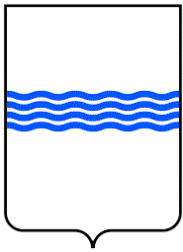


PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE EX ZUCCHERIFICIO SITO NELLA ZONA INDUSTRIALE DI MELFI (PZ) MEDIANTE REALIZZAZIONE DI IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "FENIX" E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN

POTENZA NOMINALE 70 MW

REGIONE
BASILICATA



PROVINCIA
di POTENZA



COMUNE di
MELFI



Località "Zona Industriale San Nicola di Melfi"

Scala:

Formato Stampa:

-

A4

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO

A.11

DISCIPLINARE TECNICO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

Progettazione:

Committenza:



R.S.V. Design Studio S.r.l.

Piazza Carmine, 5 | 84077 Torre Orsaia (SA)
P.IVA 05885970656

Tel./fax: +39 0974 985490 | e-mail: info@rsv-ds.it



VERUS S.r.l.

VERUS S.r.l.

Via Della Tecnica, 18
85100 Potenza (PZ)
P.IVA 02059170767

Indirizzo pec: verus.srl@pec.it



Speranza Carmine Antonio



Quirino Vassalli

Catalogazione Elaborato

PZ_FNX_A11_DISCIPLINARE TECNICO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI.pdf

PZ_FNX_A11_DISCIPLINARE TECNICO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI.doc

Data

Motivo della revisione:

Redatto:

Controllato:

Approvato:

Gennaio 2024

Prima emissione

FS

QV/AS

VERUS S.r.l.

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. CARATTERISTICHE FISICHE E TECNICHE DELL'INTERVENTO	2
2.1. COMPONENTI DELL'IMPIANTO	2
2.1.1. Moduli fotovoltaici.....	3
2.1.2. Convertitori di potenza (inverter).....	4
2.1.3. Trasformatore	9
2.1.4. Strutture supporto moduli fotovoltaici - TRACKER	9
2.1.5. Cavi e quadri di campo	11
2.1.6. Quadri MT	11
2.1.7. Cavidotto per la trasmissione dell'energia prodotta e per il controllo dell'impianto	12
2.1.8. Protezioni	13
2.1.9. Stazione elettrica rete-utente	15

1. PREMESSA

Il progetto riguarda la realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza totale pari a circa 70 da installare nel comune di Melfi (PZ) in località “Zona industriale San Nicola di Melfi-Area produttiva P.R.”, e con opere di connessione ricadenti tutte nello stesso territorio comunale.

Proponente dell’iniziativa è la società Verus S.r.l. con sede a Potenza (PZ) in via Della Tecnica 18. L’impianto fotovoltaico è costituito da 101.250 moduli ognuno di potenza pari a 690 Wp. L’impianto è organizzato in gruppi di stringhe collegati alle cabine di campo le quali saranno a loro volta collegate alle cabine di raccolta situate in area impianto. L’impianto è suddiviso in due macro aree, rispettivamente zona Nord e zona Sud. A loro volta si distinguono in “Area Nord 1”, “Area Nord 2”, “Area Sud 1”, “Area Sud 2” e sono prossime alla SP111; le quattro aree campo a destinazione industriale saranno delimitate da recinzione perimetrale e provviste di cancelli di accesso.

L’altezza sul livello del mare è di 196 m s.l.m. e si estende su un’area di circa 83 ha.

L’energia elettrica viene prodotta da ogni gruppo di moduli fotovoltaici in corrente continua e viene trasmessa all’inverter che provvede alla conversione in corrente alternata. Ogni inverter è posto all’interno di una cabina di campo all’interno della quale è ubicato il trasformatore MT/BT.

Le linee MT in cavo interrato collegheranno fra loro le 20 cabine di campo e quindi proseguiranno alle cabine di raccolta previste all’interno dell’area d’impianto. Dalle cabine di raccolta si svilupperà la linea MT interrata per il trasferimento dell’energia alla Stazione Elettrica di Trasformazione utente 30/150 kV collegata a sua volta al sistema di sbarre AT dell’area comune a 150 kV esistente ed in esercizio condivisa con altri produttori. L’area comune è a sua volta collegata allo stallo AT 150 kV della Stazione Elettrica RTN 150/380 kV “Melfi”.

La proposta progettuale presentata è stata sviluppata in modo da ottimizzare al massimo il rapporto tra le opere di progetto e il territorio, limitare al minimo gli impatti ambientali e paesaggistici e garantire la sostenibilità ambientale dell’intervento.

2. CARATTERISTICHE FISICHE E TECNICHE DELL’INTERVENTO

2.1. Componenti dell’impianto

Gli elementi principali costituenti l’impianto fotovoltaico sono:

