

REGIONE PUGLIA

Provincia di Foggia

COMUNE DI CERIGNOLA

OGGETTO

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO
NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO**

COMMITTENTE

LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.

Via Giacomo Leopardi, 7 Milano (MI)
C.F./P.IVA: 11015550962

Codice Commessa PHEEDRA: 20_09_PV_CRN

PROGETTAZIONE



PHEEDRA S.r.l. Via Lago di Nemi, 90
74121 - Taranto
Tel. 099.7722302 - Fax 099.9870285
e-mail: info@pheedra.it
web: www.pheedra.it



SOUTHERNERGY S.r.l. Via del Commercio, 66
72017 - Ostuni (BR)
Tel. 0831.331594
e-mail: info@southernenergy.it
web: www.southernenergy.it

Dott. Ing. Angelo Micolucci



Dott. Ing. Ilario Morciano



1	Giugno 2020	PRIMA EMISSIONE	CD	AM	VS
REV.	DATA	ATTIVITA'	REDATTO	VERIFICATO	APROVATO

OGGETTO DELL'ELABORATO

RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

FORMATO	SCALA	CODICE DOCUMENTO					NOME FILE	FOGLI
		SOC.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.		
A4	-	CRN	CIV	REL	019	01	CRN-CIV-REL-019_01	-

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

SOMMARIO

1. DESCRIZIONE TECNICA	2
1.1. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	2
1.2. QUADRO RIASSUNTIVO IMPIANTO	3
1.2.1. Cabina Inverter/trafo	5
1.2.2. Cabina di raccolta	6
1.2.3. Sottostazione di trasformazione AT/MT 150/30 kV	7
2. CALCOLI E VERIFICHE DI PROGETTO	13
2.1. VERIFICA TENSIONE AL VARIARE DELLA TEMPERATURA IN C.C.	13
2.1.1. Portata dei cavi in regime permanente	14
2.1.2. Protezione contro il corto circuito	14
2.2. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI	14
2.3. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI	15
2.3.1. Sistema in corrente continua (IT) e rete di terra	15
2.4. MISURE DI PROTEZIONE SUL COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA	16
2.4.1. Dispositivo di generatore	16
2.4.2. Dispositivo di interfaccia	16
2.4.3. Dispositivo generale	17
2.5. COLLEGAMENTI ELETTRICI	17
2.6. OPERE ELETTROMECCANICHE	17
3. DESCRIZIONE ELETTRODOTTO AT	18
3.1. DESCRIZIONE GENERALE	18
3.2. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CAVI	18
3.3. TIPOLOGIA DI POSA	19
4. DESCRIZIONE ELETTRODOTTO MT	20
4.1. DIMENSIONAMENTO ELETTRICO	20
4.1.1. Tensioni nominali	20
4.1.2. Portata dei Cavi	20
4.1.3. Caduta di tensione	21
4.2. MODALITÀ DI POSA	22
4.3. QUALITÀ DEI MATERIALI	23
5. DESCRIZIONE CAVI BT IN CORRENTE CONTINUA	24
5.1. TENSIONE NOMINALE	24
5.2. PORTATA DEI CAVI	25
5.3. CADUTA DI TENSIONE	26
6. DESCRIZIONE CAVI BT IN CORRENTE ALTERNATA	26
6.1. MODALITÀ DI POSA	27
6.2. QUALITÀ DEI MATERIALI	28
7. CIRCUITI AUSILIARI	30
7.1. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	30
7.2. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI VIDEOSORVEGLIANZA E ALLARME	31
7.3. ILLUMINAZIONE DELL'AREA D'IMPIANTO	31
8. VALUTAZIONE DELLE SCARICHE ATMOSFERICHE	32
8.1. FULMINAZIONE DIRETTA	32
8.2. FULMINAZIONE INDIRETTA	33
8.2.1. Protezione contro le sovratensioni	33
8.3. MISURE DI PROTEZIONE FACOLTATIVE	35
8.4. CONCLUSIONI	35

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

1. DESCRIZIONE TECNICA

1.1. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

Il progetto riguarda la realizzazione di un impianto fotovoltaico composto da circa **36,926 MW** da installare in agro del Comune di Cerignola (FG), in località Topporusso con opere di connessione ricadenti nel territorio del comune limitrofo Ascoli Satriano (FG).

L'impianto fotovoltaico sarà collegato mediante un cavidotto in media tensione interrato alla Stazione Elettrica di Terna SpA denominata "Valle", previo innalzamento della tensione a 150 kV mediante Sottostazione da realizzarsi e oggetto del presente progetto. La sottostazione elettrica sarà realizzata nelle immediate vicinanze della SE Terna "Valle" e conetterà l'impianto in oggetto in modalità antenna a 150 kV su uno stallo predisposto della SE, che sarà condiviso con altri produttori, così come da preventivo di connessione di Terna S.p.A. codice pratica n. 201800308 del 19/04/2019. La connessione della SSE in progetto alla SE Valle sarà possibile previo realizzazione di alcune opere propedeutiche, che la RTN ha in programma di realizzare, e che conetteranno la SE Valle alle Sezioni 150 kV della seguenti Stazioni Elettriche:

- SE RTN a 150 kV denominata "Piscioli" insistente sulla linea RTN a 150 kV "Ascoli Satriano - Melfi Ind.le";
- SE RTN a 380/150 kV denominata "Deliceto";
- Futuro ampliamento della SE RTN a 380/150/ kV denominata "Melfi".

Il progetto prevede l'installazione di n. 64.220 pannelli fotovoltaici di potenza nominale unitaria pari a 575 W, per una capacità complessiva di circa 36,926 MW.

I pannelli fotovoltaici saranno installati su strutture di sostegno di tipo mover monoassiali. La configurazione d'impianto prevede strutture del tipo a singola fila di pannelli, con sostegno di tipo a pali infissi, così come si evince dagli elaborati grafici di progetto. Per tale progetto si sono prese in considerazione strutture tracker tipo Axone 4.0 (o similari) che garantiscono un range di rotazione est/ovest di +/- 55°, oltre ad una copertura ottimale dell'area d'intervento grazie alla loro modularità. Il modello preso in considerazione per tale progetto è il TR Bifacial da 575 Wp della Jinko Solar (o similare).

Gli inverter previsti sono in numero di **11** e saranno in grado di gestire ogni ingresso con un distinto inseguitore MPP. Ogni stringa sarà realizzata collegando in serie **26** moduli in modo da ottenere la tensione e la corrente ottimale all'ingresso di ciascuno degli inverter previsti.

Il generatore fotovoltaico sarà suddiviso su **187** quadri di parallelo, secondo gli schemi riportati negli elaborati grafici allegati; le stringhe di ciascun sottocampo saranno attestate in numero di 12/14 su un proprio quadro di parallelo (per il sezionamento delle stringhe, la protezione da sovratensione e da correnti di ricircolo) prevedendo l'impiego di idonei scaricatori, tra ciascuna polarità e la terra. Tutte le connessioni esterne, realizzate con connettori unipolari per la sezione c.c., dovranno presentare un grado di protezione non inferiore a IP65.

PHEEDRA Srl Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: www.pheedra.it	RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Pagina 2 di 35
---	---	----------------

L'inverter ha come tensione di riferimento quella della rete elettrica alla quale è collegato: pertanto non è in grado di erogare energia sulla rete qualora in questa non vi sia tensione.

I convertitori statici saranno posizionati al coperto all'interno di cabine elettriche predisposte, mentre i quadri di parallelo sono fissati all'esterno alle strutture di sostegno.

1.2. QUADRO RIASSUNTIVO IMPIANTO

Numero totale sottocampi: **11**

Numero totale di stringhe (da 26 moduli fotovoltaici): **2470**

Numero totale di quadri di parallelo (da 12/14 stringhe): **187**

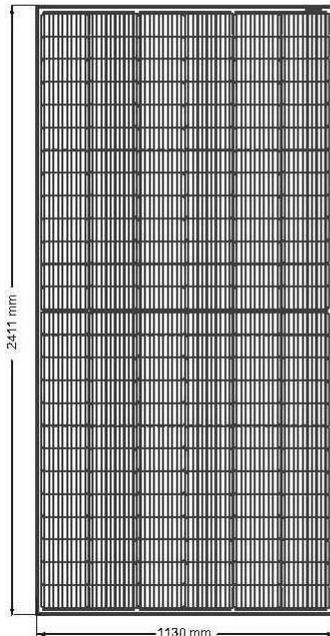
Numero totale di moduli fotovoltaici: **64220**

Dati caratteristici di stringa

- Numero stringhe con moduli da 575 W: **2470**
- Numero totale di moduli in serie: **64220**
- Potenza di picco [kWp]: **14,95**
- Tensione nominale [V]: **1161,68**
- Tensione a circuito aperto [V]: **1383,2**
- Corrente nominale [A]: **12,87**
- Corrente di corto circuito [A]: **13,69**

Specifiche tecniche dei moduli fotovoltaici

Engineering Drawings



SPECIFICATIONS

Module Type	JKM575M-7RL4-TV	
	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	575Wp	428Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	44.68V	41.25V
Maximum Power Current (Imp)	12.87V	10.37A
Open-circuit Voltage (Voc)	53.20V	50.21V
Short-circuit Current (Isc)	13.69A	11.06A
Module Efficiency STC (%)	21.03%	

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

Specifiche tecniche degli inverter



TECHNICAL CHARACTERISTICS

HEMK 690V

	FRAME 1	FRAME 2
REFERENCE	FS2445K	FS3670K
OUTPUT		
AC Output Power(kVA/kW) @50°C ¹⁾	2445	3670
AC Output Power(kVA/kW) @40°C ¹⁾	2530	3800
Max. AC Output Current (A) @40°C	2117	3175
Operating Grid Voltage(VAC) ²⁾	690V ±10%	
Operating Grid Frequency(Hz)	50Hz/60Hz	
Current Harmonic Distortion (THDi)	< 3% per IEEE519	
Power Factor (cosine phi) ³⁾	0.5 leading ... 0.5 lagging adjustable / Reactive Power injection at night	
INPUT		
MPPt @full power (VDC)	976V-1310V	
Maximum DC voltage	1500V	
Number of PV inputs ⁴⁾	Up to 36	
Number of Freemaq DC/DC inputs ⁴⁾	Up to 6	
Max. DC continuous current (A) ⁴⁾	2645	3970
Max. DC short circuit current (A) ⁴⁾	4000	6000
EFFICIENCY & AUXILIARY SUPPLY		
Efficiency (Max) (η)	98.9% (preliminary)	
Euroeta (η)	98.5% (preliminary)	98.7% (preliminary)
Max. Power Consumption (KVA)	8	10

