



Siel Agrisolare S.r.l.

PROPONENTE:

- Via Dismano, 1280 47522 Cesena (FC) - sielagrisolareshrl@pec.it - PIVA 12000420963

REGIONE SICILIA AREA METROPOLITANA DI CATANIA COMUNE DI CALTAGIRONE

Oggetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO CON POTENZA DI PICCO PARI A 222,26 MWp E POTENZA DI IMMISSIONE 195 MW, UBICATO NEL COMUNE DI CALTAGIRONE (CT) IN CONTRADA PIETRANERA E OPERE CONNESSE RICADENTI NEI COMUNI DI LICODIA EUBEA (CT) E CHIARAMONTE GULFI (RG)

ELABORATO: RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA OPERE ELETTRICHE

PROGETTAZIONE: I-PROJECT S.R.L.

ELABORATO: AVCALT-T010	Elaborato da: Ing. Vincenzo Oliveto	COORDINATORE SIA: Ing. Salvatore Mele	IL PROGETTISTA: Arch. Antonio Manco
SCALA: -			
DATA: Giugno 2022	_____	_____	_____

Prot. int. n°: 0108	Rev.: 1	Mod.: 0
Pratica: Caltagirone	Archivio File:	



Consulenza, Progettazione e Sviluppo Impianti ad Energia Rinnovabile

Sede Legale: Via Del Vecchio Politecnico, 9 - 20121 Milano (MI) - P.IVA 11092870960-PEC: i-project@legalmail.it

Sede Operativa: Via Bisceglie n° 17 - 84044 Albanella (SA) - mail: a.manco@iprojectsrl.com - Cell: 3384117245

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3	TERMINOLOGIA	8
4	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	10
4.1	Produttività Energetica dell'impianto	11
5	CRITERI DI PROGETTAZIONE E SOLUZIONI DI CALCOLO	12
5.1	Impianto fotovoltaico	13
5.1.1	Dimensionamento dell'impianto fotovoltaico	13
5.1.2	Moduli fotovoltaici	16
5.1.3	Inverter	17
5.1.4	Cabine di trasformazione	19
5.1.5	Cabina di smistamento	23
5.1.6	Collegamenti elettrici	27
5.1.7	Quadro di parallelo stringa (SMART STRING BOX)	28
5.1.8	Tracker	30
5.2	Sistema di sorveglianza dell'impianto	31
5.3	Illuminazione	32
5.3.1	Illuminazione perimetrale	32
5.3.2	Illuminazione esterno cabine	32
5.4	Sistema di monitoraggio per il controllo dell'impianto	33
5.5	Cavidotto MT	34
5.5.1	Descrizione delle condizioni di posa e installazione	36
5.5.2	Caratteristiche delle linee	37
5.6	Dimensionamento protezioni di campo	41
5.7	Protezione contro i contatti diretti	41
5.7.1	Impianto di terra	42
5.8	Protezione contro i fulmini	43
5.8.1	Impianto fotovoltaico a terra	46
5.9	Interferenze cavidotti con opere infrastrutturali	47
5.9.1	Le tecnologie no-dig	47

5.9.2	Interferenza cavidotto interrato con linee di energia, telecomunicazioni e condutture interrate	48
5.9.3	Parallelismi e incroci fra cavi elettrici.....	48
5.9.4	Parallelismi e incroci fra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione	49
5.9.5	Parallelismi ed incroci fra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche.....	49
5.9.6	Coesistenza tra cavi di energia e gasdotti	50
5.9.7	Interramento di linee aeree	50
5.10	Sistema di allacciamento alla rete AT e relative protezioni.....	50
5.11	Sistema di Misura.....	50
6	SOTTOSTAZIONE ELETTRICA 30/150 kV	52
6.1	Ubicazione dell'opera.....	53
6.2	Caratteristiche della parte di potenza	53
6.3	Caratteristiche delle principali apparecchiature	54
6.4	Sistema di protezione, monitoraggio, comando e controllo.....	62
6.5	Opere civili.....	63
6.6	Collegamento alla Stazione RTN.....	65
6.6.1	Cavidotto interrato AT.....	65
7	VERIFICHE DI COLLAUDO.....	69

1 INTRODUZIONE

La presente relazione si propone di illustrare sinteticamente i criteri ed i procedimenti assunti alla base dell'elaborazione progettuale dell'impianto elettrico, a servizio del parco agrivoltaico ubicato in agro del Comune di Caltagirone (CT) in contrada "Pietranera" con opere connesse nei Comuni di Licodia Eubea (CT) e Chiaramonte Gulfi (RG) e si propone di definire i parametri indispensabili alla definizione dei criteri e dei procedimenti di progettazione.

Caratteristiche Impianto

- Tipo utenze: generatori fotovoltaici interfacciati alla rete a mezzo inverter.
 - Generatori fotovoltaici da 0.7 kWp
 - Potenza totale di picco: 222.26 MWp
 - Potenza di immissione: 195 MW
- Tensione nominale rete M.T.: 30 kV.
- Condutture elettriche: direttamente interrate con protezione aggiuntiva (elementi di resina).
- Tipo cavo: unipolare con conduttore di rame.
- Tipo selettività dispositivi di interruzione: cronometrica.
- Corrente di cortocircuito: 12,5 kA.
- Corrente Massima di Terra: non comunicata da parte di ENEL.
- Tempo di intervento delle protezioni: non comunicata da parte di ENEL.
- Fornitura: in cavo, in locale sottostazione MT/AT.

I carichi elettrici di progetto risultano particolarmente gravosi come evidenziato nella sezione di caratterizzazione dedicata. La potenza totale massima risulta pari a 222,26 MWp. Dall'esame accurato della distribuzione, della potenza e della natura dei carichi elettrici si è proceduto alla determinazione della struttura generale dell'impianto, come esplicitamente indicata nelle elaborazioni grafiche e descrittive di progetto.

Il sistema di distribuzione è di tipo misto, ovvero si può considerare di tipo IT per il campo fotovoltaico e di tipo TN/TT per la parte di rete. Si stabiliscono per i percorsi delle linee le modalità di protezione meccanica, l'isolamento e la costituzione dei relativi cavi, come riportato nei



Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO CON POTENZA DI PICCO PARI A 222,26 MWp E POTENZA DI IMMISSIONE 195 MW, UBICATO NEL COMUNE DI CALTAGIRONE (CT) IN CONTRADA PIETRANERA E OPERE CONNESSE RICADENTI NEI COMUNI DI LICODIA EUBEA (CT) E CHIARAMONTE GULFI (RG).
Elaborato: **AVCALT-T010 RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA OPERE ELETTRICHE**

documenti di progetto.



2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte, come prescritto dalla Legge n. 186 del 1° marzo 1968 e ribadito dal DM n. 37 del 22 gennaio 2008. Rimane tuttora valido, sotto il profilo generale, quanto prescritto dal DPR 547/55 "Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro" e le successive 626 e 494/96 con relativi aggiornamenti e circolari di riferimento.

Le caratteristiche dell'impianto, nonché di tutte le componenti l'impianto, dovranno essere in accordo con le norme di legge e di regolamento vigenti ed in particolare essere conformi:

- alla prescrizione di autorità locali, comprese quelle dei VVF;
- alla prescrizione ed indicazioni delle Società Distributrice di energia elettrica;
- alle norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano).

NORME CEI

- *CEI 0-16: Regola tecnica per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;*
- *CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1.000 V in corrente alternata e a 1.500 V in corrente continua;*
- *CEI 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;*
- *CEI EN 60904-1: Dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente;*
- *CEI EN 60904-2: Dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento;*
- *CEI EN 60904-3: Dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento;*
- *CEI EN 61727: Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete;*
- *CEI EN 61215: Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;*
- *CEI EN 61000-3-2: Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso = 16 A per fase);*
- *CEI EN 60555-1: Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: Definizioni;*

- CEI EN 60439-1-2-3: *Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione;*
- CEI EN 60445: *Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;*
- CEI EN 60529: *Gradi di protezione degli involucri (codice IP);*
- CEI EN 60099-1-2: *Scaricatori;*
- CEI 20-19: *Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V;*
- CEI 20-20: *Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V;*
- CEI 81-1: *Protezione delle strutture contro i fulmini;*
- CEI 81-3: *Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;*
- CEI 81-4: *Valutazione del rischio dovuto al fulmine;*
- CEI 0-2: *Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici*
- CEI 0-3: *Guida per la compilazione della documentazione per la legge n. 46/1990;*
- UNI 10349: *Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici;*
- CEI EN 61724: *Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici. Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;*
- IEC 60364-7-712 *Electrical installations of buildings - Part 7-712: Requirements for special installations or locations Solar photovoltaic (PV) power supply systems.*
- *D. Lgs. 81/08 e successive modificazioni, per la sicurezza e la prevenzione degli infortuni sul lavoro;*
- *D.M. 37/08 Regolamento concernente l'attuazione dell'art. 11-quaterdecies comma 13 lett. a della legge n°248 del 02\12\2005 recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici;*
- *Norme UNI/ISO per le strutture meccaniche di supporto e di ancoraggio dei moduli fotovoltaici*
- *Decreto 19 Febbraio 2007, per incentivare la produzione di energia elettrica da impianti fotovoltaici.*
- *Delibera AEEG n. 188/05, per le modalità per l'erogazione delle tariffe incentivanti.*
- *Delibera AEEG n. 40/06, per integrare la deliberazione n. 188/05.*
- *Delibera AEEG n. 88/07, Disposizioni in materia di misura dell'energia elettrica prodotta da impianti di generazione.*
- *Delibera AEEG n. 89/07, Condizioni tecnico economiche per la connessione degli impianti di produzione di energia elettrica alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi a tensione nominale minore o uguale a 1 kV.*
- *Delibera AEEG n. 90/07, Attuazione del decreto del ministro dello sviluppo economico, di concerto con il ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare 19 Febbraio 2007.*

-
- *Delibera AEEG n. 281/05 e s.m.i. Delibere AEEG n.28/06 e n.100/06, Condizioni per l'erogazione del servizio di connessione alle reti elettriche con tensione nominale superiore ad 1 kV i cui gestori hanno l'obbligo di connessione di terzi.*
 - *DK 5310, Modalità e condizioni contrattuali per l'erogazione da parte di ENEL Distribuzione del servizio di connessione alla rete elettrica con tensione nominale superiore ad 1 kV.*
 - *Guida per le connessioni alla rete elettrica di Enel Distribuzione ed. I Dic. 2008.*

Quanto altro previsto dalla vigente normativa di legge, ove applicabile.

3 TERMINOLOGIA

Cella fotovoltaica

Dispositivo semiconduttore che genera elettricità quando è esposto alla luce solare.

Modulo fotovoltaico

Assieme di celle fotovoltaiche elettricamente collegate e protette dagli agenti atmosferici, anteriormente mediante vetro e posteriormente con vetro e/o materiale plastico. Il bordo esterno è protetto da una cornice in alluminio anodizzato.

Pannello fotovoltaico

Un gruppo di moduli fissati su un supporto metallico.

Stringa fotovoltaica

Un gruppo di moduli elettricamente collegati in serie. La tensione di lavoro dell'impianto è quella determinata dal carico elettrico "equivalente" visto dai morsetti della stringa.

Campo fotovoltaico

Un insieme di stringhe collegate in parallelo e montate su strutture di supporto, generalmente realizzate con profilati in acciaio zincato.

Corrente di cortocircuito di un modulo o di una stringa

Corrente erogata in condizioni di cortocircuito, ad una particolare temperatura e radiazione solare.

Tensione a vuoto di un modulo o di una stringa

Tensione generata ai morsetti a circuito aperto, ad una particolare temperatura e radiazione solare.

Caratteristica corrente - tensione di un modulo o di una stringa

Corrente erogata ad una particolare temperatura e radiazione, tracciata quale funzione della tensione di uscita.

Potenza massima di un modulo o di una stringa

Potenza erogata, ad una particolare temperatura e radiazione, nel punto della caratteristica corrente - tensione dove il prodotto corrente - tensione ha il valore massimo.

Condizioni standard di funzionamento di un modulo o di una stringa

Un modulo opera alle "condizioni standard" quando la temperatura delle giunzioni delle celle è 25 °C, la radiazione solare è 1.000 W/m² e la distribuzione spettrale della radiazione è quella standard (AM 1,5).

Condizioni operative di funzionamento di un modulo o di una stringa

Un modulo lavora in "condizioni operative" quando la temperatura ambiente è di 20°C, la radiazione di 800 W/m² e la velocità del vento di 1 m/s.

Potenza di picco

Potenza erogata nel punto di potenza massima alle condizioni standard

Efficienza di conversione di un modulo

Rapporto tra la potenza massima del modulo ed il prodotto della sua superficie per la radiazione solare, espresso come percentuale.

Convertitore cc/ca (Inverter)

Convertitore statico in cui viene effettuata la conversione dell'energia elettrica da continua ad alternata, tramite un trasformatore e un ponte a semiconduttori, opportuni dispositivi di controllo, che permettono di ottimizzare il rendimento del campo fotovoltaico.

4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'impianto agrivoltaico sarà realizzato interamente nel Comune di Caltagirone (CT) con opere connesse ricadenti nei Comuni di Licodia Eubea (CT) e Chiaramonte Gulfi (RG) ed è diviso in 12 aree la cui estensione è di circa 324 ettari e di cui si riporta di seguito una mappa.

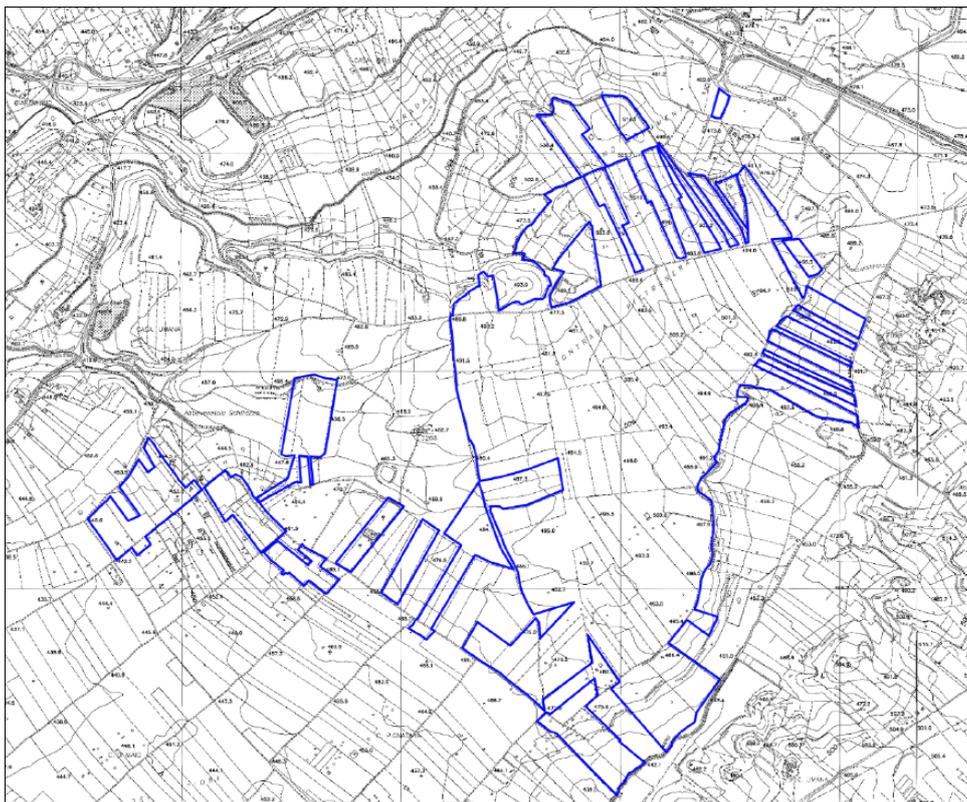


Figura 1: Inquadramento impianto su mappa CTR

Sul terreno non sono presenti vincoli che impediscono la realizzazione dell'impianto. L'area è ad uso agricolo. Le aree interessate sono raggiungibili percorrendo strade provinciale, comunali e vicinali. Il terreno non presenta vincoli paesaggistici, si è comunque progettato l'impianto in modo da ridurre il più possibile l'impatto visivo, utilizzando strutture di sostegno a bassa visibilità ed idonea fascia di piantumazione perimetrale.

Le 12 aree interessate all'installazione dei pannelli fotovoltaici presentano una morfologia pianeggiante e i terreni sono prevalentemente coltivati a seminativo non irriguo.

4.1 PRODUTTIVITÀ ENERGETICA DELL'IMPIANTO

L'impianto è in grado di raggiungere una produzione annua stimata di 397.000.000 kWh/anno, con un irraggiamento medio annuo potenziale di circa 1787 ore, come da schema di simulazione in allegato.

L'iniziativa progettuale è stata progettata in una ottica di Grid Parity, pertanto l'energia prodotta stimata può garantire la realizzabilità dell'opera anche in assenza di incentivi statali.

La produzione annua di circa 397.000,00 MWh di energia elettrica venduta sul mercato libero al "Prezzo zonale orario" (PUN primo trimestre 2022 pari a € 240.80 MWh), consentirebbe un fatturato teorico annuo pari a circa € 95.597 Mln.