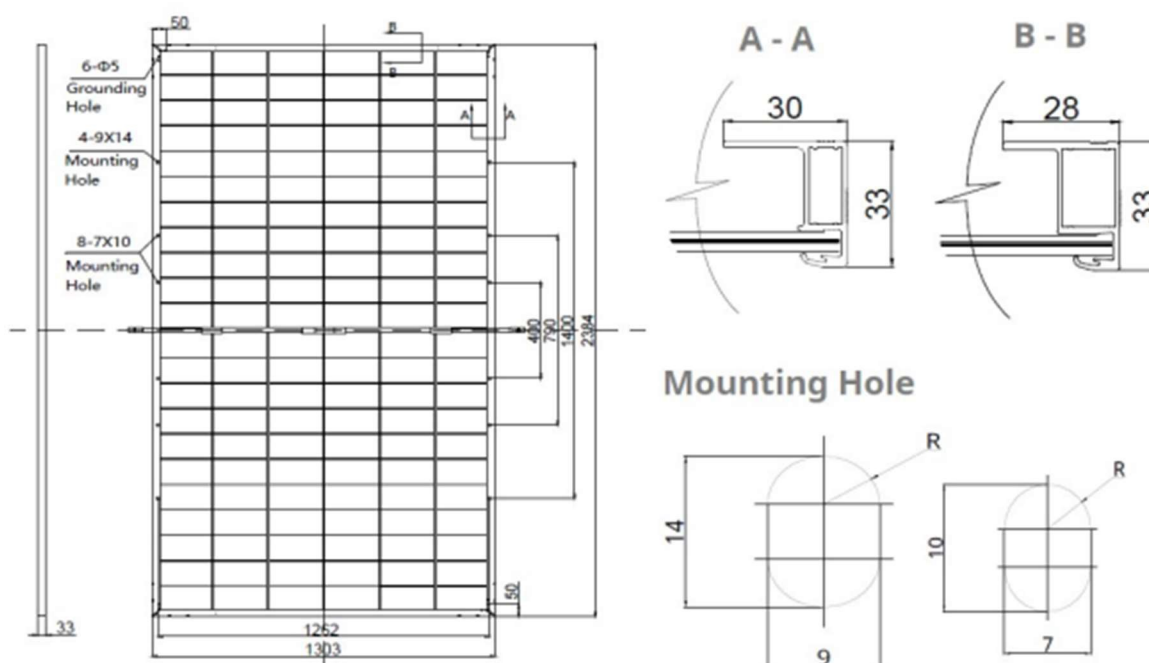
- Moduli fotovoltaici;
- Convertitori di potenza;
- Trasformatori;

- Strutture di supporto (tracker);
- Cavi e quadri di campo;
- Quadri MT;
- Cavidotto.

2.1.1. Moduli fotovoltaici

I moduli previsti per la realizzazione del generatore fotovoltaico sono da 690 Wp della Trina Solar “Vertex N” - modello Bifacial Dual Glass Module tipo monocristallino da 132 celle (le misurazioni sono state eseguite in condizioni standard ovvero 1000 W/m², 25 °C, AM 1,5). Sul prodotto è prevista la garanzia di 10 anni ed è realizzato con celle ad alta efficienza. Di seguito si riportano le caratteristiche dimensionali del modulo fotovoltaico:

Figura 1: pannello FV della Trina Solar “Vertex N” - modello Bifacial Dual Glass Module con dimensioni 2384 x 1303 x 33 mm



Dati caratteristici del Pannello Mod. Bifacial Dual Glass Module - tipo Monocristallino da 132 celle

Potenza nominale - Pmax	690 Wp
Efficienza	22,2 %
Decadimento annuo	0,4%
Garanzia sul prodotto	12 anni
Struttura portante in alluminio	
Ricopertura con vetro temperato ad alta trasparenza ed in grado di resistere alla grandine (norma CEI/EN 61215)	
Terminali d'uscita cavi pre-cablato a connessione rapida	

