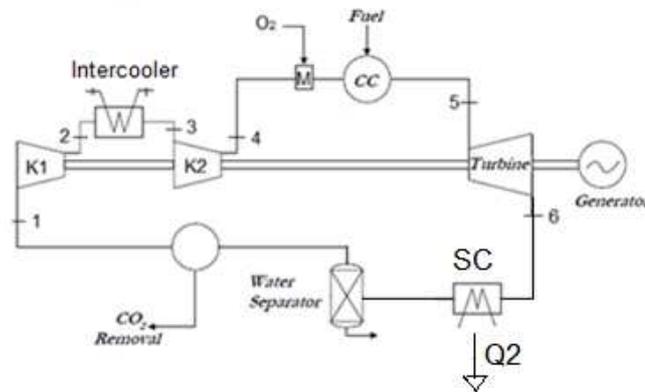


Tema 4

L'impianto rappresentato nella figura sottostante può essere definito a "zero emissioni" in quanto è costituito da un ciclo chiuso in cui viene utilizzato Biossido di Carbonio come fluido operativo. La combustione del metano viene realizzata attraverso l'immissione, realizzata a valle dei compressori dell'impianto, di un quantitativo stechiometrico di ossigeno (preventivamente separato dall'aria e compresso in una sezione dell'impianto non di interesse per lo svolgimento dell'esercizio). I prodotti della combustione espandono in turbina e vengono poi raffreddati in uno scambiatore di calore (denominato SC in figura) e nell'unità di condensazione e separazione del vapore acqueo posti in serie (vedi figura). La portata in massa di CO₂ elaborata dai compressori è costante e pari a 34 volte quella del combustibile bruciato, il quantitativo prodotto con la combustione viene costantemente rimosso dall'impianto e stoccato. Le condizioni di aspirazione del primo compressore (punto 1) sono pari a 1 bar e 40 °C mentre la potenza utile è pari a 9,5 MW. In base ai dati riportati nella tabella sottostante e alla configurazione impiantistica si determini:

- Le portate di tutte le specie chimiche circolanti nell'impianto;
- la potenza assorbita dai compressori e il rendimento di impianto;
- il quantitativo di calore asportato nell'intercooler (considerando un rendimento di scambio pari a 0,85);
- si effettui inoltre una stima delle caratteristiche costruttive, potenza e rendimento di un ciclo sottoposto a vapore che sfrutti il calore di recupero ottenuto dal raffreddamento dei fumi in uscita dalla turbina.



Per lo svolgimento dei calcoli si consideri inoltre una perdita di carico in camera di combustione pari al 5%.

Università degli Studi di Perugia
 ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
 SEZIONE A
 SESSIONE DI GIUGNO 2018

Prova pratica del 09 luglio 2018 – Settore Industriale
 Classe LM-30 – Ingegneria Energetica e Nucleare

β compressore 1	8,5		Coefficienti di Langen	A_p	b	A_v	
β compressore 2	9			(kJ/kg K)	(kJ/kg K ²)	(kJ/kg K)	
perdita pressione c.c.	5%			O ₂	0,942	0,000117	0,68
T ₃	360K			H ₂ O	2,311	0,000194	1,849
η_{turbina}	0,9			CO ₂	1,294	0,0000419	1,105
$\eta_{\text{compressori}}$	0,85			LHV metano	48000 kJ/kg		

Si effettui inoltre il dimensionamento del primo stadio assiale del compressore K1 in base ai seguenti dati:

Condizioni ingresso		
P ₀₁	100000	Pa
T ₀₁	313,00	K
Coeff. Portata ϕ	0,5	Ca/u
Coeff. Pressione ψ	0,6	Lsp/u²
$c_{l1}=c_{1a}$	105	m/s
N	8000	rpm
η politr. Stadio	0,92	
Ip. di progetto: mantengo componente assiale costante ed entrata alla macchina completamente assiale		