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

Specifiche tecniche del gruppo trafo BT/MT



TECHNICAL CHARACTERISTICS

MV SKID

MEDIUM VOLTAGE EQUIPMENT	Rated power range @50°C	2125 kVA - 3670 kVA
	Rated power range @40°C	2200 kVA - 3800 kVA
	MV voltage range	6.6 kV / 11 kV / 13.2 kV / 15 kV / 20 kV / 22 kV / 23 kV / 25 kV / 30 kV / 33 kV / 34.5 kV
	LV voltage range	600 V / 615 V / 630 V / 645 V / 660 V / 690 V
	Type of tank	Hermetically oil-sealed
	Cooling	ONAN
	Vector group	Dy11
	Transformer protection	Protection relay for pressure, temperature (two levels) and gassing. Monitoring of dielectric level decrease. PT100 optional.
	Oil retention tank	Integrated with hydrocarbon filter
	Transformer index of protection	IP54
	Switchgear configuration	Double feeder (2L)
	Switchgear protection ⁽¹⁾	Automatic circuit breaker (V)
	CONNECTIONS	Inverter AC connection
LV protection		Circuit breaker included in the inverter
HV AC wiring		MV bridge between transformer and protection switchgear prewired
ENVIRONMENT	Ambient temperature ⁽²⁾	-10°C...+50°C (T>50°C power derating)
	Maximum altitude (above sea level)	Customizable
	Relative humidity	4% to 95% non condensing
MECHANICAL CHARACTERISTICS	Skid dimensions (WxHxD) mm ⁽³⁾	5780 x 2340 x 2240
	Skid weight with MV equipment ⁽¹⁾	< 11 Tn
	Oil retention tank material	Galvanized steel
	Skid material	Galvanized steel
	Cabinet type	Outdoor
	Anti-rodent protection	✓
AUXILIARY SERVICES ELECTRICAL PANEL	Auxiliary supply ⁽¹⁾	400 V (3-phase), 50/60 Hz
	User power supply available	5 kV / 20 kV / 40 kV
	Cabinet type	Outdoor
	Cooling	Air
	Auxiliary supply protection	✓
	Communication ⁽⁴⁾	Ethernet (fiber optic or RJ45)
UPS system ⁽⁵⁾	1 kW (30 minutes) - 20 kW (20 minutes)	

1.2.1. Cabina Inverter/trafo

Le cabine inverter/trafo, in numero di 11 unità poste nell'area dell'impianto fotovoltaico, sono il punto dove convergeranno i cavi provenienti dai quadri di parallelo disposti nelle immediate vicinanze delle strutture di sostegno.

Il manufatto sarà di tipo prefabbricato e sarà realizzato in modo da avere un grado di protezione IP 33 verso l'interno. Le dimensioni di ingombro saranno quelle prescritte nei disegni facenti parte del progetto e sarà realizzato con una struttura monoblocco in cemento armato vibrato, con pareti interne lisce senza nervature. La posa in opera del manufatto verrà fatta su un idonea vasca prefabbricata. Sul pavimento verranno praticate delle aperture al fine di consentire l'accesso ai cavi. Il pavimento sarà perfettamente piano, sufficientemente rifinito, antiscivolo e in grado di sostenere tutti i carichi fissi e mobili (7000 kg/m²) previsti sia durante il

PHEEDRA Srl Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: www.pheedra.it	RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Pagina 5 di 35
---	---	----------------

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

servizio sia in fase di montaggio. La copertura del manufatto sarà realizzata in unica falda impermeabilizzata con guaina ardesiata bituminosa applicata a caldo avente spessore minimo di 4 mm.

Le porte di accesso saranno fornite in opera e avranno le seguenti caratteristiche e dotazioni:

- ante apribili verso l'esterno;
- targa monitoria di sicurezza (divieto di accesso, divieto di spengere incendi con acqua e pericolo elettrico);
- dimensioni indicate nella specifica tecnica ENEL DS 919;
- serratura della porta come da specifica tecnica ENEL DS 998.

All'interno di ogni manufatto sarà installato un gruppo inverter tipo Hemk della Power Electronics (o similare) ed un gruppo trafo BT/MT tipo MV Skid della Power Electronics (o similare). Tali apparecchiature le cui caratteristiche sono indicate nelle schede tecniche riportate nel paragrafo precedente e negli elaborati grafici allegati al progetto, saranno opportunamente disposti all'interno dell'involucro in modo da consentirne le ottimali condizioni di funzionamento e di manutenzione.

Saranno installate inoltre le opportune apparecchiature di protezione dei cavi CC provenienti dai quadri di parallelo e dei cavi MT uscenti dal trasformatore.

La cabina elettrica sarà inoltre dotata di impianto elettrico BT per l'alimentazione dei circuiti ausiliari di cabina.

1.2.2. Cabina di raccolta

La cabina di raccolta, posta nelle immediate vicinanze dell'accesso all'impianto fotovoltaico, è il punto dove convergeranno tutte le terne di cavo MT provenienti dalle n. 11 cabine inverter/trafo.

Il manufatto sarà di tipo prefabbricato e sarà realizzato in modo da avere un grado di protezione IP 33 verso l'interno. Le dimensioni di ingombro saranno quelle prescritte nei disegni facenti parte del progetto e sarà realizzato con una struttura monoblocco in cemento armato vibrato, con pareti interne lisce senza nervature. La posa in opera del manufatto verrà fatta su un idonea vasca prefabbricata. Sul pavimento verranno praticate delle aperture al fine di consentire l'accesso ai cavi. Il pavimento sarà perfettamente piano, sufficientemente rifinito, antisdrucciolo e in grado di sostenere tutti i carichi fissi e mobili (7000 kg/m^2) previsti sia durante il servizio sia in fase di montaggio. La copertura del manufatto sarà realizzata in unica falda impermeabilizzata con guaina ardesiata bituminosa applicata a caldo avente spessore minimo di 4 mm.

Le porte di accesso saranno fornite in opera e avranno le seguenti caratteristiche e dotazioni:

- ante apribili verso l'esterno;
- targa monitoria di sicurezza (divieto di accesso, divieto di spengere incendi con acqua e pericolo elettrico);
- dimensioni indicate nella specifica tecnica ENEL DS 919;
- serratura della porta come da specifica tecnica ENEL DS 998.

All'interno del manufatto saranno installate le apparecchiature elettriche MT per realizzare il parallelo tra le linee provenienti dalle cabine inverter/trafo. Più precisamente il quadro MT sarà dotato di:

- n. 11 celle di arrivo cavo;

PHEEDRA Srl Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: www.pheedra.it	RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Pagina 6 di 35
---	---	----------------

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

- n. 11 celle di protezione del cavo in arrivo dalle cabine inverter/trafo
- n. 1 cella di protezione generale
- n. 4 celle di partenza per altrettante terne in uscita verso la Sottostazione elettrica.

La cabina elettrica sarà inoltre dotata di impianto elettrico BT per l'alimentazione dei circuiti ausiliari di cabina.

1.2.3. Sottostazione di trasformazione AT/MT 150/30 kV

L'impianto fotovoltaico in progetto sarà connesso alla RTN 150 kV di Terna cui conferirà tutta l'energia prodotta. Per far sì che ciò avvenga è necessario innanzitutto elevare la tensione partendo dal livello di quella in uscita dall'impianto che è pari a 30 kV.

La sottostazione elettrica di trasformazione sarà realizzata in un'area di circa 2500 mq ricadente nel territorio del Comune di Ascoli Satriano, nelle immediate vicinanze della SE Valle di Terna e più precisamente nella particella n. 191 del foglio n. 97. L'area della Sottostazione sarà opportunamente recintata e vi sarà un accesso carrabile, così come riportato negli elaborati grafici progettuali. All'interno dell'area vi saranno degli edifici di tipo prefabbricato che ospiteranno le apparecchiature MT di arrivo linea dall'impianto PV, le apparecchiature BT per i servizi ausiliari di sottostazione e un locale servizi per il personale operante in sottostazione; saranno inoltre installate le apparecchiature di elettriche di trasformazione MT/AT per la connessione dell'impianto come definito dal preventivo di connessione Terna.

La sottostazione elettrica di trasformazione 30/150 kV, sarà costituita dai seguenti componenti principali:

- Apparecchiature in media tensione quali il quadro MT 30 kV di sottostazione, conforme alla norma CEI 17-21, in cui saranno alloggiati gli organi di sezionamento e protezione delle linee in arrivo dall'impianto fotovoltaico ed in partenza per i trasformatori MT/AT e MT/BT;
- Apparecchiature in bassa tensione che riguardano tutto il sistema di distribuzione in corrente alternata per i servizi ausiliari di stazione, il trasformatore di distribuzione MT/BT, il sistema di distribuzione in corrente continua, il raddrizzatore ed il pacco batterie per i servizi ausiliari di emergenza, il gruppo elettrogeno per i servizi ausiliari di emergenza, il sistema di protezione controllo e misure, il sistema di antincendio e antintrusione, il sistema di impianti ausiliari tecnologici;
- Sistema di supervisione e raccolta dati dell'impianto di sottostazione;
- Trasformatore di potenza 30/150 kV da 40 MVA;
- Apparecchiature di protezione, sezionamento e misura dello stallo AT 150 kV.

La connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale dell'impianto per una potenza in immissione di 36,926 MW sarà in modalità antenna a 150 kV su uno stallo predisposto sulla Stazione Elettrica di Terna SpA denominata Valle, così come da preventivo di connessione di Terna SpA codice pratica n. 201800308. Le apparecchiature che saranno installate avranno le seguenti caratteristiche principali:

- Tensione massima: 170 kV
- Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale sul sezionamento: 325 kV
- Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico sul sezionamento: 750 kV

PHEEDRA Srl Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: www.pheedra.it	RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Pagina 7 di 35
---	---	----------------

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

Interruttori tripolari in SF6:

- Corrente nominale: 1250 A
- Potere di interruzione nominale in cto cto: 31,5 kA

Sezionatori tripolari verticali di sbarra, orizzontali con lame di messa a terra sulle partenze di linea:

- Corrente nominale: 1250 A
- Corrente nominale di breve durata: 31,5 kA

Sbarre:

- Corrente nominale: 1250 A

Trasformatori di corrente:

- Rapporto di trasformazione nominale: 400-1600/5 A/A
- Corrente massima permanente: 1,2 I primaria nominale
- Corrente nominale termica di cto cto: 31,5 kA

Trasformatori di tensione:

- Rapporto di trasformazione nominale: $150.000:\sqrt{3} / 100:\sqrt{3}$

I trasformatori di tensione saranno di tipo capacitivo, eccetto quelli dedicati alle misure contrattuali che potranno essere di tipo induttivo. Le prestazioni saranno definite in sede di progetto esecutivo.

Di seguito sono riportati i dati tecnici di riferimento delle singole apparecchiature sopra elencate.