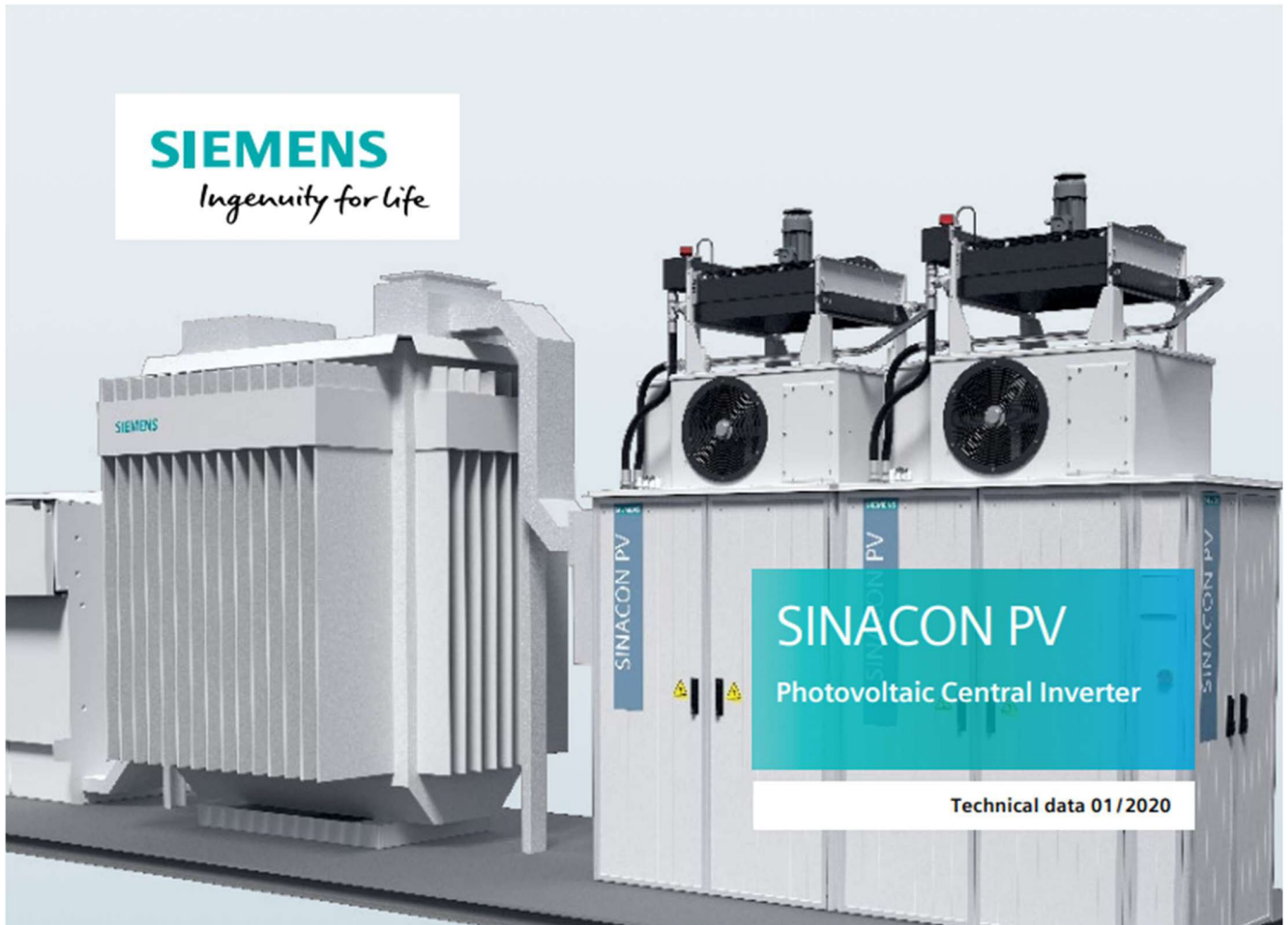
Caratteristiche elettriche

Potenza elettrica nominale	690W
Tolleranza rispetto alla Pmax	+/-5
Tensione a circuito aperto Voc	47,9 V
Tensione alla max potenza Vmpp	40,1 V
Corrente di cortocircuito Isc	18,25 A
Corrente alla max potenza Impp	17,23 A
Dimensione esterne	2384x1303x35 mm
Peso	38,7 kg
Tensione massima di lavoro	1500 Vdc
Massima corrente inversa Ir	35 A
Carico massimo - (vento/neve)	5400 Pa
Vetro Temperato trasparente	2 mm
Connettori	MC4 EVO2 / TS4

Altre informazioni, dettagliate, su caratteristiche operative ed elettriche relative alla capacità di produzione in funzione dei valori fisici esterni, quali temperature, umidità, irraggiamento, sono riportate nella scheda tecnica del pannello fornita dal costruttore ed allegata al presente progetto.

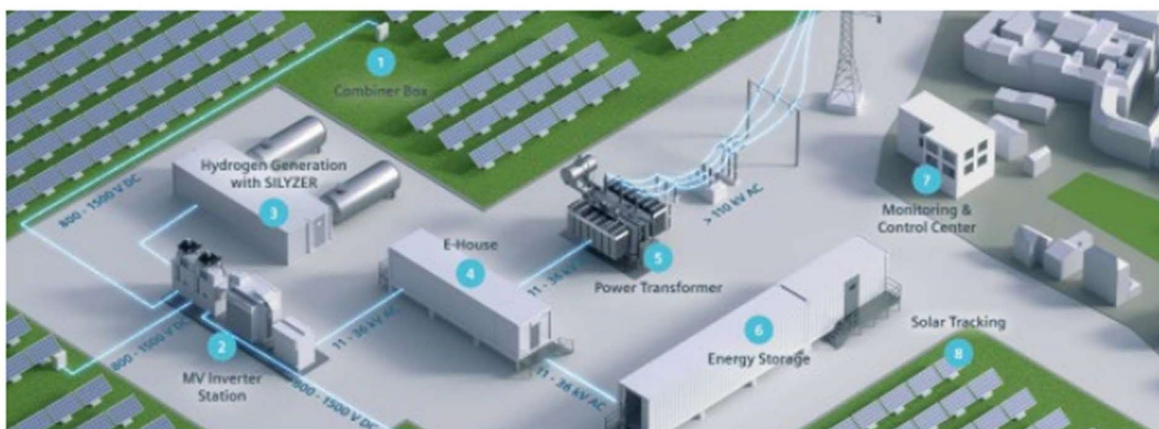
2.1.2. Convertitori di potenza (inverter)

Di seguito si riporta il datasheet dell'inverter della Siemens, *modello Sinacon-PV4560*, previsto per l'impianto oggetto della presente relazione:




The SINACON PV inverter is used in medium and large utility-scale photovoltaic power plants to achieve high efficiency. It is equipped with 3-level IGBT modules for input voltages of up to DC 1,500 V to maximize energy efficiency. The integrated DC and AC distribution makes the SINACON PV inverter cost efficient. Standardized interfaces for easy plug and play reduce engineering hours.

- Designed for harsh environments
- IP65 without humidity limits
- Liquid cooling (-40°C... +60°C possible)
- Late power derating over 40°C
- Extreme high quality standards



The SINACON PV inverter is part of the MV-Inverter Station with the transformer and RMU (Ring Main Unit) in the eBoP solution (electrical Balance of Plant).