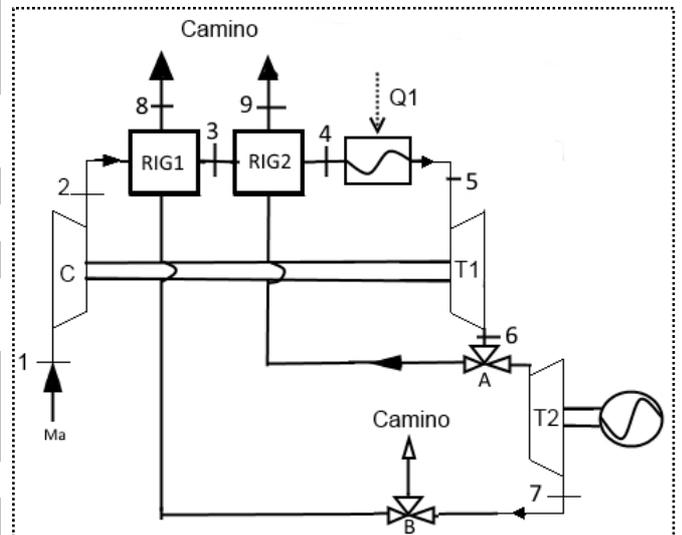
Si determini:

- Grandezze termodinamiche nelle varie sezioni dello stadio;
- caratteristiche geometriche e rapporto di compressione statico e totale dello stadio;
- stimare inoltre il numero di stadi che costituiscono la macchina.

Tema 5

- a) L'impianto rappresentato in figura utilizza esclusivamente aria, riscaldata attraverso un combustore esterno, come fluido di lavoro. Nel funzionamento a pieno carico non viene effettuata rigenerazione e la potenza prodotta risulta essere pari a 15,5 MW. In base ai dati riportati di seguito si calcoli quindi, relativamente a tale configurazione, la portata d'aria nominale ed il rendimento di primo principio.
- b) La valvola A viene utilizzata per parzializzare il flusso in ingresso alla turbina T2 mentre la valvola B ha un funzionamento di tipo on/off. Nel caso di attivazione delle due valvole risulta quindi possibile effettuare la rigenerazione termica dell'impianto attraverso l'impiego di 2 rigeneratori (RIG1 e RIG2). In RIG2 viene derivata parte della portata di aria in uscita dalla turbina T1 mentre la rimanente evolve in turbina T2. Ipotizzando che, operando in configurazione rigenerata, la potenza utile si riduca a 14 MW mantenendo lo stesso rendimento di primo principio precedentemente determinato, si calcoli:
- Portata di aria inviata al rigeneratore RIG2 e calore Q_1 fornito nello scambiatore.
 - Temperature al camino T8 e T9

Rapporto di compressione	β_c	12.5
Temperatura massima (uguale nelle 2 configurazioni di funzionamento)	T_5	1355 K
Temperatura T3 (caso rigenerato)	T_3	$T_7 - 80$
Temperatura di aspirazione	T_1	288 K
Pressione di aspirazione	P_1	1 bar
Rendimento scambiatore Q1	η_{Q1}	0.90
Rendimento isoentropico di compressione	η_c	0.85
Rendimento isoentropico di espansione (turbina 1, turbina 2)	η_T	0.90
Caratteristiche aria	k_{aria}	1.38
	R_{aria}	0.289 kJ/kgK



Tema 6

Si dimensioni un impianto di condizionamento a tutt'aria per un bar ubicato nel Comune di Teramo.

Per l'aria esterna si assumano le seguenti condizioni termoigrometriche di progetto:

- inverno: temperatura = 0°C; umidità relativa = 65%;
- estate: temperatura = 32°C (temperatura massima di progetto); umidità relativa = 40%.

Si assumano valori opportuni per le condizioni termoigrometriche dell'aria interna.

L'ambiente ha altezza pari a 3.5 m e pianta rettangolare con lati di 25 m (a nord e a sud) e 15 m (a est e a ovest).

