



COMUNE DI GRAVINA
IN PUGLIA



REGIONE PUGLIA



COMUNE DI POGGIORSINI

PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MW_p CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNI DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)

ELABORATO

RELAZIONE IMPIANTI

Livello Prog.	Codice Rintracciabilità	Tipo Doc.	Sez. elaborato	N° Foglio	Tot. Fogli	N° Elaborato	Data	Scala
PD	202001861	RT	07	01	73	07.02_RI	30/11/2021	-:-

REV.	DATA	OGGETTO DELLA MODIFICA	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	30/11/2021	PRIMA EMISSIONE	MA	MA	GDM

PROGETTAZIONE



PROIMA SRL

C.F. e P.IVA 02245080680
C.so Umberto 590/C
65016 Montesilvano (PE)
Tel. +39 0854.454.053
amministrazione@proimasrl.it - www.proimasrl.it

PROIMA srl
C.so Umberto, 590 – TEL 85 - 4454053
Espansione 1 – Ing. C
65015 MON ESILVANO (PE)
P. IVA/ CF 02245080680

(TIMBRO E FIRMA)

TECNICO SPECIALISTA

ING. DI MATTEO GIOVANNI
C.SO UMBERTO 590/C
65015 MONTESILVANO (PE)



(TIMBRO E FIRMA)

SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI

RICHIEDENTE

SERTEKH 1 S.R.L.
C.F./P.IVA 03231640735
VIALE MAGNA GRECIA 420/A
74121 - TARANTO (TA)

(TIMBRO E FIRMA PER BENESTARE)

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

INDICE

1	SCOPO DEL DOCUMENTO.....	4
2	DESCRIZIONE PROPOSTA PROGETTUALE	5
2.1	DESCRIZIONE ARCHITETTURA ELETTRICA DELL'IMPIANTO AGROVOLTAICO	5
2.2	STRUTTURA E LAYOUT DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	9
2.3	SCHEMA ELETTRICO GENERALE	11
2.4	MODULI FOTOVOLTAICI	12
2.4.1	<i>Distanza dal suolo</i>	12
2.4.2	<i>Distanza tra le file</i>	12
2.4.3	<i>Caratteristiche principali moduli fotovoltaici</i>	12
2.5	CONVERSIONE STATICA CC/AC (INVERTER FOTOVOLTAICI)	15
2.6	SKID DI TRASFORMAZIONE MT/BT ED INVERTER	18
2.7	SISTEMA DI ACCUMULO A BATTERIE.....	21
2.8	STRUTTURE PORTANTI MODULI FOTOVOLTAICI (INSEGUITORI MONOASSIALI)	25
2.9	COLLEGAMENTI ELETTRICI E CABLAGGI	27
2.10	MESSA A TERRA.....	29
2.11	MISURATORE DELL'ENERGIA IMMESA IN RETE	29
2.12	DISPOSITIVI DI PROTEZIONE SUL COLLEGAMENTO ALLA RETE	29
2.13	SISTEMA ANTI-INTRUSIONE	30
3	ELETTRODOTTO COLLEGAMENTO SKIDS IN MEDIA TENSIONE MT	30
3.1	GENERALITÀ.....	30
3.2	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO DEL CAVO	31
3.3	DIMENSIONAMENTO DEL CAVIDOTTO	32
3.4	RETE DI TERRA CABINA DI SMISTAMENTO E DELLE CABINE DI TRASFORMAZIONE	33
4	ELETTRODOTTO DI EVACUAZIONE IN ALTA TENSIONE	34
4.1	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO DEL CAVO	34
4.2	SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE AT/MT	35
4.2.1	<i>Trasformatore AT/MT</i>	35
4.3	APPARECCHIATURE AT	38
4.3.1	<i>Interruttore AT</i>	38

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	1
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

4.3.2	Relè di protezione AT.....	39
4.3.3	Sezionatore AT di linea.....	40
4.4	DIMENSIONAMENTO DEL CAVIDOTTO.....	41
4.5	LINEE ELETTRICHE ALTA TENSIONE.....	42
5	LINEE ELETTRICHE IN MEDIA TENSIONE.....	43
5.1	PREMESSA.....	43
5.2	CARATTERISTICHE TECNICHE DEL CAVO.....	44
5.3	CONTROLLI E VERIFICHE.....	46
6	APPARECCHIATURE MT.....	46
6.1	SCOMPARTI DI PROTEZIONE.....	46
6.2	SEZIONE AUSILIARIA.....	48
6.3	DISPOSITIVI DI PROTEZIONE.....	48
6.4	INSTALLAZIONE.....	48
7	MISURE DI PROTEZIONE E COLLEGAMENTO ALLA RETE.....	49
7.1	PROTEZIONE CONTRO IL CORTOCIRCUITO.....	49
7.2	SEZIONE DEI CONDUTTORI DI PROTEZIONE.....	49
7.3	MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI.....	49
7.4	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI LATO CORRENTE ALTERNATA.....	50
7.5	MISURE DI PROTEZIONE TOTALI.....	50
7.6	MISURE DI PROTEZIONI PARZIALI.....	51
7.7	MISURA DI PROTEZIONE ADDIZIONALE MEDIANTE INTERRUTTORI DIFFERENZIALI.....	52
7.8	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI LATO CORRENTE CONTINUA.....	52
7.9	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI.....	52
7.10	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI LATO CORRENTE ALTERNATA.....	53
7.11	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI LATO CORRENTE CONTINUA.....	56
7.12	PROTEZIONE DELLE CONDUTTURE ELETTRICHE.....	57
7.13	MESSA A TERRA DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....	58
7.14	INTERFACCIA CON LA RETE.....	58
7.14.1	Dispositivo del generatore.....	59
7.14.2	Dispositivo di interfaccia.....	60

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	2
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

7.14.3	<i>Dispositivo generale</i>	60
7.15	MISURE DI PROTEZIONE CONTRO LE SCARICHE ATMOSFERICHE.....	60
7.15.1	<i>Fulminazione diretta</i>	60
7.15.2	<i>Fulminazione indiretta</i>	61
7.16	PRECAUZIONI PER RIDURRE LA PROPAGAZIONE DELL'INCENDIO	61
7.17	PREVENZIONE INCENDI E SGANCIO DI EMERGENZA.....	62
8	VERIFICHE TECNICO-FUNZIONALI E DOCUMENTAZIONE TECNICA	63
9	CALCOLI E VERIFICHE DI PROGETTO.....	64
9.1	DIMENSIONAMENTO DC DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	64
9.2	PORTATA DEI CAVI SOLARI IN REGIME PERMANENTE	67
9.3	COLLEGAMENTO IN SERIE TRA MODULI	67
9.4	COLLEGAMENTO TRA STRINGHE ED INVERTER.....	67
9.5	PORTATA, CADUTE DI TENSIONE E PERDITE DI POTENZE NEI CAVI AC	69
9.6	SCELTA DELLA SEZIONE DEI CAVI	70
9.7	CALCOLO CORRENTE DI LINEA (I _B).....	70
9.8	PORTATA NOMINALE DEL CAVO NELLE REALI CONDIZIONI DI POSA (I _Z)	70
9.9	CADUTA DI TENSIONE.....	71
9.10	PERDITA DI POTENZA.....	72

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	3
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

1 SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo del presente documento è descrivere le opere previste per il Progetto agrivoltaico che la società Sertekh 1 srl intende realizzare all'interno un'area agricola localizzata nei Comuni di Poggiorsini e Gravina di Puglia, in provincia di Bari. Il parco agrivoltaico prevede l'installazione di moduli fotovoltaici da 720 Wp per una potenza elettrica di picco circa pari a 140,70 MWp su un terreno a destinazione agricola di estensione circa 200 ha.

I vari lotti di terreno sono individuati:

- Comune di Poggiorsini al foglio 13 p.lle 12, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 33, 120, 122, 123, 124, 125, 140, 169, 170, 171.
- Comune di Gravina di Puglia:

FOGLIO DI MAPPA NR.	PARTICELLA/E NR.
37	88 - 43
38	95 - 134 – 135 - 156
46	124 – 125
47	9 – 127 – 129 – 28 – 67 – 144 –37 - 76
49	48 – 346 – 347 – 348 – 349 –350 – 164 – 166 – 15 - 473
53	858

Tale iniziativa è in accordo con gli impegni nazionali e internazionali volti alla riduzione delle concentrazioni di gas ad effetto serra nell'atmosfera. In particolare, con questo intervento si intende utilizzare l'energia solare, in alternativa alle fonti tradizionali di energia, per la produzione di energia elettrica, attraverso la conversione fotovoltaica.

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	4
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

2 DESCRIZIONE PROPOSTA PROGETTUALE

2.1 Descrizione architettura elettrica dell'impianto agrovoltaico

Nel presente paragrafo si espone l'organizzazione del sistema fotovoltaico, ossia le parti principali dell'impianto (layout d'impianto), ed i collegamenti tra le parti stesse.

Il sistema fotovoltaico in oggetto sarà collegato direttamente alla rete elettrica nazionale (impianto di tipo "grid- connected").

Per il suddetto impianto è previsto un determinato numero di moduli, suddivisi in stringhe, sottocampi e campi fotovoltaici, di cui sotto vengono riportate le definizioni.

Per "stringa fotovoltaica" s'intende un insieme di moduli collegati tra loro in serie: la tensione resa disponibile dalla singola stringa è data dalla somma delle tensioni fornite dai singoli moduli che compongono la stringa.

Un "sotto-campo fotovoltaico" è, invece, un insieme di più stringhe connesse in parallelo: la corrente erogata dal sottocampo sarà la somma delle correnti che fluiscono in ogni stringa.

Un "campo fotovoltaico" è, invece, un insieme di più sottocampi connessi in parallelo: la corrente erogata dal campo sarà la somma delle correnti che fluiscono da ogni sottocampo.

Pertanto, dal punto di vista elettrico, il generatore fotovoltaico è costituito da moduli che sono collegati in serie, al fine di costituire una "stringa". Nel complesso, il campo fotovoltaico risulta essere organizzato in modo da ottenere diversi "sotto-campi" e "campi" elettricamente indipendenti tra loro, ognuno gestito dal relativo inverter e dal relativo trasformatore MT/bt.

Nella presente proposta, più sotto-campi sono riuniti in configurazione ad anello sotto una cabina di smistamento posta nell'area di installazione dei pannelli e collegata, assieme agli altri campi di questo progetto, tramite una nuova linea elettrica interrata alla Rete Elettrica Nazionale alla stazione elettrica SE "Banzi" 380/150 kV, localizzata nel comune di Genzano (PZ) a circa 17 km di percorso lungo le strade provinciali e comunali dall'impianto.

Il parco solare verrà integrato con colture tradizionali e biologiche in modo da implementare un impianto agro-fotovoltaico, in linea con le direttive del PEAR vigente nella Regione Puglia. Tale sistema che integra colture agricole con produzione industriale fotovoltaica, detto agrivoltaico,

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	5
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

permette, tra i molti vantaggi, di contrastare la riduzione di superficie destinata all'agricoltura a scapito di impianti industriali, problematica avente un forte riflesso socio-economico.

In particolare:

- Si hanno tanti “sotto-campi” quanti sono il numero di inverter e trasformatori MT/BT previsti nell'impianto
- Si hanno tanti “campi” quante sono le cabine di smistamento previste nel complesso;

Sul lato in corrente continua (DC) di ciascun inverter verrà collegato in parallelo un certo numero di stringhe; le uscite in corrente alternata (AC) di tali inverter, a loro volta, verranno poste in parallelo tra loro all'interno di un quadro principale in corrente alternata situato all'interno di dedicati locali tecnici di campo (cabine di campo MT/BT) poste, per quanto possibile, in posizione baricentrica rispetto al campo fotovoltaico ad essa asservito; all'interno di tali quadri CP saranno alloggiati interruttori quadripolari magnetotermici differenziali al fine di proteggere le linee relative ai sotto-campi da sovracorrenti, cortocircuiti e/o perdite di isolamento.

La disposizione dei moduli fotovoltaici deve essere realizzata come dai disegni allegati, in modo da poter gestire l'organizzazione degli stessi contestualmente all'area di posa. Tale disposizione ha altresì il fine di ottimizzare il rendimento dell'impianto contenendo la caduta di tensione, tra la stringa più lontana e il relativo circuito d'ingresso dell'inverter ad esso associato, entro il 2%, in condizioni ordinarie di esercizio e relativamente alla corrente corrispondente al punto di massima potenza.

I terminali positivi e negativi di ogni singola stringa sono collegati ad uno degli ingressi MPPT degli inverter.

Sulla base dello studio effettuato riguardo l'ottimizzazione dell'energia captata dal campo fotovoltaico nel corso dell'anno, si è deciso di disporre i moduli fotovoltaici come riportato negli elaborati grafici allegati al progetto. L'impianto agrivoltaico prevede l'utilizzo di inseguitori solari monoassiali, strutture che, attraverso opportuni movimenti meccanici, permettono di orientare i moduli fotovoltaici favorevolmente rispetto ai raggi solari nel corso della giornata.

Il valore dell'escursione angolare così come la reciproca distanza (pitch) dei tracker su cui sono fissati i moduli fotovoltaici è il risultato del compromesso tra l'energia captata dalla superficie attiva

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	6
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.



del campo durante l'intera durata dell'anno, la superficie occupata dal generatore fotovoltaico e l'ombreggiamento reciproco tra le file.

La scelta riguardo la configurazione elettrica dei moduli fotovoltaici deve tenere conto di numerosi fattori tra cui:

- la sicurezza elettrica;
- le caratteristiche d'ingresso dell'inverter; il costo dei cablaggi;
- l'efficienza del sistema.

Durante il giorno il campo fotovoltaico converte la radiazione solare in energia elettrica in corrente continua. L'energia prodotta viene convertita dagli inverter in corrente alternata ad una opportuna tensione che dipende da marca e modello dell'inverter stesso.

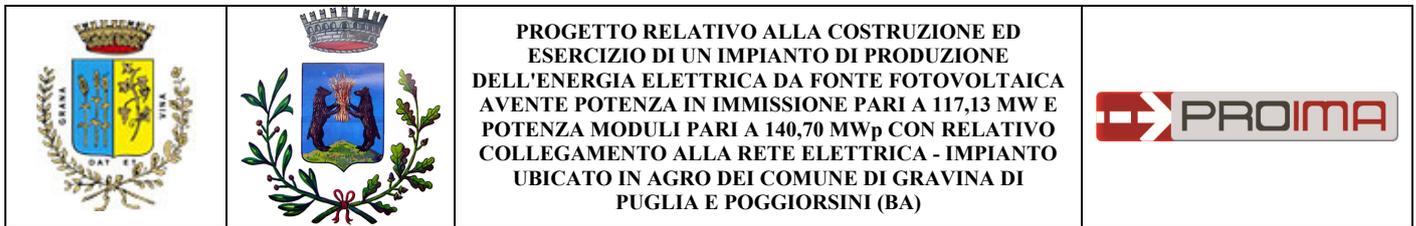
Il tipo di convertitore statico (inverter) utilizzato nel presente progetto è in grado di seguire il punto di massima potenza di una coppia di stringhe fotovoltaiche sulla curva I-V caratteristica (funzione MPPT) e costruisce l'onda sinusoidale in uscita con la tecnica PWM, così da contenere l'ampiezza delle armoniche entro valori ammissibili.

Le uscite AC degli inverter confluiscono verso un quadro elettrico generale di bassa tensione di protezione e manovra; da tale quadro di bassa tensione (QP), per mezzo di un ulteriore collegamento AC, la tensione viene elevata a 30 kV per mezzo di un trasformatore di potenza e immessa in rete verso la cabina di smistamento locale (CSn, con "n" numero della cabina di smistamento). Da tale cabina di smistamento, tramite linee in MT in configurazione ad anello, si arriva ad una "Cabina di Smistamento Sottostazione (CSS), dove, tramite due trasformatori AT/MT ed un quadro AT, partono le linee di collegamento con la Sottostazione della Rete Nazionale di Genzano (PZ).

Per la descrizione tecnica dei moduli fotovoltaici e di convertitori della corrente continua in alternata si rimanda ai paragrafi ad essi specificatamente dedicati.

Si sottolinea che in fase esecutiva, soprattutto in riferimento alla situazione di mercato al momento dell'acquisto dei componenti, potrà essere scelta una diversa tipologia di modulo. Tale scelta sarà comunque effettuata tenendo conto della potenza massima installabile prevista in fase di progettazione ed in modo che siano garantire ottime prestazioni di durata e di producibilità.

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	7
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.



Il collegamento di parallelo delle stringhe verrà realizzato con cavi preconfezionati, del tipo resistente ai raggi UV e riportato, attraverso cavi dello stesso tipo, presso gli inverter distribuiti nei vari campi fotovoltaici costituenti l'impianto.

