



REGIONE SICILIA
PROVINCIA DI CATANIA
COMUNE DI CATANIA

OGGETTO

PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO PER UNA POTENZA NOMINALE DI 45,4 MWp (33 MW IN IMMISSIONE) INTEGRATO DA UN SISTEMA DI ACCUMULO DA 16,5 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI CATANIA (CT) IN LOCALITÀ PASSO MARTINO

PROGETTO DEFINITIVO

PROPONENTE



TITOLO

RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE
DEGLI IMPIANTI

PROGETTISTA

Dott. Ing. Girolamo Gorgone

Collaboratori

Ing. Gioacchino Ruisi
All. Arch. Flavia Termini
Ing. Rosalia Nasta
Ing. Francesco Lipari

Dott. Agr. e For. Michele Virzi
Dott. Haritiana Ratsimba
Dott. Valeria Croce
Dott. Irene Romano
Arch. Luisa Gassisi

CODICE ELABORATO

XP_R_03_A_D

SCALA

n°.Rev.	DESCRIZIONE REVISIONE	DATA	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO

Rif. PROGETTO

N. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

NOME FILE DI STAMPA

SCALA DI STAMPA DA FILE

Sommario

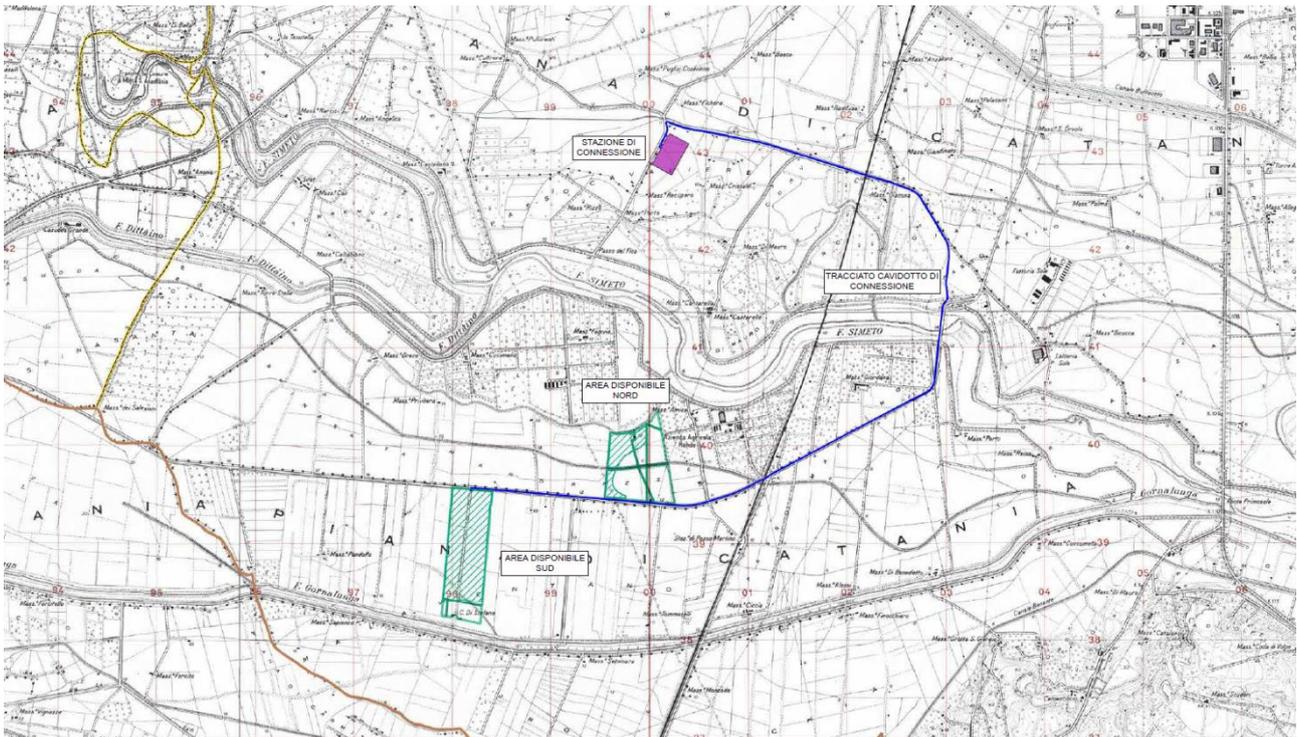
1. PREMESSA.....	3
1.1 Inquadramento territoriale dell'intervento.....	4
1.2 Breve descrizione del progetto.....	6
2. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI GENERAZIONE.....	9
3. RIFERIMENTI NORMATIVI GENERALI.....	11
4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	12
5. TERMINOLOGIA.....	14
6. CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE.....	15
7. AMBITO DEGLI IMPIANTI TRATTATI.....	15
8. COMPONENTI IMPIANTO FV.....	15
8.1 Moduli fotovoltaici.....	15
8.2 Power Station SUN e STORAGE.....	18
8.3 Quadri di parallelo BT.....	35
8.4 Quadri servizi ausiliari.....	35
8.5 String-box.....	35
9. VERIFICHE ELETTRICHE DI ACCOPPIAMENTO MODULI/BATTERIE CON INVERTER.....	38
9.1 Verifiche stringhe con inverter solari "SUN".....	38
9.2 Verifiche Container Storage System con inverter "STORAGE".....	39
9.3 Verifiche sezione cablaggi e perdite nei cavi DC.....	39
10. Cavi DC utilizzati.....	40
10.1 Cavi solari di stringa.....	40
10.2 Cavi cablaggio string-box/inverter.....	40
11. PROTEZIONE IMPIANTI ELETTRICI.....	45
11.1 Protezione delle condutture elettriche.....	45
11.2 Misure di protezione dalle scariche atmosferiche.....	46
12. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI.....	46

12.1 Coordinamento dell'impianto di terra con dispositivi di interruzione dell'alimentazione	47
12.2 Protezione mediante doppio isolamento	47
12.3 Classificazione degli impianti in sistemi TN-S e IT	47
12.4 Protezione contro i contatti indiretti porzione impianto IT	48
12.5 Protezione contro i contatti indiretti porzione impianto TN-S.....	49
12.5.1 Impianto di terra del campo fotovoltaico	50

1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la **Relazione tecnica e di calcolo preliminare degli impianti** parte integrante del Progetto Definitivo per la realizzazione di un impianto di generazione di energia da fonte solare di tipo agro-fotovoltaico, per una potenza nominale pari a 45,4 MWp (33 MW in immissione), costituito da moduli ad inseguimento monoassiale, integrato da un sistema di accumulo da 16,5 MW. L'impianto, con le relative opere di connessione alla Rete Elettrica Nazionale, interessa il comune di Catania (CT).

La presente relazione ha lo scopo di illustrare le opere elettriche necessarie per la realizzazione del parco fotovoltaico da installare a terra su strutture di tipo ad inseguimento monoassiale, nonché quello di individuare in modo univoco i materiali di cui si farà uso e le specifiche lavorazioni previste, conformemente alle direttive e alla normativa vigente.



(Inquadramento su IGM dell'intervento)

X-ELIO Energy nasce nel 2005 a Madrid ed è oggi un'azienda leader nel settore delle energie rinnovabili con uffici negli Stati Uniti, Messico, Cile, Sudafrica, Australia, Giappone, Spagna e Italia (Roma, Palermo). Attivamente impegnata nella riduzione dei gas serra e nel contrasto alla crisi climatica, X-ELIO Energy ha realizzato ad oggi più di 2 GW in impianti fotovoltaici e dispone di 25

parchi solari operativi in 10 paesi. Al fine di assicurare alti standard di qualità progettuale e di tutela e protezione dei propri operatori, della cittadinanza e dell'ambiente, X-ELIO Energy ha istituito un sistema di gestione integrato per l'ambiente, la salute, la sicurezza e il benessere dei lavoratori in accordo con gli standard ISO 14001:2015 e ISO 45001:2018.

Al fine di perseguire gli obiettivi di qualità, X-ELIO Energy prevede lo sviluppo di iniziative tramite proprie società, come nel caso in oggetto con la **X-ELIO Passo Martino S.r.l.** titolare del presente progetto.

1.1 Inquadramento territoriale dell'intervento

L'area destinata all'impianto agro-fotovoltaico e le opere di connessione ricadono interamente nel comune di Catania. Il tracciato del cavidotto di connessione alla RTN interessa i medesimi territori comunali e dista in liea d'aria circa 4,1 km dall'impianto.

La superficie complessiva dell'Area disponibile per l'impianto è di poco superiore ai 98 ettari, suddivisa tra circa 53 ettari dell'Area Nord e circa 45 ettari dell'Area Sud.

Il sito dell'impianto agrivoltaico è immediatamente raggiungibile dalla E45 (nel suo tratto RA15 di raccordo tra la A19 e la SS114 – Tangenziale di Catania) imboccando l'uscita per Passo Martino – Sigonella e quindi proseguendo lungo la SP69II in direzione di Sigonella. Entrambe le porzioni dell'Area disponibile sono direttamente accessibili dalla Strada provinciale.

L'area destinata all'impianto agro-fotovoltaico e il tracciato della connessione alla RTN ricadono nel Foglio 270 III SO e Foglio 270 III NO della cartografia IGM a scala 1:25000, e nei fogli 633160, 634130 e 640040 della Carta Tecnica Regionale a scala 1:10000.

L'area disponibile Nord (N), è prevalentemente adibita a seminativo con porzioni a incolto/pascolo. L'altimetria nel complesso varia tra 10 ed i 13 m s.l.m. è quindi prettamente pianeggiante con valori nulli di pendenza. All'interno dell'area si ha la presenza di strade interpoderali ed anche un arco idrico di modestissima entità.

L'area disponibile Sud (S), è interamente adibita a seminativo, presenta una morfologia pianeggiante. L'altimetria varia tra 13 ed i 16 m s.l.m. risulta anche in questo caso prettamente pianeggiante con valori di pendenza assimilabili a <1%.

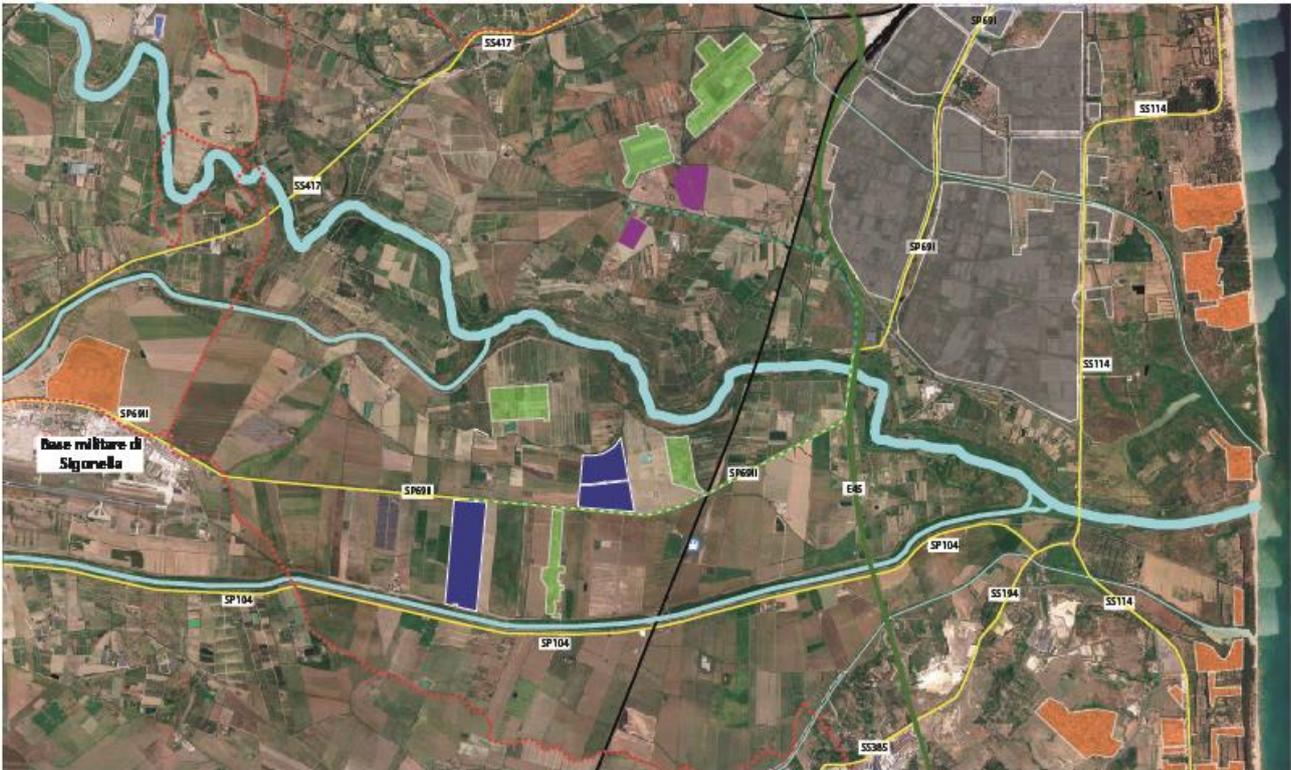
Di seguito si riportano le particelle del catasto del comune di Catania nella disponibilità della Società proponente (Area disponibile).

