



REGIONE BASILICATA



COMUNE DI ANZI



COMUNE DI LAURENZANA



PROVINCIA DI POTENZA

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto fotovoltaico nel Comune di Anzi (PZ) e con opere di connessione nel Comune di Laurenzana(PZ)



Proponente



Audax Solar SPV Italia 6 s.r.l.

Via Giovanni Boccaccio, 7
cap 20123 Milano (MI)
mail:audaxitalia6@legalmail.it

Progettazione



Viale P. Fiore, 124/N
70038 Terlizzi (BA)
TEL.080 9141076
mail: tecnico@ingesis.it

Ing. Michele de Vanna

Elaborato

Nome Elaborato:

Relazione tecnica impianto fotovoltaico

00	Gennaio 2022	PRIMA EMISSIONE	INGESIS s.r.l.	INGESIS s.r.l.	INGESIS s.r.l.
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione
Scala:	-				
Formato:	A4	Codice Pratica	S259	Codice Elaborato	A.5

INDICE

1. OGGETTO	2
2. DATI DI CARATTERE GENERALE	2
2.1. Descrizione dell'impianto fotovoltaico	2
2.2. Dati significativi dell'impianto fotovoltaico	2
2.3. Dispositivi di Sicurezza	3
2.4. Radiazione solare e analisi delle ombre	3
2.5. Specifiche dell'impianto	4
2.6. Producibilità totale calcolata	4
3. ELEMENTI COSTITUTIVI DELL'IMPIANTO E SPECIFICHE TECNICHE	6
3.1. Moduli fotovoltaici	6
3.2. Gruppo di Conversione	6
3.3. Cavi e cadute di tensione	7
3.4. Strutture di sostegno	7
4. CABINA MT/BT	8
4.1. Trasformatore elevatore	8
4.2. Quadri di media tensione	8
5. SICUREZZA ELETTRICA	10
5.1. Misure di protezione dai contatti diretti	10
5.2. Misure di protezione dai contatti indiretti	10
5.3. Impianto di terra	12
5.4. Misure di protezione contro gli effetti delle scariche atmosferiche	12
6. CRITERI DI SCELTA DEI CAVI E DEI SISTEMI DI PROTEZIONE	13
6.1. Dimensionamento delle linee e caduta di tensione	13
6.2. Scelta delle protezioni	14
6.3. Quadri elettrici BT	16
7. CANALIZZAZIONI	17
7.1. Criteri generali	17
7.2. Linee MT	17
7.3. Linee BT	17
7.4. Conduttori di protezione	18
8. IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI A SERVIZIO DEL CAMPO FOTOVOLTAICO ...	19
8.1. Impianto illuminazione	19
8.2. Impianti di sicurezza antintrusione	19
8.3. Impianto TVCC	19
8.4. Sistema di monitoraggio delle prestazioni	20
9. APPENDICE A – Normativa tecnica di riferimento	21

1. OGGETTO

Oggetto della presente relazione è quello di fornire una descrizione tecnica dell'impianto fotovoltaico e degli impianti elettrici e speciali a servizio dello stesso, realizzati in Contrada Piano Ancarola, comune di Anzi (PZ).

2. DATI DI CARATTERE GENERALE

2.1. Descrizione dell'impianto fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico in oggetto, del tipo "grid-connected", sarà allacciato alla rete nazionale di Terna in modalità "trifase in Alta Tensione", secondo i criteri previsti dal D.M. 06 agosto 2010 e ss.mm.ii.; inoltre saranno seguite tutte le indicazioni relative ai criteri di allacciamento di impianti di produzione alla rete AT di Terna, previste dalla normativa di riferimento.

L'impianto, costituito da un'unica sezione (come definita dall' art.5.4 - Delibera n.90/07 e successive), con potenza installata di 19998,16 [kWp].

2.2. Dati significativi dell'impianto fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico in oggetto, realizzato in area aperta, non presenta in nessun periodo dell'anno problemi di ombreggiamento dovuti alla presenza di ostacoli, per un angolo solido che abbraccia tutto l'impianto.

Esso verrà realizzato su strutture di sostegno fisse orientate a Sud e tilt di 30°.

Si è considerato un fattore di riduzione delle ombre pari a 0,95, garantendo in tal modo, che le perdite di energia derivanti da fenomeni di ombreggiamento non siano superiori al 5% su base annua.