La struttura portante dei moduli sarà costituita da supporti di tipo mobile (tracker a singolo asse), in grado di seguire il percorso del sole nell'arco della giornata. La struttura dei tracker è in acciaio zincato con traversi in alluminio anodizzato.

Su ognuna di tale struttura saranno fissate, a seconda del "modulo base dell'inseguitore" due o più stringhe, costituite da moduli collegati in serie (in un numero tale che la potenza della stringa non ecceda la massima consentita per ogni ingresso dell'inverter così come la tensione di lavoro e la tensione a vuoto, entrambi fortemente dipendenti dalla temperatura del luogo di installazione).

La potenza di ogni singola stringa sarà data dalla somma dei singoli moduli in serie che la costituisce.

I collegamenti in corrente continua delle stringhe avverranno prevalentemente con cavi posati e fascettati (ed opportunamente protetti dagli agenti atmosferici) direttamente sulle strutture di sostegno dei moduli; laddove vi dovessero essere degli attraversamenti per giungere agli inverter di competenza, i percorsi dovranno seguire il più possibile la viabilità interna ed essere direttamente interrati, secondo la vigente normativa.

I collegamenti in corrente continua tra i quadri di parallelo e gli inverter (che, insieme ai quadri di campo QP, saranno posti all'interno delle cabine di campo) dovranno essere direttamente interrati ed i percorsi seguiranno il più possibile la viabilità interna, secondo la vigente normativa.

I collegamenti in corrente alternata (ed in media tensione) tra i trasformatori bt/MT ubicati nelle varie cabine di campo appartenenti alle dorsali dovranno essere interrati e posti in idonea tubazione in PVC segnalata con nastro monitore e protetta da tegole di cemento; anche per tali tipi di cavi i percorsi dovranno seguire il più possibile la viabilità interna, fino alla Cabina di Smistamento locale CSn. Nei tratti dalla "Cabina di Smistamento locale CSn fino alla Alla Cabina di Smsistamento verso la sottostazione (CSS) seguiranno la viabilità pubblica. Nelle tavole di layout allegate al presente progetto, è possibile evincere la disposizione dei diversi componenti dell'impianto all'interno dell'area di interesse.

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	8
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

2.2 Struttura e layout dell'impianto fotovoltaico

La disposizione dei moduli è progettata (in relazione alla superficie disponibile, alla sua forma, alla presenza di oggetti responsabili di ombre, di linee aeree o altri ostacoli, di sottoservizi, di vincoli, e fasce di rispetto, etc) con un sistema di tracker mono-assiale costituito da una struttura a singolo asse in grado di seguire il percorso del sole nell'arco del giorno. Il numero massimo di moduli da collegare in serie al fine di formare una determinata stringa deriva:

- dalla massima tensione del sistema elettrico (1.500 V in corrente continua);
- dalla finestra di lavoro dell'inverter scelto per la conversione dell'energia elettrica da corrente continua a corrente alternata;

Per una maggiore comprensione della suddivisione dei campi e dei sotto-campi secondo cui l'impianto fotovoltaico è suddiviso si rimanda alle tavole di layout allegate alla presente relazione.

Durante il giorno il campo fotovoltaico converte la radiazione solare in energia elettrica in corrente continua. L'energia prodotta viene inviata, a gruppi di conversione (inverters), che provvedono a trasformare la corrente continua in corrente alternata trifase.

Questa viene successivamente trasformata a 30 kV per mezzo di trasformatori di potenza (alloggiati nelle cabine di trasformazione) e attraverso l'ausilio di un cavidotto (di evacuazione) esterno viene trasportata in stazione elettrica dove subisce un'ulteriore trasformazione a 150 kV prima di essere immessa in rete.

L'impianto fotovoltaico verrà realizzato per lotti (Zone) per ciascuno dei quali sono previste le seguenti opere ed infrastrutture:

- **Opere civili:**
 - sistemazione dell'area di installazione previa estirpazione della vegetazione esistente e successivo livellamento e compattamento del terreno;
 - posa in opera dei pali a vite;
 - realizzazione delle piazzole temporanee per lo stoccaggio ed il montaggio delle strutture metalliche;

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	9
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p style="text-align: center;">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	--	---

- ampliamento ed adeguamento della viabilità esistente nonché realizzazione della viabilità di servizio all'impianto;
- realizzazione del punto di consegna dell'energia elettrica, costituito da una stazione di trasformazione 30/150 kV; preparazione del sito di installazione e posa delle cabine di trasformazione prefabbricate con le relative fondazioni.
- Inoltre, sono da prevedersi la realizzazione dei cavidotti interrati per la posa dei cavi elettrici
- **Opere impiantistiche:**
 - installazione dei pannelli fotovoltaici;
 - esecuzione dei collegamenti elettrici;
 - installazioni, prove e collaudi delle apparecchiature elettriche ed elettromeccaniche (quadri, interruttori, trasformatori, inverter ecc.,) sia nelle cabine di trasformazione sia nelle cabine di smistamento;
 - realizzazione degli impianti di terra dei pannelli fotovoltaici, delle cabine di trasformazione e della sottostazione e realizzazione degli impianti relativi ai servizi ausiliari e ai servizi generali.

Per un maggior approfondimento di tali lavori, si rimanda alla "RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA".

Dal punto di vista del layout di impianto, sulla base di un attento studio effettuato al fine di ottimizzare l'energia prodotta complessivamente nel corso dell'anno, si è deciso di disporre i moduli fotovoltaici su strutture ad inseguimento mono-assiali, descritte come segue:

- orientamento asse del tracker: nord-sud;
- escursione dell'inclinazione rispetto al piano orizzontale: $\pm 55^\circ/60^\circ$;
- distanza (pitch) tra file parallele di moduli (punti omologhi): 4,2 mt.

L'escursione dell'angolo di inclinazione dei moduli fotovoltaici rispetto al piano orizzontale permette di ottimizzare l'energia captata dalla superficie attiva del campo durante l'intera durata dell'anno.

Per quanto riguarda la distanza tra file parallele (pitch), il valore sopra ottenuto è tale da

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	10
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MW_p CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	--	--	---

garantire un angolo limite di ombreggiamento (della fila successiva su quella precedente) che riduca al minimo possibile l'energia persa durante l'anno per ombreggiamento reciproco tra file di moduli, oltre a consentire il passaggio dei mezzi agricoli

2.3 Schema elettrico generale

I moduli fotovoltaici saranno collegati in serie tra loro a formare stringhe; la corrente di ogni stringa I_{mp} sarà pari alla corrente I_{mp} del modulo fotovoltaico individuato.

La tensione V_{mp} avrà un valore pari alla somma delle tensioni V_{mp} di ciascun modulo fotovoltaico.

I quadri di parallelo a cui le stringhe si attestano, possono essere facilmente fissati alle strutture di ancoraggio dei moduli oppure su telai di supporto appositamente realizzati.

La seguente tabella descrive le caratteristiche elettriche di una stringa tipo alle condizioni STC (1.000 W/mq, T= 25 °C, AM=1,5).

Moduli collegati in serie	28
Tensione nel punto di massima Potenza stringa (V_{mp})	1.095 V
Potenza nominale stringa (kWp)	20,16

Tabella 1: Caratteristiche nominali della stringa (condizioni STC)

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	11
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p style="text-align: center;">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	--	---

2.4 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici utilizzati per il progetto sono del Costruttore SERAPHIM del tipo SRP-720-BMA-HV - 720 Wp o equivalenti e offrono ottime caratteristiche elettriche, con garanzia di prodotto pari a 15 anni e con andamento lineare della potenza garantita per 25 anni (potenza finale garantita 84.8%).

La tecnologia utilizzata che integra celle a wafer di silicio monocristallino da 210mm contribuisce ad aumentare l'efficienza del modulo (fino al 21,29%).

L'incremento di produzione dipende principalmente da tre fattori:

- a) distanza del pannello dal suolo;
- b) distanza tra le file ("pitch");
- c) albedo del suolo o della superficie sottostante.

2.4.1 Distanza dal suolo

La distanza dal suolo, per pannelli monofacciali non influisce sul rendimento del pannello. La distanza è stata determinata per consentire il passaggio degli attrezzi associati alle macchine agricole per la pulizia delle aree sotto il pannello e la manutenzione delle coltivazioni.

2.4.2 Distanza tra le file

La distanza tra le file consente di determinare l'ombreggiamento reciproco tra le file stesse. Nel progetto proposto, la distanza è stata ottimizzata per consentire di:

- installare il numero maggiore possibile di moduli;
- massimizzare il rendimento
- consentire un'agevole movimentazione dei mezzi agricoli nell'ambito delle attività di coltivazione delle varie tipologie di colture previste.

2.4.3 Caratteristiche principali moduli fotovoltaici.

I moduli presentano dimensioni pari 2.596 x 1.303 x 35 mm, risultano dotati di una cornice in

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	12
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

alluminio anodizzato e sono dotati di certificazione di rispondenza alle normative

- IEC61215/IEC61730/IEC61701/IEC62716.
- ISO 9001: Quality Management System
- ISO 14001: Environmental Management System
- ISO14064: Greenhouse Gases Emissions Verication
- ISO14064: Occupation Health and Safety Management System

Le caratteristiche tecniche del modulo fotovoltaico sono riportate sotto.

Module Type	SRP-695-BMA-HV	SRP-700-BMA-HV	SRP-705-BMA-HV	SRP-710-BMA-HV	SRP-715-BMA-HV	SRP-720-BMA-HV
	STC	STC	STC	STC	STC	STC
Maximum Power at STC (Pmp)	695	700	705	710	715	720
Open Circuit Voltage (Voc)	45.3	45.5	45.7	45.9	46.1	46.3
Short Circuit Current (Isc)	19.49	19.54	19.59	19.64	19.69	19.74
Maximum Power Voltage (Vmp)	38.17	38.36	38.55	38.74	38.93	39.11
Maximum Power Current (Imp)	18.21	18.25	18.29	18.33	18.37	18.41
Module Efficiency at STC(η_m)	20.55	20.69	20.84	20.98	21.14	21.29
Power Tolerance	(0, +3%)					
Maximum System Voltage	1500V DC					
Maximum Series Fuse Rating	25A					

Tabella 2: Caratteristiche elettriche

Pmax Temperature Coefficient	-0.35 %/°C
Voc Temperature Coefficient	-0.27 %/°C
Isc Temperature Coefficient	+0.05 %/°C
Operating Temperature	-40 ~ +85 °C
Nominal Operating Cell Temperature(NOCT)	45±2 °C

Tabella 3: Caratteristiche variazioni di temperatura

External Dimensions	2596x1303x35mm
Weight	37kg
Solar Cells	PERC Mono (144pcs)
Front Glass	3.2mm AR coating tempered glass, low iron
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction Box	IP68, 3 diodes
Output Cables	4.0mm ² , 250mm(+)/350mm(-) or Customized Length
Mechanical Load	Front side 5400Pa/ Rear side 2400Pa

Tabella 4: Specifiche meccaniche e dimensionali

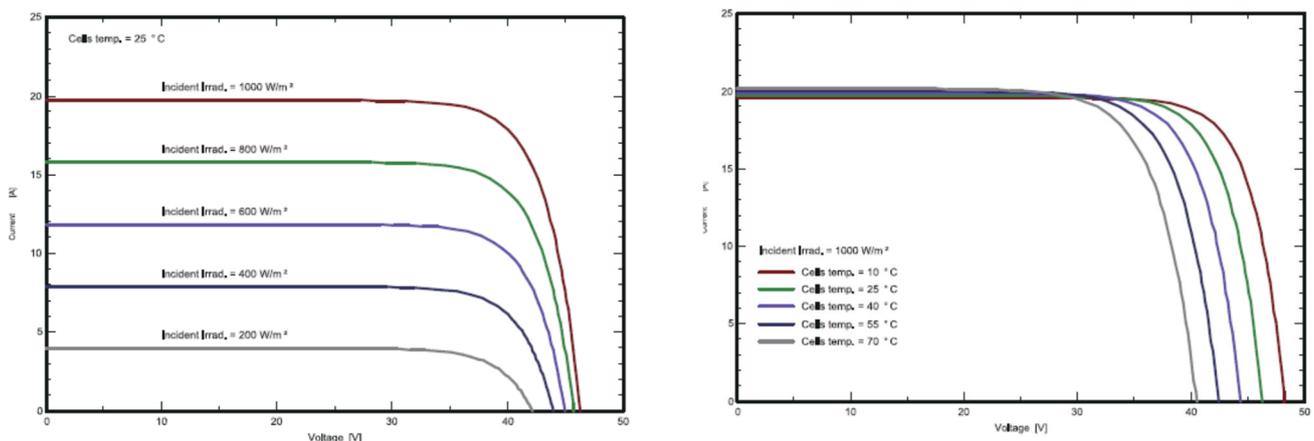


Tabella 5: Curve I-V

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

Il collegamento elettrico tra i singoli moduli sarà del tipo “in serie”, in modo da formare n. 6801 stringhe di cui 6.763 composte di 28 moduli ciascuna e 38 da 31 moduli ciascuna. Tale collegamento sarà realizzato mediante i cavi forniti in dotazione ai singoli moduli ed impiego di cavi “solari”, del tipo H1Z2Z2-K o similari, conformi alle norme e con tensione nominale $U \geq 1,5$ kV (CC).

2.5 Conversione statica CC/AC (inverter fotovoltaici)

I convertitori statici, o inverter, sono dei dispositivi elettronici in grado di convertire le grandezze elettriche come tensione e corrente in valore e/o forma. Tali inverter, con elevato fattore di rendimento, sono in grado di seguire il punto di massima potenza del proprio campo fotovoltaico sulla curva I-V (funzione MPPT Maximum Power Point Tracking) e di costruire un'onda sinusoidale in uscita con tecnica PWM (Pulse With Modulation), avente ampiezza e frequenza costanti nel tempo, in modo da contenere l'ampiezza delle armoniche entro i valori stabiliti dalle norme. Gli inverter, che saranno installati in posizione quanto più baricentrica rispetto al sottocampo a cui sono asserviti, hanno grado di protezione IP66.

Per l'impianto in progetto è prevista l'installazione di gruppi di conversione e trasformazione in grado di gestire le diverse potenze di ingresso dal generatore fotovoltaico. I prodotti che verranno utilizzati in fase realizzativa sono del Produttore SIEMENS o similare.

L'hardware di potenza dei convertitori statici è costituito dai seguenti componenti:

- Sezionatori DC che permettono di disconnettere i quadri di campo (per manutenzione);
- Scaricatori SPD per proteggere gli inverter da eventuali sovratensioni provenienti dal campo fotovoltaico;
- filtro lato corrente continua per il contenimento di un'eventuale ripple sulla tensione e sulla corrente provenienti dal campo fotovoltaico;
- ponte a semiconduttori (IGBT) che esegue la conversione da corrente continua a corrente alternata;
- unità di controllo che gestisce le protezioni e l'inseguimento del punto di massima potenza;

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	15
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MW_p CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	--	---

- filtro lato corrente alternata in modo da limitare le armoniche di corrente e contenere i disturbi indotti sulla rete, in conformità alle norme CEI110-30e110-28;
- L'inverter è predisposto per un sistema di monitoraggio locale relativo al funzionamento dell'inverter stesso e per evidenziare mancate produzioni a livello delle stringhe.
- Tale monitoraggio è effettuato tramite un'interfaccia RS-485 per consentire di estrarre dati che saranno visibili al soggetto produttore tramite un accesso internet riservato e dedicato.

