

INTRODUZIONE

Lo scopo di questo capitolo è introdurre il lettore nei concetti che stanno alla base del mondo dell'energia idroelettrica. Verranno introdotti i concetti di base per comprendere il funzionamento di una centrale idroelettrica e verranno mostrate le tipologie più comuni di centrali idroelettriche.

2.1 L'ENERGIA IDROELETTRICA

Il mondo di oggi, sempre più “affamato di energia”, si sta confrontando con problematiche che fino a qualche decennio fa nessun mai avrebbe immaginato. La tecnologia è una avida divoratrice di energia elettrica. Quindi la produzione di energia elettrica soprattutto da fonti rinnovabili sta assumendo una importanza cruciale nel mondo economico e non solo.

L'utilizzo di combustibili fossili per la produzione di energia elettrica sta mostrando in tutta la sua potenza la pericolosità per il delicato equilibrio del piano terra. Le centrali idroelettriche sono centrali che sfruttano l'acqua come materia prima, e risultano esse tra le principali fonti di energia rinnovabile. Con l'acqua non si intende solo quella dolce ma anche quella salata (di mare). Infatti, è possibile sfruttare anche l'acqua degli oceani per generare energia elettrica, con determinati accorgimenti che si vedrà in seguito. Inizialmente il paragrafo si concentrerà sull'utilizzo dell'acque di laghi e fiumi, e quindi dell'acqua dolce. Successivamente, verso la parte finale del capitolo verranno illustrate tecnologie per la produzione di energia elettrica dall'acqua salata.

Lo schema di partenza per illustrare il funzionamento di una centrale idroelettrica è il seguente:

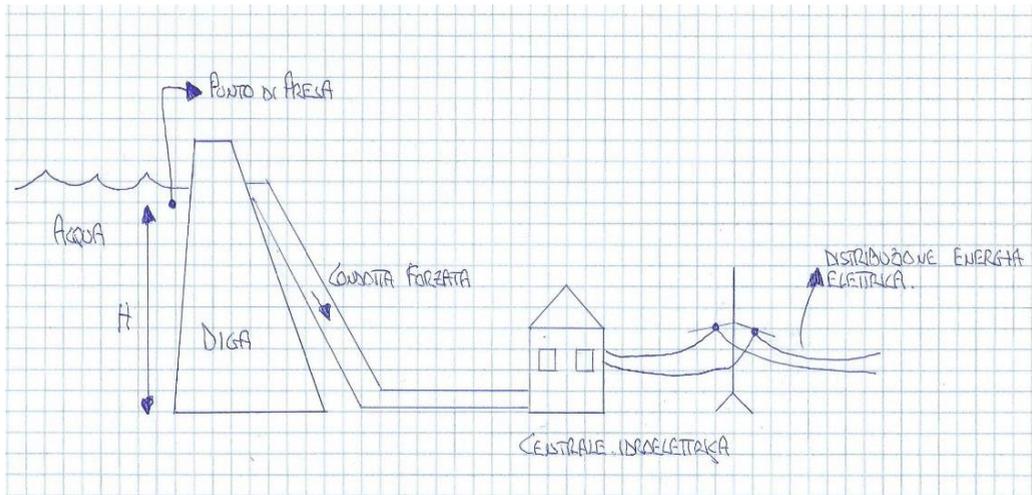


Figura 2.1: Schema produzione energia idroelettrica

L'acqua viene presa da un punto detto **punto di presa** e viene incanalata in apposite tubature dette **condotte forzate**. Le condotte forzate entrano all'interno della centrale. La seguente figura mostra un esempio di punto di presa (con i relativi organi di presa) che permettono di convogliare l'acqua verso la condotta forzata.

La foto mostra una presa d'acqua in un torrente di montagna per una piccola centrale idroelettrica. Solitamente, la presa d'acqua avviene incanalando l'acqua verso le condotte forzate, ma prima di entrare in esse l'acqua attraversa un sistema di grigliatura che permette di trattenere i corpi solidi e vari oggetti che, entrando a colpire le pale della turbina, potrebbero arrecare danni alla medesima. La figura successiva mostra un sistema automatizzato di grigliatura.



Figura 2.2: Presa d'acqua



Figura 2.3: Sistema grigliatura

La seguente figura invece mostra un esempio di condotta forzata.



