

> PROGETTAZIONE

Esercizio in conto energia di centrali solari fotovoltaiche e termodinamiche per la generazione di potenza elettrica. Confronto in termini di redditività e LEC

- i) Sintesi ingegneria di sistema
- ii) Sistema incentivante e regolazione commerciale dell'energia ceduta alla rete
- iii) Proiezioni economiche

di Emilia Li Gotti, Alessandro Caffarelli

Il progressivo sviluppo di sempre più raffinati sistemi di utilizzo dell'energia solare, la cui risorsa è a costo zero, consente in ultimo di disporre della tecnologia solare termodinamica per la produzione di energia elettrica da calore ad alta temperatura.

Ricorrendo ad uno strumento comparativo, se ne rappresentano caratteristiche di progetto e differenze rispetto alla più consolidata tecnologia fotovoltaica.

E' stato dunque analizzato l'esercizio impiantistico di due centrali solari, l'una termodinamica, l'altra fotovoltaica, valutandone la redditività dell'investimento (VAN-Valore Attuale Netto, IRR-Tasso Interno di rendimento, PBT-Pay Back Time) e il costo medio ponderato dell'unità di energia elettrica (LEC - levelised energy cost), avendo posto per entrambe ipotesi di lavoro confrontabili, a parità di potenza elettrica richiesta per l'immissione in rete (10 MWe).

Le simulazioni cui seguono i risultati presentati, sono state condotte mediante l'ausilio dei software:

- Simulare_Pro2.0 e Termodinamico_1.0 per il capital budgeting e LEC;
- PVSyst e SAM per il calcolo delle ore equivalenti;

I modelli economici sono stati implementati avendo considerato per ambedue le centrali:

- i sistemi incentivanti in conto energia fotovoltaico e termodinamico;
- il sistema di ritiro dedicato in modalità di vendita indiretta per l'energia elettrica iniettata in rete;
- il sistema di imposizione fiscale, dettato dalla circolare 46/66E dell'Agenzia delle Entrate che regola l'esercizio in conto energia degli impianti solari fotovoltaici, esteso per analogia, all'esercizio in conto energia della centrale solare termodinamica.

Ipotesi di lavoro

Centrale fotovoltaica:

- i) costo kWp installato €5.400,00 ii) manutenzione ordinaria pari al 1,30% del costo di investimento iii) manutenzione straordinaria pari al 2% del costo di investimento (10° e 15° anno)
- iv) periodo assicurativo 20 anni v) tasso inflazione annuo medio 2% vi) WACC% al 6% vii) costo investimento € 64.773.000,00.

Centrale termodinamica:

- i) costo kW installato € 5.134,00 ii) costi di gestione centrale annui pari al 4 % del costo di investimento iii) tasso inflazione annuo medio 2% iv) WACC% al 6% iv) costo di investimento € 59.044.000,00.

Ingegneria di sistema centrale fotovoltaica

Per ottenere output ragionevolmente confrontabili, rispetto alle ipotesi di lavoro poste, si è considerata una centrale fotovoltaica ad inseguimento solare biassiale, atteso che al pari dei sistemi solari termodinamici nel processo di trasformazione della potenza termica incidente, tali sistemi lavorano maggiormente sulla componente diretta della radiazione solare.

La centrale ad inseguimento solare biassiale di azimut e tilt, con potenza nominale pari a 11,995 [MWp], eroga sulla rete elettrica di distribuzione circa 10 MWe. Il layout impiantistico occupa una superficie di 6,38 Ha/MWp al netto delle aree tecniche delle infrastrutture civili, a garanzia della mobilità interna alla centrale fotovoltaica.

La tecnologia dei moduli è di tipo monocristallino con potenza di picco pari a 200 [Wp] (Suntechnics_STM_200F), adatta a mitigare gli effetti dovuti alla latitudine del sito (Lamezia Terme) rispetto alle perdite per effetto temperatura. Il generatore fotovoltaico si compone di 59.976 moduli ($P=11,995$ [MWp]), distribuiti elettricamente su 3528 stringhe da 17 moduli ciascuna.

Le stringhe di moduli sono cablate e parallelate in ingresso a n° 12 inverter Sunny-Central-1000-kVA-SMA, dotati di cabina di trasformazione bt/MT, parzializzando così il generatore fotovoltaico in 12 campi da 999,6 [kWp], campi A, B, C, D, E, F, G, H, I, L, M, N.

Per ogni inverter sono previsti 30 quadri di parallelo sul lato CC(Corrente Continua), Quadri-StringComb-S-PowerOne.

Ogni 5 StringComb-S (SC1..SC5) si costituisce elettricamente un sottocampo fotovoltaico che raccoglie 49 stringhe da 17 moduli. Per il primo campo (A) si ottengono, dunque, 6 sottocampi (A1..A6), sino ad arrivare all'ultimo campo (N) con sottocampi (N1..N6), per un totale di 72 sottocampi fotovoltaici.