Area disponibile		
Comune	Foglio	Particelle
Catania	53	16
	58	97, 137, 206, 2127
	59	6, 14 (porz.), 79, 82, 83, 84, 87, 225, 226, 227, 228, 229, 230

L'inquadratura catastale del cavidotto di connessione è definito in dettaglio nel Piano particellare allegato al Progetto definitivo. Qui di seguito se ne riportano le caratteristiche di tracciato.

Cavidotto da impianto alla stazione di connessione	
STRADA PERCORSA	DISTANZA (KM)
Strada provinciale 69ii	5,68
Strada vicinale	0,19
Strada locale	1,42
Strada vicinale	0,34
Strada comunale Passo Cavaliere	2,07
Strada provinciale 701	0,27
LUNGHEZZA TOTALE	9,97

Di seguito si riporta infine uno schema di inquadratura territoriale dell'intervento.



LEGENDA

Area di intervento

- Area disponibile
- Cavidotto interrato di connessione
- Punto di connessione alla RTN

Sistema territoriale

- Autostrada
- Strada statale
- Strada provinciale
- Strada locale
- Ferrovia
- Corso d'acqua
- Zone industriali/commerciali

Confini amministrativi

- Limiti comunali

(Inquadramento territoriale dell'intervento)

1.2 Breve descrizione del progetto

La tecnologia fotovoltaica consente la trasformazione dell'energia associata alla radiazione solare in energia elettrica sfruttando la capacità di alcuni materiali semiconduttori (tra cui il silicio) di liberare elettroni a seguito dell'energia ceduta agli stessi da una radiazione elettromagnetica. L'effetto fotovoltaico è alla base della produzione di energia nelle *celle* che compongono i moduli fotovoltaici, comunemente chiamati *pannelli solari*.

I moduli o pannelli fotovoltaici sono montati in serie (stringhe) su telai ad inseguimento solare monoassiale che si sviluppano lungo l'asse Nord-Sud e permettono la rotazione dei moduli intorno a tale asse al fine di massimizzare la radiazione solare intercettata nel corso della giornata. I telai sono fissati al terreno per mezzo di pali infissi, evitando il ricorso a fondazioni in cemento armato.

In linea generale, un impianto fotovoltaico si compone di stringhe di moduli collegate tra loro. Gruppi di stringhe compongono i campi fotovoltaici in cui l'impianto è suddiviso, ciascuno afferente a una Power Station (o Cabina di campo). La power station ha il compito di convertire l'energia prodotta dal campo da bassa ad alta tensione (tramite trasformatore) e da corrente continua a corrente alternata (tramite un certo numero di inverter).

Tutte le linee in uscita dalle power stations vengono convogliate alla cabina principale di impianto (o Cabina MTR - *Main Technical Room*). Dalla cabina MTR parte il cavo in alta tensione che connette l'impianto alla rete elettrica nazionale (RTN).

L'impianto dispone anche di una Control room, locale adibito ad ufficio in cui sono collocati i terminali che consentono di monitorare il funzionamento di tutte le sue componenti e di un sistema di batterie per l'accumulo di energia.

Alla produzione energetica è associata un programma agronomico che prevede la coltivazione di foraggiere per il pascolo e/o la fienagione, l'installazione di arnie per l'apicoltura e la messa a dimora di un nuovo agrumeto. Inoltre, lungo il perimetro dell'impianto verrà piantumata una fascia di mitigazione ampia almeno 10 metri utilizzando specie arboree e arbustive autoctone o comunque tipiche del paesaggio locale.

A seguire si riportano il layout generale di progetto e una tabella contenente dati sintetici sull'impianto proposto, mentre per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati di Progetto definitivo e allo Studio di impatto ambientale.



LEGENDA

	Ingresso di impianto		Palo servizi ausiliari		Stringa da 30 moduli
	Recinzione		Cabina ausiliaria		Stringa da 60 moduli
	Viabilità esistente		Power station		Fabbricato esistente
	Piste e piazzali		Control room		Alberi
	Fascia di mitigazione		Cabina MTR con cabina partenza linea		Agrumeto
	Colture foraggere		Cabina AT		Siepi aromatiche
	Erbacee spontanee basse		Zona container accumulo		Arnie
	Seminativo		Magazzino		
	Vegetazione spontanea				

(Planimetria generale di impianto su ortofoto)

DATI SINTETICI SULL'IMPIANTO	
IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AREE NORD E SUD	<ul style="list-style-type: none"> • N. 68790 moduli fotovoltaici montati su tracker monoassiali; • N. 13 cabine di campo o power stations: ricevono i cavi provenienti dai moduli FV interconnessi convertendo l'energia elettrica da essi prodotta da corrente continua a corrente alternata tramite inverter ed elevando la tensione da bassa a alta; • N. 2 cabine principali di impianto (Main Technical Room – MTR); • N. 1 cabina AT; • N. 1 Control room che ospita un locale a ufficio e i servizi igienici per il personale e un locale separato a magazzino; • N. 34 Container batteria; • N. 3 magazzini per l'attività agricola; • Viabilità interna di servizio; • Recinzione, cancelli di ingresso, illuminazione di emergenza e sorveglianza; • Fascia di mitigazione
OPERE DI CONNESSIONE	<ul style="list-style-type: none"> • Una linea interrata in tensione (36 kV) per la connessione dell'impianto alla rete elettrica nazionale, della lunghezza di circa 10 km giacente lungo viabilità esistente; • Un punto di connessione alla RTN ricadente in territorio di Catania, per il collegamento in antenna a 36 kV con la futura stazione di connessione 380/150/36 kV di Pantano d'Arce, previo ampliamento della stessa, e quindi al futuro elettrodotto Paternò-Priolo.

2. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI GENERAZIONE

L'impianto, data la disponibilità dei terreni e delle caratteristiche orografiche, nel suo complesso è composto essenzialmente da due sub-campi distinti per la diposizione geografica Nord e Sud. Entrambi i sub-campi sarà realizzato con strutture ad inseguimento monoassiale. Ciascun sub-campo a sua volta sarà suddiviso in ulteriori sub-campi più omogenei per caratteristiche denominati "Array". La distribuzione in AT a monte dei trasformatori elevatori sarà di tipo radiale a 36kV, pari alla tensione di consegna di cui alla STMG.

Nel complesso avremo:

- Una cabina di ricezione AT "CABINA UTENTE o MTR" posta nell'Area Sud esercita a 36kV ubicata in ingresso al campo fotovoltaico con barra AT e relative protezioni, da cui si dipartono le varie linee alle parti di impianto come le partenze per i Power

station, le Power Storage, linea per ausiliari e quant'altro così come riportato negli elaborati relativi agli schemi elettrici;

- analoga cabina di ricezione AT nell'Area Nord ma senza la parte relativa allo storage;
- n. 10 Power Station SUN. Le Power Station, o cabine di campo, avranno la duplice funzione di convertire l'energia elettrica da corrente continua a corrente alternata ed elevare la tensione da bassa ad alta tensione. Essenzialmente queste sono composte da 1 a 4 Inverter di potenza nominale da 1,17MW a 1,755MW le cui uscite saranno collegate alla sezione BT di un trasformatore BT/AT.

Le Suddette Power Station saranno collegate con schema radiale alla cabina "MTR". Le Power Station avranno una potenza nominale d'uscita del trasformatore di 1,8, 3,6, 5,4 7,2 MW in base al numero ed alle taglie degli inverter ad essi sottesi. La potenza totale in AC degli inverter previsti, come somma delle potenze nominali, sarà pari a 44,645MW;

- globalmente agli inverter delle Power Station saranno collegati i cavi provenienti dalle String Box che a loro volta raggruppano i cavi provenienti delle stringhe del campo fotovoltaico;
- n. 68.790 moduli fotovoltaici, a formare stringhe da 30 moduli in serie (in numero di 2293), saranno installati su apposite strutture metalliche di sostegno del tipo ad inseguimento monoassiale con asse Nord-Sud (trackers), fissate al terreno attraverso pali infissi e/o trivellati. Per semplificare ed ottimizzare il cablaggio della sezione in CC sono state individuate due taglie di tracker. Una è stata scelta in modo tale che su ognuno stiano due stringhe affiancate lungo il lato corto dei moduli stessi, quindi con una lunghezza pari a 30 volte il lato corto dei moduli, mentre l'altra ha una lunghezza pari alla metà e quindi in grado di ospitare una sola stringa;
- n. 3 Power Station "STORAGE" ubicate nel campo Sud. Analogamente alle Power Station SUN, avranno la duplice funzione di convertire l'energia elettrica da corrente continua, proveniente dagli accumulatori, a corrente alternata e viceversa, ed elevare la tensione da bassa ad alta tensione. Essenzialmente questa è composta da 2 Inverter di tipo STORAGE bidirezionali di potenza nominale pari a 3MW, per un totale di 18MW, le cui uscite saranno collegate alla sezione BT di un trasformatore BT/AT a doppio avvolgimento lato BT. Le Suddette Power station, saranno collegate sempre con schema radiale alla cabina "MTR".

- n. 34 “Battery Container”, con accumulatori agli ioni di litio, collegati opportunamente in serie e parallelo dal costruttore stesso, di capacità nominale pari a 2,3MWh e con potenza di carica e scarica nominale di 1,1MW, con In 900A a 1300V, cadauno per un totale di 78,2MWh. Ad ogni inverter di cui sopra ne saranno attestate n.6 tranne in uno in cui saranno n. 4.
- Un sistema di controllo e monitoraggio delle potenze erogate, assorbite ed immesse dai vari sistemi. Tale sistema sarà in grado di limitare la potenza immessa in rete a 33MW conformemente a quanto richiesto ed ottenuto in STMG e la potenza del sistema storage a 16,5 MW.

Di seguito tabella di riepilogo dei maggiori sistemi.

Sub-campo	Array	kWp	n moduli	n stringhe	Stringhe per inverter	n. inverter	Mod. Inverter	Pot. inverter (kW)	Num. Power Station	Inverter per Power station (kW)	Mod. Power station	stringbox per inverter	numero stringbox
Sud	1-1	5940	9000	300	4 inverter da 75 stringhe	4	1500TL B578	1500	1	6000	7200 FSK	5	20
Sud	1-2	5940	9000	300	4 inverter da 75 stringhe	4	1500TL B578	1500	1	6000	7200 FSK	5	20
Sud	1-3	5940	9000	300	4 inverter da 75 stringhe	4	1500TL B578	1500	1	6000	7200 FSK	5	20
Sud	1-4	5940	9000	300	4 inverter da 75 stringhe	4	1500TL B578	1500	1	6000	7200 FSK	5	20
Sud	1-5	5940	9000	300	4 inverter da 75 stringhe	4	1500TL B578	1500	1	4500	5400 FSK	5	15
Sud	1-6	2970	4500	150	2 inverter da 75 stringhe	2	1500TL B578	1500	1	3000	3600FSK	5	10
Sud	1-7	3148,2	4770	159	1 inv. da 80 +1 inv da 79 stringhe	2	1600TL B615	1600	1	3200	3600FSK	6	12
Sud	1-8	1762,2	2670	89	1 inverter da 89 stringhe	1	1800TL B690	1755	1	1755	1800 FSK	6	6
Nord	2	6930	10500	350	2 inv. da 87+2 inv da 88 stringhe	4	1800TL B690	1755	1	7020	7200 FSK	6	24
Nord	3	891	1350	45	1 inverter da 45 stringhe	1	1170TL B450	1170	1	1170	1800 FSK	3	3
TOTALE		45401,4 kWp	68790	2293		30			10	44645 kW			147

Si rimanda allo schema elettrico per gli ulteriori dettagli delle configurazioni previste.

3. RIFERIMENTI NORMATIVI GENERALI

Gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte, come prescritto dalla Legge n. 186 del 1° marzo 1968 e ribadito dalla Legge n. 46 del 5 marzo 1990 ora sostituito dal D.M. 37/08. Rimane tuttora valido, sotto il profilo generale, quanto prescritto dal DPR 547/55 “Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro” e le successive 626 e 494/96 con relativi aggiornamenti e circolari di riferimento.