SINACON PV series | Technical data

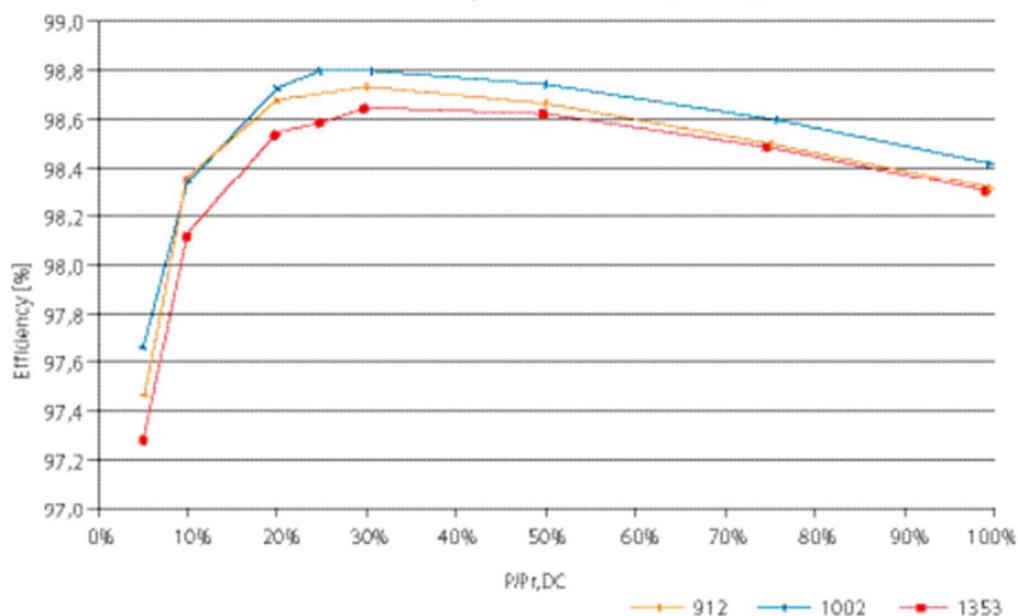
Storage, transportation and operation				
Temperature	-40 °C ... +60 °C			
Relative humidity	0% ... 100%			
Maximum altitude of installation site without derating	< 1,500 m above MSL			
Cooling				
Cooling method	Forced cooling by means of fans and liquid cooling			
Applicable standards and conformity				
BDEW (Germany)	BDEW Guideline, FGW TG3, TG4 and TG8			
IEC 61683 (efficiency)	IEC 61683: 1999			
IEC 62116 (anti islanding)	IEC 62116: 2014 (at 50 Hz)			
EMC Emission	IEC 61000-6-4: 2007 + A1: 2011			
EMC Immunity	IEC 61000-6-2: 2005			
Electrical Safety	IEC 62109-1: 2010, IEC 62109-2: 2011, IP65 according to IEC 60529: 1989			
Degree of protection: IP65 (cabinet only)	IEC 60529			
General data				
Control strategy	MPPT			
Efficiency (PV 5000)	(97.6 98.5 98.9 98.9 99.0 98.9 98.8 98.7)%	For (5 10 20 25 30 50 75 100)% power at 1,006 V _{DC} without self-consumption for cooling		
EU and CEC efficiency	98.8%	Without internal consumption		
Infeed starts from	260 W ... 2,500 W	Depending on cooling		
Standby loss	80 W ... 150 W	–		
Max. self-consumption for cooling	5,000 W	Without cabinet heating		
Mechanical data				
Mounting position	Vertical	–		
Type of mounting	Floor mounting	–		
				
Number of Power Units	1	2	3	4
SINACON PV series	PV1000 ... PV1250	PV2000 ... PV2500	PV3000 ... PV3750	PV4000 ... PV5000
Dimensions (without pallet, with heat exchanger): (W x H x D)	2,120 x 3,760 x 1,170 mm		3,690 x 3,760 x 1,170 mm	
Weight ¹⁾	< 1,600 kg	< 2,200 kg	< 3,300 kg	< 3,900 kg
Color	RAL 7035			
Input data (DC)				
Independent inputs	1 ... 2	Depending on configuration		
Nominal voltage	min. MPP voltage	–		
DC voltage (max. MPP)	1,500 V	Depending on application		
DC voltage (min. MPP)	802 V / 882 V (AC 550 V) 838 V / 922 V (AC 575 V) 875 V / 962 V (AC 600 V) 919 V / 1,010 V (AC 630 V) 962 V / 1,058 V (AC 660 V) 1,006 V / 1,107 V (AC 690 V)	For 100% / 110% nominal grid voltage		
DC current (max.)	1 ... 4 x 1,200 A	–		
Short-circuit current (max.)	6,4 kA / 7 kA	250 A / 315 A DC fuses		
Nominal power	1 ... 4 x 1,016 kW 1 ... 4 x 1,062 kW 1 ... 4 x 1,108 kW 1 ... 4 x 1,159 kW 1 ... 4 x 1,209 kW 1 ... 4 x 1,270 kW	–		
Capacitance to ground (max.)	2,000 µF	Per IT system		

¹⁾ The weight refers to a complete system without extra options.

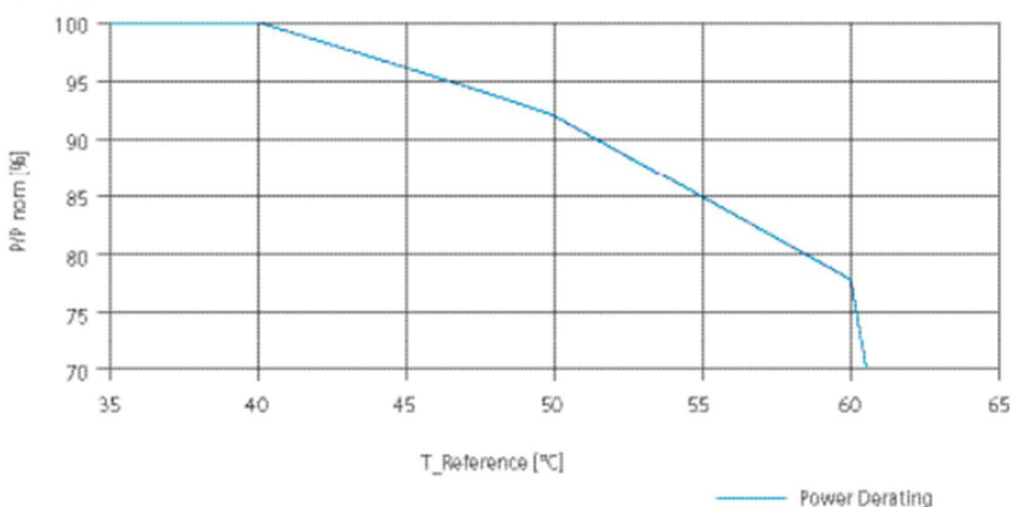
Output data (AC)

