

Cogenerazione: passato prossimo e passato remoto

Giuseppe Dell'Olio - GSE

La cogenerazione è ormai ben radicata nel sistema energetico italiano: nata ufficialmente nel 2002, si avvia ormai verso i vent'anni di "età".

Tempo di bilanci, dunque. Quali tecnologie si sono dimostrate più adatte alla cogenerazione? Quali meritano, per il futuro, l'attenzione di tecnici e legislatori?

Per rispondere, non c'è che da osservare il funzionamento degli impianti negli anni trascorsi. Si potrebbe sospettare che la normativa sulla Cogenerazione ad Alto Rendimento (CAR), comparsa nel 2011, abbia influenzato il comportamento degli operatori, favorendo magari tecnologie che prima di allora non sarebbero risultate convenienti. Non è così: le prestazioni delle varie tecnologie sono rimaste sostanzialmente invariate nel tempo. Lo dimostra un confronto tra il periodo 2003-2008 e quello 2011-2012.

Per ciascuno di tali periodi, abbiamo analizzato un ampio campione di impianti, calcolando, come medie ponderali, alcuni indicatori di efficienza.

La mole di dati esaminati è stata tale da impedire, finora, di estendere l'analisi ad anni più recenti; si può tuttavia affermare che le conclusioni raggiunte, basate su ben sette anni di esercizio, non dipendono da circostanze contingenti, e verrebbero confermate da auspicabili analisi ulteriori.

$$F_c = \frac{H_{eq}}{H_{eff}}$$

Heq è un indice di regolarità del funzionamento: un valore elevato suggerisce che l'unità sia esercitata in prossimità della massima potenza e con un limitato numero di avviamenti e di arresti. Sono, queste, condizioni di funzionamento favorevoli, perché prossime a quelle di progetto; le prestazioni dell'impianto (i rendimenti, in particolare) sono elevate. Viceversa, un basso Heq fa ritenere che avviamenti ed arresti siano numerosi. È difficile, infatti, pensare ad un impianto che funzioni ininterrottamente per pochi mesi, e trascorra in fermata tutto il resto dell'anno. Più realistico immaginare un alternarsi frequente di periodi di funzionamento e di fermata.



Un basso valore di Heq , tuttavia, non fornisce alcuna indicazione riguardo alla durata dei periodi di funzionamento: non consente, cioè, di distinguere se l'impianto funzioni poche ore alla piena potenza, oppure più a lungo ma con potenza ridotta. Maggiori lumi offre, in tal caso, F_c . Se esso è prossimo all'unità, l'impianto si mantiene vicino alla piena potenza, indipendentemente dalla durata complessiva di funzionamento. Un F_c elevato indica che gli avviamenti e gli arresti – numerosi, per le ragioni già viste – sono brevi. Quale influenza abbiano poi tali transitori sulle prestazioni dell'impianto è facile comprendere. Durante tali fasi, il fluido vettore del calore (vapore, ad esempio) non ha ancora raggiunto, oppure ha già perso, le proprie caratteristiche di pressione e temperatura. Il suo contenuto termico deve quindi essere dissipato, con diminuzione del rendimento.

Il "Power to Heat Ratio" (PTOH)

È il rapporto tra l'energia elettrica ed il calore utile, prodotti da un'unità in un dato anno. A pari calore prodotto, un'unità con PTOH elevato produce una maggior quantità di energia pregiata (l'energia elettrica) rispetto ad una con basso PTOH. Un valore elevato indica che il fluido vettore (ad esempio, il vapore), prima di essere impiegato come calore, ha modo di espandersi in turbina, producendo energia elettrica.

I rendimenti

Il rendimento elettrico è il rapporto tra l'energia elettrica prodotta dall'unità in un dato anno e l'energia combustibile consumata per tale produzione. Il rendimento globale tiene invece conto di entrambi i prodotti energetici: non solo dell'energia elettrica, ma anche del calore utile. La loro somma viene rapportata, come nel caso precedente, all'energia combustibile utilizzata per produrli.

Gli elementi strutturali

Alcuni elementi strutturali sono in grado di influire sull'esercizio dell'unità: sono i dispositivi di dissipazione ed i bypass per i fumi di scarico. Indicheremo gli uni e gli altri come "dissipatori". Un'unità, abbiamo visto, è tanto più pregiata quanto più elevato è il PTOH. Ciò è vero, però, solo se tutto il calore prodotto dall'unità trova un impiego utile. In caso contrario – se, cioè, una parte del calore viene dispersa – è possibile incorrere in una sovrastima del PTOH. Per tenere conto di ciò, i calcoli sono sempre stati eseguiti due volte, per le unità dotate di dissipatori e, rispettivamente, per quelle che ne sono prive.

Dispositivi di dissipazione

Quando la richiesta di calore viene meno, il calore prodotto insieme all'energia elettrica, deve essere dissipato: in caso contrario, occorrerebbe arrestare l'unità, perdendo così la produzione elettrica. La dissipazione avviene grazie a condensatori, torri di raffreddamento ecc. Nei periodi in cui si ha dissipazione, non può parlarsi di cogenerazione: tale termine indica infatti la produzione simultanea di energia elettrica e di calore "utile". Il calore dissipato, che non è utile né cogenerato, va quindi escluso dal calcolo del PTOH, così come l'energia elettrica prodotta contemporaneamente ad esso. Tuttavia, i contatori elettrici non consentono, di solito, di distinguere (e quindi di sottrarre) l'energia prodotta in un dato periodo. Di qui il rischio di sopravvalutare il PTOH, includendovi impropriamente energia elettrica non cogenerata.