Nelle tabelle seguenti, si riportano rispettivamente i dati del committente e quelli relativi al posizionamento ed alla tipologia dell'impianto, utili per la stima di producibilità:

Committente:	AUDAX SOLAR SPV ITALIA 6 s.r.l.
Indirizzo:	Via Giovanni Boccaccio Croce, 7 – 20123 Milano (MI)
P. IVA:	11200560966

Coordinate impianto:	40.492Nord - 15.878Est
Destinazione d'uso dell'immobile:	Terreno agricolo
Indirizzo:	Foglio 46 – Particelle 51 – 53 – 54 – 59 – 60 – 65 – 67 – 68 – 69 – 70 – 71 – 72 – 73 – 74 – 75 – 76 – 77 – 78 – 79 – 80 – 81 – 82 – 83 – 84 – 85 – 87 – 88 – 89 – 90 – 91 – 92 – 93
	Foglio 52 – Particelle 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9
Comune:	Anzi (PZ)

Tipologia del generatore FV:	Impianto su struttura fissa
Azimuth del generatore FV:	0°
Tilt del generatore FV:	30°
Fattore di albedo:	Erba secca
Fattore di riduzione delle ombre:	0,95

2.3. Dispositivi di Sicurezza

Per quanto attiene la cartellonistica, sulle porte di accesso al vano trafo sarà presente la cartellonistica richiamata dalla attuale normativa.

Per quel che concerne la sicurezza antincendio sarà presente in locale ausiliari un estintore a polvere, debitamente segnalato. Sarà presente nella stessa sede la cartellonistica inerente il primo soccorso per l'infortunato da elettrocuzione.

Laddove presenti barriere per limitare il contatto diretto delle parti in tensione (e.g. pannelli amovibili con utensili in prossimità degli interruttori, morsettiere UPS protette da calotte) saranno apposte segnaletiche per l'indicazione di pericolo di folgorazione.

2.4. Radiazione solare e analisi delle ombre

La disponibilità della fonte solare per il sito di installazione è verificata utilizzando i dati secondo il PVGIS relativi a valori giornalieri medi mensili della irradiazione solare sul piano orizzontale.

Per la località sede dell'intervento, ovvero il comune di Anzi (PZ) avente latitudine 40.492 Nord - 15.878 Est e altitudine di 1060 [m] s.l.m., i valori giornalieri medi mensili della irradiazione solare su un sistema fotovoltaico orientato a sud con tilt di 30° sono:

Mese	Radiazione diretta giornaliera [kWh/m ²]	Radiazione diretta mensile [kWh/m ²]
Gennaio	2,61	80,83
Febbraio	3,15	88,31
Marzo	4,35	134,74
Aprile	5,54	166,05
Maggio	5,87	181,83
Giugno	6,56	196,86
Luglio	6,90	213,97
Agosto	6,73	208,64
Settembre	5,01	150,3
Ottobre	4,05	125,48
Novembre	3,05	91,64
Dicembre	2,51	77,69
Totale		1716,34

2.5. Specifiche dell'impianto

L'impianto fotovoltaico in oggetto sarà stato realizzato secondo le seguenti specifiche:

Potenza nominale del generatore FV	19998,16 [kWp]
Numero moduli	29848
Numero di stringhe	1066
Numero moduli per stringa	28
Inverter(Numero di inverter)	SUN2000-215KTL-H0 (85)

2.6. Producibilità totale calcolata

Al fine di determinare l'irraggiamento solare su moduli aventi valore di azimut pari a 0° e tilt pari a 30° rispetto all'orizzonte, si è considerato come fattore di albedo erba secca. Il valore così calcolato (fonte PVGIS-CMSAF) è pari a 1716,35 [kWh/m²].

La potenza alle condizioni standard STC (irraggiamento dei moduli di 1000 [W/m²] a 25 °C di temperatura) risulta essere:

$$P_{STC} = P_{MODULO} \times N_{MODULI} = 670 \times 29848 = 19998160 [Wp]$$

Considerando un'efficienza del B.O.S. (balance of system) del 90% che tiene conto delle perdite dovute a diversi fattori quali maggiori temperature, superfici dei moduli polverose, differenze di rendimento tra i moduli, perdite dovute al sistema di conversione, e considerata la potenza sul lato AC a 20° C (75,26%) sarà uguale a:

$$P_{CA} = P_{STC} \times 90\% \times 75,26\% = 13545000 [Wp]$$

3. ELEMENTI COSTITUTIVI DELL'IMPIANTO E SPECIFICHE TECNICHE

3.1. Moduli fotovoltaici

Per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto, sono stati utilizzati moduli di marca "Trina Solar", modello "TSM-DE21", le cui caratteristiche tecniche principali sono riportate nella tabella seguente:

Potenza nominale:	670 [Wp]
Celle:	Silicio monocristallino
Tensione circuito aperto VOC:	46,01 [V]
Corrente di corto circuito ISC:	18,62 [A]
Tensione VMPPT:	38,2 [V]
Corrente IMPPT:	17,55 [A]
Grado di efficienza:	21,6 %
Dimensioni:	2384 x 1303 x 35 [mm]

