SOLUZIONE ESAME DI STATO TECNICO DEI SISTEMI ENERGETICI 2013 TEMA N.1

Sessione ordinaria 2013
Seconda prova scritta

Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca

M076 – ESAME DI STATO DI ISTITUTO PROFESSIONALE

CORSO DI ORDINAMENTO

Indirizzo: TECNICO DEI SISTEMI ENERGETICI

Tema di: IMPIANTI TERMOTECNICI

Il candidato svolga, a propria scelta, uno solo dei seguenti temi proposti.

Tema n.1

Un motore quadro aspirato a benzina a 4 cilindri funziona a 4000 giri al minuto con una pressione media indicata di 30 bar.

Supposto che i pistoni abbiano un diametro di 80 mm, scelti opportunamente e motivatamente i dati mancanti, il candidato:

1) calcoli la potenza indicata erogata dal motore;
2) calcoli la potenza effettiva erogata dal motore alle ruote;
3) disegni il ciclo Otto ideale e indicato;
4) faccia un confronto tra i motori a benzina e a gasolio anche in riferimento all'inquinamento ambientale.

Svolgimento :

Con i dati a disposizione del tema ministeriale, possiamo, in prima analisi, determinare la potenza indicata con la seguente relazione :

$Ni = pmi \cdot (\pi \cdot d^2 / 4) \cdot c \cdot z \cdot (n / m \cdot 60)$;

dove:

pmi : rappresenta la pressione media indicata;

c : rappresenta la corsa del pistone; trattandosi di un motore quadro la corsa risulta equivalente al diametro del pistone;

n : rappresenta il numero di giri del motore ;

z : rappresenta il numero di cilindri del motore;

m : rappresenta una costante che assume il valore di 1 se il motore è a 2T, oppure, il valore 2 se il motore è a 4T.

Ricordando le equivalenze per cui 30 bar → 3 MPa → 3000000 N/m² e conoscendo tutti gli altri termini delle incognite, ci accingeremo a determinare la potenza, su espressa, indicata :

$Ni = 3000000 \cdot (\pi \cdot 0{,}08^2 / 4) \cdot 0{,}08 \cdot 4 \cdot (4000 / 2 \cdot 60) = 160849$ watt → 161 Kw .

La potenza effettiva resa all' albero motore, quella che l' albero a gomiti può realmente trasmettere alla frizione, sarà inferiore a causa delle dispersioni di energia necessarie a vincere gli attriti meccanici.

Assumendo a propria discrezione il rendimento meccanico $\eta m = 0{,}85$, non essendo specificato dal tema, possiamo ricavare la potenza effettiva con la seguente relazione:

$Ne' = \eta m \cdot Ni$.

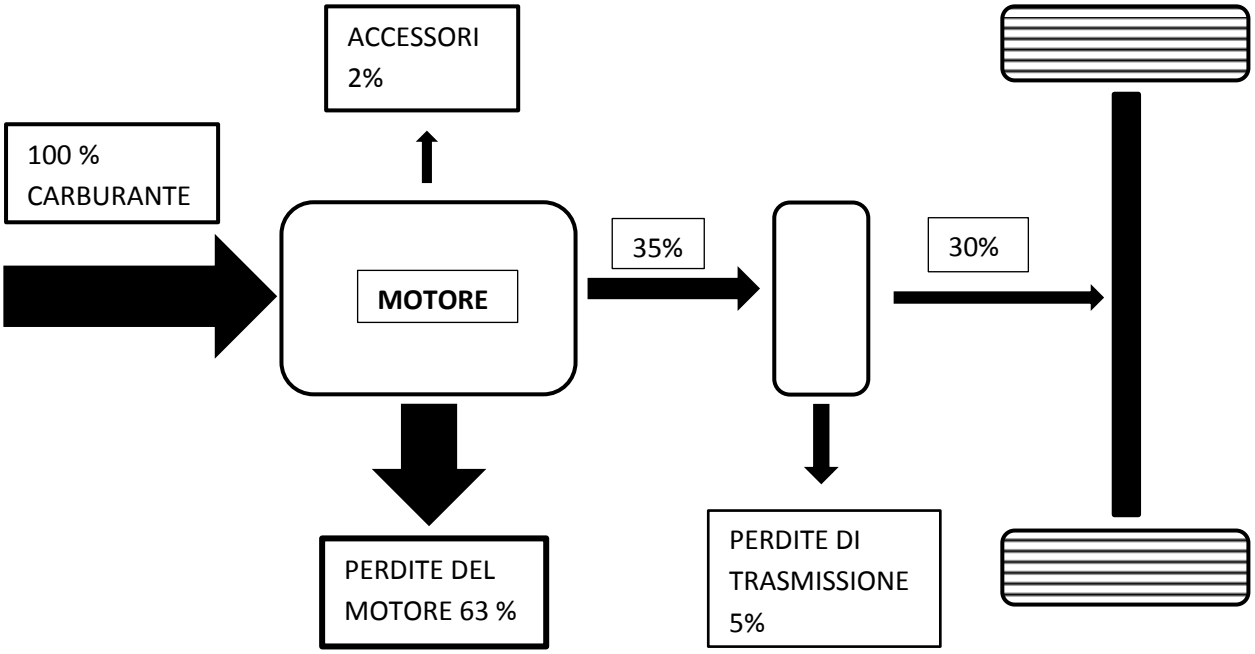
$Ne' = 0{,}85 \cdot 161 = 136{,}85$ → 137 Kw .