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	16
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)	
---	---	---	---

Storage, transportation and operation				
Temperature	-40 °C ... +60 °C			
Relative humidity	0 % ... 100 %			
Maximum altitude of installation site without derating	< 1500 m above MSL			
Cooling				
Cooling method	Forced cooling by means of fans and liquid cooling			
Applicable standards and conformity				
BDEW (Germany)	BDEW Guideline, FGW TG3, TG4 and TG8			
IEC 61683 (Efficiency)	IEC 61683: 1999			
IEC 62116 (anti islanding)	IEC 62116: 2014 (At 50 Hz)			
EMC Emission	IEC 61000-6-4: 2007 + A1:2011			
EMC Immunity	IEC 61000-6-2: 2005			
Electrical Safety	IEC 62109-1: 2010, IEC 62109-2:2011, IP 65 according to IEC60529:1989			
Degree of protection: IP 65	IEC 60529			
General data				
Control strategy	MPPT			
Efficiency (PV5000)	(97.6 98.5 98.9 98.9 99.0 98.9 98.8 98.7) %	For (5 10 20 25 30 50 75 100) % power at 1006 V _{DC} without self-consumption for cooling		
EU and CEC efficiency	98.8 %	Without internal consumption		
Infeed starts from	260 W ... 2500 W	Depending on cooling		
Standby loss	80 W ... 150 W	-		
Max. self-consumption for cooling	5000 W	Without cabinet heating		
Mechanical data				
Mounting position	Vertical	-		
Type of mounting	Floor mounting	-		
 				
Number of Power Units	1	2	3	4
SINACON PV series	PV1000 ... PV1250	PV2000 ... PV2500	PV3000 ... PV3750	PV4000 ... PV5000
Dimensions (without pallet, with heat exchanger); (W x H x D)	1860 x 3734 x 1142 mm		3503 x 3734 x 1142 mm	
Weight ¹⁾	< 1600 kg	< 2200 kg	< 3300 kg	< 3900 kg
Colour	RAL7035			
Input data (DC)				
Independent inputs	1 ... 2		Depending on configuration	
Nominal voltage	min. MPP voltage		-	
DC voltage (max. MPP)	1500 V		Depending on application	
DC voltage (min. MPP)	802 V/882 V (AC 550 V) 838 V/922 V (AC 575 V) 875 V/962 V (AC 600 V) 919 V/1010 V (AC 630 V) 962 V/1058 V (AC 660 V) 1006 V/1107 V (AC 690 V)		For 100 % / 110 % nominal grid voltage	
DC current (max.)	1 ... 4 x 1200 A		-	
Short-circuit current (max.)	6,4 kA/7 kA		250 A /315 A DC fuses	
Nominal power	1 ... 4 x 1016 kW 1 ... 4 x 1062 kW 1 ... 4 x 1108 kW 1 ... 4 x 1159 kW 1 ... 4 x 1209 kW 1 ... 4 x 1270 kW		-	
Capacitance to ground (max.)	2000 µF		Per IT system	

Tabella 6 Data-sheet di inverter di progetto Siemens Sinacon PV 4560 kVA

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	17
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p style="text-align: center;">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	--	---

2.6 Skid di trasformazione MT/BT ed inverter

L'energia prodotta dal campo fotovoltaico verrà, come visto sopra, trasformata dall'inverter ed immessa sulla rete di media tensione.

Gli inverter però forniscono un livello di tensione non adeguato alla rete per cui si ricorrerà ad un trasformatore MT/bt per poter portare il livello di tensione a quello desiderato (30 kV, nel progetto in questione).

I trasformatori previsti sono ubicati all'interno di appositi "skids" che rappresentano una soluzione compatta ed adattabile alle esigenze di progetto, con una tecnologia "plug&play".

Tale skid, fornito pre-assemblato, per una rapida installazione sul campo, è una piattaforma in acciaio che integra tutte le apparecchiature BT e MT, nonché il trasformatore di potenza ed il suo serbatoio dell'olio.

Tale soluzione è corredata da tutti gli elementi necessari per una conversione da BT a MT:

- Trasformatore in olio ermeticamente sigillato fino a 36 kV.
- Vasca deposito olio.
- Struttura metallica personalizzabile per apparecchiature di BT.
- un quadro MT configurabile secondo le esigenze del progetto;

I moduli di potenza da 4.560 kVA, completamente assemblati e collaudati in fabbrica, facilitano la configurazione e la costruzione dell'impianto grazie alla densità di potenza ottimale e alla semplificazione delle operazioni richieste in campo.

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	18
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

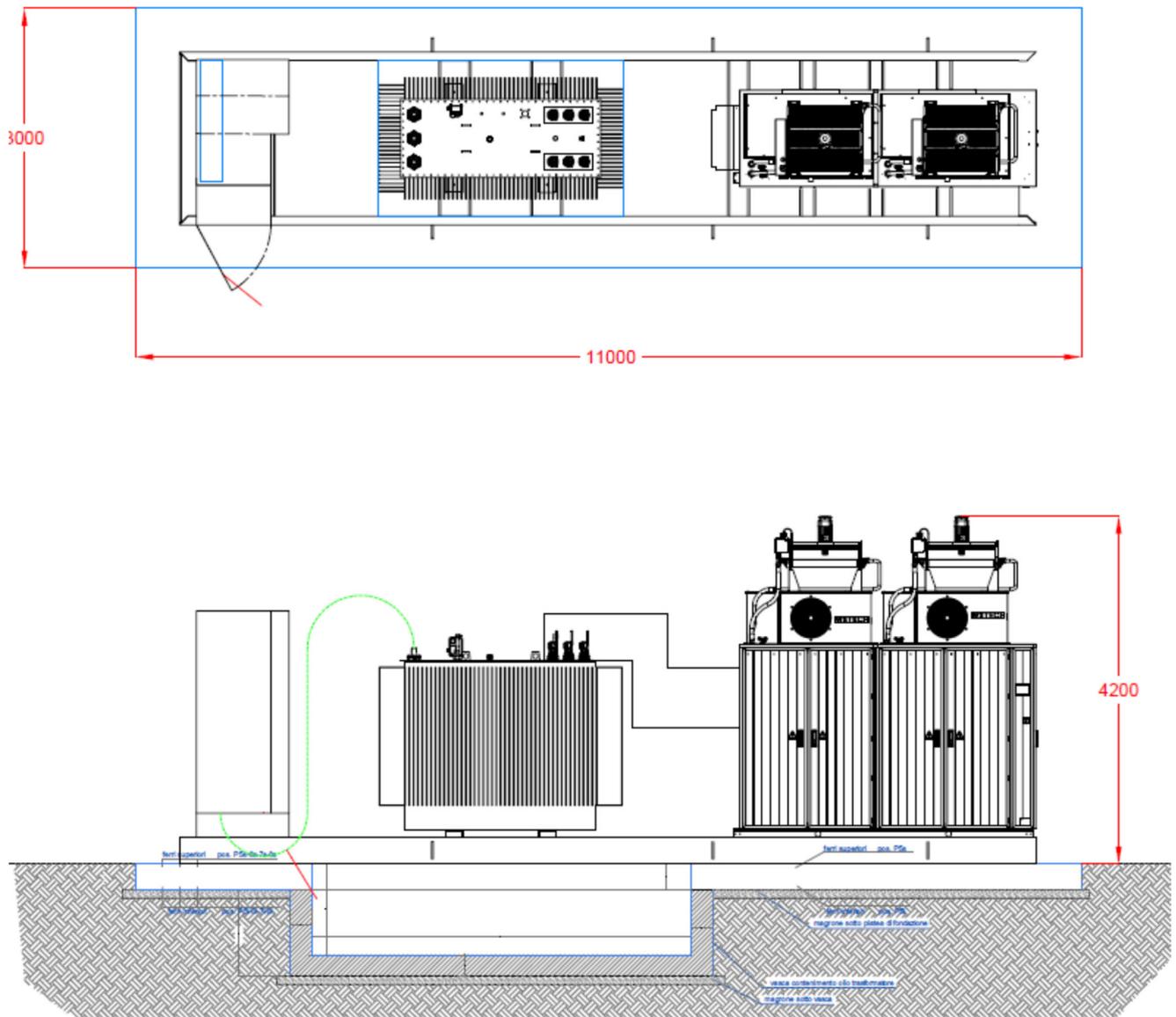


Figura 1: Power SKID 4560-4800 kVA

Il trasformatore MT/BT sarà trifase, con avvolgimenti immersi in olio ermeticamente chiusi, adatto ad installazione all'esterno.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

Design:	Three-phase, hermetically closed oil-immersed distribution transformer for outdoor use for PV application
Standards, specification:	
Transformer acc. to ...	EN 60076
Oil acc. to ... / brand	Ecodesign acc.to No.548/2014 & 2019/1783 Amd EU Commission EN 60296 / NYNAS NYTRO LIBRA or equivalent
Type of duty	continuous
Type of cooling	ONAN
Ambient temperature	-25...40 °C
Temp. rise of winding / oil	65 K / 60 K
Altitude installation	1000 m
Frequency	50 Hz
Rated power	4800 (2400+2400) kVA
High voltage	30000 V
tappings	±2.5; ±5%
insulation level (kV)	LI 170 AC 70
Low voltage (U2)	660 V
insulation level (kV)	LI - AC 10
Low voltage (U3)	660 V
insulation level (kV)	LI - AC 10
Vector group	Dd0d0
No load losses approx.	4450 W
Load losses approx.	26700 W
Minimum PEI	99.55%
Impedance voltage HV-LV1; HV-LV2	7 % ±10 %
Sound power level LW(A)	80 dB(A)
Winding material LV / HV	Al / Al
Terminals:	
High voltage	Outer cone plug-in bushing acc.to EN 50180 Type C
Protection	IP 44 + provision for cover box
Low voltage	6 pcs - copper terminals with porcelain isolators acc. to EN 50386
Connecting part	6 pcs - 3150 A DIN 43675 FP
Protection	IP 54 with cable box
Dimensions, approximately	
Length (A1) x width (B1) x height (H1)	3000 mm x 1750 mm x 2300 mm (without cable box)
Distance between rollers (E)	1070 mm
Total mass / oil mass	9600 kg / 1900 kg
Painting scheme	
Type	C4-H
Color RAL	RAL 7035
Tank construction	hermetically closed, with corrugated walls
Accessories:	Thermometer pocket EN 50216-4
Drain valve	EN 50216-4 Type C2 DN 40
Cable box on LV side	IP 54; without holes and cable glands; The adequate protection must be provided during installation
Tap changer	off-load type, operated by hand from above the cover
Transport rollers	without
In filling tube	Closing screw
Terminal box	with
Other accessories	electrostatic shield between LV and HV windings PT100 temperature sensor with 3 wires MT4X4 D control unit – It will be separate packing DGPT2Relay Safety valve – Qualitrol 206 or equivalent

Tabella 7: Caratteristiche principali trasformatore MT/BT

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	20
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

2.7 Sistema di accumulo a batterie.

L'impianto agrivoltaico sarà provvisto di un sistema di accumulo a batterie (ESS) per una potenza complessiva di 25MW per una autonomia di circa 4 ore (100.000 kWh), per assorbire gli esuberanti di produzione e rilasciare l'energia accumulata durante le ore notturne (tipicamente dopo il tramonto) o, comunque, quando se ne faccia richiesta dal sistema, in modalità programmabile.

Il sistema di accumulo di energia (Energy Storage System – ESS) è costituito nel nostro caso sostanzialmente da 5 unità di storage, ciascuna dotata dei seguenti componenti principali:

- rack di batterie agli ioni di litio. I rack con i relativi sistemi di controllo, collegamenti ed apparecchiature di protezione sono contenuti in appositi container, come da figura sottostante



Figura 2: Container batterie (ESS)

Di seguito si riportano le caratteristiche principali del gruppo di conversione:

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	21
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

Battery Data	
Cell type	LFP
Battery capacity (BOL)	2752 kWh
Battery voltage range	1300 ~ 1500 V
General Data	
Dimensions of battery unit (W * H * D)	9340*2520*1730mm
Weight of battery unit	26,000kg
Degree of protection	IP 55/NEMA 3R
Operating temperature range	-30 to 50 °C (> 45 °C derating)
Relative humidity	0 ~ 95 % (non-condensing)
Max. working altitude	3000m
Cooling concept of battery chamber	Liquid cooling
Fire safety standard/Optional	Deluge sprinkler heads (standard), Fused sprinkler heads (optional),NFPA69 explosion prevention and ventilation IDLH gases(optional)
Communication interfaces	RS485, Ethernet
Communication protocols	Modbus RTU, Modbus TCP
Compliance	UL9540,UL9540A/NFPA 855
2 HOURS APPLICATION-ST2752UX*4-5000UD-MV-US	
BOL kWh(DC/AC LV Side)	11,008kWh DC/10,379kWh AC
ST2752UX Quantity	4
PCS Model	SC5000UD-MV-US
4 HOURS APPLICATION-ST2752UX*8-5000UD-MV-US	
BOL kWh(DC/AC LV Side)	22,016kWh/21,448kWh
ST2752UX Quantity	8
PCS Model	SC5000UD-MV-US
Grid Connection Data	
Max.THD of current	< 3 % (at nominal power)
DC component	< 0.5 % (at nominal power)
Power factor	> 0.99 (at nominal power)
Adjustable power factor	1.0 leading ~ 1.0 lagging
Nominal grid frequency	60 Hz
Grid frequency range	55 ~ 65 Hz
Transformer	
Transformer rated power	5,000 kVA
LV/MV voltage	0.9 kV / 34.5 kV
Transformer cooling type	ONAN (Oil Natural Air Natural)
Oil type	Mineral oil (PCB free) or degradable oil on request

Tabella 8: Caratteristiche principali sistema di accumulo (ESS)

- Unità di conversione e trasformazione (Power Conversion System – PCS), contenente gli inverter, il trasformatore MT/NT, oltre alle apparecchiature di protezione e controllo lato BT ed MT:

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	22
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.



Figura 3: Sistema di potenza di conversione energia batterie

Di seguito si riportano le caratteristiche principali del gruppo di conversione:

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	23
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

DC side	
Max. DC voltage	1500 V
Min. DC voltage	1300 V
DC voltage range	1300 – 1500 V
Max. DC current	2154 A ²
No. of DC inputs	2
AC side (Grid)	
AC output power	5000 kVA @ 40 °C / 5500 kVA @ 30 °C
Converter port max. AC output current	3208 A @ 40 °C / 3528 A @ 30 °C
Converter port nominal AC voltage	900 V
Converter port AC voltage range	792 – 990 V
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
Harmonic (THD)	< 3 % (at nominal power)
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 1 leading – 1 lagging
Adjustable reactive power range	-100 % – 100 %
Feed-in phases / AC connection	3 / 3
AC side (Off-Grid)	
Converter port nominal AC voltage	900 V
Converter port AC voltage range	792 – 990 V
AC voltage Distortion	< 3 % (Linear load)
DC voltage component	< 0.5 % Un (Linear balance load)
Unbalance load Capacity	100 %
Nominal Voltage frequency / Voltage frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
Efficiency	
Inverter max. efficiency	99 %
Transformer	
Transformer rated power	5000 kVA
Transformer max. power	5500 kVA
LV / MV voltage	0.9 kV / 20 – 35 kV
Transformer vector	Dy11
Transformer cooling type	ONAN
Oil type	Mineral oil (PCB free) or degradable oil on request
Protection	
DC input protection	Load break switch + fuse
Converter output protection	Circuit breaker
AC output protection	Circuit breaker
Surge protection	DC Type II / AC Type II
Grid monitoring / Ground fault monitoring	Yes / Yes
Insulation monitoring	Yes
Overheat protection	Yes
General Data	
Dimensions (W*H*D)	6058*2896*2438 mm
Weight	18000 kg
Degree of protection	IP54 (Converter: IP65)
Operating ambient temperature range	-35 to 60 °C (> 40 °C derating)
Allowable relative humidity range	0 – 100 %
Cooling method	Temperature controlled forced air cooling
Max. operating altitude	4000 m (> 2000 m derating)
Display	LED, WEB HMI
Communication	RS485, CAN, Ethernet
Compliance	CE, IEC 62477-1, IEC 61000-6-2, IEC61000-6-4
Grid support	L/HVRT, FRT, active & reactive power control and power ramp rate control, Volt-var, Volt-watt, Frequency-watt

Tabella 9: Caratteristiche principali sistema di conversione da batterie (PCS)

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	24
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MW_p CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	--	---

Il sistema di accumulo sarà ricollegato in MT a 30 kV alla Cabina di Smistamento Sottostazione (CSS), essendo posizionato in prossimità di quest'ultima nella Zona 3.

2.8 Strutture portanti moduli fotovoltaici (inseguitori monoassiali)

L'impianto fotovoltaico sarà così costituito da più "schiere" disposte in planimetria in modo parallelo l'une alle altre ed orientate nella direzione nord-sud con un azimut pari a 0°. La superficie fotovoltaica ruota attorno ad un asse orizzontale e sarà posizionata verso est al mattino, mentre si predisporrà verso ovest nelle ore serali. Ovviamente il passaggio di orientamento avverrà in modo lento lungo tutta la giornata.

Ciascuna "schiara fotovoltaica" dovrà essere ancorata al suolo: per il sostegno ed il fissaggio dei moduli fotovoltaici esse presentano superiormente una struttura metallica a telaio rigido realizzato con profilati in acciaio zincato. La struttura di sostegno dei moduli è a sua volta sorretta da un sistema di assi verticali ancorati al suolo, in numero tale da garantire una equa ripartizione dei carichi unitamente ad una adeguata compensazione delle sollecitazioni esercitate dal vento. Gli assi verticali saranno di altezza tale da consentire una libertà di manovra al di sotto della superficie fotovoltaica per le operazioni di pulizia e manutenzione della parte agraria ed in modo da non ostacolare il movimento rotatorio di quest'ultima. Nello specifico le dimensioni di una schiera sono tali da avere un ingombro massimo verticale come riportato nelle tavole allegate.

