

PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA MEDIANTE PICCOLE CENTRALI IDROELETTRICHE

CENTRALI PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA

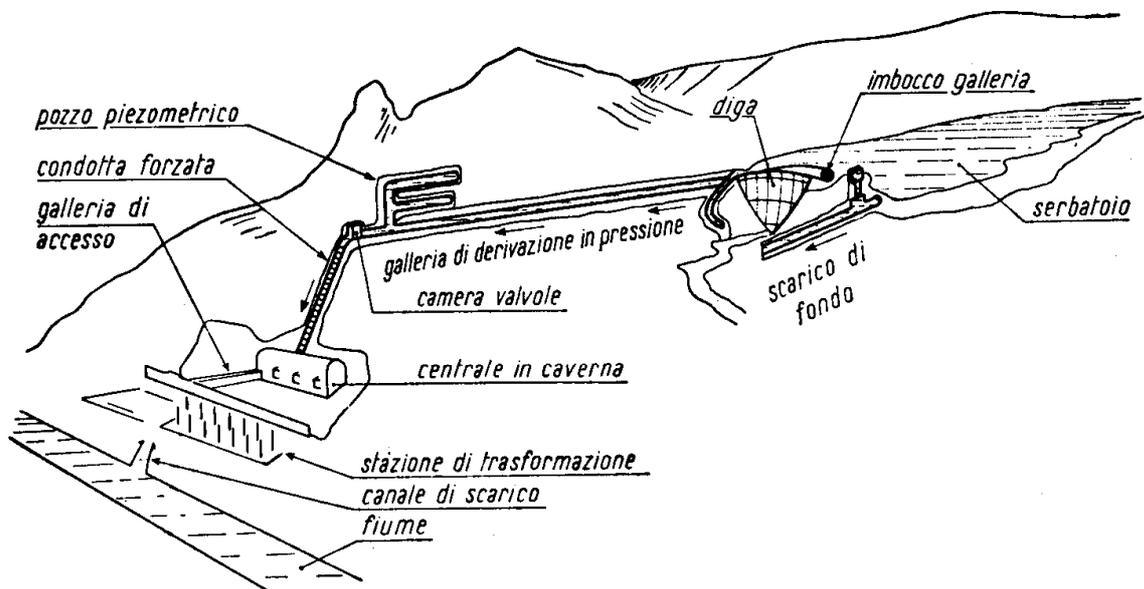
- IDROELETTRICHE: per potenze da piccolissime a grandi; impianti a funzionamento molto elastico, legati alla conformazione del territorio
- TERMOELETTRICHE E TERMOELETTRONUCLEARI: per grandi e grandissime potenze; impianti con scarsa elasticità di funzionamento, altamente inquinanti, richiedono grandi quantità d'acqua per il raffreddamento e linee di trasporto per il combustibile
- A GRUPPI ELETTROGENI: per piccolissime potenze, in genere con funzione di supporto in caso di emergenza

IMPIANTI IDROELETTRICI

Sfruttano l'energia potenziale accumulata da una massa d'acqua posta ad una certa quota e trasformata in energia cinetica con la discesa ad una quota più bassa.

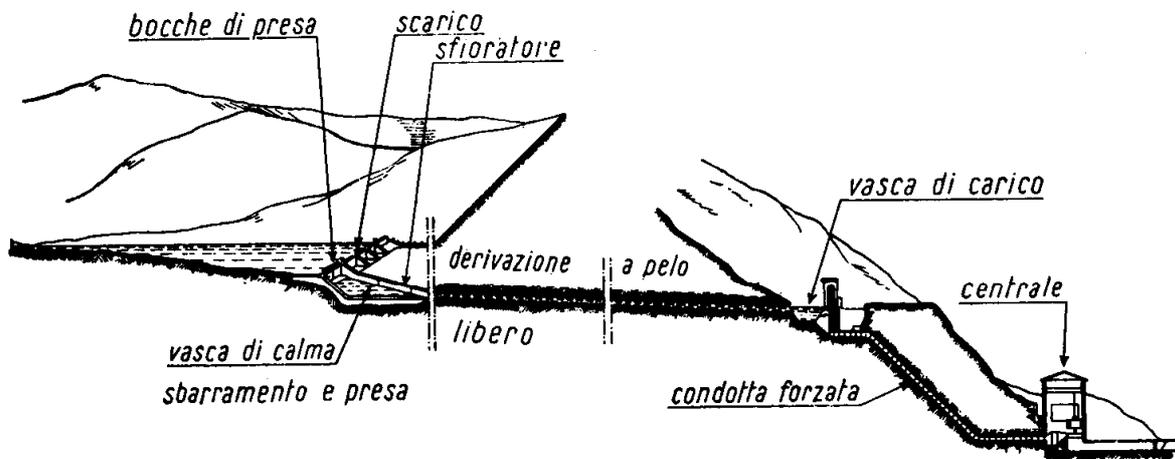
CLASSIFICAZIONI

- A SERBATOIO: l'acqua disponibile in un certo arco di tempo viene conservata in un bacino di accumulo e sfruttata in un arco di tempo più lungo di quello relativo alla disponibilità naturale; il serbatoio può essere naturale o artificiale.



Schema prospettico delle opere di un impianto idroelettrico a serbatoio con centrale in caverna.

- AD ACQUA FLUENTE: l'acqua necessaria all'impianto viene ottenuta deviando, in parte o in toto, la portata di un corso d'acqua naturale.

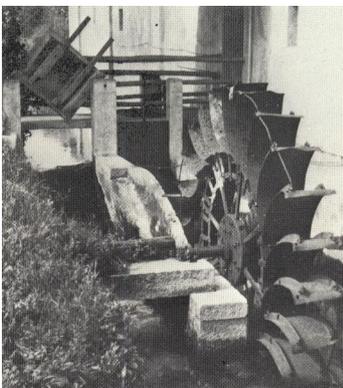


Schema prospettico delle opere di un impianto idroelettrico ad acqua fluente con centrale all'aperto.