In fine, la potenza effettiva resa alle ruote, considerando un rendimento meccanico dovuto alla catena cinematica (cambio, albero di trasmissione, semiassi) pari a $\eta c = 0{,}95$, risulta :

$Ne'' = \eta c \cdot Ne'$.

$Ne'' = 0{,}95 \cdot 137 = 130$ Kw.

Schema della ripartizione dell' energia primaria del carburante; come si nota, solo il 30% del suo contenuto energetico viene utilizzato per muovere le ruote del veicolo e vincere la resistenza aerodinamica, gravitazionale, al rotolamento e di inerzia.



Una considerazione degna di importanza, deriva dal fatto che la pressione media effettiva, ricavata dalla seguente espressione:

$pme = pmi \cdot \eta m$;

$pme = 30 \cdot 0{,}85 = 25{,}5$ bar ,

risulta particolarmente elevata, quasi insolita se rapportata alla propria potenza specifica, e ricade sulle caratteristiche tipiche di un motore turbo a benzina, dove i parametri medi della pressione media effettiva al regime di coppia massima si aggirano all' intorno di 18 – 26 bar, invece, quelli al regime di potenza massima all' intorno di 14 – 22 bar; basti pensare che un motore da F1 turbo può raggiungere il valore della pme massima di circa 50 bar.

Utilizzando dei dati reali , possiamo citare alcuni modelli di auto commerciali sportive e definire il valore, fornito dalle case costruttrici, della pressione media effettiva; vedi tabella sotto riportata :

MODELLO	Pme al regime di coppia max	Pme al regime di potenza max
SUBARU IMPRESA 2.0 WRX STI	21,62 bar	19,56 bar
PORSCHE 911 CARRERA TURBO	18,85 bar	17,39 bar
MITSUBISHI LANCER EVO VIII	25,61 bar	21,42 bar
JAGUAR XKR COUPE'	15,88 bar	13,04 bar
MITSUBISHI LANCER EVO VII	24,10 bar	19,04 bar
VW GOLF 1.8 GTI TURBO 180 CV	16,58 bar	16,17 bar
ALFA GTV 2.0 V6 TURBO	17,63 bar	14,73 bar

Il motore citato nel tema ministeriale può essere paragonato all' incirca , per le sue performance eccezionali, al motore turbo benzina della MITSUBISHI LANCER EVO VIII : dove la pme, al regime di coppia massima di 4500 rpm, raggiunge il valore di 25,61 bar e la pme, al regime di potenza massima di 6200 rpm, raggiunge il valore di 21,42 bar. Quindi, presumibilmente, rapportandoci ai parametri di pressione media effettiva di un qualsiasi motore commerciale, dove la pme massima si raggiunge al regime di coppia max (vedi tabella in alto), il valore ricavato della potenza Ne' del motore in esame, al punto precedente, rappresenta il valore al regime di 4000 rpm, di coppia max, e non quello al regime di potenza massima.