Interruttore a tensione nominale 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI		
Tipologia	Tipo 1	Tipo 2
Salinità di tenuta a 98 kV (Kg/m ²) valori minimi consigliati	da 14 a 56 (*)	
Poli (n°)	3	
Tensione massima (kV)	170	
Corrente nominale (A)	1250	2000
Frequenza nominale (Hz)	50	
Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico verso massa (kV)	750	
Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale verso massa (kV)	325	
Corrente nominale di corto circuito (kA)	20	31.5
Potere di stabilimento nominale in corto circuito (kA)	50	80
Durata nominale di corto circuito (s)	1	
Sequenza nominale di operazioni	0-0,3'-CO-1'-CO	
Potere di interruzione nominale in discordanza di fase (kA)	5	8
Potere di interruzione nominale su linee a vuoto (A)	63	
Potere di interruzione nominale su cavi a vuoto (A)	160	
Potere di interruzione nominale su batteria di condensatori (A)	600	
Potere di interruzione nominale di correnti magnetizzanti (A)	15	
Durata massima di interruzione (ms)	60	
Durata massima di stabilimento/interruzione (ms)	80	
Durata massima di chiusura (ms)	150	
Massima non contemporaneità tra i poli in chiusura (ms)	5,0	
Massima non contemporaneità tra i poli in apertura (ms)	3,3	

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

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

Sezionatori orizzontali a tensione nominale 150 kV con lame di messa a terra

GRANDEZZE NOMINALI	
Poli (n°)	3
Tensione massima (kV)	145-170
Corrente nominale (A)	2000
Frequenza nominale (Hz)	50
Corrente nominale di breve durata:	
- valore efficace (kA)	20-31.5
- valore di cresta (kA)	50-80
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1
Tensione di prova ad impulso atmosferico:	
- verso massa (kV)	650
- sul sezionamento (kV)	750
Tensione di prova a frequenza di esercizio:	
- verso massa (kV)	275
- sul sezionamento (kV)	315
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:	
- orizzontale longitudinale (N)	800
- orizzontale trasversale (N)	270
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15
Prescrizioni aggiuntive per il sezionatore di terra	
- Classe di appartenenza	A o B, secondo CEI EN 61129
- Tensioni e correnti induttive nominali elettromagnetiche ed elettrostatiche (kV,A)	Secondo classe A o B, Tab. 1 CEI EN 61129

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

Sezionatori verticali a tensione nominale 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI	
Poli (n°)	3
Tensione massima (kV)	145-170
Corrente nominale (A)	2000
Frequenza nominale (Hz)	50
Corrente nominale di breve durata:	
- valore efficace (kA)	20-31.5
- valore di cresta (kA)	50-80
Corrente nominale commutazione di sbarra (A)	1600
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1
Tensione di prova ad impulso atmosferico:	
- verso massa (kV)	650
- sul sezionamento (kV)	750
Tensione di prova a frequenza di esercizio:	
- verso massa (kV)	275
- sul sezionamento (kV)	315
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:	
- orizzontale longitudinale (N)	1250
- orizzontale trasversale (N)	400
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15

Sezionatore di terra sbarre a tensione nominale di 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI	
Poli (n°)	3
Tensione massima (kV)	145-170
Frequenza nominale (Hz)	50
Corrente nominale di breve durata:	
- valore efficace (kA)	20-31.5
- valore di cresta (kA)	50-80
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1
Tensione di prova ad impulso atmosferico:	
- verso massa (kV)	650
Tensione di prova a frequenza di esercizio:	
- verso massa (kV)	275
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:	
- orizzontale trasversale (N)	600
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15

Trasformatore di corrente a tensione nominale di 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI		
Tensione massima	(kV)	170
Frequenza	(Hz)	50
Rapporto di trasformazione(**)	(A/A)	400/5 800/5 1600/5
Numero di nuclei(**)	(n°)	3
Corrente massima permanente	(p.u.)	1,2
Corrente termica di corto circuito	(kA)	31,5
Impedenza secondaria II e III nucleo a 75°C	(Ω)	≤0,4
Reattanza secondaria alla frequenza industriale	(Ω)	Trascurabile
Prestazioni(**) e classi di precisione:		
- I nucleo	(VA)	30/0,2 50/0,5
- II e III nucleo	(VA)	30/5P30
Fattore sicurezza nucleo misure		≤10
Tensione di tenuta a f.i. per 1 minuto	(kV)	325
Tensione di tenuta a impulso atmosferico	(kV)	750
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV	(kg/m ³)	da 14 a 56(*)
Sforzi meccanici nominali sui morsetti		
Secondo la Tab.8, Classe II della Norma CEI EN 60044-1.		

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

(**) I valori relativi ai rapporti di trasformazione, alle prestazioni ed al numero dei nuclei devono intendersi come raccomandati; altri valori potranno essere adottati in funzione delle esigenze dell'impianto.

Trasformatore di tensione capacitivo a tensione nominale di 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI	
Tensione massima di riferimento per l'isolamento (kV)	170
Rapporto di trasformazione	$\frac{150.000}{\sqrt{3}}$ $100 / \sqrt{3}$
Frequenza nominale (Hz)	50
Capacità nominale (pF)	4000
Prestazioni nominali (VA/classe)	40/0,2-75/0,5-100/3P(**)
Fattore di tensione nominale con tempo di funzionamento di 30 s	1,5
Tensione di tenuta a f.i. per 1 minuto (kV)	325
Tensione di tenuta a impulso atmosferico (kV)	750
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV (kg/m ³)	Da 14 a 56(*)
Scarti della capacità equivalente serie in AF dal valore nominale a frequenza di rete	-20% + 50%
Resistenza equivalente in AF (Ω)	≤ 40
Capacità e conduttanza parassite del terminale di bassa tensione a frequenza compresa tra 40 e 500 kHz, compresa l'unità elettromagnetica di misura:	
- C _{pa} (pF)	≤(300+0,05 C _n)
- G _{pa} (μS)	≤50
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:	
- orizzontale, applicato a 600 mm sopra la flangia B (N)	2000
- verticale, applicato sopra alla flangia B (N)	5000

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

(**) I valori relativi alle prestazioni e al numero dei nuclei devono essere intesi come raccomandati altri valori potranno essere adottati in funzione delle esigenze dell'impianto.

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

Trasformatore di tensione induttivo a tensione nominale di 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI	
Tensione massima di riferimento per l'isolamento (kV)	170
Tensione nominale primaria (V)	150.000/√3
Tensione nominale secondaria (V)	100/√3
Frequenza nominale (Hz)	50
Prestazione nominale (VA)(**)	50
Classe di precisione	0,2-0,5-3P
Fattore di tensione nominale con tempo di funzionamento di 30 s	1,5
Tensione di tenuta a f.i. per 1 minuto (kV)	325
Tensione di tenuta a impulso atmosferico (kV)	750
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV (kg/m ³)	Da 14 a 56(*)
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:	
- orizzontale (N)	Tab. 9 Norma CEI EN 60044- 2
- verticale (N)	

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

(**) I valori relativi alle prestazioni e al numero dei nuclei devono essere intesi come raccomandati; altri valori potranno essere adottati in funzione delle esigenze dell'impianto.

Scaricatori per tensione nominale a 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI	
Tensione di servizio continuo (kV)	110
Frequenza (Hz)	50
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV (kg/m ³)	Da 14 a 56(*)
Massima tensione temporanea per 1s (kV)	158
Tensione residua con impulsi atmosferici di corrente (alla corrente nominale 8/20 μs) (kV)	396
Tensione residua con impulsi di corrente a fronte ripido (10 kA - fronte 1 μs) (kV)	455
Tensione residua con impulsi di corrente di manovra (500 A, 30/60 μs) (kV)	318
Corrente nominale di scarica (kA)	10
Valore di cresta degli impulsi di forte corrente (kA)	100
Classe relativa alla prova di tenuta ad impulsi di lunga durata	2
Valore efficace della corrente elevata per la prova del dispositivo di sicurezza contro le esplosioni (kA)	31,5

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

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

2. CALCOLI E VERIFICHE DI PROGETTO

2.1. VERIFICA TENSIONE AL VARIARE DELLA TEMPERATURA IN C.C.

Occorre verificare che in corrispondenza dei valori minimi di temperatura esterna e dei valori massimi di temperatura raggiungibili dai moduli fotovoltaici risultino verificate tutte le seguenti disuguaglianze:

$$V_m \min \geq V_{inv MPPT \min}$$

$$V_m \max \leq V_{inv MPPT \max}$$

$$V_{oc} \max < V_{inv \max}$$

dove:

V_m = tensione alla massima potenza, delle stringhe fotovoltaiche

$V_{inv MPPT \min}$ = tensione minima ammissibile dall'inverter per la ricerca del punto di massima potenza

$V_{inv MPPT \max}$ = tensione massima ammissibile dall'inverter per la ricerca del punto di massima potenza

V_{oc} = tensione a vuoto delle stringhe fotovoltaiche

$V_{inv \max}$ = tensione massima in corrente continua ammissibile ai morsetti dell'inverter

Considerando una variazione della tensione a circuito aperto di ogni cella in dipendenza della temperatura pari a **-140 mV/°C** e i limiti di temperatura estremi pari a -10°C e +70°C, V_m e V_{oc} assumono valori differenti rispetto a quelli misurati a STC (25°C).

Assumendo che tali grandezze varino linearmente con la temperatura, le precedenti disuguaglianze, nei vari casi, sono riportate in Tabella. In tutti i casi le condizioni di verifica risultano rispettate e pertanto si può concludere che vi è compatibilità tra le stringhe di moduli fotovoltaici e il tipo di inverter adottato.

Tabella – Verifica dei limiti di tensione agli inverter

Generatore fotovoltaico	Inverter	Condizione	Verifica
$V_m \min (+70^\circ\text{C}) = 1015,3 \text{ V}$	$V_{inv MPPT \min} = 976 \text{ V}$	$V_m \min \geq V_{inv MPPT \min}$	SI
$V_m \max (-10^\circ\text{C}) = 1275,5 \text{ V}$	$V_{inv MPPT \max} = 1310 \text{ V}$	$V_m \max \leq V_{inv MPPT \max}$	SI
$V_{oc} (-10^\circ\text{C}) = 1518,7 \text{ V}$	$V_{inv \max} = 1500 \text{ V}$	$V_{oc} \max < V_{inv \max}$	NO

Come si può notare dalla tabella, alle condizioni limite non tutte le prove sono verificate. In particolare non risulta verificata la condizione $V_{oc} \max < V_{inv \max}$. Quindi la tensione a circuito aperto di stringa alla temperatura minima di -10°C risulterebbe maggiore della tensione massima ammissibile dell'inverter. Ciononostante, si evidenzia che tale condizione è puramente teorica, dato che alle latitudini del sito d'impianto è altamente improbabile che mentre le condizioni di irraggiamento risultino sufficienti a rendere "attiva" la stringa fotovoltaica, la temperatura ambientale possa scendere sotto gli 0° C; si tratta di una condizione che non tiene conto di alcuna perdita di carico (dovuta a connessioni, lunghezza cavi, ecc.). In fine si può affermare che il valore di tensione di stringa, che risulta dalle verifiche, è di poco superiore al limite ammissibile dall'inverter, comunque inferiore del 5% e pertanto certamente tollerabile da tutti i componenti del sistema.