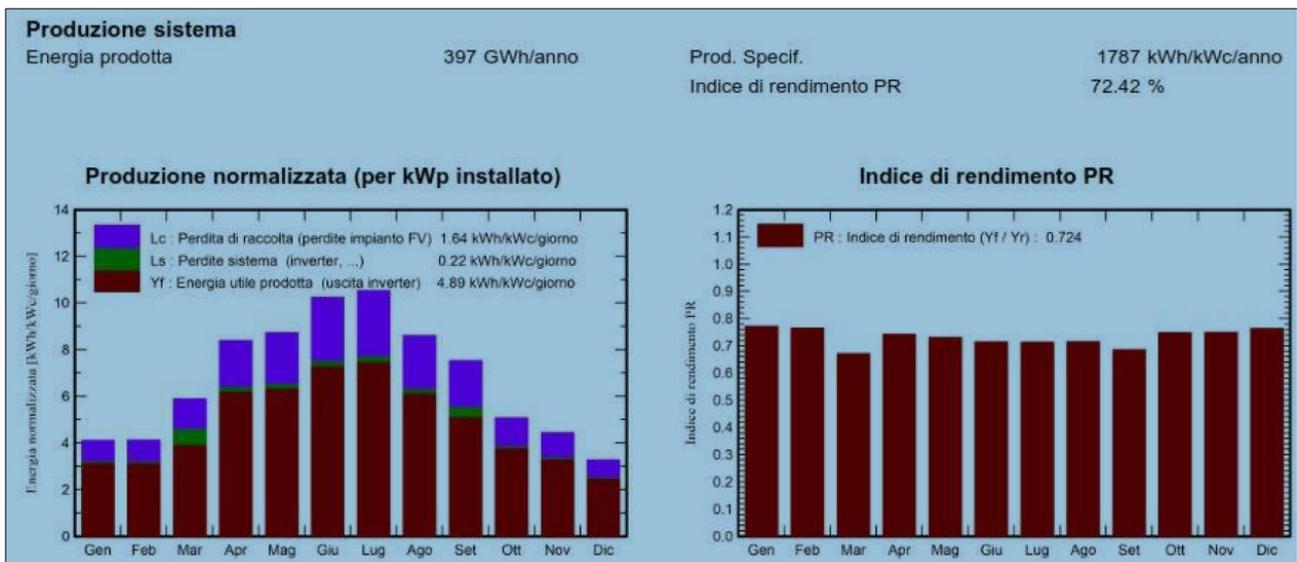


Figura 2: Produzione del campo fotovoltaico

5 CRITERI DI PROGETTAZIONE E SOLUZIONI DI CALCOLO

Ai fini di un corretto funzionamento di un impianto fotovoltaico e dell'ottimizzazione dei rendimenti, la fase progettuale gioca un ruolo fondamentale. Infatti, scegliere in maniera corretta la struttura dell'impianto e le caratteristiche dei suoi componenti è determinante per ottimizzare la produzione di energia, limitando i fuori servizi, e aumentare, di conseguenza, la redditività dell'investimento.

Quindi i punti fondamentali sui quali si è focalizzata l'attenzione progettuale sono stati:

- scelta delle apparecchiature idonee alle esigenze dell'impianto;
- ubicazione dell'impianto e opportuna suddivisione in sottocampi;
- dimensionamento delle apparecchiature da utilizzare in modo da ottimizzare il rapporto qualità/prezzo.

In merito ai punti su esposti, fra le tre tipologie disponibili ad oggi sul mercato di pannelli in silicio (monocristallino, policristallino, amorfo) si è scelto il silicio monocristallino, in quanto presenta efficienze più alte a parità di superficie occupata.

Per gli inverter si è scelto di optare per un sistema di inverter centralizzati che presentano le seguenti caratteristiche:

- tecnologia a IGBT autoregolato con modulazione in ampiezza d'impulso (PWM);
- Data logger con Mini Webserver.

Per quanto riguarda le strutture di sostegno dei moduli si è scelto di utilizzare tecnologie ad inseguimento monoassiale che permettono di aumentare significativamente la redditività degli impianti. L'inseguitore solare est-ovest ha l'obiettivo di massimizzare l'efficienza energetica e i costi di un impianto fotovoltaico a terra che impiega pannelli fotovoltaici in silicio cristallino. Questo obiettivo è stato raggiunto con un singolo prodotto che unisce i vantaggi di una soluzione ad inseguimento solare con semplicità di installazione e manutenzione. Il tracker orizzontale monoassiale, che utilizza dispositivi elettromeccanici, segue il sole tutto il giorno, da est a ovest sull'asse di rotazione orizzontale nord-sud ruotando rispetto alla posizione orizzontale di 55°/60° a seconda del produttore.

5.1 IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Tenuto conto della superficie disponibile e della tecnologia ad oggi disponibile sul mercato, si stima una potenza installabile di circa 222.26 MWp.

I moduli saranno organizzati in stringhe al fine di ottimizzare sia la disposizione dei moduli, sia la struttura metallica di sostegno degli stessi. A gruppi le stringhe convoglieranno in quadri di parallelo stringhe (string box). Le uscite delle string box dislocate sul campo saranno poi canalizzate negli inverter di cabina.

Data l'estensione dell'impianto, le cabine di trasformazione saranno dislocate nelle 12 aree in cui è diviso l'impianto. In ogni cabina di trasformazione sarà presente un trasformatore in resina MT/bt 0,8/30 kV di potenza 6.000 kVA. A valle del trasformatore sarà installato un Quadro MT con relè di protezione elettronico con protezioni implementate 50, 51 e 51N dal quale partirà la linea MT che si atterrerà nella cabina di trasformazione successiva o direttamente nella cabina di smistamento relativa ad ogni area. In ogni area sarà presente una cabina di smistamento da cui partirà la linea MT che si atterrerà direttamente in sottostazione Utente.

Per ulteriori dettagli e per una visione generale del sistema elettrico si rimanda allo schema unifilare generale.

5.1.1 Dimensionamento dell'impianto fotovoltaico

I moduli scelti sono in silicio monocristallino, hanno una potenza nominale di 700 Wp. Per massimizzare la producibilità energetica è previsto l'utilizzo di tracker monoassiali da 30 e 60 moduli.

L'impianto sarà suddiviso in 12 aree a loro volta suddivise in sottocampi fotovoltaici, per ognuno dei quali è previsto l'utilizzo di una stazione di conversione e trasformazione dell'energia elettrica, raccolta con inverter di stringa distribuiti nel sottocampo. Per maggiori dettagli si rimanda allo schema elettrico unifilare.

Definito il layout di impianto (soluzione con inverter di stringa) il numero di moduli della stringa e il numero di stringhe da collegare in parallelo, sono stati determinati coordinando opportunamente le caratteristiche dei moduli fotovoltaici con quelle degli inverter scelti, rispettando le seguenti 4 condizioni:

1. la massima tensione del generatore fotovoltaico deve essere inferiore alla massima tensione di ingresso dell'inverter;
2. la massima tensione nel punto di massima potenza del generatore fotovoltaico non deve essere superiore alla massima tensione del sistema MPPT dell'inverter;
3. la minima tensione nel punto di massima potenza del generatore fotovoltaico non deve essere inferiore alla minima tensione del sistema MPPT dell'inverter;
4. la massima corrente del generatore fotovoltaico non deve essere superiore alla massima corrente in ingresso all'inverter.

Per la verifica delle suddette condizioni sono state applicate le formule di seguito riportate.

Verifica della condizione 1

La massima tensione del generatore fotovoltaico è la tensione a vuoto di stringa calcolata alla minima temperatura di funzionamento dei moduli, in genere assunta pari a:

- -10 °C per le zone fredde;
- 0 °C per le zone meridionali e costiere.

La tensione massima del generatore fotovoltaico alla minima temperatura di funzionamento dei moduli si calcola con la seguente espressione:

$$U_{FV(\theta_{min})} = N_s * U_{modulo(\theta_{min})}$$

dove

N_s è il numero di moduli che costituiscono la stringa

$U_{modulo(\theta_{min})}$ è la tensione massima del singolo modulo alla minima temperatura di funzionamento.

Quest'ultima può essere calcolata con la seguente espressione:

$$U_{modulo(\theta_{min})} = U_{OC(25^{\circ}C)} - \beta * (25 - \theta_{min})$$

dove

$U_{OC(25^{\circ}C)}$ è la tensione a vuoto del modulo in condizioni standard il cui valore viene dichiarato dal costruttore

β è il coefficiente di variazione della tensione con la temperatura, anch'esso dichiarato dal costruttore.

Deve risultare pertanto:

$$U_{FV(\theta_{min})} \leq U_{inverter}$$

essendo U_{max} inverter la massima tensione in ingresso all'inverter, deducibile dai dati di targa.

Verifica della condizione 2

La massima tensione del generatore fotovoltaico nel punto di massima potenza rappresenta la tensione di stringa calcolata con irraggiamento pari a 1000 W/m^2 , e può essere calcolata con la seguente espressione:

$$U_{MPPTFV(\theta_{min})} = N_s * U_{MPPT \text{ modulo}(\theta_{min})}$$

dove:

N_s è il numero di moduli collegati in serie;

$U_{MPPT \text{ modulo}(\theta_{min})}$ è la massima tensione del modulo FV nel punto di massima potenza calcolabile nel seguente modo:

$$U_{MPPT \text{ modulo}(\theta_{min})} = U_{MPPT} - \beta * (25 - \theta_{min})$$

essendo U_{MPPT} la tensione del modulo in corrispondenza del punto di massima potenza, dichiarata dal costruttore.

Ai fini del corretto coordinamento occorre verificare che:

$$U_{MPPTFV(\theta_{min})} \leq U_{MPPTinverter}$$

dove $U_{MPPTinverter}$ è la massima tensione del sistema MPPT dell'inverter, deducibile dai dati di targa.

Verifica della condizione 3

La minima tensione del generatore fotovoltaico nel punto di massima potenza è la tensione di stringa calcolata con:

- irraggiamento pari a 1000 W/m^2 ,
- temperatura θ_{max} pari a $70-80^\circ\text{C}$.

e può essere calcolata con la seguente espressione:

$$U_{MPPTFV} = N_s * U_{MPPT \text{ modulo}}$$

dove:

N_s è il numero di moduli collegati in serie;

$U_{MPPT \text{ modulo}}$ è la tensione minima del modulo nel punto di massima potenza, calcolabile nel seguente modo:

$$U_{MPPT\text{modulo}} = U_{MPPT\text{ modulo}} - \beta * (25 - \theta_{max})$$

Ai fini del corretto coordinamento deve risultare:

$$U_{MPPT\text{modulo}} \geq U_{MPPT\text{inverter}}$$

essendo $U_{MPPT\text{inverter}}$ la minima tensione nel punto di massima potenza del sistema MPPT dell'inverter, deducibile dai dati di targa.

Verifica della condizione 4

La massima corrente del generatore FV è data dalla somma delle correnti massime erogate da ciascuna stringa in parallelo.

La massima corrente di stringa è calcolabile nel seguente modo:

$$I_{stringa\ MAX} = 1,25 * I_{sc}$$

dove:

$I_{stringa\ MAX}$ è la massima corrente erogata dalla stringa [A];

I_{sc} è la corrente di cortocircuito del singolo modulo [A];

1,25 è un coefficiente di maggiorazione che tiene conto di un aumento della corrente di cortocircuito del modulo a causa di valori di irraggiamento superiori a 1000 W/m².

Per il corretto coordinamento occorre verificare che:

$$I_{FV} = N_p * 1,25 * I_{sc} \leq I_{inverter}$$

dove:

I_{FV} è la massima corrente in uscita dal generatore fotovoltaico [A];

N_p è il numero di stringhe in parallelo;

$I_{inverter}$ è la massima corrente in ingresso all'inverter [A].

5.1.2 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici previsti per tale impianto sono in silicio. Il modulo è costituito da celle collegate in serie, incapsulate tra un vetro temperato ad alta trasmittanza, e due strati di materiali polimerici (EVA) e di Tedlar, impermeabili agli agenti atmosferici e stabili alle radiazioni UV. La struttura del modulo fotovoltaico è completata da una cornice in alluminio anodizzato provvista di fori di fissaggio.

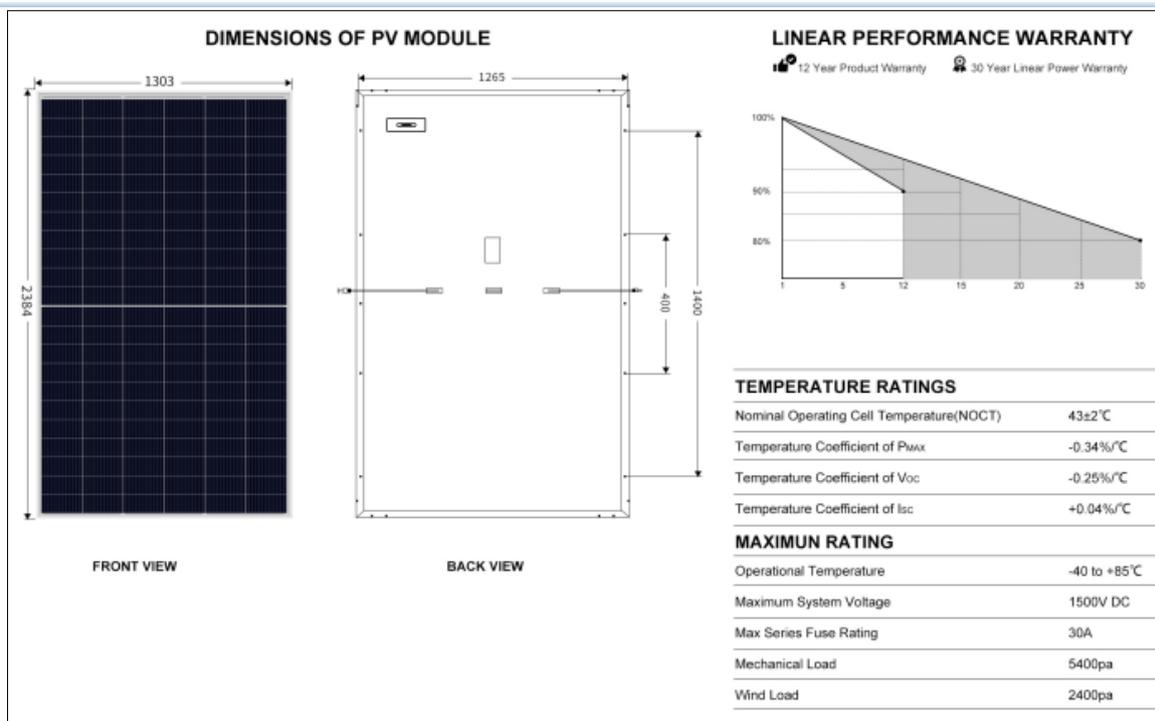


Figura 3: Data Sheet generatore solare

Ciascun modulo sarà dotato, sul retro, di n. 1 scatola di giunzione a tenuta stagna IP68 contenente 3 diodi di bypass e tutti i terminali elettrici ed i relativi contatti per la realizzazione dei cablaggi.

Le caratteristiche costruttive e funzionali dei pannelli dovranno essere rispondenti alle Normative CE, e i pannelli stessi sono qualificati secondo le specifiche IEC 61215 ed. 2, IEC 61730-1 e IEC 61730-2. Le specifiche tecniche e dimensionali dei singoli moduli dovranno essere documentate da attestati di prova conformi ai suddetti criteri.

5.1.3 Inverter

L'inverter previsto per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico è del tipo di stringa e saranno installati in campo.

Presso ciascuna cabina di trasformazione potranno essere installati fino ad un massimo di 36 inverter centralizzati, del produttore HUAWEI, modello SUN2000-215KTL-H0 di potenza nominale pari a 200 kW.

Tutti gli inverter presentano la medesima tecnologia di conversione, il medesimo software di controllo e le stesse funzioni di interfaccia di rete.

Efficiency		
Max. Efficiency		≥99.00%
European Efficiency		≥98.60%
Input		
Max. Input Voltage		1,500 V
Max. Current per MPPT		30 A
Max. Short Circuit Current per MPPT		50 A
Start Voltage		550 V
MPPT Operating Voltage Range		500 V ~ 1,500 V
Nominal Input Voltage		1,080 V
Number of Inputs		18
Number of MPP Trackers		9
Output		
Nominal AC Active Power		200,000 W
Max. AC Apparent Power		215,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)		215,000 W
Nominal Output Voltage		800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency		50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current		144.4 A
Max. Output Current		155.2 A
Adjustable Power Factor Range		0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion		< 1%
Protection		
Input-side Disconnection Device		Yes
Anti-islanding Protection		Yes
AC Overcurrent Protection		Yes
DC Reverse-polarity Protection		Yes
PV-array String Fault Monitoring		Yes
DC Surge Arrester		Type II
AC Surge Arrester		Type II
DC Insulation Resistance Detection		Yes
Residual Current Monitoring Unit		Yes
Communication		
Display		LED Indicators, WLAN + APP
USB		Yes
MBUS		Yes
RS485		Yes
General		
Dimensions (W x H x D)		1,035 x 700 x 365 mm (40.7 x 27.6 x 14.4 inch)
Weight (with mounting plate)		≤86 kg (189.6 lb.)
Operating Temperature Range		-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method		Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating		4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity		0 ~ 100%
DC Connector		Staubli MC4 EVO2
AC Connector		Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree		IP66
Topology		Transformerless

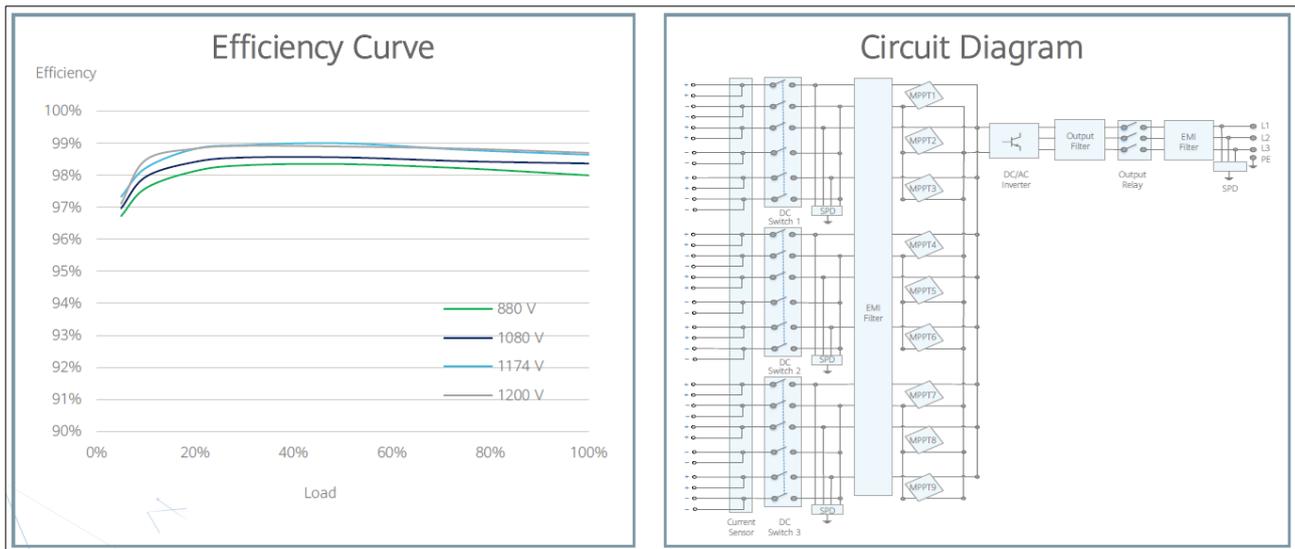


Figura 4: Data sheet tip of an inverter

Si rappresenta che i modelli e le quantità di inverter possono essere soggetti a variazioni in ragione delle mutate condizioni di mercato e di disponibilità che potranno verificarsi nel tempo.