Rappresentazione del ciclo teorico che caratterizza il principio di funzionamento di un motore a carburazione a quattro tempi.

CICLO CON COMBUSTIONE A VOLUME COSTANTE - CICLO OTTO

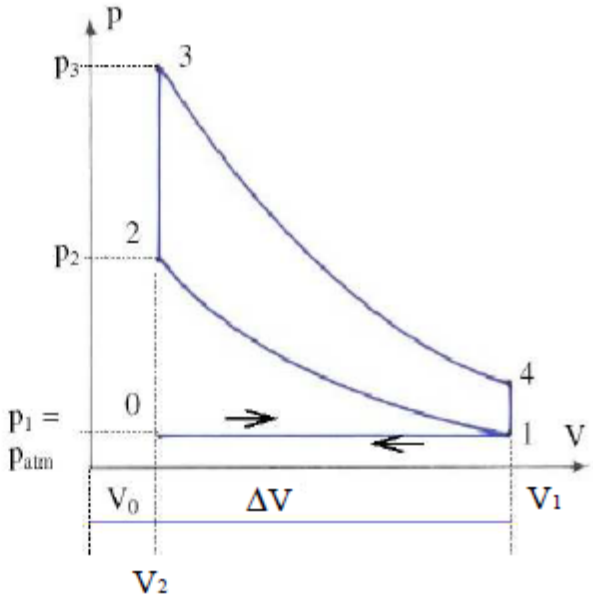
1-2 COMPRESSIONE ADIABATICA

2-3 COMBUSTIONE (introduzione di calore) A VOLUME COSTANTE

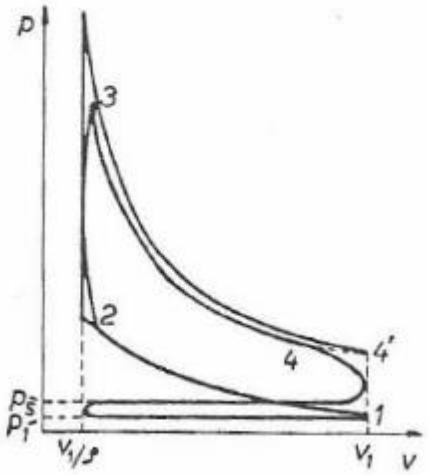
3-4 ESPANSIONE ADIABATICA

4-1 RAFFREDDAMENTO A VOLUME COSTANTE

0-1-0 = CICLO DI LAVAGGIO (3°E 4°TEMPO)



CICLO INDICATO O REALE



Il ciclo termico reale (quale potrebbe essere direttamente rilevato da un indicatore installato sul cilindro) non coincide con quello teorico descritto in precedenza, per il quale sono state introdotte diverse ipotesi semplificative. Per questa ragione, l' area racchiusa dal ciclo e quindi il lavoro fornito dal ciclo reale (indicato) è inferiore a quello ideale.

Il confronto tra un propulsore a ciclo Otto e uno a ciclo Diesel deriva principalmente al tipo di combustibile impiegato.

Il primo utilizza come combustibile la benzina , che è il prodotto più pregiato ottenuto dalla raffinazione del petrolio, ed è definito motore ad accensione comandata perché la combustione della miscela è prodotta, nell' istante dovuto a comando prefissato e periodico, da un organo infiammatore definito candela.

La benzina deve possedere due importanti caratteristiche: la volatilità e la resistenza alla detonazione.

Il motore a ciclo Otto funziona con una miscela di aria-benzina, nelle giuste proporzioni, e, dato che l' aria è un gas, la benzina deve possedere un buon indice di volatilità per potersi facilmente vaporizzare, cioè passare da liquido a vapore, e amalgamarsi velocemente con l' aria, formando quella miscela omogenea (cioè senza zone troppe ricche o povere di benzina) necessaria per una corretta e completa combustione e un buon funzionamento del motore.

Inoltre, la benzina deve possedere una resistenza alla detonazione , cioè deve evitare che alcune parti della miscela, prima di essere raggiunte dal fronte di fiamma, possono trovarsi in condizioni tali da accendersi spontaneamente. La detonazione si manifesta all' esterno con un caratteristico rumore metallico simile ad un martellamento (il famoso battito in testa) e può arrivare a danneggiare gravemente il motore. Prima di arrivare a queste estreme e disastrose conseguenze, oltre ad anticipare quanto possibile il momento in cui scocca la scintilla, i motori a benzina adottano dei rapporti di compressione entro certi valori: normalmente 10 per i propulsori di uso comune, ma nei motori sportivi ci si spinge fino a 12.

Purtroppo, entrambe queste soluzioni: anticipo sull' accensione e rapporti di compressione contenuti, limitano le prestazioni e il rendimento dei motori a benzina. Da parte del combustibile, questo deve avere una formulazione chimica capace di allontanare il più possibile il rischio di detonazione e, a tal fine, vengono impiegati specifici additivi: la vecchia super (detta anche rossa) conteneva il velenoso piombo tetraetile e non poteva essere usata sui veicoli catalitici perché il piombo danneggiava irrimediabilmente la marmitta catalitica, quindi, con l' introduzione della verde, si è passati prima al benzene e agli idrocarburi aromatici, riconosciuti cancerogeni , poi al metil-terziario-butil-etere (MTBE) , ed oggi all' etil-terziario-butil-etere (ETBE). Nei loro ultimi anni di convivenza la rossa e la verde erano la stessa identica benzina, con la differenza dell' aggiunta di piombo nella rossa. Nelle benzine verdi oggi normalmente in commercio, denominate EuroSuper, il numero di ottano è circa 95, mentre per la vecchia rossa valeva 97, grazie alla presenza del piombo.

Recentemente, molte Case Petrolifere hanno introdotto delle benzine speciali costituite da un appropriato mix di idrocarburi e additivi, che promettono migliori prestazioni sia a livello di potenza che di consumo, una migliore efficienza nel tempo del motore e una riduzione delle emissioni inquinanti, la cui caratteristica saliente è il numero di ottano particolarmente elevato: 98-100. Ciononostante, il numero di ottano non è tutto: la presenza in questi nuovi carburanti di altri speciali additivi, che incrementano la volatilità, garantiscono una risposta più pronta del motore ai comandi dell' acceleratore, dando la sensazione di maggior potenza, e un più completo utilizzo del carburante, che si traduce in minor consumo; con un uso abituale, tali benzine operano una pulizia sui condotti di aspirazione, sulle valvole e in generale sul sistema di alimentazione, eliminando le incrostazioni e i depositi; il basso contenuto di zolfo, infine, significa minor inquinamento da polveri sottili e assicura una migliore efficienza dei catalizzatori.

I motori a ciclo Diesel utilizzano, come combustibile, il gasolio, il quale è, come la benzina, un derivato del petrolio, ma meno pregiato (e ciò dovrebbe spiegare il suo minor costo). Questi motori, contrariamente alle auto a benzina, non hanno le candele per innescare il carburante, ma sfruttano l' autocombustione, ovvero l' accensione spontanea della miscela di gasolio e aria. Il combustibile viene iniettato direttamente nel cilindro dove trova, grazie all' elevato rapporto di compressione (14 – 18), un ambiente ad alta

pressione (oltre le 40 atmosfere) e ad alta temperatura (circa 800 ° C). In queste condizioni estreme, il gasolio può iniziare, spontaneamente, la sua combustione perché, per sua natura, è molto meno infiammabile, e quindi anche più sicuro, della benzina, la quale, come noto, brucia con pericolosa facilità.

Di contro, in fase di avviamento, il motore Diesel possiede la presenza di candelette per preriscaldare il carburante e facilitare l' innesco della combustione.

