

Capitolo 29

Si definiscono *macchine idrauliche motrici* quei complessi meccanici che utilizzano l'energia idraulica (**potenziale di posizione, potenziale di pressione e cinetica**) posseduta da un liquido (generalmente acqua) per produrre lavoro meccanico sotto forma di moto di rotazione (ruote e turbine) o di moto rettilineo alternato (motori idraulici a stantuffo).

In base al tipo di energia che prevale abbiamo:

- **le ruote idrauliche:** utilizzano l'energia potenziale di posizione di una massa liquida convertendola in lavoro meccanico di rotazione;
- **le motrici idrauliche a stantuffo:** utilizzano l'energia potenziale di pressione del liquido;
- **le turbine idrauliche:** utilizzano *direttamente* l'energia cinetica di un getto liquido che le attraversa (o le colpisce) ad alta velocità sfruttando *indirettamente* un dislivello geodetico. Sono le macchine di più ampio interesse sia per le alte potenze erogate sia per la versatilità di impiego.

Il lavoro meccanico prodotto da una turbina sarà tanto maggiore quanto maggiore è l'energia cinetica con cui il fluido l'attraversa. Il problema dell'incremento di velocità della vena liquida si risolve mediante un dislivello geodetico che conferisce alla massa liquida una certa energia potenziale di posizione che viene convertita in energia cinetica in uno speciale organo meccanico (detto *distributore*) che precede la turbina la quale provvede all'ulteriore trasformazione in energia meccanica. Il dislivello H_g , definito **salto geodetico disponibile o caduta disponibile** potrebbe essere **integralmente convertito in lavoro meccanico** solo nel caso di **assoluta assenza di resistenze passive** sia nell'interno della macchina sia lungo la condotta (perdite di carico continue e accidentali) che la collega con il serbatoio di alimentazione.

Prescindendo temporaneamente dalle perdite proprie della turbina, **l'energia unitaria disponibile all'ingresso della turbina H (salto netto)** risulta inferiore a quella iniziale Hg . Il **rendimento della condotta**, è dato da:

$$\eta_c = \frac{H}{H_g} \quad (29.4)$$

Come per le macchine operatrici, le perdite di energia che si manifestano entro una macchina motrice, sono:

- **perdite idrauliche:** dovute alle dissipazioni di energia conseguenti a urti, deviazioni, variazioni di sezioni incontrate dal fluido; il **rendimento idraulico** è dato da:

$$\eta_i = \frac{H}{H_t} \quad (29.5)$$

dove H_t è il salto netto e H il salto ridotto per effetto delle perdite sopraccennate;

- **perdite volumetriche:** sono prodotte dalla aliquota di liquido che, pur entrando in turbina, non produce lavoro sia perché sfugge attraverso i giochi esistenti fra organi fissi e mobili sia perché trafila all'esterno dai premistoppa; il **rendimento volumetrico** è dato da:

$$\eta_v = \frac{q_v}{q_{v_t}} \quad (29.6)$$

dove q_{v_t} è la portata teorica e q_v quella effettivamente lavorata entro la macchina;

- **perdite meccaniche:** dipendono dagli attriti fra le varie coppie cinematiche in moto relativo fra loro; si definisce rendimento meccanico (od organico):

$$\eta_m = \frac{L_e}{L_u} \quad (29.7)$$

dove L_e è il lavoro effettivamente reso all'asse della turbina e L_u quello ceduto a essa dall'acqua.

Il rendimento totale è il prodotto dei tre rendimenti parziali; considerando anche il rendimento della condotta abbiamo:

$$L_e = \eta \cdot H = \eta \cdot \eta_c \cdot H_g = \eta_g \cdot H_g$$

dove η_g è il **rendimento globale dell'impianto**

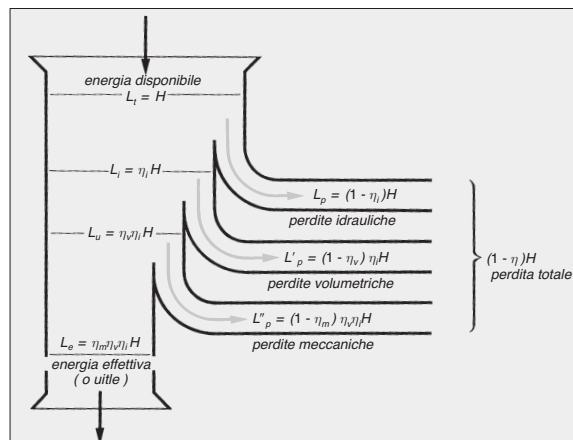
Il bilancio energetico di una motrice idraulica è illustrato in figura.