Figura 2.4: Condotte forzate

Come si può facilmente intuire, dove viene raccolta l'acqua che viene convogliata in tubazioni chiamate **condotte forzate**, l'energia meccanica è quasi per intero energia potenziale (visto che il movimento dell'acqua è molto basso). Man mano che l'acqua scende lungo la condotta forzata acquista velocità e quindi aumenta l'energia cinetica a discapito dell'energia potenziale che diminuisce perché si scende di quota. L'energia complessiva meccanica data dalla somma dell'energia cinetica e dell'energia potenziale rimane costante.

STATO 1: Nella zona in cui viene raccolta l'acqua

STATO 2: L'acqua all'ingresso del locale turbine

$$E_{m, stato1} = E_{m, stato2}$$

Quando l'acqua colpisce le pale della **turbina** presente all'interno dello stabile della centrale, essa ruota. La turbina è collegata tramite un **albero motore all'alternatore**, ossia una macchina elettrica rotante in grado di convertire energia meccanica data dalla rotazione dell'albero in energia elettrica in alternata.

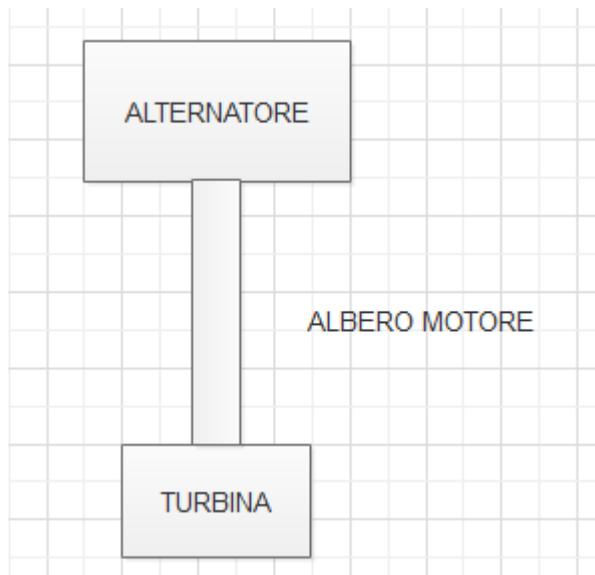


Figura 2.5: Collegamento turbina-alternatore

Una volta generata corrente in alternata, essa viene convogliata in un trasformatore. Il trasformatore è una macchina elettrica statica reversibile che viene utilizzata sia per alzare sia per abbassare il voltaggio dell'energia elettrica. Nel caso di una centrale idroelettrica, il trasformatore si occupa di innalzare la tensione elettrica. Questa cosa viene svolta per evitare eccessive perdite di energia elettrica nella linea di trasmissione in alta tensione. Una

volta alzata a dovere la tensione elettrica, l'energia viene immessa sulla linea di trasmissione in alta tensione verso le cabine di trasformazione primarie e poi secondarie ed infine verso le fabbriche ed i centri abitati per il suo effettivo utilizzo.

La figura seguente mostra lo schema di massima del funzionamento di una centrale idroelettrica. Tale schema di massima è valido per qualsiasi tipologia di centrale idroelettrica. Le uniche differenze stanno nella tipologia di turbine utilizzate che dipendono dal salto e dalla portata di acqua disponibile.