3.2. Gruppo di Conversione

Il gruppo di conversione utilizzato nell'impianto fotovoltaico sarà costituito da:

N. 18 inverter "HUAWEI - SUN2000-215KTL-H0";

Nelle tabelle seguenti si riportano le caratteristiche tecniche principali degli inverter utilizzati:

HUAWEI – SUN2000-215KTL-H0	
Tensione max di sistema	1500 [V]
Tensioni MPPT	500-1500 [V]
Numero di ingressi	18
Numero di MPPT indipendenti	9
Corrente massima di uscita a 40°C	144,4 [A]
Efficienza massima	99,00 [%]
Peso	86 [kg]

Gli inverter sono stati installati all'esterno, sostenuti dalla struttura metallica dei moduli, inoltre, sono provvisti di sezionatori, protezioni fusibilate e scaricatori sul lato c.c., mentre sul lato AC sono previsti nei Quadri Generali di Bassa Tensione interruttori magnetotermici differenziali e sezionatore generale di quadro.

3.3. Cavi e cadute di tensione

La massima caduta di tensione in corrente continua, è data da strutture distanti 150 [m] dall'inverter, e quindi utilizzando cavi FG16OM16 in rame di sezione pari a 6 [mm²] risulta essere inferiore a 0,75 %. Il cablaggio nell'inverter prevede l'utilizzo di tutti i 9 MPPT presenti, e data la presenza di 18 ingressi, alcuni ingressi andranno in parallelo.

Per la parte in BT in corrente alternata, in particolare i cavi di collegamento tra inverter e Quadro Generale di Bassa Tensione (QGBT) saranno ARG7R di sezione variabile compresa tra 70 [mm²] e 185 [mm²].

3.4. Strutture di sostegno

Le strutture di sostegno dei moduli sono composte da un strutture in acciaio zincato, con strutture di sostegno dei moduli che permettano l'inclinazione di 30° rispetto all'orizzonte.

L'utilizzo di questi tipi di strutture di sostegno consente di disporre al meglio i moduli fotovoltaici nei confronti dell'irraggiamento solare, scegliendo quindi l'inclinazione e l'orientamento più opportuni.

Ciascuna struttura sarà composta da 2 file sovrapposte (configurazione portrait) di 14 moduli. Interconnettendo tutti i moduli di ciascuna struttura si ottiene una stringa completa.

4. CABINA MT/BT

4.1. Trasformatore elevatore

Il trasformatore elevatore serve a portare il livello di tensione da quello all'uscita del gruppo di conversione a quello proprio della rete MT di utenza a 36 [kV]; realizzato in resina, a perdite ridotte.

Le armature del nucleo sono realizzate in acciaio ed idonee a sostenere eventuali sforzi elettrodinamici dovuti a corto circuito.

Il trasformatore è equipaggiato con terminali di messa a terra, golfari di sollevamento, targa dati, ganci traino, ruote orientabili, commutatore a vuoto lato MT sul coperchio, sonde di temperatura PT100.

In tabella seguente si riportano le caratteristiche elettriche del trasformatore elevatore:

Modello	<i>Trasformatore in resina GBE o Altrafo o similare</i>
Potenza nominale	<i>4000 [kVA]</i>
Frequenza	<i>50 [Hz]</i>
Rapporto tensioni a vuoto	<i>800 [V] / 36000 [V] $\pm 2x 2,5 \%$</i>
Vcc a 75°C	<i>6%</i>
Dimensioni indicative (mm)	<i>2200 x 1000 x 2030</i>
Numero	<i>5</i>

4.2. Quadri di media tensione

Nella cabina di trasformazione è installato uno scomparto di protezione trasformatore (interruttore di manovra con fusibili).

I quadri e le apparecchiature MT sono state progettate, costruite e collaudate in conformità alle norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) e IEC (International Electrical Code) in vigore, in particolare CEI 17-6 (IEC 298). Il prodotto sarà inoltre conforme alle regolamentazioni e normative previste dalla Legislazione Italiana per la prevenzione degli infortuni (D.P.R. 547 del 27.04.1955 e successivi emendamenti e integrazioni).

La componentistica e le caratteristiche elettriche sono riscontrabili nelle Tabelle Allegate.

Caratteristiche Tecniche Generali Quadri MT:

Tensione nominale 36 [kV];

Grado di protezione involucro IP 2X Frequenza nominale 50 [Hz];

Livelli nominali d'isolamento 50 - 125 [kV];

Corrente ammissibile sulle sbarre 630 [A];

Corrispondenza alla norma CEI EN 60298 (class. CEI 17-6) e al D.P.R. 547 del 29/04/1955 CEI 0-16 II ed.