Poiché il salto netto H di cui dispone la turbina equivale al lavoro teorico che il peso unitario di liquido può sviluppare, indicando con $m = \rho \cdot V$ la massa totale del liquido e con $q_v = V / t$ la portata volumetrica, la **potenza effettiva P_e** è:

$$P_e = \eta \cdot \rho \cdot g \cdot q_v \cdot H \quad (29.16)$$

Mentre la **potenza disponibile per l'impianto** è:

$$P_d = \rho \cdot g \cdot q_v \cdot H_g$$



Il caso più comune di sfruttamento dell'energia idraulica è costituito dalle centrali idroelettriche in cui il lavoro meccanico sviluppato dalle turbine viene convertito in energia elettrica dai generatori accoppiati alle varie motrici. Il numero di giri al minuto n compiuti dall'alternatore è legato alla frequenza f della corrente prodotta e al numero delle coppie polari p della macchina, dalla relazione:

$$n = 60 \cdot f / p$$

Il regime di rotazione della turbina dovrà soddisfare la precedente relazione. Se il carico dell'alternatore non varia, deve rimanere costante il valore della coppia motrice sviluppata dalla turbina e quindi la sua potenza effettiva; poiché quest'ultima dipende dal salto netto H e dalla portata q_v , non potendo variare H , occorre mantenere inalterata la portata di liquido elaborato dalla motrice. Se il carico sulla rete è soggetto a oscillazioni, la portata dovrà essere continuamente adeguata in modo da produrre una coppia motrice per conseguire la costanza del regime di rotazione. L'installazione della centrale idroelettrica deve soddisfare due condizioni:

- **utilizzo di un notevole dislivello naturale;**
- **utilizzo di una portata pressoché costante del corso d'acqua.**

La soluzione più comune per rendere costante la portata utilizzabile dalle macchine consiste nel creare uno sbarramento del corso d'acqua (tramite diga), se la conformazione del terreno circostante è tale da consentire la forma di un bacino artificiale di notevoli dimensioni. In genere si dispongono le macchine in una centrale situata a valle della diga, convogliandovi l'acqua, proveniente dal bacino artificiale.

Se la richiesta di forza motrice non è notevole e non necessariamente costante, si ricorre agli **impianti ad acqua fluente**, derivando direttamente dal fiume un canale di piccola pendenza, in modo da ottenere, a una distanza L dal punto di derivazione, un dislivello:

$$H_g = L \cdot (I - I_1) \quad (29.18)$$

dove I è la pendenza del fiume e I_1 quella del canale.

Le dighe assumono forme e dimensioni assai varie a seconda del tipo di impianto cui sono destinate:

- **dighe di derivazione:** caratteristiche degli impianti ad acqua fluente quando il loro compito è limitato alla creazione di un modesto invaso e a deviare parte del liquido verso il canale di presa;
- **dighe di sbarramento:** quando il corso d'acqua si addentra in una vallata fiancheggiata da alture e il terreno presenta le necessarie caratteristiche di impermeabilità, si realizza di un bacino imbrifero capace di accumulare enormi quantità di acqua.

Sono generalmente opere di grandi dimensioni costruite a profilo rettilineo o curvilineo (in modo da scaricare parte della spinta che sopportano sui contrafforti laterali rocciosi). Il prelievo dell'acqua viene effettuato tramite un canale derivatore a pelo libero o mediante una condotta in galleria. Per non compromettere il funzionamento della turbina, si dovranno evitare impurità o detriti; a tale scopo:

- la bocca di presa è disposta (negli impianti ad acqua fluente) parallelamente alla corrente del fiume in modo da ridurre al minimo il trascinamento di corpi estranei e munita di una prima griglia a maglie larghe per escludere i detriti più consistenti;
- la soglia della bocca di presa si trova a un livello superiore a quello del letto, poiché in caso contrario sarebbe ben presto soggetta all'interramento;
- viene posizionata una seconda griglia sottile che elimina i detriti più piccoli;
- sono previsti uno o più bacini di decantazione nei quali l'acqua diminuisce sensibilmente la propria velocità e deposita sul fondo sabbia e terriccio.

I **canali coperti** possono essere costruiti a mezza costa seguendo il profilo, talvolta tortuoso, della collina (più economici ma soggetti a frane o cedimenti del terreno). Attualmente si preferiscono i **canali in galleria** rivestiti di un intonaco di cemento (o lamiera metallica) potendo così consentire una certa velocità di scorrimento dell'acqua.

Il **bacino di carico** ove l'acqua viene condotta dal canale costituisce l'elemento equilibratore del sistema, in quanto in esso il livello del liquido deve mantenersi costante per assicurare l'invariabilità del salto netto utilizzato dalle motrici. A tale scopo il bacino di carico è provvisto di uno **stramazzone laterale adibito a sfioratore** o dei **sifoni autolivellatori** con il compito di eliminare il liquido eccedente.

Le **condotte forzate**, che convogliano l'acqua dal bacino di carico fino alle motrici installate nella centrale, costituiscono uno dei maggiori oneri nella costruzione dell'impianto tanto più sensibile quanto più alto è il salto utilizzabile; si cercherà perciò di disporle quasi verticali per ridurne la lunghezza. Per quanto riguarda il materiale da impiegare nella costruzione, la scelta è funzione delle sollecitazioni che le condotte devono sopportare. Tutto il complesso è corredato da valvole la cui presenza comporta perdite di carico accidentali tanto più sensibili quanto maggiore è la velocità dell'acqua: i tipi più comuni sono: valvole a saracinesca, **valvole a farfalla**, **valvole rotative**, **valvole a pistone** (valvole Johnson). Queste ultime tre offrono il vantaggio di modeste perdite di carico anche nel caso di apertura parziale.