CLASSIFICAZIONE IN BASE ALLA POTENZA

- Microcentrali: potenza < 100 kW
- Minicentrali: " 100 - 1000 kW
- Piccole centrali " 1 - 12 MW
- Medie e grandi centrali " > 12 MW

CENNI STORICI



Ruota idraulica per mulino

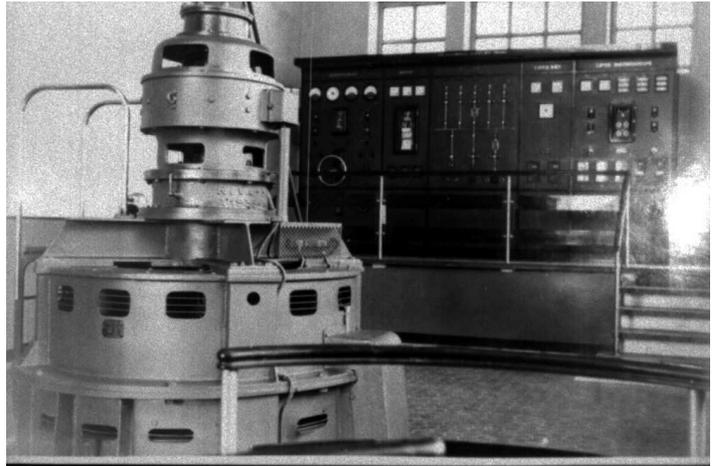
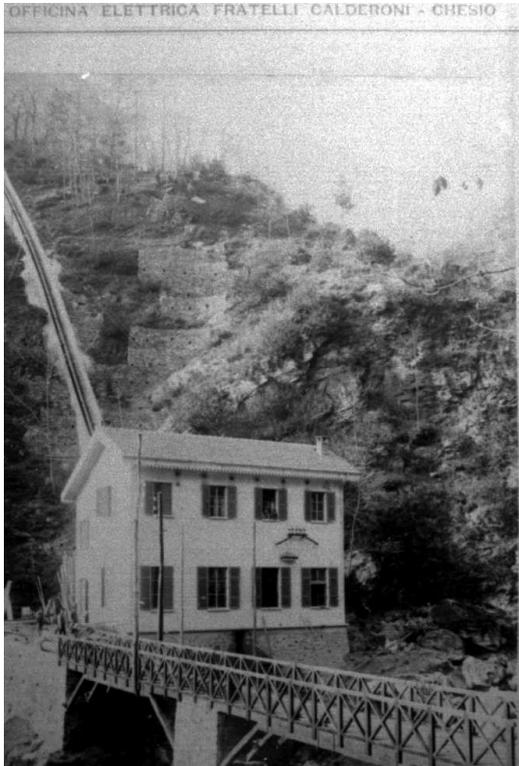
La forza motrice sviluppata dall'acqua durante il suo scorrere verso valle viene sfruttata da millenni, attraverso semplici ruote idrauliche, per la macinazione dei cereali e dei minerali metalliferi, per il pompaggio dell'aria nei cunicoli delle miniere, per il sollevamento di carichi, per la movimentazione di semplici macchinari quali magli o torni.

L'impiego idroelettrico prende avvio nella seconda metà del XIX secolo con l'invenzione dei generatori rotanti, dinamo e alternatori. Nascono grandi compagnie private quali Dinamo, Edison, SIP Società Idroelettrica Piemontese, e le Aziende Elettriche Municipalizzate di grandi città come Milano e Torino, che iniziano lo sfruttamento sistematico di tutti i corsi d'acqua con impianti di medie e grandi dimensioni.

Nella zona del Cusio sono state soprattutto industrie tessili quali De Angeli Frua, Furter, Guidotti e Pariani, metallurgiche (Cobianchi) e manifatturiere (Calderoni, Lagostina, Binda) ad utilizzare il ripido corso dello Strona e dei suoi affluenti per produrre l'energia necessaria ai processi produttivi, vendendo il surplus all'esterno e contribuendo così alla rapida elettrificazione di tutta la zona.

In particolare la Calderoni Fratelli di Casale Corte Cerro realizza una centrale con turbine Pelton in valle Strona, presso Chesio, alimentata dalle acque del rio Bagnone convogliate in un bacino di circa 2500 metri cubi: manda corrente alla fabbrica di Casale con una linea a 500 V, lunga parecchi chilometri, che scavalca la montagna a Quaggione. Un'altra centrale, con turbine Kaplan ad acqua fluente, viene realizzata a Crusinallo. L'energia elettrica così prodotta è in esubero rispetto alle esigenze dell'azienda, ed i solerti

imprenditori la vendono agli abitanti di Casale e di Omegna; grazie a loro la città di Omegna poté disporre di un impianto elettrico d'illuminazione pubblica con sei mesi d'anticipo rispetto alla stessa Milano.



Centrale Calderoni F.lli - Crusinallo

Centrale Calderoni F.lli
Chesio

Nel 1962 venne costituita per legge l'ENEL, ente di diritto pubblico cui veniva riservata la produzione di energia per la vendita e che assorbì tutte le precedenti grandi aziende, lasciando ai piccoli la facoltà di produrre energia solo per il proprio consumo interno, con divieto di vendita. Questo, unito alla crisi economica di quegli anni, portò all'abbandono di molti piccoli impianti, anche nella nostra zona.

PARAMETRI DI VALUTAZIONE

- PORTATA D'ACQUA DISPONIBILE: indicata con Q e misurata in m^3/s ; è la quantità d'acqua che arriva al generatore.
- SALTO GEODETICO: indicato con H e misurato in m ; è il dislivello verticale tra il punto d'incanalamento dell'acqua e quello del suo sfruttamento (generatore).
- POTENZA: indicata con P e misurata in W o suoi multipli (kW , MW , GW); energia ricavabile dall'acqua incanalata nell'unità di tempo ($1 s$).
- RENDIMENTO: indicato con η (eta), numero puro compreso tra zero e uno; parametro che tiene conto di tutte le perdite di energia che intervengono nel processo di trasformazione; può essere espresso anche in percentuale.
- ACCELERAZIONE DI GRAVITA': pari a $9.81 m/s^2$; indicata con g .
- PESO SPECIFICO: peso dell'unità di volume, parametro tipico di ogni materiale, indicato con γ (gamma), misurato in kg/m^3 o kg/l ; per l'acqua vale $1 kg/l$ o $1000kg/m^3$.
- PRODUCIBILITA': energia che un impianto è in grado di produrre in un anno, misurata in MWh o in GWh .

POTENZA RICAVABILE DA UN IMPIANTO

Teoricamente $P = g H Q \eta$ (kW)

Il parametro rendimento è quello di più difficile determinazione; si impiega di solito la formula empirica

$$P = k Q H \quad (kW)$$

dove k è un coefficiente che tiene conto dell'accelerazione di gravità e del rendimento medio; può valere 8 per impianti piccoli e 8.5 per impianti medi e grandi.

