

Il sistema, dimensionato per una potenza di 3KW, alimenterà un locale ad uso aula studio. Esso sarà provvisto di 12 pannelli fotovoltaici e provvederà ad accumulare l'energia solare prodotta in esubero in 8 batterie. In caso di emergenza, ossia di assenza della tensione di rete, di produzione di energia elettrica da parte dell'impianto fotovoltaico e di batterie con carica inferiore al 50%, la produzione di energia elettrica verrà affidata al gruppo elettrogeno.

Nel quadro elettrico di distribuzione a servizio del sistema è stato collocato l'inverter, "cervello" dell'impianto di produzione di energia, i dispositivi di manovra e le protezioni dai contatti diretti ed indiretti, dalle sovracorrenti e dalle sovratensioni.

A tale scopo sono state analizzate le condizioni ambientali e le norme della Guinea Conakry (luogo ove l'impianto verrà installato al termine dei lavori).

Questi i principali componenti dell'impianto:

- 8 Batterie per al piombo sigillate per complessivi 48V e 360Ah. Esse garantiranno l'alimentazione all'impianto con 2KW per 2 ore senza scaricarsi oltre il 50% (oltre questi valori la loro durata verrebbe a diminuire).
- 12 pannelli fotovoltaici al silicio policristallino ognuno da 250W (per complessivi 3KWp), aventi le seguenti caratteristiche:
 - Potenza nominale $P_{max} = 250W$
 - Tensione alla massima potenza $V_{mp} = 30.72V$,
 - Corrente alla massima potenza $I_{mp} = 8.14 A$,
 - Tensione a vuoto $V_{oc} = 37.8V$,
 - Corrente in cortocircuito $I_{sc} = 8.63 A$,
 - Dimensioni 1650x1000x50mm,
 - Area 1.965m²,
 - Peso 21 Kg;muniti di apposite staffe di fissaggio e collegati in 4 stringhe da 3 pannelli ciascuna.
- Un inverter programmabile RS232 da 5KW utilizzato per fornire 3/5KW al locale aula studio alimentato in tensione alternata 230V, 50 Hz e per caricare le batterie per circa 20000VAh. L'inverter riceverà in ingresso la tensione continua proveniente dai pannelli fotovoltaici (92,16V/113.4V) e dalle batterie (48V) e la convertirà in tensione alternata 230V, 50 Hz. Inoltre consentirà, in caso di presenza della rete elettrica nazionale, di alimentare direttamente l'aula studio e di caricare le batterie. Gestirà inoltre l'avvio del gruppo elettrogeno in assenza delle altre fonti energetiche.
- Un gruppo elettrogeno silenziato da 5 KVA diesel con automatismo di accensione tramite inverter.
- Un commutatore (ATS) inserito sull'ingresso AC dell'inverter in grado di commutare o sulla rete o sul gruppo elettrogeno.
- Uno stabilizzatore di tensione in ingresso alla linea elettrica proveniente dalla rete nazionale avente lo scopo di attenuare gli sbalzi di tensione, presenti nella fornitura elettrica, che potrebbero provocare danni al sistema.
- Un quadro elettrico di distribuzione costituito da un armadio metallico dotato di portina con finestra trasparente chiudibile con chiave, della necessaria intelaiatura per il fissaggio dei componenti, di canale per il passaggio dei cavi, di guida DIN per

il fissaggio dei componenti; dimensionato e costruito in modo da garantire l'adeguata aerazione dei dispositivi e destinato a contenere:

- l'inverter,
 - l'ATS,
 - i dispositivi di protezione dalle sovracorrenti e dai contatti diretti e indiretti per le linee in tensione alternata entranti (tensione di rete e gruppo elettrogeno) e uscenti dal sistema (alimentazione dell'aula)
 - i dispositivi di protezione dalle sovracorrenti per le linee in tensione continua (linea proveniente dai pannelli fotovoltaici e dalle batterie).
 - i dispositivi di protezione dalle sovratensioni
- Quadro di campo fotovoltaico contenente i sezionatori con fusibili per le singole stringhe dei pannelli fotovoltaici e un sezionatore generale con fusibili per la linea principale.
 - Cavo giallo/verde per la realizzazione del collegamento a terra (all'impianto di terra già esistente) del sistema per la protezione dalle sovratensioni e dai contatti indiretti.
 - Cavi, cavi solari, morsetti, canali, tubi e quanto altro necessario per la realizzazione del cablaggio del sistema.