Apparent power (max.) and nominal power	PV1000 ... PV4000 kVA (AC 550 V) PV1045 ... PV4180 kVA (AC 575 V) PV1090 ... PV4360 kVA (AC 600 V) PV1140 ... PV4560 kVA (AC 630 V) PV1200 ... PV4800 kVA (AC 660 V) PV1250 ... PV5000 kVA (AC 690 V)	With nominal grid voltage, $\cos \varphi = 1$
Number of independent systems	1 ... 2	-
Grid voltage	550 ... 690 V ($\pm 10\%$ at $U_n(AC)$)	-
Nominal frequency	50 Hz / 60 Hz ($\pm 10\%$)	-
Output current (max.)	1 ... 4 x 1,050 A	-
Short-circuit current (max.)	50 kA	-
Power factor $\cos \varphi$	-	Adjustable to local requirements
Harmonic distortion	< 3%	-

Measured values²⁾ without internal consumption for AC 600 V (PV4360)



Derating



²⁾ Measured by Fraunhofer ISE

Order information – The order number consists of several digits depending on the configuration.

Description	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	-	8.	9.	10.	11.	12.	-	13.	14.	15.	16.
SINACON PV inverter for medium voltage supply	6	S	P	1														
Number of power units																		
• 1 power unit					1													
• 2 power units					2													
• 3 power units					3													
• 4 power units					4													
Input connections (per power unit on plus and minus)																		
• 7 x M10 bolt and nut						0												
Initial current measurement at DC input																		
• Each + input measured							1											
Minimum operating ambient temperature																		
• Up to -10 °C								0										
• Up to -25 °C, with cabinet heating								1										
• Up to -40 °C, with cabinet heating and insulation								2										
Applied standards																		
• IEC with external AC connection										E								
• UL with external AC connection										U								
Network-/optical fiber switch connection																		
• Singlemode unmanaged											S							
• Multimode unmanaged											M							
• RJ45											R							
Seismic design																		
• Without seismic design												0						
• With seismic design												1						
Frequency																		
• 50 Hz													5					
• 60 Hz													6					
Inverter output AC voltage																		
• 550 V (PV1000 ... PV4000)																4		
• 575 V (PV1045 ... PV4180)																5		
• 600 V (PV1090 ... PV4360)																6		
• 630 V (PV1140 ... PV4560)																7		
• 660 V (PV1200 ... PV4800)																8		
• 690 V (PV1250 ... PV5000)																9		
Grounding/Insulation monitoring																		
• Insulation monitoring internal																	I	
• Negative-pole grounding without isolation monitoring																	N	
Inverter options																		
• None																		N
• AC precharge																		A
Additional internal transformer																		
• 63 A fuse																		2
• Transformer with 8 kVA, AC 400 V																		3
• none																		9
Example:	6	S	P	1	4	0	1	-	0	E	S	0	5	-	6	N	N	3

Published by
Siemens AG

Smart Infrastructure
Distribution Systems
Mozartstrasse 31c
91052 Erlangen, Germany

Article No. SIDS-B10020-00-7600
HL 19125033 WS 01200.0
© Siemens 2020

For the U.S. published by
Siemens Industry Inc.

100 Technology Drive
Alpharetta, GA 30005
United States

Subject to changes and errors. The information given in this document only contains general descriptions and/or performance features which may not always specifically reflect those described, or which may undergo modification in the course of further development of the products. The requested performance features are binding only when they are expressly agreed upon in the concluded contract.

2.1.3. Trasformatore

Il sistema di conversione prevede delle cabine di trasformazione in posizione baricentriche, per ogni gruppo di stringhe, con installazione di quadri di campo, che, a loro volta, sono collegati ad un gruppo di conversione in corrente alternata.

Il sistema di conversione, controllo, consegna, è sistemato in un locale protetto, che sarà collegato al trasformatore, posizionato all'interno del locale tecnico apposito (inverter/trafo) utilizzato per elevare il livello di tensione da 400V a 30kV.

Trasformatore trifase immerso in olio minerale:

Gruppo Vettoriale	Dyn11
Frequenza	50 Hz
Tipo di Raffreddamento	ONAN
Potenza nominale servizio continuativo	4169 kVA a 50°; 4400 kVA a 40°
Massima potenza in AC	4400 kVA a 40°
Tensione nominale	35 kV
Max corrente ingresso nominale	2 x 3.960 A
Max tensione di ingresso	1100V
Collegamento trasformatore	Stella + Triangolo
Classe di isolamento	34kV
Classe ambientale, clim, comp. al fuoco	E2-C2-F1
Tensione di CC	6.5%
Po(W)	2100
Pk(W) 120°	13000
Pk(W) 75°	11600
Norme	IEC 60076

2.1.4. Strutture supporto moduli fotovoltaici - TRACKER

La struttura di sostegno delle vele sarà realizzata mediante l'utilizzo di tracker motorizzati monoassiali, su cui saranno alloggiati i pannelli fotovoltaici, sostenuti da una intelaiatura di profili in acciaio zincato a caldo. La struttura di sostegno della vela sarà realizzata con montanti in acciaio fissati al terreno o per mezzo di zavorre in cls ovvero infissi nel terreno ad una profondità che verrà definita con precisione in fase di progettazione esecutiva, il tutto in funzione delle caratteristiche geomorfologiche del terreno, su una inclinazione del

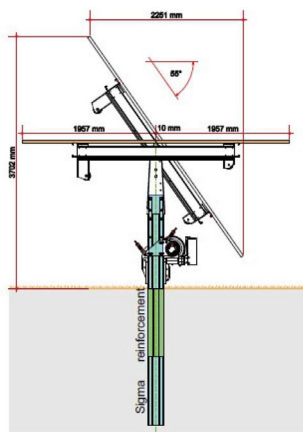
terreno compresa tra 0,0 m a 0,6 m, lungo la linea di movimentazione, avente una lunghezza di 15 m, sorretta da montanti in acciaio. La scelta della profondità di infissione nel terreno sarà anche definita in seguito alle verifiche di tenuta allo sfilaggio.