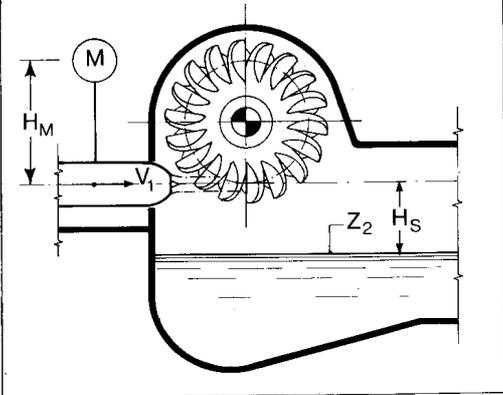
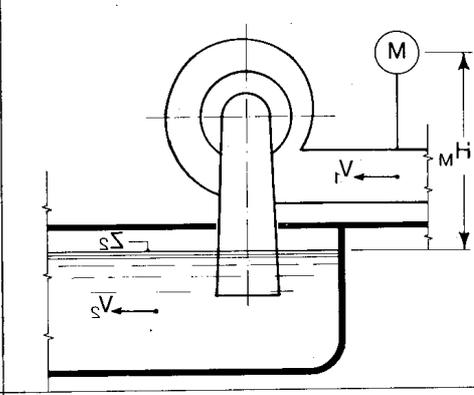
MOTORI PRIMI

TURBINE

Turbina è una macchina idraulica in grado di trasformare l'energia cinetica dell'acqua in energia meccanica a moto rotatorio, che trasferisce poi ad un generatore elettrico collegato al suo asse.

CLASSIFICAZIONE:

- Turbine ad azione, adatte per salti elevati e portate modeste
- Turbine a reazione, adatte per salti medi e piccoli e portate da medie a grandi

Turbine ad azione (1)	Turbine a reazione (2)
	
$H_n = p + H_M + \frac{V_1^2}{2g}$	$H_n = p + H_M + \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g}$
<p>Riferimenti:</p> <p>M -manometro di precisione con scala in metri;</p> <p>p -pressione in metri indicata dal manometro;</p> <p>H_M -altezza del manometro: per (1): sulla orizzontale del punto di tangenza del getto; per (2): sul pelo libero del canale di scarico Z_2</p> <p>H_{V_1} -altezza, corrispondente alla velocità dell'acqua nella sezione della condotta dove è derivato il manometro: $H_{V_1} = \frac{V_1^2}{2g}$</p> <p>$H_{V_2}$ -come sopra, ma riferita alla velocità nella sezione di sbocco dello scarico: $H_{V_2} = \frac{V_2^2}{2g}$</p> <p>$H$ -parte del salto perduto da (1) allo scarico.</p> <p>Nota - Quando le turbine a reazione (2) sono in camera libera, con buona approssimazione si può ritenere $H_n = Z_1 - Z_2$ (per la minima influenza di $\frac{V_1^2 - V_2^2}{2g}$) dove Z_1 e Z_2 sono le quote misurate in esercizio a valle della griglia e allo scarico.</p>	

- Determinazione del salto netto con turbine ad azione e reazione.

ELEMENTI COSTITUTIVI

- Girante: parte interna, mobile, montata sull'albero rotante; è dotata di pale, fisse od orientabili, che ricevono la spinta dell'acqua
- Distributore: organo fisso che regola il flusso dell'acqua e lo orienta opportunamente verso le pale della girante; è comandato dal regolatore di potenza; ha un'azione progressiva e relativamente lenta
- Sospensioni dell'albero: a cuscinetti o a bronzine
- Carcassa: contiene e sostiene gli altri componenti, evita la dispersione dell'acqua nell'ambiente di centrale
- Il diffusore o tubo di aspirazione, il suo uso è limitato alle sole turbine a reazione. Esso, serve a mantenere all'uscita della girante una depressione rispetto al pelo libero nel canale di scarico, con due scopi, permettere di sfruttare il dislivello tra girante ed il canale di scarico e di recuperare una parte dell'energia cinetica posseduta dall'acqua.
- Regolatore di potenza: dispositivo esterno alla turbina vera e propria; controlla la potenza meccanica richiesta all'albero della macchina e regola di conseguenza il flusso d'acqua agendo sul distributore; lo scopo è quello di mantenere costante la velocità di rotazione, da cui dipende il valore di frequenza generato
- Valvola d'intercettazione dell'acqua: organo terminale della condotta; permette di aprire o chiudere totalmente il flusso d'acqua, ma non di regolarlo; ha un'azione tipo on/off, relativamente lenta

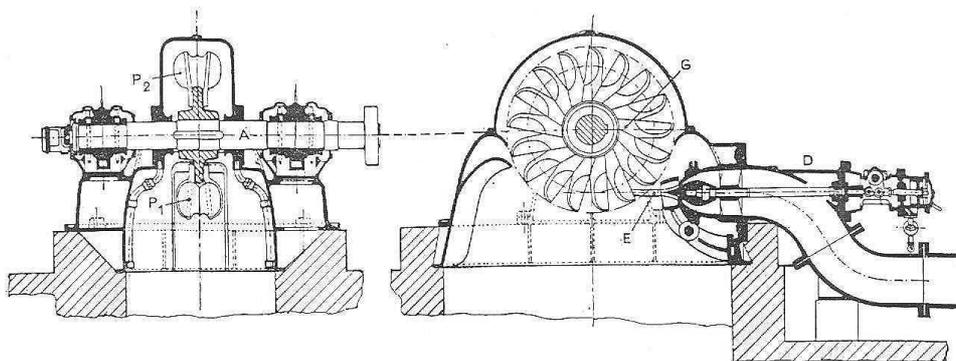


Gruppi con turbine ad asse orizzontale accoppiate

TURBINE AD AZIONE

Il tipo di maggior impiego è stato inventato nel 1880 dall'ingegnere californiano Lester Pelton (1829 - 1908), di cui ha preso il nome (turbina Pelton) e perfezionato nel 1900 da Doble. Questa macchina è l'unica capace di gestire i maggiori salti idraulici, il più alto dei quali, nel mondo, è quello di Fully, negli USA, con caduta di 1850m. In Italia la più esasperata è quella di Arise con un salto di 1050m.

Altri modelli, molto meno utilizzati in pratica a causa di un minor rendimento, sono la turbina Turgo, inventata nel 1920 da Eric Crewsdon, e la Ossberger, inventata nel 1903 dall'australiano Mitchell e realizzata industrialmente da Ossberger.

