano al bando di gara possono dar luogo anche ad un'Associazione Temporanea d'Imprese (ATI). Talvolta il committente può suddividere l'opera in due parti: civile ed elettromeccanica. L'incidenza delle opere civili è di circa il 25% sul totale delle opere e riguardano principalmente:

- le indagini geologiche dell'area presa in considerazione per la costruzione della centrale;
- i movimenti di terra;
- l'eventuale palificazione delle fondazioni;
- gli scavi e le fondazioni;
- le strade interne e la sistemazione del terreno per zone destinate a verde e piantagioni;
- la/e ciminiera/e in calcestruzzo con canna metallica coibentata (altezza 100-150 m circa);
- il corpo della sala macchine e delle caldaie con relative strutture;
- i cavalletti in calcestruzzo per turbo gruppi;
- gli edifici di comando, di controllo e amministrativi, l'officina elettromeccanica e i magazzini;
- la portineria, la mensa e la foresteria;
- il parco serbatoi, stoccaggio combustibile e/o il parco carbone;
- la sottostazione elettrica di alta tensione con relative opere civili;
- gli impianti di trattamento scarichi.

I tempi di consegna si possono mediamente valutare intorno ai 24 ÷ 36 mesi; la variazione dipende dal numero dei gruppi e dalla potenza.

Inquinamento

I gas prodotti dalla combustione in caldaia pervengono ad una serie di filtri depuratori (precipitatori) e, da questi, raggiungono il camino che li disperde nell'atmosfera.

Le centrali sono dotate di camini di altezza tale da assicurare la più efficace diluizione dei fumi nell'atmosfera.

Per il controllo dei livelli di inquinamento al suolo e del rispetto dei limiti stabiliti dalle vigenti leggi, è prevista un'apposita rete di apparecchiature di rilevamento, anche a distanza, dei prodotti inquinanti dispersi in atmosfera.

Rendimento

Il processo riguardante la trasformazione

dell'energia termica in energia meccanica e, infine, in energia elettrica è gravato da una forte percentuale di perdite costituite da quantità di calore disperse.

Il rendimento medio di un gruppo termoelettrico si aggira attorno al 40%; la maggior parte delle perdite si verificano nella caldaia, nelle turbine e nel ciclo termico.

Impieghi e costi di produzione

I gruppi termoelettrici che sono impiegati per la copertura della fascia a carico costante svolgono anche le funzioni di regolazione del carico, sopperendo alla maggior richiesta delle ore diurne. Non sono idonei a coprire servizi *di punta*.

I motivi principali che determinano questo tipo di servizio sono:

- la necessità di limitare i consumi di combustibile e il funzionamento a carichi elevati (il maggior rendimento coincide con il 95% circa del carico nominale);
- le ragioni tecniche connesse al deterioramento del macchinario e alla sicurezza del funzionamento che impediscono di scendere con il carico sotto determinati valori definiti "minimi tecnici" pari al 28 ÷ 35% del carico nominale;
- gli avviamenti e le variazioni di carico che richiedono tempi molto lunghi ed hanno un costo elevato dovuto ad un maggior consumo di combustibile e di energia per i servizi ausiliari.

I gruppi tradizionali termoelettrici hanno gradienti di presa di carico molto bassi. A titolo d'esempio si può citare un gruppo da 600 MW che prende carico con un gradiente di 18 MW/minuto se a gas o gasolio, 10 MW/minuto se a carbone a causa dei ritardi dovuti alla dinamica dei mulini.

Il solo costo di combustibile per un impianto che oggi consumi olio con basso contenuto di zolfo (STZ) o gas naturale è di circa 40 ÷ 44 \$/MWh, se a carbone 20 ÷ 23 \$/MWh.

Turbine a gas

Un interessante tipo di centrale termoelettrica è costituita dagli impianti che utilizzano come motore principale una turbina a gas che funziona con lo stesso principio di una turbina a vapore, ma, anziché usare come fluido motore il vapore prodotto dalla caldaia, utilizza i prodotti della combustione di un carburante (può essere olio combustibile, gasolio, gas

d'alto forno, gas metano, ecc.).

Nelle sue parti essenziali un impianto turbogas comprende: un compressore, una camera di combustione (combustore), una turbina, un generatore e un motore di avviamento diesel o elettrico che, dopo aver portato il gruppo a velocità di autosostentamento, è fermato.

Confrontato con un gruppo termoelettrico tradizionale, un impianto equipaggiato con turbina a gas presenta il vantaggio della rapidità di entrata in servizio e della flessibilità nelle variazioni di carico essendo in grado di entrare in parallelo in pochi minuti con prese di carico rapidissime; prevede un investimento contenuto rispetto alla potenza installata, le possibili realizzazioni modulari e ridotti costi di manutenzione.

L'assenza della caldaia e del condensatore rendono questi gruppi meno ingombranti e più economici. Notevoli progressi sono stati fatti per aumentare il rendimento di tali gruppi che rappresentava uno svantaggio e, quindi, una limitazione al loro impiego.

Le *turbine a gas*, che devono resistere a temperature molto alte e a forti sollecitazioni, sono pertanto realizzate con acciai speciali ed inossidabili con elevate caratteristiche di resistenza sia meccanica sia termica.

Impianti turbogas con utilizzazione dei gas di scarico: cicli combinati

I fumi prodotti possono essere sostanzialmente impiegati in due modi diversi:



Vista panoramica di una centrale turbogas 3x30 MW



- scaricati direttamente in atmosfera (ormai in disuso) secondo lo schema tipico della figura 1 (ciclo aperto);

- utilizzati in maniera indiretta per produrre vapore ad uso energetico, installando una caldaia a recupero, dotata o no di bruciatori ausiliari; si hanno in questo modo cicli combinati secondo lo schema della figura 2 ovvero produzione di energia elettrica sia da turbo gas sia da turbina a vapore.