5. SICUREZZA ELETTRICA

5.1. Misure di protezione dai contatti diretti

Tutte le parti attive risultano completamente ricoperte con un isolamento che potrà essere rimosso solo mediante distruzione. Gli involucri delle parti attive o le barriere assicurano un grado di protezione pari almeno a IPXXB, secondo CEI 70-1 (IPXXD min. per le parti orizzontali a portata di mano), ed inoltre sono consoni all'ambientazione di posa secondo il loro grado di protezione IP.

Per le operazioni di manutenzione che prevedano l'asportazione di involucri o barriere, questo avviene solo mediante l'uso di chiavi o attrezzi, a meno di quelle apparecchiature dotate di sistemi di disalimentazione automatica a sicurezza positiva delle parti attive.

L'accesso alle parti interne dei quadri assicura l'incolumità delle persone e la impossibilità di venire accidentalmente a contatto con parti sotto tensione (norma CEI 17-82).

5.2. Misure di protezione dai contatti indiretti

La protezione dai contatti indiretti è stata realizzata nel modo seguente:

- Sistema in corrente alternata - lato BT

Il sistema avrà origine dall'inverter, lato uscita in c.a. a tensione 800 [V] trifase fino al secondario del trasformatore MT/BT, mentre per i servizi ausiliari, viene ridotta a 400 [V] tramite trasformatore di servizio.

La distribuzione dei circuiti ausiliari ha origine dal quadro generale BT (quadro ausiliari).

La protezione contro i contatti indiretti per guasti lato BT sarà assicurata con collegamenti equipotenziali al conduttore di protezione di tutte le masse, ad eccezione degli involucri metallici delle apparecchiature di Classe II.

Per i sistemi TT, circuiti ausiliari, con la verifica della condizione:

$$R_t \times I_d \leq U_0$$

Per i sistemi TN, circuiti ausiliari, con la verifica della condizione:

$$Z_e \times I_d \leq U_0$$

- Sistema in corrente continua - lato generatore FV

Il generatore fotovoltaico è previsto con il funzionamento senza punto elettrico a terra, pertanto il sistema elettrico è isolato tipo IT.

I moduli fotovoltaici sono con involucro metallico pertanto connessi con collegamenti equipotenziali, all'impianto generale di terra. L'inverter è inoltre dotato di controllore d'isolamento lato c.c.

Gli scaricatori di sovratensione (SPD) sono collegati a terra con idonei conduttori di protezione, le masse dei quadri (ove in carpenteria metallica) e degli inverter cc/ca sono connesse all'impianto di terra con adeguati conduttori di protezione PE identificati con guaina esterna in pvc colore giallo-verde.

- Sistema media tensione

Per guasti lato MT, la protezione sarà verificata limitando i valori delle tensioni di passo e contatto, come da norma CEI EN 50522:2011-07 (CEI 99-3), tramite la verifica del coordinamento tra i sistemi di protezione a monte e il sistema disperdente da cui dipende la distribuzione del potenziale sulla superficie del terreno. Per i sistemi TN le caratteristiche dei dispositivi di protezione e le impedenze dei circuiti sono tali che se in una qualsiasi parte di impianto si dovesse presentare un guasto di impedenza trascurabile tra un conduttore di fase ed uno di protezione o una massa, l'interruzione automatica della alimentazione dovrebbe avvenire entro il tempo specificato, soddisfacendo la relazione:

$$Z_{sx} I_F \leq U_0$$

Dove:

Z_s = impedenza dell'anello di guasto;

I_F = corrente che provoca l'intervento automatico del dispositivo di protezione
entro il tempo definito dalla tabella 41A delle norme CEI 64-8;

U_0 = valore efficace della tensione nominale tra fase e terra.

Inoltre tutti i componenti del sistema disperdente avranno caratteristiche tali da resistere a sollecitazioni meccaniche, alla corrosione e a sollecitazioni termiche dovute alle correnti di guasto a terra.

5.3. Impianto di terra

L'impianto di terra, unico e generale per MT e BT, sarà costituito da un dispersore orizzontale in corda di rame nuda interrata di sezione pari a 35 [mm²] che forma un anello attorno alle cabine di trasformazione e ricezione e si estende lungo i cavidotti centrali dell'impianto fotovoltaico. I ferri di armatura dei basamenti eventualmente collegati alle strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici fungono invece da dispersori naturali. Per garantire l'unicità dell'impianto, le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici verranno collegati tra loro mediante un conduttore giallo-verde di sezione pari a 16 [mm²], mentre ogni fila è connessa al dispersore orizzontale di cui sopra, interrato lungo il cavidotto centrale.

All'interno delle cabine sono presenti collettori di terra ai quali sono collegate tutte le masse presenti all'interno dei locali oltre al dispersore generale.

5.4. Misure di protezione contro gli effetti delle scariche atmosferiche

In seguito alla valutazione del rischio dovuto al fulmine, l'impianto fotovoltaico in oggetto risulta autoprotetto.