Una sottostazione di trasformazione MT/AT, limitrofa alla centrale, provvederà a connetterla alla rete elettrica con tipologia di connessione in “entra-esce” su linea AT, come da Soluzione Tecnica Minima Generale rilasciata da TERNA.

La disposizione delle vele solari è di tipo “Quinconce” con interassi orizzontali e verticali rispettivamente pari a 32 e 24 metri lineari, che riducono le perdite per mutuo ombreggiamento fino al 4% annuo, operando in backtracking.

Per il sito di Lamezia Terme la producibilità attesa risulta essere di 2.049 kWh/kWp (Norma UNI10349-SW Simulare_Pro2.0-PVSyst).

Ingegneria di sistema centrale termodinamica

La centrale solare termoelettrica in esame è a collettori parabolici lineari ad inseguimento monoassiale, ritenuta matura tra le altre tecnologie solari a concentrazione per quanto concerne gli sviluppi e le innovazioni registrate nell'ultimo decennio.

Di potenza nominale pari a 11,5 MWe, impegna una superficie totale pari a 3,34 Ha/MWe, al netto delle distanze tra elementi di una stessa fila, interasse e isola di potenza, comprensiva dello spazio necessario all'alloggio dei due serbatoi di accumulo termico, del generatore di vapore a sali fusi e dell'unità convenzionale per la conversione da potenza termica a potenza elettrica.

I collettori, ciascuno di lunghezza 100 m, e superficie captante pari a 566,4 m² sono disposti sul campo solare orientati in direzione Nord-Sud, con struttura modulare ottenuta dal collegamento in parallelo di 36 stringhe, tenuto conto che ciascuna stringa si compone di 6 elementi di raccolta in serie su due file parallele da tre collettori ciascuna; le file di SCA (Solar Collector Assembly) sono distanziate di 17,9 m così da ridurre gli effetti dovuti al mutuo ombreggiamento durante il moto di inseguimento della traiettoria solare.

A garanzia della continuità dell'esercizio impiantistico, la centrale in esame prevede un sistema di accumulo termico pari a 8 h, cioè 243,8 MWht, consentendo di ottenere per la località di Maida Marina (Lamezia Terme) un numero di ore equivalenti pari 3.226 (kWh/kWe).

Per la tipologia di connessione alla rete elettrica si rimanda a quanto espresso per la centrale fotovoltaica.

Sistemi incentivanti e di regolazione economica dell'energia scambiata con la rete

La tariffa incentivante prevista dal conto energia – d.m.19 febbraio 2007 per la centrale fotovoltaica è pari a 0,346 €/kWh (Start-up 2010, impianto a terra) con orizzonte temporale pari a 20 anni.

Per la centrale termoelettrica è prevista una tariffa incentivante in conto energia – d.m. 11 aprile 2008 – pari a 0,28 €/kWh (Start-up 2010) con orizzonte temporale pari a 25 anni.

L'energia prodotta sarà integralmente iniettata in rete utilizzando la modalità di vendita indiretta prevista dalla delibera AEEG 280/07 – regime di ritiro dedicato.

Il GSE riconosce al produttore il prezzo zonale orario medio per l'energia elettrica immessa in rete e oggetto della convenzione (Zona Calabria fascia F1, dato media mensile 2008 → 0.11563 €/kWh).

Output Simulazione

Le tecnologie qui presentate, complementari ed operanti sinergicamente al raggiungimento dell'obiettivo 20-20-20, ben si prestano allo sfruttamento della risorsa solare.

Come si evince dai risultati ottenuti e mostrati sinteticamente nella tabella a seguire, per soluzioni di connessione in AT di centrali solari, la scelta della tecnologia termodinamica costituisce, un vantaggio in termini di occupazione di territorio, di redditività dell'investimento e di costo per la produzione del kWh elettrico.

CENTRALE FOTOVOLTAICA AD INSEGUIMENTO BIASSIALE

CENTRALE TERMODINAMICA A COLLETTORI PARABOLICI LINEARI

Capital Budgeting			Benchmark			
Finanziamento con equity al 100%						
Anni			Anni			
20	25		20	25		
36,098,174.49 €	40,330,054.71 €	VAN	OK	OK		
12.47%	12.74%	IRR	OK	OK	WACC%	6.00%
	8	PBT				

Capital Budgeting			Benchmark			
Finanziamento con equity al 100%						
Anni			Anni			
25	30		25	30		
€73,914,111.35 €	79,637,167.17 €	VAN	OK	OK		
17.08%	17.19%	IRR	OK	OK	WACC%	6.00%
	6	PBT				

Costo kWh prodotto	
LEC [€/kWh]	0.2477
Cinvestimento	€ 64,773,000.00
Cesercizio	€ 1,454,403.27
r	5.00%
t	25
E [kWh]	24,425,923.37

Costo kWh prodotto	
LEC [€/kWh]	0.1988
Cinvestimento	€ 59,044,000.00
Cesercizio	€ 3,531,913.00
r	5.00%
t	30
E [kWh]	37,099,000.00

OUTPUT SULLA REDDITIVITA' E SUL LEC