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	25
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

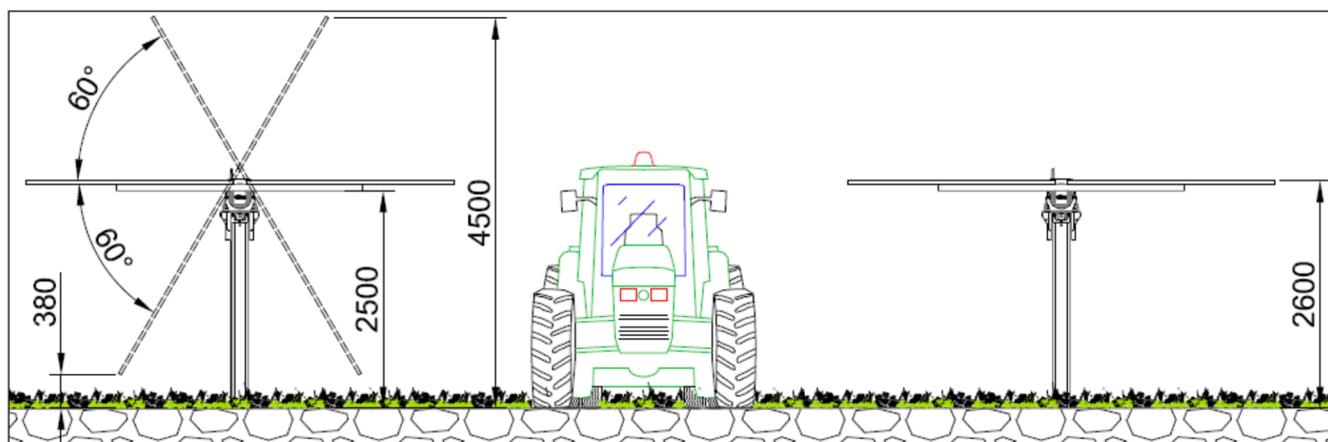


Figura 4: Schema della struttura sezione longitudinale e altezze componenti

Nei punti in cui sarà installato l'organo di movimentazione ed attuazione del sistema di inseguimento solare, al fine di garantire una maggiore ripartizione dei carichi e favorire il movimento delle schiere, si concentrerà un sistema di pali atto a conferire maggiore stabilità all'intero sistema di tracking. Le fondazioni dell'intera struttura saranno su pali di dimensioni diverse a seconda delle caratteristiche del terreno di posa.

I pannelli fotovoltaici, così costituiti, sono disposti in modo da far penetrare nel suolo sottostante luce e umidità a sufficienza per far sviluppare la flora e la rispettiva fauna e la distanza minima dal suolo del pannello potrebbe addirittura far ipotizzare di destinare a pascolo la superficie restante (compatibilmente con le altre attività del Centro).

Tale distanza dal suolo, oltre a favorire lo sviluppo della vegetazione, serve anche a prevenire il danneggiamento o l'insudiciamento dei moduli.

Tutti i componenti della struttura sono pre-assemblati e confezionati conformemente al tipo di modulo scelto.

Tutti i componenti sono realizzati in alluminio ed acciaio inox, con un'elevata resistenza alla corrosione che garantisce una lunga durata e offre la possibilità di riutilizzo completo o di riciclaggio dopo la dismissione dell'impianto.

		<p style="text-align: center;">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MW_p CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

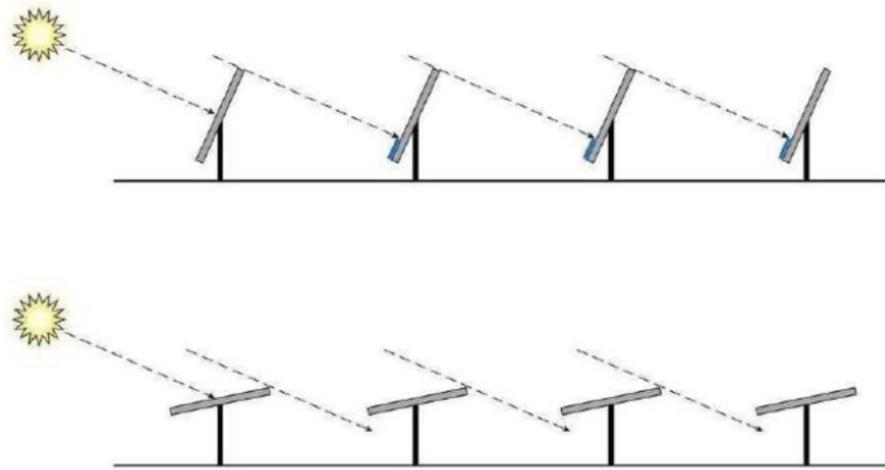


Figura 5: Schema della struttura – vista longitudinale

2.9 Collegamenti elettrici e cablaggi

All'interno dell'impianto fotovoltaico sono previste le seguenti connessioni:

- 1) connessioni in corrente continua:
 - a. connessione fra i moduli fotovoltaici per la realizzazione delle stringhe;
 - b. connessioni fra le stringhe, quadri di parallelo ed inverter.

I cavi utilizzati per l'interconnessione dei moduli fotovoltaici devono essere fascettati (per mezzo di fascette resistenti ai raggi UV, ossia con alto contenuto di grafite) alle strutture di sostegno degli stessi, mentre i cavi di prolungamento di ognuna delle stringhe confluiscono verso gli inverter con percorso prima libero (eventualmente su passerelle porta-cavi, posizionate sulle stesse strutture di sostegno) e poi in cavidotti di protezione in PVC del tipo corrugato interrato. Tali cavi sono del tipo Radox con sezione di 10mm² in modo da diminuire al minimo le perdite.

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	27
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---



2) connessioni in corrente alternata (media tensione): Tali tipi di cavi, del tipo AR4H1RX 18/30 kV, sono quelli relativi:

- a. ai circuiti che collegano le cabine di trasformazione MT/BT (skids - CT) previste presso - l'impianto fotovoltaico fino alla "cabina di smistamento" (per un maggiore di tale circuito, vedasi il Capitolo 3);
- b. al circuito in MT a 30 kV che collega la "cabina di raccolta" e la "cabina di ricezione";

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica, l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio).
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio).
- Conduttore di fase punti luce: grigio.
- Conduttore di fase prese luce: marrone.
- Conduttore di fase prese F.M.: grigio/nero.
- Conduttore per circuiti in CC: chiaramente siglato con indicazione del positivo con il simbolo '+' e del negativo con il simbolo '-'.

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	28
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p style="text-align: center;">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	--	---

2.10 Messa a Terra

Il collegamento al nodo equipotenziale di terra dei moduli e della struttura di sostegno avverrà secondo la normativa vigente, mediante conduttore di sezione e marchiatura già specificata ai paragrafi precedenti. In particolare, la linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici sarà messa a terra solamente tramite gli scaricatori di sovratensione per scariche d'origine atmosferica con indicazione ottica di fuori servizio e tasto 'test'.

Per quanto concerne i telai dei moduli e la struttura di sostegno, se la resistenza di terra fra la massa estranea (telai moduli) e la terra (ρ) è maggiore di 1.000 Ohm il collegamento a terra è vietato, altrimenti ($\rho < 1000$ Ohm) il collegamento a terra è obbligatorio (CEI 64-8) ed essi dovranno essere collegati elettricamente dal conduttore unipolare di sezione a norma di legge al nodo equipotenziale esistente.

2.11 Misuratore dell'energia immessa in rete

Il conteggio dell'energia immessa in rete sarà effettuato per mezzo di un misuratore posto immediatamente a valle del trasformatore elevatore AT/MT posto nella Cabina di Smistamento Sottostazione (CSS) ubicata in prossimità del punto di consegna. L'impianto, inoltre, tramite un'interfaccia seriale in dotazione agli inverter, sarà predisposto per poter accogliere, se richiesto, un sistema di monitoraggio dei dati della tensione e della corrente prodotta con relativo modulo di trasmissione telematica.

2.12 Dispositivi di protezione sul collegamento alla rete

La protezione del sistema di generazione fotovoltaica nei confronti sia della rete dell'auto-produttore che della rete di distribuzione pubblica sarà realizzata in conformità a quanto previsto dalle norme CEI 11-20 e CEI 0-16. L'impianto sarà pertanto equipaggiato con un sistema di protezione articolato su tre distinti livelli, ovvero:

- Dispositivo del generatore

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	29
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p style="text-align: center;">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	--	---

- Dispositivo di interfaccia
- Dispositivo generale

2.13 Sistema anti-intrusione

L'accesso alle varie aree recintate dei sottocampi sarà sorvegliato automaticamente da un sistema integrato Anti-intrusione composto essenzialmente da:

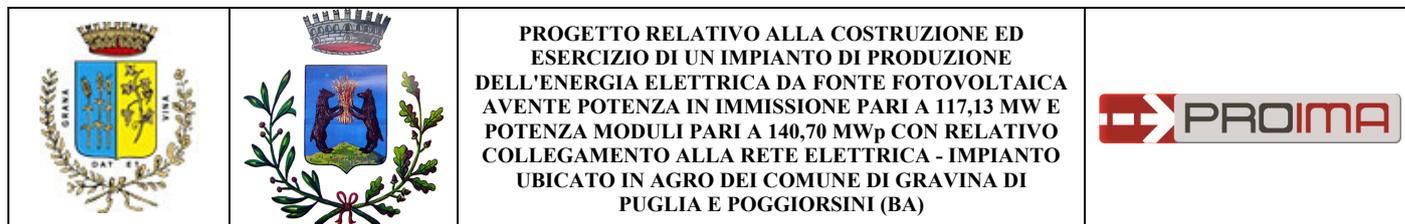
- telecamere TVCC tipo fisso Day-Night, per visione diurna e notturna, con illuminatore a IR, ogni 35-40 m;
- cavo alfa con anime magnetiche, collegato a sensori microfonic, aggraffato alle recinzioni a media altezza e collegato alla centralina d'allarme in cabina;
- barriere a microonde sistemate in prossimità della muratura di cabina smistamento o trasformazione più vicina all'ingresso e del cancello di ingresso;
- badge di sicurezza a tastierino, per accesso alla cabina;
- centralina di sicurezza integrata installata in cabina smistamento o trasformazione più vicina all'ingresso.

3 ELETTRODOTTO COLLEGAMENTO SKIDS IN MEDIA TENSIONE MT

3.1 Generalità

L'energia prodotta dalle singole cabine di trasformazione MT/BT ("skids" - CT) dell'impianto fotovoltaico è trasportata attraverso linee (o anelli) alla "Cabina di smistamento" delle varie zone che compongono l'impianto agrivoltaico nel complesso. Le varie cabine di smistamento di zona sono poi collegate alla Cabina di Smistamento Sottostazione (CSS) situata, appunto, all'interno della sottostazione di trasformazione AT/MT presso la "Zona 3" (vedere elaborati grafici di progetto)

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	30
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.



Il collegamento della linea nelle celle MT di arrivo e partenza (installate all'interno di ciascuna delle cabine di trasformazione MT/bt) alle sue estremità sarà realizzato mediante apposita terminazione tripolare per interno di tipo retraibile, con idonei capicorda a compressione bimetallici per cavi in alluminio dello spessore previsto.

Ciascun tratto di cavo di tale elettrodotto sarà costituito da terne di cavi unipolari aventi tensione di esercizio di 30 kV, posate in apposite trincee all'interno dell'area dell'impianto fotovoltaico.

Per maggiori dettagli si faccia riferimento alla documentazione presente negli elaborati riguardanti il cavidotto di collegamento tra le varie cabine di trasformazione.

3.2 Descrizione del tracciato del cavo

Nella figura sotto è riportato uno schema a blocchi degli anelli dell'impianto fotovoltaico in oggetto, dal quale si evince la potenza nominale AC di ciascuna cabina di smistamento MT, nonché la sezione del cavo MT previsto.

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	31
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

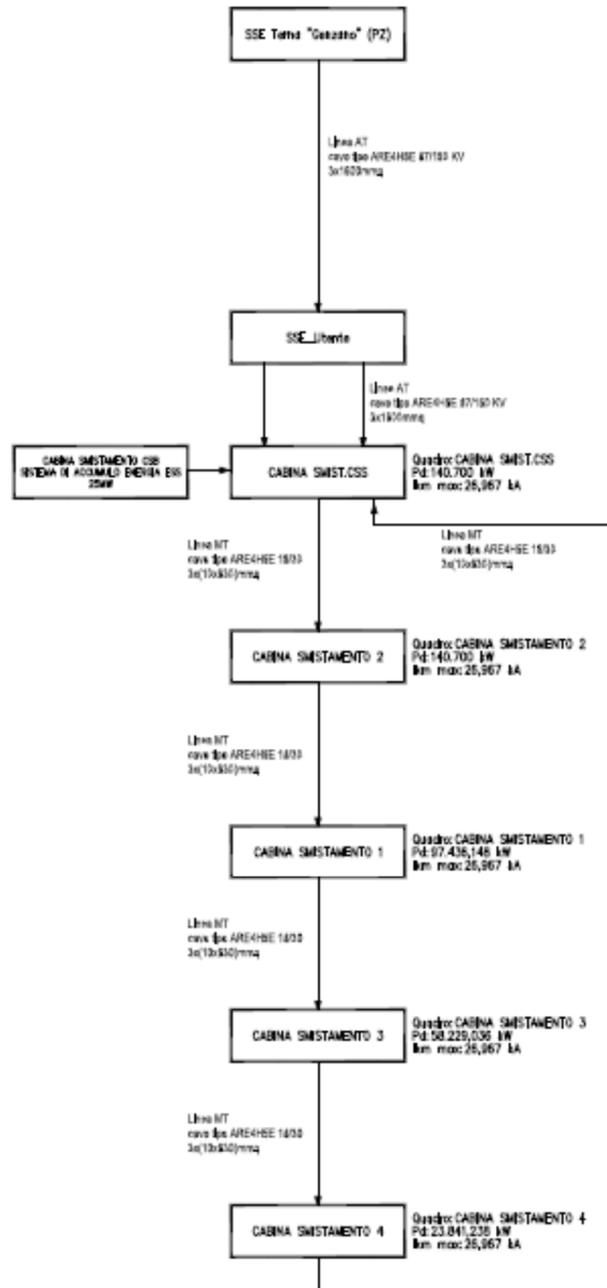


Figura 6: Schema a blocchi anello MT di collegamento cabine di smistamento MT

3.3 Dimensionamento del cavidotto

Le linee costituenti gli anelli in MT saranno realizzate internamente all'impianto fotovoltaico e

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	32
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p style="text-align: center;">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	--	---

anche lungo le strade provinciali e/o comunali, come da elaborati allegati, per il collegamento della cabina di smistamento sottostazione e le cabine di smistamento locali in vari sottocampi. Saranno comunque tutte in cavo interrato, in modo da ridurre al minimo l'impatto ambientale.

Per ciascuna linea in MT si prevede l'utilizzo di cavi unipolari ad elica avvolta, posati a trifoglio con conduttore in alluminio, per i quali il calcolo delle sezioni, e delle relative perdite di potenza si rimanda ai paragrafi successivi.

3.4 Rete di terra Cabina di Smistamento e delle Cabine di Trasformazione

Per quanto riguarda la rete di terra della Cabina di Smistamento e delle Cabine di Trasformazione, si ritengono valide tutte le considerazioni precedentemente esposte con riferimento alla SSE ed al parco fotovoltaico.

In particolare, la realizzazione dell'impianto di terra dei fabbricati Cabine di Trasformazione e Cabine di smistamento consisterà nelle seguenti attività:

- Installazione di collettori di terra in piatto di rame 60x6 mm sulle pareti;
- Esecuzione delle derivazioni di messa a terra delle masse metalliche fisse verso i
- collettori, con piatto di rame 40x3 mm;
- Connessioni di continuità elettrica delle carpenterie mobili, con conduttori flessibili di sezione:
 - 50 mmq per la messa a terra dei pannelli mobili (ante di celle ed armadi);
 - 70 mmq per la messa a terra delle parti mobili tipo aste di manovra.
- Posa e collegamento, con doppio cavo in rame da 70mmq, alla rete di terra del fabbricato che sarà, a sua volta, così costituita:
 - un anello perimetrale di forma rettangolare in corda di rame nudo di sezione 50 mmq a 7 fili elementari posata a quota -0,65 m, con sviluppo totale LP del conduttore perimetrale pari a: LP = 50 m
 - n. 4 dispersori puntuali a picchetto in profilato di acciaio, di lunghezza pari a 1,5 m, posizionati in prossimità dei vertici dell'anello. In alternativa potranno essere utilizzati

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	33
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.



n. 4 dispersori a piastra in acciaio zincato di lato pari a 0,6 m.

L'installazione dei collettori di terra e delle derivazioni alle masse metalliche dovrà essere opportunamente distanziata dalla parete mediante interposizione di distanziali in resina autoestinguente, ed il fissaggio a parete dovrà essere eseguito con viti in acciaio e tasselli in PVC.