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

2.1.1. Portata dei cavi in regime permanente

Le sezioni dei cavi per i vari collegamenti saranno tali da assicurare una durata di vita adeguata alla stima della vita utile dell'impianto dei conduttori e degli isolamenti sottoposti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati e in condizioni ordinarie di esercizio.

La verifica per sovraccarico sarà eseguita utilizzando la relazione:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \quad \text{e} \quad I_f \leq 1,45 I_Z$$

dove

I_B = corrente d'impiego del cavo

I_N = portata del cavo in aria a 30°C, relativa al metodo d'installazione previsto nelle Tabelle I o II della Norma CEI-UNEL 35025

I_Z = portata del cavo nella condizione d'installazione specificata (tipo di posa e temperatura ambiente)

I_f = corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite.

Per la parte in corrente continua, non protetta da interruttori automatici o fusibili nei confronti delle sovracorrenti e del corto circuito, I_B risulta pari alla corrente nominale dei moduli fotovoltaici in corrispondenza della loro potenza di picco (I_{MPP}), mentre I_N e I_f possono entrambe essere poste uguali alla corrente di corto circuito dei moduli stessi, rappresentando questa un valore massimo non superabile in qualsiasi condizione operativa. In assenza di dispositivi di protezione contro le sovracorrenti, la seconda relazione non risulta applicabile alla parte in corrente continua.

2.1.2. Protezione contro il corto circuito

Per la parte di circuito in corrente continua, la protezione contro il corto circuito sarà assicurata dalla caratteristica tensione-corrente dei moduli fotovoltaici che limita la corrente di corto circuito degli stessi a valori noti e di poco superiori alla loro corrente nominale. Pertanto, avendo già tenuto conto di tali valori nel calcolo della portata dei cavi in regime permanente, anche la protezione contro il corto circuito risulterà assicurata.

Per ciò che riguarda il circuito in corrente alternata, la protezione contro il corto circuito sarà assicurata dal dispositivo limitatore contenuto all'interno dell'inverter.

L'interruttore magnetotermico posto a valle dell'inverter agisce da ricalzo all'azione del dispositivo di protezione interno.

2.2. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

Ogni parte elettrica dell'impianto, sia in corrente continua che in corrente alternata prima del trasformatore di media tensione d'uscita, è da considerarsi in bassa tensione.

La protezione contro i contatti diretti sarà assicurata dall'utilizzo dei seguenti accorgimenti:

- utilizzo di componenti dotati di marchio CE (Direttiva CEE 73/23);

PHEEDRA Srl Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Pagina 14 di 35
---	---	-----------------

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

- utilizzo di componenti aventi un idoneo grado di protezione alla penetrazione di solidi e liquidi;
- collegamenti effettuati utilizzando cavo rivestito con guaina esterna protettiva, idoneo per la tensione nominale utilizzata e alloggiato in condotto portacavi idoneo allo scopo. Alcuni brevi tratti di collegamento tra i moduli fotovoltaici non risulteranno alloggiati in tubi o canali ma fissati alle strutture di sostegno e quindi soggetti a sollecitazioni meccaniche prevedibili.

In ogni caso valgono le prescrizioni riportate nella Norma CEI 64-8 Parte 4 "Prescrizioni per la sicurezza"

2.3. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

L'inverter e quanto contenuto nei quadri elettrici di impianto sono da considerarsi come sistema TN-S. La protezione contro i contatti indiretti sarà assicurata dai seguenti accorgimenti:

- collegamento al conduttore di protezione PE di tutte le masse, ad eccezione degli involucri metallici delle apparecchiature di Classe II (moduli fotovoltaici);
- i dispositivi di protezione intervengono in caso di primo guasto verso terra con un ritardo massimo di 0,4 secondi, oppure entro 5 secondi con la tensione sulle masse in quel periodo non superiore a 50 V.

2.3.1. Sistema in corrente continua (IT) e rete di terra

Il sistema in corrente continua sarà costituito dalle serie di moduli fotovoltaici e dai loro collegamenti agli inverter con un sistema denominato flottante cioè senza punto di contatto a terra.

La protezione nei confronti dei contatti indiretti sarà assicurata, in questo caso, dalle seguenti caratteristiche dei componenti e del circuito:

- protezione differenziale $I_{\Delta N} \geq 30 \text{ mA}$
- collegamento al conduttore PE delle carcasse metalliche.

L'elevato numero di moduli fotovoltaici, suggerisce misure di protezione aggiuntive rispetto a quanto prescritto dalle norme CEI 64-8, le quali consistono nel collegamento equipotenziale di ogni struttura di sostegno dei moduli fotovoltaici.

Si è collegato con un conduttore equipotenziale da 16 mm^2 un punto metallico per ogni struttura di fissaggio e, a tale proposito, in fase di montaggio sarà verificato che tra le strutture metalliche non vi siano interposte parti isolanti costituite da anelli di plastica o gomma, parti ossidate o altro. Questo per far sì che, dati i numerosi punti di collegamento, si possa supporre con certezza la continuità elettrica per struttura. In fase di collaudo la continuità elettrica dovrà comunque essere verificata.

I circuiti equipotenziali così ottenuti fanno capo, ognuno con apposito capocorda e bullone, ad una sbarra di terra in rame forata. Un conduttore di terra di idonea sezione sarà steso per collegare i collettori sopra descritti.

PHEEDRA Srl Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: www.pheedra.it	RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Pagina 15 di 35
---	---	-----------------

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

2.4. MISURE DI PROTEZIONE SUL COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA

La protezione del sistema di generazione fotovoltaica nei confronti sia della rete di distribuzione pubblica sarà realizzata in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-20 var.1, con riferimento anche a quanto contenuto nel documento di unificazione Enel.

L'impianto risulterà pertanto equipaggiato con un sistema di protezione che si articola su 3 livelli: Dispositivo del generatore (IP); Dispositivo di interfaccia; Dispositivo generale (**IG**).

2.4.1. Dispositivo di generatore

Il dispositivo del generatore assicurerà il sezionamento dell'impianto PV o della parte di competenza (sottocampo) in caso di guasto. Gli inverter saranno internamente protetti contro il cortocircuito e il sovraccarico. Il riconoscimento della presenza di guasti interni provocherà l'immediato distacco dell'inverter dalla rete elettrica.

2.4.2. Dispositivo di interfaccia

Il dispositivo di interfaccia provocherà il distacco dell'intero sistema di generazione in caso di mancanza di tensione di rete, oppure a seguito dell'apertura dell'interruttore generale. A tale scopo, il DDI è comandato da una bobina a mancanza di tensione, alimentata in serie ai contatti di scatto dei relè della protezione di interfaccia; tale bobina dovrà determinare l'apertura del DDI sia in caso di intervento o guasto interno alle protezioni, sia per mancanza dell'alimentazione ausiliaria.

In particolare, il sistema di protezione di interfaccia sarà costituito dai relè che rilevano come anormali le condizioni di funzionamento che fuoriescono dai limiti di tensione e frequenza di seguito indicati:

- minima tensione: 0,7 Vn (27)
- massima tensione: 1,2 Vn (59)
- minima frequenza: 49,7 Hz (81<)
- massima frequenza: 50,3 Hz (81>)

La protezione offerta dal dispositivo di interfaccia impedirà, tra l'altro, che l'inverter continui a funzionare, con particolari configurazioni di carico, anche nel caso di black-out esterno. Questo fenomeno, detto funzionamento in isola, sarà evitato, soprattutto perché può tradursi in condizioni di pericolo per il personale addetto alla ricerca e alla riparazione dei guasti.

Le funzioni di protezione del dispositivo di interfaccia saranno appositamente certificate da un Ente facente capo alla EA (European Accreditation Agreement).

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

2.4.3. Dispositivo generale

Il dispositivo di interruzione e sezionamento generale sarà comandato dalla Protezione Generale, che deve essere del tipo “a mancanza di tensione” con circuito alimentato da una sorgente ausiliaria (UPS).

La Protezione generale deve comprendere

- un relè di massima corrente a tre soglie di intervento; due soglie a tempo indipendente ($I_{>>>}$ intervento istantaneo: 50 e $I_{>>}$ intervento ritardato: 51) ed una soglia a tempo dipendente ($I_{>}$ a tempo inverso 51).
- un relè di massima corrente omopolare di terra 51N a due soglie di intervento, $I_{0>}$ e $I_{0>>>}$.
- Un relè direzionale di terra a due soglie di intervento 67N (tale relè è richiesto solo quando la rete dei cavi MT dell'utente supera la lunghezza di 400 m).

2.5. COLLEGAMENTI ELETTRICI

I terminali di ognuna delle stringhe confluiranno verso i quadri di parallelo con percorso prima libero e poi in cavidotto interrato. Il percorso dai quadri di parallelo agli inverter avverrà sempre in cavidotto interrato.

Assieme ai cavidotti di potenza e di segnale, dal generatore fotovoltaico sarà posata, all'interno dello stesso scavo, la corda di rame nuda da 35 mmq per l'impianto di messa a terra; collegando tutti i traversi insieme tramite uno spezzone di cavo G/V, fissato con capocorda ad occhiello e bullone in acciaio inox. La serie delle strutture di ciascuna fila sarà quindi collegata alla corda di terra nel pozzetto più vicino.

2.6. OPERE ELETTROMECCANICHE

I montaggi delle opere meccaniche consistono principalmente in:

- Posa in opera delle strutture di sostegno dei moduli
- Montaggio dei moduli sulle strutture.

I montaggi elettrici in campo, consistono principalmente in:

- Collegamento elettrico dei moduli di ciascuna stringa;
- Posa in opera dell'inverter;
- Posa dei cavi di collegamento tra le stringhe fotovoltaiche i quadri di parallelo;
- Posa dei cavi di collegamento tra i quadri di parallelo e gli inverter, nei rispettivi cavidotti predisposti;
- Posa dei cavi di collegamento tra l'inverter e scomparti MT;
- Posa dei cavi di collegamento tra gli scomparti MT e la cabina di raccolta;
- Posa in opera dei collegamenti alla rete di terra.
- *Posa in opera dei servizi ausiliari (videosorveglianza, allarme, monitoraggio, trasmissione dati)*

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

3. DESCRIZIONE ELETTRODOTTO AT

3.1. DESCRIZIONE GENERALE

Il collegamento tra lo stallo 150 kV della stazione elettrica denominata Valle di Terna Spa e la Sottostazione elettrica 30/150 kV da realizzarsi nelle immediate vicinanze della SE di Terna, per la connessione dell'impianto fotovoltaico in progetto, sarà realizzato mediante una linea interrata composta da una terna di cavo a 150 kV in alluminio con isolamento in XLPE (ARE4H1H5E 87/150 kV) di sezione pari a 1600 mm², per una lunghezza pari a circa 350 m (come da elaborati allegati). Tale cavo sarà in condivisione con le altre Ditte, indicate da Terna Spa, per la condivisione dello stallo AT.