Tuttavia l'impianto occupa una notevole estensione su terreno, con lunghi percorsi di cavi per il collegamento alle apparecchiature pertanto sono presenti idonee misure di protezione quali: collegamenti equipotenziali delle masse, delle masse estranee, inserimento dei dispositivi SPD (scaricatori di sovratensione) sui circuiti in c.c., adeguato impianto di dispersori di terra (vedasi descrizione al paragrafo precedente).

6. CRITERI DI SCELTA DEI CAVI E DEI SISTEMI DI PROTEZIONE

6.1. Dimensionamento delle linee e caduta di tensione

Le sezioni dei cavi per i vari collegamenti sono tali da assicurare una durata di vita soddisfacente degli stessi e degli isolamenti sottoposti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati e in condizioni ordinarie di esercizio.

Partendo dai dati elettrici caratteristici di ciascuna utenza (tensione nominale, potenza, corrente di impiego I_b , corrente nominale dell'interruttore posto a protezione della sua linea di alimentazione, lunghezza di tale linea, stato del neutro), dalle tabelle CEI UNEL, in base al tipo di cavo e tipo di posa, è stata verificata la portata del cavo rilevato confrontandolo con la corrente di impiego della conduttura.

Sempre dalle tabelle sono state calcolati gli eventuali coefficienti di riduzione (da moltiplicare alla portata, in modo che questa superi la corrente di impiego), che terranno conto:

- del tipo di posa;
- della temperatura ambiente;
- della presenza di più circuiti o più cavi raggruppati.

Per quanto riguarda il calcolo della caduta di tensione a regime, è utilizzata seguente relazione:

$$\Delta V = m \cdot L \cdot I_b \cdot [r \cdot \cos\varphi + (2\pi f) \cdot l \cdot \sin\varphi] \cdot (100/V_n)$$

dove:

m è pari a 2 per circuiti monofasi e a $\sqrt{3}$ se trifase;

L rappresenta la lunghezza della linea;

I_b rappresenta la corrente d'impiego;

r rappresenta la resistenza unitaria riportata alla temperatura di funzionamento [$\Omega mmq/m$];

l rappresenta l'induttanza unitaria riportata alla frequenza di funzionamento [$H mmq/m$];

f è la frequenza di funzionamento;

$\cos\varphi$ è il fattore di potenza del carico;

V_n rappresenta la tensione nominale dell'impianto.

I limiti imposti quali valori massimi di caduta di tensione ammissibili sono pari al 4% per circuiti in corrente alternata per utenze di servizio, 2% per le linee DC.

La corrente di impiego I_b è stata assunta pari alla corrente di corto circuito dei moduli fotovoltaici riferita alle condizioni STC.

In MT la caduta di tensione non è un parametro rilevante, dato che si riduce notevolmente la

caduta di tensione percentuale rispetto alla BT.

6.2. Scelta delle protezioni

La protezione dal sovraccarico è stata effettuata con interruttori automatici, il cui scopo è quello di interrompere le correnti di sovraccarico dei conduttori del circuito, prima che queste possano provocare un riscaldamento nocivo all'isolante o ai collegamenti, permettendo però la conduzione dei sovraccarichi di breve durata che si produrranno nel normale esercizio. In particolare devono essere rispettate le seguenti relazioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 I_z$$

dove:

I_b è la corrente di impiego della conduttura protetta;

I_z è la portata della conduttura protetta;

I_n è la corrente nominale del dispositivo di protezione;

I_f è la corrente convenzionale di intervento.

In tal caso la conduttura è protetta da sovraccarico

- Con fusibili idonei sui cavi di stringa;
- Con interruttori automatici magnetotermici adatti alla DC ed ai livelli di tensione d'impiego;
- Con interruttori automatici sulle linee ausiliari e di potenza.

In media tensione, per le protezioni contro il sovraccarico, sono state utilizzate le metodologie impiegate per i cavi di bassa tensione, tarando le protezioni della linea ad un valore (I_{tr}) tale che una corrente di poco superiore alla portata del cavo (I_z) che non provochi un invecchiamento eccessivo portando la temperatura del conduttore a valori troppo alti.

Resta rispettata quindi la relazione:

$$I_{tr} \leq I_z$$

In bassa tensione, gli stessi dispositivi sono in grado di assicurare la protezione contro i corto circuiti se, avendo un potere di interruzione non inferiore alla corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione, intervenendo in tempi sufficientemente brevi da evitare che l'integrale di Joule (energia specifica passante) superi il valore sopportabile dal cavo:

$$I^2t \leq K^2S^2$$

dove:

S è la sezione del cavo [mm^2];

K è un coefficiente dipendente dalla natura del conduttore e dell'isolante costituenti il cavo.