Le sbarre in rame dell'impianto di terra interno ai fabbricati dovranno essere verniciate sulle parti a vista, in GIALLO con strisce VERDI, oppure con il simbolo di terra (verniciato o prestampato, ben adesivo e resistente).

4 ELETTRODOTTO DI EVACUAZIONE IN ALTA TENSIONE

4.1 Descrizione del tracciato del cavo

Il tracciato dell'elettrodotto di evacuazione 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 sia per occupare la minor porzione possibile di territorio, sia per non superare certi limiti di convenienza tecnico economica;
- mantenere il tracciato del cavo il più possibile all'interno delle strade esistenti, soprattutto in corrispondenza dell'attraversamento di nuclei e centri abitati (ove presenti), 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, i tracciati sono stati progettati

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	34
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MW_p CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	--	---

tenendo conto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T.

4.2 Sottostazione di trasformazione AT/MT

La sottostazione posta in prossimità della Strada Provinciale n.8, in apposita area della Zona 3 indicata sugli elaborati grafici di progetto, sarà composta essenzialmente da:

- Cabina di smistamento, con le celle MT di collegamento con le cabine di smistamento locali (vedere la descrizione della parte Media Tensione per le caratteristiche dei vari componenti);
- sezione di trasformazione AT/MT, con due trasformatori da 75-84 MVA
- interruttori e sezionatori in AT per la connessione con la sotto stazione di Genzano (PZ)
- Terminali di cavo AT.

4.2.1 Trasformatore AT/MT

Si riportano di seguito le caratteristiche principali dei trasformatori AT/MT proposti.

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	35
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p style="text-align: center;">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	--	---

Technical Description	
Applicable standard	IEC 60076, IEC 60296, IEC 60137, IEC 60214
Installation	Outdoor
Transformer type	Power Oil Transformer Three-phase
Cooling system	ONAN/ONAF
Means of cooling	Radiators on the tank side + fans
Tap changer on HV side	On-load, vacutap
Tap changer on LV side	N.A.
Magnetic core	Three limbs core type, made by cold rolled grain oriented sheet steel
Windings	Circular concentric construction, made by electrolytic copper conductors insulated with KRAFT paper or paperless/netting tape
Tank	Welded tank with bolted cover
Insulation class	A
Insulating oil	Mineral non-inhibited
Painting	Internal: Hot-oil-resistant paint External: RAL 7033

Tabella 10: Descrizione tecnica Trasformatore AT/MT

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	36
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)	
---	---	---	---

Technical characteristics		ITEM 009 A	
Applicable standard		IEC 60076	
Rated frequency	Hz	50	
Rated voltage ratio (no-load)	kV	150 ± 12 x 1,25% / 31	
Vector group		YNd11	
Cooling system		ONAN/ONAF	
Rated power	MVA	75/84	
No-load losses	kW	35,3	(IEC tol.)
Load losses	kW	279	(IEC tol.)
Short-circuit impedance	%	11,2	(IEC tol.)
Max ambient temperature	°C	40	
Top oil temperature rise	K	60	
Average winding temperature rise	K	65	
Hot-spot winding temperature rise	K	78	

Insulation levels		HV	HV-N	LV	LV-N
Full wave lightning impulse LI	kV	650	650	170	N/A
Applied voltage AV	kV	275	275	70	N/A

Bushing		HV	HV-N	LV	LV-N
Type		OIP Ceramic	OIP Ceramic	Solid oil/air Ceramic	N/A
Nominal Voltage (U _m)		170	170	36	N/A
Full wave lightning impulse LI	kV	≥ 650	≥ 650	170	N/A
Current	A	≥ 800	≥ 800	≥2000	N/A

Weights and Dimensions (approximate values)		
Oil weight	kg	24 500
Total weight	kg	100 000
Total dimensions (L x W x H)	m	7,5 x 5,0 x 6,0

Tabella 11: Specifiche tecniche Trasformatore AT/MT

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	37
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p style="text-align: center;">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	--	---

4.3 Apparecchiature AT

4.3.1 Interruttore AT

L'interruttore in alta tensione sarà isolato in aria e presenterà le seguenti caratteristiche principali

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	38
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p style="text-align: center;">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	--	---

Technical data according to	IEC-62271-100
Ambient temperature range	-20/+50 °C
Auto-reclosing, suitable for number of phases	3
Insulator material	Composite
Insulation capacity	
Max. erection altitude	1.000 m
Rated voltage	170,0 kV
Service voltage	170,0 kV
Rated power frequency withstand voltage	
- to earth	325 kV
- across the open breaker	325 kV
- between phases	325 kV
Rated lightning impulse withstand voltage	
- to earth	750 kV
- across the open breaker	750 kV
- between phases	750 kV
Breaking capacity	
Arcing time (max.)	20 ms
Rated normal current	3150,00 A
Rated short-circuit breaking current	40,0 kA
Rated duration of short-circuit	1 s
Rated frequency	50 Hz
Rated operating sequence	O-0,3s-CO-1min-CO
Rated short-circuit making current	100,00 kA
First-pole-to-clear factor	1,5 p.u.
Rated Out-of-phase breaking current	10,0 kA
Out-of-phase factor PH	2,50 p.u.
----- Breaking of capacitive currents -----	
Unloaded overhead lines - breaking current	63,00 A
at a voltage factor of	1,40 p.u.
Unloaded cable - breaking current	160,00 A
at a voltage factor of	1,40 p.u.
Operating times	
Make time (min.)	68±7 ms
Closing time (rated)	68±7 ms
Rated break time	Max. 60 ms
Opening time (rated)	< 35 ms
Dead time	300 ms
Simultaneity difference between poles (ON/OFF)	max.3/ max.2 ms

Tabella 12: Caratteristiche tecniche principali interruttore AT

4.3.2 Relè di protezione AT

L'interruttore sarà dotato di un relè elettronico di protezione che presenterà almeno le seguenti funzioni di protezione (codice ANSI):

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	39
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p>PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	--	--	---

CODICE	FUNZIONE DI PROTEZIONE
27	minima tensione
59	massima tensione
81<	minima frequenza
81>	massima frequenza
59N	massima tensione verso terra
50-51	massima corrente di fase
87T	protezione differenziale trasformatore

Tabella 13: Funzioni di protezione relè AT

4.3.3 Sezionatore AT di linea

Il sezionatore AT di linea con lame di terra (LT) presenterà le seguenti caratteristiche principali:

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	40
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

Tipo costruttivo	:	TCB-E 145-170
Esecuzione	:	trifase
Isolamento	:	aria
Norme di riferimento	:	CEI EN 61129
Tensione nominale e massima	:	170 kV
Tensione di tenuta a frequenza industriale	:	
- verso terra e tra i poli	:	275 kV
- sulla distanza di sezionamento	:	315 kV
Tensione di tenuta ad impulso atmosferico	:	
- verso terra e tra i poli	:	650 kV
- sulla distanza di sezionamento	:	750 kV
Frequenza nominale	:	50 Hz
Corrente nominale	:	1.250 A
Corrente di breve durata ammissibile nominale (1 sec.)	:	31,5 kA
Corrente di cresta ammissibile nominale	:	78,8 kA
Comando tripolare	:	
- lame di linea	:	motore / manuale
- lame di terra	:	manuale
Contatti ausiliari	:	
- lame di linea	:	6NA+6NC
- lame di terra	:	4NA+4NC
Alimentazione circuiti ausiliari	:	
- motore	:	110 V CC
- circuiti di comando	:	110 V CC
- resistenza di riscaldamento	:	220 V 50 Hz
Isolatori	:	
- tipo	:	C4-650
- materiale	:	porcellana
- colore	:	marrone
Catalogo	:	TCB

Tabella 14: Foglio dati - Sezioantore tripolare con LT

4.4 Dimensionamento del cavidotto

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	41
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

Per l'elettrodotto di evacuazione si prevede l'utilizzo di cavi unipolari ad elica avvolta, posati a trifoglio con conduttore in alluminio, per il cui criterio di calcolo della sezione e delle relative perdite di potenza si rimanda ai paragrafi successivi.

4.5 Linee elettriche alta tensione

L'elettrodotto interrato sarà realizzato con linee in cavo di seguenti caratteristiche principali:

Single-core cable with aluminium round compacted conductor, XLPE insulation, smooth welded aluminium sheath, polyethylene oversheath	
<i>General Description:</i>	
Cable code:	75471002752042
Standard specification:	IEC 60840, UX LK101, UX LK102
Type of cable:	XLPE/SWAS/HDPE – ARE4H5E
Rated voltage U ₀ /U (U _{max}):	87/150 (170) kV
Number of cores x Nominal cross-section:	1x1600 mm ²
Approximate cable overall diameter:	100.3 mm
Approximate cable overall weight:	10.5 kg/m
Nominal drum length (Tolerance):	36 drums of 1000 m (-0%, +1%) (Total quantity: 36 km/3 phases/4 Major sections/12 minor sections)
Oversheath marking by embossing as follows: TERNA 101/31 AL – ARE4H5E 87/150 KV 1600 AL HELLENIC CABLES 0317 ELECTRIC CABLE IEC 60840 - 2021 T1* * Year and quarter of manufacture Meter marking at one-meter intervals by ink on oversheath	

Figura 7: Caratteristiche tecniche generali cavo AT ARE4H5E 87/150 kV

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	42
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

Frequency:	50	Hz		
Maximum conductor's temperature at continuous operation:	90	°C		
Maximum conductor DC resistance at 20°C:	0.0186	Ω/km		
Calculated conductor AC resistance at maximum operating temperature: <i>Cables in triangular touching formation</i>	0.029	Ω/km		
Calculated conductor AC resistance at maximum operating temperature: <i>Fiat formation with axial distance between phases equal to 151 mm</i>	0.028	Ω/km		
Calculated inductance: <i>Cables in triangular touching formation</i>	0.338	mH/km		
Calculated inductive reactance: <i>Cables in triangular touching formation</i>	0.106	Ω/km		
Calculated inductance: <i>Fiat formation with axial distance between phases equal to 151 mm</i>	0.466	mH/km		
Calculated inductive reactance: <i>Fiat formation with axial distance between phases equal to 151 mm</i>	0.146	Ω/km		
Nominal phase capacitance:	0.252 + 8%	µF/km		
Calculated charging current: <i>Based on the calculated phase capacitance and operating phase-to-ground voltage</i>	6.9	A/km/phase		
Reactive losses due to cable capacitance: <i>Based on the calculated charging current</i>	600.4	VAr/m/phase		
Design electric stress at the insulation inner surface: <i>Based on design inner diameter and nominal thickness</i>	6.62	kV/mm		
Design electric stress at the insulation outer surface: <i>Based on design outer diameter and nominal thickness</i>	3.95	kV/mm		
Calculated induced voltage on the metallic sheath: <i>Triangular touching formation</i>	50.0	mV/A/km		
Calculated induced voltage on the metallic sheath: <i>Fiat formation with axial distance between phases equal to 151 mm</i>	104.5	mV/A/km		
Conductor's short-circuit withstand capability for 0.50 sec duration: <i>Temperature at the beginning of the short-circuit:</i>	214.9 90	kA °C		
<i>Temperature at the end of the short-circuit:</i>	250	°C		
Metallic sheath's short-circuit withstand capability for 0.50 sec duration: <i>Temperature at the beginning of the short-circuit:</i>	31.5 is fulfilled 80	kA °C		
<i>Temperature at the end of the short-circuit:</i>	250	°C		
Zero sequence impedance: <i>Return through metallic sheath only, resistance calculated at 20°C</i>	0.136+j 0.056	Ω/km		
Continuous current (Load factor: 1.0) carrying capacity of cables laid directly in ground <i>Soil thermal resistivity: 1.0 K.m/W, depth of laying: 1.20 m, ground temperature: 20 °C, one circuit, installation conditions according to UX LK101, Clause 2 Moisture migration effect is not taken into account. Special measures should be taken in order to avoid this detrimental effect.</i>				
<i>Triangular touching formation, metallic sheaths cross-bonded</i>				
A	Current: (Transferred power):	1038 (269.7)	A, for each phase (MVA), for 3 phases	
	Losses	Dielectric:	0.60	W/m/phase
		Conductor:	30.8	W/m/phase
		Metallic sheath:	5.1	W/m/phase
<i>Fiat formation with axial distance between phases equal to 151 mm according to UX LK101, Clause 2, metallic sheaths cross-bonded</i>				
B	Current: (Transferred power):	1113 (289.2)	A, for each phase (MVA), for 3 phases	
	Losses	Dielectric:	0.60	W/m/phase
		Conductor:	34.3	W/m/phase
		Metallic sheath:	4.8	W/m/phase

Figura 8: Caratteristiche elettriche cavo AT ARE4H5E 87/150 kV

5 LINEE ELETTRICHE IN MEDIA TENSIONE

5.1 Premessa

Le linee in media tensione 30 kV (sia quelle di collegamento (anelli) tra le varie cabine di trasformazione (skid) MT/BT, sia tra le varie cabine di smistamento) dovranno rispondere alle caratteristiche di norma per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali utilizzati nonché la

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	43
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MW_p CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	--	---

modalità di costruzione dei cavidotti e di posa dei cavi elettrici.

5.2 Caratteristiche tecniche del cavo

Il cavo di media tensione sarà del tipo riportato nella tabella sottostante:

Tipologia Cavo	ARE4H1EX o ARE4H5EX, U _o /U: 18/30 kV, U _{max} : 36 kV
Materiale	alluminio
Formazione e sezione	varie a seconda della tratta

Le caratteristiche elettriche di portata e resistenza di tali cavi, sezione per sezione, sono riportate nella tabella sottostante (portata valutata per posa interrata a 1,2 m di profondità, temperatura del terreno di 20° C e resistività termica del terreno di 1 K m/W):

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	44
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

ARE4H1RX - Elica visibile - 18/30 kV

18/30 kV Caratteristiche elettriche - electrical characteristics

Formazione	Capacità nominale	Corrente capacitiva nominale a tensione U_0	Reattanza di fase a 50 HZ	Resistenza massima in CC del conduttore a 20°C	Resistenza massima in CC dello schermo a 20°C	Resistenza massima in CA del conduttore a 90°C	Portata di corrente	Corrente di corto circuito del conduttore	
Size	Nominal capacity	Nominal capacitive current at voltage U_0	Reactance phase 50HZ	Conductor max electrical resist. CC at 20°C	Screen max electrical resist. CC at 20°C	Conductor max electrical resist. CA at 20°C	Current rating	Short circuit current conductor (1s)	
$n^{\circ} \times mm^2$	mm	A/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	In aria a 30° C Interrato a 20° C Underground at 20° C	kA	
35	0,13	0,74	0,153	0,868	3,0	1,115	160	156	3,2
50	0,13	0,83	0,149	0,641	3,0	0,825	198	181	4,6
70	0,15	0,92	0,140	0,443	3,0	0,570	243	222	6,5
95	0,16	1,01	0,132	0,320	3,0	0,412	289	263	8,8
120	0,18	1,10	0,127	0,253	3,0	0,328	334	296	11,1
150	0,19	1,16	0,123	0,206	3,0	0,268	373	337	13,8
185	0,21	1,22	0,119	0,164	3,0	0,213	426	371	17,0
240	0,22	1,37	0,115	0,125	3,0	0,163	494	419	22,1
300	0,24	1,49	0,111	0,100	3,0	0,132	555	469	27,6
400	0,27	1,64	0,107	0,0778	3,0	0,103	630	526	36,8
500	0,29	1,79	0,103	0,0605	3,0	0,081	714	581	46,0
630	0,32	1,96	0,100	0,0469	3,0	0,064	793	625	58,0
3x1x35	0,13	0,74	0,153	0,868	3,0	1,115	160	156	3,2
3x1x50	0,13	0,83	0,149	0,641	3,0	0,825	198	181	4,6
3x1x70	0,15	0,92	0,140	0,443	3,0	0,570	243	222	6,5
3x1x95	0,16	1,01	0,132	0,320	3,0	0,412	289	263	8,8
3x1x120	0,18	1,10	0,127	0,253	3,0	0,328	334	296	11,1
3x1x150	0,19	1,16	0,123	0,206	3,0	0,268	373	337	13,8
3x1x185	0,21	1,22	0,119	0,164	3,0	0,213	426	371	17,0
3x1x240	0,22	1,37	0,115	0,125	3,0	0,163	494	419	22,1
3x1x300	0,24	1,49	0,111	0,100	3,0	0,132	555	469	27,6

Tabella 15: Caratteristiche principali cavo MT 18/30 kV

Le terne saranno costituite da cavi tripolari precordati isolati in gomma HEPR di qualità G7, sotto guaina di PVC, con conduttori in alluminio, formazione rigida compatta, classe 2.

Lo strato semiconduttore interno del cavo è estruso, l'isolamento in gomma HEPR, qualità G7 senza piombo; lo strato del semiconduttore è estruso, pelabile a freddo, lo schermo è realizzato in fili di rame rosso con nastro di rame in contospirale, guainetta in PVC, armatura realizzata da due nastri di alluminio, avvolti a coprigiunto e la guaina composta da una miscela a base di PVC, qualità Rz (Colore: rosso).

