
DISEGNO, PROGETTAZIONE E ORGANIZZAZIONE INDUSTRIALE, MECCANICA E MACCHINE

Seconda Simulazione 2019

Il candidato, dopo avere analizzato i documenti proposti ed il contesto operativo, svolga la prima parte della prova e due dei quesiti proposti nella seconda parte

Documento N.1

.....

Documento N.2

.....

Contesto Operativo

La centrale idroelettrica di Entraque (Cu) è l'impianto di produzione più grande in Italia ed uno dei più grandi in Europa ed è in grado, da sola, di alimentare l'intera provincia di Torino. Produce una potenza di 1310 MW ed è costituita da 9 turbine idrauliche.

L'impianto ha due diverse derivazioni: Chiotas e Rovina che erogano rispettivamente un flusso di 129 m³/s e 27 m³/s. Sulla derivazione di Rovina, in particolare, sono presenti una turbina Francis, un alternatore ed una pompa che può essere innestata tramite un giunto solo ad albero fermo.

Prima Parte

Il candidato, facendo riferimento al contesto operativo ed assumendo ogni parametro /ipotesi che ritenga necessaria e congrua alla progettazione, effettui:

- a) il dimensionamento della turbina Francis sapendo che:
 - la caduta disponibile è 120 m;
 - la velocità di rotazione è pari a 600 giri/min;
 - il grado di reazione è pari a 0,54;
 - il rendimento idraulico è pari a 0,94.
- b) Il dimensionamento dell'albero di trasmissione posto tra la turbina ed il generatore di energia elettrica sapendo che:
 - a valle della turbina è posizionato un moltiplicatore di giri con rapporto di trasmissione pari 8;
 - per ragioni di impianto la distanza tra le macchine è di 1,2 m;
 - nella mezzeria è calettata un sistema per la trasmissione con cinghia trapezoidale del moto ad un impianto ausiliario che applica una forza di 2kN,
- c) Il disegno di fabbricazione della puleggia per cinghie trapezoidali, completo di tolleranze, quote, rugosità, smussi, raccordi ed eventuali trattamenti termici previsti, sapendo che il suo diametro è compreso tra 160 e 250 mm e che la cinghia è di tipo A.
- d) Il ciclo di lavorazione della puleggia del punto c, indicando macchinari, utensili, attrezzature, strumenti di misura ed il controllo qualità.

Parte Due

- a) Relativamente al ciclo di lavorazione si effettui la stesura del foglio di analisi fase per tutte le fasi, determinando i tempi di lavorazione in manuale ed in automatico totali,
- b) Il candidato determini, sulla base delle esperienze dei *Percorsi per le competenze trasversali e per l'orientamento* o in base al percorso di studi effettuati, quali controlli di qualità sono necessari per l'albero di trasmissione,
- c) Si determini la cinghia trapezoidale che trasmette il moto rotatorio dell'albero ad un secondo ad esso parallelo e distante 2 metri, utile alla trasmissione della potenza ad un impianto ausiliario, assicurando un rapporto di trasmissione pari ad 1/3
- d) Determinare e dimensionare la macchina operatrice necessaria al pompaggio notturno dell'acqua.

Prima di tutto si vuole ricordare una espressione utilizzata nel “Quality Function Deployment”:
 “fai le cose giuste la prima volta”

attraverso una accurata analisi, sin dalle prime fasi, di tutte le problematiche e le esigenze (esterne ed interne), nel modo più completo possibile.

Premessa: i calcoli saranno fatti facendo riferimento alla normativa e al “Manuale di meccanica” ed. Hoepli

Dati forniti:

Portata volumetrica $\dot{V} = 27 \left[\frac{m^3}{s} \right]$

Caduta disponibile $H_g = 120 [m]$

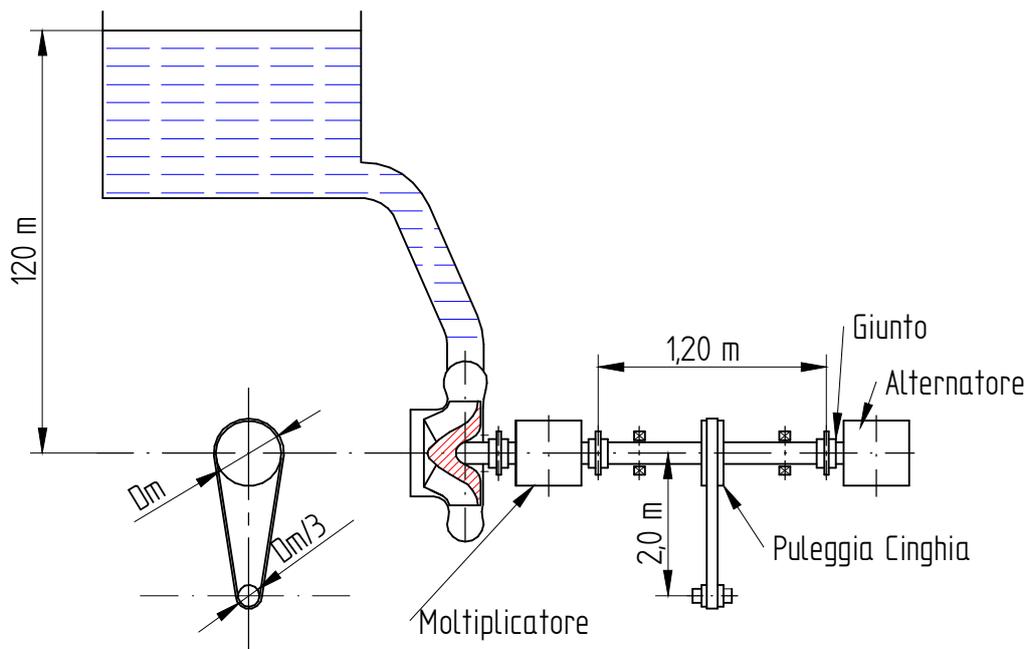
Frequenza di rotazione turbina $n = 600 \left[\frac{giri}{min} \right]$

Rendimento idraulico turbina $\eta_i = 0,94$

Grado di reazione turbina $g_r = 0,54$

Rapporto di moltiplicazione $i_r = 2$

Si definisce un possibile schema di impianto rappresentato nella figura che segue



Si considerano i seguenti dati mancanti:

Massa volumica acqua $\rho = 1000 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$

Rendimento della condotta $\eta_c = 0,98$

Rendimento della turbina $\eta_c = 0,9$

Rendimento meccanico $\eta_m = 0,98$

Si inizia con il calcolare il salto utile H_u

$$H_u = \eta_c \cdot H_g = 0,98 \cdot 120 = 117,6 [m]$$

La potenza utile della turbina sarà

$$P = \eta \cdot \rho \cdot g \cdot \dot{V} \cdot H_u = 0,9 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 27 \cdot 117,6 = 28\,024\,300 \text{ W} = 28\,024,3 [\text{kW}]$$

Calcolo albero

Considerando la presenza del moltiplicatore l'albero gira a:

$$n_A = 8 \cdot n = 8 \cdot 600 = 4800 \left[\frac{\text{giri}}{\text{min}} \right]$$

la sua velocità angolare è:

$$\omega_A = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_A}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 4800}{60} = 502,7 \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

Il momento torcente che agisce su tutto l'albero

$$M_t = \frac{P_u}{\omega_A} = \frac{28\,024\,000}{502,7} = 55\,704,32 \text{ [Nm]}$$

Si sceglie il materiale dell'albero: sia un acciaio 42 CrMo4 avente

$$R_m = 780 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right] \quad R_s = 560 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

ipotizzando un coefficiente di sicurezza $\gamma = 3$ la tensione ammissibile è:

$$\sigma_{am} = \frac{R_s}{\gamma} = \frac{560}{3} = 186,67 = \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Alle sezioni estreme agisce il solo momento torcente, per cui è possibile calcolare il diametro.

$$d_e \geq \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \sigma_{am}} \cdot \sqrt{4 \cdot M_f^2 + 3 \cdot M_t^2}} = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \cdot 186,67} \cdot \sqrt{4 \cdot 0 + 3 \cdot 56000000^2}} = 138,12 \text{ [mm]}$$

Tenendo conto della presenza delle linguette, e di dover calettare dei cuscinetti la sezione centrale dovrà avere un diametro pari a circa 175 mm.

Nella sezione centrale è calettata la puleggia per la trasmissione a cinghia.

Il diametro interno del mozzo dovrà essere uguale a 175 mm, quello esterno a circa 350 mm.

Il diametro primitivo della puleggia sarà compreso tra i 400 e i 900 mm.

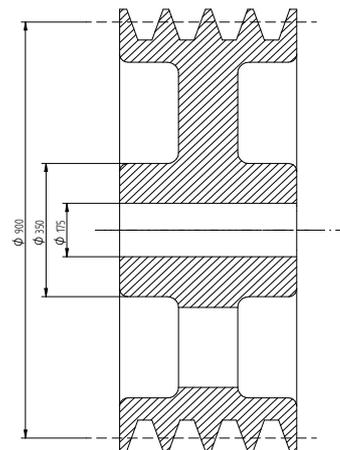
Con questi valori la velocità periferica della puleggia e quindi della cinghia sarà:

$$v_1 = \frac{\pi \cdot n \cdot d_1}{60} = \frac{\pi \cdot 4800 \cdot 400}{60 \cdot 1000} = 100,5 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$v_1 = \frac{\pi \cdot n \cdot d_1}{60} = \frac{\pi \cdot 4800 \cdot 900}{60 \cdot 1000} = 226,2 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

valori alquanto elevati per una normale cinghia trapezoidale a sezione A.

Ma la traccia afferma che la puleggia deve avere un diametro compreso tra i 160 e 200 mm



Il punto a della seconda parte richiede “la stesura del foglio di analisi fase per **tutte le fasi**, determinando i tempi di lavorazione in manuale ed in automatico totali”.

La richiesta lascia molto perplessi, effettuare l'analisi di tutte fasi necessità di tempi che gli allievi non hanno (si ricorda che la prova è una simulazione di esame e che quindi deve essere svolta in 8 ore).

Il rapporto di trasmissione assegnato alla trasmissione a cinghia é: $i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{3}$ per cui è un moltiplicatore di giri e l'albero 2 gira a circa 14.000 giri al minuto ?!!!??.

Al punto d della seconda parte è chiesto di “*Determinare e dimensionare la macchina operatrice necessaria al pompaggio notturno dell'acqua*” senza altra indicazione.

Si desidera quindi che l'allievo, sempre nelle 8 ore, con l'ausilio di un manuale e di una calcolatrice decida il tipo di impianto (che tubazione, per calcolare le perdite di carico e trovare la prevalenza della pompa), di pompa (centrifuga o alternativa), il numero delle stesce (una sola pompa solleva l'acqua di 120 metri, o esiste più di una stazione di pompaggio), e calcolare le dimensioni della pompa stessa (diametri, numero di pale, albero motore).

Si ricorda che le macchine idrauliche sono studiate al terzo anno di corso, e, tenendo conto della esiguità delle ore a disposizione, in modo sicuramente non molto approfondito.

Voglio terminare con una aneddoto ed alcune considerazioni:

Tanti anni fa mi fu raccontata questa storia (che dovrebbe riferirsi agli anni 50/60):

In una Università Italiana, ad una prova scritta di un esame di fisica, fu dato un problema che risultava impossibile da risolvere nel tempo a disposizione.

Gli allievi non superarono l'esame, ma andarono dal Preside di facoltà a lamentarsi.

Il Preside valutò le loro ragioni, e, ritenutele fondate, chiamò i docenti, che avevano preparato le tracce d'esame, invitandoli a risolvere il problema nel tempo richiesto ed alla presenza degli allievi.

I docenti non furono in grado di risolvere il problema!!!! (non faccio commenti)

Sarebbe utile che il Ministro invitasse colui che ha preparato la traccia (quella delle ore 8,30) a risolverla, alla presenza di docenti ed allievi e nelle 8 ore a disposizione, vorrei poi conoscere il risultato.

Ho insegnato per 38 anni discipline tecniche (meccanica, macchine, disegno, tecnologia meccanica, impianti termotecnici) ed ogni volta che ho preparato la traccia di un compito ho sempre tenuto conto dell'aneddoto di cui sopra: il compito deve essere risolvibile, nel tempo richiesto e da tutti gli allievi, sia dai bravi che dai meno bravi.

Lascio al lettore decidere se ciò è avvenuto per la prova di simulazione di cui si sta trattando.

Prof. Ing. Carmine Napoli