Le caratteristiche dell'impianto, nonché di tutte le componenti l'impianto, dovranno essere in accordo con le norme di legge e di regolamento vigenti ed in particolare essere conformi:

- alle prescrizioni di autorità locali, comprese quelle dei VVF;
- alle prescrizioni ed indicazioni delle Società Distributrice di energia elettrica;
- alle norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano).

4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la realizzazione del presente progetto si è fatto riferimento, tra l'altro, alla seguente normativa:

- D.Lgs. 387/2003
- D.Lgs. 28/2011
- Regio Decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- D.P.R. 18 marzo 1965, n. 342 "Norme integrative della legge 6 dicembre 1962, n. 1643 e norme relative al coordinamento e all'esercizio delle attività elettriche esercitate da enti ed imprese diversi dall'Ente Nazionale per l'Energia Elettrica";
- Legge 28 giugno 1986, n. 339 "Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 "Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59";
- Norma CEI 11-32: Impianti di produzione di energia elettrica collegati a reti di III categoria;
- Norma CEI 0-16 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- Norma CEI 11-27 Lavori su impianti elettrici;
- Norma CEI EN 50110-1-2 Esercizio degli impianti elettrici;
- Norma CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- Norma CEI 11-4 Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne;
- Norma CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;
- Norma CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;

- Norma CEI 11-37: Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV;
- Norma CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;
- Norma CEI EN 60721-3-3 Classificazioni delle condizioni ambientali;
- Norma CEI EN 60721-3-4 Classificazioni delle condizioni ambientali;
- Norma CEI EN 60068-3-3 Prove climatiche e meccaniche fondamentali Parte 3: Guida – Metodi di prova sismica per apparecchiature;
- Norma CEI 64-2 Impianti elettrici in luoghi con pericolo di esplosione;
- Norma CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua;
- Norma CEI EN 62271-100 Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;
- Norma CEI EN 62271-102 Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata per alta tensione;
- Norma CEI EN 61009-1 Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari;
- Norma CEI EN 60898-1 Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari;
- Norma CEI 33-2 Condensatori di accoppiamento e divisori capacitivi;
- Norma CEI 36-12 Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V;
- Norma CEI EN 60044-1 Trasformatori di corrente;
- Norma CEI EN 60044-2 Trasformatori di tensione induttivi;
- Norma CEI EN 60044-5 Trasformatori di tensione capacitivi;
- Norma CEI 57-2 Bobine di sbarramento per sistemi a corrente alternata;
- Norma CEI 57-3 Dispositivi di accoppiamento per impianti ad onde convogliate;
- Norma CEI EN 60076-1 Trasformatori di potenza;
- Norma CEI EN 60137 Isolatori passanti per tensioni alternate superiori a 1 kV;
- Norma CEI EN 60099-4 Scaricatori ad ossido di zinco senza spinterometri per reti a corrente alternata;
- Norma CEI EN 60099-5 Scaricatori – Raccomandazioni per la scelta e l'applicazione;
- Norma CEI EN 60507 Prove di contaminazione artificiale degli isolatori per alta tensione in sistemi a corrente alternata;
- Norma CEI EN 60694 Prescrizioni comuni per l'apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione;
- Norma CEI EN 60529 Gradi di protezione degli involucri (Codice IP)

- Norma CEI EN 60168 Prove di isolatori per interno ed esterno di ceramica e di vetro per impianti con tensione nominale superiore a 1000 V;
- Norma CEI EN 60383-1 Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V
 - Parte 1 Isolatori in materiale ceramico o in vetro per sistemi in corrente alternata;
 - Parte 2 Catene di isolatori e equipaggiamenti completi per reti in corrente alternata;
- Norme CEI EN 61284 Linee aeree – Prescrizioni e prove per la morsetteria;
- Norma CEI EN 61000-6-2 Immunità per gli ambienti industriali;
- Norma CEI EN 61000-6-4 Emissione per gli ambienti industriali;
- Norma CEI-UNEL 35027: Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV.

5. TERMINOLOGIA

- **Cella fotovoltaica:** dispositivo fotovoltaico fondamentale che provvede alla generazione di energia elettrica se esposto alla radiazione solare;
- **Modulo fotovoltaico:** insieme di celle fotovoltaiche interconnesse fra loro e assemblate in supporti idonei dalle case produttrici, protette dall'ambiente circostante attraverso opportuni involucri. Il modulo fotovoltaico, con le sue caratteristiche elettriche (tensione e corrente nominali), costituisce l'unità elementare per la progettazione elettrica dell'impianto fotovoltaico.
- **Stringa fotovoltaica:** insieme di moduli fotovoltaici collegati in serie per raggiungere la tensione di uscita desiderata;
- **Generatore FV:** insieme di stringhe fotovoltaiche collegate in parallelo per raggiungere la potenza desiderata;
- **Impianto fotovoltaico:** impianto di produzione di energia elettrica mediante conversione diretta della luce, cioè della radiazione solare, in energia elettrica (effetto fotovoltaico); pertanto, esso rientra nella categoria degli impianti alimentati da fonti rinnovabili non programmabili (cioè la cui produzione di energia elettrica risulta aleatoria in funzione del regime meteorologico istantaneo. L'impianto è essenzialmente costituito dal generatore fotovoltaico, dal gruppo di conversione e dal sistema di interfacciamento alla rete elettrica di distribuzione;
- **Inverter:** dispositivo che provvede alla trasformazione dell'energia elettrica prodotta dal generatore fotovoltaico da corrente continua a corrente alternata;
- **Interfaccia rete:** dispositivo che provvede all'interfacciamento dell'impianto fotovoltaico all'impianto elettrico dell'utilizzatore e, quindi, alla rete elettrica locale;

- **Potenza di picco Wp:** potenza generata da un dispositivo fotovoltaico (modulo, stringa o generatore) misurata ai morsetti in corrente continua e rimostrata alle condizioni di prova standard (abbr. STC) che risultano le seguenti: Air Mass = 1.5, irraggiamento solare sul piano dei moduli pari a 1 kW/m², temperatura di lavoro della cella fotovoltaica pari a 25°C;
- **Gestore della rete** è il soggetto che presta il servizio di distribuzione e vendita dell'energia elettrica ai clienti utilizzatori (es. AEM, ENEL, TERNA);
- **Cliente utilizzatore** è la persona fisica o giuridica titolare di un contratto di fornitura di energia elettrica.

6. CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

Il dimensionamento dei principali componenti d'impianto è stato sviluppato tenendo conto delle caratteristiche specifiche del sito, nonché delle specifiche richieste ed esigenze del Committente

Sulla base di tali indicazioni è stata perseguita l'attività di progettazione.

7. AMBITO DEGLI IMPIANTI TRATTATI

Come già esposto sopra l'impianto in esame è composto da diverse tipologie d'impianti caratterizzate in primis dal livello di tensione a cui vengono esercite.

La parte in Media ed Alta tensione infatti è stata eviscerata in apposito elaborato. Qui viene trattata la parte di impianto in bassa tensione (I^A Categoria) quindi dai moduli/batterie agli inverter/trasformatori BT/AT.

8. COMPONENTI IMPIANTO FV

8.1 Moduli fotovoltaici

Il presente progetto si basa su moduli tutti della medesima tipologia e taglia. Si tratta dei moduli di tipo bifacciali della RISEN modello RSM132-8-660BMDG, in silicio monocristallino bifacciale a 132 celle, la cui potenza di picco in condizioni STC è pari a 660 Wp. Il numero di moduli in serie che compongono una stringa è pari a 30 e le tensioni di stringa limite che si ottengono sono Voc 1498V alla temperatura della cella di -10°C e Vmpp di 1147V alla temperatura di 25°C alle condizioni STC. Di seguito la scheda tecnica del modulo.



TITAN
HIGH PERFORMANCE
BIFACIAL PERC MONOCRYSTALLINE MODULE



RSM132-8-635BMDG-660BMDG

132 CELL Mono PERC Module	635-660Wp Power Output Range
1500VDC Maximum System Voltage	21.2% Maximum Efficiency

KEY SALIENT FEATURES

- Global, Tier 1 bankable brand**, with independently certified state-of-the-art automated manufacturing
- Bifacial technology** enables additional energy harvesting from rear side (up to 30%)
- Industry leading lowest thermal co-efficient** of power
- Industry leading 12 years product warranty**
- Excellent low irradiance performance**
- Excellent PID resistance**
- Positive tight power tolerance**
- Dual stage 100% EL inspection** warranting defect-free product
- Module Imp binning radically** reduces string mismatch losses
- Warranted reliability and stringent quality assurances** well beyond certified requirements
- Certified to withstand severe environmental conditions**
 - **Anti-reflective & anti-soiling surface** minimise power loss from dirt and dust
 - **Severe salt mist, ammonia & blown sand resistance**, for seaside, farm and desert environments
 - **Excellent mechanical resistance:** wind load 2400Pa & snow load 5400Pa



RISEN ENERGY CO., LTD.

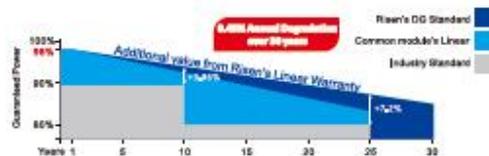
Risen Energy is a leading, global tier 1 manufacturer of high-performance solar photovoltaic products and provider of total business solutions for residential, commercial and utility-scale power generation. The company, founded in 1986, and publicly listed in 2010, compels value generation for its chosen global customers. Techno-commercial innovation, underpinned by consummate quality and support, enircle Risen Energy's total Solar PV business solutions which are among the most powerful and cost-effective in the industry. With local market presence and strong financial bankability status, we are committed, and able, to building strategic, mutually beneficial collaborations with our partners, as together we capitalise on the rising value of green energy.

Tashan Industry Zone, Meijin, Ninghai 315609, Ningbo | PRC
Tel: +86-574-58953239 Fax: +86-574-58953589
E-mail: marketing@risenenergy.com Website: www.risenenergy.com



Preliminary
For Global Market

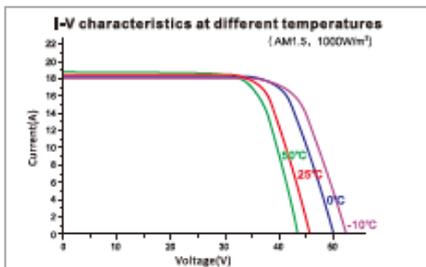
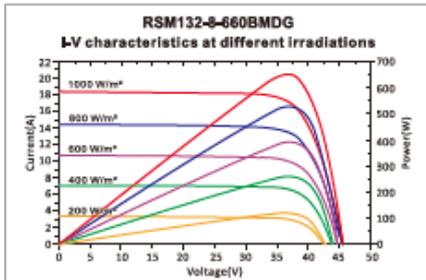
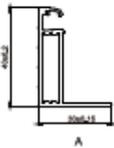
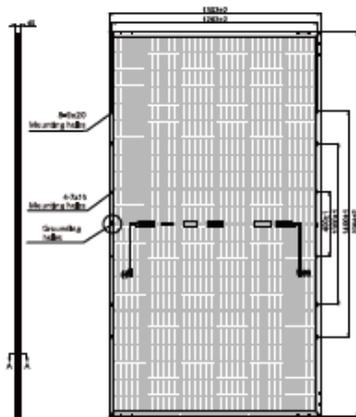
LINEAR PERFORMANCE WARRANTY
12 year Product Warranty / 30 year Linear Power Warranty



* Please check the valid version of Limited Product Warranty which is officially released by Risen Energy Co., Ltd

THE POWER OF RISING VALUE

Dimensions of PV Module



Our Partners:

ELECTRICAL DATA (STC)

Model Number	RSM132-4-635BMDG	RSM132-4-640BMDG	RSM132-4-645BMDG	RSM132-4-650BMDG	RSM132-4-655BMDG	RSM132-4-660BMDG
Rated Power in Watts-Pmax(Wp)	635	640	645	650	655	660
Open Circuit Voltage-Voc(V)	44,89	45,09	45,29	45,49	45,69	45,89
Short Circuit Current-Isc(A)	18,03	18,08	18,13	18,18	18,23	18,28
Maximum Power Voltage-Vmpp(V)	37,32	37,51	37,69	37,87	38,05	38,23
Maximum Power Current-Imp(A)	17,02	17,07	17,12	17,17	17,22	17,27
Module Efficiency (%) *	20,4	20,6	20,8	20,9	21,1	21,2

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1,5 according to EN 60904-3, Bifacial factor: 70%±5 * Module Efficiency (%): Round-off to the nearest number

Electrical characteristics with 10% rear side power gain

Total Equivalent power-Pmax (Wp)	699	704	710	715	721	726
Open Circuit Voltage-Voc(V)	44,89	45,09	45,29	45,49	45,69	45,89
Short Circuit Current-Isc(A)	19,83	19,89	19,94	20,00	20,05	20,11
Maximum Power Voltage-Vmpp(V)	37,32	37,51	37,69	37,87	38,05	38,23
Maximum Power Current-Imp(A)	18,72	18,78	18,83	18,89	18,94	19,00

Rear side power gain: The additional gain from the rear side compared to the power of the front side at the standard test condition, it depends on mounting (structure, height, tilt angle etc.) and albedo of the ground.