Per quanto riguarda l'impiego, tali conduttori sono adatti per il trasporto di energia tra le cabine

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	45
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

di trasformazione e le grandi utenze; essi si prestano alla posa in aria libera, in tubo o canale. Se necessario, essendo ammessa posa interrata anche non protetta, in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17 essi potranno per alcuni tratti essere posizionati direttamente interrati, posti ad una profondità minima di circa 1,2 mt dal livello di superficie, opportunamente segnalata e protetta da cupolino metallico o cemento.

5.3 Controlli e verifiche

Le verifiche da effettuare saranno di due tipologie:

- controlli in corso d'opera;
- controlli ai fini del collaudo comprese le verifiche elettriche.

Per quanto riguarda la prova di tensione applicata sui cavi a 30 kV, se espressamente richiesto, sarà effettuata la prova alla tensione a Norma CEI 11-17 di 3U₀ (efficaci) ed alla frequenza di 0,1 Hz applicata tra conduttore e lo schermo metallico per la durata di 15 minuti.

6 APPARECCHIATURE MT

6.1 Scomparti di protezione

Le sezioni di arrivo e partenza in MT (30 kV) di ogni cabina di trasformazione MT/BT saranno ognuna composta da:

- uno scomparto di arrivo cavi e risalita sbarre costituito da:
 - sbarre e isolatori portanti
 - chiusura di fondo
- uno scomparto protezione costituito da:
 - sezionatore di isolamento lato sbarre
 - sezionatore di terra lato cavi
 - interblocco di sicurezza tra sezionatore lato sbarre e sezionatore di terra

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	46
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

- interruttore con sganciatore di apertura
- relè di protezione
- blocchi meccanici e di sicurezza

Ogni quadro sarà di tipo protetto, con sbarre isolate in aria.

Il sezionatore di linea sarà in aria di tipo rotativo con telaio a cassetto o con isolamento in SF6 ed involucro in acciaio inox, sarà completo di interblocco con il sezionatore di terra, di blocco a chiave e di contatti di segnalazione.

L'interruttore sarà di tipo in vuoto o in gas SF6, sarà equipaggiato con sensori di corrente per l'alimentazione del relè di protezione e sganciatore di apertura; sarà completo di blocco a chiave e di contatti di segnalazione.

Il relè di protezione dovrà prevedere le funzioni 50, 51, 50N, 51N, 67N, 27, 59, 59N, oltre alle misure amperometriche e voltmetriche.

Le principali caratteristiche elettriche delle apparecchiature MT sono:

- Tensione massima di esercizio 24/36 kV
- Tensione di tenuta a impulso 170 kV
- Tensione di tenuta a frequenza industriale 70 kV
- Corrente di sbarra 1.250 A
- Corrente di derivazione 630 A
- Potere di interruzione degli interruttori 31,5 kA

Gli scomparti di media tensione avranno dimensioni approssimative pari a:

- lunghezza 6.000 mm
- profondità 1.200 mm
- altezza 2.000 mm

Le dimensioni potranno variare in funzione della scelta del fornitore delle apparecchiature.

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	47
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p style="text-align: center;">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MW_p CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

6.2 Sezione ausiliaria

Sarà presente, inoltre, una Sezione ausiliaria composta da uno scomparto protezione ed un trasformatore 30/0,4 kV della potenza di 100 kVA per l'alimentazione dei servizi ausiliari quali alimentazione dei relè di protezione degli interruttori, illuminazione, servizi di sicurezza, sistema di controllo.

6.3 Dispositivi di protezione

Lo scomparto di protezione sarà composto da:

- sezionatore di isolamento lato sbarre
- sezionatore di terra lato cavi
- interblocco di sicurezza tra sezionatore lato sbarre e sezionatore di terra
- interruttore con sganciatore di apertura
- relè di protezione
- blocchi meccanici e di sicurezza

Lo scomparto sarà di tipo protetto, con sbarre isolate in aria.

Il sezionatore di linea sarà in aria di tipo rotativo con telaio a cassetto o con isolamento in SF6 e involucro in acciaio inox; sarà completo di interblocco con il sezionatore di terra, di blocco a chiave e di contatti di segnalazione.

L'interruttore sarà di tipo in vuoto o in gas SF6, sarà equipaggiato con sensori di corrente per l'alimentazione del relè di protezione e sganciatore di apertura; sarà completo di blocco a chiave e di contatti di segnalazione.

Il relè di protezione dovrà prevedere le funzioni 50, 51, 50N, 51N, oltre alle misure amperometriche e voltmetriche.

6.4 Installazione

L'accesso ai trasformatori sarà subordinato all'apertura e sezionamento dei rispettivi interruttori

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	48
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

di MT e BT. L'accesso ad ogni locale trasformatori ausiliari sarà chiuso con parete e porta a griglia e consentito solo con il trasformatore sezionato ed il corrispondente cavo di MT sezionato e messo a terra.

7 MISURE DI PROTEZIONE E COLLEGAMENTO ALLA RETE

7.1 Protezione contro il cortocircuito

Nella parte di circuito in corrente continua non è prevista alcuna protezione contro il cortocircuito.

Nel circuito in corrente alternata la protezione è assicurata dal dispositivo limitatore contenuto all'interno dell'inverter stesso. L'interruttore magnetotermico posto a valle di ciascun inverter agisce inoltre in aiuto all'azione del dispositivo di protezione posto all'interno dei gruppi di conversione.

7.2 Sezione dei conduttori di protezione

Il conduttore di protezione, collegato alle strutture di fissaggio dei moduli fotovoltaici avrà una sezione pari a 6 mm². A valle degli scaricatori di sovratensione, la sezione del conduttore di protezione sarà di 16 mm², questo per poter assicurare un corretto funzionamento dei dispositivi collegati.

7.3 Misure di protezione contro i contatti diretti

Si ha un contatto diretto quando una parte del corpo umano viene a contatto con una parte dell'impianto elettrico normalmente in tensione (conduttori, morsetti, ecc.). La protezione delle persone contro i contatti diretti con parti attive in tensione sarà assicurata tramite isolamento delle parti medesime. L'isolamento dovrà essere in grado di sopportare una tensione di prova di 500V

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	49
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p style="text-align: center;">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	--	---

in c.a. per un minuto, così come certificato da istituto di controllo o dichiarato dal costruttore stesso. Per l'isolamento applicato durante l'installazione, si farà uso di nastri isolanti a marchio IMQ in quantità e nel modo più opportuno a conservare le caratteristiche di isolamento dei materiali costruiti in fabbrica. Tutte le parti in tensione dovranno essere contenute entro involucri aventi grado di protezione minimo IPXXB (Norma CEI 70-1) apribili solo mediante attrezzo.

7.4 Protezione contro i contatti diretti lato corrente alternata

Si attua la protezione contro i contatti diretti ponendo in essere tutte quelle misure e accorgimenti idonei a proteggere le persone dal contatto con le parti attive di un circuito elettrico.

La protezione può essere parziale o totale.

La scelta tra la protezione parziale o totale dipende dalle condizioni d'uso e d'esercizio dell'impianto (può essere parziale solo dove l'accessibilità ai locali è riservata a persone addestrate).

La Norma CEI 64-8 prevede inoltre quale misura addizionale di protezione contro i contatti diretti l'impiego di dispositivi a corrente differenziale.

7.5 Misure di protezione totali

Sono destinate alla protezione di personale non addestrato e si ottengono mediante:

1. Isolamento delle parti attive. Devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:
 - a. parti attive ricoperte completamente con isolamento che può essere rimosso solo a mezzo di distruzione;
 - b. gli altri componenti elettrici devono essere provvisti di isolamento resistente alle azioni meccaniche, chimiche, elettriche e termiche alle quali può essere soggetto nell'esercizio.
2. Involucri o barriere. Devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:
 - a. parti attive contenute entro involucri o dietro barriere con grado di protezione almeno

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	50
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p style="text-align: center;">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	--	---

IP2X o IPXXB;

- b. superfici orizzontali delle barriere o involucri a portata di mano, con grado di protezione almeno IP4X o IPXXD;
- c. involucri o barriere saldamente fissati in modo da garantire, nelle condizioni di servizio prevedibili, la protezione nel tempo;
- d. barriere o involucri devono poter essere rimossi o aperti solo con l'uso di una chiave o di un attrezzo speciale;
- e. il ripristino dell'alimentazione deve essere possibile solo dopo sostituzione o richiusura delle barriere o degli involucri.

7.6 Misure di protezioni parziali

Sono destinate unicamente a personale addestrato; si attuano mediante ostacoli o distanziamento.

Impediscono il contatto non intenzionale con le parti attive. Nella pratica sono misure applicate solo nelle officine elettriche. Devono essere rispettate le seguenti prescrizioni.

1. Ostacoli. Devono impedire:
 - a. l'avvicinamento non intenzionale del corpo a parti attive;
 - b. il contatto non intenzionale con parti attive durante lavori sotto tensione nel funzionamento ordinario.
 - c. Gli ostacoli possono essere rimossi senza una chiave o un attrezzo speciale, ma devono essere fissati in modo da impedirne la rimozione accidentale.
2. Distanziamento. Deve avvenire:
 - a. Il distanziamento delle parti simultaneamente accessibili deve essere tale che esse non risultino a portata di mano.
 - b. La zona a portata di mano inizia dall'ostacolo (per es. parapetti o rete grigliata) che abbia un grado di protezione < IPXXB.

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	51
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p style="text-align: center;">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	--	---

7.7 Misura di protezione aggiuntiva mediante interruttori differenziali

La protezione con interruttori differenziali con $I_{dn} = 300 \text{ mA}$, pur eliminando gran parte dei rischi dovuti ai contatti diretti, non è riconosciuta quale elemento unico di protezione completa e richiede comunque l'abbinamento con una delle misure di protezione di cui ai precedenti paragrafi.

7.8 Protezione contro i contatti diretti lato corrente continua

La protezione contro i contatti diretti deve essere realizzata utilizzando componenti con livello e classe di isolamento adeguati alla specifica applicazione, secondo quanto prescritto dalla Norma CEI 64-8. Anche l'installazione dei componenti e i relativi cablaggi devono essere effettuati in ottemperanza alle prescrizioni di detta norma.

Si ricorda, a questo proposito, che le misure di protezione contro i contatti diretti, in bassa tensione, possono essere tali da evitare qualsiasi rischio elettrico (protezione totale) oppure no (protezione parziale). Le prime vengono realizzate per proteggere le persone prive di conoscenze dei fenomeni e dei rischi elettrici associati: cioè quelle che nella Norma CEI 11 27 vengono definite Persone Comuni (PEC) e che non eseguono lavori elettrici se non a determinate condizioni; le altre protezioni vengono attuate per le Persone Esperte (PES) o Persone Avvertite (PAV) anch'esse definite nella norma succitata, le quali sono in possesso di adeguate conoscenze dei fenomeni elettrici e vengono appositamente addestrate per eseguire i lavori elettrici.

7.9 Protezione contro i contatti indiretti

Devono essere protette contro i contatti indiretti tutte le parti metalliche accessibili dell'impianto elettrico e degli apparecchi utilizzatori, normalmente non in tensione ma che, per cedimento dell'isolamento o per altre cause accidentali, potrebbero trovarsi sotto tensione. L'impianto fotovoltaico in oggetto si configura come sistema TN-S, ovvero sistemi che hanno il neutro collegato direttamente a terra (il centro stella dell'avvolgimento lato BT del trasformatore di potenza MT-BT del distributore) e tutte le masse dell'impianto collegate a terra per mezzo del

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	52
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.



conduttore di protezione. Pertanto, per la protezione contro i contatti indiretti, si farà ricorso ad una delle misure di seguito indicate in funzione delle caratteristiche del circuito:

- Protezione mediante doppio isolamento: la protezione delle persone dai contatti indiretti sarà assicurata con l'utilizzo di apparecchi e componenti aventi doppio isolamento delle parti attive (componenti in Classe II). Detti apparecchi saranno contrassegnati dal doppio quadrato concentrico e non dovranno avere nessuna loro parte collegata all'impianto di terra;
- Interruzione automatica dell'alimentazione: subito a valle di ogni singolo inverter ovvero sul lato corrente alternata, sarà installato un interruttore automatico in grado di interrompere il parallelo dell'inverter con la rete in caso di cedimento dell'isolamento nella sezione in corrente continua.
- Realizzazione dell'impianto di messa a terra: l'intero campo fotovoltaico sarà dotato di un proprio impianto di terra al quale saranno collegate tutte le masse metalliche e le masse estranee. L'impianto deve soddisfare le prescrizioni delle vigenti Norme CEI 64-8 e CEI EN 61936-1 (CEI 99-2) e dovrà essere realizzato in maniera da permettere le verifiche periodiche di efficienza;
- Equipotenzialità delle masse estranee: tutte le masse estranee che possono introdurre o trasportare il potenziale di terra, entranti e/o presenti all'interno del campo fotovoltaico, devono essere elettricamente collegate all'impianto di messa a terra generale. Il conduttore equipotenziale principale che collega le tubazioni suddette deve avere una sezione non inferiore a metà di quella del conduttore di protezione di sezione più elevata presente nell'impianto, con un minimo di 6 mm².

7.10 Protezione contro i contatti diretti lato corrente alternata

Per la protezione contro i contatti indiretti lato corrente alternata potranno essere adottate le seguenti misure.

1. Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	53
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p style="text-align: center;">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MW_p CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

a. Tale protezione è realizzata mediante l'impiego di interruttori differenziali coordinati con l'impianto di terra in modo da garantire, in un sistema TN, una tensione di contatto presunta non superiore a U_0 nella relazione: $Z_s \cdot I_a \leq U_0$ dove:

- Z_s = è l'impedenza dell'anello di guasto, in ohm, per guasto franco a massa;
- I_a = è il valore, in ampere, della corrente che provoca l'intervento del dispositivo di protezione, entro il tempo definito dalla Norma
- U_0 è la tensione nominale verso terra dell'impianto, in volt U_0 è la tensione nominale verso terra dell'impianto, in volt

2. Protezione mediante l'impiego di apparecchiature aventi componenti di classe II o isolamento equivalente.

- a. Il doppio isolamento è ottenuto aggiungendo all'isolamento principale o fondamentale (il normale
- b. isolamento delle parti attive) un secondo isolamento chiamato supplementare.
- c. È altresì ammesso dalle Norme la realizzazione di un unico isolamento purché le caratteristiche elettriche e meccaniche non siano inferiori a quelle realizzate con il doppio isolamento; in questo caso l'isolamento è chiamato isolamento rinforzato.
- d. Il tipo di protezione offerto dal doppio isolamento consiste nel diminuire fortemente la probabilità di guasti perché, in caso di cedimento dell'isolamento principale, rimane la protezione dell'isolamento supplementare.
- e. Un'apparecchiatura elettrica dotata di doppio isolamento o di isolamento rinforzato è classificata di classe II.
- f. Gli apparecchi elettrici vengono suddivisi dalle Norme CEI in quattro classi, in base al tipo di protezione offerta contro i contatti indiretti. In particolare:
 - 1) Classe 0: apparecchio dotato di isolamento principale e sprovvisto del morsetto per il collegamento della massa al conduttore di protezione.
 - 2) Classe I: apparecchio dotato di isolamento principale e provvisto del morsetto per il collegamento della massa al conduttore di protezione.
 - 3) Classe II: apparecchio dotato di doppio isolamento o di isolamento rinforzato e

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	54
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MW_p CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	--	---

sprovvisto del morsetto per il collegamento della massa al conduttore di protezione.

4) Classe III: apparecchio destinato ad essere alimentato a bassissima tensione di sicurezza.

g. L'isolamento può essere ridotto e non deve essere in alcun modo collegato a terra o al conduttore di protezione di altri circuiti.

3. Protezione mediante separazione elettrica.

a. Questo tipo di protezione evita correnti pericolose nel caso di contatto con masse che possono andare in tensione a causa di un guasto all'isolamento principale del circuito.

b. Le prescrizioni da rispettare affinché la protezione sia assicurata sono quelle indicate nella Norma CEI 64 8 (Articoli da 413.5.1.1 fino a 413.5.1.6) ed anche da:

i. quanto indicato, sempre dalla stessa Norma al punto 413.5.2, se il circuito separato alimenta un solo componente elettrico;

ii. quanto indicato al punto 413.5.3, se il circuito separato alimenta più di un componente elettrico.

c. Si raccomanda inoltre che il prodotto della tensione nominale, in volt, del circuito separato, per la lunghezza della conduttura elettrica in metri, non superi il valore di 100.000; la lunghezza della conduttura non deve inoltre essere > 500 m.