La verifica della relazione sopra riportata, è stata effettuata confrontando l'andamento della caratteristica dell'energia specifica passante dei dispositivi di protezione con il termine K^2S^2 (energia tollerabile dal conduttore). L'intersezione di queste due curve ha permesso di determinare un valore minimo di corrente di corto circuito $I_{cc_{min}}$ e un valore massimo $I_{cc_{max}}$.

Affinché la protezione con interruttore automatico sia efficace devono essere soddisfatte le due condizioni:

- la corrente a inizio linea, in caso di corto circuito più gravoso, deve essere inferiore o uguale al valore limite $I_{cc_{max}}$;
- la corrente a fine linea, in caso di corto circuito meno gravoso, deve essere superiore o uguale al valore limite $I_{cc_{min}}$.

Essendo stata comunque verificata la protezione delle singole linee contro i sovraccarichi, in accordo con l'art. 435.1 delle norme CEI 64/8-4 sarà lecito ritenere che le stesse siano pure protette contro le correnti di corto circuito e quindi non necessario verificare la lunghezza massima protetta.

Nel caso specifico, la protezione contro il sovraccarico ed il cortocircuito è stata realizzata nel modo seguente:

- Sistema in corrente continua - lato generatore FV

La protezione è stata realizzata, per mezzo di fusibili a protezione di ciascuna stringa, cablati all'interno dei quadri di parallelo; un eventuale corto circuito su uno dei cavi di cui sopra potrà essere alimentato a monte solo da una corrente di poco superiore a quella nominale (peculiarità dovuta alla caratteristica tensione-corrente dei moduli fotovoltaici), mentre a valle, ci potrà essere solo il contributo delle rimanenti stringhe; è quindi, necessario proteggere il cavo da quest'ultimo apporto.

La taglia del fusibile è stata inoltre dimensionata tenendo conto anche della massima corrente inversa supportabile dal modulo fotovoltaico.

- Sistema in corrente alternata - lato BT

La protezione è stata realizzata per mezzo di interruttori automatici magnetotermici a valle di ciascun inverter e a protezione dei circuiti ausiliari derivati dal trasformatore dedicato vi sono interruttori magnetotermici differenziali ad alta sensibilità.

6.3. Quadri elettrici BT

I quadri ausiliari e QGC verranno realizzati in carpenteria a struttura modulare in lamiera non ossidabile stampata nel rispetto della normativa CEI 17-13/1, mentre i quadri impianti speciali e consegna saranno in materiale termoplastico nel rispetto della normativa CEI 23-51 con particolare riferimento a:

- determinazione della effettiva corrente all'ingresso del quadro;
- dimensionamento e scelta degli interruttori adeguati ai valori delle correnti di corto circuito presenti;
- calcolo delle sovratemperatures interne massime ammesse in condizioni di esercizio in conformità alle Norme CEI 17-43 fascicolo 1873;
- verifica della corrente di corto circuito in conformità alle Norme CEI 17-52.

Per i quadri verrà prodotta la schemistica richiesta dalle vigenti disposizioni normative come allegato alla dichiarazione di conformità dell'impianto in oggetto.

7. CANALIZZAZIONI

7.1. Criteri generali

Per il passaggio delle linee elettriche (di potenza e/o segnalazione e comando) verrà verificata la presenza dei cavidotti in PVC di tipo 450 N, sia per la parte di segnalazione e comando, che per la parte di potenza, interrati a quota maggiore di 50 [cm].

Ad intervalli scanditi dalla presenza delle vele lungo le dorsali principali, sono stati inseriti pozzetti in c.s. vibrato verranno inseriti pozzetti rompitratta.

Per la parte fuori terra le vie cavi sono state realizzate impiegando passerella asolata o chiusa, completa di accessori e pezzi speciali, ovvero tubazioni PVC di tipo 450 N .

Per le vie cavi in locali riparati sono stati impiegati materiali in PVC pesante (tubi, guaine, scatole di derivazione, ecc.) installati tenendo ben in evidenza problemi derivanti da eventuali esposizioni agli urti o manomissioni.

7.2. Linee MT

La linea di alimentazione in media tensione (per il collegamento lato Distributore) sarà realizzata impiegando cavo tripolare ARE7R isolamento 18/30 (36) [kV] da 185 [mm²] (portata I_Z per posa interrata superiore a 300 [A]), rispondente alle norme CEI 20-13 con temperature di funzionamento di 90 °C e di corto circuito di 250 °C e con comportamento al fuoco rispondente alle norme CEI 20-35. Il cavo sarà costituito dal conduttore in tondini rigidi di alluminio, dal semiconduttore interno ed esterno elastometrico estruso, dall'isolante in XLPE con strato semiconduttore esterno, dalla schermatura a filo di rame rosso e dalla guaina esterna di colore rosso RAL 3000 PE tipo DMP2 secondo HD 620.