5.1.4 Cabine di trasformazione

Le Power Station (o cabine di trasformazione) hanno la duplice funzione di convertire l'energia elettrica dal campo fotovoltaico da corrente continua (CC) a corrente alternata (CA) e di elevare la tensione da bassa (BT) a media tensione (MT).

L'energia prodotta dal sistema di conversione CC/CA (inverter) sarà immessa nel lato BT di un trasformatore 30/0,8 kV di potenza pari a 6000 kVA.

La Power Station è costituita da elementi prefabbricati in cls vibrato RbK35 confezionato con cemento tipo 525 ad alta resistenza ed adeguatamente armati con acciaio B450C, tali da garantire pareti interne lisce, senza nervature e con una superficie interna costante lungo tutte le sezioni orizzontali., progettati per garantire la massima robustezza meccanica e durabilità nell'ambiente in cui verranno installati.

Le pareti (esterne ed interne) avranno spessore 9 cm ed il pavimento sopraelevato spessore 10 cm. Le armature metalliche sono collegate all'impianto di messa a terra per garantire l'equipotenzialità della cabina.

I giunti di unione dei diversi elementi che compongono la struttura vengono stuccati sia internamente che esternamente con prodotti siliconici per una perfetta tenuta d'acqua con interposte delle guaine elastiche a miscela bituminosa, in modo da assicurare un grado di protezione verso l'esterno IP23D Norme CEI 70/1.

In ottemperanza alle Norme CEI 99-2, Norme CEI 99-3 e Norme CEI EN 62271-202, le pareti esterne sono protette da un rivestimento murale plastico di colore verde e le pareti interne sono tinteggiate con idropittura traspirante bianca.

La copertura piana è calcolata per un carico uniformemente distribuito determinato secondo quanto previsto dal D.M.del 17/01/2018 ed è impermeabilizzata mediante stesura a caldo di guaina bituminosa.

Normalmente nelle cabine sono previsti dei pannelli intermedi in c.a.v. atti a dividere la cabina in locali; vengono installate porte in resina complete di serratura e di finestrini di aerazione in resina che garantiscono l'aerazione naturale seguendo la guida CEI 99-4.

La fondazione prefabbricata a vasca interrata è provvista di fori a frattura prestabilita che possono ospitare dei passacavi a tenuta stagna del sistema tipo FG WOCS; in questo modo si soddisfa quanto richiesto dalla norma CEI 99-3 al punto 8.8 in materia ambientale garantendo la raccolta in caso di fuoriuscita di olio dal trasformatore. La fondazione può essere anche del tipo a platea realizzata in opera ricavando cunicoli e tubazioni necessarie al percorso dei cavi.

L'impianto di messa a terra esterno è eseguito con corda di rame nuda e dispersori a puntazza posti a 1 m dalla cabina elettrica realizzato secondo le disposizioni CEI EN 50522 CEI 99-3, garantendo l'assenza di tensioni di contatto e di passo pericolose.

Ciascuna Power Station conterrà al suo interno un numero da 1 a 36 inverter in corrente continua collegati in parallelo ad un quadro in bassa tensione per la protezione dell'interconnessione tra gli inverter e il trasformatore. Nella stessa sarà presente un impianto elettrico completo di cavi di alimentazione, di illuminazione, di prese elettriche di servizio, dell'impianto di messa a terra adeguatamente dimensionato e quanto necessario al perfetto funzionamento della power station. Saranno inoltre presenti le protezioni di sicurezza, il sistema centralizzato di comunicazione con interfacce in rame e fibra ottica.

Per una completa accessibilità ai vari comparti, saranno adottati tutti quei provvedimenti in modo che tutti i dispositivi installati siano immediatamente accessibili, rendendo più agevole l'ispezione, la manutenzione e la riparazione.

Nel suo complesso, la Power Station avrà dimensioni in pianta pari a 7,50 x 2,50 m e altezza massima pari a circa 3 m compreso il basamento di fondazione.

Si rappresenta che i modelli e le quantità di power station possono essere soggetti a variazioni in ragione delle mutate condizioni di mercato e di disponibilità che potranno verificarsi nel tempo.

In fase esecutiva saranno forniti dal produttore gli elaborati di calcolo strutturale ai fini del deposito presso gli uffici del Genio Civile competente.

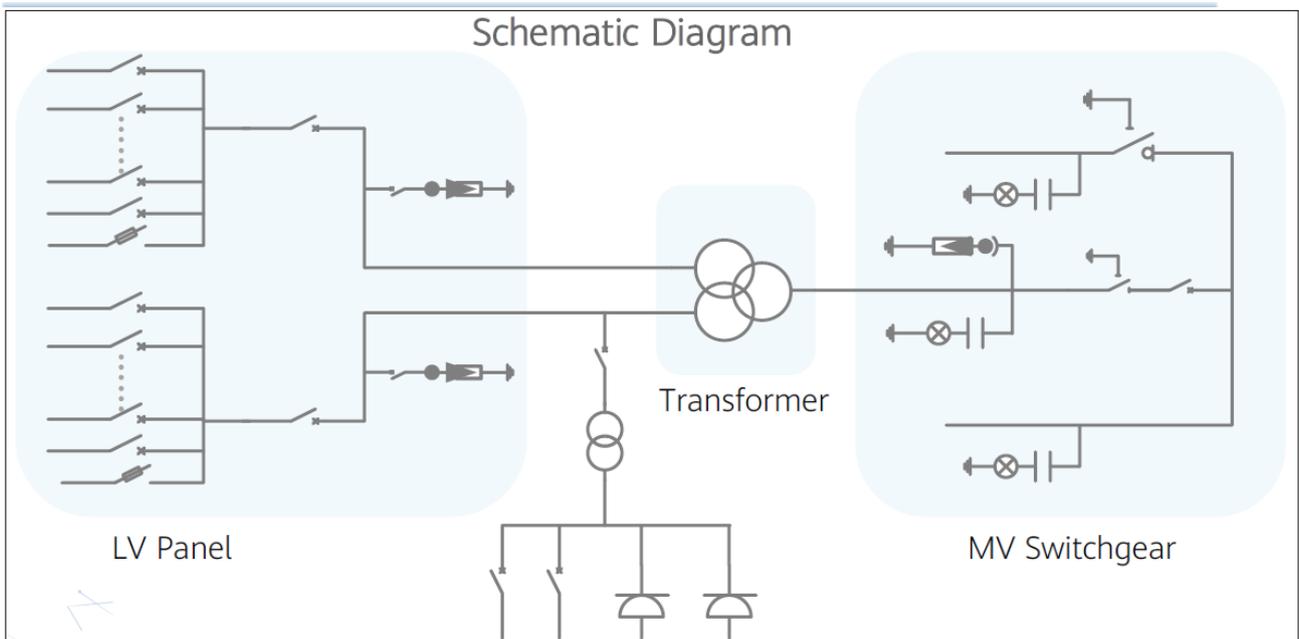


Figura 5: Schema elettrico cabina di trasformazione

Quadro di parallelo BT

Presso ciascuna PS sarà installato un quadro di parallelo in bassa tensione per protezione dell'interconnessione tra gli inverter e il trasformatore, prefabbricato dal produttore delle power station. Il quadro consentirà il sezionamento delle singole sezioni di impianto afferenti al trasformatore e le necessarie protezioni alle linee elettriche.

Trasformatore BT/MT

Presso ogni PS verrà installato un trasformatore elevatore MT/BT ad olio a doppio secondario a 30/0,8-0,8 kV, potenza a 6,3 MVA, ad alta efficienza.

Tutti i trasformatori saranno del tipo ad olio, sigillati ermeticamente, installati su apposita vasca raccolta oli, idonei per l'installazione in esterno.

Il trafo sarà opportunamente delimitato per impedire l'accesso alle parti in tensione.

Interruttori di media tensione

Nello shelter metallico della Power station verrà posizionato un quadro di media tensione, composto dai seguenti scomparti:

- n.1 unità di arrivo (sezionatore e sezionatore di terra);

-
- n.1 unità protezione trafo (sezionatore e fusibili);
 - n.1 unità di partenza (sezionatore e sez di terra)

Si rimanda alla specifica tecnica Power station per maggiori dettagli.

Quadri servizi ausiliari

La power station sarà fornita dei quadri di servizi ausiliari necessari al corretto funzionamento degli impianti. Il quadro servizi ausiliari sarà diviso in tre sezioni:

- sezione in ingresso, nella quale confluisce la linea proveniente dal trafo MT/bt, protetta da appositi interruttori automatici;
- sezione ordinaria, nella quale sono presenti tutte le utenze ordinarie e non essenziali per il funzionamento della PS. In essa confluiscono due distinte linee (una proveniente dal trafo e l'altra da G.E., entrambe idoneamente protette con interruttori automatici e con scaricatori di sovratensione SPD);
- sezione privilegiata, le cui utenze sono alimentate sotto UPS.

Trasformatore BT/BT

Presso ciascuna Power Station verrà installato un idoneo trasformatore BT/BT per l'alimentazione del quadro servizi ausiliari BT-AUX .

UPS per servizi ausiliari

Verrà installato presso la Power Station un UPS per l'alimentazione dei servizi ausiliari presenti presso la PS. Il sistema UPS è dotato di DSP microprocessor control. Il sistema è costituito da un UPS base da 6000VA, al quale viene collegato un battery back di espansione, per garantire la necessaria copertura in termini di autonomia dei servizi ausiliari di base

Sistema centralizzato di comunicazione

Presso ciascuna Power Station verrà installata la componentistica elettronica necessaria a consentire il controllo delle apparecchiature principali, quali inverter, misuratori, sistemi di ventilazione, sensori ambientali.

5.1.5 Cabina di smistamento

Le cabine di smistamento hanno la funzione di trasportare l'energia prodotta dalle varie aree del campo fotovoltaico alla SSE Utente tramite una linea a 30 kV.

La cabina di smistamento è costituita da elementi prefabbricati in cls vibrato RbK35 confezionato con cemento tipo 525 ad alta resistenza ed adeguatamente armati con acciaio B450C, tali da garantire pareti interne lisce, senza nervature e con una superficie interna costante lungo tutte le sezioni orizzontali., progettati per garantire la massima robustezza meccanica e durabilità nell'ambiente in cui verranno installati.

Le pareti (esterne ed interne) avranno spessore 9 cm ed il pavimento sopraelevato spessore 10 cm. Le armature metalliche sono collegate all'impianto di messa a terra per garantire l'equipotenzialità della cabina.

I giunti di unione dei diversi elementi che compongono la struttura vengono stuccati sia internamente che esternamente con prodotti siliconici per una perfetta tenuta d'acqua con interposte delle guaine elastiche a miscela bituminosa, in modo da assicurare un grado di protezione verso l'esterno IP23D Norme CEI 70/1.

In ottemperanza alle Norme CEI 99-2, Norme CEI 99-3 e Norme CEI EN 62271-202, le pareti esterne sono protette da un rivestimento murale plastico di colore verde e le pareti interne sono tinteggiate con idropittura traspirante bianca.

La copertura piana è calcolata per un carico uniformemente distribuito determinato secondo quanto previsto dal D.M.del 17/01/2018 ed è impermeabilizzata mediante stesura a caldo di guaina bituminosa.

Normalmente nelle cabine sono previsti dei pannelli intermedi in c.a.v. atti a dividere la cabina in locali; vengono installate porte in resina complete di serratura e di finestrini di aerazione in resina che garantiscono l'aerazione naturale seguendo la guida CEI 99-4.

La fondazione prefabbricata a vasca interrata è provvista di fori a frattura prestabilita che possono ospitare dei passacavi a tenuta stagna del sistema tipo FG WOCS; in questo modo si soddisfa quanto richiesto dalla norma CEI 99-3 al punto 8.8 in materia ambientale garantendo la raccolta in caso di

fuoriuscita di olio dal trasformatore. La fondazione può essere anche del tipo a platea realizzata in opera ricavando cunicoli e tubazioni necessarie al percorso dei cavi.

L'impianto di messa a terra esterno è eseguito con corda di rame nuda e dispersori a puntazza posti a 1 m dalla cabina elettrica realizzato secondo le disposizioni CEI EN 50522 CEI 99-3, garantendo l'assenza di tensioni di contatto e di passo pericolose.

Ciascuna cabina conterrà al suo interno un quadro MT, un trafo AUX e vi sarà un vano destinato a contenere le apparecchiature del TVCC e un UPS. Nella stessa sarà presente un impianto elettrico completo di cavi di alimentazione, di illuminazione, di prese elettriche di servizio, dell'impianto di messa a terra adeguatamente dimensionato e quanto necessario al perfetto funzionamento della power station. Saranno inoltre presenti le protezioni di sicurezza, il sistema centralizzato di comunicazione con interfacce in rame e fibra ottica.



Figura 6: Tipica cabina di smistamento containerizzata

Quadro MT

Il quadro di media tensione sarà con involucro metallico, adatto per installazioni all'interno. Gli scomparti delle unità sono fra loro segregati e le parti in tensione sono isolate in aria. Il quadro è altamente modulare, quindi permette di scegliere le unità da affiancare in modo da soddisfare

qualsiasi tipo di applicazione. Le unità funzionali del quadro sono garantite a tenuta d'arco interno in conformità alle norme IEC 62271-200. Tutte le operazioni di messa in servizio, manutenzione ed esercizio possono essere eseguite dal fronte. Gli apparecchi di manovra e i sezionatori di terra sono manovrabili dal fronte a porta chiusa. Il quadro MT a 36 kV sarà costituito da:

- n. 2 celle di partenza per il campo fotovoltaico composte da:
 - sezionatore rotativo a vuoto 36 kV 630 A 20 kA;
 - interruttore motorizzato sottovuoto 36 kV 630 A 20 kA;
 - relè di protezione 50-51-67N-57N;
 - n. 2 TA toroidali 300/5 + n. 1 toroide omopolare;
 - terna di derivatori capacitivi in ingresso;
 - barra di terra dim. 25x3 mm sul fronte cella;
 - sistema sbarre 30x10 mm, con n. 3 isolatori, per uscita cavi e/o per collegamento su sistema di sbarre;
- n. 1 cella di arrivo da sottostazione composta da:
 - sezionatore rotativo IMS 36kV 630A 20 kA;
 - barra di terra dim. 25x3 mm sul fronte cella;
 - sistema sbarre 30x10 mm, con n. 3 isolatori, per arrivo cavi e/o per collegamento su sistema di sbarre omnibus;
- n. 1 cella protezione trafo SA composta da:
 - sezionatore rotativo a vuoto 36 kV 630 A 20 kA;
 - interruttore motorizzato sottovuoto 36 kV 630 A 20 kA;
 - relè di protezione 50-51-51N;
 - n. 1 TA toroidali 75/5 + n. 1 toroide omopolare;
 - terna di derivatori capacitivi in ingresso;
 - barra di terra dim. 25x3 mm sul fronte cella;
 - sistema sbarre 30x10 mm, con n. 3 isolatori, per uscita cavi e/o per collegamento su sistema di sbarre;
- n. 1 scomparto TV composto da:
 - sezionatore rotativo 24kV 400A 16 kA (1)
 - barra di terra dim. 25x3 mm sul fronte cella

- sistema sbarre 30x10 mm, con n.3 isolatori, per arrivo cavi e/o per collegamento su sistema di sbarre omnibus;
- n. 2 TV fase-fase 30/0,1kV;

Nella cabina saranno previsti:

- un vano trafo SA costituito da:
 - trafo 50 kVA ermetico in olio 30/0.4 kV;
- un vano BT costituito da:
 - n. 1 quadro AUX.

Trasformatore MT/BT servizi ausiliari

È prevista la fornitura di un trasformatore MT/BT per i servizi ausiliari con le seguenti caratteristiche:

- Tipo: MACE 500 kVA
- Metodo di raffreddamento: ONAN
- Potenza nominale: 50 kVA
- Tensioni nominali (a vuoto): 30 kV – 0.40 kV
- Collegamento fasi: Triangolo (MT) – Stella (BT)
- Vcc% 6%

Sistema di distribuzione CA/CC

Il sistema di distribuzione sarà da un quadro elettrico composto da:

- carpenteria metallica 800x800x2250 mm;
- raddrizzatore/caricabatterie a due rami con le seguenti caratteristiche:
 - tensione ingresso 230 V;
 - tensione uscita 110 V;
 - stabilità tensione $\pm 1\%$
- pannello di distribuzione CA e CC;
- n. 9 batterie ermetiche di accumulatori al piombo 12 V 40 A/h

Servizi ausiliari

Il quadro servizi ausiliari sarà composto da:

- carpenteria metallica 800x800x2250 mm;
- sistema periferico di controllo;
- interruttori, contattori, strumenti di misura e accessori come da schema elettrico.

Impianto elettrico e di illuminazione

L'impianto elettrico, del tipo sfilabile, è realizzato con cavo unipolare FG7(O)R, con tubo in materiale isolante a vista e consente la connessione di tutti gli apparati necessari per il funzionamento della cabina. In particolare, si avrà:

- plafoniere stagne 2x36 W equipaggiate con lampade del tipo a basso consumo energetico;
- lampade di emergenza da 18 W tipo SE, autonomia 2 ore;
- prese 10/16 A;
- prese shuko;
- interruttori unipolari da 10 A;
- impianto antintrusione;
- impianto rilevazione incendio

5.1.6 Collegamenti elettrici

Tutti i collegamenti elettrici sono realizzati per mezzo di cavi a doppio isolamento (conduttore in rame, isolante e guaina in PVC) con grado di isolamento adeguato.