L' accendibilità del gasolio è misurata dal numero di cetano NC, che è l' indice di una scala ai cui estremi sono stati posti, come riferimento, il cetano con il valore 100 (perché facilmente accendibile) e l' eptametilnonano con il valore 15 (perché molto resistente all' accensione). I gasoli normalmente in commercio hanno NC intorno a 51, ma recentemente vengono offerti anche gasoli speciali con numero di cetano 52 – 54. Questi promettono una combustione più rapida ed efficiente, migliori prestazioni e, a parità delle stesse, consumi inferiori. Sono, praticamente, privi di zolfo (meno di 10 milligrammi per Kg, contro i 50 dei gasoli normali) e garantiscono una minore produzione di inquinanti, soprattutto particolato, con conseguente riduzione dei cicli di pulizia del filtro anti-particolato. Infine, la presenza di additivi detergenti esercita una azione di pulizia e di protezione da incrostazioni su tutto l' impianto di iniezione. Uno dei più diffusi timori nell' utilizzo di questi gasoli speciali, riguarda il possibile danneggiamento che possono subire iniettori e pompa a causa dell' assenza dello zolfo, che svolge, effettivamente, una azione lubrificante. Il vero tallone di Achille dei moderni Diesel, però, resta la comunissima acqua, che si deposita nelle cisterne dei distributori e nei serbatoi delle vetture, e causa, nel tempo, dei problemi all' impianto di iniezione; per evitare tale danno, da tempo si utilizzano dei filtri del gasolio capaci di eliminare l' eventuale acqua presente.

Un altro inconveniente, che presenta il gasolio, riguarda la tendenza a solidificarsi a basse temperature (intorno ai – 20° C) bloccando iniettori e pompa e intasando le tubature: in queste condizioni, è impossibile avviare il motore.

Nei Paesi nordici, dove il problema è maggiormente sentito, il gasolio possiede degli additivi che allontanano il pericolo di congelamento.

Dal punto di vista ecologico, il Diesel ha emissioni di anidride carbonica mediamente inferiori a quello dei motori a benzina (circa il 10 – 15 % in meno) , ma, di contro, ha però un punto debole nel processo di inquinamento dell' atmosfera ed è costituito dalle emissioni di particolato fine : le polveri sottili, gli ossidi di azoto e il riscaldamento globale. Per questi ultimi motivi, viene attualmente consigliata, oltre che imposta, l' installazione di filtri antiparticolato, che sono in grado di abbattere di 7 volte la massa delle particelle inquinanti emesse nell' atmosfera; la loro installazione permette quindi di limitare l' impatto inquinante dei motori Diesel, rendendolo pari, se non inferiore, a quello dei motori a benzina.

Dal punto di vista costruttivo, tra un motore Diesel e benzina, ci sono differenze assai significative: le sollecitazioni meccaniche in gioco, tanto per cominciare, sono nettamente differenti: nei motori a gasolio, il picco di pressione, che viene raggiunto durante la combustione, è molto più alto e sopraggiunge con una rapidità assai maggiore. Si tratta di autentiche mazzate, che si scaricano sui pistoni e quindi anche sulle bronzine. Queste sollecitazioni maggiori, rispetto ad un motore a benzina, hanno reso necessaria una particolare attenzione a livello di dimensionamento e a scelta del materiale, per quanto riguarda le bielle e l' albero a gomiti. Le bronzine, di ultima generazione, con riporto antifrizione in grado di sopportare carichi addirittura superiori ai 1000 Kg/cm^2 , sono state studiate e realizzate appositamente per i motori turbodiesel.

Anche se di recente sono stati realizzati alcuni motori Diesel con il basamento in lega di alluminio, normalmente riservata ai motori a benzina, nella maggior parte dei casi, per questo specifico componente, si utilizza ancora la ghisa, dotata di un modulo elastico più elevato (in altre parole, è più rigida) e in grado di assicurare un più efficace smorzamento; cosa decisamente vantaggiosa ai fini del contenimento delle emissioni acustiche.

Il carico termico nei propulsori Diesel è decisamente maggiore rispetto a quelli a benzina: nei moderni Diesel, la camera di combustione è ricavata nel cielo del pistone e, quindi, la temperatura, di questo ultimo componente, può raggiungere valori dell' ordine di 400 °C. Per evitare formazione di crepe e cedimenti da fatica termica, il cielo del pistone viene spesso protetto mediante anodizzazione; recenti tecniche prevedono una rifusione, in corrispondenza del margine della camera, con modifica locale della struttura della lega di alluminio. Complessivamente, il motore Diesel è più robusto e pesante di un motore a benzina, dato che deve sopportare delle sollecitazioni maggiori.

Sul piano delle prestazioni, la maggior parte dei motori Diesel non ha, oggi, più nulla da invidiare a quelli a benzina; anzi, il Diesel offre in genere una coppia più elevata e quindi una maggiore brillantezza, soprattutto alle velocità basse e medie.

Autore: Guarda Luca.