Il palo di sostegno dei tracker, su cui saranno montati i pannelli, potrà avere un'altezza variabile, funzionale ad adattarsi ad una pendenza del terreno che varia nell'ordine del 5%. La movimentazione del tracker avrà il compito di predisporre la inclinazione della stringa sempre nella direzione della radiazione solare, in relazione al movimento che il tracker potrà disegnare nel suo movimento "basculante", in modo da poter ottimizzare la quantità di radiazione incidente captata dalla vela.

Il movimento circolare che potrà avere una altezza variabile da 0,50 m e una massima di 3,50 m rispetto al piano di campagna, sempre in funzione delle diverse pendenze presenti sul terreno.

Il sistema di movimentazione sarà gestito mediante un automatismo costituito da anemometri, in grado di valutare la ventosità e un sistema di captazione della radiazione luminosa, solarimetro, avente la funzione di orientare il sistema nella direzione della radiazione incidente. Il sistema potrà avere una programmazione annuale realizzata mediante orologio astronomico, in grado di descrivere giornalmente la traiettoria del sole e, come conseguenza, la movimentazione del tracker.

Il sistema di sostegno, visibile nella figura precedente, deve reggere il peso del tracker e dei pannelli, oltre ai carichi derivanti da condizioni ambientali avverse. Su tali pali, su cui saranno montati i sistemi "tracker", saranno posizionate le strutture di sostegno dei pannelli, realizzati in profilati zincati a caldo ad omega, per il bloccaggio dei moduli fotovoltaici. Ulteriori dettagli sul sistema di fissaggio dei moduli sono riportati nella scheda tecnica fornita dal costruttore.



2.1.5. Cavi e quadri di campo

Per quanto concerne il parallelo tra le varie stringhe, esso viene realizzato direttamente dall'inverter, con vantaggio sia sotto l'aspetto tecnico, meno collegamenti, che economico, meno materiali da utilizzare.

Tale soluzione permette il controllo da rete del funzionamento delle varie stringhe, permettendo il monitoraggio della trasmissione dei valori di lettura rilevati per ogni singola stringa.

I quadri di sotto-campo saranno posizionati, in uscita dall'inverter per poter effettuare il parallelo sul lato AC e ridurre il numero di cavi di BT da installare nell'impianto. Avranno funzione di protezione e sezionamento delle linee in BT, anche durante le operazioni di controllo e manutenzione dei moduli.

I vari quadri potranno essere dotati di appositi scaricatori, di elettronica di sorveglianza, connettori RJ45, morsetti per uscita di segnalazione guasti, morsetto nodo equipotenziale e quant'altro necessario per operare in sicurezza.

Su ciascun arrivo dalle rispettive linee saranno previsti sezionatori.

Il quadro di campo dovrà essere a tenuta d'acqua (livello di protezione minimo IP55) per esterno e fabbricato con resina autoestinguente (o in metallo), con pressacavi e chiusura meccanica.

2.1.6. Quadri MT

La connessione alla rete elettrica, di ogni sezione dell'impianto, è prevista tramite linea interrata, in entra-esce da ciascuna sezione di impianto attraverso il collegamento di numero 1 cabina di trasformazione per una potenza complessiva di circa 3,7 MWp/cadauna, fino alla cabina di consegna, sita nel punto di accesso all'impianto, in prossimità della strada provinciale, da cui partirà la linea di consegna alla stazione primaria della stazione di Terna. Le linee di collegamento tra le varie cabine di campo e la cabina di consegna, saranno realizzate in cavo interrato alla tensione di 30kV, in modo da ridurre le perdite lungo il tracciato.

Nella cabina di consegna posta all'ingresso dell'impianto fotovoltaico, saranno ubicati i quadri di sezionamento e di protezione delle varie sezioni di impianto.

A partire dalla cabina di consegna del campo fotovoltaico e fino alla cabina di consegna utente, realizzata in prossimità della sottostazione di Terna, sarà realizzato un cavidotto interrato con tensione di consegna a 30kV, che opportunamente trasformata nella cabina di

consegna, dopo l'elevazione da 30kV a 150 kV, mediante trasformatore, sarà collegata alla RTN di Terna.

Per quanto riguarda l'impianto fotovoltaico, sono previsti n.19 sottocampi ciascuno costituito da n.1 cabina di campo.

Per ciascun sottocampo sarà presente n.1 trasformatore di potenza nominale pari a circa 4500 kVA. Ciascuna cabina, realizzata in container attrezzati saranno collegate le varie linee in BT derivate dagli inverter di campo, che opereranno la trasformazione della potenza da continua, prodotta dai pannelli fotovoltaici, in alternata. Gli inverter saranno posizionati ai bordi della viabilità interna, anch'essi in coppia, in modo da realizzare un solo cavidotto in BT di collegamento tra inverter e cabina di campo, riducendo notevolmente il numero di cavidotti necessari. Le varie linee di collegamento in BT di uscita dagli inverter, andranno a confluire nelle platee attrezzate in cui saranno posizionati i quadri di parallelo per il collegamento alle cabine di trasformazione.

Tali inverter saranno posizionati in prossimità della viabilità interna, alloggiati su una struttura costituita da due traverse ed una tettoia in legno o similare, sotto la quale saranno posizionati n.1 inverter. In tal modo, saranno derivate linee in BT di collegamento al quadro di parallelo posto in prossimità della cabina elettrica di campo.