Le stringhe di moduli saranno realizzate con cavi interposti fra le scatole di terminazione di ciascun modulo e staffati sulle strutture di sostegno. Il collegamento fra moduli e fra stringa ed inverter sarà realizzato con cavo a doppio isolamento.

I cavi saranno posati mediante cavidotti interrati a 60 cm dal piano campagna per quanto riguarda la bassa tensione.

Caratteristiche tecniche:

- Conduttore: rame elettrolitico, stagnato, classe 5 secondo IEC 60228
- Isolante: HEPR 120 °C

- Max. tensione di funzionamento 1,5 kV CC Tensione di prova 4kV, 50 Hz, 5 min.
- Intervallo di temperatura Da - 50°C a + 120°C
- Durata di vita attesa pari a 30 anni In condizioni di stress meccanico, esposizione a raggi UV, presenza di ozono, umidità, particolari temperature.
- Verifica del comportamento a lungo termine conforme alla Norma IEC 60216
- Resistenza alla corrosione
- Ampio intervallo di temperatura di utilizzo
- Resistenza ad abrasione
- Ottimo comportamento del cavo in caso di incendio: bassa emissione di fumi, gas tossici e corrosivi
- Resistenza ad agenti chimici
- Facilità di assemblaggio
- Compatibilità ambientale e facilità di smaltimento.

La sezione dei cavi per i vari collegamenti è tale da assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolamenti sottoposti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati e in condizioni ordinarie di esercizio e tali da garantire in ogni sezione una caduta di tensione non superiore al 2%. La portata dei cavi (I_z) alla temperatura di 60°C indicata dal costruttore è maggiore della corrente di cortocircuito massima delle stringhe.

Altri cavi

Cavi di media tensione: RG7H1R 18/30 kV

Cavi di potenza AC: FG7OH2R 06/1 kV

Cavi di alimentazione AC: FG7OR

Cavi di comando: FG7OR Cavi di segnale: FG7OH2R

Cavi di bus: speciale MOD BUS / UTP CAT6 ethernet

5.1.7 Quadro di parallelo stringa (SMART STRING BOX)

Le stringhe composte da 30 moduli verranno collegate alle cassette di parallelo stringa ubicate su appositi supporti alloggiati sotto le strutture, protetti da agenti atmosferici, e saranno realizzati in

policarbonato ignifugo, dotato di guarnizioni a tenuta stagna grado isolamento IP65 cercando di minimizzare le lunghezze dei cavi di connessione.

I suddetti quadri di campo realizzano il sezionamento ed il parallelo delle stringhe dei moduli provenienti dal campo fotovoltaico. All'interno saranno presenti dispositivi di sezionamento, fusibili ed il monitoraggio della corrente per ogni stringa, inoltre è predisposto un modulo per la comunicazione seriali dei dati.

Esse disporranno al loro interno dell'elettronica necessaria per il cablaggio nonché protezione contro scariche provocate da fulmini e rotture dei moduli stessi. Dalle cassette di derivazione partiranno i cavi di collegamento (rivestiti in pvc o in gomma) fino alla cabina di trasformazione in cui sono contenuti gli inverter.

Le cassette di parallelo stringhe presentano le seguenti caratteristiche:

- sistema di comunicazione seriale completamente integrato con il sistema di telecontrollo con segnalazione di allarme in caso di perdita di comunicazione;
- misura della corrente di ogni singola stringa;
- rilevazione del mismatch e perdita di performance;
- antifurto 24/24h a misura di impedenza di stringa (opzionale);
- allarmi di apertura stringa e scarsa performance delle stringhe;
- due misure ambientali indipendenti (es. irraggiamento, temperatura, direzione e velocità del vento),
- autodiagnostica avanzata;
- contatto di segnalazione stato dell'interruttore DC;
- cassetta di parallelo stringhe con grado di protezione IP65;
- possibilità di connettere da 8 a 24 stringhe;
- connettori multicontact di serie;
- interruttore DC sotto carico;
- bobina di sgancio a lancio di corrente per installazioni su tetto secondo prescrizioni VV.FF.;
- scatola in policarbonato ignifuga e resistente ai raggi UV.

Le Protezioni di sovratensione sono costituite dalla connessione a Y di due SPD (Surge Protective Device) a varistore connessi tra i poli del campo fotovoltaico e una SPD (Surge Protective Device)

spinterometrico tra punto comune a terra. L'SPD (Surge Protective Device) è un dispositivo di protezione da sovratensioni di classe II dotato di contatto di telesegnalazione. I dispositivi di protezione sono del tipo a innesto in modo da agevolare la sostituzione degli SPD a seguito di un guasto.

5.1.8 Tracker

Le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici saranno costituite da inseguitori (chiamati usualmente con il termine inglese *tracker*) monoassiali.

Si tratta di strutture di sostegno mobili che nell'arco della giornata "inseguono" il movimento del sole orientando i moduli fotovoltaici su di essi installati da est a ovest.

L'intervallo di rotazione completo del tracker da est a ovest è pari a 110° (tra -55° e +55°).

TECHNICAL SPECIFICATIONS	
GENERAL FEATURES	
Solar tracker type	Single row Single-Axis
Tracking range	±55° (110°)
Driver	Linear actuator
Configuration	Two modules in portrait (2P) up to 4 strings per tracker (1500V string)
Solar module supported	Framed
Foundation options	Direct ramming / Pre-drilling + ramming / Micropile / PHC piles
Pile section	W
Modules attachment	Bolts, Rivets and Clips
Piles per MW (550Wp module)	~106 piles/MW ⁽¹⁾ (120 modules per row)
(450Wp module)	~130 piles/MW ⁽¹⁾ (120 modules per row)
Terrain adaptability	15% N-S ⁽²⁾
Wind and snow loads tolerance	Tailored to site requirement
Rear shading factor	0.8%
STRUCTURE	
Material	Steel S275 & S355 (EN 10025) or equivalent
Coating	HDG, Z275 (G90) and ZM310 ⁽³⁾
CONTROLLER	
Controller	Electronic board with microprocessor
Ingress protection marking	IP65
Tracking method	Astronomical algorithms + SuperTrack technology ⁽⁴⁾
Advanced wind control	Smart wind gust alarm
Anemometer	Electric pulse/Ultrasonic
Night-time stow	Configurable
Communication with the tracker	Wired option: RS485 Wireless option: LoRa/Zigbee
Operating conditions	Altitude < 5000m ⁽⁵⁾ Temperature: -30°C to 60°C
Sensors	Digital inclinometer
Power (motor drive)	DC motor: 0.15kW
Power supply	Grid connection / String powered / Self-powered with battery



Figura 7: Tracker monoassiali

Il numero dei moduli posizionati su un inseguitore può essere 30 o 60 moduli.

L'installazione degli inseguitori avviene mediante infissione diretta nel terreno, con l'ausilio di una macchina battipalo; i pali di sostegno raggiungono una profondità minima di 1,5 – 2 m dal piano campagna e sono poi sottoposti a prove di resistenza.

La scelta di questo tipo di inseguitore con pali infissi direttamente evita l'utilizzo di cemento per le fondazioni e minimizza i movimenti terra per la loro installazione.

5.2 SISTEMA DI Sorveglianza dell'Impianto

L'accesso all'area recintata sarà sorvegliato automaticamente da un sistema di antintrusione composto da:

- telecamere TVCC tipo fisso Day-Night, per visione diurna e notturna, con illuminatore a IR;
- cavo alfa con anime magnetiche, collegato a sensori microfonici, aggraffato alle recinzioni a media altezza, e collegato alla centralina d'allarme in ogni cabina di smistamento;
- barriere a microonde sistemate in prossimità della muratura di cabina e del cancello di ingresso;
- badge di sicurezza a tastierino, per accesso alla cabina di smistamento o alla Sottostazione Utente;
- centralina di sicurezza integrata installata in cabina e in Sottostazione.

I sistemi appena elencati funzioneranno in modo integrato. Il cavo alfa sarà in grado di rilevare le vibrazioni trasmesse alla recinzione esterna in caso di tentativo di scavalco o danneggiamento.

Le barriere a microonde rileveranno l'accesso in caso di scavalco o effrazione nelle aree del cancello e/o della cabina.

Le telecamere saranno in grado di registrare oggetti in movimento all'interno del campo, anche di notte; la centralina manterrà in memoria le registrazioni.

I badges impediranno l'accesso alla cabina elettrica e alla centralina di controllo ai non autorizzati. Al rilevamento di un'intrusione, da parte di qualsiasi sensore in campo, la centralina di controllo, alla quale saranno collegati tutti i sopradetti sistemi, invierà una chiamata alla più vicina stazione di polizia e al responsabile di impianto tramite un combinatore telefonico automatico e trasmissione via antenna gsm.

Parimenti, se l'intrusione dovesse verificarsi di notte, il campo verrà automaticamente illuminato a giorno dai proiettori.

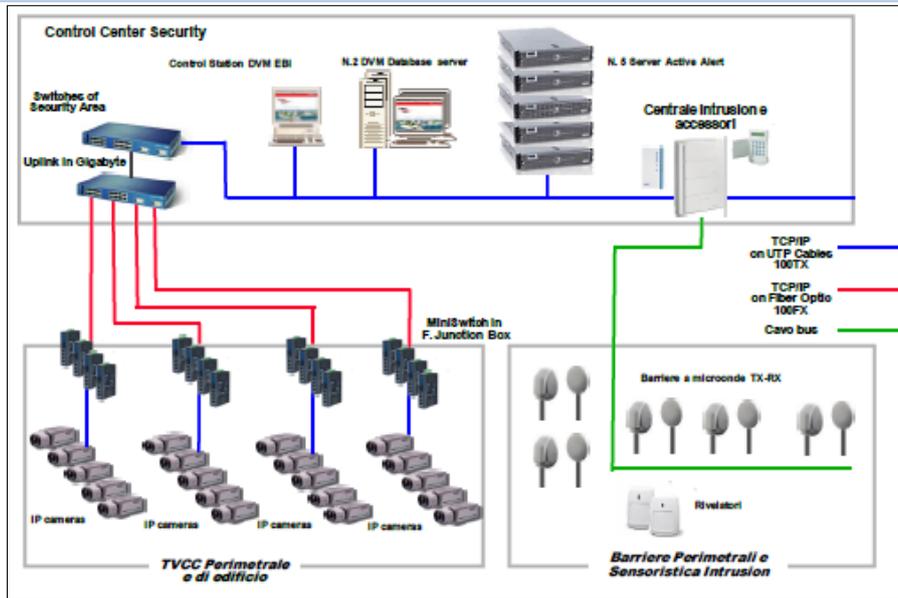


Figura 8: Schema a blocchi tipo dell'impianto di sorveglianza

5.3 ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione esterno sarà costituito da 2 sistemi:

- Illuminazione perimetrale
- Illuminazione esterno cabine

5.3.1 Illuminazione perimetrale

Sarà distribuita lungo tutto il perimetro dell'impianto e avrà la funzione di illuminazione notturna e antintrusione e sarà costituita da:

- Pali in acciaio zincato, h=7 m ft con lampade a lampade a led, P= 150W;
- Plinto di fondazione prefabbricato con pozzetto.

In fase di progetto esecutivo potranno essere apportati miglioramenti ai rapporti tra gli illuminamenti minimi e massimi e l'illuminamento medio.

5.3.2 Illuminazione esterno cabine

Sarà a servizio delle cabine di trasformazione e smistamento, nonché della Sottostazione Utente, avrà la funzione di illuminare le aree di cabina e sarà costituito da:

- bracci a parete disposti lungo i lati delle cabine con lampade, P= 75 W;

5.4 SISTEMA DI MONITORAGGIO PER IL CONTROLLO DELL'IMPIANTO

In fase di esercizio è previsto un sistema di gestione che tende ad ottimizzare la produzione e migliorare le performance dell'impianto.

Il sistema è basato su una potente intelligenza real-time che processa continuamente i valori più importanti, evitando di fatto, l'impiego di tempo e risorse umane nel controllo degli impianti. Esso invia automaticamente report giornalieri di produzione e segnala la presenza di allarmi tramite e-mail. L'elevato numero di sensori collegabili consente di realizzare un controllo estremamente



Figura 9: Esempio di monitoraggio impianto fotovoltaico

dettagliato, permettendo di fatto la verifica dell'efficienza dei componenti dell'impianto e garantendo così la produzione di energia nel lungo termine. Qualora fossero presenti dei malfunzionamenti, la qualità dei controlli e la quantità di valori visualizzabili, consentono di individuare facilmente l'area interessata e quindi il guasto. In generale il sistema è in

grado di eseguire le seguenti funzioni:

- rilevazione dei dati principali dagli inverter;
- controllo sul singolo inverter quali: accensione, produzione, efficienza dei canali, efficienza ingresso/uscita, sbilanciamento delle correnti o delle potenze dei canali, tensione dei canali;
- segnalazione tramite E-Mail delle produzioni e degli allarmi dell'impianto;
- invio delle E-mail di allarme sia all'attivazione che al ripristino;
- gestione cassette di stringa dei principali costruttori presenti sul mercato;
- visualizzazione e memorizzazione dei sensori collegati al sistema;
- memorizzazione ed invio dei dati al portale web;

- collegamento da remoto per la configurazione e visualizzazione dell'impianto da remoto tramite Smartphone, Tablet e Pc.

Inoltre è possibile implementare il sistema in modo abbia un controllo esteso anche all'impianto elettrico, in particolare mediante le seguenti funzioni:

- controllo dello stato degli interruttori, scaricatori;
- contatto di allarme dalle centraline di rifasamento;
- contatto di allarme dalle centraline di controllo dei trasformatori;
- controllo di qualsiasi dispositivo con contatto "pulito" tramite l'espansione ingressi digitali;
- controllo a soglia di valori analogici come sensori di temperatura, pressione, portata, ecc....

Inoltre è possibile effettuare un controllo consumi mediante il collegamento di:

- misuratori di energia / analizzatori di rete;
- ingressi digitali e contatori impulsi (energia da contatori elettrici, m3 da contatori di acqua e gas, conta pezzi, conta ore, ecc..);
- ingressi analogici per il rilevamento di valori variabili.
- uscite digitali che permettono l'attivazione di carichi in caso di sovra produzione (cessione in rete).

I feedback prelevabili dalle macchine di produzione come i pezzi prodotti, ore di funzionamento o alcuni valori di processo analogici, permettono di eseguire analisi dei consumi più dettagliate consentendo la valutazione di attività volte al risparmio energetico.

Il cavo di controllo sarà costituito da cavi di segnale in rame che si attesteranno in una o più centraline collegate via wi-fi al web.

5.5 CAVIDOTTO MT

Il parco fotovoltaico, attraverso un cavidotto interrato costituito da 12 linee in media tensione 18/30kV verrà connesso con la Sottostazione Elettrica di Utenza MT/AT, dove verrà innalzato il

livello di tensione a 150 kV per il successivo collegamento alla Stazione della RTN tramite un elettrodotto interrato in alta tensione a 150 kV.

Il tracciato della linea è stato studiato in armonia con quanto dettato dall'art.121 del T.U. 11-12-1933 n.1775, comparando le esigenze di pubblica utilità dell'opera con gli interessi sia pubblici che privati.

Nella definizione dell'opera sono stati adottati i seguenti criteri progettuali:

- contenere per quanto possibile la lunghezza del tracciato per occupare la minor porzione possibile di territorio;
- mantenere il tracciato del cavo il più possibile all'interno delle strade esistenti, soprattutto in corrispondenza dell'attraversamento di nuclei e centri abitati, tenendo conto di eventuali trasformazioni ed espansioni urbane future;
- evitare per quanto possibile di interessare case sparse e isolate, rispettando le distanze minime prescritte dalla normativa vigente;
- minimizzare l'interferenza con le eventuali zone di pregio naturalistico, paesaggistico e archeologico;

Inoltre, per quanto riguarda l'esposizione ai campi magnetici, in linea con il dettato dell'art. 4 del DPCM 08-07-2003 di cui alla Legge. n° 36 del 22/02/2001, nello studio del tracciato si è tenuto conto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T.

L'elettrodotto di media tensione in cavo interrato a 30 kV consentirà di collegare le cabine di impianto per la produzione di energia elettrica da fonte energetica rinnovabile progettato, con il sistema in media tensione della Stazione Elettrica di Utenza MT/AT.

La linea si svilupperà secondo il tracciato riportato nella seguente figura:

I cavi saranno posati direttamente nel terreno (posa diretta), previa realizzazione di un sottofondo di posa con terreno vagliato e/o sabbia, al fine di ridurre eventuali asperità che potrebbero danneggiare gli stessi. All'interno della trincea di scavo sarà prevista la posa di un tritubo e la posa di un nastro di segnalazione con la dicitura cavi elettrici a circa 30÷50 cm al di sopra dei cavi.

La realizzazione dei cavidotti MT sarà effettuata tenendo conto della presenza degli eventuali altri servizi interrati lungo il tracciato (sistema idrico, rete di distribuzione del metano, reti TLC etc.). In fase esecutiva, il Soggetto Richiedente prenderà accordi con gli Esercenti di tali servizi al fine di assicurare il rispetto delle prescrizioni della norma CEI 11-17 e del DM 24.11.1984.

La posa dei cavi avverrà per lo più su "strada pubblica" limitando al minimo necessario la posa su "terreni privati", interessati esclusivamente per servitù.

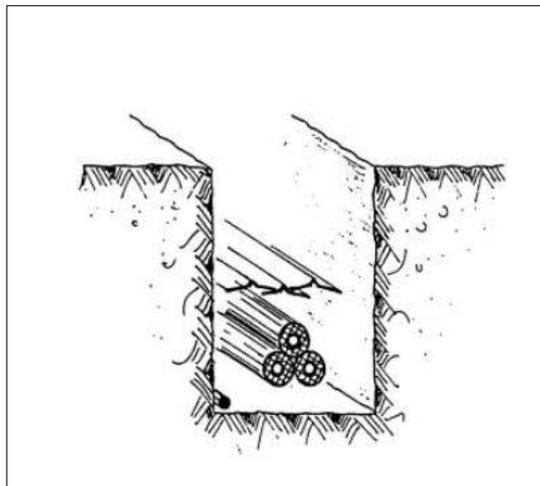


Figura 11: Esempio di posa cavo MT

5.5.2 Caratteristiche delle linee

Le linee elettriche sono state dimensionate in funzione della potenza da trasmettere, assumendo condizioni di posa di seguito indicate:

- profondità di posa pari a 1,2 m;
- resistività termica del terreno pari a 1°C m/W ;
- temperatura di posa pari a 30°C ;

Il dimensionamento è stato eseguito applicando il criterio termico, tenendo conto della potenza da trasmettere, e la sezione scelta è stata verificata con il criterio della l'energia specifica passante (K^2S^2) tollerabile dal conduttore.

