



Edoardo Alcioni (isd88)

IMPIANTO "STAND ALONE" - DIMENSIONAMENTO DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO

9 December 2011

L'autosufficienza energetica

Dopo la breve panoramica sulle tecnologie fotovoltaiche propongo un esempio di dimensionamento dei componenti di un impianto fotovoltaico del tipo "stand alone". Caratteristica intrinseca di queste installazioni è la necessità di sopperire **totalmente** alle necessità dell'**utenza** senza potersi permettere un rassicurante "tanto c'è l'Enel". Nonostante il testo impersonale dovuto alle necessità stilistiche di una tesi di laurea l'impianto, l'ho progettato e **costruito IO** con i **MIEI metodi** che mi rendo conto spesso non sono applicabili in modo universale.

Di libri sull'argomento ce ne sono migliaia, ma vorrei proporre la mia visione della situazione. Procederemo per passi: prima verificheremo le **necessità** dell'utenza, poi cercheremo la **tecnologia** che offre il miglior compromesso tra superficie e ROI energetico, ed infine sceglieremo il **pannello** da installare.

Analisi del fabbisogno

Il primo dato che va ricercato per dimensionare correttamente un impianto solare ad isola è una stima accurata dei consumi quotidiani. Questo fattore ha influenza sull'estensione della superficie coperta da pannelli solari ed in modo marginale sulla scelta dell'inverter. Per lo studio del fabbisogno energetico si è seguito il seguente metodo:

- Studio dei consumi per un giorno festivo
- Studio dei consumi del successivo giorno feriale
- Ripetizione dei due punti di cui sopra a distanza di 1 mese

Dalla media delle misurazioni, approssimando alla mezz'ora successiva si è ottenuta la seguente tabella

Apparecchio Potenza [W] Tempo medio di utilizzo

Tv	110	4
----	-----	---

Frigorifero	130	6
Luci (4)	104	5
Phon	500	0,5

In media l'utenza avrà un consumo giornaliero di 1990 Wh.

Il picco di carico è statisticamente possibile che avvenga con tutte le utenze contemporaneamente attive. Inoltre in fase di avviamento il degausser del televisore a tubo catodico ed il motore del compressore del frigorifero hanno una corrente di spunto molto maggiore di quella di regime quantificabile in 5 volte quella nominale. La potenza di picco può essere espressa quindi come

$$P_m = 5(P_t + P_f) + P_l + P_p = 1804 \text{ W}$$

Calcolo dell'irraggiamento

A partire dai dati sopra espressi si è provveduto a dimensionare il generatore fotovoltaico per garantire, secondo le richieste del committente

- Il soddisfacimento giornaliero della domanda energetica delle utenze per tutti i giorni tra il 1 Maggio e il 30 Settembre
- Una quota di surplus di produzione nei suddetti giorni per ovviare all'aleatorietà delle condizioni meteorologiche da concordarsi in seguito
- Una produzione sufficiente a garantire il soddisfacimento di tutte le utenze per tutti i week-end invernali con la ricarica nei restanti giorni della settimana

Il procedimento di soluzione delle richieste adottato consiste nel trovare tra queste la più restrittiva in modo da garantire automaticamente le altre.

Studio dell'ubicazione

L'edificio su cui verrà installato in via definitiva l'impianto è un casale sito a Montereale (AQ) e non raggiunto dalla rete ENEL. Attualmente l'alimentazione elettrica avviene tramite generatore con motore termico che presenta gravi inconvenienti di rumorosità, consumo ed emissioni inquinanti. Il tetto dell'edificio ha 2 falde di cui quella esposta in maniera ottimale ha un'inclinazione rispetto all'orizzontale di 25° ed un azimuth di 160 gradi nord.