ELECTRICAL DATA (NMOT)

Model Number	RSM132-4-635BMDG	RSM132-4-640BMDG	RSM132-4-645BMDG	RSM132-4-650BMDG	RSM132-4-655BMDG	RSM132-4-660BMDG
Maximum Power-Pmax (Wp)	481,0	484,9	488,6	492,4	496,2	500,0
Open Circuit Voltage-Voc (V)	41,75	41,93	42,12	42,31	42,49	42,68
Short Circuit Current-Isc (A)	14,78	14,83	14,87	14,91	14,95	14,99
Maximum Power Voltage-Vmpp (V)	34,63	34,81	34,98	35,14	35,31	35,48
Maximum Power Current-Imp (A)	13,89	13,93	13,97	14,01	14,05	14,09

NMOT: Irradiance at 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Solar cells	Monocrystalline
Cell configuration	132 cells (6×11+6×11)
Module dimensions	2384×1303×40mm
Weight	40kg
Superstrate	High Transmission, Low Iron, Tempered ARC Glass
Substrate	Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy type 6005-2T6, Silver Color
J-Box	Potted, IP68, 1500VDC, 3 Schottky bypass diodes
Cables	4.0mm ² (12AWG), Positive(+)350mm, Negative(-)350mm (Connector Included)
Connector	Risen Twinsel PV-SY02, IP68

TEMPERATURE & MAXIMUM RATINGS

Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	44°C±2°C
Temperature Coefficient of Voc	-0,25%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0,04%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0,34%/°C
Operational Temperature	-40°C~+85°C
Maximum System Voltage	1500VDC
Max Series Fuse Rating	35A
Limiting Reverse Current	35A

PACKAGING CONFIGURATION

	40ft(HQ)
Number of modules per container	459
Number of modules per pallet	27
Number of pallets per container	17
Box gross weight(kg)	1130

CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT. ©2021 Risen Energy. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

THE POWER OF RISING VALUE

8.2 Power Station SUN e STORAGE

Le Power Station (o cabine di campo) hanno la duplice funzione di convertire l'energia elettrica dal campo fotovoltaico da corrente continua (CC) a corrente alternata (CA) e di elevare la tensione da bassa (BT) ad alta tensione (AT).

L'energia prodotta dal sistema di conversione CC/CA (inverter) sarà immessa nel lato BT di un trasformatore AT/AT.

La Power Station è costituita da elementi prefabbricati di tipo containerizzati, progettati per garantire la massima robustezza meccanica e durabilità nell'ambiente in cui verranno installati. Tutte le componenti sono idonee per l'installazione in esterno (inverter e trasformatore BT/AT), mentre i quadri verranno installati all'interno di apposito shelter metallico IP54, con differenti compartimenti per le diverse sezioni di impianto.

Le pareti e il tetto dello shelter sono isolati al fine di garantire una perfetta impermeabilità all'acqua e un corretto isolamento termico.

Tutte le apparecchiature saranno posate su un basamento in calcestruzzo di adeguate dimensioni, ove saranno stati predisposti gli opportuni cavedi e tubazioni per il passaggio dei cavi di potenza e segnale.

Ciascuna Power Station conterrà al suo interno un numero di 3 o 4 inverter collegati in parallelo ad un quadro in bassa tensione per la protezione dell'interconnessione tra gli inverter e il trasformatore. Nella stessa sarà presente un impianto elettrico completo di cavi di alimentazione, di illuminazione, di prese elettriche di servizio, dell'impianto di messa a terra adeguatamente dimensionato e quanto necessario al perfetto funzionamento della power station. Saranno inoltre presenti le protezioni di sicurezza, il sistema centralizzato di comunicazione con interfacce in rame e fibra ottica.

Tutte le componenti esterne saranno dotate di tutti quei provvedimenti al fine di garantire la massima protezione in condizioni climatiche quale l'ambiente di installazione.

Per una completa accessibilità ai vari comparti, saranno adottati tutti quei provvedimenti in modo che tutti i dispositivi installati siano immediatamente accessibili, rendendo più agevole l'ispezione, la manutenzione e la riparazione.

Lo shelter di installazione quadri è un cabinato metallico realizzato interamente di acciaio zincato a caldo, con rifiniture esterne che assicurano la minore manutenzione durante la vita utile dell'opera. Il box è costituito da un mini skid realizzato ad hoc per contenere materiale di natura elettrica. Il box è realizzato per garantire una protezione verso l'esterno secondo la normativa EN60529.

Le pareti e la pavimentazione sono sufficientemente isolati attraverso dei pannelli che garantiscono anche l'impermeabilizzazione dell'intero impianto. In più, dal punto di vista strutturale, sarà realizzato un collegamento tra lo shelter e la sua fondazione al fine di prevenire qualsiasi tipo di spostamento verticale dello shelter.

In corrispondenza del pavimento sono presenti alcune aperture per il passaggio dei cavi (coperte con fibrocemento compresso), e aperture per accesso alla fondazione.

Tutti i componenti metallici sono trattati prima dell'assemblaggio. Le pareti esterne sono invece trattate mediante l'uso un rivestimento impermeabile e additivi che consentono di garantire la completa aderenza alla struttura, resistenza massima agli agenti atmosferici anche in ambienti industriali e marini fortemente aggressivi, come quelli in questione.

Tutti gli ambienti del cabinato, sono attrezzati con porte con apertura esterna.

Le Power Station previste sono:

INGECON SUN POWER STATION 7200 FSK B SERIES 0,578/36kV equipaggiato con n. 4 inverter INGECON SUN POWER B SERIES 1500Vdc 1500TL B578 1.502kVA @30°, e trasformatore BT/AT 36/0,578 kV da 7,172MVA (potenza massima a 30°C) e dimensioni in pianta pari a 11,4 x 2,10 m, e altezza pari a circa 2,46m;

INGECON SUN POWER STATION 5400 FSK B SERIES 0,578/36kV equipaggiato con n. 3 inverter INGECON SUN POWER B SERIES 1500Vdc 1500TL B578 1.502kVA @30°, e trasformatore BT/AT 36/0,578 kV da 5,379MVA (potenza massima a 30°C) e dimensioni in pianta pari a 11,4 x 2,10 m, e altezza pari a circa 2,46m;

INGECON SUN POWER STATION 3600 FSK B SERIES 0,578/36kV equipaggiato con n. 2 inverter INGECON SUN POWER B SERIES 1500Vdc 1500TL B578 1.502kVA @30°, e trasformatore BT/AT 36/0,578 kV da 3,576MVA (potenza massima a 30°C) e dimensioni in pianta pari a 11,4 x 2,10 m, e altezza pari a circa 2,46m;

INGECON SUN POWER STATION 3600 FSK B SERIES 0,615/36kV equipaggiato con n. 2 inverter INGECON SUN POWER B SERIES 1500Vdc 1600TL B615 1.598kVA @30°, e trasformatore BT/AT 36/0,615 kV da 3,576MVA (potenza massima a 30°C) e dimensioni in pianta pari a 11,4 x 2,10 m, e altezza pari a circa 2,46m;

INGECON SUN POWER STATION 1800 FSK B SERIES 0,690/36kV equipaggiato con n. 1 inverter INGECON SUN POWER B SERIES 1500Vdc 1800TL B690 1.793kVA @30°, e trasformatore BT/AT 36/0,690 kV da 1,793MVA (potenza massima a 30°C) e dimensioni in pianta pari a 8,6 x 2,10 m, e altezza pari a circa 2,46m;

INGECON SUN POWER STATION 7200 FSK B SERIES 0,690/36kV equipaggiato con n. 4 inverter INGECON SUN POWER B SERIES 1500Vdc 1800TL B690 1.793kVA @30°, e trasformatore BT/AT 36/0,690 kV da 7,172MVA (potenza massima a 30°C) e dimensioni in pianta pari a 11,4 x 2,10 m, e altezza pari a circa 2,46m;

INGECON SUN POWER STATION 1800 FSK B SERIES 0,450/36kV equipaggiato con n. 1 inverter INGECON SUN POWER B SERIES 1500Vdc 1170TL B450 1.169kVA @30°, e trasformatore BT/AT 36/0,690 kV da 1,793MVA (potenza massima a 30°C) e dimensioni in pianta pari a 8,6 x 2,10 m, e altezza pari a circa 2,46m;

Il sistema STORAGE è costituito da n. 3 INGECON SUN STORAGE POWER STATION 7320 FSK C SERIES 0,650/36kV ciascuno equipaggiato con n. 2 inverter INGECON SUN STORAGE 3POWER 3885TL HV C650 1.011V-1.500V 3.005kVA @30°, e trasformatore MT/BT 36/0,650 Kv da 7,3162MVA (potenza massima a 35°C) e dimensioni in pianta pari a 11,39 x 2,10 m, e altezza pari a circa 2,46m. Il sistema di accumulo è costituito da n. 34 (n. 6 per ciascun inverter tranne due con 5) BATTERY CONTAINER INTENSIVUM MAX 20 H E di capacità nominale pari a 2,3MWh, 1,1MW di potenza nominale a 1.040V-1.400V e In 900° per un totale di 78,2MWh.

Di seguito gli estratti delle schede tecniche.

INGECON

SUN

PowerStation B Series 1,500 Vdc

CONSTRUCTION

- Steel base frame.
- Suitable for slab or piers mounting.
- Compact design, minimizing freight costs.

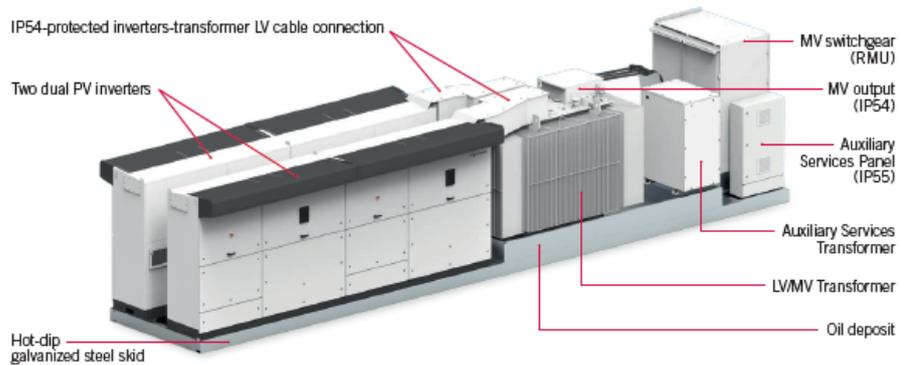
OPTIONAL ACCESSORIES

- Auxiliary services transformer (up to 50 kVA, Dyn11).
- UPS for monitoring (1.5 kVA, 30 min).
- LV Surge arresters type I-II.
- MV Surge arresters.
- Low voltage distribution panel (IP55).
- Power plant commissioning.
- High-speed Ethernet / fibre optic communication infrastructure for Plug & Play connection to the Power Plant Controller and/or SCADA systems.
- INGECON® SUN StringBox with 16 / 24 / 32 input channels. Intelligent or passive string combiner box.
- Energy meter for auxiliary services and/or energy production.
- Insulation monitoring relay for continuous monitoring of IS systems insulation.
- Reactive power regulation when there is no PV power available.
- Ground connection of the PV array.