La tipologia di cavo scelto per la realizzazione delle linee di media tensione è di seguito riportata.

Tipo di Cavo	RG7H1R 18/30 kV
Conduttore	ARame
Isolante	Mescola di gomma ad alto modulo G7
Tensione Nominale	30 kV
Tensione Isolamento	18/30 kV
Circuito	RST
Temperatura Funzionamento	90 °C
Temperatura Corto Circuito	250 °C
Categoria	A
Profondità di Posa	1.2 m
Distanza Circuiti Adiacenti	7 cm o 25 cm
Tipo di Posa	Direttamente interrato in terra umida
Protezione Meccanica	Elementi rettangolari in materiale composito a matrice di resina
Codice Posa	63
Temperatura Ambiente	30 °C

Lungo lo sviluppo della linea, in media ogni 400/500 m, è prevista la realizzazione di giunti dielettrici di media tensione, di collegamento tra le varie pezzature di cavo.

Essi saranno costituiti da materiali simili o comunque compatibili con quelli del cavo stesso su cui saranno installati, e provvederanno:

- alla connessione dei conduttori di due pezzature di cavo mediante manicotti metallici chiamati connettori;
- all'isolamento del conduttore ed al ripristino dei vari elementi di cavo;
- al mantenimento della continuità elettrica tra eventuali schermi metallici dei cavi;

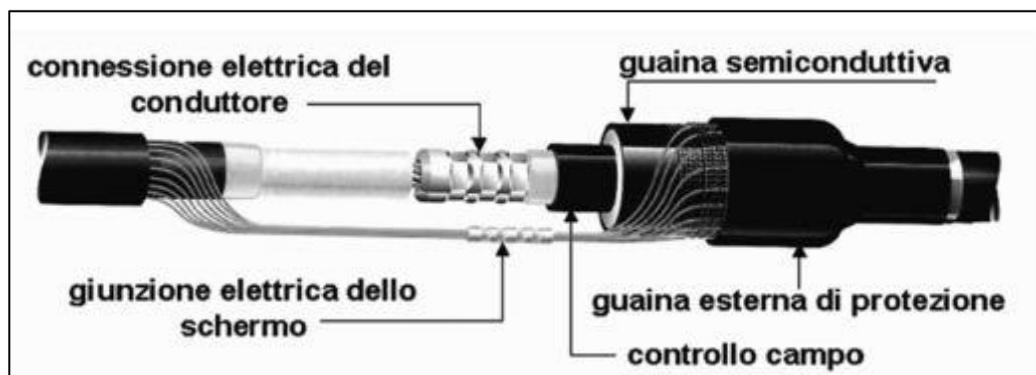


Figura 12: Giunto MT

I terminali, che costituiranno le estremità del cavo, provvederanno:

- alla connessione dei conduttori con le apparecchiature;
- al controllo del campo elettrico;
- alla sigillatura del cavo contro l'eventuale penetrazione di acqua o umidità.

Nello specifico, in questa fase della progettazione, è previsto l'utilizzo di terminali di tipo auto restringente, i quali vengono utilizzati per la connessione dei cavi ad apparecchiature con passanti dedicati sia all'interno che all'esterno.

Nella tabella sottostante si riportano le sezioni previste con le relative cadute di tensione.

DIMENSIONAMENTO LINEE																	
Area	Linea	Tipo di cavo	Numero terne	Lunghezza [m]	Potenza [kW]	Sezione [mm ²]	ΔU_n [%]	ΔU_n Totale [%]	Area	Linea	Tipo di cavo	Numero terne	Lunghezza [m]	Potenza [kW]	Sezione [mm ²]	ΔU_n [%]	ΔU_n Totale [%]
Area 1	Linea CT1_CT2	RG7H1R 18/30 kV	1	706	1470	35	0,09	1,17	Area 8	Linea CT30_CT31	RG7H1R 18/30 kV	1	187	3045	35	0,04	0,31
	Linea CT2_CS1	RG7H1R 18/30 kV	1	129	4620	35	0,05			Linea CT31_CT32	RG7H1R 18/30 kV	1	87	6909	70	0,02	
	Linea CS1_ST	RG7H1R 18/30 kV	1	2520	4620	35	1,03			Linea CT32_CT33	RG7H1R 18/30 kV	1	289	12579	240	0,06	
Area 2	Linea CT3_CT4	RG7H1R 18/30 kV	1	267	4032	70	0,10	0,83	Area 9	Linea CT33_CS8	RG7H1R 18/30 kV	1	44	17304	400	0,01	0,42
	Linea CT4_CS2	RG7H1R 18/30 kV	1	273	6489	70	0,09			Linea CS8_ST	RG7H1R 18/30 kV	1	744	17304	400	0,18	
	Linea CS2_ST	RG7H1R 18/30 kV	1	1963	6489	70	0,64			Linea CT34_CT35	RG7H1R 18/30 kV	1	143	3990	35	0,04	
Area 3	Linea CT5_CT6	RG7H1R 18/30 kV	1	364	2415	35	0,08	0,83	Area 10	Linea CT35_CT36	RG7H1R 18/30 kV	1	122	7224	95	0,03	0,74
	Linea CT6_CS3	RG7H1R 18/30 kV	1	69	7350	95	0,02			Linea CT36_CT37	RG7H1R 18/30 kV	1	118	11004	185	0,03	
	Linea CS3_ST	RG7H1R 18/30 kV	1	2552	7350	95	0,73			Linea CT37_CT38	RG7H1R 18/30 kV	1	64	14784	300	0,02	
Area 4	Linea CT7_CS4	RG7H1R 18/30 kV	1	40	4704	35	0,02	1,16	Area 11	Linea CT38_CT39	RG7H1R 18/30 kV	1	85	18690	500	0,02	1,35
	Linea CS4_ST	RG7H1R 18/30 kV	1	2738	4704	35	1,14			Linea CT39_CT40	RG7H1R 18/30 kV	1	110	22071	630	0,03	
	Linea CT8_CT9	RG7H1R 18/30 kV	1	902	5943	70	0,27			Linea CT40_CT41	RG7H1R 18/30 kV	2	50	25305	240	0,01	
Area 5	Linea CT9_CT10	RG7H1R 18/30 kV	1	143	9891	150	0,04	1,02	Area 12	Linea CT41_CS9	RG7H1R 18/30 kV	2	35	29232	300	0,01	0,19
	Linea CT10_CT11	RG7H1R 18/30 kV	1	494	15225	300	0,14			Linea CT43_CT42	RG7H1R 18/30 kV	1	157	2940	35	0,03	
	Linea CT11_CS5	RG7H1R 18/30 kV	1	28	18648	500	0,01			Linea CT42_CS9	RG7H1R 18/30 kV	1	174	7182	70	0,05	
	Linea CS5_ST	RG7H1R 18/30 kV	1	2027	18648	500	0,56			Linea CS9_ST	RG7H1R 18/30 kV	2	623	36414	500	0,15	
Area 6	Linea CT12_CS6	RG7H1R 18/30 kV	1	306	2163	35	0,06	0,55	Area 11	Linea CT49_CT48	RG7H1R 18/30 kV	1	932	4767	30	0,30	1,35
	Linea CT23_CT22	RG7H1R 18/30 kV	1	107	2961	35	0,03			Linea CT48_CT47	RG7H1R 18/30 kV	1	371	8064	30	0,09	
	Linea CT22_CT21	RG7H1R 18/30 kV	1	160	7140	70	0,06			Linea CT47_CT46	RG7H1R 18/30 kV	1	509	10710	30	0,13	
	Linea CT21_CT20	RG7H1R 18/30 kV	1	65	10500	150	0,02			Linea CT46_CS10	RG7H1R 18/30 kV	1	88	16548	30	0,02	
	Linea CT20_CT19	RG7H1R 18/30 kV	1	127	13818	240	0,04			Linea CS10_ST	RG7H1R 18/30 kV	1	847	16548	30	0,20	
	Linea CT19_CT18	RG7H1R 18/30 kV	1	169	17808	500	0,04			Linea CT50_CT52	RG7H1R 18/30 kV	1	1424	4347	30	0,42	
	Linea CT18_CT17	RG7H1R 18/30 kV	1	193	20895	630	0,06			Linea CT51_CT52	RG7H1R 18/30 kV	1	300	3906	30	0,08	
	Linea CT17_CT16	RG7H1R 18/30 kV	2	85	24423	240	0,02			Linea CT52_CT53	RG7H1R 18/30 kV	1	571	11571	30	0,14	
	Linea CT16_CT15	RG7H1R 18/30 kV	2	109	28014	300	0,03			Linea CT53_CT54	RG7H1R 18/30 kV	1	231	15666	30	0,05	
	Linea CT15_CT14	RG7H1R 18/30 kV	2	81	31374	400	0,02			Linea CT54_CT55	RG7H1R 18/30 kV	1	379	18039	30	0,09	
	Linea CT14_CT13	RG7H1R 18/30 kV	2	78	35595	500	0,02			Linea CT55_CS11	RG7H1R 18/30 kV	1	1215	20979	30	0,31	
	Linea CT13_CS6	RG7H1R 18/30 kV	2	43	40971	630	0,01			Linea CT56_CT57	RG7H1R 18/30 kV	1	289	4032	30	0,08	
	Linea CS6_ST	RG7H1R 18/30 kV	2	467	43134	630	0,14			Linea CT57_CS11	RG7H1R 18/30 kV	1	522	9093	30	0,13	
Area 7	Linea CT29_CT25	RG7H1R 18/30 kV	1	850	3528	35	0,20	0,73	Area 12	Linea CS11_ST	RG7H1R 18/30 kV	1	187	30072	30	0,05	0,19
	Linea CT25_CS7	RG7H1R 18/30 kV	1	82	8421	95	0,02			Linea CT58_CS12	RG7H1R 18/30 kV	1	41	4515	30	0,01	
	Linea CT28_CT27	RG7H1R 18/30 kV	1	136	3822	35	0,04			Linea CS12_ST	RG7H1R 18/30 kV	1	589	4515	30	0,18	
	Linea CT27_CT26	RG7H1R 18/30 kV	1	133	7644	95	0,03										
	Linea CT26_CT24	RG7H1R 18/30 kV	1	698	11172	185	0,16										
	Linea CT24_CS7	RG7H1R 18/30 kV	1	493	15540	300	0,12										
	Linea CS7_ST	RG7H1R 18/30 kV	2	638	23961	185	0,16										

5.6 DIMENSIONAMENTO PROTEZIONI DI CAMPO

Il dispositivo di protezione delle condutture è scelto secondo le norme, quando soddisfa entrambe le condizioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 I_z$$

Queste condizioni non sono indipendenti tra loro, ma legate dal rapporto $\frac{I_N}{I_F}$ variabile con il dispositivo di protezione. Le condizioni per assicurare la protezione contro il sovraccarico sono diverse, secondo che il circuito sia protetto da un interruttore automatico o da un fusibile.

Nel nostro caso tutti i cavi di campo saranno protetti da fusibili e pertanto bisognerà verificare che:

$$I_N < \frac{1,45}{1,6} I_z = 0,9 I_z$$

Per i cavi di stringa saranno utilizzati conduttori 1x4 mm² che, da catalogo, hanno una portata di 55 A a 60 °C. Considerando un fattore di riduzione dovuto alla posa di 0,8 avremo una portata di 44 A. Considerando la corrente di c.c. di una stringa e che un corto circuito su una stringa è alimentato sia dalla stringa affetta da guasto che dalle stringhe afferenti lo stesso inverter, viene scelto un fusibile che ha una corrente nominale di 15 A che risulta opportunamente lontana dalla I_b (corrente d'impiego del sistema).

5.7 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

La protezione contro i contatti indiretti secondo le prescrizioni della norma CEI 11-20 va effettuata come prescritto dalla norma CEI 64.8.

Avendo la separazione galvanica tra l'impianto fotovoltaico e la rete grazie al trasformatore, i due sistemi possono essere gestiti in maniera separata. Il sistema impianto sarà del tipo IT mentre il sistema alimentazione non subirà modifiche rispetto allo stato attuale.

Vista la presenza della separazione galvanica grazie al trasformatore, il campo PV sarà gestito come un sistema IT. Infatti non è consigliabile gestirlo come sistema TT o TN in quanto non è possibile adottare lo schema di protezione contro i contatti indiretti per interruzione dell'alimentazione perché le correnti di guasto, come visto precedentemente, sono limitate e quindi non sufficienti a garantire l'intervento delle protezioni. Si ricorda che i criteri di protezione dei sistemi TT e TN sono

basati sul concetto di rendere più elevate possibili le correnti di guasto per far intervenire in tempi brevi le protezioni che interrompono il circuito.

Per la protezione contro i contatti indiretti la norma CEI 64-8 prevede l'utilizzo di un controllo dell'isolamento che in questo caso è integrato nelle protezioni previste dagli inverter.

Nel sistema oggetto della presente relazione saranno comunque utilizzati tutti componenti di classe II, il che rende improbabile un guasto verso terra.

5.7.1 Impianto di terra

La norma CEI 82-4 prevede, indipendentemente dalla classe di isolamento dei componenti, la messa a terra delle masse metalliche (cornici dei moduli fotovoltaici, struttura di supporto, ecc.), la norma CEI 64 – 8 non consente la messa a terra delle parti metalliche dei componenti elettrici di Classe II. Se quindi tutti i componenti sono dotati di doppio isolamento o rinforzato è vietata la messa a terra delle masse, ed è quello che normalmente si deve fare. I moduli quindi non richiedono collegamento verso terra.

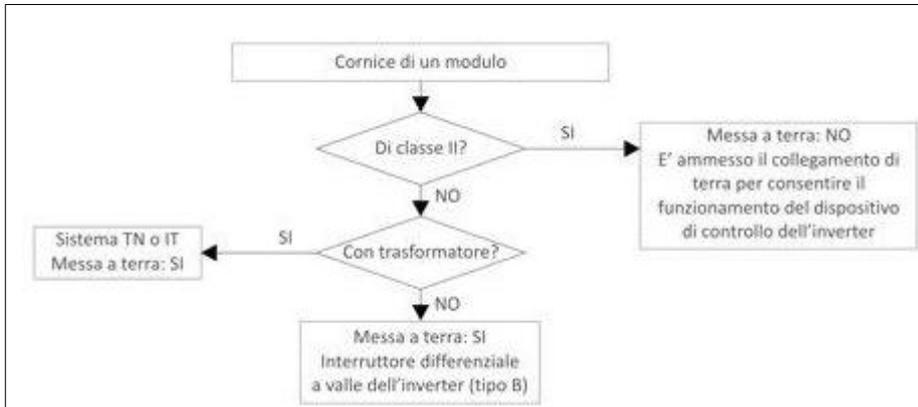


Figura 13: Messa a terra struttura di un impianto FV

Le strutture metalliche a supporto dei pannelli invece sono da collegare a terra, come tutti i supporti, con capicorda e cavo fino al pozzetto.

Non è consigliabile realizzare un impianto di

terra separato, in quanto potrebbe trovarsi a potenziale diverso rispetto a quello dell'impianto elettrico introducendo differenze di potenziale pericolose.

In conclusione, nei sistemi fotovoltaici isolati da terra, il collegamento a terra delle masse poste a monte del trasformatore e la ricerca ed eliminazione del primo guasto a terra servono sia per la sicurezza delle persone, sia per il funzionamento del dispositivo di controllo dell'isolamento, tanto più quanto più è esteso l'impianto.

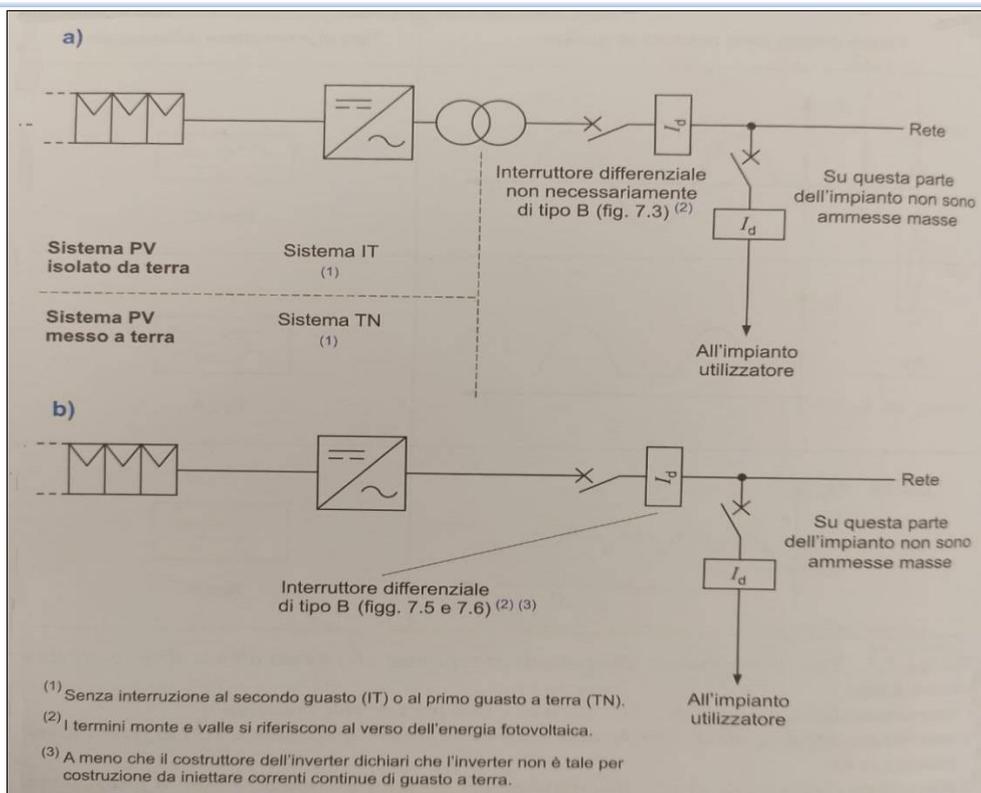


Figura 14: Provvedimenti contro i contatti indiretti per un guasto su una massa nelle diverse zone di un impianto FV

5.8 PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

Le scariche atmosferiche o volgarmente chiamate fulmini, sono fenomeni di scarica violenti che producono in tempi brevissimi correnti d'intensità molto elevate che possono raggiungere e superare i 200 kA.

