



Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca
M417 - ESAME DI STATO DI ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE

CORSO DI ORDINAMENTO

Indirizzo: CHIMICO

Tema di: TECNOLOGIE CHIMICHE INDUSTRIALI, PRINCIPI DI AUTOMAZIONE E DI ORGANIZZAZIONE INDUSTRIALE

(Testo valevole per i corsi di ordinamento e per i corsi sperimentali del Progetto "Sirio")

Una miscela di due gas viene sottoposta a lavaggio in controcorrente con un solvente selettivo al fine di separarli ed utilizzarli in operazioni successive. L'operazione viene condotta in una colonna a riempimento nella quale il liquido viene introdotto dall'alto e la miscela di gas dalla parte inferiore di essa. Dalla sommità della colonna esce il gas insolubile nel liquido mentre dal fondo esce il liquido con l'altro gas in esso disciolto che verrà trattato in operazioni successive.

Il candidato, dopo aver considerato le condizioni operative che ritiene opportuno adottare (pressione e temperatura), disegni lo schema della colonna di assorbimento prevedendo le apparecchiature accessorie (scambiatori di calore, fluidi ausiliari, pompe, valvole, serbatoi, ecc...) e le regolazioni automatiche principali, rispettando, per quanto possibile, la normativa Unichim.

Inoltre il candidato risponda, a due dei seguenti tre quesiti:

- 1) In un'operazione di rettifica continua, operante con un rapporto di riflusso effettivo $R = 0,85$ si producono 650 kg/h di distillato generato da un vapore che condensa a $T_c = 84^\circ\text{C}$

Il calore latente di condensazione di tale vapore è $\Delta H = 1800 \text{ kJ/kg}$.

Il condensatore nel quale si effettua tale operazione è alimentato con acqua industriale di raffreddamento con temperatura di ingresso $T_i = 21^\circ\text{C}$ ed uscente a $T_u = 40^\circ\text{C}$ il cui calore specifico è $c_p = 4,18 \text{ kJ/(kg }^\circ\text{C)}$

Nel condensatore nuovo ed appena installato si realizza un coefficiente globale di scambio termico $U = 2,5 \text{ kW/(m}^2\text{ }^\circ\text{C)}$. Dopo un periodo di alcuni mesi, il condensatore presenta un coefficiente di sporco $R_d = 0,1/(\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C)/kW}$ dovuto principalmente all'acqua di raffreddamento, che riduce la capacità di scambio termico dell'apparecchio.

Con i dati a disposizione il candidato calcoli:

- la portata di vapore uscente dalla colonna che deve essere condensato;
- la potenza termica che viene scambiata nell'apparecchio;
- la portata di acqua necessaria per realizzare la condensazione;
- il coefficiente globale di scambio termico quando lo scambiatore è sporco;
- la temperatura media logaritmica presente nel condensatore nell'ipotesi che il liquido condensato esca dall'apparecchio alla temperatura di condensazione (84°C);
- l'area di scambio necessaria per realizzare la condensazione in tali condizioni.



Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca

M417 - ESAME DI STATO DI ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE

CORSO DI ORDINAMENTO

Indirizzo: CHIMICO

Tema di: TECNOLOGIE CHIMICHE INDUSTRIALI, PRINCIPI DI AUTOMAZIONE E DI ORGANIZZAZIONE INDUSTRIALE

- 2) Nel linguaggio specialistico delle regolazioni automatiche i termini “variabile controllata”, “variabile manipolata” e “variabile di disturbo” indicano quelle grandezze la cui elaborazione consente di realizzare la regolazione stessa.

Il candidato faccia un esempio di regolazione automatica di una semplice apparecchiatura, tra quelle da lui studiate (scambiatori di calore, serbatoi, caldaie ecc.) mettendo in evidenza le relazioni che legano tra di loro le tre grandezze indicate.