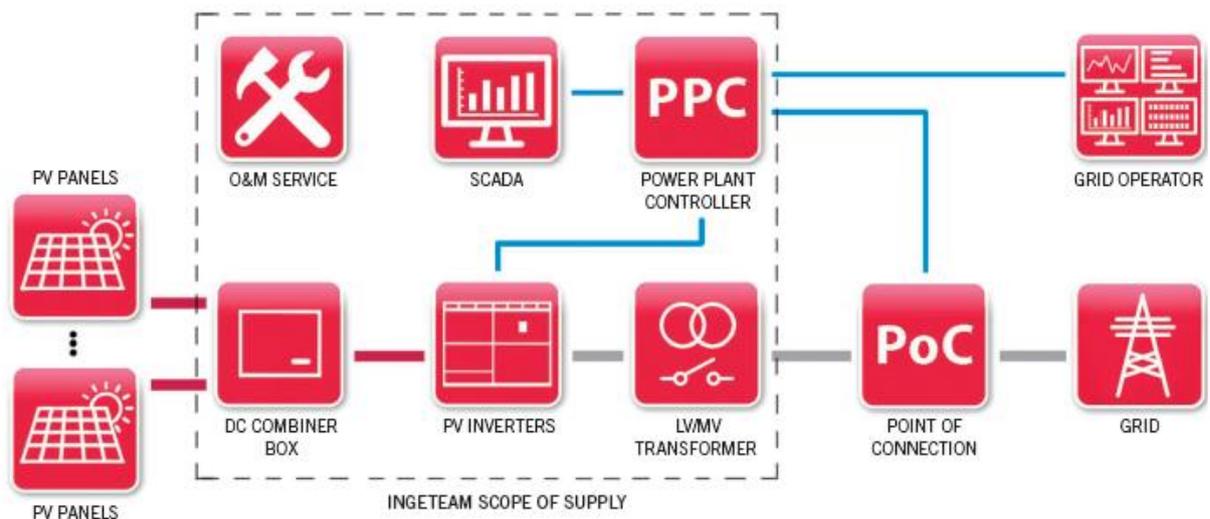
STANDARD EQUIPMENT

- Up to four inverters with an output power of 7.2 MVA.
- Liquid-filled hermetically sealed transformer up to 36 kV.
- 11kV MV switchgear (2L1A optional).
- Oil-retention tank.
- Frame for installation of LV equipment.
- Minimum installation at project site.

COMPONENTS



PV PLANT CONFIGURATION



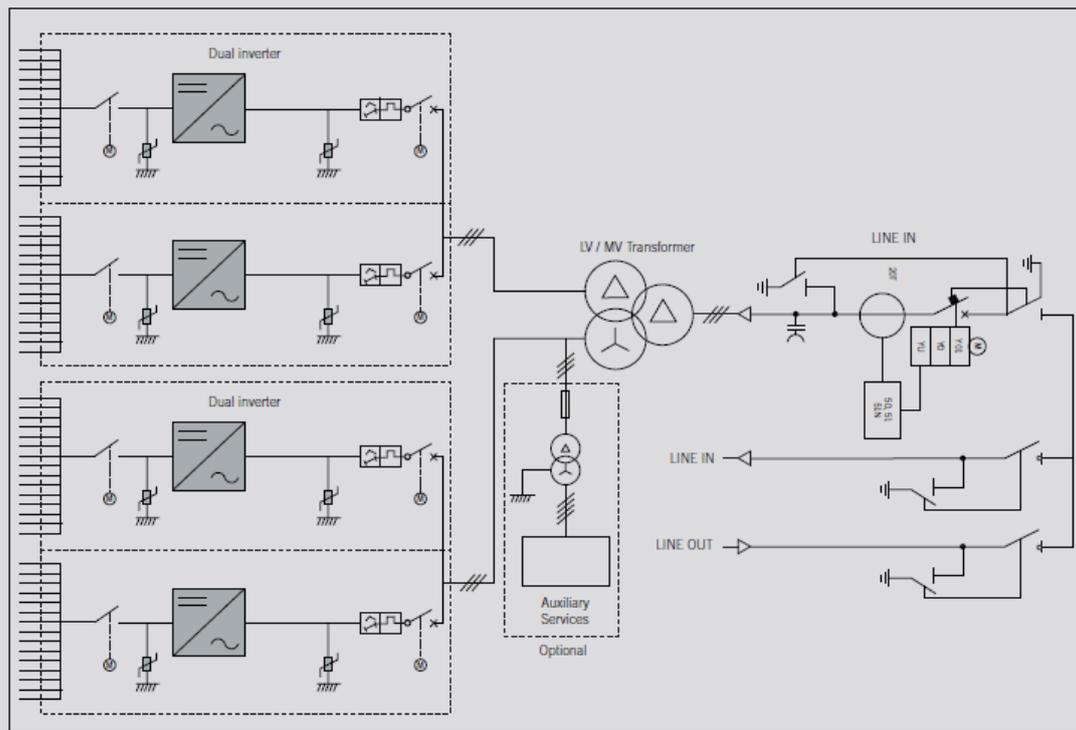
— Communication
 — DC Power
 — AC Power

INGECON SUN PowerStation B Series 1,500 Vdc

	1800 FSK B Series	3600 FSK B Series	5400 FSK B Series	7200 FSK B Series
General data				
Number of inverters	1	2	3	4
Max. power @30 °C / 86 °F ⁽¹⁾	1,793 kVA	3,586 kVA	5,379 kVA	7,172 kVA
Operating temperature range	from -20 °C to +50 °C			
Relative humidity (non-condensing)	0 - 100%			
Maximum altitude	3,000 masl (power derating starting at 1,000 masl)			
LV / MV Transformer				
Medium voltage	From 10 kV up to 36 kV, 50-60 Hz			
Cooling system	ONAN			
Minimum PEI (Peak Efficiency Index) ⁽²⁾	99.40%			
Protection degree	IP54			
MV Switchgear				
Medium voltage	24 kV / 36 kV / 40.5 kV			
Rated current	630 A			
Cooling system	Natural air ventilation			
Protection degree	IP54			
Equipment				
LV-AUX Switchgear	Standard version (optional monitoring system)			
LV / MV Transformer	Oil-immersed hermetically sealed transformer			
MV Switchgear	1L1A cells (2L1A optional)			
Mechanical information				
Structure type	Hot dip galvanized steel skid			
Dimensions Full Skid (W x D x H)	8,570 x 2,100 x 2,460 mm	11,390 x 2,100 x 2,460 mm	11,390 x 2,100 x 2,460 mm	11,390 x 2,100 x 2,460 mm
Full Skid	13 T	16 T	19 T	25 T
Standards	IEC 62271-212, IEC 62271-200, IEC 60076, IEC 61439-1			

Notes: ⁽¹⁾ Maximum power calculated with the inverter model INGECON® SUN 1800TL B690. For other inverter models, please contact Ingeteam's Solar sales department. ⁽²⁾ For European installations, ECO design according to the EU 548/2014 and EU 2019/1783 standards.

Configuration with four B Series PV inverters



INGECON SUN STORAGE

PowerStation FSK C Series 1,500 Vdc

CONSTRUCTION

- Steel base frame.
- Suitable for slab or piers mounting.
- Compact design, minimising freight costs.
- Minimum installation at project site.

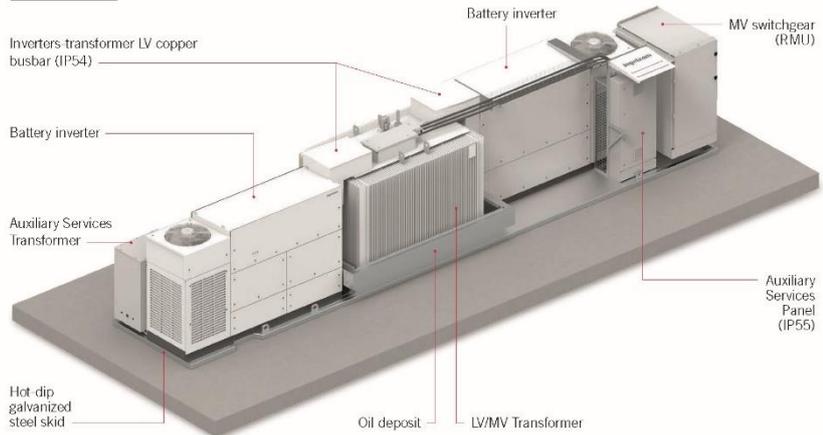
OPTIONAL ACCESSORIES

- Auxiliary services transformer (up to 50 kVA, Dyn11).
- UPS for monitoring (1.5 kVA, 30 min).
- LV Surge arresters type I-II.
- MV Surge arresters.
- Low voltage distribution panel (IP55).
- High-speed Ethernet / fibre optic communication infrastructure for Plug & Play connection to the Power Plant Controller and/or SCADA systems.
- Energy meter for auxiliary services and/or energy production.
- Insulation monitoring relay for continuous monitoring of IS systems insulation.

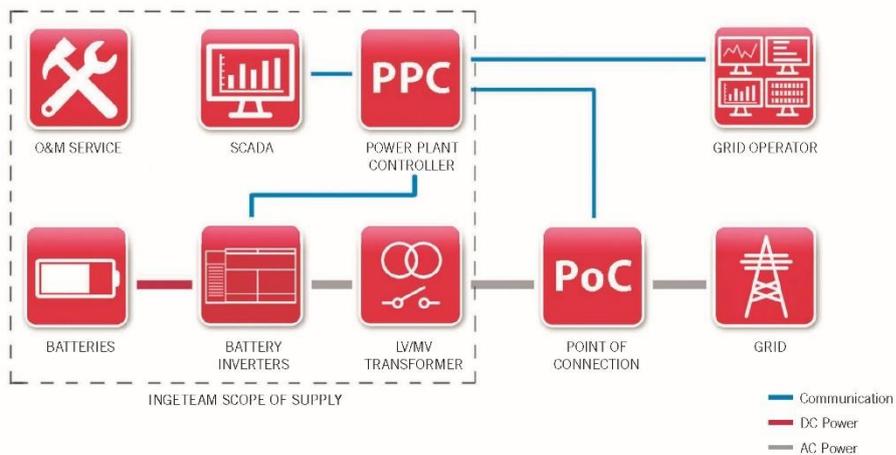
STANDARD EQUIPMENT

- Up to two battery inverters with an output power of 7.32 MVA.
- Liquid-filled hermetically-sealed transformer up to 36 kV.
- 11.1A MV switchgear (21.1A optional).
- Oil-retention tank.
- Metal frame for installation of LV equipment.

COMPONENTS



PLANT CONFIGURATION



INGECON SUN Power B Series 1,500 Vdc

Up to 1800 kVA at 1500 V

Long-lasting design

The inverters have been designed to guarantee a long life expectancy, as demonstrated by the stress tests they are subjected to. Standard 5 year warranty, extendable for up to 25 years.

Grid support

The INGECON® SUN Power B Series has been designed to comply with the grid connection requirements in different countries, contributing to the quality and stability of the electric system. These inverters therefore feature a low voltage ride-through capability, and can deliver reactive power and control the active power delivered to the grid. Moreover,

they can operate in weak power grids with a low short-circuit ratio (SCR).

Ease of maintenance

All the elements can be removed or replaced directly from the inverter's front side, thanks to its new design.

Easy to operate

The INGECON® SUN Power inverters feature an LCD screen for the simple and convenient monitoring of the inverter status and a range of internal variables.

The display also includes a number of LEDs to show the inverter operating status with warning lights to indicate any incidents. All this helps to simplify and facilitate maintenance tasks.

Monitoring and communication

Ethernet communications supplied as standard. The following applications are included at no extra cost: INGECON® SUN Manager, INGECON® SUN Monitor and its Smartphone version Web Monitor, available on the App Store. These applications are used for monitoring and recording the inverter's internal operating variables through the Internet (alarms, real time production, etc.), in addition to the historical production data.

Two communication ports available (one for monitoring and one for plant controlling), allowing fast and simultaneous plant control.

PROTECTIONS

- DC Reverse polarity.
- Short-circuits and overloads at the output.
- Anti-islanding with automatic disconnection.
- Insulation failure DC.
- Up to 15 pairs of fuse-holders.
- Lightning induced DC and AC surge arresters, type II.
- Motorized DC switch to automatically disconnect the inverter from the PV array.
- Motorized AC circuit breaker.
- Low-voltage ride-through capability.
- Hardware protection via firmware.
- Additional protection for the power electronics, as it is air-cooled by a closed loop.

OPTIONAL ACCESSORIES

- Auxiliary services feeder.
- Grounding kit.
- Heating kit, for operating at an ambient temperature of down to -30 °C.
- Lightning induced DC surge arresters, type I+II.
- DC fuses.
- Monitoring of the DC currents.
- Sand trap kit.
- Wattmeter on the AC side.
- PID prevention kit (PID: Potential Induced Degradation).
- Nighttime reactive power injection.
- Integrated DC combiner box.

ADVANTAGES OF THE B SERIES

- Higher power density.
- Latest generation electronics.
- More efficient electronic protection.
- Night time supply to communicate with the inverter at night.
- Enhanced performance.
- Easier maintenance thanks to its new design and enclosure.
- Lightweight spares.
- It allows to ground the PV array.
- Components easily replaceable.