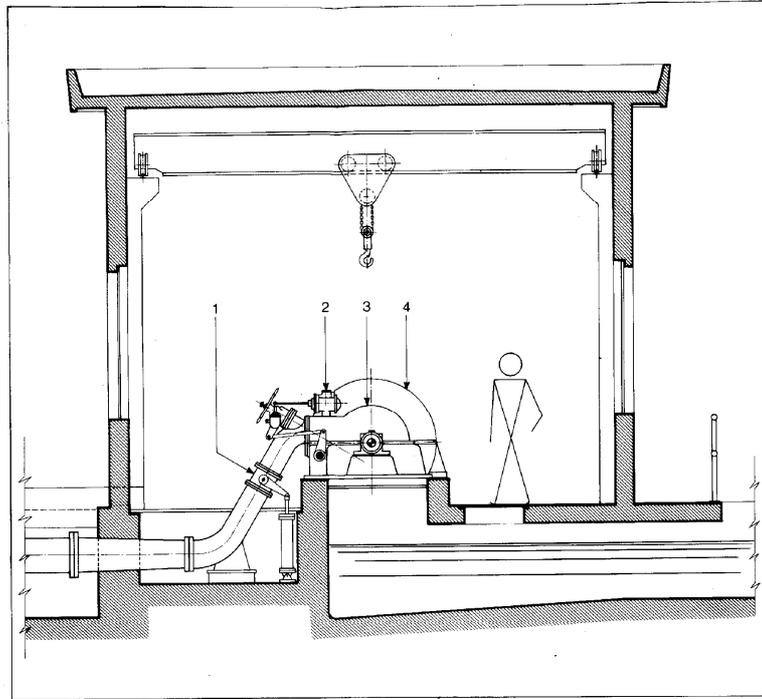
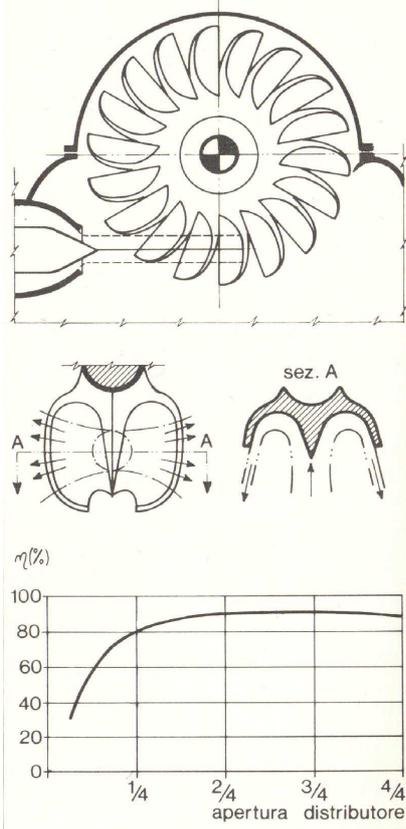


Turbina Pelton ad asse orizzontale.

A, albero; D, getto; E, getto; G, girante; P₁, fronte della pala; P₂, dorso della pala

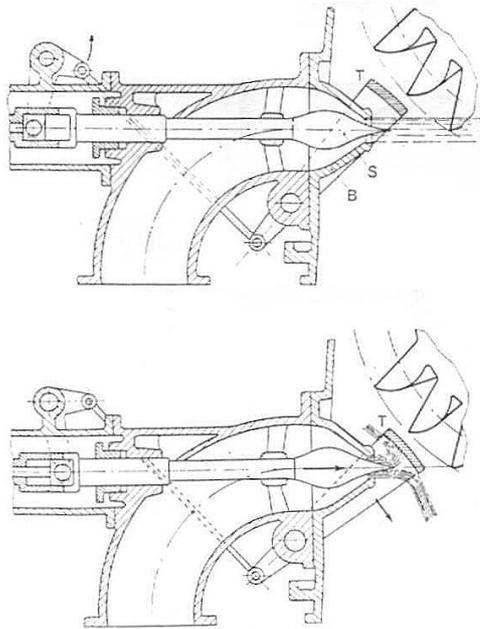
PARTI COSTITUENTI

- GIRANTE: può essere ad asse orizzontale o verticale. Le pale sono sagomate a doppio cucchiaio e ricevono direttamente la spinta del getto d'acqua proveniente dal distributore.
- DISTRIBUTORE: sagomato a lancia, con regolatore di flusso interno a fuso scorrevole.
- TEGOLO DE VIA FLUSSO: serve ad intercettare il getto d'acqua tra distributore e girante; permette l'arresto rapido della macchina.

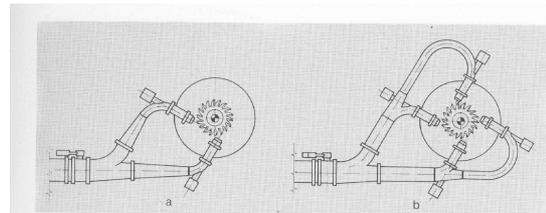


Installazione tradizionale di una turbina con ruota Pelton adatta per piccole portate e salti medi e alti. Nei gruppi moderni di piccola potenza è preferita la sistemazione ad asse verticale.

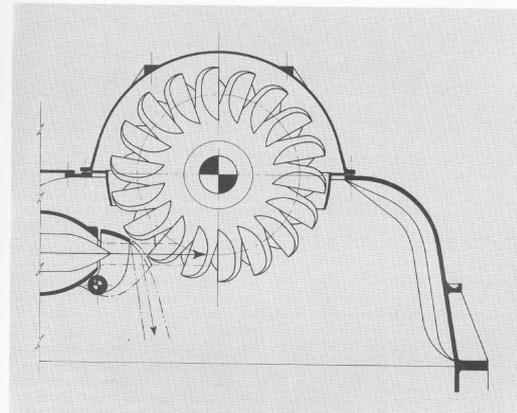
- 1 - Valvola di macchina a farfalla 3 - Turbina
2 - Servomotore di comando distributore 4 - Alternatore



• Distributore Doble aperto e durante la chiusura.



... schema delle possibili disposizioni dei getti in turbine Pelton ad asse verticale. Col frazionamento della portata si amplia il campo d'impiego delle turbine Pelton. a - Turbina a due getti b - Turbina a quattro getti.