Dimensionamento linee e coordinamento con le protezioni dalle sovracorrenti

Dimensionamento della linea di collegamento tra il campo fotovoltaico e l'ingresso PV dell'inverter – linea in c.c. (92 [V])

Calcoli preliminari:

I pannelli sono disposti in 4 stringhe in parallelo, ognuna composta da 3 pannelli collegati in serie, per una tensione complessiva:

$$V_{stringa} = N^{\circ}pan.1stringa \times V_{mp} = 3 \times 30.72V = 92.4 [V]$$

ed una corrente:

$$I_n = N^{\circ}stringhe \times I_{mp} = 4 \times 8.14A = 32,56 [A],$$

rispettivamente con dei valori massimi di tensione a vuoto pari a

$$V_{oc} = N^{\circ}pan.1stringa \times V_{oc} = 3 \times 37.8 = 113.4 [V] \approx V_{stringa} \times 1.25 = 115 V$$

e di corrente di cortocircuito

$$I_c = N^{\circ}stringhe \times I_{sc} = 4 \times 8.63 = 34,52 [A] \approx I_m = I_n \times 1,25 = 40.7 A.$$

N.B.: Visto che la tensione massima nell'ingresso PV dell'inverter è di 145 [V] non era possibile collegare più di tre pannelli in serie senza superare la tensione massima di ingresso per l'inverter.

Tipologia di Posa: posa in aria con cavi in EPR/PVC unipolare (FG7R).

Ricordando che per la posa in aria la relazione per calcolare la portata del cavo è la seguente:

$$I_z = I_0 * K_1 * K_2$$

Dove:

- I_0 = portata per posa in aria a 30°C relativa al metodo d'installazione previsto, al tipo di isolante impiegato, al numero di conduttori attivi e alla sezione;
- K_1 = Fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 30°C;
- K_2 = Fattore di correzione per gruppi di più circuiti installati sulla stessa conduttura.

Si è scelto un fattore di correzione globale K_r pari a 0,53 come consigliato dalla normativa tecnica di riferimento.

Per la protezione dai sovraccarichi bisogna rispettare la seguente relazione :

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

Dove :

- I_b = Corrente d'impiego definita come la corrente che può fluire in un circuito nel servizio ordinario. In regime permanente la corrente d'impiego corrisponde alla più grande potenza trasportata dal circuito in servizio ordinario tenendo conto dei fattori di utilizzazione e di contemporaneità. In regime variabile si considera la corrente termicamente equivalente che, in regime continuo, porterebbe gli elementi del circuito alla stessa temperatura;
- I_n = Corrente nominale di un dispositivo definita come corrente assegnata dal costruttore, che il dispositivo di protezione è destinato a portare in servizio ininterrottamente ad una temperatura ambiente di riferimento specificata pari a 30°C.
- I_z = Portata di una conduttura definita come il massimo valore della corrente che può fluire in una conduttura in regime permanente ed in determinate condizioni, senza che la sua temperatura superi un valore specificato (70°C per il PVC e 90°C per l'EPR).

Consultando le tabelle della portata dei cavi per posa interrata, si è scelto un valore di I_0 che ridotto con i vari coefficienti rispettasse la relazione sopra elencata.

SEZIONE:

$$\begin{aligned} I_z &= I_o * K_r = 81 * 0,53 = 42,93 \text{ [A]} & 16 \text{ [mmq]} \\ I_z &= I_o * K_r = 106 * 0,53 = 56,18 \text{ [A]} & 25 \text{ [mmq]} \\ I_z &= I_o * K_r = 131 * 0,53 = 69,43 \text{ [A]} & 35 \text{ [mmq]} \end{aligned}$$

Com'è possibile vedere, avendo chiaro che il valore della I_b è pari a 32 A, per rispettare la relazione basta scegliere la sezione pari a 16 mmq.

Si è deciso di installare un sezionatore, $I_n = 40 \text{ [A]}$, nel quadro del locale inverter. Per completare e quindi rispettare la relazione per la protezione della linea dai sovraccarichi, si è installato un sezionatore con fusibili, sempre con $I_n = 40 \text{ [A]}$, nel quadro di campo.

Di seguito viene riportata la relazione sopracitata:

$$32 \text{ [A]} \leq 40 \text{ [A]} \leq 42,93 \text{ [A]}$$

Per completare il dimensionamento della linea manca il calcolo della caduta di tensione che verrà fatto di seguito; sapendo che il limite di caduta di tensione per le linee solari è di 2 % e che la relazione da usare è la seguente:

$$\Delta V = (u * d * I) / 1000$$

Dove :

- u = caduta di tensione specifica relativa alla linea impiegata per cavi per energia isolati in PVC o EPR aventi grado di isolamento non superiore a 4;
- d = lunghezza della linea;
- I_b = corrente d'impiego della linea.

Si può verificare che la nostra linea rispetta il limite di tensione stabilito.