Power B Series

AC output for connection to a MV network

Size and weight (mm)

Efficiency INGECON® SUN 1640TL B630

INGECON	SUN	Power B Series 1,500 V _{dc}
----------------	------------	--------------------------------------

	1170TL B450	1400TL B540	1500TL B578	1560TL B600	1600TL B615
Input (DC)					
Recommended PV array power range ⁽¹⁾	1,157 - 1520 kWp	1,389 - 1,824 kWp	1,487 - 1,952 kWp	1,543 - 2,026 kWp	1,582 - 2,077 kWp
Voltage Range MPP ⁽²⁾	645 - 1,300 V	769 - 1,300 V	822 - 1,300 V	853 - 1,300 V	873 - 1,300 V
Maximum voltage ⁽³⁾	1,500 V				
Maximum current	1,870 A				
N° inputs with fuse holders	6 up to 15 (up to 12 with the combiner box)				
Fuse dimensions	63 A / 1,500 V to 500 A / 1,500 V fuses (optional)				
Type of connection	Connection to copper bars				
Power blocks	1				
MPPT	1				
Max. current at each input	From 40 A to 350 A for positive and negative poles				
Input protections					
Overvoltage protections	Type II surge arresters (type I+II optional)				
DC switch	Motorized DC load break disconnect				
Other protections	Up to 15 pairs of DC fuses (optional) / Insulation failure monitoring / Anti-islanding protection / Emergency pushbutton				
Output (AC)					
Power IP54 @30 °C / @50 °C	1,169 kVA / 1,052 kVA	1,403 kVA / 1,263 kVA	1,502 kVA / 1,352 kVA	1,559 kVA / 1,403 kVA	1,598 kVA / 1,438 kVA
Current IP54 @30 °C / @50 °C	1,500 A / 1,350 A				
Power IP56 @27 °C / @50 °C ⁽⁴⁾	1,169 kVA / 1,035 kVA	1,403 kVA / 1,242 kVA	1,502 kVA / 1,330 kVA	1,559 kVA / 1,380 kVA	1,598 kVA / 1,415 kVA
Current IP56 @ 27°C / @ 50°C ⁽⁴⁾	1,500 A / 1,328 A				
Rated voltage ⁽⁵⁾	450 V IT System	540 V IT System	578 V IT System	600 V IT System	615 V IT System
Frequency	50 / 60 Hz				
Power Factor adjustable	Yes, 0-1 (leading / lagging)				
THD (Total Harmonic Distortion) ⁽⁶⁾	<3%				
Output protections					
Overvoltage protections	Type II surge arresters				
AC breaker	Motorized AC circuit breaker				
Anti-islanding protection	Yes, with automatic disconnection				
Other protections	AC short circuits and overloads				
Features					

Maximum efficiency	98.9%
Euroefficiency	98.5%
Max. consumption aux. services	4,700 W (25 A)
Stand-by or night consumption ⁽⁷⁾	90 W
Average power consumption per day	2,000 W
General Information	
Ambient temperature	-20 °C to +57 °C
Relative humidity (non-condensing)	0 - 100%
Protection class	IP54 (IP56 with the sand trap kit)
Corrosion protection	External corrosion protection
Maximum altitude	4,500 m (for installations beyond 1,000 m, please contact Ingeleam's solar sales department)
Cooling system	Air forced with temperature control (230 V phase + neutral power supply)
Air flow range	0 - 7,800 m³/h
Average air flow	4,200 m³/h
Acoustic emission (100% / 50% load)	<66 dB(A) at 10m / <54.5 dB(A) at 10m
Marking	CE
EMC and security standards	IEC 62920, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-4, IEC 61000-3-11, IEC 61000-3-12, IEC 62109-1, IEC 62109-2, EN 50178, FCC Part 15, AS3100
Grid connection standards	IEC 62116, EN 50530, IEC 61683, EU 631/2016 (EN 50549-2, P.O.12.2, CEI 0-16, VDE AR N 4120 ...), G99, South African Grid code, Mexican Grid Code, Chilean Grid Code, Ecuadorian Grid Code, Peruvian Grid code, Thailand PEA requirements, IEC61727, UNE 206007-1, ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150, IEEE 1547, IEEE1547.1, DEWA (Dubai) Grid code, Abu Dhabi Grid Code, Jordan Grid Code, Egyptian Grid Code, Saudi Arabia Grid Code, RETIE Colombia, Australian Grid Code

Notes: ⁽¹⁾ Depending on the type of installation and geographical location. Data for STC conditions ⁽²⁾ V_{mpp,min} is for rated conditions (V_{ac}=1 p.u. and Power Factor=1) and floating systems ⁽³⁾ Consider the voltage increase of the 'Voc' at low temperatures ⁽⁴⁾ With the sand trap kit ⁽⁵⁾ Other AC voltages and powers available upon request ⁽⁶⁾ For P_{out}>25% of the rated power and voltage in accordance with IEC 61000-3-4 ⁽⁷⁾ Consumption from PV field when there is PV power available.

	1640TL B630	1675TL B645	1715TL B660	1755TL B675	1800TL B690
Input (DC)					
Recommended PV array power range ^{Q1}	1,620 - 2,128 kWp	1,659 - 2,179 kWp	1,698 - 2,229 kWp	1,736 - 2,280 kWp	1,775 - 2,331 kWp
Voltage Range MPP ^{Q1}	894 - 1,300 V	915 - 1,300 V	935 - 1,300 V	957 - 1,300 V	978 - 1,300 V
Maximum voltage ^{Q1}	1,500 V				
Maximum current	1,870 A				
N° Inputs with fuse holders	6 up to 15 (up to 12 with the combiner box)				
Fuse dimensions	63 A / 1,500 V to 500 A / 1,500 V fuses (optional)				
Type of connection	Connection to copper bars				
Power blocks	1				
MPPT	1				
Max. current at each input	From 40 A to 350 A for positive and negative poles				
Input protections					
Overvoltage protections	Type II surge arresters (type I+II optional)				
DC switch	Motorized DC load break disconnect				
Other protections	Up to 15 pairs of DC fuses (optional) / Insulation failure monitoring / Anti-islanding protection / Emergency pushbutton				
Output (AC)					
Power IP54 @30 °C / @50 °C	1,637 kVA / 1,473 kVA	1,676 kVA / 1,508 kVA	1,715 kVA / 1,543 kVA	1,754 kVA / 1,578 kVA	1,793 kVA / 1,613 kVA
Current IP54 @30 °C / @50 °C	1,500 A / 1,350 A				
Power IP56 @27 °C / @50 °C ^{Q2}	1,637 kVA / 1,449 kVA	1,676 kVA / 1,484 kVA	1,715 kVA / 1,518 kVA	1,754 kVA / 1,552.6 kVA	1,793 kVA / 1,587 kVA
Current IP56 @27 °C / @50 °C ^{Q2}	1,500 A / 1,328 A				
Rated voltage ^{Q3}	630 V IT System	645 V IT System	660 V IT System	675 V IT System	690 V IT System
Frequency	50 / 60 Hz				
Power Factor adjustable	Yes, 0-1 (leading / lagging)				
THD (Total Harmonic Distortion) ^{Q4}	<3%				
Output protections					
Overvoltage protections	Type II surge arresters				
AC breaker	Motorized AC circuit breaker				
Anti-islanding protection	Yes, with automatic disconnection				
Other protections	AC short circuits and overloads				
Features					
Maximum efficiency	98.9%				
Euroefficiency	98.5%				
Max. consumption aux. services	4,700 W (25 A)				
Stand-by or night consumption ^{Q5}	90 W				
Average power consumption per day	2,000 W				
General Information					
Operating temperature	-20 °C to +57 °C				
Relative humidity (non-condensing)	0 - 100%				
Protection class	IP54 (IP56 with the sand trap kit)				
Corrosion protection	External corrosion protection				
Maximum altitude	4,500 m (for installations beyond 1,000 m, please contact Ingeleam's solar sales department)				
Cooling system	Air forced with temperature control (230 V phase + neutral power supply)				
Air flow range	0 - 7,800 m ³ /h				
Average air flow	4,200 m ³ /h				
Acoustic emission (100% / 50% load)	<66 dB(A) at 10m / <54.5 dB(A) at 10m				
Marking	CE				
EMC and security standards	IEC 62920, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-4, IEC 61000-3-11, IEC 61000-3-12, IEC 62109-1, IEC 62109-2, EN 50178, FCC Part 15, AS3100				
Grid connection standards	IEC 62116, EN 50530, IEC 61683, EU 631/2016 (EN 50549-2, P.O.12.2, CEI 0-16, VDE AR N 4120 ...), G99, South African Grid code, Mexican Grid Code, Chilean Grid Code, Ecuadorian Grid Code, Peruvian Grid code, Thailand PEA requirements, IEC61727, UNE 206007-1, ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150, IEEE 1547, IEEE1547.1, DEWA (Dubai) Grid code, Abu Dhabi Grid Code, Jordan Grid Code, Egyptian Grid Code, Saudi Arabia Grid Code, RETIE Colombia, Australian Grid Code				

INGECON

SUN STORAGE

PowerStation FSK C Series 1,500 Vdc

CONSTRUCTION

- Steel base frame.
- Suitable for slab or piers mounting.
- Compact design, minimising freight costs.
- Minimum installation at project site.

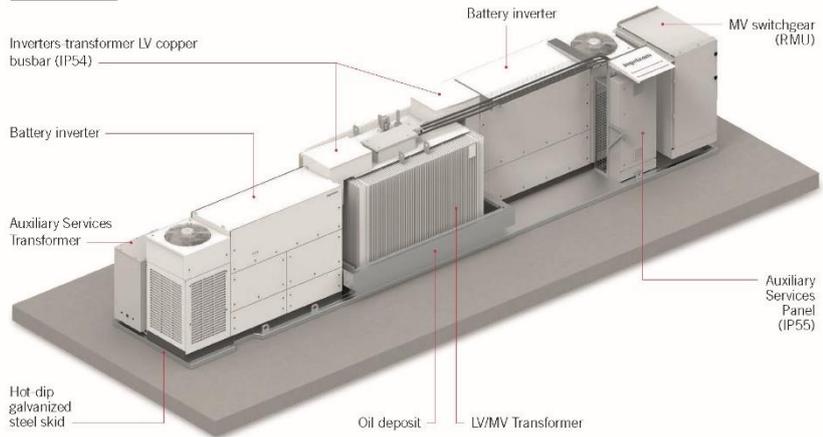
OPTIONAL ACCESSORIES

- Auxiliary services transformer (up to 50 kVA, Dyn11).
- UPS for monitoring (1.5 kVA, 30 min).
- LV Surge arresters type I-II.
- MV Surge arresters.
- Low voltage distribution panel (IP55).
- High-speed Ethernet / fibre optic communication infrastructure for Plug & Play connection to the Power Plant Controller and/or SCADA systems.
- Energy meter for auxiliary services and/or energy production.
- Insulation monitoring relay for continuous monitoring of IS systems insulation.

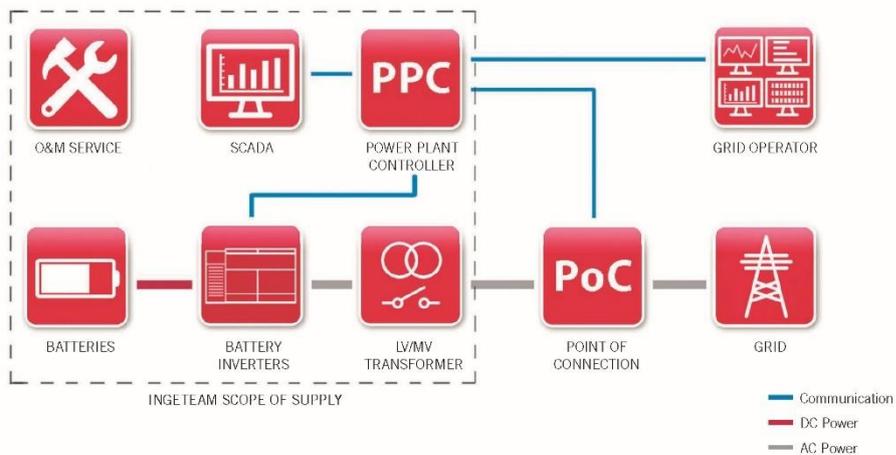
STANDARD EQUIPMENT

- Up to two battery inverters with an output power of 7.32 MVA.
- Liquid-filled hermetically-sealed transformer up to 36 kV.
- 11.1A MV switchgear (21.1A optional).
- Oil-retention tank.
- Metal frame for installation of LV equipment.