Bypass dei fumi

Hanno funzione analoga a quella dei dispositivi di dissipazione: quando non vi è richiesta di calore, i fumi vengono deviati direttamente nell'atmosfera, grazie appunto

al bypass, ed il relativo calore viene dissipato. Anche in questo caso, l'energia elettrica prodotta nei periodi in cui ha funzionato il bypass non può considerarsi cogenerata; è quindi possibile che il PTOH venga sovrastimato.

Dati di esercizio 2011-2012

Esaminiamo dapprima i dati di esercizio più recenti, relativi ad impianti conformi alla vigente normativa sulla CAR. Heq tende ad essere più alto quando sono presenti dissipatori. Tali elementi, dunque, consentono effettivamente – almeno in alcuni casi – una maggiore continuità di esercizio. Il rendimento elettrico migliora, come è ragionevole attendersi in presenza di un esercizio più regolare. Il "prezzo" è una certa dissipazione di calore, e dunque un minor rendimento complessivo. Peraltro, la perdita di rendimento associata ai dissipatori non è generale: ne vengono risparmiate le turbine a gas (TG).

	Potenza tot. (MW)		Rend. totale		Rend. Elettr.		Heq (%)		PTOH		Fatt. di carico (Fc)	
	Dissipatori		Dissipatori		Dissipatori		Dissipatori		Dissipatori		Dissipatori	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Ciclo combinato gas-vapore	727	8	0,54	0,82	0,45	0,27	71	77	5,06	0,49	n.d.	n.d.
Motore comb. interna	64	16	0,68	0,83	0,39	0,42	51	28	1,39	1,03	0,86	1,03
Turbina a gas	43	4	0,81	0,80	0,31	0,28	68	27	0,62	0,52	0,93	0,85

Tabella 1: valori di esercizio relativi al periodo 2011-2012 (in grassetto corsivo: valori calcolati su un sottoinsieme, per maggiore accuratezza)

Il motore a combustione interna (MCI) non sembra trarre beneficio dai dissipatori: raggiunge comunque alti valori di PTOH e di rendimento elettrico. L'elevato Fc e il basso Heq indicano che i MCI possono essere avviati ed arrestati rapidamente, limitando la durata del funzionamento a potenza ridotta. La TG presenta un buon rendimento totale, ma un rendimento elettrico modesto. Anche il PTOH è basso, sempre ben al di sotto dell'unità. Fc e Heq aumentano in presenza di dissipatori. Evidentemente, le TG sono ritenute poco adatte a frequenti variazioni di esercizio (avviamenti, arresti, variazioni di carico), il che induce spesso a dissipare. Quanto ai cicli combinati gas-vapore (CC), il divario fra le due stime è massimo: ciò indica scarsa attitudine al funzionamento variabile, con massiccio impiego di dissipatori. Conferma di ciò si trova nel rendimento elettrico, il quale, senza dissipatori, si riduce. Gli alti rendimenti elettrici richiedono, insomma, un funzionamento costante, che può ottenersi solo dissipando calore (il rendimento globale risulta infatti modesto).

Dati di esercizio 2003-2008

Sostanzialmente coerenti con quanto visto sopra sono le indicazioni relative agli anni 2003-2008, basate su impianti conformi alla normativa dell'epoca (Delibera AEEG n 2/02). Il MCI si conferma in grado di raggiungere ottimi valori di PTOH e di rendimento elettrico. Meno buono (ma ancora...dignitoso) il rendimento totale.

Complementari, in certo modo, a quelle dei motori sono le prestazioni delle TG: ad un ottimo rendimento totale corrispondono un rendimento elettrico e un PTOH più modesti. I CC, infine, beneficiano particolarmente della dissipazione, che ne aumenta il rendimento elettrico e il PTOH. Ovviamente il rendimento totale diminuisce.

	Potenza totale (MW)		Rend. totale		Rend. Elettr.		Heq (%)		PTOH		Fatt. di carico (Fc)	
	Dissipatori SI	Dissipatori NO	Dissipatori SI	Dissipatori NO	Dissipatori SI	Dissipatori NO	Dissipatori SI	Dissipatori NO	Dissipatori SI	Dissipatori NO	Dissipatori SI	Dissipatori NO
Ciclo combinato gas-vapore	5193,40	509,40	63,60	70,00	45,50	28,80	36,70	34,70	2,50	0,70	n.d.	n.d.
Motore comb. interna	136,40	19,50	63,60	63,40	38,50	36,30	30,40	31,70	1,50	1,30	n.d.	n.d.
Turbina a gas	95,20	39,60	75,40	77,70	28,60	25,90	61,20	47,10	0,60	0,50	n.d.	n.d.

Tabella 2: valori di esercizio relativi al periodo 2003-2008



Conclusioni

Il MCI si rivela assai adatto all'impiego in CAR: è in grado di seguire le variazioni del carico termico mantenendo elevati valori di PTOH e buoni rendimenti. Un poco meno buono il comportamento delle TG, che "soffrono" di più il funzionamento variabile con valori inferiori di rendimento elettrico e di PTOH.

Parzialmente soddisfacenti i CC, che hanno buone prestazioni solo a condizione di non subire frequenti variazioni di esercizio. Tutte le conclusioni tratte dall'autore hanno carattere personale.