Deviatore del getto, «tegolo», per turbine Pelton. In caso di scatto del carico elettrico dell'alternatore, per effetto dell'intervento del regolatore di velocità il «tegolo» si abbassa repentinamente deviando il getto che, in conseguenza, non trasmette la sua spinta alla ruota col che si contiene la punta di sovravelocità del gruppo. Il distributore a spina (Doble dal nome del suo ideatore), si chiude in seguito lentamente per contenere le sovrappressioni in condotta.

TURBINE A REAZIONE

TURBINA FRANCIS

Prende il nome dall'ingegnere britannico James Bicheno Francis (1815 - 1892) che la brevettò nel 1849. Fu perfezionata poi in varie fasi. E' adatta a sfruttare salti compresi tra 20 e 80 metri.

La Francis è una turbina centripeta a scarico assiale, essa ha larghissimo campo di impiego, subendo però notevoli variazioni nella sua forma e nei particolari costruttivi.

Nel caso di salti molto bassi può essere:

- In camera libera, ed allora dal bacino di carico l'acqua entra direttamente nel distributore.
- Collegata ad una condotta forzata, che fa capo ad una camera a spirale destinata a convogliare l'acqua verso il distributore.

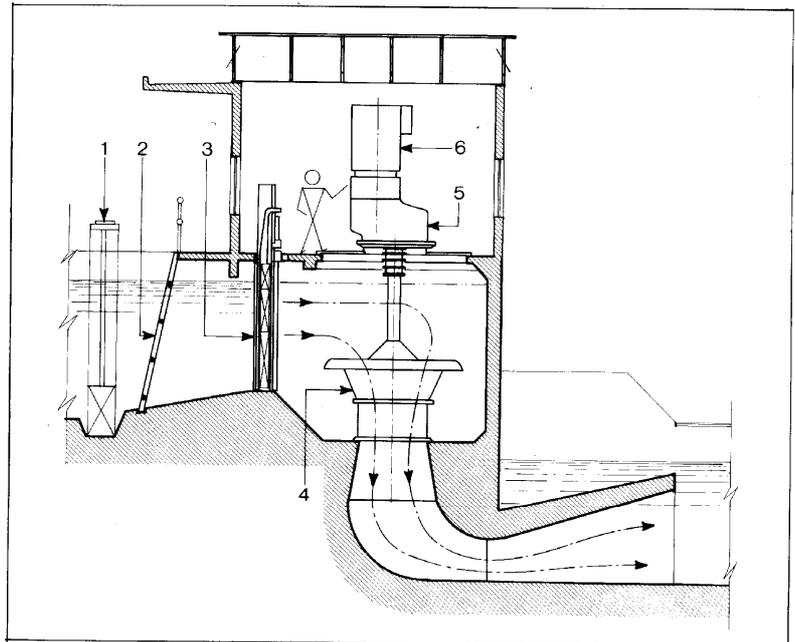
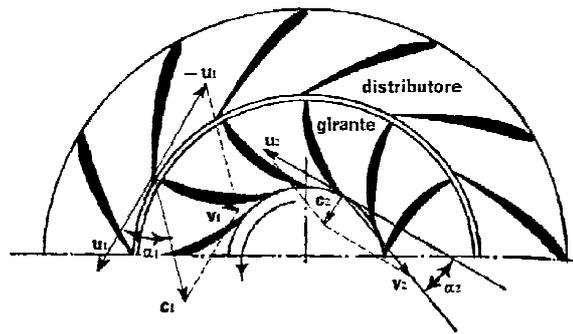
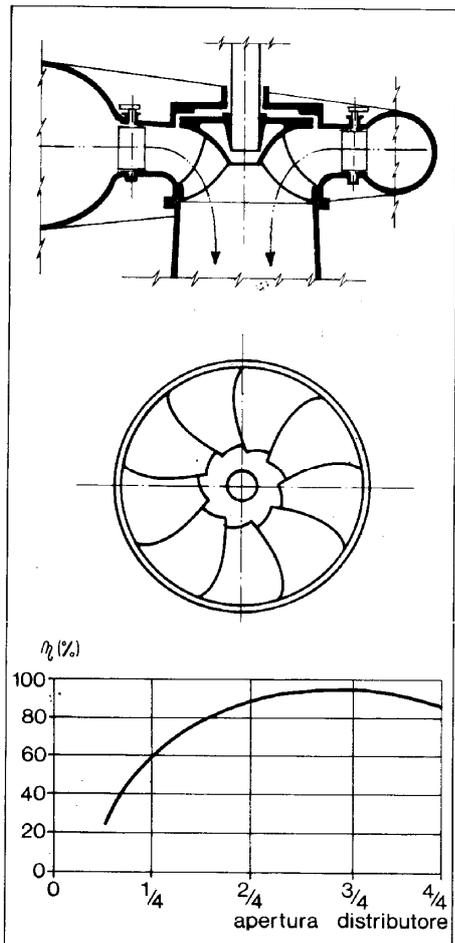
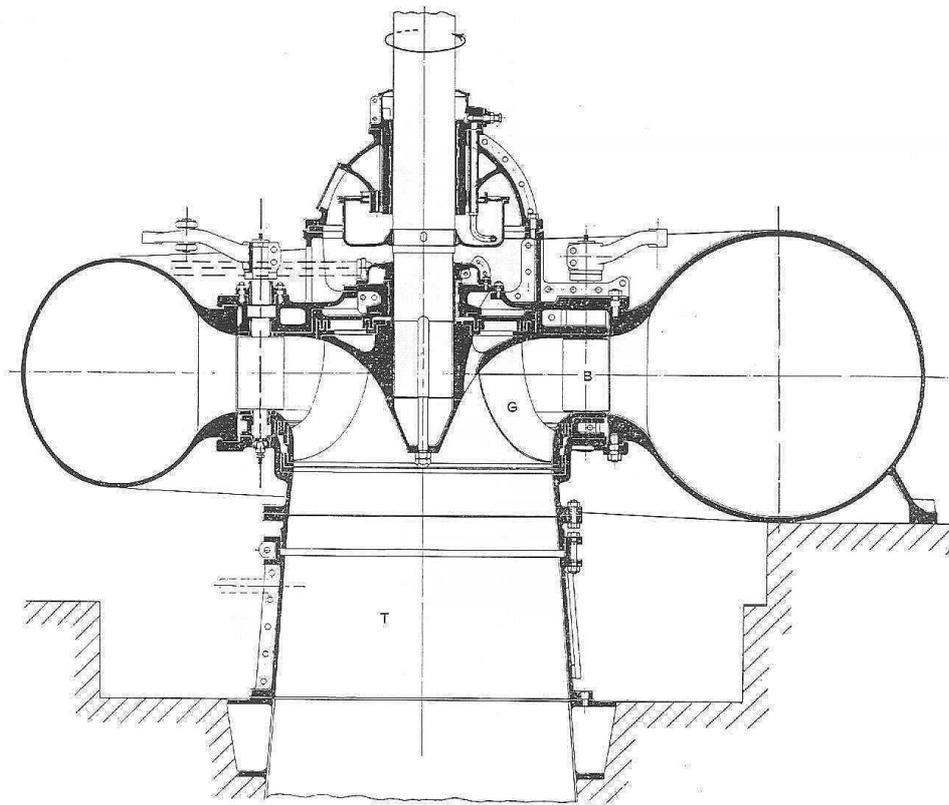