A causa dell'enorme energia sviluppata nel breve tempo sono eventi che si possono ripercuotere con tutto il loro potenziale distruttivo sui componenti o sugli impianti e nei casi più gravi sulle persone e sugli animali.

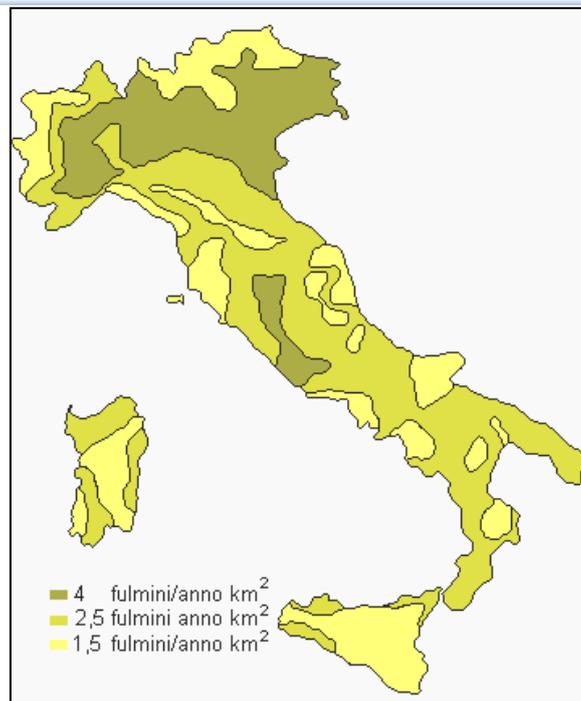


Figura 15: Valori medi di fulminazione per unità di superficie

Per prevenire i rischi dovuti a questi fenomeni di origine naturale, si rende necessario uno studio approfondito e il rilievo dei fulmini a terra per mezzo di strumenti sensibili al campo elettromagnetico prodotto dalla corrente di fulmine.

La necessità della protezione contro il fulmine di un oggetto deve essere valutata al fine di ridurre le perdite dei valori sociali e al fine di valutare se la protezione sia o no necessaria, occorre effettuare la valutazione del rischio secondo la norma CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2).

La protezione contro il fulmine è necessaria se il rischio R (R_1 , R_2 e R_3) è superiore al livello di rischio tollerabile R_T

$$R > R_T$$

In questo caso devono essere adottate misure di protezione al fine di ridurre il rischio R (R_1 , R_2 e R_3) al valore di rischio tollerabile R_T ($R \leq R_T$).

Tipo di rischio	Tipo di perdita	R _T (anni ⁻¹)
R ₁	Perdita di vite umane o danni permanenti	10 ⁻⁵
R ₂	Perdita di servizio pubblico	10 ⁻³
R ₃	Perdita di patrimonio culturale insostituibile	10 ⁻³
R ₄	Perdite economiche	Il valore di tale rischio deve essere assunto dal Committente in considerazione di proprie valutazioni economiche

Figura 16: Valori rischio tollerabile R_T

La struttura da considerare comprende:

- la struttura stessa;
- gli impianti nella struttura;
- il contenuto della struttura;
- le persone nella struttura e quelle nella fascia fino a 3 m all'esterno della struttura;
- l'ambiente circostante interessato da un danno alla struttura.

La protezione non comprende i servizi esterni connessi alla struttura.

Il rischio relativo al fulmine è scomposto dalla norma CEI 81-10 in otto componenti.

Tipo di fulminazione	Componente di rischio	Significato
Diretta della struttura	R _A	Danni a persone o animali per tensioni di contatto e passo alle'esterno della struttura
	R _B	Danni materiali dovuti a incendi ed esplosioni
	R _C	Avarie delle apparecchiature elettriche ed elettroniche
Indiretta della struttura	R _M	Avarie delle apparecchiature elettriche ed elettroniche
Diretta della linea	R _U	Danni a persone o animali per tensioni di contatto e passo alle'esterno della struttura
	R _V	Danni materiali dovuti a incendi ed esplosioni
	R _W	Avarie delle apparecchiature elettriche ed elettroniche
Indiretta della linea	R _Z	Avarie delle apparecchiature elettriche ed elettroniche

	Sorgenti di danno							
	Fulminazione diretta della struttura S1			Fulminazione indiretta della struttura S2	Fulminazione diretta della linea entrante S3			Fulminazione indiretta della linea entrante S4
Componente di rischio	R_A	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
Rischio per tipo di perdita								
R_1	X	X	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾	X	X	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾
R_2	-	X	X	X	-	X	X	X
R_3	-	X	-	-	-	X	-	-
R_4	X ⁽²⁾	X	X	X	X ⁽²⁾	X	X	X

Figura 17: Componenti dei rischi

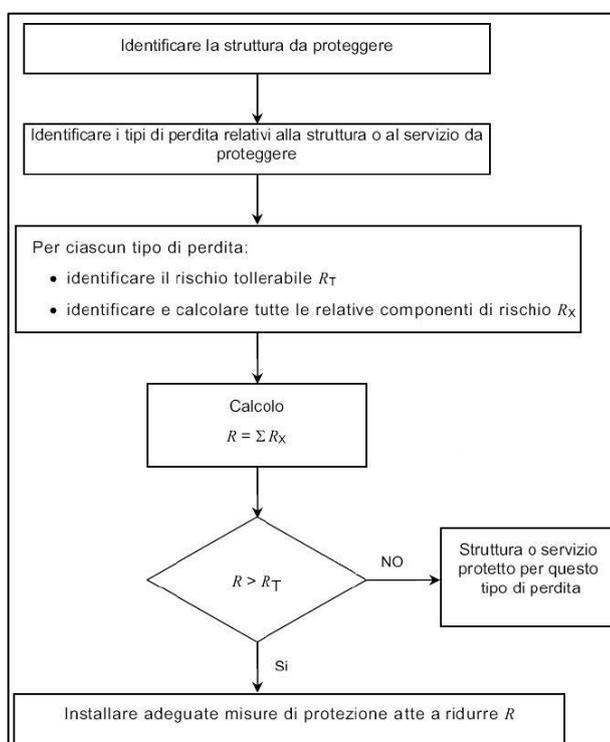


Figura 18: Algoritmo di valutazione per l'installazione di misure di protezione

5.8.1 Impianto fotovoltaico a terra

Nella fulminazione diretta di un impianto FV a terra, il rischio incendio è nullo e l'unico pericolo per le persone è costituito dalle tensioni di contatto.

Quando la resistività superficiale del suolo supera 5 kΩm non occorre adottare alcun provvedimento, poiché le tensioni di contatto sono trascurabili.

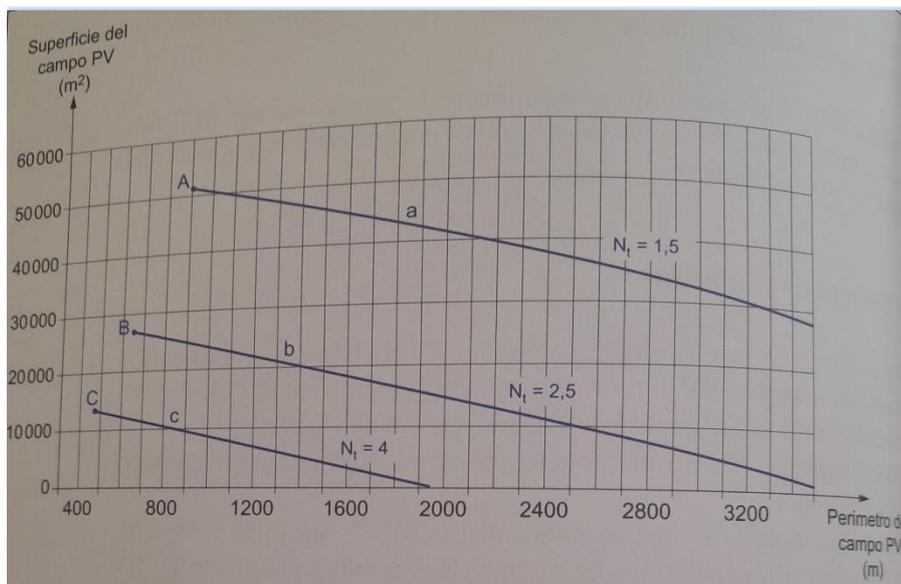


Figura 19: Diagramma S/P dell'impianto FV per la determinazione delle misure di protezione

Le rette a, b, c della figura 13 individuano i valori di superficie, in relazione al perimetro, al di sotto dei quali sicuramente non occorre proteggere il campo FV con l'LPS.

5.9 INTERFERENZE CAVIDOTTI CON OPERE INFRASTRUTTURALI

5.9.1 Le tecnologie no-dig

In alternativa ai metodi di posa tradizionali, nell'ultimo decennio si sono sviluppate e diffuse in misura sempre maggiore le tecniche dette no-dig o trenchless, che consentono di posare nuove condotte e/o tubazioni e di riabilitare o sostituire le condotte esistenti senza ricorrere all'apertura di trincee lungo il tracciato.

Queste nuove tecniche risultano particolarmente vantaggiose in ambiente urbano in quanto riducono drasticamente sia l'inquinamento acustico ed atmosferico che l'impatto sul traffico veicolare e pedonale in corrispondenza ai cantieri e consentono inoltre di contenere o evitare una serie di costi diretti ed indiretti. Tra i primi si eliminano infatti quelli della demolizione e del ripristino della pavimentazione stradale in corrispondenza ai cavi di posa nonché il costo del rifacimento dell'intero manto stradale, la cui integrità viene anticipatamente compromessa dai cedimenti del rinterro che si verificano inevitabilmente dopo pochi anni, mentre tra i costi indiretti vengono evitati quelli legati al maggior tempo di percorrenza ed al maggior consumo di carburante sopportati dagli utenti e, in generale, ai rallentamenti ed alle limitazioni del traffico urbano.

Anche in ambito extra urbano l'impiego delle tecniche no-dig presenta dei vantaggi rispetto alle pose in trincea, sia pure limitatamente a specifiche parti del tracciato, come ad esempio i percorsi

in zone boschive e di elevato valore paesaggistico o gli attraversamenti sotterranei di corsi d'acqua e di rilevati stradali e ferroviari. In alcuni casi queste tecniche costituiscono l'unica possibilità consentita per l'adozione dei tracciati prescelti.

Occorre infine segnalare che, grazie ai continui miglioramenti tecnologici, i costi delle tecniche no-dig stanno progressivamente riducendosi e diventando sempre più competitivi con quelli delle pose tradizionali su cavi a cielo aperto.

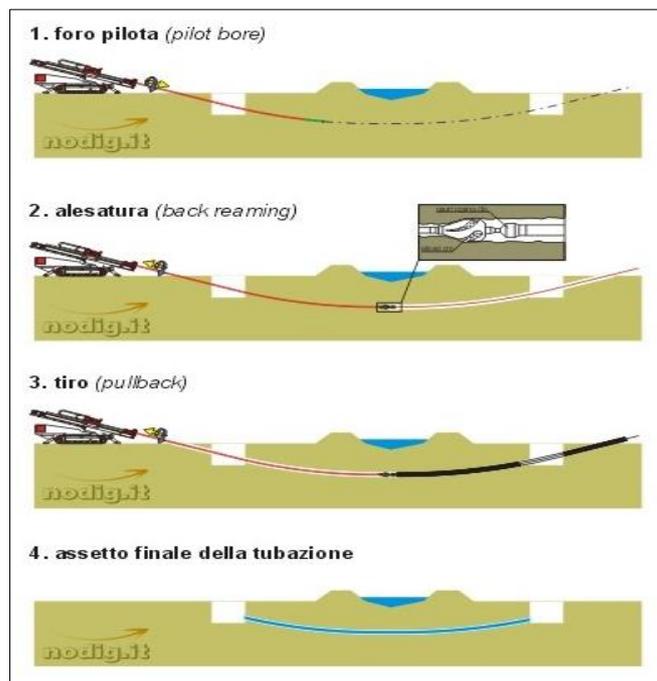


Figura 20: Esempio di tecnologia no-dig: Directional Drilling

5.9.2 Interferenza cavidotto interrato con linee di energia, telecomunicazioni e condutture interrate

Lo scavo per la posa in opera del cavidotto interrato è effettuato con mezzi meccanici ma durante il cammino è inevitabile incontrare ostacoli da risolvere tecnicamente secondo prescrizioni di legge e norme che regolano le interferenze in parallelo e ortogonali agli impianti telefonici, idrici, metanodotti, ferrovie, etc..., esistenti.

5.9.3 Parallelismi e incroci fra cavi elettrici

Nel caso di parallelismo i cavi aventi la stessa tensione nominale, saranno posati alla stessa profondità

utilizzando tubazioni distinte, ad una distanza di circa 3 volte il loro diametro. Tali prescrizioni valgono anche per incroci di cavi aventi uguale o diversa tensione nominale.

Nel caso di incroci, la distanza fra i due cavi non sarà inferiore a 30 cm ed inoltre il cavo posto superiormente

sarà protetto, per una lunghezza non inferiore ad 1 m, mediante un dispositivo di protezione identico a quello previsto per i parallelismi.

5.9.4 Parallelismi e incroci fra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione

Nei parallelismi con cavi di telecomunicazione, i cavi di energia saranno posati alla maggior e possibile distanza, e quando vengono posati lungo la stessa strada si dislocheranno possibilmente ai lati opposti di questa. Ove, per giustificate esigenze tecniche, non sia possibile attuare quanto sopra, i cavi saranno posati in vicinanza, mantenendo fra i due cavi una distanza minima non inferiore a 30 cm.

Qualora detta distanza non possa essere rispettata, verrà applicata sui cavi uno dei seguenti dispositivi di protezione:

- cassetta metallica zincatura a caldo;
- tubazioni in acciaio zincato a caldo;
- tubazione in materiale plastico conforme alle norme CEI.

I predetti dispositivi saranno omessi sul cavo posto alla profondità maggiore quando la differenza di quota tra i due cavi è uguale o superiore a 15 cm.

5.9.5 Parallelismi ed incroci fra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche

La distanza in proiezione orizzontale fra i cavi di energia e le tubazioni metalliche interrato, adibite al trasporto e alla distribuzione dei fluidi (acquedotti, oleodotti e simili), posate parallelamente ai cavi medesimi sarà non inferiore a 30 cm.

Le superfici esterne di cavi di energia interrati non disteranno mai meno di 1 m dalle superfici esterne di serbatoi contenenti liquidi o gas infiammabili.

L'incrocio fra cavi di energia e tubazioni metalliche interrato non verrà effettuato sulla proiezione verticale di giunti non saldati delle tubazioni stesse.

5.9.6 Coesistenza tra cavi di energia e gasdotti

Nel caso di parallelismo e incrocio fra cavi elettrici e tubazioni per il trasporto del gas naturale si applicano, ove non in contrasto con il D.M. 24.11.1984 “Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, distribuzione e l’utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0.8”, le prescrizioni viste al paragrafo precedente.

5.9.7 Interramento di linee aeree

Nel caso di presenza di linee elettriche MT aeree che sovrastano l’impianto fotovoltaico si procederà, previa l’acquisizione di tutte le necessarie autorizzazioni, all’interramento delle stesse.

5.10 SISTEMA DI ALLACCIAMENTO ALLA RETE AT E RELATIVE PROTEZIONI

L’impianto di produzione di energia elettrica da fotovoltaico, oggetto della presente relazione, produrrà energia che sarà totalmente ceduta alla rete elettrica di distribuzione.

L’impianto non potrà mai funzionare in isola e non sono previsti carichi privilegiati alimentati dall’impianto. Pertanto se si manifestano fuori servizio della rete ENEL interverranno le protezioni dell’impianto isolandolo dal sistema AT.

5.11 SISTEMA DI MISURA

Il nuovo impianto fotovoltaico oggetto della presente relazione sarà collegato alla rete elettrica tramite una sottostazione sita nel comune di Montecorvino (SA) a 150 kV.

La misura dell’energia prodotta e immessa in rete dall’impianto sarà effettuata mediante un contatore posto nella sottostazione utente. Tale sistema sarà realizzato con l’utilizzo dei seguenti componenti:

- Contatore di energia avente le seguenti caratteristiche:
 - Classe di precisione: 0,2 per energia attiva, 1 per energia reattiva
 - $I_n = 5 \text{ A}$

-
- Vn = 3x57,7/100 – 3x230/415 V (Large Voltage Range)
 - Fn = 50Hz
 - Display LCD con contenuti parametrizzabili
 - Interfaccia per la lettura locale del contatore e la sua parametrizzazione in accordo con la norma CEI EN 62056-21;
 - I dati memorizzati sono conservati in memorie non volatili
 - Coprimorsetti e calotta sigillabili;
 - Interfaccia comunicazione RS232/RS485 ethernet;
 - Memorizzazione delle curve di carico;
 - Marchio e certificazione MID;
- N° 3 TA di misura cl. 0,2;
 - N° 3 TV di misura cl. 0,2;
 - Morsettiere di controllo per contatori trifase.

Ogni componente sarà munito di certificato di taratura rilasciato da ente autorizzato e riconosciuto dall' Agenzia delle Dogane.

6 SOTTOSTAZIONE ELETTRICA 30/150 kV

L'impianto, come già detto nei paragrafi precedenti, sarà allacciato alla rete elettrica nazionale mediante collegamento in antenna a 150 kV su un nuovo stallo della Stazione Elettrica di Chiaramonte Gulfi (RG). Il punto in cui l'impianto viene collegato alla rete elettrica viene definito normativamente "punto di connessione" ed è il punto in cui termina l'impianto dell'utente ed inizia l'impianto di rete. Nel caso in questione coincide con la stazione elettrica di utenza/trasformazione 30/150 kV. La stazione elettrica di utenza va quindi a formare anche l'interfaccia tra l'impianto di utenza e quello di rete.