Calcolo della superficie del generatore FV

Noti i dati sui consumi al progettista si prospettano due possibili alternative per il calcolo del generatore fotovoltaico :

- Studio delle tavole dell'irraggiamento
- Modello Liu-Jordan

Nel primo caso ci si avvale di apposite tabelle redatte dopo uno studio climatologico da parte di enti specializzati. Per la penisola italiana sono disponibili (Elencate in ordine decrescente di accuratezza):

- Le mappe elaborate dall'ENEA e pubblicate sul "La radiazione solare globale al suolo in Italia nel 1994" e successivi.
- Le tabelle per i soli capoluoghi di provincia della radiazione diretta e diffusa riportate nella norma UNI 10349 del 1994 (Integrazione della norma UNI 8477 del 1983)
- L' "Atlante Solare Europeo", che fornisce anche dati per superfici di inclinazione diversa da quelle orizzontali.

La prima scelta porta con sé una precisione dell'ordine dei 10 km ed essendo basata su dati derivanti dall'analisi di immagini satellitari tratta indifferentemente tutto il territorio italiano comprese località impervie o disabitate. La seconda scelta è ideale per le installazioni nei capoluoghi di provincia perché sfrutta i dati di misurazioni effettuate direttamente al livello del suolo e di conseguenza più attendibili. L'Atlante Solare Europeo è da considerarsi scelta di ripiego se non sono disponibili altre fonti perché è caratterizzato dall'aver una precisione dell'ordine dei 100 km che di fatto preclude lo studio di microclimi locali che possono influire pesantemente sull'irraggiamento. Il sito scelto per l'installazione è:

- Località - Montereale (AQ)
- Latitudine - 42,53
- Longitudine - 13,24
- Azimut - 160
- Tilt - 25

La radiazione totale G è la risultante di 3 componenti dovute a fenomeni fisici diversi

$$G = I + D + R$$

Dove si è indicato con:

- G = Radiazione globale
- I = Radiazione diretta dovuta azione del disco solare
- D = Radiazione diffusa dall'atmosfera

- R = Radiazione riflessa (Albedo)

Per l'installazione di cui sopra si è attinto ai dati pubblicati dall'ENEA su "La radiazione solare globale al suolo in Italia" risultanti dall'indagine nel quinquennio 1994-1999 per quanto riguarda la radiazione diretta e diffusa e si è calcolato l'albedo secondo i dettami della norma UNI 8477. Questa norma prescrive il calcolo della radiazione riflessa in funzione delle condizioni al contorno dell'installazione. Si può costruire una tabella che riporta in ascisse i coefficienti per i mesi dell'anno ed in ordinate i coefficienti per le condizioni ambientali. Incrociando una qualunque riga con una qualunque colonna si ottiene il valore che si assume abbia l'albedo nel mese scelto nelle ascisse per il fenomeno scelto nelle ordinate. Dall'osservazione della morfologia del territorio circostante l'installazione e da un'indagine effettuata tra gli anziani del posto circa i periodi di semina, di raccolto e di innevamento si è giunti alla stima dell'albedo. Si è quindi calcolato la radiazione diretta, diffusa e riflessa, indicati nella tabella sottostante, si è provveduto a trovare la condizione più restrittiva tra quelle committente imposte dal fine di dimensionare l'impianto garantendo la massima continuità di servizio.

Mese Rad. Diretta Rad. Diffusa Rad. Riflessa Totale

Gen	1.60	0.72	0.03	2.36
Feb	1.93	0.98	0.04	2.95
Mar	2.38	1.37	0.04	3.79
Apr	2.41	1.78	0.05	4.25
Mag	3.13	2.07	0.07	5.27
Giu	3.39	2.17	0.07	5.63
Lug	4.39	1.99	0.08	6.46
Ago	3.99	1.81	0.07	5.87
Set	3.54	1.47	0.04	5.05
Ott	2.70	1.09	0.03	3.82
Nov	1.72	0.78	0.02	2.51
Dic	1.42	0.65	0.03	2.09

Ne risulta che, considerando il rendimento del sistema invariante con la stagione