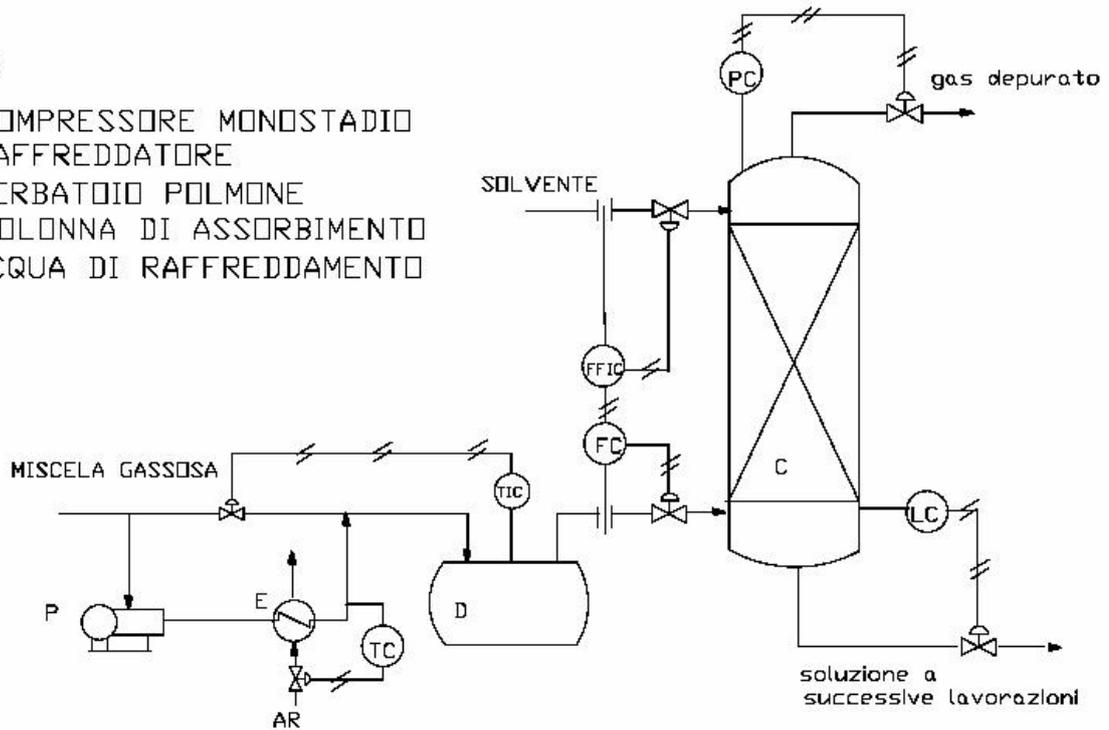
- 3) Le operazioni di cracking, reforming, alchilazione ed isomerizzazione, sono di particolare importanza per l'ottenimento delle moderne benzine per automobili.

Il candidato, dopo aver descritto le finalità operative di ciascuna di esse, illustri a sua libera scelta gli aspetti termodinamici e cinetici di una di tali operazioni e descriva le caratteristiche costruttive dell'impianto idoneo a realizzarla.

Schema di processo

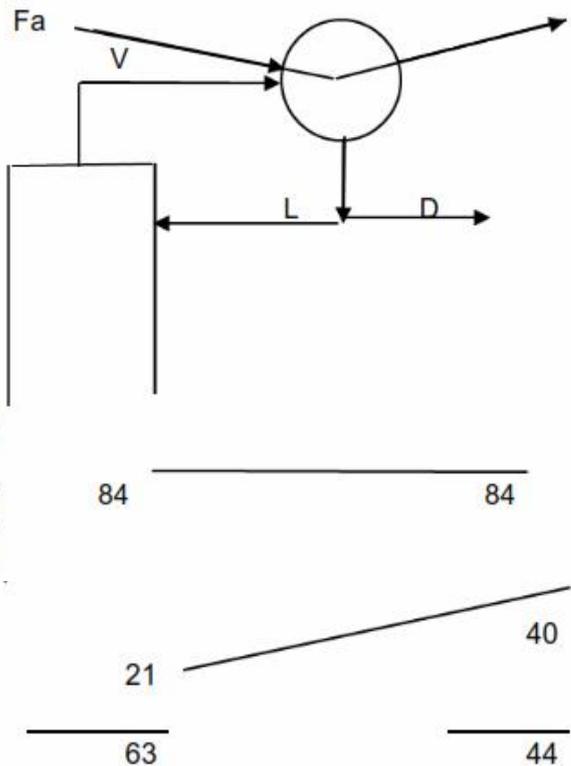
LEGENDA

- P COMPRESSORE MONOSTADIO
- E RAFFREDDATORE
- D SERBATOIO POLMONE
- C COLONNA DI ASSORBIMENTO
- AR ACQUA DI RAFFREDDAMENTO