2.1.7. Cavidotto per la trasmissione dell'energia prodotta e per il controllo dell'impianto

I collegamenti interni all'impianto fotovoltaico, tra le varie cabine di campo e la cabina di consegna, saranno realizzate in cavo interrato, con tensione di esercizio di 30kV. Le sezioni di impianto, costituite da n.1 cabina da 3750 kVA ciascuna, saranno collegate in parallelo, mediante cavidotto interrato ad una profondità di circa 1,20 m, lungo la viabilità interna del campo, alla stazione di consegna. Ciascuna linea deve trasferire una potenza nominale di circa 4500 kVA, prodotta dal trasformatore, con tensione di 30,0 kV ed una corrente di linea pari a circa 100 A, in condizioni ottimali di irraggiamento. La sezione utilizzabile per tali linee potrà essere 150,0 mm² per le cabine più vicine e di 185,0 mm² per quelle più distanti.

La lunghezza di ciascuna linea è legata al percorso stradale scelto.

In cabina di consegna giungeranno i cavidotti di collegamento delle cabine di campo, per poi essere sezionati e protetti. Le suddette cabine di consegna saranno quindi collegate con la Stazione Utente mediante il cavidotto esterno: quest'ultimo sarà

interrato ad una profondità non inferiore a 1,20 m e seguirà il tracciato riportato nella planimetria, per una lunghezza complessiva di circa 6 km.

La portata dei cavi considerati, ad una profondità media di 1,00 m con temperatura del terreno di 25°C, resistività termica del terreno stesso pari a 1° C m/W, è pari a 835 A, pertanto la sezione indicativamente più adatta è di 630 mmq. Tale valore di corrente è stato calcolato considerando nulle tutte le perdite di conversione, di trasmissione, di collegamento, ed altro, sapendo che il rendimento dell'impianto fotovoltaico è sempre inferiore rispetto al valore nominale di circa il 20%, con una riduzione significativa anche sulla corrente erogata.

I cavidotti seguiranno i percorsi interrati indicati nelle tavole progettuali allegate al presente e presenteranno le caratteristiche progettuali ivi riportate.

Trattandosi di cavi interrati, l'impatto estetico dei cavidotti sarà nullo.

I cavi saranno in alluminio ed avranno le seguenti caratteristiche di massima:

- Designazione: ARG7H1RNR o ARG7H1RNRX;
- Conduttori a corda rotonda compatta di alluminio;
- Grado di isolamento: 18/30 kV;
- Sezione nominale R 630 mm²;
- Tensione nominale: 30 kV.

Dopo aver scelto la sezione commerciale del cavo, è stata effettuata la verifica con il criterio termico, con la condizione che la massima densità di corrente (e quindi la massima sovratemperatura rispetto all'ambiente circostante) non superi determinati valori di sicurezza. In base ai valori limiti delle portate di corrente (I_z) stabiliti dai costruttori dei cavi nelle varie condizioni di posa, quest'ultimi devono essere superiori alle correnti di impiego (I_b) calcolate in ogni tratto che compone il circuito elettrico:

$$I_z < I_b$$

Nel calcolo delle sezioni dei cavi si è tenuto conto anche del criterio economico, al fine di minimizzare il volume dei conduttori e quindi delle diverse sezioni delle linee.

2.1.8. Protezioni

Protezione dalle sovracorrenti

La protezione contro le sovracorrenti sarà assicurata secondo le prescrizioni della Norma CEI 64- 8. In particolare sarà assicurato il coordinamento tra i cavi e i dispositivi di massima corrente installati, secondo le seguenti regole:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$
$$I_{cc}^2 t \leq K^2 S^2$$

Dove:

I_b = corrente di impiego del cavo

I_n = corrente nominale dell'interruttore

I_z = portata del cavo

I_{cc} = corrente di cortocircuito

t = tempo di intervento dell'interruttore

K = coefficiente che dipende dal tipo di isolamento del cavo

S = sezione del cavo

Protezione contro i contatti diretti

Le varie sezioni dell'impianto sono costituite da sistemi di Categoria I. Non essendo presenti circuiti a bassissima tensione di sicurezza (SELV) né a bassissima tensione di protezione (PELV), la protezione contro i contatti diretti sarà assicurata mediante isolamento completo delle parti attive, sia per la sezione in corrente continua che per quella in corrente alternata.

Protezione contro i contatti indiretti

La protezione contro i contatti indiretti sarà assicurata mediante:

- messa a terra delle masse e delle masse estranee;
- scelta e coordinamento dei dispositivi di interruzione automatici della corrente di guasto, in conformità a quanto prescritto dalla Norma CEI 64-8.
- ricerca ed eliminazione del primo guasto a terra.

In particolare, l'impianto rientra nei sistemi di tipo "TN", saranno installati interruttori differenziali tali da garantire il rispetto della seguente relazione nei tempi riportati in tabella I:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

Dove:

Z_s è l'impedenza dell'anello di guasto comprensiva dell'impedenza di linea e dell'impedenza della sorgente.

I_a è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione in Ampere, secondo le prescrizioni della norma 64-8/4; quando il dispositivo di protezione è un dispositivo di protezione a corrente differenziale, la I_a è la corrente differenziale $I_{\Delta n}$.

U_0 tensione nominale in c.a. (valore efficace della tensione fase - terra) in Volt.

U ₀ (V)	Tempo di interruzione (s)
120	0,8
230	0,4
400	0,2
>400	0,1

Tabella 1 - Tempi massimi di interruzione per sistemi TN

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 BT/MT. In tal modo perché 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 ogni inverter sarà munito di un opportuno dispositivo di rivelazione degli squilibri verso massa, che ne provoca l'immediato spegnimento e l'emissione di una segnalazione di allarme.