4. Protezione mediante bassissima tensione di sicurezza

d. a. Un sistema elettrico è a bassissima tensione se soddisfa le condizioni imposte dall'articolo 411.1.1 della Norma CEI 64 8; in particolare:

i. la tensione nominale non supera 50 V, valore efficace in c.a., e 120 V in c.c. non ondulata;

ii. l'alimentazione proviene da una sorgente SELV o PELV;

iii. sono soddisfatte le condizioni di installazione specificatamente previste per questo tipo di circuiti elettrici.

iv. SELV e PELV sono acronimi di Safety Extra Low Voltage e Protective Extra

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	55
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p style="text-align: center;">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MW_p CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

Low Voltage, e caratterizzano ciascuna specifici requisiti che devono possedere i sistemi a bassissima tensione.

Un circuito SELV ha le seguenti caratteristiche:

- alimentato da una sorgente autonoma o da una sorgente di sicurezza. Sono sorgenti autonome le pile, gli accumulatori, i gruppi elettrogeni. Sono considerate sorgenti di sicurezza le alimentazioni ottenute attraverso un trasformatore di sicurezza.
- Non ha punti a terra. È vietato collegare a terra sia le masse sia le parti attive del circuito SELV.
- Deve essere separato da altri sistemi elettrici. La separazione del sistema SELV da altri circuiti deve essere garantita per tutti i componenti; a tal fine i conduttori del circuito SELV o vengono posti in canaline separate o sono muniti di una guaina isolante supplementare.

Un circuito PELV possiede gli stessi requisiti di un sistema SELV ad eccezione del divieto di avere punti a terra; infatti, nei circuiti PELV almeno un punto è sempre collegato a terra.

7.11 Protezione contro i contatti indiretti lato corrente continua

Le masse di tutte le apparecchiature devono essere collegate a terra, mediante il conduttore di protezione. Sul lato c.a. in bassa tensione, il sistema deve essere protetto mediante un dispositivo di interruzione differenziale di valore adeguato ad evitare l'insorgenza di potenziali pericolosi sulle masse, secondo quanto prescritto dalla Norma CEI 64-8. Si precisa che, nel caso di generatori fotovoltaici costituenti sistemi elettrici in bassa tensione con moduli dotati solo di isolamento principale, è necessario mettere a terra le cornici metalliche dei moduli fotovoltaici, le quali in questo caso sono da considerare masse. Tuttavia, è da notare come tale misura sia in grado di proteggere dal contatto indiretto solo contro tali parti metalliche, ma non dà nessuna garanzia contro il contatto diretto sul retro del modulo, punto ove è possibile avere un cedimento

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	56
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p style="text-align: center;">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MW_p CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

dell'isolamento principale.

Una strada diversa e risolutiva ai fini di garantire la sicurezza contro il contatto indiretto può essere quella di introdurre involucri o barriere che impediscano contatti diretti con le parti munite solo di isolamento principale.

Nel caso invece in cui i moduli siano dotati di isolamento supplementare o rinforzato (Classe II), le norme prevedono che le cornici, se metalliche, non vengano messe a terra. Questa situazione può creare una difficoltà applicativa nel caso in cui le strutture di sostegno dei moduli, se metalliche, siano o debbano essere messe a terra, giacché se da un lato viene richiesto di isolare le cornici dei moduli dalla struttura (magari, introducendo involucri o barriere che ne impediscano il contatto elettrico), dall'altro l'esperienza acquisita in ambito internazionale nella gestione di impianti fotovoltaici consiglia di rendere equipotenziali le cornici dei moduli con la struttura. Quest'ultima soluzione, infatti, garantirebbe la sicurezza contro il contatto indiretto nel corso della vita utile dell'impianto fotovoltaico (superiore a 25 anni), nei casi nei quali non si possa escludere a priori l'eventualità che l'isolamento possa decadere nel tempo, specie nel caso di moduli installati in località vicino al mare.

L'equipotenzialità delle cornici dei moduli con la struttura di sostegno dei medesimi può essere ottenuta, previa opportuna valutazione caso per caso, mediante il normale fissaggio meccanico dei moduli sulla struttura.

7.12 Protezione delle condutture elettriche

I conduttori che costituiscono gli impianti devono essere protetti contro le sovracorrenti causate da sovraccarichi e da corto circuiti. In particolare, i conduttori devono essere scelti in modo che la loro portata (I_z) sia superiore o almeno uguale alla corrente di impiego (I_b) (valore di corrente calcolato in funzione della massima potenza da trasmettere in regime permanente). Gli interruttori automatici magnetotermici da installare a loro protezione devono avere una corrente nominale (I_n) compresa fra la corrente di impiego del conduttore (I_b) e la sua portata nominale (I_z) ed una corrente di funzionamento (I_f) minore o uguale a 1.45 volte la portata (I_z).

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	57
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p style="text-align: center;">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MW_p CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

In tutti i casi devono essere soddisfatte le seguenti relazioni:

$$I_b < I_n < I_z$$

$$I_f < 1.45 I_z$$

Il potere di interruzione degli interruttori è superiore a quello calcolato nel punto di installazione, in modo da garantire che nei conduttori non vengano mai a verificarsi valori di temperatura pericolosi. Gli interruttori sono dimensionati per garantire una buona selettività.

7.13 Messa a terra dell'impianto fotovoltaico

Il campo fotovoltaico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. Le stringhe saranno costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili, provviste di protezioni contro le sovratensioni per mezzo di scaricatori di sovratensione di classe II.

È prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale separazione può essere sostituita da una protezione sensibile alla corrente continua solo nel caso di impianti monofase.

Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

Le cornici dei moduli fotovoltaici saranno rese equipotenziali con la struttura metallica di sostegno mediante una corretta imbullonatura (utilizzo di rondelle a punta che rimuovono lo strato passivato sulle cornici) e collegate a terra attraverso un conduttore di protezione di opportuna sezione.

7.14 Interfaccia con la rete

Il funzionamento di un impianto di produzione in parallelo alla rete del Distributore è subordinato a precise condizioni, tra le quali hanno particolare rilevanza le seguenti:

- il regime di parallelo non deve causare perturbazioni al servizio sulla rete del Distributore. In

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	58
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p style="text-align: center;">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	--	---

caso contrario il collegamento con la rete del Distributore stessa si dovrà interrompere immediatamente ed automaticamente; pertanto, ogniqualvolta l'impianto del Cliente Produttore è sede di guasto o causa di perturbazioni si dovrà sconnettere senza provocare l'intervento delle protezioni installate sulla rete del Distributore;

- il regime di parallelo dovrà altresì interrompersi immediatamente ed automaticamente ogniqualvolta manchi l'alimentazione della rete da parte del Distributore o i valori di tensione e frequenza della rete stessa non siano compresi entro i valori consentiti;
- in caso di mancanza tensione o di valori di tensione e frequenza sulla rete del Distributore non compresi nel campo consentito, l'impianto di produzione non deve entrare né permanere in servizio sulla rete stessa.

Le suddette prescrizioni hanno lo scopo di garantire l'incolumità del personale chiamato ad operare sulla rete in caso di lavori e di consentire l'erogazione dell'energia elettrica al Cliente Produttore secondo gli standard contrattuali e di qualità previsti da leggi e normative vigenti, nonché il regolare esercizio della rete del Distributore. Come già precedentemente accennato, per motivi di sicurezza, per il collegamento in parallelo alla rete pubblica l'impianto sarà provvisto di protezioni che ne impediscano il funzionamento in isola elettrica, conforme alla normativa CEI 0-21 e CEI 0-16.

L'impianto fotovoltaico sarà equipaggiato con un sistema di protezione articolato su tre livelli, ovvero:

- Dispositivo del generatore
- Dispositivo di interfaccia nel centro collettore
- Dispositivo generale nella cabina utente

7.14.1 Dispositivo del generatore

L'inverter è interamente protetto contro il corto circuito ed il sovraccarico. Il riconoscimento della presenza di guasti interni provoca l'immediato distacco dell'inverter dalla rete elettrica. L'interruttore magnetotermico presente all'uscita di ogni inverter agisce come ulteriore supporto a questa funzione.

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	59
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p style="text-align: center;">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	--	---

7.14.2 Dispositivo di interfaccia

Il dispositivo di interfaccia provoca il distacco del sistema di generazione in caso di guasto alla rete elettrica. Il riconoscimento di eventuali anomalie avviene considerando come anormali le condizioni di funzionamento che vanno al di fuori di un determinato range di tensione e frequenza definito come riportato di seguito:

- Minima tensione: $0.8 \times V_n$
- Massima tensione: $1.15 \times V_n$
- Minima frequenza: 46.5 Hz (seconda soglia)
- Massima frequenza: 52.5 Hz (seconda soglia)

La protezione offerta dal dispositivo di interfaccia impedisce che l'inverter continui a funzionare, con particolari configurazioni di carico, anche nel caso di black-out esterno.

Tale fenomeno, detto funzionamento ad isola, deve essere necessariamente evitato, poiché può generare condizioni di pericolo per il personale addetto durante la ricerca e/o la riparazione di guasti.

7.14.3 Dispositivo generale

Il dispositivo generale ha la funzione di salvaguardare il funzionamento della rete nei confronti di guasti nel sistema di generazione elettrica. Esso dovrà essere in grado di garantire la protezione contro il corto circuito e il sovraccarico.

7.15 Misure di protezione contro le scariche atmosferiche

7.15.1 Fulminazione diretta

L'impianto fotovoltaico non influisce sulla forma o volumetria della zona e pertanto non aumenta la probabilità di fulminazione diretta sull'area.

In particolare, le strutture risultano autoprotette contro le fulminazioni, secondo quanto previsto dalla Norma CEI EN CEI EN 62305-2 "Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	60
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p style="text-align: center;">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	--	---

- febbraio 2013”.

In ogni caso, se ve ne sarà la necessità si potrà provvedere in fase esecutiva a dotare l'impianto di un'adeguata messa a terra.

7.15.2 Fulminazione indiretta

L'abbattersi di scariche atmosferiche in prossimità dell'impianto potrebbe provocare il concatenamento del flusso magnetico associato alla corrente di fulmine con i circuiti dell'impianto fotovoltaico. Potrebbero allora essere provocate sovratensioni in grado di mettere fuori uso i componenti, in modo particolare gli inverter.

Nel caso in esame, vista la notevole estensione dei collegamenti, si ritiene opportuno rinforzare la protezione con l'inserimento di dispositivi SPD a varistore sulla sezione CC dell'impianto in prossimità del generatore fotovoltaico.

7.16 Precauzioni per ridurre la propagazione dell'incendio

Quando una conduttura attraversa elementi costruttivi di edifici (pavimenti, pareti ecc.) aventi caratteristiche specifiche di resistenza al fuoco, le aperture che restano dopo il passaggio delle condutture devono essere otturate in accordo con il grado di resistenza all'incendio prescritto per il rispettivo elemento costruttivo dell'edificio prima dell'attraversamento.

Le condutture, quali tubi protettivi circolari e non circolari o canali, devono essere otturate sia internamente sia esternamente con elementi sia hanno una resistenza al fuoco almeno pari al grado di resistenza richiesto all'elemento costruttivo.

Questi riempitivi, detti barriere tagliafiamma, devono essere tali da non danneggiare, meccanicamente, termicamente o chimicamente le condutture con cui sono a contatto.

Inoltre, devono permettere gli spostamenti relativi delle condutture dovute a fenomeni termici senza ridurre la qualità dell'otturazione; devono avere stabilità meccanica adeguata a sopportare le sollecitazioni che si possono produrre in seguito a danneggiamenti dei supporti delle condutture causati da un incendio e devono avere caratteristiche di resistenza contro le influenze esterne,

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	61
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

come richieste alle condutture.

Devono essere previste tali barriere nei tratti di attraversamento della passerella/tubazioni porta cavi fra compartimenti differenti.

7.17 Prevenzione incendi e sgancio di emergenza

L'Appaltatore dovrà realizzare le opere nel pieno rispetto e secondo i requisiti previsti dalla "Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici - Edizione Anno 2012" (VVF Nota DCPREV prot n. 1324 del 7 febbraio 2012) e relativi chiarimenti (VVF Nota DCPREV prot. n. 6334 del 4 maggio 2012), provvedendo pertanto a fornire e installare tutto quanto ivi previsto (cartellonistica, segnaletica di sicurezza, dispositivi di sezionamento di emergenza, ecc.).

Secondo le prescrizioni della circolare VV.F. n. 1324 del 07/02/2012, è opportuno prevedere un dispositivo di comando di emergenza, ubicato in posizione opportunamente segnalata ed accessibile, che determini il sezionamento dell'impianto fotovoltaico. Il comando di emergenza deve mettere fuori tensione tutti i circuiti (non di sicurezza) all'interno del compartimento antincendio, compresi quelli alimentati dal generatore fotovoltaico.

In questa fase di progettazione si è previsto un comando di emergenza all'esterno di ogni cabina BT/MT, che agisce sull'interruttore generale in MT e che quindi toglie tensione anche agli inverter lato AC. Gli inverter e il lato c.c. dell'impianto sono stati considerati fuori da eventuali compartimenti antincendio e, pertanto, non è stato previsto un comando di emergenza che agisca sul lato c.c.

In fase esecutiva si dovrà verificare tale condizione e nel caso in cui non dovesse essere verificata si dovrà prevedere un comando di emergenza che intervenga sui cavi in ingresso all'eventuale compartimento antincendio. Si dovrà inoltre verificare l'eventuale presenza di servizi di sicurezza che dovranno rimanere in tensione anche dopo aver azionato il pulsante di emergenza.

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	62
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p style="text-align: center;">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	--	---

8 VERIFICHE TECNICO-FUNZIONALI E DOCUMENTAZIONE TECNICA

Le verifiche tecnico-funzionali sull'impianto consistono in un esame a vista e in un esame strumentale. L'esame a vista ha il fine di controllare che l'impianto sia stato realizzato secondo le norme CEI. In particolare, deve accertare che i componenti siano conformi alle prescrizioni delle relative norme, scelti e messi in opera correttamente e non danneggiati visibilmente.

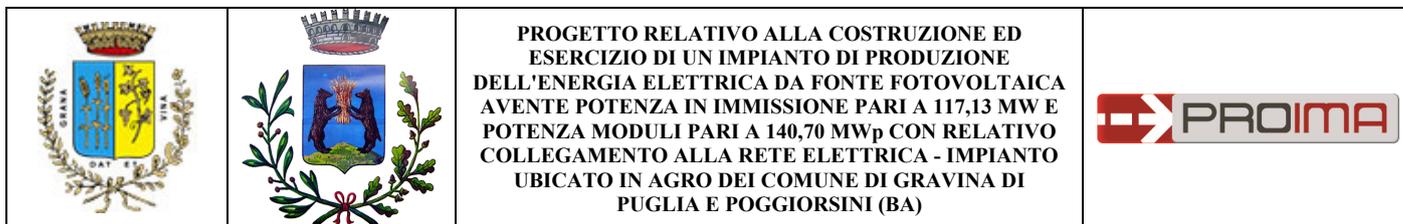
L'esame strumentale consisterà nel controllo dei seguenti punti:

- continuità elettrica e le connessioni tra moduli;
- messa a terra di masse e scaricatori;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;
- corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.):
 - condizione: $P_{cc} > 0,85 P_{nom} I / ISTC$, dove:
 - P_{cc} è la potenza (in kW) misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del 2%,
 - P_{nom} è la potenza nominale (in kW) del generatore fotovoltaico;
 - I è l'irraggiamento (in W/mq) misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del 3%;
 - ISTC, pari a 1.000 W/mq, è l'irraggiamento in condizioni standard;
 - condizione: $P_{ca} > 0,9 P_{cc}$, dove:
 - P_{ca} è la potenza attiva (in kW) misurata all'uscita del gruppo di conversione, con precisione migliore del 2%;
 - la condizione: $P_{ca} > 0,75 P_{nom} I / ISTC$.

Al termine dei lavori saranno emessi e rilasciati i seguenti documenti:

- manuale di uso e manutenzione, inclusivo della pianificazione consigliata degli interventi manutentivi;

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	63
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.