Fig. 6.4 - Moderna installazione di turbine in camera libera.
 1 - Scarico detriti e svuotamento canale 4 - Turbina
 2 - Griglia 5 - Moltiplicatore di giri
 3 - Paratoia con comando oleodinamico 6 - Alternatore

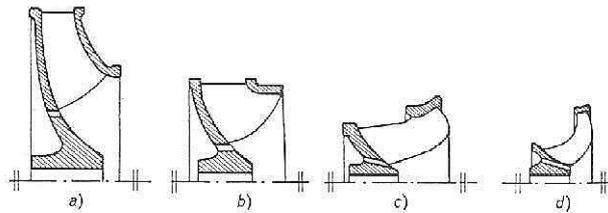




- Turbina Francis veloce ad asse verticale:
B, distributore; **G**, girante; **T**, diffusore.

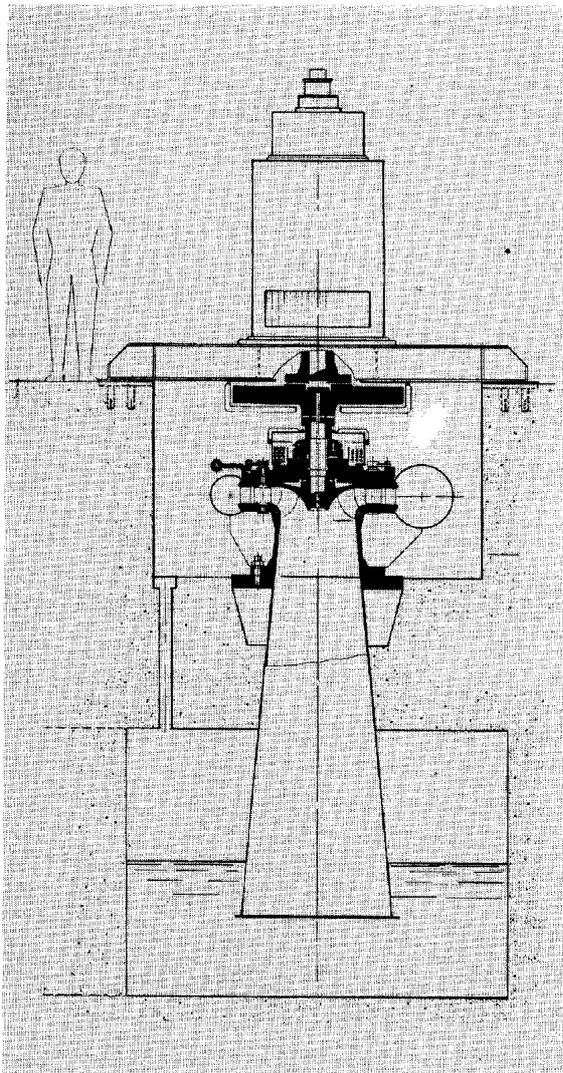
PARTI COSTITUENTI

- **Distributore.** È costituito da due corone circolari, poste in piani normali all'asse della turbina; una corona è collegata ad un involucro fisso attraverso l'albero, l'altra al diffusore; tra le due corone si trova un certo numero di pale che possono assumere una inclinazione variabile ruotando attorno ad un perno.
- **Girante.** È composta da un mozzo e da una corona tra le quali sono collocate le pale, la cui forma varia sensibilmente a seconda del tipo di turbina: lenta, normale, veloce ed ultraveloci. Queste locuzioni si riferiscono al numero di giri caratteristico della macchina.
 - o Per salti elevati e piccole portate sono impiegate le turbine lente, con diminuire del salto si deve passare ai tipi più veloci.
 - o Nelle turbine lente lo spigolo d'ingresso è parallelo all'asse, nelle altre invece diventa inclinato e si allontana dal distributore. Lo spigolo di uscita diventa sempre più sviluppato passando dai tipi lenti ai veloci. Si può quindi notare che nelle macchine più veloci il distributore non sarà più cilindrico ma conico.
- **Forma e numero delle pale della girante.** Esse risultano costituite da lamine di opportuna curvatura disposte nello spazio compreso tra il mozzo e la corona della ruota. Hanno generalmente, andamento radiale in corrispondenza dell'ingresso del fluido nella girante, mentre all'uscita sono sempre disposte in modo da guidare il fluido stesso nella direzione dell'asse.



Pale della girante della turbina Francis,
a) lenta; b) normale; c) veloce; d) ultraveloce.

- **Diffusore.** Prima parte dello scarico che è per lo più rettilineo ad asse verticale, il quale può essere preceduto da una curva di 90° , se la turbina è ad asse orizzontale.