Esistono anche altri schemi più elaborati e complessi in grado d'ottenere rendimenti superiori, soprattutto per quanto concerne quello elettrico. Essi comportano investimenti nettamente superiori: per questo sul piano economico la loro adozione deve essere valutata di volta in volta.

Un altro esempio d'utilizzazione indiretta dei gas di scarico, solitamente per piccole potenze, è quella in cui i gas sono

impiegati per produrre acqua calda, o surriscaldata, destinata al teleriscaldamento di cui in Italia esistono già diverse applicazioni.

Negli impianti delle figure 1 e 2 si è soliti prendere in considerazione il rendimento totale ossia:

- rendimento dell'apparato motore (motore endotermico, turbina a gas, ecc.);
- rendimento dell'alternatore;
- rendimento dei recuperi termici cioè quelli relativi all'energia elettrica ed al calore prodotto.

Considerando lo schema della figura 1, il rendimento totale, tenuto conto dell'energia termica introdotta dal combustibile, si può così ripartire:

- energia elettrica 22%;
- calore recuperato 54%;
- perdite 24%.

La necessità di ridurre i costi di produzione interna è nota da diversi anni e sia

ENEL sia i produttori privati stanno investendo nella costruzione di centrali a ciclo combinato con gruppi da 400/800 MW che permettono di ridurre il costo dell'uso di combustibile a $28 \div 30$ \$/MWh.

Una centrale a ciclo combinato, dopo aver ottenuto l'autorizzazione, richiede circa 18-24 mesi per la costruzione, secondo il numero di gruppi e della potenza installata.

In conclusione gli impianti termoelettrici, in particolare il settore a ciclo combinato, sono destinati ad avere un ruolo prioritario anche in futuro.

Infatti, pur dovendo porre sempre una maggiore attenzione alle tematiche ambientali e alla notevole importanza delle fonti rinnovabili, l'incidenza dell'energia così prodotta, considerata la forte domanda, sarà preminente ancora per lungo tempo.

Figura 1

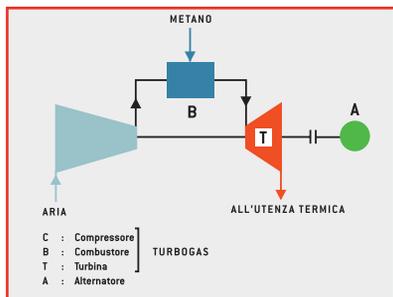


Figura 2

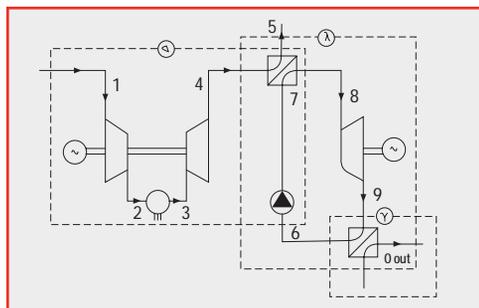
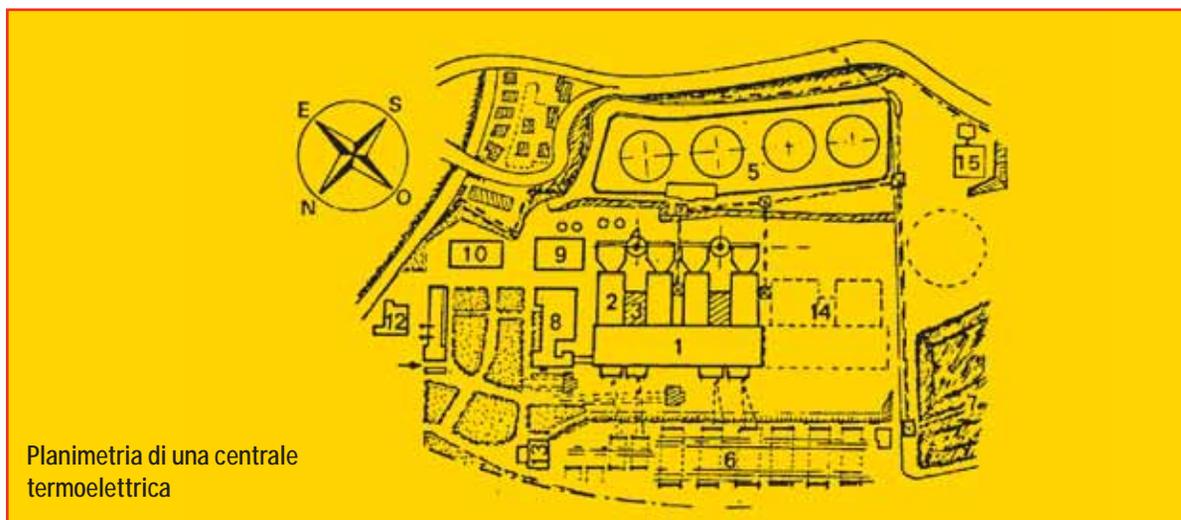


Figura 3



Planimetria di una centrale termoelettrica

- | | | |
|----------------------------|----------------------|--|
| 1 Sala macchine | 7 Parco carbone | 12 Mensa |
| 2 Caldaie | 8 Uffici-officina | 13 Foresteria-servizi ausiliari di sottostazione |
| 3 Edificio ausiliari | 9 Locale compressori | 14 Ampliamenti futuri |
| 4 Ciminiere | 10 Magazzini | 15 Locale gas-cokeria |
| 5 Serbatoi Combustibile | 11 Portineria | |
| 6 Sottostazione elevatrice | | |