COMPONENTS



PLANT CONFIGURATION



INGECON

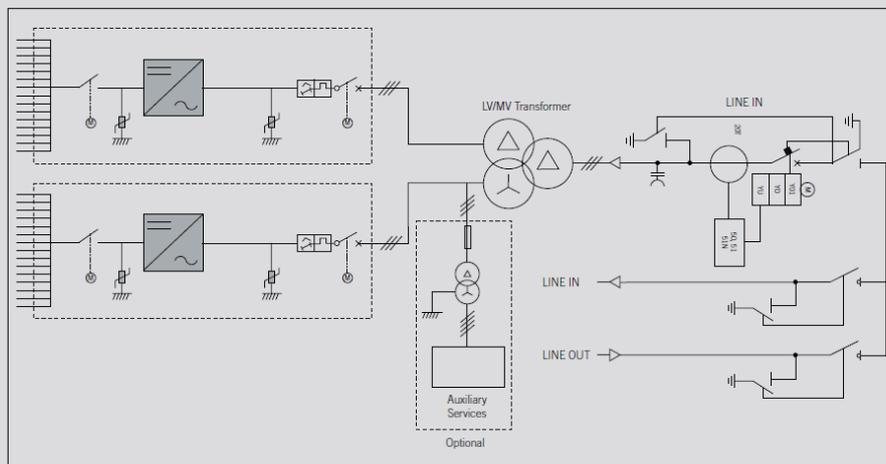
SUN

PowerStation FSK C Series 1,500 Vdc

	3825 FSK C Series	7650 FSK C Series
General information		
Number of inverters	1	2
Max. power. @35 °C / 95 °F ⁽¹⁾	3,824 kVA	7,648 kVA
Operating temperature range	from -20 °C to +50 °C	
Relative humidity (non condensing)	0 - 100%	
Maximum altitude	3,000 m asl (power derating starting at 1,000 m asl)	
LV/MV Transformer		
Medium voltage	From 10 kV up to 35 kV, 50-60 Hz	
Cooling system	ONAN	
Minimum PEI (Peak Efficiency Index) ⁽²⁾	99.40%	
Protection degree	IP54	
MV Switchgear (RMU)		
Medium voltage	24 kV / 36 kV / 40.5 kV	
Rated current	630 A	
Cooling system	Natural air ventilation	
Protection degree	IP54	
Equipment		
LV-AUX Switchgear	Standard version (optional monitoring system)	
LV/MV transformer	Oil-immersed hermetically sealed transformer	
MV Switchgear	1L1A cells (2L1A optional)	
Mechanical information		
Structure type	Hot dip galvanized steel skid	
Dimensions Full Skid (W x D x H)	11,390 x 2,100 x 2,460 mm	11,390 x 2,100 x 2,460 mm
Full Skid	16 T	25 T
Standards	IEC 62271-212, IEC 62271-200, IEC 60076, IEC 61439-1	

Notes: ⁽¹⁾ Maximum power calculated with the inverter model INGECON® SUN 3800TL C690. For other inverter models, please contact Ingeteam's Solar sales department ⁽²⁾ For European installations, ECO design according to the EU 548/2014 and EU 2019/1783 standards.

Configuration with two C Series solar inverters



INGECON

SUN STORAGE

3Power HV C Series

1,500 V_{dc}

**THREE-PHASE
TRANSFORMERLESS
BATTERY INVERTER
WITH AN EXTRA
THERMAL STABILITY
AND A GREATER
POWER DENSITY**

Up to 3.88 MVA at 1,500 V

The INGECON® SUN STORAGE 3Power HV C Series is a three-phase bidirectional battery inverter that can be used in grid-connected and stand-alone systems. This one-of-a-kind battery inverter achieves a market-leading power density of 499 kW/m³, as it provides up to 3,884 kVA in just one power stack.

Latest generation electronics

The INGECON® SUN STORAGE 3Power HV C Series battery inverter features an innovative control unit that performs a more efficient and sophisticated inverter control, as it uses a last-generation digital signal processor.

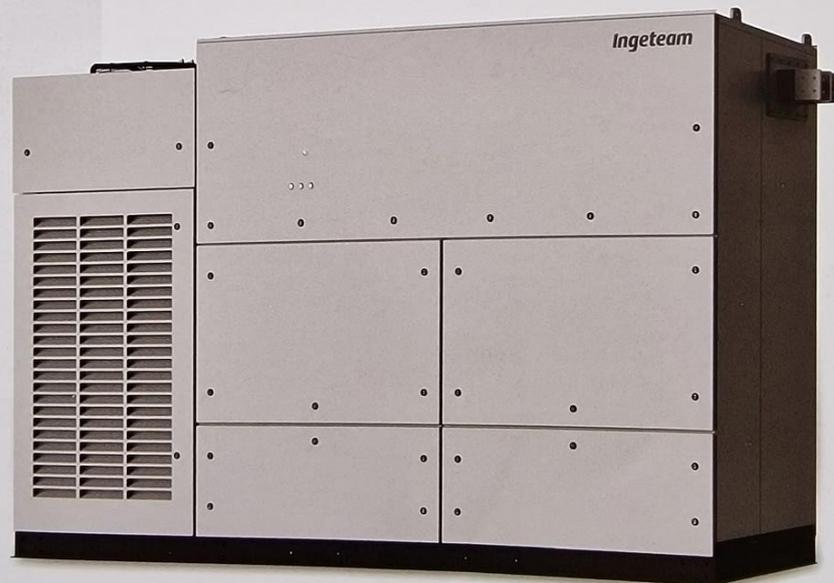
Liquid Cooling System (LCS)

Ingeteam has already supplied +54 GW of liquid-cooled wind power converters worldwide. It offers a greater thermal stability and a more optimized component usage. The LCS has been designed to refrigerate the IGBTs, the power phases and the IP65 compartment. It features less moving components, so it consumes a lower amount of power and it requires less maintenance works.

The LCS is a closed circuit supplied totally filled and purged, equipped with fast connectors with an anti-dripping system, so it offers zero risk of particle entrance. It has been designed to avoid siphons in order to easily purge it if necessary. The coolant used is a biodegradable glycol water mixture. There is no need of emptying the LCS in order to replace the phases, nor the sensors.

IP65 protection

A secondary liquid cooling system is used to refrigerate the air inside the IP65-protected compartment. A water-air heat exchanger is used for that. This compartment contains the power and control electronics, the DC fuses, the DC and AC protections, the busbars and the power phases.



INGECON

SUN STORAGE

3Power HV C Series 1,500 V_{dc}

Power converter stands both, grid-following and grid forming operating modes:

Real power related functionalities

- Renewable resources integration:
 - Ramp limits.
 - Power smoothing / firming / curtailment.
 - Time shifting.
 - Micro grids.
- Grid support / Ancillary services:
 - Frequency regulation.
 - Synthetic inertia.
 - Black start.
 - Frequency control / protection.
 - Virtual "Synchronous Machine".

- Investment deferral:
 - Peak shaving.
 - Load shifting / Load following.
 - Real power response improvement of conventional power plants.
- Power efficiency:
 - Time shifting.
 - Price arbitrage.
 - Real power response improvement of conventional power plants.
 - Peak shaving.

- Safety and quality:
 - "Un-interruptible" Power.
 - Grid code compliance.
 - Transmission congestion relief / Power quality - reliability.

Reactive power related functionalities

- Voltage control (Q/V).
- Voltage control / protection.
- Fixed power factor (QPF).
- Fixed reactive power output (Qref).
- Limitation of response of Reactive Power.

Standard 5 year warranty, extendable for up to 25 years.

PROTECTIONS

- DC Reverse polarity.
- Short-circuits and overloads at the output.
- Anti-islanding with automatic disconnection.
- Insulation failure DC.
- Up to 24 pairs of fuse-holders.
- Lightning induced DC and AC surge arresters, type II.
- Motorized DC switch.
- Motorized AC circuit breaker.
- Hardware protection via firmware.
- Additional protection for the power stack, liquid cooled, IP65 rated and air cooled by a closed loop.

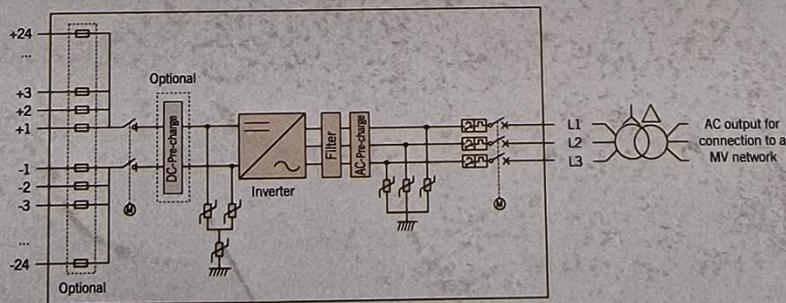
OPTIONAL ACCESSORIES

- Heating kit, for operating at an ambient temperature of down to -30 °C.
- DC surge arresters type I+II.
- AC surge arresters type I+II.
- DC fuses.
- Monitoring of the DC currents.
- Grounding kit.

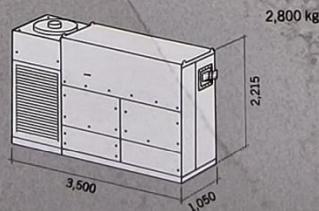
LIQUID COOLING SYSTEM

- LCS to refrigerate the IGBTs.
- More optimized component usage: greater thermal stability.
- Less moving components: lower power consumption and less maintenance works.
- No risk of particle entrance.
- Anti-corrosion protection with stainless steel components
- LCS is used in many industries. Thus, it is very reliable, as its components are subject to many validation tests.
- Fast connectors with anti-dripping system
- Biodegradable glycol water mixture.
- No need of emptying the LCS in order to replace the phases, nor the sensors.

INGECON® SUN STORAGE 3885TL HV



Size and weight (mm and kg)



INGECON SUN STORAGE 3Power HV C Series 1,500 V_{dc}

INGECON® SUN STORAGE 3885TL HV							
	C600	C650	C690	C720	C750	C800	C840
Input (DC)							
Battery voltage range for off-grid mode	850 - 1,500 V	920 - 1,500 V	976 - 1,500 V	1,017 - 1,500 V	1,059 - 1,500 V	1,129 - 1,500 V	1,185 - 1,500 V
Battery voltage for grid-tied mode ¹⁾	934 - 1,500 V	1,011 - 1,500 V	1,072 - 1,500 V	1,118 - 1,500 V	1,164 - 1,500 V	1,241 - 1,500 V	1,302 - 1,500 V
Maximum voltage	1,500 V						
Maximum current	3,328 A						
N° inputs with fuse-holders	Up to 24						
Fuse dimensions	Up to 630 A / 1,500 V / aR / 100 kA (L/R=5ms) (optional)						
Type of connection	Connection to copper bars						
Power blocks	1						
Input protections							
Overvoltage protections	Type II surge arresters (type I+II optional)						
DC switch	Motorized DC load break disconnect						
Other protections	Up to 24 pairs of DC fuses (optional) / Reverse polarity / Insulation failure monitoring / Anti-islanding protection / Emergency pushbutton						
Output (AC)							
Power @1,300 V _{dc} & 30 °C / 50 °C	2,774 kVA / 2,171 kVA	3,005 kVA / 2,352 kVA	3,190 kVA / 2,497 kVA	3,329 kVA / 2,606 kVA	3,468 kVA / 2,714 kVA	3,699 kVA / 2,895 kVA	3,884 kVA / 3,040 kVA
Current @1,300 V _{dc} & 30 °C / 50 °C	2,670 A / 2,090 A						
Power @1,500 V _{dc} & 30 °C / 50 °C	2,598 kVA / 2,016 kVA	2,814 kVA / 2,184 kVA	2,987 kVA / 2,318 kVA	3,117 kVA / 2,419 kVA	3,247 kVA / 2,520 kVA	3,464 kVA / 2,688 kVA	3,637 kVA / 2,822 kVA
Current @1,500 V _{dc} & 30 °C / 50 °C	2,500 A / 1,940 A						
Rated voltage ²⁾	600 V IT System	650 V IT System	690 V IT System	728 V IT System	750 V IT System	800 V IT System	840 V IT System
Frequency	50 / 60 Hz						
Power Factor ³⁾	1						
Power Factor adjustable	Yes, 0 - 1 (leading / lagging)						
THD (Total Harmonic Distortion) ⁴⁾	<3%						
Output protections							
Overvoltage protections	Type II surge arresters (type I+II optional)						
AC breaker	Motorized AC circuit breaker						
Anti-islanding protection	Yes, with automatic disconnection						
Other protections	AC short-circuits and overloads						
Features							
Operating efficiency	98.9%						
CEC	98.5%						
Max. consumption aux. services	9,000 W						
Stand-by or night consumption ⁵⁾	< 180 W						
Average power consumption per day	2,500 W						
General Information							
Ambient temperature	-20 °C to +60 °C						
Relative humidity (non-condensing)	0-100% (Outdoor)						
Protection class	IP65 ⁶⁾						
Corrosion protection	External corrosion protection						
Maximum altitude	4,500 m (for installations beyond 1,000 m, please contact Ingeteam's BESS sales department)						
Cooling system	Liquid cooling system and forced air cooling system with temperature control (400V 3 phase + neutral power supply, 50/60 Hz)						
Air flow range	0 - 18,000 m ³ /h						
Average air flow	12,000 m ³ /h						
Acoustic emission (100% / 50% load)	<57 dB(A) at 10m / <49.7 dB(A) at 10m						
Marking	CE						
EMC and security standards	IEC 62920, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-4, IEC 61000-3-11, IEC 61000-3-12, IEC 62109-1, IEC 62109-2, EN 50178, FCC Part 15, AS3100						
Grid connection standards	IEC 62116, EN 50530, IEC 61683, EU 631/2016 (EN 50549-2, CEI 0-16, NTS Spain, VDE-AR-N 4120, VDE-AR-N 4110, Arrêté du 9 juin 2020, Terna A68), G99, South African Grid Code, Mexican Grid code, Chilean Grid Code, Ecuadorian Grid Code, Peruvian Grid Code, IEC61727, ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150, IEEE 1547, IEEE1547.1, DEWA (Dubai), Abu Dhabi Grid Code, Jordan Grid Code, Egyptian Grid Code, Saudi Arabia Grid Code, RETIE Colombia, Australian Grid Code						