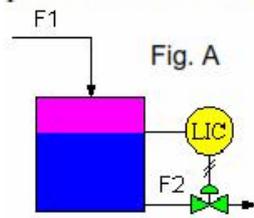
QUESITO 1

R	0,85	
D	650,00	kg/h
$L=DxR$	552,50	kg/h
$V=L+D$	1.202,50	kg/h
DH	1.800,00	kJ/kg
POTENZA TERMICA $Q=Vx\Delta H$	2.164.500,00	kJ/h
C_p	4,18	kJ/kg°C
ΔT	19	°C
F_a	93.377,91	kg/h
COEFFICIENTE		
$1/U_d=1/U+R_d$		
U	2,5	kW/(m ² °C)
1/U	0,4	(m ² °C)/kW
R_d	0,1	(m ² °C)/kW
1/U _d	0,5	(m ² °C)/kW
U _d	2	kW/(m ² °C)
ΔT_1	63	°C
ΔT_2	44	°C
$\Delta T_1-\Delta T_2$	19	°C
LN_{DT1}/DT_2	0,36	°C
LMTD	52,93	°C
A. SCAMBIO= $Q/(U_d \times LMTD)$	5,68	m ²



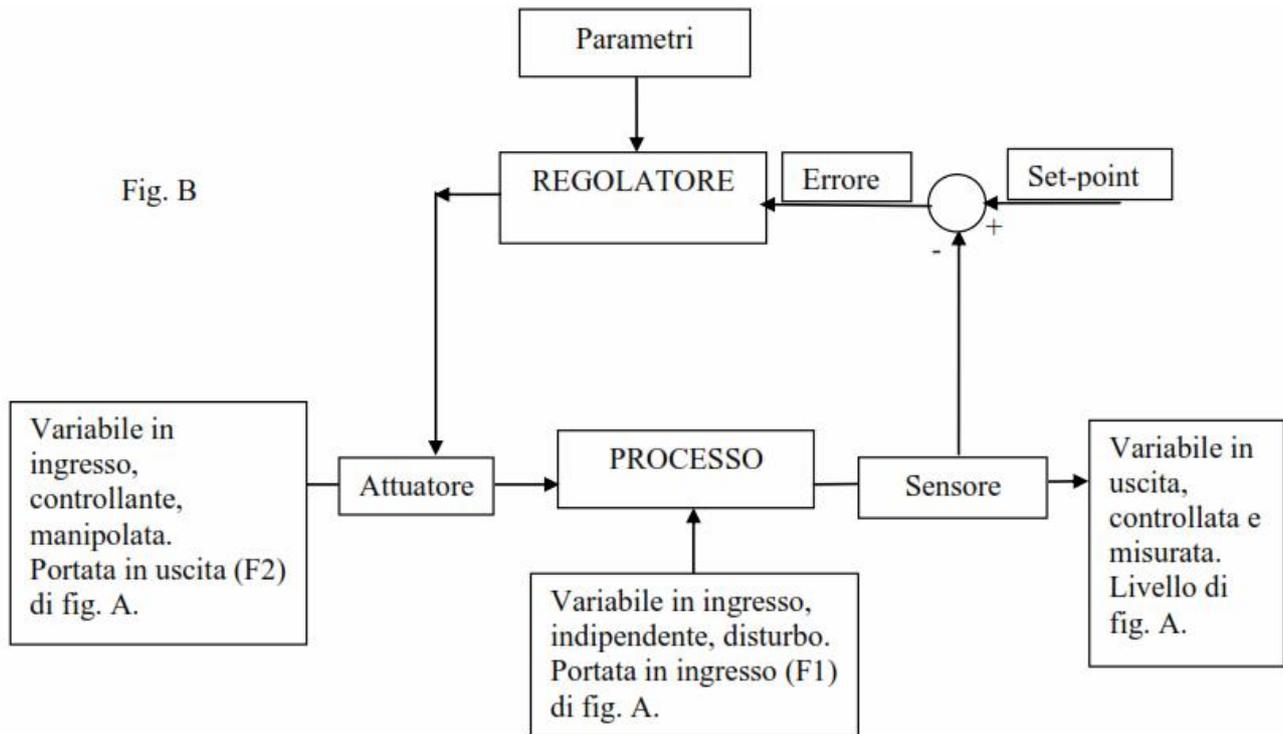
Quesito 2

Si prende in considerazione un serbatoio che accumula un prodotto liquido proveniente da un processo a monte e che alimenta un processo a valle, con una portata basata sul livello di liquido presente nel serbatoio, secondo lo schema di fig. A.