Il cavidotto AT sarà attestato ai n.3 terminali AT in area produttore e ai n.3 terminali AT dello stallo di consegna Terna predisposto come da preventivo di connessione di Terna SpA codice pratica n. 201800308.

Il collegamento degli schermi dei cavi AT sarà gestito con metodo single point bonding, isolati da terra tramite scaricatore di sovratensione lato utente, e collegati alla rete di terra lato Terna. Inoltre verrà posato, parallelamente ai conduttori AT, il cavo di collegamento equipotenziale (tra la rete di terra di stazione e la rete di terra lato Terna) della sezione di 240 mm². Si precisa che al momento della realizzazione dell'impianto saranno utilizzati cavi CPR equivalenti qualora disponibili, così come esplicitato dal D.lgs n 106 del 16/06/2017.

3.2. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CAVI

Le caratteristiche elettriche principali del sistema elettrico in alta tensione sono:

- sistema elettrico 3 fasi – c.a.
- frequenza 50 Hz
- tensione nominale 150 kV
- tensione massima 170 kV

Tensione di isolamento del cavo: dalla tab. 4.1.6 della norma CEI 11-17 in base a tensione nominale e massima del sistema la tensione di isolamento è:

- U₀ = 87 kV.

Temperature massime di esercizio e di cortocircuito: dalla tab. 4.2.2.a della norma CEI 11-17 per cavi con isolamento estruso in polietilene reticolato la massima temperatura di esercizio è di 90°C mentre quella di cortocircuito è di 250°C.

Caratteristiche funzionali e costruttive: i cavi in progetto, con isolamento in XLPE e conduttore in alluminio di sezione pari a 1600 mm², sono formati secondo il seguente schema costruttivo (tabella tecnica TERNA UX LK101):

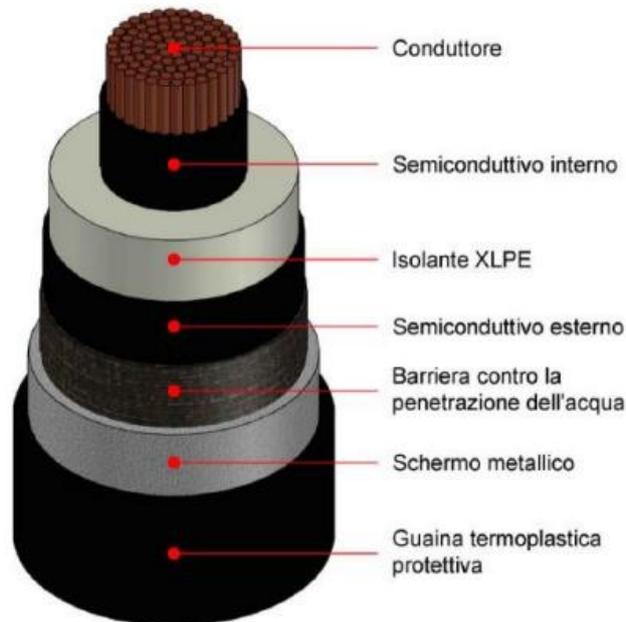
- Conduttore a corda rigida rotonda, compatta e tamponata di alluminio;
- Schermo semiconduttore;
- Isolante costituito da uno strato di polietilene reticolato estruso insieme ai due strati semiconduttivi;

PHEEDRA Srl Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: www.pheedra.it	RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Pagina 18 di 35
---	---	-----------------

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

- Schermo semiconduttore;
- Dispositivo di tamponamento longitudinale dell'acqua;
- Schermo metallico, in piombo o alluminio, o a fili di rame ricotto o a fili di alluminio non stagnati opportunamente tamponati, o in una loro combinazione e deve contribuire ad assicurare la protezione meccanica del cavo, assicurare la tenuta ermetica radiale, consentire il passaggio delle correnti corto circuito;
- Rivestimento protettivo esterno costituito da una guaina di PE nera e grafitata.

Schema costitutivo (a titolo indicativo)



3.3. TIPOLOGIA DI POSA

Per la posa del cavidotto si dovrà predisporre uno scavo a sezione ristretta della larghezza di circa 0,70 m, per una profondità di circa 1,70 m dal piano campagna.

Il riempimento dello scavo sarà fatto nel modo seguente:

- Disposizione di uno strato di 10 cm di cemento magro a resistività termica controllata 1.2 Km/W;
- Posa dei conduttori di energia, secondo le specifiche di progetto;
- Posa delle lastre di cemento armato di protezione sui due lati;
- Disposizione di uno strato di riempimento per cm 40 di cemento magro a resistività termica controllata;
- Posa del tri-tubo in PEAD del diametro di 50 mm per l'inserimento del cavo in fibra ottica;
- Copertura con piastra di protezione in cemento armato vibrato prefabbricato secondo le specifiche di progetto;
- Riempimento con materiale riveniente dallo scavo opportunamente vagliato per circa 70 cm;

PHEEDRA Srl Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: www.pheedra.it	RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Pagina 19 di 35
---	---	-----------------

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

- Posa del nastro segnalatore in PVC con indicazione "Cavi Alta Tensione";
- Riempimento con materiale riveniente dallo scavo fino alla quota di progetto;
- Ripristino finale come ante operam.

4. DESCRIZIONE ELETTRODOTTO MT

I cavidotti in esame sono quelli che vanno dalle cabine inverter/trafo alla cabina di raccolta. I cavidotti saranno installati seguendo percorsi pressoché regolari; essi saranno direttamente interrati.

L'impianto sarà suddiviso in 11 sottocampi da circa 2,5 MW e da 3,5 MW ciascuno, perciò saranno installate 11 cabine inverter trafo. Si è scelto di usare cavo tripolare tipo ARE4H5EX 18/30 kV di sezione 95 mm². Si precisa che al momento della realizzazione dell'impianto saranno utilizzati cavi CPR equivalenti qualora disponibili, così come esplicitato dal D.lgs n 106 del 16/06/2017.

4.1. DIMENSIONAMENTO ELETTRICO

4.1.1. Tensioni nominali

Un cavo sarà specificato in base alle tensioni nominali (di isolamento) U_0/U , rispettivamente verso terra e tra le fasi.

Per i cavi in media tensione si farà riferimento alla tensione massima del sistema elettrico e al tempo per cui potrà permanere a terra una fase. Questo perché in media tensione le sollecitazioni dielettriche sono elevate. In presenza di una fase a terra aumenta la tensione verso terra delle fasi sane e se il guasto permane si riduce la durata di vita del cavo.

Comunque nel caso in esame sarà sufficiente che le tensioni di isolamento del cavo siano quelle corrispondenti alla tensione massima del sistema elettrico.

TENSIONI NOMINALI DEL CAVO U_0/U	1,8/3	3,6/6	6/10	8,7/15	12/20	18/30
TENSIONE MASSIMA DEL SISTEMA ELETTRICO U_m [kV]	3,6	7,2	12	17,5	24	36

4.1.2. Portata dei Cavi

Per la determinazione della portata del conduttore di fase del cavo interrato sarà applicato il metodo descritto dalla tabella CEI-UNEL 35027.

A partire dalla portata nominale del cavo tipo ARE4H5EX 18/30 kV di sezione 95 mm² (196 A), si calcola un fattore correttivo

$$K_{tot} = K_5 \times K_6 \times K_7 \times K_8$$

PHEEDRA Srl Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: www.pheedra.it	RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Pagina 20 di 35
---	---	-----------------

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

Dove:

K_5 è il fattore di correzione da applicare se la temperatura del terreno è diversa da 20°C;

K_6 è il fattore di correzione da applicare per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano;

K_7 è il fattore di correzione per profondità di posa dal valore di riferimento pari a 0,8 m;

K_8 è il fattore di correzione per resistività del terreno diversa dal valore di riferimento di 1,5 k x m/W, valido per terreni asciutti.

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

$K_5 = 0,95$ poiché si suppone una temperatura massima del terreno pari a 25°C;

$K_6 = 0,84$ poiché si presuppone la presenza di altri circuiti;

$K_7 = 0,98$ poiché la profondità di posa è pari a 1 m;

$K_8 = 1$ poiché la posa avviene in terreno asciutto.

In definitiva, il fattore di riduzione della portata del cavo è pari a

$$K_{tot} = K_5 \times K_6 \times K_7 \times K_8 = 0,78$$

Pertanto, nelle condizioni peggiori la portata effettiva del cavo nelle condizioni di posa previste a progetto sarà:

$$I = 196 \times 0,78 = 153 \text{ A}$$

Mentre la corrente che attraverserà il cavo sarà pari a

$$I_b = P_n / (V_n \times 1,73 \times \cos\phi) = 69 \text{ A} < 153 \text{ A}$$

Dove:

I_b = corrente che attraversa il cavo;

P_n = Potenza nominale del sottocampo (3.500 kW)

V_n = Tensione nominale di impianto (30.000 V)

$\cos\phi = 0,99$

4.1.3. Caduta di tensione

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

$$\Delta V \% = \frac{\Delta v \cdot l \cdot I}{V} \cdot 100$$

dove:

V = tensione di linea [V];

Δv = caduta di tensione specifica, $\sqrt{3}(r \cos\phi + x \sin\phi)$ [V/km A];

l = lunghezza della linea [km];

I = corrente di carico [A].

r = resistenza specifica [Ω /km];

x = reattanza specifica [Ω /km].

$\cos\phi$ = fattore di potenza

PHEEDRA Srl Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: www.pheedra.it	RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Pagina 21 di 35
---	---	-----------------

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

$\Delta V\% = 0,21\% < 4\%$

4.2. MODALITÀ DI POSA

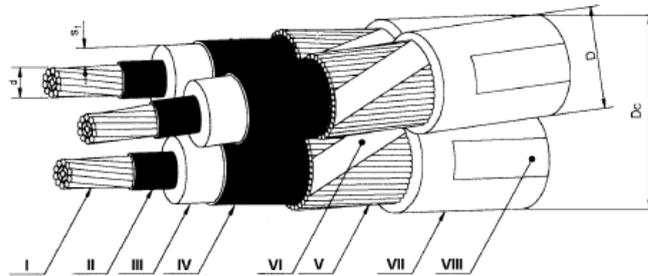
Il cavidotto MT che interessa il collegamento tra le cabine di trasformazione e la cabina di raccolta seguirà le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17, sarà costituito da cavi unipolari (ad elica visibile) direttamente interrati.