- Nel periodo tra il 1 Maggio e il 30 Settembre la radiazione media giornaliera sulla superficie in oggetto ha un minimo nel mese di Settembre corrispondente a 5.05 KWh giornalieri per ogni metro quadro di superficie inclinata.
- Nel periodo tra il 1 Ottobre e il 30 Aprile si ha un minimo assoluto di irraggiamento medio giornaliero nel mese di Dicembre pari a 2.09 Kwh/m²

Indicando con c il rendimento del sistema per la superficie considerata risulta immediato il calcolo della quantità di energia immagazzinata a fine giornata per il caso 1

$$E_1 = 5.05c$$

Mentre per il caso 3 si può assumere che

- ammettendo un'autoscarica degli accumulatori dell'1%
- ammettendo che gli accumulatori alla domenica sera di un weekend di Dicembre siano completamente scarichi (1,7 volt per elemento)

L'energia immagazzinata al venerdì sera di un weekend invernale sia

$$E_2 = (b + (b + (b + (b + ba)a)a)a)a = 10,24c$$

Con

- b = Produzione energetica giornaliera = $2.09c$
- a = Coefficiente di permanenza della carica accumulata = 0.99

Il calcolo della superficie da dedicare alla conversione dell'energia solare è inoltre strettamente dipendente dalla tecnologia dei pannelli scelti per l'installazione.

Scelta dei pannelli solari

A seconda che il pannello sia al silicio monocristallino, policristallino, amorfo o a film sottile varia sensibilmente l'area occupata sul tetto dell'edificio. Procedendo con una stima di massima si può operare una prima scrematura escludendo le tecnologie che non soddisfano i vincoli fisici dell'installazione. L'energia necessaria all'utenza è stata stimata nel paragrafo 3.1 in 1990 Wh giornalieri. Applicando un fattore di sicurezza $\chi = 1,2$ necessario a garantire la ricarica degli accumulatori a seguito di prolungati periodi di annuvolamento si ottiene

$$P = C_g \cdot \chi = 2,388 \text{ kWh}$$

Dove si è indicato

- C_g = Consumo giornaliero
- P = Produzione necessaria per soddisfare C_g

Per ottenere 2,388 KWh giornalieri nella peggiore delle ipotesi (Irraggiamento medio giornaliero 5,05 KWh/m²) sono necessari in media:

$$S = E_g / (5,05 \cdot \eta_s \cdot \eta_c)$$

Ipotizzando il rendimento del regolatore di carica PWM del 70% , quello dell'inverter del 91%, quello degli accumulatori del 90% e considerando le perdite nei conduttori inferiori all'1% si ottiene

$$\eta_s = 0,70 \times 0,91 \times 0,90 = 0,57$$

Considerando il rendimento medio per le soluzioni commerciali in tecnologia monocristallina del 16% , per quelle policristalline 14% e per quelle amorfe 8% la superficie minima stimata è

c-Si	5,18 m ²
poly-Si	5,91 m ²
a-Si	10,37 m ²

La soluzione in silicio amorfo preclude qualunque futuro ampliamento per via della superficie disponibile sulla falda del tetto. La scelta è ricaduta quindi sull'installazione di pannelli fotovoltaici in silicio policristallino tramite i quali, per soddisfare la domanda energetica imposta dal committente, sono sufficienti 3 unità standard da 72 celle. Sono stati richiesti preventivi a varie aziende italiane ed europee per la fornitura di suddetti pannelli, tra le quali è stata scelta la proposta Ferrania Solis che offre garanzia ventennale sul rendimento nonché garanzia intrinseca di rispetto ambientale poiché le linee di laminazione ed assemblaggio sono site in Italia. Il pannello da 72 celle è disponibile in diversi step di potenza massima di picco; per l'installazione in oggetto sono stati scelti 3 pannelli modello AP72-280 che soddisfano totalmente le richieste del committente.

Estratto da "<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Isd88:progettazione-di-un-impianto-fotovoltaico-stand-alone-parte-i-dimensionamento-del-generatore-fv>"