La sottostazione di utenza è collegata all'impianto fotovoltaico mediante un cavidotto interrato in MT e consente di innalzare la tensione da 30 kV a 150 kV per il successivo collegamento alla rete elettrica nazionale tramite il nuovo stallo nella SSE di Chiaramonte Gulfi (RG).

Presso la stazione di utenza, verranno installati anche tutti i dispositivi di regolazione e controllo dell'energia immessa sulla rete e anche i sistemi di protezione degli impianti elettrici. L'intero impianto con le apparecchiature installate risponderanno a quanto stabilito dalle Norme CEI generali (11-1) e specifiche.

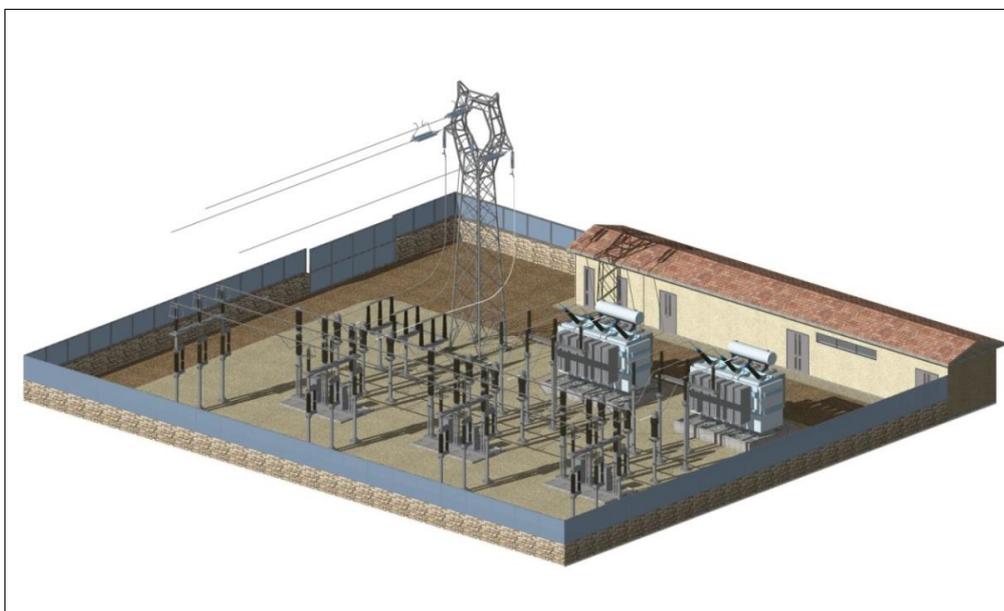


Figura 21: Tipica sottostazione MT/AT

6.1 UBICAZIONE DELL'OPERA

La nuova sottostazione 30/150 kV sarà ubicata nel Comune di Caltagirone (CT) in contrada Pietranera e interesserà un'area di circa 52x70 m che verrà interamente recintata e sarà accessibile tramite un cancello carrabile largo 7.0 m di tipo scorrevole posto in collegamento con viabilità di parco.

Per quanto riguarda i criteri progettuali adottati per la redazione del progetto della sottostazione 30/150 kV si seguiranno le specifiche tecniche emanate dal Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale (Terna S.p.A.) - "Requisiti e caratteristiche di riferimento delle stazioni elettriche della RTN" Rev. 01 del 30.10.06.

Per il dimensionamento della rete di terra, saranno seguite le prescrizioni della Norma CEI 11-1.

6.2 CARATTERISTICHE DELLA PARTE DI POTENZA

La nuova sottostazione sarà composta di una sezione a 150 kV e da tre sezioni a 30 kV.

La sezione a 150 kV sarà del tipo unificato TERNA con isolamento in aria e sarà costituita da:

- n. 1 sistema a semplice sbarra;
- n. 1 stallo primario trasformatore (TR);

I macchinari previsti consistono in:

- n. 3 TR 150/30 kV provvisti di variatore di tensione sotto-carico, con raffreddamento tipo ONAN.

Il montante linea o stallo linea sarà equipaggiato con:

- n. 1 sezionatore di linea tripolare rotativo, orizzontale a tre colonne/fase con terna di lame di messa a terra, completo di comando motorizzato per le lame principali e manuale per le lame di terra;
- n. 1 terna di scaricatori di sovratensione, per esterno a ossido di zinco tipo completi di contascariche;
- n. 1 interruttore tripolare per esterno in SF6 equipaggiato con un comando a molla;
- n. 1 sezionatore di linea tripolare rotativo, verticale;

- n. 1 terna di trasformatori di corrente, unipolari isolati in gas SF6 con tre secondari (misure e protezioni).

Ogni montante trasformatore o stallo TR sarà equipaggiato con:

- n. 1 sezionatore di linea tripolare rotativo, orizzontale a tre colonne/fase con terna di lame di messa a terra, completo di comando motorizzato per le lame principali e manuale per le lame di terra;
- n. 1 interruttore tripolare per esterno in SF6 equipaggiato con un comando a molla;
- n. 1 terna di trasformatori di corrente, unipolari isolati in gas SF6 con quattro secondari (misure e protezioni);
- n. 1 terna di trasformatori di tensione induttivi per esterno, per misure fiscali (classe 0.2);
- n. 1 terna di scaricatori di sovratensione, per esterno a ossido di zinco tipo completi di contascariche;
- n. 1 trasformatore trifase di potenza 150/20(30) kV, 80 MVA, ONAN/ONAF, gruppo vettoriale YNd11, provvisto di commutatore sotto carico lato AT.

La massima altezza delle parti d'impianto sarà di 12 m.

6.3 CARATTERISTICHE DELLE PRINCIPALI APPARECCHIATURE

Le apparecchiature installate, (e tutto l'impianto), saranno corrispondenti alle prescrizioni delle Norme CEI generali (11-1/1999) e specifiche. Le caratteristiche principali sono le seguenti:

Macchinario

Il macchinario principale è costituito da n. 3 trasformatori 150/30 kV le cui caratteristiche principali sono:

- Potenza nominale 80 MVA
- Tensione nominale 15/30 kV
- $V_{cc}\%$ 12%
- Commutatore sotto carico variazione del $\pm 10\% V_n$ con +5 e -5 gradini
- Raffreddamento ONAN/ONAF

-
- Gruppo Ynd11
 - Potenza sonora 95 db (A)

Tensioni nominali (a vuoto)

- AT: 150 kV
- MT: 30 kV
- Regolazione sotto carico su AT: +/-10 x 1.25%

Il trasformatore sarà provvisto dei seguenti accessori:

- valvola di sovrappressione con contatti ausiliari;
- termometro olio con contatti ausiliari;
- indicatore di livello olio con contatti ausiliari;
- n. 2 Silicagel;
- relè Buchholz con contatti ausiliari;
- motoventilatori;
- termostato per controllo motoventilatori;
- pannello di controllo motoventilatori;
- targa con indicazione dati nominali;
- valvole di drenaggio;
- cassetta per morsettiere IP55;
- golfari di sollevamento;
- due terminali di terra.

La cassa del trasformatore sarà rivestita con vernice epossidica poliuretana RAL 7031 di spessore 120 µm.

Apparecchiature sezione AT

Le principali apparecchiature costituenti il nuovo impianto sono interruttori, sezionatori per connessione delle sbarre AT, sezionatori sulla partenza linee con lame di terra, scaricatori di sovratensione a ossido metallico a protezione degli autotrasformatori, trasformatori di tensione e

di corrente per misure e protezioni. Le principali caratteristiche tecniche complessive della stazione saranno le seguenti:

Tensione massima sezione 150 kV	170 kV
Frequenza nominale	50 Hz
Sbarre 150 kV	2000 A
Stallo linea 150 kV	2000 A
Stallo TR 150 kV	2000 A
Potere d'interruzione interruttori 150 kV	31.5 kA
Corrente di breve durata 150 kV	80 kA
Condizioni ambientali limite	-25/+40 °C
Salinità di tenuta superficiale degli isolamenti:	
Elementi 150 kV	56 g/l

13. Sezionatori orizzontali a tensione nominale 132-150 kV con lame di messa a terra	
GRANDEZZE NOMINALI	
Poli (n°)	3
Tensione massima (kV)	145-170
Corrente nominale (A)	2000
Frequenza nominale (Hz)	50
Corrente nominale di breve durata:	
- valore efficace (kA)	40-31.5
- valore di cresta (kA)	100-80
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1
Tensione di prova ad impulso atmosferico:	
- verso massa (kV)	650
- sul sezionamento (kV)	750
Tensione di prova a frequenza di esercizio:	
- verso massa (kV)	275
- sul sezionamento (kV)	315
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:	
- orizzontale longitudinale (N)	800
- orizzontale trasversale (N)	250
- verticale (N)	1000
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15
Prescrizioni aggiuntive per il sezionatore di terra	
- Classe di appartenenza	A o B, secondo CEI EN 61129
- Tensioni e correnti induttive nominali elettromagnetiche ed elettrostatiche (kV, A)	Secondo classe A o B, Tab.1 CEI EN 61129

31. Scaricatori per tensione nominale a 150 kV	
GRANDEZZE NOMINALI	
Tensione di servizio continuo (kV)	108
Frequenza (Hz)	50
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV (kg/m ³)	Da 14 a 56(*)
Massima tensione temporanea per 1s (kV)	158
Tensione residua con impulsi atmosferici di corrente (alla corrente nominale 8/20 μs) (kV)	396
Tensione residua con impulsi di corrente a fronte ripido (10 kA - fronte 1 μs) (kV)	455
Tensione residua con impulsi di corrente di manovra (500 A, 30/60 μs) (kV)	318
Corrente nominale di scarica (kA)	10
Valore di cresta degli impulsi di forte corrente (kA)	100
Classe relativa alla prova di tenuta ad impulsi di lunga durata	3
Valore efficace della corrente elevata per la prova del dispositivo di sicurezza contro le esplosioni (kA)	40

(*)Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati

35. Isolatore passante per esterno a tensione nominale a 150 kV			
Tipo		A condensatore	
Tipo di isolamento		Ved. par.6.1 doc. INEPI01031	
Applicazione		per Autotrasform. RTN (DOC. INEPI01012)	
Frequenza nominale	Hz	50	
Tensione massima di fase terra	kV	170 ⁿ /3	
Tensione di tenuta sotto pioggia e a secco a frequenza di esercizio	kV	325	
Tensione di tenuta a secco ad impulso atmosferico	kV	750	
Prova di tensione nominale di lunga durata indotta (FILD) per l'ATR	kV	Ved. doc. INEPI01013	
Corrente nominale	A	800	1250
Corrente termica nominale di breve durata	Valore efficace della componente simmetrica kA	20	31
	Valore di cresta del primo picco kA	51	80
Durata ammissibile di corrente termica nominale di breve durata	s.	2	
Carico di prova alla flessione(**)	N	4000 (**)	4000 (**)
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV	g/l	Da 14 a 56 (*)	
Temperatura massima olio di immersione dell'ATR	°C	115	
Angolo di montaggio rispetto alla verticale		< 30°	
Temperatura SF6			
Massima	°C	70	
Media giornaliera	°C	40	
Pressione SF6			
Minima	kPa	310	
Massima	kPa	750	

(*)Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati

(**)Valori in base al livello II, Tab.1 Norma CEI EN 60137 (per gli isolatori passanti olio-olio/olio-SF₆ è sufficiente fare riferimento al livello I); il Costruttore dovrà concordare con il proprietario anche i valori di momento flettente da applicare sulla flangia degli isolatori olio-olio/olio-SF₆.

41. Condensatori per batterie a tensione nominale 132 – 150 kV		
Tipo	Statico monofase per esterno	
Classe di temperatura	-25 A	
Frequenza nominale (Hz)	50	
Tensione nominale del condensatore elementare (kV)	A scelta del costruttore	
Potenza del condensatore elementare (kVar)	A scelta del costruttore	
Livello di isolamento del condensatore elementare (*)		
Tensione nominale di tenuta di breve durata a frequenza industriale (kV)	Ved. par. 18 della Norma CEI EN 60871-1	
Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico (kV cresta)	Ved. par. 18 della Norma CEI EN 60871-1	
Livello di isolamento per la batteria completa (*)		
Tensione massima del sistema (kV)	145 kV	170 kV
Tensione nominale di tenuta di breve durata a frequenza industriale (kV)	275	325
Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico (kV cresta)	omissis	omissis
Montaggio	Verticale o orizzontale	
Dielettrico	A scelta del costruttore	
Tangente dell'angolo di perdita tra le armature (dopo stabilizzazione in ambiente a 75°C)	Da concordare tra costruttore e acquirente	
Dispositivo di scarica	Vale quanto indicato al par. 21 della Norma CEI EN 60871-1.	
Tensione di perforazione	Da concordare tra costruttore e acquirente	

(*) Per il livello di isolamento degli isolatori vale quanto indicato al par. 18.2.1. della Norma CEI EN 60871-1.

Apparecchiature sezione MT

Quadro MT

Il quadro di media tensione sarà con involucro metallico, adatto per installazioni all'interno. Gli scomparti delle unità sono fra loro segregati e le parti in tensione sono isolate in aria. Il quadro è altamente modulare, quindi permette di scegliere le unità da affiancare in modo da soddisfare qualsiasi tipo di applicazione. Le unità funzionali del quadro sono garantite a tenuta d'arco interno in conformità alle norme IEC 62271-200. Tutte le operazioni di messa in servizio, manutenzione ed esercizio possono essere eseguite dal fronte. Gli apparecchi di manovra e i sezionatori di terra sono manovrabili dal fronte a porta chiusa.

Il quadro MT a 36 kV sarà costituito da:

- n. 4 celle di partenza per il campo fotovoltaico composte da:
 - sezionatore rotativo a vuoto 36 kV 630 A 20 kA;
 - interruttore motorizzato sottovuoto 36 kV 630 A 20 kA;
 - relè di protezione 50-51-67N-57N;
 - n. 2 TA toroidali 300/5 + n. 1 toroide omopolare;
 - terna di derivatori capacitivi in ingresso;

- barra di terra dim. 25x3 mm sul fronte cella;
- sistema sbarre 30x10 mm, con n. 3 isolatori, per uscita cavi e/o per collegamento su sistema di sbarre;
- n. 1 cella di arrivo da sottostazione composte da:
 - sezionatore rotativo IMS 36kV 630A 20 kA;
 - barra di terra dim. 25x3 mm sul fronte cella;
 - sistema sbarre 30x10 mm, con n. 3 isolatori, per arrivo cavi e/o per collegamento su sistema di sbarre omnibus;
- n. 1 cella protezione trafo SA composta da:
 - sezionatore rotativo a vuoto 36 kV 630 A 20 kA;
 - interruttore motorizzato sottovuoto 36 kV 630 A 20 kA;
 - relè di protezione 50-51-51N;
 - n. 1 TA toroidali 75/5 + n. 1 toroide omopolare;
 - terna di derivatori capacitivi in ingresso;
 - barra di terra dim. 25x3 mm sul fronte cella;
 - sistema sbarre 30x10 mm, con n. 3 isolatori, per uscita cavi e/o per collegamento su sistema di sbarre;
- n. 1 scomparto TV composto da:
 - sezionatore rotativo 24kV 400A 16 kA (1)
 - barra di terra dim. 25x3 mm sul fronte cella
 - sistema sbarre 30x10 mm, con n.3 isolatori, per arrivo cavi e/o per collegamento su sistema di sbarre omnibus;
 - n. 2 TV fase-fase 30/0,1kV;

Nella cabina saranno previsti:

- un vano trafo SA costituito da:
 - trafo 100 kVA ermetico in olio 30/0.4 kV;
- un vano BT costituito da:
 - n. 1 quadro SA, CC e CA con periferica.

Il quadro MT avrà le seguenti caratteristiche elettriche:

- Tipo di Quadro:	IP30
- Tensione nominale:	36 kV
- Tensione di prova a frequenza industriale:	70 kVrms
- Tensione di tenuta a impulso (1.2/50 micro–sec. onda):	170 kV picco
- Tensione di servizio:	36 kV
- Frequenza nominale:	50 Hz
- Corrente nominale delle sbarre principali:	1000 A
- Corrente nominale di breve durata:	20 kA rms
- Durata:	1 s
- Corrente di cresta:	40 kA picco

Apparecchiature sezione BT

Trasformatore MT/BT servizi ausiliari

È prevista la fornitura di un trasformatore MT/BT per i servizi ausiliari con le seguenti caratteristiche:

- Tipo:	MACE 100 kVA
- Metodo di raffreddamento:	ONAN
- Potenza nominale:	100 kVA
- Tensioni nominali (a vuoto):	30 kV – 0.40 kV
- Collegamento fasi:	Triangolo (MT) – Stella (BT)
- Vcc%	6%

Sistema di distribuzione CA/CC

Il sistema di distribuzione sarà da un quadro elettrico composto da:

- carpenteria metallica 800x800x2250 mm;
- raddrizzatore/caricabatterie a due rami con le seguenti caratteristiche:
 - tensione ingresso 230 V;
 - tensione uscita 110 V;
 - stabilità tensione $\pm 1\%$

-
- pannello di distribuzione CA e CC;
 - n. 9 batterie ermetiche di accumulatori al piombo 12 V 40 A/h

Servizi ausiliari

Il quadro servizi ausiliari sarà composto da:

- carpenteria metallica 800x800x2250 mm;
- sistema periferico di controllo;
- interruttori, contattori, strumenti di misura e accessori come da schema elettrico.

Impianto elettrico e di illuminazione

L'impianto elettrico, del tipo sfilabile, è realizzato con cavo unipolare FG7(O)R, con tubo in materiale isolante a vista e consente la connessione di tutti gli apparati necessari per il funzionamento della cabina.

In particolare, si avrà:

- plafoniere stagne 2x36 W equipaggiate con lampade del tipo a basso consumo energetico;
- lampade di emergenza da 18 W tipo SE, autonomia 2 ore;
- prese 10/16 A;
- prese shuko;
- interruttori unipolari da 10 A;
- impianto antintrusione;
- impianto rilevazione incendio

Cavi elettrici

I cavi elettrici MT saranno posati per i collegamenti tra il campo fotovoltaico e le celle MT e per il trasformatore ausiliario.