La posa verrà eseguita ad una profondità di circa 1.00 m in uno scavo di profondità di circa 1.20 e larghezza alla base variabile in base al numero di conduttori presenti. La sequenza di posa dei vari materiali, partendo dal fondo dello scavo, sarà la seguente.

- Strato di sabbia di 15 cm;
- Cavi di sezione 95, 150, 185 direttamente sullo strato di sabbia;
- Ricopertura dei cavi con sabbia;
- Posa della lastra di protezione supplementare;
- Ulteriore strato di sabbia per complessivi 30 cm;
- Posa del tritubo rigido del diametro esterno di 50 mm per inserimento di linea in cavo di telecomunicazione (Fibra Ottica);
- Riempimento con il materiale di risulta dello scavo di 60÷90 cm;
- Nastro segnalatore (a non meno di 20 cm dai cavi);
- Riempimento finale con il materiale di risulta dello scavo e ripristino.

4.3. QUALITÀ DEI MATERIALI

Tipologia del Cavo:



- | | |
|--|---------------------------------------|
| I - Conduttore | V - Schermo |
| II - Strato semiconduttore | VI - Nastro equalizzatore (eventuale) |
| III - Isolante | VII - Guaina di PVC |
| IV - Strato semiconduttore estruso sull'isolante | VIII - Stampigliatura |

Figura 1 – Cavo ARE4H5EX – 18/30 kV

Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARE4H5EX

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura
<i>conductor cross-section</i>	<i>conductor diameter</i>	<i>diameter over insulation</i>	<i>nominal outer diameter</i>	<i>approximate weight</i>	<i>minimum bending radius</i>
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)

Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV

50	8,2	25,5	34	2480	680
70	9,7	25,6	34	2600	680
95	11,4	26,5	35	2860	700
120	12,9	27,4	36	3120	720
150	14,0	28,1	37	3390	740
185	15,8	29,5	38	3790	760
240	18,2	31,5	42	4440	820
300	20,8	34,7	45	5240	890

sezione nominale	portata di corrente in aria	posa interrata a trifoglio p=1°C m/W	posa interrata a trifoglio p=2°C m/W
<i>conductor cross-section</i>	<i>open air installation</i>	<i>underground installation p=1°C m/W</i>	<i>underground installation trefoil p=2°C m/W</i>
(mm ²)	(A)	(A)	(A)

Caratt. elettriche / Electrical charact. - 18/30 kV

50	190	175	134
70	235	213	164
95	285	255	196
120	328	291	223
150	370	324	249
185	425	368	283
240	503	426	327
300	581	480	369

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

5. DESCRIZIONE CAVI BT IN CORRENTE CONTINUA

5.1. TENSIONE NOMINALE

I cavi dovranno avere una tensione nominale adeguata a quella del sistema elettrico. In corrente continua la tensione del sistema elettrico non dovrà superare 1,5 volte la tensione nominale dei cavi.

La tensione nominale dei cavi si riferisce al loro impiego in corrente alternata ed è espressa come U_0/U dove U_0 è il valore efficace tra ogni conduttore e la terra, U è il valore efficace della tensione tra due conduttori attivi qualsiasi di un cavo multipolare o un circuito costituito da cavi unipolari.

Nei sistemi isolati da terra la tensione verso terra è uguale alla tensione nominale $U_0 = U$, quindi cavi con tensione nominale 0,6/1 kV sono adatti per impianti fino a: $1,5 \times 600 \text{ V} = 900 \text{ V}_{cc}$.

I cavi dell'impianto in corrente continua saranno scelti ed installati in modo da rendere minimo il rischio di guasto a terra e cortocircuito; le condutture avranno un isolamento doppio o rinforzato (classe II). Si dicono condutture con isolamento doppio o rinforzato:

- i cavi con guaina, con tensione maggiore di un gradino rispetto a quella necessaria per il sistema elettrico servito (isolamento rinforzato);
- i cavi unipolari senza guaina posati in tubo protettivo o canale di materiale isolante (isolamento doppio).

I cavi di stringa, quelli che collegano tra loro i moduli e la stringa fino al quadro di parallelo, saranno installati nella parte posteriore di moduli, dove la temperatura può raggiungere anche i 70 °C. Questi cavi dovranno sopportare temperature elevate, avere una buona flessibilità e resistere ai raggi ultravioletti. Per questa parte di impianto si useranno cavi unipolari con isolamento e guaina in gomma aventi temperatura massima di funzionamento almeno di 90 °C, conformi CPR; questi cavi, specifici per impianti fotovoltaici, hanno sigla di designazione H1Z2Z2-k ($U_0/U = 1500 \text{ V}_{cc}$).

Anche a valle dei quadri di parallelo fino agli inverter, date le tensioni di stringa, si userà la stessa tipologia di cavi (H1Z2Z2-k) essendo adatti anche per la posa interrata.

PHEEDRA Srl Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: www.pheedra.it	RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Pagina 24 di 35
---	---	-----------------

5.2. PORTATA DEI CAVI

La sezione dei cavi verrà scelta tale per cui:

- la portata (I_z) del cavo sia almeno uguale alla corrente di impiego (I_B) del circuito: $I_z \geq I_B$;
- la caduta di tensione rientri nei limiti prestabiliti.

Per il circuito di stringa si assume prudenzialmente una corrente di impiego $I_B = 1,25 I_{SC}$, dove I_{SC} è la corrente di cortocircuito del modulo. Il circuito che va dal quadro di parallelo all'inverter, che raccoglie le m stringhe in parallelo, avrà $I_B = m \cdot 1,25 I_{SC}$.

La portata del cavo è il valore massimo di corrente che un cavo può portare a regime termico, senza superare la temperatura massima di funzionamento. Le portate dei cavi solari sono riferite in genere a temperature ambiente di 30 °C in aria libera. Per tenere conto della temperatura ambiente effettiva θ_a si dovrà moltiplicare la portata alla temperatura di riferimento θ_o per un coefficiente:

$$k_1 = \sqrt{(\theta_s - \theta_a) / (\theta_s - \theta_o)}$$

dove θ_s è la temperatura massima di funzionamento dell'isolante.

Quindi per la posa sul retro dei moduli, dove $\theta_a = 70$ °C, considerando un cavo solare avente $\theta_s = 90$ °C, si avrà:

$$K_1 = 0,58$$

Inoltre si è tenuto conto del coefficiente di riduzione K_2 che tiene conto della portata dei cavi per posa in fascio nello stesso tubo o canale.

Valori del fattore k_2 per un fascio di cavi.

Numero di circuiti o di cavi multipolari	Fattore k_2
2	0,80
3	0,70
4	0,65
5	0,60
6	0,57
7	0,54
8	0,52
9	0,50
12	0,45
16	0,41
20	0,38

Va detto che la portata dei cavi corrisponde ad una durata di vita del cavo di circa 20 – 30 anni, nell'ipotesi che porti continuamente una corrente pari alla sua portata. Negli impianti PV il cavo porta corrente solo per una parte del giorno e mai di notte.

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

5.3. CADUTA DI TENSIONE

Negli impianti fotovoltaici la caduta di tensione rappresenta la perdita di potenza, e quindi perdita economica. Una caduta di tensione del 4% corrisponde a una perdita del 4% della potenza elettrica. Negli impianti PV l'attenzione agli aspetti economici porta a limitare la caduta di tensione a valori non superiori al 1% - 2%, quindi si sceglieranno cavi la cui sezione è in genere sovrabbondante rispetto a quella necessaria.

6. DESCRIZIONE CAVI BT IN CORRENTE ALTERNATA

La parte di impianto interessata dai circuiti di bassa tensione in corrente alternata riguardano:

- la linea a valle della fornitura BT a servizio dei circuiti ausiliari;
- le linee alimentate dal quadro generale BT in cabina BT.

L'impianto sarà dotato di una linea trifase BT da circa 60 kW per l'alimentazione dei servizi ausiliari. Il gruppo di misura di questa fornitura, sarà installato in un box predisposto all'ingresso dell'impianto, nelle immediate vicinanze della cabina BT. Pertanto verrà posato un cavo quadripolare tipo FG16(O)R16 che dal gruppo di misura BT alimenti il Quadro Generale BT in cabina.

Il quadro generale BT alimenterà i quadri BT delle cabine inverter trafo, della cabina di raccolta e del magazzino. I quadri BT di cabina forniranno alimentazione ai sistemi di protezione dei quadri MT, alle apparecchiature di condizionamento cabina, all'illuminazione e prese a spina, ai servizi ausiliari (apparecchi per la videosorveglianza, l'allarme, la trasmissione dati, ecc.).

La tensione di isolamento dei cavi sarà scelta in relazione a quella nominale di esercizio, la sezione del cavo verrà scelta in funzione della corrente nominale del carico alimentato. A tal proposito saranno prese in considerazione le tabelle CEI-UNEL 35024/1 e CEI UNEL 35026 dove sono indicate le diverse condizioni di posa in aria e interrata.

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

6.1. MODALITÀ DI POSA

I cavi di stringa saranno fissati alle strutture di sostegno sul retro dei moduli.

A valle del quadro di parallelo la posa dei cavi sarà effettuata entro cavidotti al fine di una maggiore protezione meccanica del cavo stesso e per facilitarne la posa e la manutenzione.

Il diametro del tubo interno sarà 1,5 volte il diametro circoscritto dal fascio dei cavi.

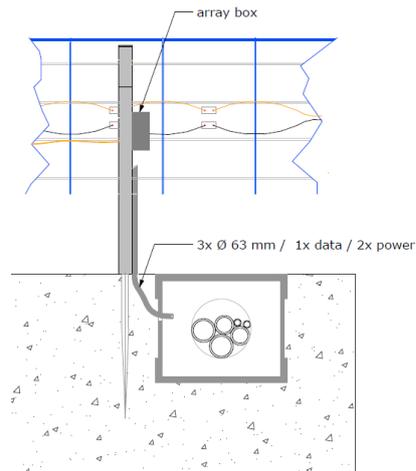


Figura 2 – Particolare della posa dei cavi in corrente continua (tipologico).

6.2. QUALITÀ DEI MATERIALI

Tipologia del Cavo:

 <p>CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE</p> <p>Anima: Conduttore in rame stagnato flessibile, classe 5</p> <p>Isolamento: Mescola LSZH a base di gomma reticolata</p> <p>Guaina esterna: Mescola LSZH a base di gomma reticolata speciale, resistente ai raggi UV</p> <p>Colori: Colore anima: Bianco Colore guaina esterna: Nero o Rosso (basato su RAL 9005 o 3000)</p>	<p>CARATTERISTICHE ELETTRICHE</p> <p>Tensione di esercizio anime: Tensione nominale di esercizio: 1.0kV C.A. - 1.5kV C.C. (anche verso terra) Massima tensione di esercizio: 1.2kV C.A. - 1.8kV C.C. (anche verso terra)</p> <p>Tensione di esercizio guaina: Tensione nominale di esercizio: 1.0kV C.A. - 1.5kV C.C. (anche verso terra) Massima tensione di esercizio: 1.2kV C.A. - 1.8kV C.C. (anche verso terra) Tensione di prova: 15 kV C.C.</p> <p>CONDIZIONI DI POSA</p> <table border="0"> <tr> <td> Temperatura minima di posa: -25°C</td> <td> Raggio minimo di posa d4</td> <td> Max sforzo di tiro: 15N/mm² azione istantanea 50N/mm² installazione</td> <td> Posa fissa</td> </tr> <tr> <td> In aria libera</td> <td> In tubo o canalina in aria</td> <td> In canale interrato</td> <td> Interrato con protezione</td> </tr> <tr> <td> In tubo interrato</td> <td> Direttamente interrato</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	 Temperatura minima di posa: -25°C	 Raggio minimo di posa d4	 Max sforzo di tiro: 15N/mm ² azione istantanea 50N/mm ² installazione	 Posa fissa	 In aria libera	 In tubo o canalina in aria	 In canale interrato	 Interrato con protezione	 In tubo interrato	 Direttamente interrato		
 Temperatura minima di posa: -25°C	 Raggio minimo di posa d4	 Max sforzo di tiro: 15N/mm ² azione istantanea 50N/mm ² installazione	 Posa fissa										
 In aria libera	 In tubo o canalina in aria	 In canale interrato	 Interrato con protezione										
 In tubo interrato	 Direttamente interrato												

Figura 3 – Cavo solare (H1Z2Z2-K – 1500 V_{cc})

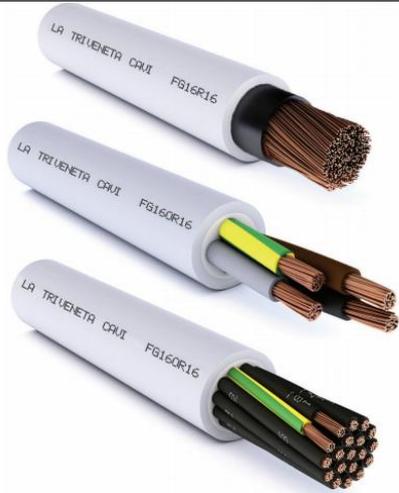
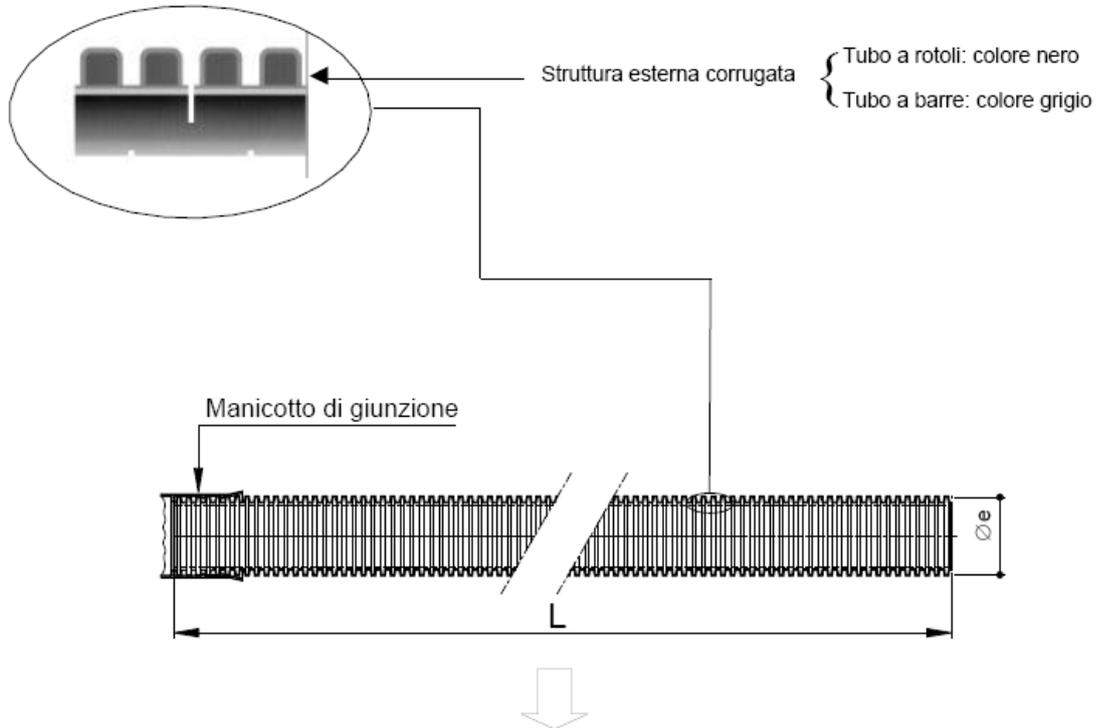
	<p>Descrizione</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conduttore: rame rosso, formazione flessibile, classe 5 • Isolamento: gomma, qualità G16 • Riempitivo: termoplastico, penetrante tra le anime (solo nei cavi multipolari) • Guaina: PVC, qualità R16 • Colore: grigio <p>Caratteristiche funzionali</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tensione nominale U₀/U: 600/1000 V c.a. 1500 V c.c. • Tensione massima U_m: 1200 V c.a. 1800 V c.c. anche verso terra • Tensione di prova industriale: 4000 V • Temperatura massima di esercizio: 90°C • Temperatura minima di esercizio: -15°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche) • Temperatura massima di corto circuito: 250°C
---	---

Figura 4 – Cavo (FG16(O)R16 – 0,6/1 kV)

Tipologia del Corrugato:

Il tubo flessibile corrugato sarà rispondente alla Norma Tecnica CEI 11-17 ovvero di tipo DS 4247.

PROTEZIONI MECCANICHE: TUBI IN POLIETILENE



Conformi alle Norme CEI EN 50086-2-4 (23-46) (tubo "N" normale)

- resistenza all'urto: - tubo Øe 25450 mm: 15 J;
- tubo Øe 63 mm: 20 J;
- tubo Øe 125 mm: 28 J;
- tubo Øe 160 mm: 40 J.

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

7. CIRCUITI AUSILIARI

L'impianto sarà dotato di un sistema di monitoraggio dei parametri di funzionamento e ambientali, di un sistema di videosorveglianza e di un sistema di allarme. Il sistema di monitoraggio sarà in grado di trasmettere in remoto i dati raccolti; i sistemi di videosorveglianza e di allarme fungeranno da deterrenti per eventuali atti vandalici o furti, ed allo stesso tempo segnaleranno immediatamente ad una stazione di vigilanza presenze indesiderate. Lungo il perimetro d'impianto saranno installati opportuni apparecchi di illuminazione.

7.1. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Il sistema di monitoraggio consente di supervisionare tutti i parametri essenziali alla sicurezza di continuità di funzionamento, non solo dell'impianto nel suo complesso, ma spingendosi all'analisi delle singole stringhe e dei dati climatici del sito di installazione (una non corretta funzionalità determina un calo della produzione con conseguente diminuzione dell'incentivo governativo e tempi maggiori di ammortamento dell'impianto stesso).

Il cuore del sistema è un dispositivo di Gestione Locale che, installato in prossimità dei gruppi di conversione statica, in dialogo costante con i componenti dell'impianto (inverter, sensori di irraggiamento, anemometri, dispositivi di monitoraggio stringhe, analizzatori di rete, ecc.) vigila per assicurare la più alta efficienza e funzionalità con la possibilità di comunicazione da/e verso un centro di supervisione remoto.

Il sistema di monitoraggio è composto da:

- Sistema di monitoraggio di stringa;
- Sistema di monitoraggio dei parametri meteo-climatici;
- Data logger;
- Sistema di trasmissione dati.

Il sistema di monitoraggio di stringa è installato all'interno dei quadri di parallelo del generatore. Il sistema di controllo individua immediatamente i malfunzionamenti e i cali di resa, registra le correnti di ogni linea, la tensione del sistema e la temperatura del quadro, classificando i valori medi al minuto. Inoltre controlla lo stato dello scaricatore interrogando il contatto di scambio.

Gli Tali sistemi sono collegati in serie tra loro e poi connessi al data logger tramite can-bus. Al data logger sono connessi anche gli inverter, tramite cavo ethernet, e i sensori per il monitoraggio dei parametri meteo-climatici (piranometri e anemometro) tramite can-bus.

I data logger sono quindi dei "concentratori" di informazioni provenienti dai sistemi di monitoraggio di campo, dagli inverter (controllano lo stato degli inverter, lo stato degli errori e la produzione di energia) e dal sistema di monitoraggio ambientale.

Mediante fibra ottica i segnali raccolti dai data logger, vengono trasmessi al sistema di trasmissione dati, che si occupa di trasmettere in postazioni remote i parametri di impianto.

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

7.2. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI VIDEOSORVEGLIANZA E ALLARME

Si prevede l'installazione di telecamere HD day/night con rilevazione di movimento presso i punti di copertura ottica del campo fotovoltaico in oggetto.

Saranno installate un numero sufficiente di telecamere a copertura totale del perimetro ottico del campo.

Il Centro Stella dell'impianto di videosorveglianza sarà installato nella "Cabina BT e Sala Controllo" che fungerà da raccordo dei cavi in fibra ottica ed elettrici previsti per l'interconnessione delle telecamere installate presso il campo.

Le telecamere dovranno essere montate all'interno di custodie stagne e fissate su dei pali predisposti lungo il perimetro del campo e dovranno essere orientate opportunamente per coprire l'intero perimetro d'impianto.

Ogni telecamera sarà dotata di illuminatore ottico IR per la visione notturna.

Le telecamere, saranno dotate di un mini media converter e un trasformatore di corrente per l'alimentazione di tali apparecchi.

Le telecamere previste avranno una porta Ethernet RJ45 UTP e una porta per l'alimentazione (12 VdC). I cablaggi dell'alimentazione elettrica dovranno essere compatibili con le condizioni di posa, pertanto si prevede l'utilizzo di cavo tipo FG16OR16 0,6/1 kV 3x2,5 mmq posato entro opportuno cavidotto interrato.