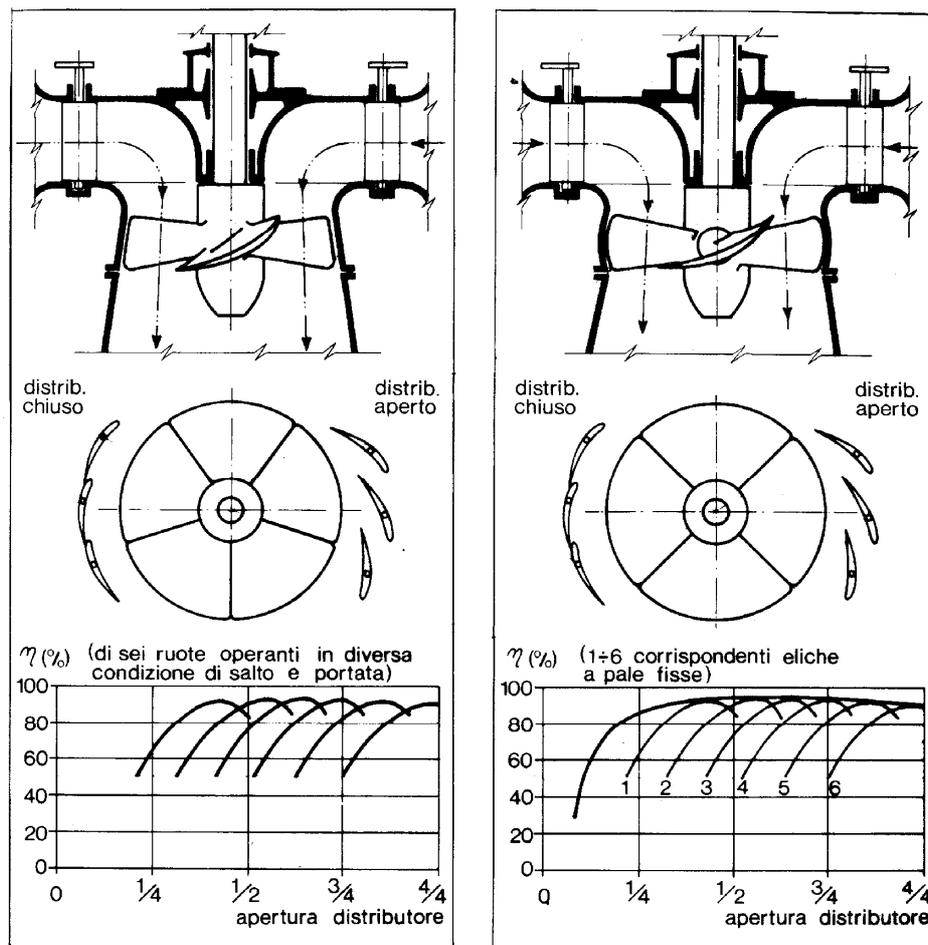
- **Scarico sincrono.** È usato nelle turbine a reazione per permettere una rapida chiusura del distributore, che guida l'acqua alla girante, ed una più lenta chiusura della condotta forzata, e ciò allo scopo di limitare l'entità del colpo di ariete. Questo scarico viene inserito sulla condotta forzata, subito a monte della turbina, ed è comandato dal regolatore contemporaneamente al distributore. Tale scarico è costituito essenzialmente da una valvola, che viene aperta mentre il distributore si chiude, in modo che la portata defluente dalla luce del distributore e dallo scarico sincrono rimanga costante. In un secondo tempo anche lo scarico viene chiuso per mezzo di un meccanismo analogo a quello dei freni ad olio.
- **Regolatore.** Esso è composto da un sistema di leveraggi, a catena o ad anello, che vengono movimentati da un cilindro oleodinamico. Questo apparato consente di effettuare l'operazione di parzializzazione dell'acqua variando il calettamento delle pale e quindi delle luci di efflusso e così anche la portata, che può avvenire fino alla chiusura completa delle luci, attraverso il contatto delle pale.

Fig. 10.7 - Moderna installazione di un gruppo con turbina Francis e alternatore sincrono di 880 kW (Hydroart).

Si noti l'impiego del volano per aumentare l'inerzia delle parti rotanti e assicurare maggior stabilità di frequenza in regime perturbato con servizio autonomo.

TURBINE A ELICA

- Turbina ad elica fissa, derivata dagli studi di perfezionamento condotti sulla Francis. Può sfruttare salti fino a 20 metri circa, con portate elevate.
- Turbina Kaplan, con girante ad elica e pale orientabili; ideata nel 1912 dall'austriaco Victor Kaplan. Sfrutta lo stesso tipo di salto dell'elica semplice, ma presenta migliori rendimenti alle portate ridotte

**POMPE-TURBINE REVERSIBILI**

Questi tipi di turbine trasformano l'energia prodotta in eccesso rispetto al consumo, accumulandola sotto forma di energia di posizione, cioè pompando dell'acqua da un bacino inferiore ad uno superiore; tale acqua potrà quindi produrre nuova energia elettrica.

Le due funzioni di pompaggio e di turbinaggio vengono affidate ad una sola macchina, che mossa da un motore elettrico - spesso lo stesso generatore - funziona da pompa e che invertendo il senso di rotazione, trascina la stessa macchina elettrica, che in questo caso funziona da generatore.

Dal punto di vista costruttivo, a seconda del tipo di pompa, si nota una conformazione analoga a quella di una turbina Francis o di una Kaplan, che in effetti sono i due tipi di macchine che si prestano a questo tipo di impiego.

Non sono invece reversibili le turbine ad azione; quando si volesse eseguire un recupero di energia occorrerà quindi accoppiare al gruppo turbina - generatore una pompa indipendente.

Confronto di alcune caratteristiche dei principali tipi di turbine

Turbine con ruote	Pelton	Francis	Elica	Kaplan
Principio di funzionamento:	ad azione	a reazione	a reazione	a reazione
Il distributore è:	tangenziale con bocchello e spina	periferico a pale mobili	periferico a pale mobili (*)	periferico a pale mobili
Le pale delle ruote sono:	fisse	fisse	fisse	mobili
si impiegano negli impianti con:	portate	piccolissime e piccole	piccole e medie	medie e grandi
	salto	alti e medi	medi e piccoli	piccoli e piccolissimi
Prevalente disposizione dell'asse per potenze:	piccole	è indifferente	è indifferente	è indifferente
	medie e grandi	è orizzontale o verticale (*)	è verticale (*)	è verticale
Valvola di macchina per potenze:	piccole	a farfalla	a farfalla	a farfalla o paratoia (*)
	medie e grandi	rotativa	rotativa	paratoia

(*) Per piccoli gruppi il distributore può essere anche a pale fisse.

(*) La disposizione ad asse verticale è adottata quando le ruote sono alimentate da più getti per suddividere la portata disponibile.

(*) La disposizione ad asse verticale è la più razionale e praticamente generalizzata nei moderni impianti. Turbine di media potenza si possono tuttavia installare ad asse orizzontale.

(*) In certi piccoli impianti sono installate a valle anziché a monte.

GENERATORI ELETTRICI

Sono le macchine che sfruttano l'energia meccanica sviluppata dalle turbine trasformandola in energia elettrica.