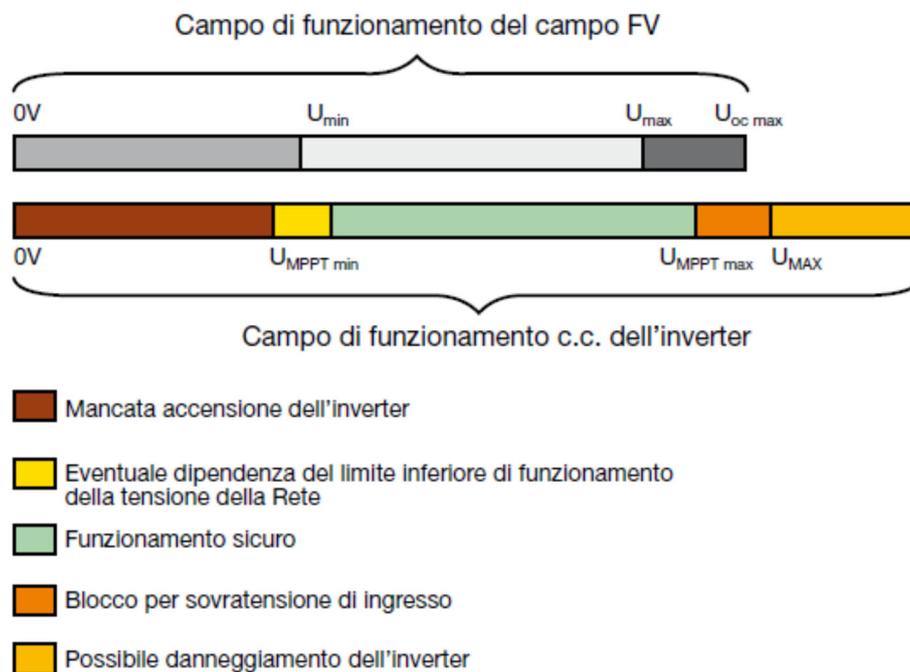
- progetto esecutivo in versione “come costruito” (as-built), corredato di schede tecniche dei materiali installati;
- dichiarazione attestante le verifiche effettuate e il relativo esito;
- dichiarazione di conformità ai sensi del Decreto 22 gennaio 2008 n. 37, articolo 2, lettera a e ss.mm.ii.;
- certificati di garanzia relativi alle apparecchiature installate
- Documentazione di valutazione del rischio incendio, da presentare ai VVFF a corredo di apposita SCIA.

9 CALCOLI E VERIFICHE DI PROGETTO

9.1 Dimensionamento DC del generatore fotovoltaico

Nel processo di progettazione degli impianti fotovoltaici collegati alla rete, la scelta della tensione nominale del campo fotovoltaico e quella del gruppo di conversione avvengono in maniera contestuale e rappresenta una delle scelte più delicate per il corretto dimensionamento dell'impianto stesso. In fase di progetto occorre stabilire i valori minimi e massimi della tensione di uscita del generatore fotovoltaico nelle condizioni operative limite previste (valori minimi di temperatura esterna e dei valori massimi di temperatura raggiungibili dai moduli fotovoltaici per riscaldamento) e valutare se questi possono essere considerati compatibili con le caratteristiche d'ingresso dell'inverter e le proprietà di isolamento dei componenti che costituiscono l'impianto fotovoltaico stesso (ad es. tensione di isolamento dei moduli fotovoltaici o dei cavi in corrente continua, i quali, dovranno avere anche essi una tensione nominale adeguata a quella del sistema elettrico in cui vengono installati).

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	64
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.



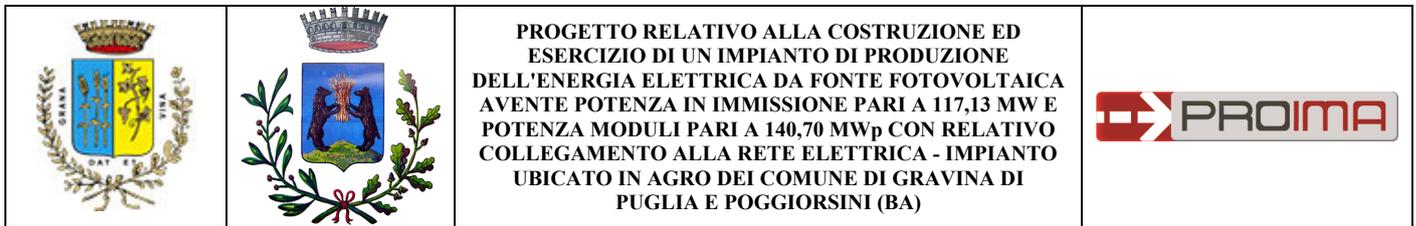
Legenda:

- U_{min} tensione alla sua massima potenza del campo fotovoltaico, in corrispondenza della temperatura massima di lavoro prevista per i moduli fotovoltaici nel sito di installazione
- U_{max} tensione alla sua massima potenza del campo fotovoltaico, in corrispondenza della temperatura minima di lavoro prevista per i moduli fotovoltaici nel sito di installazione
- $U_{oc\ max}$ tensione a vuoto del campo fotovoltaico, in corrispondenza della temperatura minima di lavoro prevista per i moduli fotovoltaici nel sito di installazione
- $U_{MPPT\ min}$ tensione di funzionamento minima in ingresso ammessa dall'inverter
- $U_{MPPT\ max}$ tensione di funzionamento massima in ingresso ammessa dall'inverter
- U_{MAX} tensione massima in ingresso sopportabile dall'inverter

Figura 9: Diagramma accoppiamento moduli fotovoltaici-inverter

Dal diagramma di accoppiamento sopra riportato, si evince pertanto che le tre condizioni

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	65
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.



(disuguaglianze) da verificare, affinché le stringhe dei moduli fotovoltaici siano compatibili con le caratteristiche dell'inverter sono le seguenti:

1. $U_{min} > U_{inv MPPT min}$
2. $U_{max} < U_{inv MPPT max}$
3. $U_{oc max} < U_{inv max}$

nelle quali $U_{inv MPPTmin}$ e $U_{inv MPPTmax}$ rappresentano i valori minimo e massimo della finestra di tensione utile per la ricerca del punto di massima potenza (MPP) in cui lavora l'inverter, mentre la $U_{inv max}$ rappresenta il valore massimo di tensione in CC ammissibile ai morsetti dell'inverter.

La due seguenti condizioni:

- 1) $U_{min} \geq U_{inv MPPTmin}$
- 2) $U_{max} \leq U_{inv MPPTmax}$

assicurano che la tensione di stringa nel punto MPPT di massima potenza non esca al di fuori dei limiti operativi richiesti dall'operatore MPPT. Le condizioni operative estreme sono riferite alla temperatura minima e massima che si può ipotizzare sui moduli fotovoltaici tenuto conto della località in cui verranno installati gli stessi.

Considerando una variazione della tensione a circuito aperto di ogni modulo in dipendenza della temperatura pari a $-0,27\% V/^{\circ}C$ ed i limiti di temperatura estremi pari a $-2^{\circ}C$ e $+70^{\circ}C$, V_m e V_{oc} assumono valori differenti rispetto a quelli misurati a STC ($25^{\circ}C$).

$$U_{min} \geq U_{inv MPPTmin} \quad 1.027 \geq 919V$$

$$U_{max} \leq U_{inv MPPTmax} \quad 1.121,5 \leq 1.500$$

Come si può evincere dall'osservazione delle formule sopra riportate, in tutti i casi le disuguaglianze risultano rispettate; pertanto, si può concludere che ci sia compatibilità tra le stringhe di moduli e gli inverter scelti.

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	66
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

9.2 Portata dei cavi solari in regime permanente

Le sezioni dei cavi solari per i collegamenti delle stringhe dell'impianto fotovoltaico devono essere tali da assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolamenti sottoposti agli effetti termici dovuti al passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati ed in condizioni ordinarie di esercizio.

La verifica per il sovraccarico dovrà essere eseguita utilizzando la seguente relazione:

$$I_z < 1,25 I_{sc}$$

con:

- I_z , portata in regime permanente della conduttura (funzione del tipo di cavo scelto).
- I_{sc} , corrente di corto circuito della stringa.

Per la protezione dal sovraccarico, i cavi dell'impianto fotovoltaico dovranno essere scelti con una portata almeno uguale alla massima corrente che li può interessare nelle condizioni più severe, ad esempio 1,25 ISC. Per la sezione in corrente continua dell'impianto non è prevista protezione contro il sovraccarico.

9.3 Collegamento in serie tra moduli

Tutti i collegamenti dei moduli fotovoltaici saranno realizzati con cavi solari unipolari in gomma del tipo Radox (o similari) di cui sono corredati i moduli stessi.

I collegamenti tra i moduli che compongono la stringa dovranno essere fascettati alle strutture di supporto.

9.4 Collegamento tra stringhe ed inverter

Tutte le stringhe verranno prolungate, sempre tramite cavi solari unipolari in gomma del tipo Radox (o similari), ai connettori di ingresso rapido di ciascun inverter di stringa (composto da un massimo di 20 ingressi per sotto- campo), come visibile nello schema unifilare allegato. Il criterio

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	67
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MW_p CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	--	--	---

utilizzato per il dimensionamento dei cavi è quello della massima caduta di tensione ammissibile. Dopo aver determinato e scelto la sezione commerciale del cavo da utilizzare, è stata effettuata la verifica con la condizione che la massima densità di corrente (e quindi la massima sovratemperatura rispetto all'ambiente circostante) non superi determinati valori di sicurezza per i cavi.

Per ogni sotto-campo dell'impianto fotovoltaico in oggetto si è considerato che la stringa più lontana dall'inverter distasse da questa una lunghezza pari a 100 mt.

Tali cavi correranno in parte sulla struttura di supporto dei moduli (a cui dovranno essere fascettate) ed in parte interrati dentro tubazioni fino al raggiungimento del relativo inverter.

Il cavo sarà di tipo unipolare, flessibile stagnato per collegamenti di impianti fotovoltaici. Isolamento e guaina realizzati con mescola elastomerica senza alogeni non propagante la fiamma.

Conduttore	Corda flessibile di rame stagnato, classe 5
Isolante	Mescola LS0H di gomma reticolata speciale di qualità conforme alla norma EN 50618 LS0H = Low Smoke Zero Halogen
Guaina esterna	Mescola LS0H di gomma reticolata speciale di qualità conforme alla norma EN 50618
Colore anime	Nero
Colore guaina	Blu, rosso, nero

CARATTERISTICHE TECNICHE PRINCIPALI

Tensione massima	1800 V c.c. - 1200 V c.a.
Temperatura massima di esercizio	90°C
Temperatura minima di esercizio	-40°C
Temperatura minima di posa	-40°C
Temperatura massima di corto circuito	250°C
Sforzo massimo di trazione	15 N/mm ²
Raggio minimo di curvatura	4 volte il diametro esterno massimo

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	68
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p align="center">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	---	---

<p>Condizioni di impiego</p>	<p>Per l'interconnessione di elementi di impianti fotovoltaici. Adatti per l'installazione fissa all'esterno e all'interno, entro tubazioni in vista o incassate o in sistemi chiusi similari. Adatti per la posa direttamente interrata o entro tubo interrato e per essere utilizzati con apparecchiature di classe II.</p>
-------------------------------------	---

Formation	Ø approx. conducteur	Épaisseur moyenne isolant	Épaisseur moyenne gaine	Ø. approx. production	Poids approx. câble	Résistance électrique max à 20°C	Intensité admissible à l'air libre Portata di corrente in aria libera	
Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Spessore medio guaina	Ø indicativo produzione	Peso indicativo cavo	Resistenza elettrica max a 20°C	Câble seul Singolo cavo 60°C	2 câbles adjacents 2 cavi adiacenti 60°C
n° x mm ²	mm	mm	mm	mm	kg/km	ohm/km	A	A
1 x 1,5	1,5	0,7	0,8	4,7	34	13,7	30	24
1 x 2,5	2,1	0,7	0,8	5,2	47	8,21	40	33
1 x 4	2,5	0,7	0,8	5,8	58	5,09	55	44
1 x 6	3,0	0,7	0,8	6,5	80	3,39	70	70
1 x 10	4,0	0,7	0,8	7,9	127	1,95	95	95
1 x 16	5,0	0,7	0,9	8,8	180	1,24	130	107
1 x 25	6,2	0,9	1,0	10,6	270	0,795	180	142
1 x 35	7,6	0,9	1,1	12,0	360	0,565	220	176
1 x 50	8,9	1,0	1,2	14,1	515	0,393	280	221
1 x 70	10,5	1,1	1,2	15,9	720	0,277	350	278
1 x 95	12,5	1,1	1,3	17,7	915	0,210	410	333
1 x 120	13,7	1,2	1,3	19,8	1160	0,164	480	390
1 x 150	16,1	1,4	1,4	21,7	1460	0,132	566	453
1 x 185	17,7	1,6	1,6	24,1	1780	0,108	644	515
1 x 240	19,9	1,7	1,7	26,7	2310	0,082	775	620

Tabella 16: Caratteristiche del cavo solare

9.5 Portata, cadute di tensione e perdite di potenze nei cavi AC

Le ipotesi di progetto portano:

- caduta di tensione massima ammissibile il 4% della tensione nominale per ciascuna tratta;
- perdite di potenza inferiori al 1% in totale

Tali ipotesi risultano fondamentali per l'individuazione della sezione di ogni cavo costituente l'impianto fotovoltaico in oggetto.

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	69
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p style="text-align: center;">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	--	---

9.6 Scelta della sezione dei cavi

Per scegliere la sezione più opportuna dei conduttori di fase relativi a cavi interrati si procede alla determinazione della loro portata secondo il metodo descritto dalla tabella CEI-UNEL 35026.

In ogni caso dovrà valere la relazione:

$$I_b < I_z$$

Dove:

- I_b = corrente massima che attraversa il cavo;
- I_z = portata nominale del cavo nelle reali condizioni di posa.

9.7 Calcolo corrente di linea (I_b)

Per il calcolo della corrente massima che circola in un circuito trifase si utilizza la formula sottostante:

$$I_b = \frac{P_n}{\sqrt{3} * V_n * \cos \varphi}$$

dove:

- I_b = corrente massima che attraversa il cavo;
- P_n = Potenza massima della linea;
- V_n = Tensione nominale della linea.

9.8 Portata nominale del cavo nelle reali condizioni di posa (I_z)

La portata nominale I_z , viene definita, per un cavo interrato, con le seguenti condizioni di posa:

- Resistività termica del terreno: 1 K·m/W;
- Temperatura ambiente 20°C;
- profondità di posa: 0,8 m

Qualora le condizioni di posa differiscano da queste, dovranno essere applicati dei coefficienti correttivi che, moltiplicati per I_z , danno luogo alla portata nominale del cavo nelle condizioni reali

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	70
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.



di posa I_z .

Il fattore correttivo in questione K_{tot} è ottenuto come segue:

$$K_{tot} = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4$$

Dove:

- K_1 è il fattore di correzione da applicare se la temperatura del terreno è diversa da 20°C;
- K_2 è il fattore di correzione da applicare per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano;
- K_3 è il fattore di correzione per resistività del terreno diversa dal valore di riferimento di 1,5 Kxm/W, valido per terreni asciutti.
- K_4 è il fattore di correzione per profondità di posa dal valore di riferimento pari a 0,8 m;

Nel caso in esame (con riferimento alle tabelle della richiamata CEI-UNEL 35026):

- $K_1 = 0,95$ poiché si suppone una temperatura massima del terreno pari a 25°C;
- $K_2 =$ variabile, in funzione della presenza contemporanea di altri circuiti;
- $K_3 = 0,5$ poiché si suppone che la posa avvenga in un terreno con resistività termica 0,5 Kxm/W, valido per terreni umidi.
- $K_4 = 0,96$ poiché la profondità di posa è pari a massimo 1,2 mt;

La portata effettiva di tutti i cavi (BT, MT ed AT) previsti presso l'impianto fotovoltaico e nei circuiti di collegamento alla rete elettrica nelle condizioni di posa previste a progetto è tale che la massima corrente I_b che attraverserà ciascun cavo è sempre minore della portata effettiva I_z calcolata nelle reali condizioni di posa.

9.9 Caduta di tensione

Di seguito riportata la formula per il calcolo della caduta di tensione percentuale:

$$\Delta V\% = \Delta V \cdot L \cdot I \cdot V \cdot 100$$

Dove:

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	71
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.

		<p style="text-align: center;">PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 117,13 MW E POTENZA MODULI PARI A 140,70 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO UBICATO IN AGRO DEI COMUNE DI GRAVINA DI PUGLIA E POGGIORSINI (BA)</p>	
---	---	--	---

- V = tensione di linea [V]
- ΔV = caduta di tensione specifica, pari a:

$$\Delta V = \sqrt{3} * (r * \cos \varphi + x * \sin \varphi)$$

- L = lunghezza della linea [km]
- I = corrente di carico [A]
- r = resistenza specifica [Ω /km]
- x = reattanza specifica [Ω /km]
- Cos φ = fattore di potenza

Le distanze sono state incrementata del 10% a favore della sicurezza.

La caduta di tensione massima sia inferiore quella prevista nelle ipotesi di progetto e pari a 4%.

9.10 Perdita di potenza

L' impianto fotovoltaico sarà dimensionato in modo tale che la perdita di potenza percentuale nei cavi, per ogni tratta di collegamento tra le varie cabine costituenti l'impianto fotovoltaico (sia circuito MT che circuiti BT), saranno inferiori all'1%.

07.02_RI	00	Relazione Impianti	30/11/2021	72
Documento	REV	Descrizione	Data	Pag.