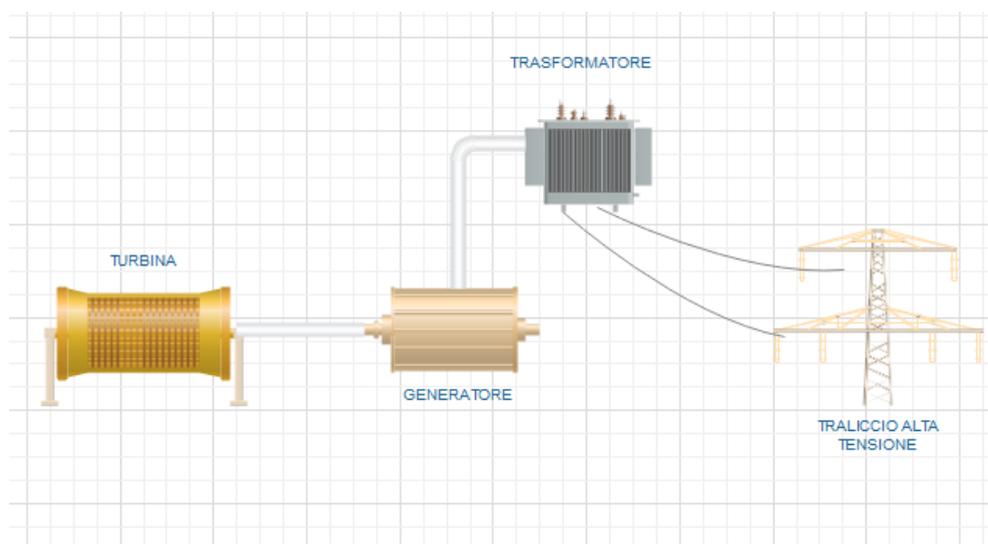


Figura 2.6: Schema di massima

2.2 TIPOLOGIE DI CENTRALI IDROELETTRICHE

Svariate sono le tipologie di centrali idroelettriche come svariate sono anche le taglie di potenza delle medesime. Grossolanamente è possibile suddividere le tipologie di centrali idroelettriche in:

- **Centrali ad acqua fluente**, ossia centrali che sfruttano la portata naturale del fiume. In questo tipo di centrali non vi è nessuna diga che crea, di fatto, un lago artificiale
- **Centrali a bacino**, ossia centrali idroelettriche che sfruttano l'acqua proveniente da un bacino artificiale realizzato tramite una diga. Questa tipologia di centrali è “intelligente” ossia permette di dosare opportunamente l'acqua in funzione dell'esigenza.
- **Centrali ad accumulazione**, ossia centrali idroelettriche che possiedono a valle un bacino di raccolta. Di notte, tramite sistema di pompaggio, l'acqua viene riportata nel bacino in modo tale da avere, per il giorno successivo, un “polmone” pienamente attivo.

La seguente figura mostra un esempio di piccola diga tracimabile presente nella val Raccolana:



Figura 2.7: Diga tracimabile

Di seguito invece viene mostrata una diga a doppio arco tra le più alte del mondo (la diga del Vajont) tristemente famosa per il disastro del 1963.



Figura 2.8: Diga a doppio arco

Ad ogni modo, solitamente il prelievo dell'acqua avviene mediante delle opere dette opere idrauliche. In particolare, le opere di presa permettono di convogliare l'acqua verso altre fasi del ciclo. Successivamente il trasporto vero e proprio delle acque avviene tramite delle condotte chiamate condotte forzate che possono essere installate a cielo aperto oppure in galleria. Le condotte forzate sono, di fatto, delle tubazioni di grande diametro, al cui interno il flusso di acqua acquista un grande velocità necessaria, per l'appunto, ad azionare le pale delle turbine.

La figura seguente mostra la centrale idroelettrica Taccani ad acqua fluente.



Figura 2.9: Centrale Taccani

2.3 TAGLIE DI CENTRALI IDROELETTRICHE

Le centrali idroelettriche possono avere svariate dimensioni. In questo paragrafo verrà mostrata una classificazione delle centrali idroelettriche per taglia di potenza. In particolare:

- **Micro impianti idroelettrici** -> potenza erogata < 100 kWp
- **Mini impianti idroelettrici** -> potenza erogata compresa tra 100 kWp e 1MWp.
- **Piccoli impianti idroelettrici** -> potenza erogata tra 1 MWp e 10 MWp

- **Grandi impianti idroelettrici** -> potenza erogata > 10 MWp

La potenza elettrica si misura in Watt (W). 1 kWp (kilo Watt di picco) equivale a 1000 Wp. Invece 1MWp equivale ad 1 milione di Wp. Il Wp (**Watt di picco**) è l'unità di misura della potenza massima producibile da un generatore elettrico. Un altro modo di classificare gli impianti idroelettrici è in funzione del salto. Pertanto:

- **Impianti idroelettrici a bassa caduta** -> salto < 20 metri
- **Impianti idroelettrici di media caduta** -> salto compreso tra i 20 e i 100 metri
- **Impianti idroelettrici di alta caduta** -> salto compreso tra i 100 ed i 1000 metri.

Si definisce **portata di un fluido** il volume di fluido che attraversa un tubo avente una sezione 'S' nell'unità di tempo. L'unità di misura della portata è: m^3/s .