2.1.9. Stazione elettrica rete-utente

La società Terna S.p.A. responsabile in Italia della trasmissione e del dispacciamento dell'energia elettrica sulla rete ad alta e altissima tensione ha comunicato, con la pratica avente Codice Pratica 202000202 alla committenza la soluzione tecnica minima generale (STMG) per l'allacciamento alla rete elettrica nazionale. La proposta di soluzione, accettata dal proponente, prevede il Collegamento in antenna a 150 kV sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica di trasformazione (SE) a 380/150 kV denominata "Melfi".

Il punto in cui l'impianto viene collegato alla rete elettrica viene definito normativamente "punto di connessione". Il punto di consegna invece è costituito dal punto in cui termina l'impianto dell'utente ed inizia l'impianto di rete, e nel caso in questione coincide con la stazione elettrica di utenza.

La stazione elettrica di utenza costituisce quindi anche l'interfaccia tra l'impianto di utenza e quello di rete.

In corrispondenza della stazione di utenza saranno quindi installati tutti i dispositivi di regolazione e controllo dell'energia immessa in rete, nonché di protezione degli impianti elettrici.

La stazione utente avrà una sezione a 150 kV e una sezione in ingresso a 30 kV. La stazione è dimensionata secondo la massima potenza dell'impianto, e sarà costituita dalle seguenti opere e impianti:

- ▲ N° 1 montante di linea/trasformazione MT/AT, 30/150 KV composto dai seguenti dispositivi elettrici:
 - N° 1 trasformatore trifase di potenza 96 MVA, 150/30 kV, ONAF, provvisto di commutatore sotto carico lato AT;
 - N° 1 terna di scaricatori di sovratensione, per esterno ad ossido di zinco, 170 kV completi di conta scariche, installati sia a protezione del trasformatore di potenza e sia per il cavidotto in uscita interrato AT;
 - N° 3 trasformatori di corrente TA; 200-400/5-1-1-1 A, 20 VA-0.2, 20 VA-0.5, 30 VA-5P20, 20 VA-5P20;
 - N° 1 terna di trasformatori di tensione induttivi TVI per esterno, con rapporto 150000: Z 3 - 100: Z3 V, 10 VA cl. 0.2;
 - N° 1 interruttore tripolare, 170 kV;
 - N° 1 terna di trasformatori di tensione capacitivi TV per esterno collegati sulle sbarre di parallelo, con rapporto 150000:Z3 - 100: Z3 - 100: Z3 - 100:3 V, 50 VAcl.0.5, 50 VA-cl.0.5, 50 VA-3P;
 - N° 1 sezionatore 170 kV;
- ▲ N° 1 edificio comandi e N°1 edificio ad uso monitoraggio, costituito da container coibentati e contenenti:
 - n° 1 trasformatore per servizi ausiliari MT/BT-potenza 45 KVA;
 - distribuzione ausiliaria C.A. e C.C. compresi di batterie composte;
 - impianto di illuminazione;
 - contatore per misure fiscali;
 - impianto di climatizzazione per i quadri Mt/Bt;
 - impianto di rilevazione incendio e antintrusione;
- ▲ N° 4 torri faro.

La pianta e la sezione degli edifici sono rappresentate nelle tavole allegate al presente progetto.

Il trasformatore di potenza sarà alimentato dal quadro elettrico MT di collegamento dell'elettrodotto al parco fotovoltaico. L'energia elettrica, dopo essere stata

innalzata alla tensione di 150 kV, verrà trasmessa alla Stazione RTN di Terna mediante collegamento in cavo AT interrato a 150 kV.

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

- 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.

Interruttori tripolari in SF₆:

- corrente nominale: 2000 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: 2000 A (non lame di terra);
- corrente nominale di breve durata: 31,5 kA.

Sezionatore tripolare di messa a terra sbarre:

- corrente nominale di breve durata: 31.5 kA.

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: 150.000/1.73/100/1.73 V/V;
- le prestazioni verranno definite in sede di progetto esecutivo.

I trasformatori di tensione saranno di tipo capacitivo, eccetto quelli dedicati alle misure contrattuali che potranno essere di tipo induttivo.

Sistema sbarre in tubo AT funzionali alla Sbarre:

- corrente nominale: 240 A.

Trasformatore trifase in olio minerale:

- Tensione massima 170 kV;
- Frequenza 50 Hz;
- Rapporto di trasformazione 150/30 kV;
- Livello d'isolamento nominale all'impulso atmosferico 750 kV;
- Livello d'isolamento a frequenza industriale 325 kV;

Tensione di corto circuito 22,5 %:

- Collegamento avvolgimento Primario Stella;
- Collegamento avvolgimento Secondario Triangolo;
- Potenza in servizio continuo (ONAN-ONAF) 30-35 MVA;
- Peso del trasformatore completo 60 t.

Caratteristiche di massima dei componenti MT:

- tensione di esercizio nominale V_n 30 kV;
- tensione di isolamento nominale 36 kV;
- tensione di prova a 50 Hz 1 min 70 kV;
- tensione di tenuta ad impulso 170 kV;
- frequenza nominale 50 Hz;
- corrente nominale in servizio continuo I_n 630 A;
- corrente ammissibile di breve durata I_K 16 kA;
- corrente di cresta I_P 2,5 I_K ;
- temperatura di esercizio $-5 \div +40$ °C.

Interruttore a tensione nominale 150 kV:

GRANDEZZE NOMINALI		
Tipologia	Tipo 1	Tipo 2
Salinità di tenuta a 98 kV (Kg/m ³) 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	O-0,3 ¹ -CO-1 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.

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

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 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 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.

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