

## RECUPERO DI ENERGIA TERMICA

**Bilancio energetico.** In un motore si raffreddano i cilindri, tenendo presente che lo scopo da raggiungere non è la sottrazione di grandi quantità di calore, che si vorrebbe piuttosto trasformare in lavoro meccanico, ma la limitazione delle temperature di sotto ai valori imposti da problemi di resistenza dei materiali e di efficace lubrificazione. Il bilancio delle energie in gioco è mostrato in figura A. La tabella B riporta i valori medi (espressi come % di  $P_{id}$ ) dei termini finali del bilancio energetico, per motori Otto e Diesel nelle condizioni di massima potenza.

**Cogenerazione.** In momenti di elevato costo del combustibile, può essere conveniente l'uso di gruppi di *cogenerazione*, capaci cioè di produrre in modo combinato energia meccanica (in genere trasformata in elettrica) e termica. Quest'ultima è impiegata dalla stessa utenza per scopi tecnologici o per il riscaldamento di ambienti di lavoro. In questo modo il contenuto energetico del combustibile è sfruttato pienamente, fino a percentuali del 90–95%. Le perdite dell'energia primaria introdotta sono dovute alla somma di quelle per irraggiamento e per energia residua nei gas combusti.

In questi impianti, il recupero di calore è ottenuto dai gas di scarico, dall'aria di sovralimentazione e dai fluidi che raffreddano il motore (acqua ed olio di lubrificazione). I livelli di temperatura ai quali il calore è disponibile sono: 75–80 °C per l'olio, 80–100 °C per l'acqua di raffreddamento, 120–150 °C per l'aria di sovralimentazione e 400–500 °C per i gas di scarico. Per sfruttare al meglio le forme di energia termica disponibili, si utilizza un fluido vettore di calore che si scalda percorrendo opportuni scambiatori disposti in serie (fig. C), ricevendo successivamente calore: dall'olio di lubrificazione (mediamente un 10% del totale calore recuperato), dall'acqua di refrigerazione (20%); dall'aria di sovralimentazione (10%) ed infine dai gas di scarico (60%).

**Calcolo del calore recuperato.** Si fa per esempio riferimento a un gruppo elettrogeno mosso da un quattro tempi Diesel, turbosovralimentato e interrefrigerato, che sviluppa la potenza massima  $P_e = 150$  kW, aspirando una portata d'aria:  $\dot{m}_a = 0,22$  kg/s. Stimato sulla base della tabella B un rendimento  $\eta_g = 42\%$  e assunto per il gasolio un potere calorifico inferiore  $H_i = 42$  MJ/kg, si calcola il consumo di combustibile:  $\dot{m}_c = P_e / \eta_g H_i = 150 \times 10^{-3} / (0,42 \times 42 \times 10^{-3}) = 8,5$  g/s e la potenza inizialmente disponibile:  $P_{id} = \dot{m}_c H_i = 8,5 \times 10^{-3} \times 42 \times 10^3 = 357$  kW.

La potenza termica asportata dal refrigerante  $\dot{Q}_{rf}$  si può stimare (tab. B) pari al 20% di  $P_{id}$  e quindi:  $\dot{Q}_{rf} = 0,2 P_{id} = 0,2 \times 357 = 71,4$  kW. All'uscita del compressore di sovralimentazione, l'interrefrigeratore per abbassare di  $\Delta T = 85$  °C la portata d'aria che alimenta il motore deve asportare la potenza termica:  $\dot{Q}_{int} = \dot{m}_a c_{paria} \Delta T = 0,22 \times 1,0035 \times 85 = 18,77$  kW ( $\approx 5\%$  di  $P_{id}$ ). La portata di gas scaricati dal motore  $\dot{m}_{gs} = \dot{m}_a + \dot{m}_c = 0,22 + 0,0085 = 0,2285$  kg/s, supposto che esca dalla turbina di sovralimentazione alla temperatura  $T_{sc} = 520$  °C e che quella dell'aria ambiente sia  $T_a = 20$  °C, porta con sé la potenza termica  $\dot{Q}_{gs} = \dot{m}_{gs} c_{pgs} (T_{sc} - T_a) = 0,2285 \times 1,16 \times 500 = 132,53$  kW ( $\approx 37\%$  di  $P_{id}$ ).

Oltre alla potenza meccanica  $P_e = 150$  kW, convertita dal generatore in elettrica, il gruppo cogenerativo permette quindi di recuperare la potenza termica globale  $\dot{Q}_{terg} = \dot{Q}_{rf} + \dot{Q}_{int} + \dot{Q}_{gs} = 71,40 + 18,77 + 132,53 = 222,7$  kW ( $\approx 1,5 \times P_e$  e il 62% di  $P_{id}$ ). Se si considera come effetto utile anche la  $\dot{Q}_{terg}$ , l'unica potenza perduta è quella dispersa  $\dot{Q}_{ds} = 100 - 42 - 20 - 5 - 37 \approx 4\%$  di  $P_{id}$ , perciò il rendimento limite del gruppo cogenerativo è  $\eta_{cog} = 96\%$ .