Gli schermi dei cavi MT sono stati atterrati con cavo unipolare giallo/verde tipo H07V-K di sezione pari a 16 [mm²].

7.3. Linee BT

I cavi utilizzati per tale distribuzione sono del tipo *FG16R/OR* o *FS7* non propaganti l'incendio, non propaganti la fiamma e con ridotta emissione di gas corrosivi conformi alle norme *CEI 20-22 II* e *20-13*. Gli isolamenti dei conduttori sono stati opportunamente contraddistinti in base alle colorazioni previste dalle vigenti tabelle di unificazione CEI UNEL 00722 e 00712. In tabella seguente sono riportati i principali colori utilizzati per i conduttori di fase, neutro e protezione.

Principali Colori dell'isolamento dei cavi in base all'utilizzo

Colore		USO
	nero	Conduttore di Fase
	marrone	Conduttore di Fase
	grigio	Conduttore di Fase
	blu chiaro	Conduttore di Neutro
	giallo-verde	Conduttore di Protezione

Tutti i conduttori, sia per potenza che per segnalazione che per impianti speciali, sono idonei per l'impiego ed il tipo di posa e nella scelta, si è tenuto conto in particolare della compatibilità verso i livelli di tensione presenti.

7.4. Conduttori di protezione

I conduttori di protezione verranno prevalentemente posati nella stessa canalizzazione adottata per i conduttori attivi allo scopo di ridurre la reattanza del circuito di guasto.

La sezione adottata per i PE è generalmente uguale a quella dei conduttori di fase con la possibilità di riduzione in conformità alla Norma CEI 64-8 tab.54F, così come riportato di seguito:

Sezione del conduttore di protezione (S_{PE}) [mmq]	Sezione Conduttore di fase (S_f) [mmq]
$S_{PE} = S_f$	$S_f < 16$
$S_{PE} = 16$	$16 < S_f < 35$
$S_{PE} = S_f/2$	$S_f > 35$

Qualora il conduttore di protezione non dovesse far parte della stessa condotta dei conduttori attivi, la sezione minima adoperata sarà:

- 2,5 [mm²] in rame, se protetto meccanicamente;
- 4 [mm²] in rame, se non protetto meccanicamente.

8. IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI A SERVIZIO DEL CAMPO FOTOVOLTAICO

8.1. Impianto illuminazione

L'impianto di illuminazione sarà minimo ed è costituito da luci posizionate solo intorno alla cabina per consentire l'accesso in sicurezza del personale in caso di emergenza. È tuttavia installato un selettore manuale/automatico per permettere l'accensione permanente dell'impianto in caso di necessità. L'illuminazione dei locali tecnici è effettuata mediante lampade LED di idonea potenza.

8.2. Impianti di sicurezza antintrusione

La protezione perimetrale di un parco fotovoltaico è la prima linea di difesa contro intrusioni o accessi non autorizzati nelle aree da proteggere. I sistemi ad oggi in commercio per tale protezione svolgono un ruolo di fondamentale importanza nella sicurezza globale e personale. Inoltre, l'utilizzo di un sistema nella protezione perimetrale, scoraggia l'accesso non autorizzato alle aree riservate e fornisce segnalazioni dettagliate di allarme prevenendo così qualsiasi tentativo di aggressione o sabotaggio, fornendo al tempo stesso il frangente necessario per poter effettuare l'azione di difesa più idonea contro la minaccia.

Per l'impianto in oggetto, il sistema di protezione perimetrale sarà composto da sistema di rilevazione a differenza di pressione della GPS Standard, costituito da due tubi paralleli contenenti acqua, una valvola e un analizzatore PGPS2002/I collegato alla linea dati COM115 del sistema Multiplex2000. Il perimetro è suddiviso in zone di lunghezza inferiore a 100 [m] ed individuabili da pozzetti in cui può essere presente l'accoppiamento valvola-valvola, valvola-sensore o sensore-sensore.

8.3. Impianto TVCC

L'impianto di TVCC sarà installato lungo il perimetro del parco immediatamente all'interno della recinzione. Essenzialmente esso sarà composto da telecamere fisse per la ripresa delle immagini e da un videoregistratore digitale. Le telecamere che attualmente meglio rispondono ad esigenze di tipo perimetrale per l'uso in parchi fotovoltaici sono le così dette Night and Day, cioè camere dotate di illuminatori agli infrarossi che riescono con buona qualità video a registrare immagini anche in condizioni di scarsa illuminazione. Questo permette di dare all'utente una soluzione di protezione dai tentativi di intrusione anche di notte.

