

PRODUZIONE DI POTENZA DA FONTI RINNOVABILI
AA 2014-15

Appello del 6 Febbraio 2015

Prof. Silva e Manzolini

Tempo a disposizione: 1,5 ore

Avvertenze per lo svolgimento del tema d'esame:

- 1) Indicare chiaramente nome e cognome su **tutti i fogli** che si intendono consegnare.
- 2) Il punteggio si riferisce ad esercizi svolti in modo completo con risultati numerici esatti. Risultati numerici corretti ma non accompagnati dalle relative spiegazioni non saranno presi in considerazione. Il punteggio finale verrà normalizzato in base ai risultati medi.
- 3) Rispondere brevemente ma con chiarezza solamente ai quesiti posti. Calcoli e spiegazioni - pur corretti in sé - che non rispondono ai quesiti posti non saranno considerati ai fini della valutazione.
- 4) Parlare con i colleghi e/o copiare prevede l'immediato annullamento del compito.
- 5) Tutti gli strumenti necessari per la risoluzione del tema d'esame sono riportati sul tema stesso. NON è consentito l'utilizzo del materiale didattico (libri, appunti, esercitazioni, esercizi svolti,...)

Quesito 1 (18 punti)

Si dimensiona (i) un campo solare termodinamico che sfrutta i sali fusi come fluido termovettore ($T_{\min} 290^{\circ}\text{C}$ - $T_{\max} 550^{\circ}\text{C}$) e un ciclo a vapore per la conversione dell'energia termica in energia elettrica (4 punti). Si assumano le caratteristiche dell'impianto riportate in tabella:

Potenza netta ciclo a vapore	50 MW	Perdite termiche piping	2 MW
Rendimento secondo principio	59%	Perdite termiche specifiche dei collettori (al m^2 di apertura degli specchi)	70 W/m^2
T ambiente	25 $^{\circ}\text{C}$	Rendimento ottico	76%
Multiplo solare	2.1	Radiazione nominale (DNI)	900 W/m^2

Si calcoli (ii) il rendimento termico del collettore (2 punti). Conoscendo le perdite termiche specifiche del campo, sapendo che il coefficiente di scambio convettivo con l'ambiente è pari a 15 $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ e che il fattore di concentrazione è pari a 70 (definito come $\text{Apertura}_{\text{collettore}}/\text{D}_{\text{tubo_vetro}}$), si determini (iii) la temperatura media del vetro del collettore (4 punti). Si esplicitino eventuali semplificazioni necessarie al calcolo.

Si calcoli (iv) l'energia annuale prodotta dall'impianto con i dati medi di funzionamento riportati in tabella seguente (4 punti):

DNI media	755 W/m^2	Ore di funzionamento campo specchi	2750
Angolo di incidenza	30 $^{\circ}$	Perdite termiche/piping	= al caso nominale
IAM=IAM(θ) con θ in espresso in gradi	1 - 5 · 10 $^{-4}$ · θ	Rendimento del Power Block	= al caso nominale
Consumo medio ausiliari impianto	2 MW		

Si calcoli infine (v) il costo dell'energia elettrica generata considerando i costi riportati nella tabella seguente e assumendo una dimensione dell'accumulo pari a 7h equivalenti (4 punti).

Costo campo	180 €/m ²	Costo progetto e indiretti	35% costi impianto
Costo del Power Block	650 €/kW _{el}	Capital carrying charge	15%
Costo BOP	300 €/kW _{el}	Costi di manutenzione	3 €/MWh _{el}
Costo accumulo	30 €/kWh _{th}	Costi fissi	3 M€/anno

Quesito 2 (12 punti)

Una turbina eolica tripala a giri variabili e calettamento variabile ha un rotore di diametro pari a 110 m, una velocità nominale di 11.5 m/s ed è progettata con un λ_{tip} ottimale pari a 7.51. Sapendo che il rendimento fluidodinamico della macchina è pari a 81.5% (rapporto tra il Cp reale e il Cp di Betz), che il rendimento del moltiplicatore di giri è pari al 96.5% e il rendimento organico-elettrico dell'alternatore è pari al 97%, calcolare (i) la potenza elettrica nominale sviluppata in condizioni di 1 atmosfera e 25°C (la densità dell'aria a 1 atm e 25°C è pari a 1.225 kg/m³) (2 punti) e (ii) la velocità di rotazione in condizioni nominali (2 punti).

Nell'ipotesi di validità del teorema di Betz si determini (iii) l'angolo di calettamento in corrispondenza dell'apice della pala (tip), sapendo che l'angolo di incidenza ottimo è pari a 8° (2 punti).

Sapendo inoltre che la potenza elettrica sviluppata dalla macchina alla velocità di cut-in è pari a 110 kW, e nell'ipotesi di invarianza dei rendimenti organici ed elettrici, si determini (iv) la velocità del vento in queste condizioni (2 punti), (v) la velocità di rotazione della macchina (2 punti) e (vi) la variazione dell'angolo di calettamento rispetto alle condizioni nominali (2 punti).