



ENERGIA EOLICA: STATO DELL'ARTE E PROSPETTIVE *(seconda parte)* *di Nedo Biancani*

L'energia eolica deriva dall'esperienza di progettazione, realizzazione, sperimentazione e dimostrazione dei prototipi installati a partire dalla fine degli anni '70. Le odierne turbine eoliche sono realizzate con tecnologia avanzate, sono modulari e si collocano nel sito i tempi molto brevi. La potenza degli aerogeneratori varia da alcuni watt (microgeneratori) a 4.500 kW (un prototipo già operativo ed altri due in fase di completamento in Germania), con dimensioni delle turbine comprese tra meno di un metro ed oltre 100 metri. Sono considerati di piccola taglia gli aerogeneratori di potenza fino a 100 kW; di grande taglia quelli di potenza superiore a 1.000 kW; di media taglia quelli di potenza intermedia, anche se tale suddivisione deve intendersi soggettiva ed è stretta mente correlata allo sviluppo della tecnologia.

Gli attuali aerogeneratori, che pure possono essere oggi ritenuti tecnologicamente maturi, soprattutto se comparati con altri sistemi di produzione di energia da fonti rinnovabili, sono oggetto di costante processo di ricerca e sviluppo, che ha come obiettivo il miglioramento dell'affidabilità, la riduzione dei costi e la compatibilità ambientale. I principali risultati dell'evoluzione tecnologia in questo settore sono riconducibili ad un forte abbattimento dei costi (di un fattore superiore a 4 negli ultimi 25 anni) e alla simultanea crescita della potenza unitaria. Anche in Italia questa evoluzione è stata significativa: infatti, si è passati dall'installazione di macchine di produzione nazionale di potenza tra 200 e 350 kW, a quella di aerogeneratori di 500 e 850 kW prodotti, con tecnologia danese, in Danimarca ed in Germania.

A partire dall'Agosto 2002 si è avviata l'installazione di macchine di grande taglia; in particolare, in Sardegna, sono già state installate 7 macchine di produzione danese da 1,75 MW, mentre in Campania ed ancora in Sardegna sono in corso di completamento centrali eoliche con aerogeneratori di potenza pari a 1 MW (di produzione tedesca) e 2 MW (di produzione spagnola).

Le macchine di piccola taglia sono generalmente a servizio di un'utenza isolata. Per le macchine di media e grande taglia, invece, l'applicazione tipica è nelle "centrali eoliche", dove sono installate in gruppi (cluster), in genere collegati alla rete di potenza o ad una rete locale, cui sono connessi anche sistemi



Diesel. Il tipo di aerogeneratore oggi più diffuso è quello di media taglia (500 - 900 kW), in grado di soddisfare il fabbisogno di 500 famiglie. L'altezza della torre è di circa 50 metri, con 1, 2 o 3 pale di 20 - 25 m ed un diametro variabile da 40 a 50 metri. La tendenza degli ultimi anni dimostra come la taglia media delle macchine installate sia in continua crescita e si stiano affermando sempre più sistemi di grande taglia.

L'energia prodotta dipende dall'intensità del vento: per l'avviamento della macchine è necessario che la velocità raggiunga una soglia minima d'inserimento (tipica di ciascuna macchina, ma prossima a 3 m/s). la velocità del vento definita come "nominale" (12 - 15 m/s) è quella in grado di far erogare alla macchina la potenza di progetto. Nel caso di elevata velocità del vento (>25 m/s), l'aerogeneratore è posto fuori servizio per motivi di sicurezza.

E' la tipologia che fornisce alla rete nazionale i contributi più significativi in termini di energia elettrica prodotta; è anche quella che si è più sviluppata sul piano tecnico e per la quale si sono determinati i maggiori successi di penetrazioni nel mercato. La potenza dei singoli aerogeneratori è molto variabile, ma generalmente non inferiore a 600 kW, in Italia, attualmente, si stanno affermando i modelli da 880 kW (tra 1 e 2 MW a livello mondiale). Anche la potenza complessiva di una centrale eolica è funzione di vari parametri, con valori massimi che in Italia superano i 30 MW e nel mondo i 200 MW. Le centrali eoliche possono differire tra loro per disposizione e densità d'installazione delle macchine.

Quanto all'assetto, vi possono essere diversi schemi (su reticolo quadrato o romboidale; su un'unica fila; su file parallele; su file incrociate).

Sistemi isolati:

- aerogeneratori a servizio di multiutenze (macchine alimentanti piccole comunità);
- aerogeneratori a servizio di un'utenza isolata (anche aeropompa azionante un motore elettrico);
- aeromotori in servizio isolato (aeropompa, in genere lenta).

Sistemi ibridi:

- wind-Diesel;
- wind-idroelettrico;
- con accumulo elettrochimico;
- per la produzione di idrogeno.

Quando la rete elettrica è lontana o comunque difficile da raggiungere, si può fare ricorso a batterie alimentate con l'energia prodotta da turbine generalmente di piccola taglia. Tali sistemi si mostrano particolarmente idonei per l'alimentazione di piccola apparecchiature che richiedono moderati prelievi di energia, quali, ad esempio, ripetitori radio, rilevatori, impianti per segnalazione e per la protezione catodica di gasdotti, illuminazione di zone costiere, viadotti, strade collinari e di montagna. Sistemi ibridi eolico-Diesel o eolico-cella a combustibile possono sostenere reti elettriche locali ed indipendenti con potenza complessiva variabile da pochi kW a qualche MW.

Insedimenti produttivi, aziende agricole, piccoli nuclei abitati possono autoprodurre l'energia elettrica necessaria, a costi competitivi, con sistemi eolici di potenza nominale unitaria fino a qualche MW, abbinati a generatori Diesel di taglia medio-piccola.

La sfida della moderna tecnologia del vento risiede nel produrre, in modo economicamente vantaggioso e nel rispetto dell'ambiente, turbine eoliche in grado di produrre energia elettrica di ottima qualità alla frequenza di rete, anche in condizioni di forte variabilità della fonte. Per conseguire tali obiettivi, e raggiungere nel contempo i target economici, una moderna turbina eolica deve funzionare per almeno 20 anni come una minicentrale

non presidiata, indipendente, controllata automaticamente e sufficientemente robusta da sopportare, con la minima manutenzione possibile, le particolari sollecitazioni cui i suoi componenti sono sottoposti.

Una prima classificazione sulla tipologia può essere fatta con riferimento all'asse di rotazione, che può essere verticale o orizzontale; tuttavia, gli aerogeneratori di asse verticale, perlomeno di media e grande taglia, sono stati ormai definitivamente abbandonati. Invece, il modello ad asse orizzontale che si è imposto sul mercato è quello a tripla pala di concezione danese che, oltre ad essere il più efficiente dinamicamente e aerodinamicamente, gode della percezione comune, diffusa sia a livello politico, sia di opinione pubblica, di armoniosità visiva.

Un'ulteriore alternativa progettuale, che caratterizza la varie turbine in commercio, riguarda il sistema di controllo che può essere di "pitch" (variazione del passo) (1) o di stallo (2). La scelta tra i due sistemi riguarda più che altro le macchine di media e grossa taglia, con netta tendenza a privilegiare il controllo della variazione del passo, soprattutto per le macchine di taglia minore. Per le piccole (<30 kW), la questione è di rilevanza relativa in quanto i sistemi passivi (nessun controllo o semplice controllo di imbardata (3) e distacco del carico con vento di velocità elevata) fanno sì che esse lavorino bene lo stesso.