La capienza massima della sala è 35 persone e per i ricambi d'aria si assumano 35 m³/h persona.

La parete a nord confina con un ambiente climatizzato, mentre quella a est confina con un ambiente non climatizzato destinato a magazzino.

Le pareti esposte a sud e a ovest affacciano sull'esterno e sono costituite per il 40% da infissi vetrati: la trasmittanza degli infissi è pari a 5 W/m² K e non sono dotati di sistemi di oscuramento.

Si consideri per la parete opaca principale una stratigrafia appropriata; per il calcolo della trasmittanza delle pareti si assumano i valori di resistenza termica superficiale $R_{si} = 0.13 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ (strato interno) e $R_{se} = 0.04 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ (strato esterno). La trasmittanza del solaio di copertura e di pavimentazione è di 0.8 W/m² K.

Per quanto riguarda i ponti termici si assuma una maggiorazione, espressa in %, opportuna rispetto al carico termico totale sia in estate sia in inverno.

Si consideri inoltre che l'impianto di illuminazione è costituito da lampade caratterizzate da un'efficienza specifica di 60 lumen/W; si raccomanda che la potenza delle lampade garantisca sul piano orizzontale un illuminamento pari a 300 lux.

Assumendo quando necessario le ipotesi più opportune, il candidato:

- a) determini il carico termico totale, in estate e in inverno, nelle condizioni più gravose: si assuma che il carico igrometrico di ciascuna persona sia pari a 55 g/h in estate e 30 g/h in inverno e si consideri che all'interno dell'ambiente sono presenti ulteriori sorgenti di calore che sviluppano 2 kW;
- b) descriva e disegni i trattamenti estivo e invernale dell'aria sul diagramma psicrometrico (v. ALLEGATO 1);
- c) determini la portata d'aria totale dell'impianto di condizionamento;
- d) valuti la fattibilità tecnica del ricircolo dell'aria, disegni i trattamenti con ricircolo sul diagramma psicrometrico (v. ALLEGATO 1) e stimi il risparmio energetico ottenuto; si valuti inoltre come alternativa l'ipotesi di adottare un recuperatore di calore e si confrontino le due soluzioni ove possibili;
- e) determini la potenzialità della batteria di pre-riscaldamento, di quella di raffreddamento e di quella di post-riscaldamento e la portata d'acqua dell'umidificatore adiabatico;
- f) scelga un generatore di calore opportuno a servizio dell'impianto, ne determini la potenzialità e fornisca una stima approssimata del consumo annuo di combustibile.
- g) determini la potenzialità di una macchina frigorifera a compressione a servizio dell'impianto e fornisca e fornisca una stima approssimata del consumo annuo di energia elettrica.
- h) dimensiona la rete di distribuzione dell'aria (canali, terminali, portata e prevalenza del ventilatore di mandata, v. ALLEGATO 2);

Università degli Studi di Perugia
ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
SEZIONE A
SESSIONE DI GIUGNO 2018

Prova pratica del 09 luglio 2018 – Settore Industriale
Classe LM-30 – Ingegneria Energetica e Nucleare

- i) disegni e spieghi lo schema di un impianto di condizionamento a tutt'aria con eventuale ricircolo.
- h) indichi soluzioni impiantistiche alternative per il caso di studio.

Università degli Studi di Perugia
ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
SEZIONE A
SESSIONE DI GIUGNO 2018

Prova pratica del 09 luglio 2018 – Settore Industriale
Classe LM-30 – Ingegneria Energetica e Nucleare

Università degli Studi di Perugia
ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
SEZIONE A
SESSIONE DI GIUGNO 2018

Prova pratica del 09 luglio 2018 – Settore Industriale
Classe LM-30 – Ingegneria Energetica e Nucleare

Università degli Studi di Perugia
ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
SEZIONE A
SESSIONE DI GIUGNO 2018

Prova pratica del 09 luglio 2018 – Settore Industriale
Classe LM-30 – Ingegneria Energetica e Nucleare