CADUTA DI TENSIONE:

$$\Delta V = (u * d * I) / 1000 = (1,78 * 20 * 40) / 1000 = 1,42 \text{ [V]} \quad [S=25\text{mmq}]$$

$$\Delta V = (u * d * I) / 1000 = (2,82 * 20 * 40) / 1000 = 2,26 \text{ [V]} \quad [S=16\text{mmq}]$$

$$\Delta V_{\max} = (2 * 92) / 100 = 1,84 \text{ [V]}$$

Nonostante la caduta di tensione dovesse preferibilmente essere minore del 2% (1,84 [V]), abbiamo dovuto optare per un cavo con una caduta di tensione maggiore, ma con sezione minore, per problemi di collegamento all'inverter.

Abbiamo di conseguenza scelto un cavo unipolare con sezione da 16 mmq.

BATTERIE-INVERTER – linee in c.c. (48 [V])

Le otto batterie presenti nel nostro impianto, sono collegate in serie; ciascuna fornisce 6 [V] per una tensione totale di 48 [V] (Tensione massima di piena carica 57,6 [V]).

Le batterie saranno interessate da una corrente massima di 63 [A], corrente che sarà di riferimento per i nostri calcoli.

A protezione della linea utilizzeremo un interruttore magnetotermico preferibilmente da 2x63 [A], potere d'interruzione $P_i = 6$ [KA].

Per quanto riguarda il dimensionamento del cavo, ipotizziamo cavi del tipo FG7R posti in tubo, con 25 mmq di sezione, abbiamo una portata $I_o = 106$ [A].

Considerando una temperatura ambiente di 45° ($K_1=0,87$) e che la linea sia l'unica presente nel tubo ($K_2=1$), si ottiene una portata:

$$I_z = I_o * K_1 * K_2 = 106 * 0,86 * 1 = 92,22 \text{ [A]}$$

pertanto la relazione per la protezione dai sovraccarichi, riportata in precedenza, è soddisfatta; per quanto riguarda invece la caduta di tensione, valutiamo una lunghezza della linea pari a 5 [m], la caduta di tensione unitaria è pari a 1,78 [mV/A*m], di conseguenza la caduta di tensione complessiva è uguale a:

$$\Delta V = (u * d * I) / 1000 = (1,78 * 5 * 63) / 1000 = 0,56 \text{ [V]}$$

$$\Delta V\% = (\Delta V / V_n) * 100 = (0,56 / 48) * 100 = 1,16 \%$$

pertanto si ritiene più che adeguata.

INVERTER-ATS, RETE-ATS, INVERTER-AULA STUDIO, GRUPPO ELETTRORGENO-ATS – linee in c.a. (230 [V], 50 [Hz])

Il dimensionamento di queste quattro linee è analogo, pertanto verrà eseguito una sola volta, valutando una potenza complessiva pari a 5 [KW] ed una lunghezza che nel caso peggiore sarà di 30 [m].

La corrente di impiego sarà:

$$I_b = P_i / (V * \cos\phi) = 5000 / (230 * 0,9) = 24,15 \text{ [A]}$$

A protezione della linea utilizzeremo un interruttore magnetotermico differenziale da 2x(32/40) [A], con una corrente differenziale $I_d = 0,03$ [A], potere d'interruzione $P_i = 6$ [KA], curva C.

Per quanto riguarda il dimensionamento del cavo, ipotizziamo cavi del tipo FG7R posti in tubo, con 10 mmq di sezione, abbiamo una portata $I_o = 61$ [A].

Considerando una temperatura ambiente di 45° ($K_1=0,87$) e che la linea sia posta nel tubo assieme ad un'altro circuito ($K_2=0,8$), si ottiene una portata:

$$I_z = I_o * K_1 * K_2 = 61 * 0,86 * 0,8 = 41,96 \text{ [A]}$$

pertanto la relazione per la protezione dai sovraccarichi, riportata in precedenza, è soddisfatta.

Per quanto riguarda la caduta di tensione valutiamo una lunghezza della linea pari a 30 [m], la caduta di tensione unitaria è pari a 4,14 [mV/A*m], di conseguenza la caduta di tensione complessiva è uguale a:

$$\Delta V = (u * d * I) / 1000 = (4,14 * 30 * 24,15) / 1000 = 3 \text{ [V]}$$

$$\Delta V\% = (\Delta V / V_n) * 100 = (3 / 230) * 100 = 1,3 \%$$

pertanto si ritiene più che adeguata.

Protezione dalle SOVRATENSIONI

Sono stati installati degli SPD in classe II da almeno 5 [KA], da posizionare presso l'inverter, sulla linea proveniente dai pannelli fotovoltaici, sulla linea proveniente dalla rete e su quella diretta al locale aula studio.

Le tensioni degli SPD sono state scelte in base al livello di isolamento dell'inverter, compatibilmente con i valori disponibili sul mercato.