Il sistema di videoregistrazione digitale (e-vision G2) sarà del tipo con memorizzazione digitale delle immagini su hard disk per consentire sia la riproduzione per periodi di tempo più lunghi

senza diminuirne la qualità dell'immagine sia una migliore flessibilità per la ricerca delle immagini. Semplici funzioni di ricerca, in funzione della data, ora, numero telecamera o della tipologia di evento d'allarme registrato, permettono una veloce e precisa individuazione delle immagini registrate.

8.4. Sistema di monitoraggio delle prestazioni

L'impianto di produzione sarà dotato di un sistema per l'acquisizione e la trasmissione dei dati di produzione.

Esso si compone di un modulo di misura e registrazione dell'energia (E2M-PV) e un modulo di misura delle grandezze meteo (MTM-PV).

Il modulo E2M-PV sarà equipaggiato con un'interfaccia per la lettura del contatore fiscale con emettitore di impulsi (modulo ES), è inoltre dotato di interfacce di comunicazione (GSM/GPRS, Ethernet/ADSL) che attraverso l'utilizzo di una struttura di rete (router, switch, rete cablata) permette la trasmissione di dati potendo così parlare di rete di monitoraggio remoto. Presenta inoltre un bus di campo RS485, per la connessione a dispositivi locali di misura delle grandezze meteo (MTM-PV).

E2M-PV sarà allestito in un contenitore IP65 con sportello a chiave e passacavi stagni. Sarà dotato inoltre di morsettiere di appoggio per la connessione alla rete AC, a inverter e a moduli di campo.

E2M-PV sarà dotato di un'alimentazione tamponata a batteria, per assicurare la possibilità di invio di segnalazioni di allarme anche in condizioni di mancanza di rete.

Il modulo di misura MTM-PV effettua le seguenti misure:

- Radiazione solare da piranometro di classe 2 posto in prossimità del pannello (range $0 \div 1500 \text{ W/m}^2$).
- Temperatura del modulo fotovoltaico, da termometro a contatto posta sul retro del modulo (range $-40^\circ\text{C} \div +100^\circ\text{C}$).
- Temperatura ambiente da termometro in aria (range $-40^\circ\text{C} \div +70^\circ\text{C}$).

Il modulo di misura per grandezze meteo MTM-PV sarà installato in prossimità del campo fotovoltaico per assicurare segnali integri, non soggetti a disturbi.

Il modulo sarà alloggiato in un contenitore IP66 e preleva la tensione di alimentazione direttamente dal bus di campo che lo connette al modulo E2MPV, a cui sarà connesso tramite bus RS485 su protocollo Modbus RTU.

9. APPENDICE A – Normativa tecnica di riferimento

Ai fini del presente progetto è stata seguita la seguente normativa tecnica:

CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.

CEI EN 50522:2011-07 (CEI 99-3): Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a..

CEI 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria.

CEI 0-16 II Ed.: Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica.

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 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione.

CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31): Compatibilità elettromagnetica (EMC).

CEI EN 60555-1 (CEI 77-2): Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili.

CEI EN 60439-1-2-3: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT).

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 81-10: Protezione 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.

UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici.

UNI 8477/1: Energia Solare. Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia. Valutazione dell'energia ricevuta.

CEI EN 61724: Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici - Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati.

UNI/ISO per le strutture meccaniche di supporto e di ancoraggio dei moduli fotovoltaici.

IEC 60364-7-712: Electrical installations of buildings - Part 7-712: Requirements for special installations or locations Solar photovoltaic (PV) power supply systems.

Si sono applicati inoltre, per quanto compatibili con le norme sopra elencate, i documenti tecnici emanati dalle società di distribuzione di energia elettrica riportanti disposizioni applicative per la connessione di impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica.

E' stato rispettato il requisito imposto dall'allegato 1 del DM 06 agosto 2010 e s.m.i., il quale impone che gli impianti vengano realizzati impiegando componenti che assicurino l'osservanza delle due seguenti condizioni:

$$P_{cc} > 0.85 \times P_{nom} \times I / I_{stc}$$

Tale condizione dovrà essere verificata per $I > 600 \text{ W/m}^2$.

$$P_{ca} > 0.9 \times P_{cc}$$

dove:

- P_{cc} è la potenza in corrente continua misurata all'uscita del generatore fotovoltaico con precisione migliore del $\pm 2\%$;
- P_{nom} è la potenza nominale del generatore fotovoltaico;
- I è l'irraggiamento [W/m^2] misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del $\pm 3\%$;

- I_{ste} è pari a 1000 W/m, è l'irraggiamento in condizioni di prova standard;
- P_{ca} è la potenza attiva in corrente alternata misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, con precisione migliore del 2%.

Le condizioni verranno verificate per $P_{ca} > 90\%$ della potenza di targa del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata.