

BELENOS S.R.L.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA DI CIRCA 60,032 MWp IN AGRO DI ORTA NOVA (FG) LOCALITA' "LA FICORA" E DELLE RELATIVE OPERE CONNESSE IN AGRO DI CERIGNOLA (FG)



Via degli Arredatori, 8
70026 Modugno (BA) Italy
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net
tel. (+39) 0805046361

Azienda con Sistema di Gestione Certificato
UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
UNI ISO 45001:2018

Tecnico

ing. Danilo POMPONIO

Collaborazioni

ing. Milena MIGLIONICO
ing. Giulia CARELLA
ing. Tommaso MANCINI
ing. Antonio CRISAFULLI
ing. Fabio MASTROSERIO
ing. Valentina SAMMARTINO
ing. Stefania DE CARO
ing. Ilenia PIERRI
arch. Angela LA RICCIA
dott. pianif. terr. Antonio SANTANDREA

Responsabile Commessa

ing. Danilo POMPONIO



ELABORATO		TITOLO	COMMESSA	TIPOLOGIA	
18		CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI	19049	D	
			CODICE ELABORATO		
			DC19049D-18		
REVISIONE			SOSTITUISCE	SOSTITUITO DA	
02		Tutte le informazioni tecniche contenute nel presente documento sono di proprietà esclusiva della Studio Tecnico BFP S.r.l. e non possono essere riprodotte, divulgate o comunque utilizzate senza la sua preventiva autorizzazione scritta. All technical information contained in this document is the exclusive property of Studio Tecnico BFP S.r.l. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. (art. 2575 c.c.)	-	-	
			NOME FILE	PAGINE	
			DC19049D-18 rev01.doc	21 + copertina	
REV	DATA	MODIFICA	Elaborato	Controllato	Approvato
00	26/02/20	Emissione	Di Chio	Miglionico	Pomponio
01	25/03/20	Modifiche al testo	Mastroserio	Miglionico	Pomponio
02	20/04/22	Aggiornamento layout	Mastroserio	Miglionico	Pomponio
03					
04					
05					
06					

INDICE

1. OGGETTO DEL DOCUMENTO.....	2
2. DATI DI PROGETTO	3
3. RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI.....	3
4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	5
4.1 Configurazione dell'impianto.....	5
4.2 Moduli fotovoltaici	6
4.3 Cabine di conversione e trasformazione.....	7
4.4 Elettrodotti MT	10
4.5 Scelta del tipo di posa.....	10
4.6 Scelta del tipo di cavi MT	11
4.7 Temperatura di posa	13
4.8 Segnalazione della presenza dei cavi	13
4.9 Prova di isolamento.....	13
4.10 Collegamento al punto di consegna.....	13
4.11 Impianti di illuminazione e sicurezza.....	13
4.12 Cabina di controllo.....	14
5. SICUREZZA ELETTRICA DELL'IMPIANTO.....	15
5.1 Protezione da corto circuiti sul lato c.c. dell'impianto	15
5.2 Protezione da contatti accidentali lato c.c.....	15
5.3 Protezione dalle fulminazioni	16
5.4 Sicurezze sul lato c.a. dell'impianto.....	16
5.5 Impianto di messa a terra	16
6. SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE E IMPIANTO DI CONSEGNA	17
6.1 Premessa.....	17
6.2 Descrizione generale.....	17
6.3 Rete di terra.....	18
6.4 RTU della sottostazione e dell'impianto at di consegna	18
6.5 SCADA.....	18
6.6 Apparecchiature di sottostazione	19
6.7 Protezione lato MT.....	19
6.8 Protezione di interfaccia	19
6.9 Protezione del trasformatore AT/MT	19
7. CRITERI DI COSTRUZIONE	20
7.1 Esecuzione degli scavi.....	20
7.2 Esecuzione di pozzetti e camerette.....	20
7.3 Esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni a MT	20
7.4 Messa a terra dei rivestimenti metallici	21

1. OGGETTO DEL DOCUMENTO

La presente relazione descrive tecnicamente l'impianto agrivoltaico con conversione dell'energia solare in energia elettrica tramite tecnologia fotovoltaica da realizzarsi nell'agro del Comune di Orta Nova in località "La Ficora" e delle relative opere e infrastrutture connesse e necessarie nel territorio del Comune di Cerignola (FG). La centrale ha una potenza nominale di circa 60,032 MWp.

Nel seguito sono raccolte le linee guida generali della progettazione ed in particolare i dati di progetto originali.

Si ritiene opportuno evidenziare come l'opera, rientrando negli "impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili", autorizzata tramite procedimento unico regionale è dichiarata di pubblica utilità ed indifferibile ed urgente, ai sensi dell'art. 12 del D. Lgs. 387/2003.

In particolare il progetto riguarda gli impianti necessari per permettere il collegamento in antenna a 150 kV sulla futura Stazione Elettrica (SE) a 380/150 kV della RTN, da collegare in entra-esce alla linea 380 kV "Foggia - Palo del Colle".

Tutti i calcoli di seguito riportati e la relativa scelta di materiali, sezioni e dimensioni andranno verificati in sede di progettazione esecutiva e potranno pertanto subire variazioni anche sostanziali per mantenere i necessari livelli di sicurezza.

Tutta la progettazione è stata sviluppata utilizzando tecnologie ad oggi disponibili sul mercato europeo; considerando che la tecnologia fotovoltaica è in rapido sviluppo, dal momento della progettazione definitiva alla realizzazione potranno cambiare le tecnologie e le caratteristiche delle componenti principali (moduli fotovoltaici, inverter, strutture di supporto), ma resteranno invariate le caratteristiche complessive e principali dell'intero impianto in termini di potenza massima di produzione, occupazione del suolo e fabbricati.



2. DATI DI PROGETTO

PERSONA FISICA/GIURIDICA	
Richiedente	BELENOS S.r.l.
DATI TECNICI	
Potenza nominale dell'impianto	60,032 MWp
Range di tensione in corrente continua in ingresso al gruppo di conversione	<1500 V
Tensione in corrente alternata in uscita al gruppo di conversione	<1000 V
Tipo di intervento richiesto: - Nuovo impianto - Trasformazione - Ampliamento	SI NO NO
Dati del collegamento elettrico - Descrizione della rete di collegamento - Tensione nominale (Un) - Vincoli della Società Distributrice da rispettare	MT neutro isolato100 Trasporto 30.000 V Normativa Gestore di Rete
Misura dell'energia	Contatore in AT nel punto di consegna per misure UTF e Terna Contatore proprio e UTF sulla MT per la misura della produzione (eventualmente anche sulla BT)
Punto di Consegna	Futura Stazione Elettrica di Smistamento ubicata nel Comune di Cerignola

3. RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

Nella redazione del presente progetto sono state e dovranno essere osservate anche in fase di esecuzione dei lavori di installazione, le disposizioni di legge vigenti in materia e le norme tecniche del CEI. In particolare, si richiamano le seguenti Norme e disposizioni di legge:

- norme CEI/IEC per la parte elettrica convenzionale (in particolare CEI 64-8, CEI 99-3, CEI 81-10);
- norme CEI/IEC e/o JRC/ESTI per i moduli fotovoltaici (in particolare CEI EN 60904, 61215)
- conformità al marchio CE per tutti gli apparati di bassa tensione;
- UNI 10349 per il dimensionamento del generatore fotovoltaico;
- UNI/ISO per le strutture meccaniche di supporto e di ancoraggio dei moduli fotovoltaici e per le opere civili.

Circa la sicurezza e la prevenzione degli infortuni, si ricorda:

- il D. Lgs 81/2008 "Testo Unico della sicurezza" e s.m.i.
- il D.M. 37/2008 e s.m.i per la sicurezza elettrica.

Per quanto riguarda il collegamento alla rete e l'esercizio dell'impianto, le scelte progettuali devono essere conformi alle seguenti normative e leggi:

- norma CEI 99-3 per le sezioni MT ed AT e per il collegamento alla rete pubblica, la CEI EN 61727 e le disposizioni del documento Terna "Requisiti e caratteristiche di riferimento delle stazioni elettriche della RTN" per il collegamento alla rete ad alta tensione di Terna S.p.A.;
- norme CEI EN 61724 per la misura e acquisizione dati;
- norme CEI 82-1; CEI 82-25 per i sistemi fotovoltaici;

Dovranno essere inoltre rispettate tutte le leggi in materia fiscale ed in materia di edilizia e realizzazione di strutture.

4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

4.1 Configurazione dell'impianto

L'impianto sarà di tipo ad inseguimento solare monoassiale, ovvero con pannelli fotovoltaici posizionati su tracker infissi nel terreno. La superficie occupata dall'impianto si svilupperà su quattro aree distinte, di diverse dimensioni e forme irregolari; a causa dell'atipicità di tale configurazione, l'ottimizzazione del numero di moduli, e quindi delle stringhe installabili, prevede l'installazione di 19 inverter di potenza nominale in c.a. pari a 2000 kVA, 3000 kVA e 4000 kVA, settati in modo che la potenza AC in uscita non superi il valore totale in immissione.

Le aree presenteranno le seguenti caratteristiche:

- Area 1 con potenza in uscita lato AC pari a circa 13,025 MVA;
- Area 2 con potenza in uscita lato AC pari a circa 6,015 MVA;
- Area 3 con potenza in uscita lato AC pari a 18,035 MVA;
- Area 4 con potenza in uscita lato AC pari a 18,045 MVA.

Tali numeri potranno variare a seconda delle caratteristiche tecniche dei convertitori scelti in fase esecutiva.

4.2 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici che saranno installati, collegati in stringhe da 28, avranno una potenza di picco di 670 Wp ciascuno con caratteristiche simili a quelle riportate nella seguente specifica tecnica:

ELECTRICAL DATA STC*								MECHANICAL DATA	
CS7N	640MS	645MS	650MS	655MS	660MS	665MS	670MS	Specification	Data
Nominal Max. Power (Pmax)	640 W	645 W	650 W	655 W	660 W	665 W	670 W	Cell Type	Mono-crystalline
Opt. Operating Voltage (Vmp)	37.5 V	37.7 V	37.9 V	38.1 V	38.3 V	38.5 V	38.7 V	Cell Arrangement	132 [2 x (11 x 6)]
Opt. Operating Current (Imp)	17.07 A	17.11 A	17.16 A	17.20 A	17.24 A	17.28 A	17.32 A	Dimensions	2384 x 1303 x 35 mm (93.9 x 51.3 x 1.38 in)
Open Circuit Voltage (Voc)	44.6 V	44.8 V	45.0 V	45.2 V	45.4 V	45.6 V	45.8 V	Weight	34.4 kg (75.8 lbs)
Short Circuit Current (Isc)	18.31 A	18.35 A	18.39 A	18.43 A	18.47 A	18.51 A	18.55 A	Front Cover	3.2 mm tempered glass with anti-reflective coating
Module Efficiency	20.6%	20.8%	20.9%	21.1%	21.2%	21.4%	21.6%	Frame	Anodized aluminium alloy, crossbar enhanced
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C							J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)							Cable	4 mm ² (IEC), 12 AWG (UL)
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 61730 1500V) or TYPE 2 (UL 61730 1000V) or CLASS C (IEC 61730)							Cable Length (Including Connector)	460 mm (18.1 in) (+) / 340 mm (13.4 in) (-) or customized length*
Max. Series Fuse Rating	30 A							Connector	T4 series or MC4-EVO2
Application Classification	Class A							Per Pallet	31 pieces
Power Tolerance	0 ~ + 10 W							Per Container (40' HQ)	527 pieces
* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m ² , spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.								* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.	

ELECTRICAL DATA NMOT*								TEMPERATURE CHARACTERISTICS	
CS7N	640MS	645MS	650MS	655MS	660MS	665MS	670MS	Specification	Data
Nominal Max. Power (Pmax)	480 W	484 W	487 W	491 W	495 W	499 W	502 W	Temperature Coefficient (Pmax)	-0.34 % / °C
Opt. Operating Voltage (Vmp)	35.2 V	35.3 V	35.5 V	35.7 V	35.9 V	36.1 V	36.3 V	Temperature Coefficient (Voc)	-0.26 % / °C
Opt. Operating Current (Imp)	13.64 A	13.72 A	13.74 A	13.76 A	13.79 A	13.83 A	13.85 A	Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Open Circuit Voltage (Voc)	42.2 V	42.3 V	42.5 V	42.7 V	42.9 V	43.1 V	43.3 V	Nominal Module Operating Temperature	41 ± 3°C
Short Circuit Current (Isc)	14.77 A	14.80 A	14.83 A	14.86 A	14.89 A	14.93 A	14.96 A		
* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m ² spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.									

Figura 1: Scheda tecnica modulo fotovoltaico

In relazione al progetto fotovoltaico, in modifica rispetto all'installazione di moduli ordinari mono facciali (come dettagliatamente rappresentati in tutta la documentazione tecnica di progetto allegata all'istanza di autorizzazione), la società proponente si riserva la facoltà di installare anche moduli bifacciali, sfruttando le migliori tecnologie che il mercato fotovoltaico sta progressivamente mettendo a disposizione.

A tal riguardo, si evidenzia comunque che – sebbene la stessa potenza nominale determinerebbe un incremento in energia prodotta anche fino al 25% in funzione delle caratteristiche operativo-tecnologiche del prodotto che sarà scelto, fra cui, ad esempio, l'utilizzo di pannelli bifacciali, senza che ciò comporti un aumento della superficie e delle dimensioni dell'impianto – la superficie dell'impianto rimarrà assolutamente invariata rispetto a quanto attualmente risultante dalla documentazione di progetto, consentendo di mantenere invariati i parametri urbanistici di impianto e senza quindi alcun tipo di modifica sulla matrice ambientale del progetto stesso.

4.3 Cabine di conversione e trasformazione

All'interno dei locali di conversione avverrà il passaggio da corrente continua a corrente alternata per mezzo di convertitori statici trifase di potenza nominale in c.a pari a 2000 kVA, 3000 kVA e 4000 kVA, con caratteristiche idonee alla scelta dei pannelli fotovoltaici costituenti i singoli sottocampi. Tali apparecchi saranno dotati di idonei dispositivi atti a sezionare e proteggere sia il lato in corrente continua che il lato in corrente alternata. Le cabine saranno prefabbricate realizzate in cemento armato vibrato (c.a.v.), complete di vasca fondazione del medesimo materiale, assemblate con inverter, trasformatori MT/BT e quadri di media tensione, posate su un magrone di sottofondazione in cemento. Le cabine avranno dimensioni pari 12,00 x 3,00 m (lung. x larg.) e altezza inferiore a 3 m, e saranno internamente suddivise nei seguenti tre vani:

- il vano conversione, in cui è alloggiato l'inverter;
- il vano trasformazione, in cui è alloggiato il trasformatore MT/BT;
- il vano quadri di media tensione, in cui sono alloggiati i quadri elettrici di media tensione.

All'interno di tali cabine, avverrà l'elevazione di tensione a 30.000 V in corrente alternata, così da poter convogliare l'energia prodotta dal campo fotovoltaico verso la stazione elettrica di smistamento per essere ceduta all'Ente distributore.

Di seguito sono riportate le specifiche tecniche dei convertitori tipo:



		FRAME 2	FRAME 3	FRAME 4
REFERENCES		FS2005K	FS3005K	FS4010K
OUTPUT	AC Output Power (kVA/kW) @40°C ^[1]	2005	3005	4010
	AC Output Power (kVA/kW) @50°C ^[1]	1860	2790	3720
	Max. AC Output Current (A) @40°C	1837	2756	3674
	Operating Grid Voltage (VAC) ^[2]	630V ±10%		
	Operating Grid Frequency (Hz)	50 Hz / 60 Hz		
	Current Harmonic Distortion (THDi)	< 3% per IEEEE519		
	Power Factor (cosine phi) ^[3]	0.5 leading ... 0.5 lagging adjustable / Reactive power injection at night		
INPUT	MPPt @Full Power (VDC) ^[4]	891V-1500V		
	Maximum DC Voltage	1500V		
	Number of PV Inputs ^[2]	Up to 40		
	Max. DC Continuous Current (A) ^[5]	2295	3443	4590
	Max. DC Short Circuit Current (A) ^[5]	3470	5205	6940
	Number of MPPT (isolated poles)	1	1	1, 2 or 4
EFFICIENCY & AUX. SUPPLY	Efficiency (Max) (η) (preliminary)	98.76%	98.79%	98.85%
	Euroeta (η) (preliminary)	98.39%	98.42%	98.59%
	Max. Power Consumption (kVA) (preliminary)	8	9	10
CABINET	Dimensions [WxDxH] (ft)	9.8 x 6.6 x 7.2		
	Dimensions [WxDxH] (m)	3.0 x 2.0 x 2.2		
	Weight (lbs) (preliminary)	11465	11795	12125
	Weight (kg) (preliminary)	5200	5350	5500
	Type of Ventilation	Forced air cooling		
ENVIRONMENT	Degree of Protection	NEMA 3R - IP55		
	Permissible Ambient Temperature	-35°C to +60°C, >50°C / Active Power derating		
	Relative Humidity	4% to 100% non condensing		
	Max. Altitude (above sea level)	2000m ; >2000m power derating (Max. 4000m)		
	Noise Level ^[6]	< 79 dBA		
CONTROL INTERFACE	Communication Protocol	Modbus TCP		
	Plant Controller Communication	Optional		
	Keyed ON/OFF Switch	Standard		
PROTECTIONS	Ground Fault Protection	GFDI and Isolation monitoring device		
	General AC Protection	Circuit Breaker		
	General DC Protection	Fuses		
	Overvoltage Protection	AC and DC Inverter and auxiliary supply type 2		
CERTIFICATIONS	Safety	UL1741, CSA 22.2 No.107.1-16, UL62109-1, IEC62109-1, IEC62109-2		
	Compliance	NEC 2017 / IEC		
	Utility Interconnect	IEEE 1547.1-2005 / UL1741SA-Feb. 2018 / IEC62116:2014		

Figura 2: Scheda tecnica convertitore

Per ulteriori dettagli tecnici si faccia riferimento all'elaborato grafico "DW19049D-P02_1 Schema elettrico unifilare dell'impianto fotovoltaico".

In ogni area, inoltre, è presente una cabina di raccolta. All'interno di queste cabine sono presenti gli arrivi delle celle di media del campo fotovoltaico e le celle di media di partenza per il collegamento dell'impianto fotovoltaico alla sottostazione elettrica. Inoltre, in un apposito vano saranno installati i dispositivi di monitoraggio del campo fotovoltaico e i quadri dei servizi ausiliari. La dimensione di ogni cabina di raccolta è pari a 12,00 x 3,00 m (lung. x larg) e altezza inferiore a 3 m.

Tutte le parti attive del generatore fotovoltaico saranno isolate da terra, mentre le masse metalliche saranno collegate all'impianto di terra di protezione; a protezione dei contatti indiretti, in ottemperanza alla norma CEI 64-8/4, l'impianto disporrà di un dispositivo di controllo dell'isolamento che indicherà il verificarsi del primo guasto a terra, interrompendo il circuito e quindi il servizio. La protezione contro i contatti diretti sarà assicurata mediante isolamento delle parti attive o con l'utilizzo di involucri e barriere; in ogni caso il contatto verrà impedito in modo totale. L'impianto sarà realizzato con grado di protezione complessivo IP65. La protezione contro i contatti indiretti nella sezione bassa tensione, in corrente alternata alla frequenza di rete, si attuerà mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione, soddisfacendo la prescrizione:

$$R_t \times I_d \leq 50 \text{ V}$$

Ove:

R_t è la resistenza del dispersore al quale sono collegate le masse

I_d è la corrente di 1° guasto

50 V è il valore di tensione verso massa.



4.4 Elettrodotti MT

L'energia elettrica raccolta dalle aree di produzione sarà trasferita in elettrodotto MT interrato al punto di consegna.

L'elettrodotto si comporrà delle seguenti sezioni fondamentali:

- collegamenti tra le cabine di conversione e trasformazione, e tra queste e le cabine di raccolta;
- collegamento a 30 kV tra le cabine di raccolte e la sottostazione elettrica AT/MT.

Per ogni area di cui si compone l'impianto fotovoltaico, il collegamento tra le cabine di conversione e trasformazione avverrà in entra-esce tra ognuna di esse e fino alla cabina di raccolta. Per il collegamento, invece, delle singole aree con la sottostazione si prevede la realizzazione di linee MT in uscita da ogni cabina di raccolta.

Il percorso di collegamento della centrale fotovoltaica alla sottostazione elettrica AT/MT è stato scelto tenendo conto della necessità di utilizzare quanto più possibile la viabilità esistente; il risultato progettuale è che l'elettrodotto attraverserà sia suoli di proprietà privata, che viabilità pubblica provinciale.

Il tracciato dei cavidotti dovrà essere quanto più rettilineo possibile e parallelo all'asse della strada.

4.5 Scelta del tipo di posa

I cavi saranno direttamente interrati tranne nei casi in cui sia necessaria una maggiore protezione meccanica, realizzata con tubazioni in PVC. Le eventuali tubazioni saranno a loro volta rinfiancate con sabbia e lo scavo sarà riempito con materiale di risulta (salvo diversa prescrizione dell'Ente Proprietario della strada).

Il cavo direttamente interrato garantirà una maggiore portata a parità di sezione rispetto al caso di cavo in tubo.

L'impiego di pozzetti o camerette dovrà essere limitato ai casi di reale necessità, ad esempio per facilitare la posa dei cavi lungo un percorso tortuoso o per la ispezionabilità dei giunti.

4.6 Scelta del tipo di cavi MT

Dovranno essere impiegate terne di cavi disposti a trifoglio, tipo ARE4H5E 18/30 kV o similare di sezioni pari a 630 mm² per il collegamento tra le aree di produzione e il punto di consegna, mentre per il collegamento tra le cabine di conversione e trasformazione e con le cabine di raccolta saranno utilizzate sezioni pari a 300 mm², 185 mm² e 95 mm² (vedere lo schema unifilare).

Il conduttore sarà in alluminio a corda rotonda compatta di alluminio e tra il conduttore e l'isolante in mescola in polietilene reticolato (qualità XLPE), sarà interposto uno strato di semiconduttore estruso. Tra l'isolante e lo schermo metallico invece sarà interposto uno strato di semiconduttore a mescola estrusa che, a sua volta sarà coperto da un rivestimento protettivo costituito da un nastro semiconduttore igroespandente. La schermatura sarà realizzata mediante nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale. La guaina sarà costituita da una mescola a base di PVC di colore rosso.

In fase di installazione sarà prevista la posa all'interno del proprio scavo del tegolino di protezione.

Il cavo suddetto è definito a campo radiale in quanto, essendo ciascuna anima rivestita da uno schermo metallico, le linee di forza elettriche risultano perpendicolari agli strati dell'isolante.

La scelta dell'alluminio come materiale conduttore del cavo è stata determinata dalla più ampia reperibilità sul mercato e dal più basso costo, ma soprattutto da considerazioni di sicurezza tipicamente legate ad eventi locali. Infatti, l'esperienza in altri cantieri ha evidenziato l'improponibilità dell'utilizzo di cavi in rame a causa dei ripetuti furti e danneggiamenti subiti dai cavi in fase di posa che hanno reso estremamente difficoltoso il normale svolgimento della costruzione degli elettrodotti.

La scelta delle sezioni dei cavi è stata fatta considerando:

- le correnti di impiego determinate dalla potenza massima apparente in uscita dai convertitori;
- le portate dei cavi per la tipologia di posa (norma CEI 20-21) e per la tipologia di carico ciclico giornaliero (CEI 20-42/1);
- il contenimento delle perdite di linea.

Nella Tabella più avanti sono riportati i risultati della scelta delle sezioni e la portata dei cavi MT per la posa interrata.

I coefficienti di calcolo per la portata dei cavi (profondità di posa, condizioni termiche, ecc.) sono stati assunti secondo le seguenti ipotesi:

- K1 temperatura terreno pari a 25° C (CEI 20-21 A.3);

- K2 fattori di riduzione quando nello scavo sono presenti condutture affiancate (si è ipotizzato condutture poste a 20 cm di distanza tra di loro misurate dall'interasse delle singole terne);
- K3 altezza di posa pari a 1,20 m dal piano di calpestio;
- K4 resistività termica del terreno pari a 2 °K m/W (in fase di progettazione esecutiva sarà effettuata una misura di resistività termica del terreno, in modo tale da effettuare una correzione del valore se risultasse più alto);
- condizioni di posa con la situazione termica più critica;

La scelta della sezione è stata effettuata considerando che il cavo deve avere una portata Iz uguale o superiore alla corrente di impiego Ib del circuito. Sono stati così dimensionati i vari tratti di elettrodotto in base al numero di terne affiancate nello stesso scavo.

Area	Nome Linea	Origine Linea	Arrivo Linea	Lunghezza (m)	S (kVA)	cos φ	U (V)	I (A)	Sezione (mm ²)	N. Cond.	Formazione del cavo	Iz (A)	K1 (Temp)	K2 (Group)	K3 (Depth)	K4 (Th R)	I'z (A)	ΔV (%)
1	LI1CI01CI03	CI01	CI03	370	3.005	1,00	30.000	57,8	95	1	3x1cx95 mm ²	224,7	0,960	0,83	0,964	0,890	153,6	0,056%
	LI1CI02CI03	CI02	CI03	130	4.010	1,00	30.000	77,2	95	1	3x1cx95 mm ²	224,7	0,960	0,83	0,964	0,890	153,6	0,026%
	LI1CI04CR01	CI04	CR01	45	3.005	1,00	30.000	57,8	95	1	3x1cx95 mm ²	224,7	0,960	0,83	0,964	0,890	153,6	0,007%
	LI1CI03CR01	CI03	CR01	395	10.020	1,00	30.000	192,8	185	1	3x1cx185 mm ²	328,2	0,960	0,83	0,964	0,880	221,8	0,098%
2	LI2CI05CI06	CI05	CI06	350	4.010	1,00	30.000	77,2	95	1	3x1cx95 mm ²	224,7	0,960	0,83	0,964	0,890	153,6	0,070%
	LI2CI06CR02	CI06	CR02	150	6.015	1,00	30.000	115,8	95	1	3x1cx95 mm ²	224,7	0,960	0,83	0,964	0,880	151,9	0,043%
3	LI3CI08CI07	CI08	CI07	40	3.005	1,00	30.000	57,8	95	1	3x1cx95 mm ²	224,7	0,960	0,83	0,964	0,890	153,6	0,006%
	LI3CI07CI09	CI07	CI09	1260	6.010	1,00	30.000	115,7	95	1	3x1cx95 mm ²	224,7	0,960	0,83	0,964	0,890	153,6	0,365%
	LI3CI09CI13	CI09	CI13	300	8.015	1,00	30.000	154,2	185	1	3x1cx185 mm ²	328,2	0,960	0,83	0,964	0,880	221,8	0,061%
	LI3CI13CR03	CI13	CR03	37	11.020	1,00	30.000	212,1	300	1	3x1cx300 mm ²	432,3	0,960	0,83	0,954	0,880	289,2	0,006%
	LI3CI10CI11	CI10	CI11	340	2.005	1,00	30.000	38,6	95	1	3x1cx95 mm ²	224,7	0,960	0,83	0,964	0,890	153,6	0,035%
	LI3CI11CI12	CI11	CI12	380	5.010	1,00	30.000	96,4	95	1	3x1cx95 mm ²	224,7	0,960	0,83	0,964	0,890	153,6	0,094%
	LI3CI12CR03	CI12	CR03	265	7.015	1,00	30.000	135,0	185	1	3x1cx185 mm ²	328,2	0,960	0,83	0,964	0,880	221,8	0,048%
4	LI4CI15CI14	CI15	CI14	165	4.010	1,00	30.000	77,2	95	1	3x1cx95 mm ²	224,7	0,960	0,83	0,964	0,890	153,6	0,033%
	LI4CI14CR04	CI14	CR04	710	8.020	1,00	30.000	154,3	185	1	3x1cx185 mm ²	328,2	0,960	0,83	0,964	0,880	221,8	0,145%
	LI4CI19CI18	CI19	CI18	155	2.005	1,00	30.000	38,6	95	1	3x1cx95 mm ²	224,7	0,960	0,83	0,964	0,890	153,6	0,016%
	LI4CI18CI16	CI18	CI16	55	4.010	1,00	30.000	77,2	95	1	3x1cx95 mm ²	224,7	0,960	0,83	0,964	0,890	153,6	0,011%
	LI4CI16CI17	CI16	CI17	165	8.020	1,00	30.000	154,3	185	1	3x1cx185 mm ²	328,2	0,960	0,83	0,964	0,880	221,8	0,034%
	LI4CI17CR04	CI17	CR04	330	10.025	1,00	30.000	192,9	300	1	3x1cx300 mm ²	432,3	0,960	0,83	0,954	0,880	289,2	0,053%

Area	Nome Linea	Origine Linea	Arrivo Linea	Lunghezza (m)	S (kVA)	cos φ	U (V)	I (A)	Sezione (mm ²)	N. Cond.	Formazione del cavo	Iz (A)	K1 (Temp)	K2 (Group)	K3 (Depth)	K4 (Th R)	I'z (A)	Fattore di carico del cavo (I'z/Iz)	ΔV (%)
1	LI1CR0.1SS	CR0.1	SS	11020,00	13.025	1,00	30.000	250,7	630	1	3x1cx630 mm ²	642,0	0,960	0,680	0,954	0,880	351,8	71%	1,238%
2	LI2CR0.2SS	CR0.2	SS	10280,00	6.015	1,00	30.000	115,8	630	1	3x1cx630 mm ²	642,0	0,960	0,680	0,954	0,880	351,8	33%	0,556%
3	LI3CR0.3SS	CR0.3	SS	10805,00	18.035	1,00	30.000	347,1	630	2	6x1cx630 mm ²	1284,0	0,960	0,680	0,954	0,880	703,7	49%	0,864%
4	LI4CR4.1SS	CR4.1	SS	11170,00	18.045	1,00	30.000	347,3	630	2	6x1cx630 mm ²	1284,0	0,960	0,680	0,954	0,880	703,7	49%	0,894%

Tabella 1 - Calcoli preliminari



4.7 Temperatura di posa

Durante le operazioni di installazione la temperatura dei cavi, per tutta la loro lunghezza e per tutto il tempo in cui essi possono venir piegati o raddrizzati, non deve essere inferiore a quanto specificato dal produttore del cavo.

4.8 Segnalazione della presenza dei cavi

Al fine di evitare danneggiamenti nel caso di scavo da parte di terzi, lungo il percorso dei cavi dovrà essere posato sotto la pavimentazione un nastro di segnalazione in polietilene.

Nell'attraversamento di aree private fino all'imbocco delle strade pubbliche dovrà essere segnalata la presenza dell'elettrodotto interrato posizionando l'opportuna segnaletica.

4.9 Prova di isolamento

Successivamente alle operazioni di posa e comunque prima della messa in servizio, l'isolamento dei cavi a MT, dei giunti e dei terminali, sarà verificato attraverso opportune misurazioni secondo le CEI 11-17. La tensione di prova dell'isolamento in corrente continua dovrà essere pari a quattro volte la tensione nominale stellata.

4.10 Collegamento al punto di consegna

Il collegamento al punto di consegna dell'energia deve essere realizzato con terne di cavi unipolari tipo ARE4H5E 18/30 kV di sezione 630 mm², con terminali conformi alle specifiche tecniche.

4.11 Impianti di illuminazione e sicurezza

Le aree dell'impianto saranno dotate di impianti di illuminazione, videosorveglianza ed antintrusione. Saranno installati lungo il perimetro delle aree della centrale fotovoltaica, garantendo la copertura totale dei confini delimitati dalla recinzione.

Gli apparecchi illuminanti saranno scelti in fase esecutiva in funzione della tecnologia disponibile (alogeno, LED, ecc.).

Gli impianti di videosorveglianza saranno del tipo con funzione di video analisi e trasmissione allarme con immagini (tipo Viasys "PV Protect" o similare) in modo da integrare le due funzioni di videosorveglianza e antintrusione in un unico sistema. Il sistema sarà costituito principalmente da:

- PC industriale dotato di software di elaborazione immagini e riconoscimento video, in grado di individuare intrusioni e solo in questo caso di inviare le immagini catturate ai supervisor autorizzati;

- modulo elaborazione video e videoregistrazione con capacità di stoccaggio immagini per almeno 24h;
- modulo comunicazione;
- modulo switch;
- software per accesso video da remoto;
- video camere diurne/notturne;
- infrarossi accoppiati alle videocamere;
- cablaggi in cavo UTP e alimentazione elettrica (FG16OR16);
- armadio rack 19" dotato di UPS, ventilazione.

Tutti i componenti dovranno essere conformi alle Norme CEI EN 50131. Il sistema sarà progettato conformemente alla Norma CEI 79-3, in modo da raggiungere un grado di sicurezza almeno di livello 3.

Gli impianti suddetti verranno alimentati dallo scomparto dedicato ai servizi ausiliari presenti all'interno delle cabine elettriche.

4.12 Cabina di controllo

All'interno delle aree di impianto sarà presente una cabina di controllo all'interno della quale saranno installati i seguenti dispositivi:

- Workstation
- Armadio rack per il monitoraggio
- Quadro elettrico BT

Il quadro elettrico BT, che fornirà la forza motrice e l'illuminazione al fabbricato, sarà alimentato dai servizi ausiliari di una delle cabine di conversione e trasformazione presenti.

5. SICUREZZA ELETTRICA DELL'IMPIANTO

5.1 Protezione da corto circuiti sul lato c.c. dell'impianto

Gli impianti FV sono realizzati attraverso il collegamento in serie/parallelo di un determinato numero di moduli FV, a loro volta realizzati attraverso il collegamento in serie/parallelo di celle FV inglobate e sigillate in un unico pannello d'insieme. Pertanto gli impianti FV di qualsiasi dimensione conservano le caratteristiche elettriche della singola cella, semplicemente a livelli di tensione e corrente superiore, a seconda del numero di celle connesse in serie (per ottenere tensioni maggiori) oppure in parallelo (per ottenere correnti maggiori).

Negli impianti fotovoltaici la corrente di corto circuito dell'impianto non può superare la somma delle correnti di corto circuito delle singole stringhe.

Essendo le stringhe composte da una serie di generatori di corrente (i moduli fotovoltaici) la loro corrente di corto circuito è di poco superiore alla corrente nominale e questo conferisce una certa sicurezza intrinseca alle stringhe stesse.

5.2 Protezione da contatti accidentali lato c.c.

Le tensioni continue sono particolarmente pericolose per la vita. Il contatto accidentale con una tensione di oltre 500 V. c.c., valore certamente superato dalle stringhe, può avere conseguenze letali. Per ridurre il rischio di contatti pericolosi il campo fotovoltaico, lato corrente continua, è assimilabile ad un sistema IT cioè flottante da terra. La separazione galvanica tra il lato corrente continua e il lato corrente alternata è garantita dalla presenza del trasformatore MT/BT.

In tal modo affinché un contatto accidentale sia realmente pericoloso occorre che si entri in contatto contemporaneamente con entrambe le polarità del campo. Il contatto accidentale con una sola delle polarità non ha praticamente conseguenze, a meno che una delle polarità del campo non sia casualmente a contatto con la massa.

Per prevenire tale eventualità gli inverter sono muniti di un opportuno dispositivo di controllo dell'isolamento, che ne provoca l'immediato spegnimento e l'emissione di una segnalazione di allarme.



5.3 Protezione dalle fulminazioni

Un campo fotovoltaico correttamente collegato a massa, non altera in alcun modo l'indice ceraunico della località di montaggio, e quindi la probabilità di essere colpito da un fulmine.

I moduli fotovoltaici sono insensibili alle sovratensioni atmosferiche, che invece possono risultare pericolose per le apparecchiature elettroniche di condizionamento della potenza. Per ridurre i danni dovuti ad eventuali sovratensioni, i quadri di parallelo sottocampi sono muniti di varistori su entrambe le polarità dei cavi d'uscita.

In caso di sovratensioni i varistori collegano una od entrambe le polarità dei cavi a massa e provocano l'immediato spegnimento degli inverter e l'emissione di un segnale d'allarme.

5.4 Sicurezze sul lato c.a. dell'impianto

La limitazione delle correnti del campo fotovoltaico comporta analogha limitazione anche nelle correnti in uscita dagli inverter.

Eventi di corto circuito sul lato alternata dell'impianto sono tuttavia pericolosi perché possono provocare ritorni da rete di intensità non limitata.

L'interruttore MT in SF6 è equipaggiato con una protezione generale di massima corrente e una protezione contro i guasti a terra.

5.5 Impianto di messa a terra

All'interno del campo fotovoltaico sarà realizzata una rete di terra costituita da dispersori in corda di rame nudo della sezione minima di 35 mm² (o piattina in acciaio di sezione equivalente) interrati ad una profondità di almeno 0,5 m. A tale rete saranno collegate tutte le strutture metalliche di supporto dei moduli e la recinzione.

Intorno alle cabine elettriche si prevede l'installazione di un dispersore ad anello in corda di rame nudo della sezione di 50 mm² (o piattina in acciaio di sezione equivalente) e dispersori a picchetto ai vertici della lunghezza di 1,5 m.

Gli impianti di terra dovranno essere conformi alle prescrizioni della norma CEI 99-3 e dimensionati sulla base delle correnti di guasto a terra sulla rete MT di alimentazione e del tempo di eliminazione del guasto a terra da parte delle protezioni del gestore della rete.

L'impianto di terra dovrà essere conforme alle prescrizioni della norma CEI 99-3 e dimensionato sulla base della corrente di guasto a terra sulla rete MT di alimentazione e del tempo di eliminazione del guasto a terra da parte delle protezioni del Gestore di Rete. In fase esecutiva si valuterà il collegamento dell'impianto di terra dell'impianto fotovoltaico all'impianto di terra della sottostazione.

6. SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE E IMPIANTO DI CONSEGNA

6.1 Premessa

La sottostazione AT/MT rappresenterà sia il punto di raccolta dell'energia prodotta dal campo fotovoltaico che il punto di trasformazione del livello di tensione da 30 kV a 150 kV, per consentire il trasporto dell'energia prodotta fino al punto di consegna della rete di trasmissione nazionale. Quest'ultimo corrisponderà alla futura stazione elettrica di smistamento denominata "Orta Nova - Cerignola", nella quale, la linea in cavo interrato a 150 kV proveniente dall'adiacente sottostazione MT/AT, si attesterà ad uno stallo di protezione AT.

6.2 Descrizione generale

La sottostazione AT/MT comprenderà un montante AT, che sarà principalmente costituita da uno stallo trasformatore, da una terna di sbarre e uno stallo linea.

Lo stallo trasformatore AT/MT sarà composto da:

- trasformatore di potenza AT/MT
- terna di scaricatori AT
- terna di TA in AT
- terna di TV induttivi AT
- interruttore tripolare AT
- sezionatore tripolare AT

Lo stallo linea invece sarà formato da:

- terna di TV induttivi AT
- terna di TA isolati in SF6 AT
- interruttore tripolare AT
- sezionatore tripolare AT
- terna di TV capacitivi AT
- terna di scaricatori AT
- terminali AT per la consegna in stazione TERNA.

All'interno dell'area recintata della sottostazione elettrica sarà ubicato un fabbricato suddiviso in vari locali che a seconda dell'utilizzo ospiteranno i quadri MT, gli impianti BT e di controllo, gli apparecchi di misura, il magazzino, i servizi igienici, ecc.

In ottemperanza alle indicazioni TERNA la sottostazione prevederà anche l'aggiunta di un ulteriore stallo produttore per un eventuale nuovo utente futuro.



6.3 Rete di terra

L'impianto di terra sarà costituito, conformemente alle prescrizioni della Norma CEI EN 50522 ed alle prescrizioni della CEI 99-5, da una maglia di terra realizzata con conduttori nudi in rame elettrolitico di sezione pari a 120 mm² interrati ad una profondità di almeno 0,7 m. Per le connessioni agli armadi verranno impiegati conduttori di sezione pari a 70 mm². La scelta finale deriverà dai calcoli effettuati in fase di progettazione esecutiva.

In base alle prescrizioni di TERNA potrà essere necessario anche un collegamento dell'impianto di terra della sottostazione con quello della stazione RTN.

6.4 RTU della sottostazione e dell'impianto at di consegna

Tale sistema deve rispondere alle specifiche TERNA S.p.A. Le caratteristiche degli apparati periferici RTU devono essere tali da rispondere ai requisiti di affidabilità e disponibilità richiesti e possono variare in funzione della rilevanza dell'impianto.

La RTU dovrà svolgere i seguenti compiti:

- Interrogazione delle protezioni della sottostazione, per l'acquisizione di segnali e misure attraverso le linee di comunicazione;
- Comando della sezione AT e MT della sottostazione;
- Acquisizione di segnali generali di tutta la rete elettrica;
- Trasmettere a TERNA S.p.A. i dati richiesti dal Regolamento di Esercizio, secondo i criteri e le specifiche dei documenti TERNA.

La RTU sarà comandabile in locale dalla sottostazione tramite un quadro sinottico che riporterà lo stato degli organi di manovra di tutta la rete MT e AT, i comandi, gli allarmi, le misure delle grandezze elettriche.

6.5 SCADA

Il sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) deve essere modulare e configurabile secondo le necessità e configurazione basata su PC locale con WebServer per l'accesso remoto.

La struttura delle pagine video del sistema SCADA deve includere:

- Schema generale di impianto;
- Pagina allarmi con finestra di pre-view;
- Schemi dettagliati di stallo.

Lo SCADA dovrà acquisire, gestire e archiviare ogni informazione significativa per l'esercizio e la manutenzione, nonché i tracciati oscillografici generati dalle protezioni.



6.6 Apparecchiature di sottostazione

La misura dell'energia avverrà:

- sul lato AT (150 kV) in sottostazione di trasformazione
- nel quadro MT in sottostazione
- sul lato BT in corrispondenza dei servizi ausiliari in sottostazione.

6.7 Protezione lato MT

La sottostazione sarà dotata di interruttori automatici MT per le linee di vettoriamento, sezionatori di terra, lampade di presenza rete ad accoppiamento capacitivo, trasformatori di misura. Gli interruttori MT (con azionamento motorizzato) forniranno tramite relè indiretto la protezione dai corto circuiti, dai sovraccarichi, dai guasti a terra.

Sarà presente anche un trasformatore MT/BT per l'alimentazione dei servizi ausiliari di sottostazione. L'energia assorbita da tali utenze sarà misurata attraverso apposito misuratore ai fini fiscali.

6.8 Protezione di interfaccia

Tale protezione ha lo scopo di separare i gruppi di generazione MT dalla rete di trasmissione AT in caso di malfunzionamento della rete.

Sarà realizzata tramite rilevatori di minima e massima tensione, minima e massima frequenza, minima tensione omopolare. La protezione agirà sugli interruttori delle linee in partenza verso i gruppi di generazione e sarà realizzata anche una protezione di ricalzo nei confronti dell'interruttore MT del trasformatore AT/MT (protezione di macchina) per mancato intervento dei primi dispositivi di interfaccia.

6.9 Protezione del trasformatore AT/MT

La protezione di macchina è costituita da due interruttori automatici, uno sul lato MT, l'altro sul lato AT, corredati di relativi sezionatori e sezionatori di terra, lampade di presenza tensione ad accoppiamento capacitivo, scaricatori di sovratensione, trasformatori di misura e di rilevazione guasti. Sarà così realizzata sia la protezione dai corto-circuiti e dai sovraccarichi che la protezione differenziale.



7. CRITERI DI COSTRUZIONE

7.1 Esecuzione degli scavi

Per i cavi interrati la Norma CEI 11-17 prescrive che le minime profondità di posa fra il piano di appoggio del cavo e la superficie del suolo sono rispettivamente di:

- 0,5 m per cavi con tensione fino a 1000 V;
- 0,8 m per cavi con tensione superiore a 1000 V e fino a 30 kV (su suolo privato tale profondità può essere ridotta a 0,6 m);
- 1,2 m per cavi con tensione superiore a 30 kV (su suolo privato tale profondità può essere ridotta a 1,0 m).

In caso di attraversamenti sia longitudinali che trasversali di strade pubbliche con occupazione della carreggiata devono essere applicate in generale le prescrizioni dell'art. 66 del Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della Strada (DPR 16/12/92, n. 945) e, se emanate, le disposizioni dell'Ente proprietario della strada.

In base alle precedenti considerazioni, si giustificano le sezioni adottate per gli scavi, rappresentate nelle tavole allegate. Le sezioni di scavo includono oltre ai cavi a MT, anche altre tubazioni opzionali per il passaggio di eventuali cavi a BT o di segnale che dovessero rendersi necessarie, su richiesta del Committente, per il monitoraggio e la pattina o corda di terra.

Canalizzazioni ad altezza ridotta su strada pubblica sono ammesse soltanto previa accordo con l'Ente proprietario della strada ed a seguito di comprovate necessità di eseguire incroci e/o parallelismi con altri servizi che non possano essere realizzati aumentando la profondità di posa dei cavi.

7.2 Esecuzione di pozzetti e camerette

Per la costruzione ed il dimensionamento di pozzetti e camerette occorre tenere presente che:

- si devono potere introdurre ed estrarre i cavi senza recare danneggiamenti alle guaine;
- il percorso dei cavi all'interno deve potersi svolgere ordinatamente rispettando i raggi di curvatura.

7.3 Esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni a MT

L'esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni su cavi a MT deve avvenire con la massima accuratezza, seguendo le indicazioni contenute in ciascuna confezione. In particolare occorre:

- prima di tagliare i cavi controllare l'integrità della chiusura e l'eventuale presenza di umidità;
- non interrompere mai il montaggio del giunto o terminale;
- utilizzare esclusivamente i materiali contenuti nella confezione.

7.4 Messa a terra dei rivestimenti metallici

Ai sensi della CEI 11-17, gli schermi dei cavi MT saranno sempre aterrati alle estremità di ogni linea e possibilmente in corrispondenza dei giunti a distanze non superiori ai 5 km. È vietato usare lo schermo dei cavi come conduttore di terra per altre parti dell'impianto.