Le caratteristiche del cavo unipolare saranno le seguenti:

- tipo RG7H1R 18/30 KV;
- sezioni adeguate ai carichi;
- conduttore in corda di fili di rame;

- isolamento in EPR oppure XLPE;
- schermo semiconduttore sulla superficie esterna dell'isolante;
- schermo metallico in fili di rame;
- guaina protettiva esterna in PVC.

I terminali cavo proposti saranno del tipo autorestringente/termorestringente (quadro MT e trasformatori di distribuzione S.A.), di tipo sconnettibile ove necessario.

I cavi BT saranno di tipo unipolare e multipolari, non propaganti l'incendio secondo CEI 20-22-II, con corda flessibile in rame, del tipo FG7 o N07V-K. Le sezioni considerate sono:

- sezione minima 1,5 mm² per linea luci e segnali;
- sezioni cavi linea potenza 2,5 mm².

I cavi di comando e controllo saranno schermati. I cavi per i cablaggi elettrici dei quadri e per i servizi generali (luce, f.m. ecc.) posati in tubo PVC, saranno costituiti da conduttori flessibili in rame isolati in PVC, non propaganti l'incendio secondo CEI 20-22 II, tipo N07V-K 450/750 V.

6.4 SISTEMA DI PROTEZIONE, MONITORAGGIO, COMANDO E CONTROLLO

La sottostazione può essere controllata da: un sistema locale di controllo in sala quadri e un sistema di telecontrollo da una o più postazioni remote.

I sistemi di controllo (comando e segnalazione), protezione e misura sono collegati con cavi tradizionali multifilari alle apparecchiature di alta tensione dello stallo e con cavi a fibre ottiche alla sala quadri centralizzata. Essi hanno la funzione di provvedere al comando, al rilevamento segnali e misure e alla protezione dello stallo, agli interblocchi tra le apparecchiature di stallo e tra queste e apparecchiature di altri stalli, all'elaborazione dei comandi in arrivo dalla sala quadri e a quella dei segnali e misure da inoltrare alla stessa, alle previste funzioni di automazione dello stallo, all'oscilloperturbografia di stallo e all'acquisizione dei dati da inoltrare al registratore cronologico di eventi.

I sistemi di controllo (comando e segnalazione), protezione e misura centralizzati, installati nell'edificio centrale, sono interconnessi tra loro con cavi a fibre ottiche e hanno la funzione di

connettere l'impianto con i sistemi remoti di telecontrollo, di provvedere al controllo e all'automazione a livello d'impianto di tutta la sottostazione, alla restituzione dell'oscilloperturbografia e alla registrazione cronologica degli eventi.

Dalla sala quadri centralizzata è possibile il controllo della sottostazione quando venga a mancare il sistema di teletrasmissione o quando questo è messo fuori servizio per manutenzione.

In sala quadri la situazione dell'impianto (posizione degli organi di manovra) le misure e le segnalazioni sono rese disponibili su un display video dal quale, con adeguata interfaccia uomo-macchina è altresì possibile effettuare le manovre di esercizio.

6.5 OPERE CIVILI

I movimenti di terra per la realizzazione della nuova sottostazione consisteranno nei lavori civili di preparazione del terreno e negli scavi necessari alla realizzazione delle opere di fondazione (edifici, portali, fondazioni macchinario e apparecchiature, torri faro, etc...). La stazione in oggetto si svilupperà su un unico livello pressoché pianeggiante senza dislivello eccessivo.

L'area di cantiere in questo tipo di progetto sarà costituita essenzialmente dall'area su cui insisterà l'impianto.

I lavori civili di preparazione, in funzione delle caratteristiche planoaltimetriche e fisico/meccaniche del terreno, consisteranno in un eventuale sbancamento/riporto al fine di ottenere un piano a circa 600÷800 mm rispetto alla quota del piazzale di stazione, ovvero in uno scortico superficiale di circa 40 cm con scavi a sezione obbligata per le fondazioni; il criterio di gestione del materiale scavato prevede il suo deposito temporaneo presso l'area di cantiere e successivamente il suo utilizzo per il riempimento degli scavi e per il livellamento del terreno alla quota finale di progetto, previo accertamento, durante la fase esecutiva, dell'idoneità di detto materiale per il riutilizzo in sito.

In caso i campionamenti eseguiti forniscano un esito negativo, il materiale scavato sarà destinato a idonea discarica, con le modalità previste dalla normativa vigente e il riempimento verrà effettuato con materiale inerte d'idonee caratteristiche.

Le aree sottostanti le apparecchiature di AT saranno sistemate con pietrisco, mentre le strade e i piazzali di servizio saranno pavimentati con binder e tappetino di usura in conglomerato bituminoso.

Le fondazioni delle apparecchiature di AT saranno in conglomerato cementizio armato e adeguate alle sollecitazioni previste (peso, vento, corto circuito).

La raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche, sarà realizzato un sistema di drenaggio superficiale che convoglierà la totalità delle acque raccolte in una vasca di prima pioggia con disoleatore per essere successivamente conferite a un corpo ricettore compatibile con la normativa in materia di tutela delle acque. Il sistema di drenaggio includerà:

- pozzetti in c.a.p. con caditoia in ghisa, 60x60xh200 cm, per carichi pesanti;

Le acque di scarico dei servizi igienici saranno raccolte in un apposito serbatoio a svuotamento periodico di adeguate caratteristiche.

Per l'ingresso alla sottostazione, sarà previsto un cancello carrabile largo 7.0 metri, la recinzione perimetrale sarà costituita da manufatti prefabbricati in cls, di tipologia aperto/chiuso.

L'impianto di distribuzione forza motrice esterno sarà realizzato nell'area della sottostazione e sarà costituito da:

- prese interbloccate 2x16A+N+T – 3x32A+N+T – 2x10A+T;
- qb tubazioni PVC/acciaio zincato serie pesante tipo conduit UNI 3824 per la protezione meccanica dei cavi di collegamento;
- qb cassette di derivazione in PVC dimensioni 150x150mm;
- qb fileria antifiamma N07VK 450/750 V sezione 10/16 mm², da posare all'interno delle tubazioni s.d., per il collegamento delle armature al rispettivo quadro ausiliario.

L'illuminazione della stazione sarà realizzata con pali alti 12 m con armatura stradale di classe II esecuzione stagna IP65 complete di lampade agli ioduri metallici da 400 W.

Sarà previsto un impianto d'illuminazione di emergenza realizzato con armature fluorescenti stagne AD-FT, con lampade da 20 W, reattore elettronico, montate a soffitto, alimentate da inverter. Per evitare di scaricare la batteria in assenza del personale della manutenzione, l'illuminazione di emergenza sarà inserita manualmente.

I locali di quadri controllo, supervisione e misure saranno provvisti di un impianto di riscaldamento tramite ventilconvettori di potenza 1000–1500 W, 230 V, con termostato ambiente.

L'edificio sarà munito di un impianto di rilevazione e segnalazione incendi messo in opera sia nei cunicoli cavi all'interno dell'edificio che all'interno dell'edificio stesso e sarà costituito da:

- n. 1 centrale convenzionale a zone comprensiva di accumulatori da 12 V 7Ah, tastiera a membrana con tasti funzione, relè di uscita per invio segnale al sistema di controllo;
- n. qb. rivelatori ottici di fumo analogici completi di base di fissaggio;
- n. qb. rivelatori termovelocimetri analogici completi di base di fissaggio;
- n. qb. pulsanti manuali a rottura di vetro completi di modulo d'indirizzo;
- n. qb. pannelli ottico acustici completi di scritta intercambiabile, in versione IP54;
- cavi antifiamma twistati schermati 2x1.5 mm².

Le porte di accesso all'edificio quadri di sottostazione saranno dotate di contatto di allarme per segnalare l'avvenuta apertura. I contatti saranno collegati a una centralina a microprocessore.

6.6 COLLEGAMENTO ALLA STAZIONE RTN

Il collegamento alla stazione RTN da realizzarsi sulla SE esistente 380/220/150 kV di Chiaramonte Gulfi (RG), permetterà di convogliare l'energia prodotta dal parco fotovoltaico alla rete ad alta tensione. A tal fine, l'energia prodotta alla tensione di 30 kV, dall'impianto fotovoltaico sarà inviata allo stallo di trasformazione della stazione di Utenza 30/150 KV ubicata nell'area dell'impianto. Qui verrà trasferita, previo innalzamento della tensione a 150 kV tramite trasformatore 30/150 kV, alle sbarre della sezione 150 kV della stazione di Rete della RTN mediante un collegamento in cavo AT interrato tra i terminali cavo della stazione d'utenza e i terminali cavo del relativo stallo in stazione di rete.

6.6.1 Cavidotto interrato AT

Il collegamento dovrà essere in grado di trasportare la potenza massima dell'impianto. Se si considera una potenza massima di 222.26 MW, si ha:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos\varphi} = \frac{222.26 * 10^6}{\sqrt{3} * 1500000 * 0.95} = 900.5 A$$

Dalla tabella dei cavi, per un cavo di sezione pari a 1000 mm² e per le condizioni standard da

XDRCU-ALT Single-core Cable 220/127 (245) kV 220/127 kV

with Copper wire screen and Aluminium laminated sheath

Construction

- Aluminium conductor, round stranded or segmented, optionally with longitudinal water barrier
- Inner semi-conductive layer firmly bonded to the XLPE insulation
- XLPE main insulation, cross-linked
- Outer semi-conductive layer firmly bonded to the XLPE insulation
- Copper wire screen with semi-conductive swelling tapes above and below as longitudinal water barrier
- Aluminium foil, overlapped and glued as radial diffusion barrier bonded to the oversheath
- Thermoplastic oversheath as mechanical protection, optionally with semi-conductive and/or flame-retardant layer

Remarks

The inner semi-conductive layer, the XLPE main insulation and the outer semi-conductive layer are extruded in a single operation applying a dry curing and a water or nitrogen cooling method.

Features

- Very low weight
- Low losses
- Low cost
- Internationally proven design
- Suitable for most applications

Standards

IEC 62067
IEEA S-108-720
AEC CS9-06



Technical data

Conductor cross-section	Outer diameter (approx.)	Cable weight (approx.)	AC resistance	AC resistance	Reactance	Reactance	Capacitance	Min. bending radius	Max. pulling force
mm ²	mm	kg/m	mΩ/km	mΩ/km	mΩ/km	mΩ/km	μF/km	mm	kN
400	97	10	101.0	101.0	147	232	0.126	2000	12
500	97	10	78.9	78.7	141	227	0.136	2000	15
630	98	10	62.0	61.5	132	217	0.158	2000	19
800	101	11	49.5	48.8	126	209	0.173	2100	24
1000	103	12	40.5	39.5	121	203	0.190	2100	30
1200	106	13	35.5	34.3	117	197	0.208	2200	36
1400	111	14	27.6	27.5	111	188	0.238	2300	42
1600	115	15	24.4	24.2	110	185	0.248	2300	48
2000	119	16	19.8	19.5	107	180	0.263	2400	60
2500	126	18	17.1	16.8	104	173	0.285	2600	75

Capacity

Installation Amb. temp. Soil resist. Load factor Cross-section mm ²	20 °C 1.0 Km/W		0.7		35 °C in air	
	A	A	A	A	A	A
400	531	581	629	674	645	706
500	606	665	720	774	743	819
630	694	767	831	900	871	939
800	785	873	945	1030	1003	1125
1000	876	982	1060	1165	1139	1290
1200	944	1065	1148	1270	1246	1423
1400	1079	1207	1303	1449	1459	1656
1600	1153	1293	1412	1555	1571	1790
2000	1283	1450	1577	1751	1776	2040
2500	1389	1579	1719	1919	1962	2275

Figura 22: Data Sheet cavo AT

catalogo, considerando la posa in piano, otteniamo un valore di corrente massimo pari a 982 A. Correggendo i valori della portata con le condizioni di posa, si ottiene un valore di I_z di 933 A, da cui si evince che la sezione selezionata è adeguata al trasporto della potenza richiesta.

La linea elettrica sarà costituita da una terna di cavi in alluminio con sezione 1x1000 mm² (diametro esterno cavo 103 mm), ad isolamento solido in polietilene reticolato (XLPE), con una portata nominale 982 A (@ 20°C, posa in piano), i quali saranno posati in tratte con lunghezze analoghe. Il collegamento delle guaine- schermo sarà del tipo “Single Point

Bonding”, mediante la posa di un cavo unipolare in rame (insieme alla terna di cavi unipolari AT) della sezione nominale di 400 mm² per il collegamento in parallelo delle terre dei terminali al fine di evitare pericolosi valori di tensione di passo e di contatto.

La posa sarà effettuata con la disposizione “in piano” principalmente sul fondo di una trincea scavata ad una profondità di 150 cm.

I cavi saranno terminati nelle sottostazioni di partenza/arrivo con terminali montati su apposite strutture di sostegno (una per ciascun cavo).

Le dimensioni nominali della trincea di posa per semplice terna saranno di 90 cm di larghezza per 150 cm (minimo) di profondità. Nei tratti in trincea il cavo sarà posato con disposizione in piano, su di un letto di posa dello spessore di 10 cm costituito da sabbia o cemento; il tutto sarà poi ricoperto da un ulteriore strato dello spessore di 50 cm di cemento magro.

Verrà inoltre posata, a quota di 20 cm al di sopra del bauletto in cemento, una rete di segnalazione in materiale plastico di colore rosso-arancio con applicato sulla faccia superiore un nastro con la scritta “CAVI a 150.000 Volt” (o equivalente).

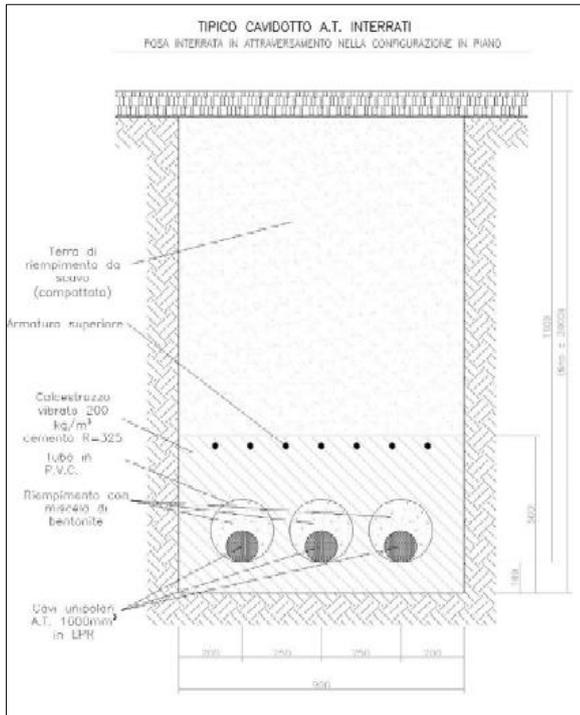


Figura 23: Posa tipo cavo AT

Laddove necessario verrà inoltre posata una palina con targa monitoria, piantata sul terreno a margine del tracciato del cavidotto.

Gli scavi verranno reinterrati con inerti di caratteristiche adeguate; per i tratti asfaltati dovrà essere ricostruito il sottofondo pre-bitumato per uno spessore di 30 cm ed un tappeto d'usura per uno spessore minimo di 3 cm.

In corrispondenza degli attraversamenti stradali la posa sarà effettuata in tubo. Tale operazione potrà avvenire con il sistema spingi tubo tradizionale. In casi particolari potrà essere utilizzato il sistema di perforazione teleguidata, consistente nell'esecuzione di un foro di attraversamento nel

quale verranno infilati tubi in PVC a protezione di ogni cavo componente la terna.

I cavi in progetto, con isolamento in XLPE e conduttore in alluminio sono formati secondo il seguente schema costruttivo (tabella tecnica TERNA UX LK101):

- conduttore a corda rigida rotonda, compatta e tamponata di alluminio;
- schermo semiconduttore;
- isolante costituito da uno strato di polietilene reticolato estruso insieme ai due strati semiconduttivi;
- schermo semiconduttore;
- dispositivo di tamponamento longitudinale dell'acqua;
- schermo metallico, in piombo o alluminio, o a fili di rame ricotto o a fili di alluminio non stagnati opportunamente tamponati, o in una loro combinazione e deve contribuire ad assicurare la protezione meccanica del cavo, assicurare la tenuta ermetica radiale, consentire il passaggio delle correnti di corto circuito;

-
- rivestimento protettivo esterno costituito da un a guaina di PE nera grafitata.

7 VERIFICHE DI COLLAUDO

L' impianto fotovoltaico e relativi componenti saranno realizzati nel rispetto delle norme tecniche richiamate di settore. Le verifiche di collaudo e le prove di collaudo dell'impianto saranno in parte effettuate durante l'esecuzione dei lavori, in parte appena ultimato l'impianto. La verifica tecnico-funzionale dell'impianto consiste nell'effettuare i controlli elencati nella tabella seguente:

	Controllo
Disposizione componenti Strutture di sostegno	Disposizione componenti come riportate nel progetto esecutivo Serraggio delle connessioni bullonate integrità della geometria Stato della zincatura sui profili in acciaio
Generatore fotovoltaico	Integrità della superficie captante dei moduli Controllo di un campione di cassette di terminazione Uniformità di tensioni, correnti e resistenza di isolamento delle stringhe fotovoltaiche Efficacia dei diodi di blocco
Prova di sfilamento dei cablaggi in ingresso ed in uscita Quadro/i elettrici	Integrità dell'armadio
Rete di terra	Continuità dell'impianto di terra Verifica, attraverso la battitura dei cavi, la correttezza della polarità e marcatura secondo gli schemi elettrici di progetto
Prove funzionali	Corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza e nelle varie modalità previste dal convertitore c.c/c.a.
Prove di prestazione elettrica del Sistema	Prestazione in corrente continua

Le verifiche di cui sopra saranno eseguite da un tecnico abilitato. Con questi controlli si garantisce che il rendimento della sezione in continua sia maggiore dell'85%, quello della sezione di conversione sia maggiore del 90%.