Il sistema di regolazione controlla il livello, che è quindi la variabile controllata, lo misura e lo confronta con il valore di set-point. Dal confronto ricava l'errore e, in base a questo e ai parametri di regolazione impostati, elabora la risposta da inviare all'attuatore che aziona la valvola di regolazione, che, a sua volta, agisce manipolando la portata in uscita (F2 di fig. A). La portata in ingresso (F1 di fig. A) non è gestita dal sistema di regolazione ma le sue variazioni perturbano il processo, di cui costituiscono un disturbo.

L'anello di regolazione si può schematizzare come in fig. B.



La relazione ingresso/ uscita delle variabili nello schema funzionale dell'anello di regolazione è di tipo logico: le variabili in uscita sono influenzate dalle variabili in ingresso. Non corrispondono ad una relazione fisica di ingresso/ uscita di flussi materiali del processo.

Quesito 3

Le moderne benzine per autotrazione richiedono particolari lavorazioni per raggiungere le caratteristiche richieste dalla normativa e dai motori dei nostri giorni. In particolare una caratteristica chiave è il numero d'ottano (NO) che misura il potere indetonante delle benzine e che si deve raggiungere modificando la struttura molecolare degli idrocarburi che costituiscono la benzina, non potendo ricorrere, ormai da tempo, ad antidetonanti come i piombo alchili.

Il cracking è un processo con cui si trasformano frazioni pesanti in frazioni più leggere, con una diminuzione della massa molare. Per la produzione di benzine si utilizza prevalentemente il cracking catalitico a letto fluido (FCC) con cui si trasformano gasoli da vacuum in benzine ad alto NO. Si ottengono anche prodotti leggeri, quali GPL e olefine leggere.

Nel reforming si trattano benzine pesanti di prima distillazione, con prevalenza di alcani lineari a basso numero d'ottano e si trasformano in aromatici e in alcani ramificati. Si ottengono anche buone quantità di idrogeno che trova utilizzo nei processi di idrogenazione e idrodesolforazione di raffineria. Il taglio dell'alimentazione è tale da non comprendere gli idrocarburi C6, per minimizzare la formazione di benzene, la cui presenza nelle benzine è, ovviamente, fortemente limitata.

Nell'alchilazione si fanno reagire olefine C3 – C5 con isobutano per ottenere alcani molto ramificati C7 – C9, che costituiscono un taglio ad alto NO per la formulazione delle benzine.

Con l'isomerizzazione si trasformano tagli di prima distillazione ricchi di alcani lineari C4 – C6 per ottenere isoalcani, utilizzabili come tagli ad alto NO per le benzine (C5 – C6) o come materia prima per l'alchilazione (C4, isobutano).

Il cracking catalitico è un processo chiave che da un lato permette la valorizzazione di frazioni pesanti del grezzo. Una reazione di cracking può essere:



In cui un alcano ad alta massa molare si frammenta in un alcano e in un alchene a più bassa massa molare. La reazione è endotermica e decorre in fase gassosa con aumento del numero delle moli, per cui presenta una variazione positiva di entropia. Ne consegue che la reazione sarà termodinamicamente favorita ad alta temperatura e a bassa pressione.

I processi di cracking possono essere termici o catalitici. Nei processi termici il meccanismo di reazione prevede una rottura omolitica dei legami con formazione di radicali come intermedi, con meccanismo a catena. Nei processi catalitici si usano dei catalizzatori di natura acida a base di alluminosilicati a struttura zeolitica, con la formazione di carbocationi come intermedi di reazione.

La maggiore tendenza ad isomerizzare dei carbocationi rispetto ai radicali fa sì che i prodotti del cracking catalitico presentino un maggior NO rispetto a quelli del cracking termico, per cui il primo processo è specifico per la produzione di benzine.

Il processo più diffuso prevede l'uso di un reattore a letto fluido, in cui il catalizzatore caldo è tenuto in sospensione dalla carica preriscaldata che crackizza. Durante la reazione il catalizzatore si ricopre di residui carboniosi (coke) che lo disattivano. Per questo motivo è rigenerato in continuo per combustione del coke che lo ricopre. Il catalizzatore, previo stripping con vapore per allontanare gli idrocarburi ancora adsorbiti, passa in un rigeneratore dove avviene la combustione dei residui carboniosi. Il catalizzatore, rigenerato e caldo, passa quindi al reattore dove ricomincia il ciclo. I prodotti di reazione vanno a una torre di frazionamento in cui si suddividono i prodotti leggeri, benzine e in prodotti pesanti che sono prevalentemente riciclati al cracking.