Un ulteriore sviluppo tecnologico ha introdotto la configurazione a velocità variabile (del rotore). Questa soluzione consente di estrarre maggiore energia dal vento, soprattutto nei siti a bassa ventosità; ulteriori vantaggi derivano da una riduzione delle sollecitazioni cui è sottoposta la macchina e da una maggiore compatibilità ambientale, che deriva dalla riduzione del numero di giri della pale, con una conseguente riduzione del rumore aerodinamico.

Le centrali eoliche sono costituite da un numero altamente variabile di aerogeneratori ed arrivano a superare potenze di centinaia di MW. In Italia, gli impianti di maggior dimensione, localizzati nello stesso Comune, hanno una potenza di circa 30MW. Con la realizzazione di aerogeneratori con diametro del rotore superiore a 100 metri, la tecnologia delle pale ha assunto un ruolo particolare e di maggior rilievo.

Superata la fase sperimentale, con l'utilizzo di materiali quali legno e metalli, la scelta si è orientata verso i materiali compositi laminati (resine poliestere e fibre di vetro), mentre l'aspetto innovativo principale è costituito dal sempre maggiore utilizzo di fibre di carbonio. Le attività di ricerca nel settore eolico, inizialmente rivolte in massima parte allo sviluppo di prototipi ed al miglioramento delle efficienze di conversione, si sono poi interessate anche ad altri aspetti, come la riduzione del rumore meccanico ed aerodinamico prodotto dal funzionamento delle macchine eoliche, la connessione alla rete elettrica, l'impatto sociale ed ambientale.

L'abbattimento dei costi di generazione del kWh, la potenza crescente delle macchine, il ridotto impatto ambientale e la creazione di nuovi posti di lavoro, sono fra le ricadute più evidenti del successo sinora conseguito dalle attività di ricerca.

Il mercato prevede una molteplicità di applicazioni per le macchine fino ad una potenza di 50 - 100 kW, che possono funzionare sia come connessione alla rete elettrica, sia in applicazioni isolate. Per le piccole

stazioni di generazione si sta diffondendo l'utilizzo di aerogeneratori a magneti permanenti, grazie ai quali si può ottenere una buona efficienza con ridotta manutenzione.

Le prestazioni delle macchine di piccola taglia sono comunque inferiori a quelle delle macchine di taglia maggiore, soprattutto per la ragione che solitamente sono prodotte in serie limitata da piccole aziende, talvolta artigianali, che non hanno la possibilità di effettuare le attività di ricerca e sviluppo necessarie.

Le turbine con potenze comprese tra 100 kW e 600 - 900 kW hanno assunto un ruolo dominante sul mercato, specialmente quelle con configurazione tripla. L'evoluzione tecnica si è manifestata soprattutto con l'adozione della velocità variabile e, anche per questo motivo, con un maggiore ricorso all'elettronica ed all'utilizzo di generatori di nuova concezione. Una particolare attenzione viene presentata nella fase di progettazione alle problematiche ambientali, quali il rumore e l'impatto visivo, attraverso una scelta opportuna dei colori, della forma della navicella, dell'insonorizzazione e della riduzione della velocità di rotazione delle pale.

L'adozione di macchine di grande taglia consente, a parità di potenza, di ridurre sensibilmente il numero di aerogeneratori installati in una centrale eolica, determinando generalmente riflessi positivi sul piano economico ed ambientale. In concomitanza con l'aumento dell'affidabilità, si stanno diffondendo sempre più nei Paesi pianeggianti del Nord-Europa, dove la taglia media delle macchine installate dal 2000 in poi è salita costantemente. Nel primo semestre 2003, la media della potenza unitaria in Germania è stata di 1.558 kW, mentre le più recenti installazioni offshore sono state effettuate con aerogeneratori di potenza uguale e superiore ai 2 MW.

Il costo per kW installato e conseguentemente del kW generato, di queste macchine si sta avvicinando a quello degli aerogeneratori di media taglia, determinando una loro maggiore diffusione anche nei Paesi dove lo sviluppo eolico è allo stato iniziale.

(2-segue)