La classificazione di una centrale idroelettrica può avvenire anche attraverso la portata con cui l'impianto ha a che fare. Pertanto, si può avere la seguente classificazione:

- **Impianti idroelettrici di bassa portata** -> portata minore di 10 m^3/s .
- **Impianti idroelettrici di media portata** -> portata compresa tra 10 e 100 m^3/s .
- **Impianti idroelettrici di grande portata** -> portata compresa tra 100 e 1000 m^3/s .
- **Impianti idroelettrici di grandissima portata** -> portata maggiore di 1000 m^3/s .

E' bene ricordarsi che la potenza di un generico impianto idroelettrico dipende sia dal salto sia dalla portata di acqua che fluisce attraverso la centrale idroelettrica. La gran parte delle installazioni odierne sono mini-

idroelettriche. La seguente figura mostra un esempio di mini centrale idroelettrica sita nel Colorado (Georgetown):



Figura 2.10: Storica centrale mini idroelettrica

2.4 LE TURBINE IDRAULICHE

Sicuramente il componente più importante di una centrale idroelettrica è la turbina idraulica. Una turbina è essenzialmente l'insieme di un distributore fisso regolabile e da una girante mobile. La seguente figura mostra una girante Pelton.



Figura 2.11: Girante Pelton

Il distributore ha il compito di regolare ed indirizzare nella maniera più ottimale la portata di acqua verso la girante della turbina. Anche in questo ambito ci sono delle distinzioni ossia delle classificazioni che di seguito vengono riportate. In particolare, la macro classificazione classica delle turbine è la seguente:

- **Turbine Pelton**
- **Turbine Francis**

- **Turbine Kaplan**

Le turbine Pelton sono turbine particolari adatte per basse portate e salti notevoli che vanno dai 50 ai 1300 metri. Sono solitamente utilizzate nelle zone di montagna. Le pale di una girante Pelton sono doppiamente concave per poter massimizzare la quantità di moto.



Figura 2.12: Turbina Francis

Le turbine Francis invece sono turbine adatte per valori medi di portata e con salti che vanno dai 10 metri ai 350 metri.

Infine, le turbine Kaplan sono turbine progettate e realizzate per grandi portate e salti bassi. Per esempio, è facile intuire che, le centrali idroelettriche posizionate lungo i fiumi nella pianura molto probabilmente sfrutteranno turbine Kaplan, visto che non sono solitamente presenti grandi salti ma ci sono grosse portate (i fiumi verso la pianura sono grandi in quanto raccolgono le acque dei vari torrenti e laghi di montagna). Analogamente, in montagna è

più probabile l'utilizzo delle turbine Pelton e Francis. Di seguito viene mostrato un gruppo di 2000kVA della centrale idroelettrica Taccani che monta 6 turbine di tipo Kaplan.



Figura 2.13: Gruppo con turbina Kaplan

Un'altra importante classificazione delle turbine idrauliche è la seguente:

- **Turbine ad azione**
- **Turbine a reazione**

Nel primo tipo di turbine, l'energia potenziale viene completamente trasformata in energia cinetica all'interno proprio del distributore. Le turbine Pelton sono turbine ad azione. Infatti, nelle turbine Pelton, il getto di acqua che esce dagli ugelli del distributore investe solo parzialmente le pale della girante, trasformando l'energia cinetica in lavoro, che viene trasmesso all'albero motore e quindi permette la rotazione dell'alternatore.

Il getto che colpisce le pale è a pressione costante (pressione atmosferica).

Nelle turbine a reazione l'energia potenziale viene trasformata solo parzialmente in energia cinetica nel distributore, mentre la restante parte viene utilizzata proprio nella girante della turbina. In questo caso il fluido che colpisce le pale della turbina è dotato sia di energia cinetica sia di energia di pressione (tutto il fluido colpisce le pale della turbina). L'energia di pressione poi viene anch'essa convertita in energia cinetica proprio nelle pale della turbina. Le turbine Francis e Kaplan sono turbine a reazione. E' bene ricordare un concetto fondamentale dell'idraulica ossia il **trinomio di Bernoulli**.

$$p + \rho \frac{v^2}{2} + \rho gh \quad (2.1)$$

Dove:

ρ = densità dell'acqua
 p = pressione dell'acqua
 v = velocità dell'acqua
 g = accelerazione gravitazionale
 h = quota dal suolo

Il trinomio di Bernoulli afferma proprio che in un flusso di liquido si possono avere tre "componenti" che coesistono all'interno del fluido di acqua: la pressione, la velocità e la differenza di quota, tra inizio e fine del tratto considerato.