L'impianto antintrusione, insieme all'impianto di videosorveglianza previsto, oltre a fungere da deterrenti per eventuali atti vandalici o furti, segnaleranno immediatamente ad una stazione di vigilanza presenze indesiderate. Il sistema antintrusione previsto consta di opportuni sensori (microonde, infrarossi o similari) da installare lungo tutto il perimetro d'impianto e nelle immediate vicinanze di punti sensibili (Ingressi, cabine elettriche, ecc). Tali sensori opportunamente cablati utilizzando cavidotti dedicati, comunicheranno con una centralina che sarà installata nella "Cabina BT e Sala Controllo" la quale rileverà ogni alterazione del sistema e la comunicherà mediante sirena e lampeggiante locale, oltreché in remoto mediante opportuna linea telefonica dedicata.

7.3. ILLUMINAZIONE DELL'AREA D'IMPIANTO

L'impianto di illuminazione che verrà realizzato a servizio dell'impianto fotovoltaico in progetto sarà formato da proiettori idonei all'ambiente di installazione e in numero tale da garantire una sufficiente illuminazione del sito. I proiettori saranno installati su opportuni pali in acciaio lungo tutto il perimetro d'impianto e nelle immediate vicinanze di punti sensibili (Ingressi, cabine elettriche, ecc). La loro accensione sarà comandata da un sistema collegato all'impianto antintrusione e avverrà solo nelle ore notturne in caso di effrazione e si spegnerà automaticamente decorsi pochi minuti dall'accensione mediante l'ausilio di opportuni sensori e timer o comunque alla cessazione dell'allarme.

L'alimentazione dell'impianto di illuminazione avverrà mediante linea elettrica posata in cavidotto interrato dedicato. I cablaggi dell'alimentazione elettrica dovranno essere compatibili con le condizioni di posa, pertanto si prevede l'utilizzo di cavo tipo FG16OR16 0,6/1 kV alimentato dal quadro elettrico dedicato ai servizi ausiliari predisposto nella "Cabina BT e Sala Controllo".

PHEEDRA Srl Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Pagina 31 di 35
---	---	-----------------

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

8. VALUTAZIONE DELLE SCARICHE ATMOSFERICHE

Le sovratensioni possono costituire un pericolo per la sicurezza delle persone e provocare perdite economiche ingenti.

Si definisce sovratensione, una tensione che supera il valore di picco della massima tensione in regime permanente presente nell'impianto in condizioni ordinarie di funzionamento.

Un fulmine è una scarica elettrica, in aria, tra una nuvola temporalesca ed il suolo, che può provocare:

- tensioni di passo e di contatto (morte di persone ed animali);
- scariche pericolose (danni fisici quali incendi, esplosioni, rotture meccaniche, ecc.);
- sovratensioni (avarie di apparecchiature elettriche ed elettroniche).

Per stabilire se adottare misure di protezione contro i fulmini occorre effettuare un'analisi del rischio sulla struttura da proteggere, dove per struttura si intende l'intero impianto PV.

Un fulmine può colpire direttamente la struttura (fulminazione diretta), interessare le linee di energia entranti nella struttura oppure cadere a terra in prossimità della struttura stessa (fulminazione indiretta).

Secondo la destinazione d'uso della struttura e i tipi di danno, i rischi da considerare sono:

- rischio R_1 : perdita di vite umane;
- rischio R_2 : perdita di servizio pubblico;
- rischio R_3 : perdita di patrimonio culturale;
- rischio R_4 : perdite economiche.

Una struttura può essere interessata da uno o più rischi. In particolare l'impianto PV può essere interessato dai rischi R_1 ed R_4 .

8.1. FULMINAZIONE DIRETTA

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

Secondo la norma si può trascurare il rischio relativo alle tensioni di contatto e di passo se è molto bassa la probabilità di presenza di persone fino a 3 m dalla struttura, come accade nelle normali condizioni di esercizio di un impianto fotovoltaico.

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

8.2. FULMINAZIONE INDIRECTA

Un fulmine può causare danni agli impianti di una struttura anche se non colpisce la struttura stessa (fulminazione indiretta), tramite accoppiamento resistivo e/o induttivo.

L'accoppiamento resistivo si verifica quando un fulmine colpisce una linea elettrica che entra nella struttura. Se la tensione dovuta al passaggio della corrente di fulmine supera la tensione di tenuta dei cavi o delle apparecchiature si determina una scarica che può innescare un incendio, per via dell'elevata energia associata alla corrente di fulmine.

La corrente di fulmine è per sua natura impulsiva e genera nello spazio circostante un campo elettromagnetico variabile nel tempo. La variazione di campo magnetico genera tensioni indotte sui circuiti di un impianto elettrico (sovratensioni) tra conduttori attivi (sovratensioni differenziali o trasversali) e tra qualsiasi conduttore attivo e terra (sovratensioni differenziali o longitudinali).

La protezione contro le sovratensioni ha l'obiettivo di evitare l'avaria delle apparecchiature elettriche per il cedimento dell'isolamento verso massa e quindi il danno permanente.

Il parametro a cui fare riferimento nella protezione contro le sovratensioni è la tensione di tenuta ad impulso (U_w) delle apparecchiature stesse, dato che la tensione di tenuta ad impulso dei cavi è generalmente superiore a quella delle apparecchiature servite dal circuito.

Le sovratensioni non sono pericolose per le persone (R1) salvo negli ospedali o nei luoghi con pericolo di esplosione. Quindi in un impianto PV non è obbligatorio, ma consigliato, adottare misure di protezione contro le sovratensioni al fine di ridurre il rischio di danneggiamento delle apparecchiature costituenti l'impianto.

8.2.1. Protezione contro le sovratensioni

Per attenuare il valore delle sovratensioni indotte occorre ridurre:

- il campo magnetico, mediante la schermatura dei circuiti:

L'effetto schermante di un involucro metallico è dovuto alle correnti indotte sull'involucro stesso, le quali producono un campo magnetico che si oppone alla causa che le ha generate, cioè al campo magnetico del fulmine. Nei cavi dotati di uno schermo continuo, le sovratensioni tra i conduttori sono praticamente nulle. Tubi o canali continui chiusi metallici garantiscono lo stesso risultato dei cavi schermati.

- l'area della spira del circuito indotto, mediante una opportuna disposizione dei circuiti:

la riduzione dell'area della spira nella quale si concatena il flusso del campo magnetico è l'altro mezzo efficace per ridurre le sovratensioni indotte; è sufficiente avvicinare i cavi di stringa (o addirittura twistarli) per ridurre le tensioni trasversali tra i conduttori. Inoltre la sovratensione verso terra si riduce se il conduttore di protezione fa parte dello stesso condotto (la struttura metallica alla quale saranno fissati i cavi di stringa, è direttamente collegata al conduttore di protezione).

Per proteggere le apparecchiature bisogna scaricare verso terra le sovratensioni mediante SPD (Surge Protective Device). Un SPD è un dispositivo ad impedenza variabile con la tensione applicata, cioè in

PHEEDRA Srl Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: www.pheedra.it	RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	Pagina 33 di 35
---	---	-----------------

Committente LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 1 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CERIGNOLA IN LOCALITÀ TOPPORUSSO	Nome del file: CRN-CIV-REL-019_01
--	--	---

condizioni di riposo ha impedenza molto elevata, in presenza di una sovratensione riduce la sua impedenza, scarica la corrente associata alla sovratensione e mantiene la tensione ai suoi capi entro valori prefissati.

Le sovratensioni lato corrente continua che sollecitano l'inverter e i moduli sono quelle indotte dai fulmini che cadono a terra in prossimità dell'impianto fotovoltaico. Generalmente gli inverter hanno una protezione interna contro le sovratensioni, ciò nonostante è preferibile aggiungere SPD ai morsetti dell'inverter, tra i conduttori attivi e terra per migliorare la protezione dell'inverter e per evitare che la protezione interna metta fuori servizio l'inverter.

I moduli in genere hanno una tensione di tenuta all'impulso (U_{wm}) superiore a quella dell'inverter, tuttavia data la distanza notevole tra moduli e inverter occorre prevedere ulteriori SPD nei quadri di parallelo. L'SPD va installato a monte del dispositivo di sezionamento dell'inverter in modo che protegga i moduli anche quando il dispositivo di sezionamento è aperto.

Dal lato corrente alternata, essendo schermati i cavi di connessione alla rete del distributore, l'installazione di SPD riduce il rischio dovuto ad eventuali scariche pericolose in seguito alla fulminazione diretta della linea. La presenza dei trasformatori garantisce la protezione dell'inverter, i quali abbattano le eventuali sovratensioni; gli SPD su questo lato del circuito servono per la protezione delle apparecchiature a monte degli inverter.

8.3. MISURE DI PROTEZIONE FACOLTATIVE

Dato che il rischio R1 è accettabile dal momento che la struttura non costituisce pericolo per le persone, si potrebbero adottare misure atte a ridurre il rischio economico R4.

Al fine di proteggere la struttura, intesa come l'intero impianto, da danni da fulminazione diretta si potrebbe proteggere l'impianto mediante un LPS (Lightning Protection System), costituito da un sistema di captatori, calate e dispersori integrato con opportuni collegamenti equipotenziati.

L'impianto LPS ha lo scopo di intercettare il fulmine diretto, di condurre la corrente di fulmine dal punto di impatto al suolo e di disperderla in esso, senza che si verificano danni di tipo termico o meccanico alla struttura protetta, né tensioni di contatto e di passo pericolose per le persone.

Un captatore può essere costituito da aste verticale montate sulle strutture di supporto dei moduli. Ad ogni captatore viene convenzionalmente associato un volume protetto. Il captatore è posizionato correttamente se la struttura da proteggere è interamente contenuta all'interno del volume protetto.

Il captatore risulta posizionato correttamente se nessun punto della struttura da proteggere viene in contatto con una sfera, il cui raggio R dipende dal livello di protezione E dell'LPS, che rotola sul terreno, intorno e sulla struttura in tutte le direzioni possibili. Perciò la sfera dovrà toccare soltanto il terreno e/o il captatore.

Livello di protezione	Efficienza
I	98%
II	95%
III	90%
IV	80%

classe di LPS	raggio della sfera rotol. R
I	20
II	30
III	45
IV	60

8.4. CONCLUSIONI

Secondo la norma CEI EN 62305-2 la struttura è protetta contro le fulminazioni. Pertanto non è necessario adottare misure per ridurre il rischio R1. Tuttavia si ritiene opportuno installare idonei SPD per ridurre il rischio di danneggiamento delle apparecchiature, mentre è facoltativo e a discrezione della committenza adottare misure per ridurre il rischio R4, così come esposto al paragrafo precedente.

In forza della legge 1/3/1968 n.186 che individua nelle Norme CEI la regola dell'arte, si può ritenere assolto ogni obbligo giuridico, anche specifico, che richieda la protezione contro le scariche atmosferiche.