- **Dinamo.** Macchine a corrente continua, in genere di piccola potenza, utilizzate quasi esclusivamente per fornire l'eccitazione agli alternatori. Possono avere indotto rotante tradizionale con collettore a spazzole o indotto statorico e rotore induttore a magneti permanenti senza spazzole (brushless).
- **Alternatori.** Generatori di corrente alternata a funzionamento sincrono (numero di giri strettamente legato alla frequenza generata).
- **Generatori asincroni.** Macchine derivate dai motori asincroni; il numero di giri non è rigidamente legato alla frequenza. Richiedono la presenza di una linea già in tensione.

ALTERNATORI

Sono le macchine tradizionalmente utilizzate per la generazione in centrale; sono in grado di funzionare autonomamente dalla presenza di tensione sulla linea che alimentano, a patto di disporre di generazione autonoma per l'eccitazione.

PARTI COMPONENTI

- **Rotore.** Montato sull'albero meccanico, è costituito dall'induttore con poli elettromagnetici alimentati in corrente continua. La corrente di eccitazione, prodotta esternamente alla macchina, arriva agli avvolgimenti mediante un meccanismo di anelli rotanti su cui poggiano spazzole striscianti in grafite; la presenza di tali elementi provoca un aumento delle perdite meccaniche a causa dell'attrito radente di strofinamento.
- **Statore.** Corona costituita da un pacco di lamierini magnetici in cui sono ricavate le cave che alloggiavano gli avvolgimenti - monofase o trifase - in cui vengono generate le correnti alternate.

- **Carcassa.** Contiene e sostiene tutte le altre parti. Porta la morsettiera con i collegamenti elettrici verso l'esterno.
- **Sospensioni.** Sostengono l'albero con bronzine o cuscinetti (a sfere, a rulli, reggispira) permettendogli di ruotare con il minimo di attrito volvente.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Il flusso continuo generato dai magneti del rotore taglia, girando, le spire degli avvolgimenti statorici generando in esse, in virtù della legge di Lenz, forze elettromotrici sinusoidali.

La frequenza generata è pari a

$$f = p * n / 60 \quad (\text{Hz})$$

dove p è il numero delle coppie polari o paia poli ($2p =$ numero di poli), n è la velocità di rotazione della macchina espressa in giri/minuto (rpm) e 60 è il numero di secondi che formano un minuto. Fissato il valore di frequenza che vuole ottenere - e che deve rimanere tassativamente costante -

$$n = 60 * f / p \quad (\text{rpm})$$

è la così detta velocità di sincronismo, la cui stabilità dipende dall'efficienza del regolatore di potenza sulla turbina.

La tensione generata ai morsetti è funzione del flusso induttore e quindi della corrente continua di eccitazione.

ECCITAZIONE

La corrente continua per l'eccitazione degli avvolgimenti induttori sul rotore può essere generata da dinamo calettate sullo stesso albero meccanico e quindi fatte ruotare dalla stessa turbina. A loro volta queste dinamo possono autoeccitarsi (piccole macchine) tramite magneti permanenti, derivare l'eccitazione da fonti indipendenti (raddrizzatori alimentati dalla linea, batterie) o usufruire di un'altra dinamo, a sua volta autoeccitante (nel caso di grossi alternatori che richiedono forti correnti continue).

L'eccitazione dell'alternatore può anche essere prelevata direttamente dalla linea, purché già in tensione, mediante raddrizzatori o da altro generatore coassiale AC dotato di diodi rotanti; quest'ultima soluzione permette di eliminare il meccanismo anelli - spazzole e le relative perdite.

Il valore della corrente di eccitazione risulta direttamente proporzionale alla tensione generata; viene controllato automaticamente mediante regolatore automatico di tensione, in genere a funzionamento elettronico.

COLLEGAMENTO IN PARALLELO CON LA LINEA

Nel caso in cui l'alternatore, una volta avviato, debba essere collegato ad una linea già in tensione, andrà rispettata una precisa procedura.

- La tensione generata deve essere, in modulo, uguale o molto vicina a quella di linea
- La frequenza generata deve essere uguale o molto vicina a quella di linea
- Il vettore della tensione generata deve essere in fase, o molto prossimo, con quello della tensione di linea.

Se vengono a mancare una o più delle suddette condizioni la chiusura dell'interruttore di parallelo provoca il riallineamento forzato della macchina alla linea, con violenti strappi che possono creare guasti elettrici e meccanici. Il verificarsi delle condizioni ottimali viene controllato attraverso dispositivi a controllo manuale, per le piccole macchine, o automatico.

GENERATORI ASINCRONI

- Sono di fatto motori asincroni fatti funzionare come generatori imponendo loro uno scorrimento negativo (3 - 5 %), cioè una velocità di rotazione

superiore a quella di sincronismo. La velocità di sincronismo è calcolata come negli alternatori.

- Sono adatti alla generazione di potenze fino ad alcune centinaia di kW.
- La frequenza e la tensione generate dipendono da valori che devono già essere presenti in linea, quindi non sono richiesti controlli della velocità e della tensione.
- La corrente magnetizzante viene prelevata dalla linea, quindi il fattore di potenza della macchina risulta in genere piuttosto basso e deve essere corretto mediante l'inserzione in parallelo di batterie di condensatori di opportuno valore, in genere in modo progressivo e su comando di dispositivi automatici elettronici.
- Dal punto di vista costruttivo queste macchine sono sempre del tipo a rotore a gabbia e non richiedono quindi collegamenti elettrici tra rotore e statore, a tutto vantaggio della riduzione delle perdite meccaniche.

IMPIANTI ELETTRICI DI CENTRALE

Devono prevedere

- **Interruttori.** Per il sezionamento e la protezione automatica dei generatori.
- **Gruppi di misura.** Per il controllo delle grandezze generate: tensione, frequenza, corrente, fattore di potenza, potenze attiva e reattiva, tempo di funzionamento.
- **Sistemi di controllo e regolazione automatico della tensione.**
- **Dispositivi di messa in parallelo dei generatori,** tra di loro ed alla linea.

Nel caso in cui la tensione generata non corrisponda a quella di linea occorreranno uno o più trasformatori, in genere elevatori di tensione, con le relative apparecchiature di protezione (massima corrente, differenziale, massima temperatura, terra etc.) ed interruttori, o sezionatori, al primario ed al secondario.

Anche le linee in partenza dovranno poi avere i loro dispositivi di protezione (Guasto a terra, massima corrente, massima e minima tensione, massima e minima frequenza).