Quindi dal trinomio di Bernoulli ricaviamo che in una turbina Pelton ad azione sfruttano solo la velocità del getto di acqua (infatti la pressione dell'acqua, che deriva dal salto netto, viene convertita in velocità proprio all'interno del diffusore). Quindi è la velocità dell'acqua che, di fatto, aziona la girante della turbina.

L'immagine che segue mostra un esempio di girante della turbina con 4 ugelli (distributori) che convogliano l'acqua verso le pale della turbina.

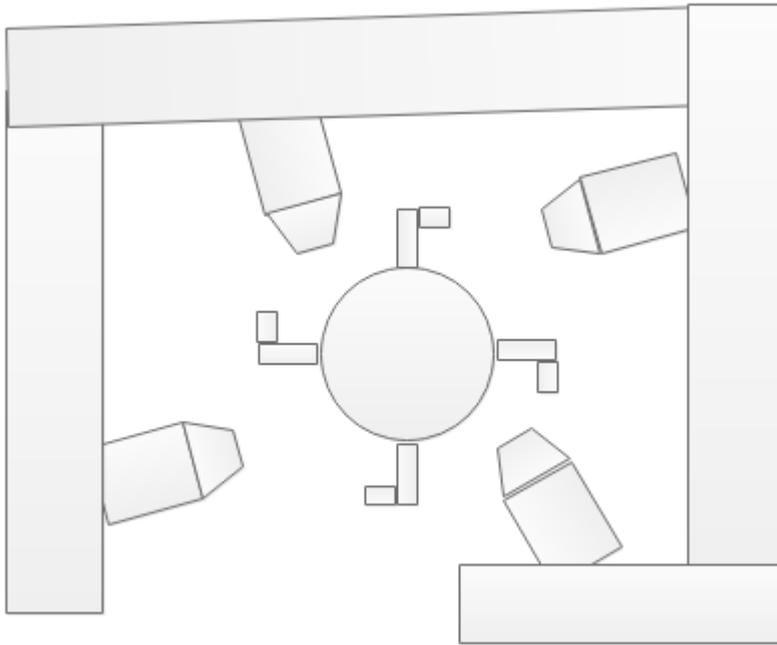


Figura 2.14: Ugelli e girante turbina

2.5 VANTAGGI E SVANTAGGI DELL'IDROELETTRICO

Le **centrali idroelettriche** sono una fonte di energia rinnovabile. Le centrali idroelettriche possono essere utilizzate sia per produrre energia per uso domestico e privato, ma anche da imprese ed enti pubblici. Chiaramente, come per qualsiasi tecnologia, sono presenti dei vantaggi e dei svantaggi. Di seguito vengono mostrati sia gli uni che gli altri partendo chiaramente dai vantaggi.

VANTAGGI:

- E' una forma di energia rinnovabile e quindi è pulita e non produce emissioni pericolose ed inquinanti
- Una centrale idroelettrica è più economica di una centrale a carbone o nucleare per ovvi motivi legati all'assenza di determinate strutture atte a renderle sicure ed a gestire i prodotti di scarto inquinanti.

- Installando centrali **mini-idroelettriche**, non sono necessarie dighe, ma si utilizza invece l'acqua corrente, riducendo perciò l'impatto ambientale.
- Dopo la costruzione della centrale stessa, i suoi costi di mantenimento sono molto più bassi rispetto ad altri tipi di centrali.
- L'energia elettrica non si può **immagazzinare** in grandi quantità, ma l'acqua sì, questo fa in modo che le centrali idroelettriche siano tra le fonti più utili per soddisfare grandi richieste energetiche.
- Possono essere **attivate in poco tempo** e per questo si rivelano particolarmente adatte nelle situazioni in cui è necessaria energia in breve tempo.

SVANTAGGI:

- L'impianto idroelettrico va mantenuto con una certa regolarità e frequenza
- Per impianti idroelettrici medio-grandi l'impatto ambientale può essere notevole (si pensi per esempio alle opere edili legate ad uno sbarramento artificiale).
- Sono necessarie delle condizioni particolari per permettere la creazione di un impianto idroelettrico. Per esempio, deve esserci, nelle vicinanze, un fiume con una sufficiente portata.