Notes: ¹⁾ Minimum voltage DC (VDC, min) for V_{grid,max} = 1.1 p.u. and Power Factor=1. If V_{grid,max} is higher than this value, the minimum voltage should be corrected as VDC_{min} = V_{grid,max} / 1.1. For other DC voltage ranges, please contact Ingeteam's BESS sales department. ²⁾ Other AC voltages and powers available upon request. ³⁾ For P_{max}>25% of the rated power. ⁴⁾ For P_{max}>25% of the rated power and voltage in accordance with IEC 61000-3-4. ⁵⁾ Consumption from Battery. ⁶⁾ Except for the LC filter and the air-water heat exchanger, that are IP54.

Intensium[®] Max 20 High Energy

2.3 MWh high energy lithium-ion battery storage container

The Intensium[®] Max 20 High Energy is Saft's unmanned and ready to install Energy Storage System (ESS) in a 20-foot container, enabling utility-scale storage solutions for grids, renewables and industries.



Built with advanced Lithium Iron Phosphate (LFP) technology, the **Intensium[®] Max 20 High Energy** is a fully integrated storage system, combining high energy density with high levels of safety, operational reliability and compliance with international standards.

The design choices of the **Intensium[®] Max 20 High Energy** are leveraging 10 years of technology and operational experience in multiple applications and environments to maximize the value of your next battery Energy Storage System asset.

Benefits

1

Flexible

High energy density building blocks, suitable for storage assets ranging up to several hundreds of MWh

2

Project de-risking

Quick and cost-effective installation of containers, 'plug and play' delivered and factory tested

3

Easy system integration

Compatible with most Power Conversion Systems available in the market

4

Maximized energy storage economics

- Optimized energy and power availability over SoC
- Multiple charge-discharge cycles per day with minimum auxiliary consumption
- Long lifetime cells and optimum thermal management
- High availability and serviceability

5

Low maintenance with Saft CUBE

Real-time battery control, supervision and big-data publishing platform for enhanced analytics and services.

6

Safety driven design

To guarantee safe behavior during operations and in case of an abusive event, protecting assets, operators and first responders

Applications

- Integration of renewables: smoothing, shifting, minimizing curtailment
- Peaking capacity
- Transmission & Distribution grid support
- Energy management in large C&I sites
- Microgrids

Features

Advanced industrial design offering highest safety and robustness:

- Unmanned container with external access, fully assembled and tested within Saft manufacturing hubs
- Single, easy access distribution cabinet integrating all power and control interfaces, supervision and safety devices

Proven architecture for high availability:

- Individually connectible strings with one Battery Management Module per string
- Master Battery Management for global charge and discharge management, auxiliary equipment monitoring and diagnostic functions
- CUBE platform for external communication, battery containers parallelization, remote monitoring and supervision, data management to lower operation and maintenance with a high cybersecurity level

Sophisticated battery management for enhanced operability:

- Monitoring and control of voltage, current and temperature
- Balancing of State of Charge (SoC) between cells and strings
- Real-time indication of State of Charge (SoC)
- Alarms and faults management
- Indication of State of Health (SoH) integrating cycling and calendar aging

Advanced thermal management system based on air conditioning unit and controllable fans:

- High cooling efficiency
- Temperature homogeneity within containers

Safety driven design to guarantee safe behavior in case of abuse usage or cell thermal runaway at module, string and container levels:

- UL9540A tested Lithium Iron Phosphate (LFP) technology
- Short-circuits, over-currents, over-temperature and over-voltages management
- Stop push button, disconnect switch, ground fault detection
- Fire detection and two levels of suppression systems (gas, water) to fight fires in their initial stages and prevent collateral damages
- Blast panels on the container roof
- Safety features focus to protect first line intervention personnel



Specifications

Electrical

Rated energy (C/5) ¹	2.3 MWh
Discharge duration range	1 – 4 hours
Voltage range	1040 V – 1400 V
Rated DC power	1.1 MW charge/discharge
Rated current	900 A charge/discharge
Maximum DC power	2.2 MW charge/discharge
Maximum current	1800 A charge/discharge

Mechanical

Dimensions (L, H, W) without HVAC	6.1m, 2.9m, 2.4m / 20ft, 9ft 6in, 8ft
Dimensions (L, H, W) with HVAC	6.7m, 2.9m, 2.4m / 22ft, 9ft 6in, 8ft
Weight	< 30,500 kg / 60,000 lbs
Container protection class	IP 54 (operation)

Operating & storage conditions

Ambient temperature	-25°C to +55°C
Design lifetime	≤ 20 years
Altitude above sea level	≤ 2000 m
Ambient relative humidity	Up to 100%
Storage temperature	-25°C to +55°C
Storage time	12 months (under conditions)

Saft CUBE platform

Features	Local HMI and cloud interface
External controllers	Sunspec MESA, Modbus TCP/IP

Standards

Safety	IEC 62619, IEC 62477
	UL 1973, UL 9540, UL 9540A
Marking	CE, UL
Directives	REACH
Manufacturing hubs	ISO 9001, QS 9000, ISO 14000
Cybersecurity	IEC 62443-4-2
Transport (fully populated)	UN3536

¹ According to IEC 60620

8.3 Quadri di parallelo BT

Presso ciascuna PS sarà presente un quadro di parallelo in bassa tensione per protezione dell'interconnessione tra gli inverter e il trasformatore, prefabbricato dal produttore delle power station.

Il quadro consentirà il sezionamento delle singole sezioni di impianto afferenti al trasformatore e le necessarie protezioni dei circuiti.

8.4 Quadri servizi ausiliari

Ciascuna power station sarà equipaggiata con quadri di servizi ausiliari necessari al corretto funzionamento degli impianti. Il quadro servizi ausiliari sarà diviso in due sezioni:

- sezione ordinaria, nella quale sono presenti tutte le utenze ordinarie e non essenziali per il funzionamento della PS. In essa confluiscono due distinte linee (una proveniente dal trafo e l'altra da G.E., entrambe idoneamente protette con interruttori automatici e con scaricatori di sovratensione SPD);
- sezione privilegiata, le cui utenze sono alimentate sotto UPS;

Suddetti quadri saranno alimentati da apposito trasformatore BT/BT dedicato ai servizi ausiliari delle power station ed all'alimentazione dei driver dei tracker con le seguenti caratteristiche:

- ✓ Potenza 50kVA;
- ✓ tensioni: 578V/400V e 540V/400V;
- ✓ frequenza:50Hz;
- ✓ Gruppo Dyn;
- ✓ Vcc%: 6%

La sezione privilegiata verrà alimentata tramite un UPS dotato di DSP *microprocessor control*. Il sistema è costituito da un UPS base da 6000VA, al quale viene collegato un *battery pack* di espansione, per garantire la necessaria copertura in termini di autonomia dei servizi ausiliari di base.

8.5 String-box

Data la scelta fatta in merito agli inverter centralizzati si rende necessaria l'installazione di cosiddetti string-box che consentono di effettuare il parallelo di piccoli gruppi di stringhe, nel nostro caso tipicamente 15 stringhe, e la protezione da corto circuiti tramite fusibili a bordo opportunamente scelti, e comunque non inferiori a 25A. Inoltre saranno presenti opportuni SPD tipo 1 per la

protezione da sovratensioni da scariche atmosferiche. Gli string-box a 16 ingressi minimo (M16) saranno equipaggiati altresì con sistema di monitoraggio delle correnti di stringhe con protocollo di comunicazione MODBUS RTU per una gestione e manutenzione ottimale del parco. Di seguito sceda tecnica.

INGECON

SUN

StringBox

SIMPLE AND SAFE CONNECTION OF PHOTOVOLTAIC STRINGS, 1500 V, WITH CURRENT DETECTION

M12 / M16 / M18 / M20 / M24 / M32

The new INGECON® SUN StringBox M is a device for measuring each PV generator string current and detecting defective string current through INGECON® SUN Manager software, INGECON® SUN SCADA and/or other monitoring system. String currents can be monitored through the RS485 serial port.

The new INGECON® SUN StringBox M is a cost-effective PV string monitoring box series designed for central inverter-based PV systems. The INGECON® SUN StringBox M features efficient input and output DC wiring with fully rated DC disconnect switches for safe maintenance.

A complete range of equipment for all types of projects

Available in models ranging from 12 to 32 inputs and 1,500 V max. DC voltage, the INGECON® SUN StringBox M provide the maximum flexibility and expandability in system design. The compact and rugged IP65 enclosure is designed for installation in outdoor environments, such as roof-mounted systems and large-scale solar farms.

Maximum protection

The INGECON® SUN StringBox M is an intelligent combiner box and are equipped with touch-safe DC fuse holders, DC fuses, lightning induced DC surge arresters and load disconnect switch.

PROTECTIONS

- Up to 32 pairs of DC fuses.
- Available fuses: 10A, 12A, 15A, 16A, 20A, 25A, 30A, 32A (15A standard).
- Lightning induced DC surge arresters, type 2.
- Manual DC isolating switch.

OPTIONAL ACCESSORIES

- Lightning induced DC surge arresters, type 1+2.
- Pole mounting kit.
- PV connectors.

MAIN FEATURES

- Built to minimize system costs by providing the maximum flexibility.
- RS485 serial port for currents monitoring
- On-board temperature sensor
- Supervision of the DC isolating switch and SPD protection
- One analog input for external RTD
- Available in 12, 16, 18, 20, 24, 32 inputs versions.
- Rated for 1,500 Vdc maximum voltage.
- Simplifies input and output wiring.
- Capability to connect up to 2 DC output cables per polarity (only for 12 and 16 inputs).
- IP65 protection rating.
- Maximum protection to corrosion and pollution thanks to the isolating polyester enclosure reinforced with fiberglass.



INGECON

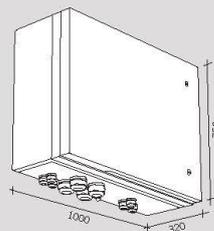
SUN

StringBox

	1,500 V			
	StringBox M 12	StringBox M 12B	StringBox M 16	StringBox M 16B
Input				
Maximum number of input strings	12 / 24 ⁽¹⁾	12 / 24 ⁽¹⁾	16 / 32 ⁽¹⁾	16 / 32 ⁽¹⁾
Max. number of measurable inputs	12	12	16	16
Maximum current per input (A)	12 / 24	12 / 24	12 / 24	12 / 24
Number of protection fuses	12	24	16	32
Type of fuses	gPV fuses, 10 x 85 mm, 30 kA			
Maximum DC voltage	1,500 Vdc			
Cable inlet	M40 cable glands (n.4 cables entry diameter: 6 to 10 mm for each cable gland)			
Inlet connections	Direct connection to fuse holders or distribution bar, wiring gauge 1.5 to 16 mm ²			
Output				
Rated total current (A) ⁽²⁾	144 / 288	144 / 288	192 / 384	192 / 384
Cable outlet	Up to 2 pairs of M50 cable glands (cable diameter: 27 to 35 mm)			
Outlet connections	Direct connection on copper plates, wiring gauge up to 2 x 240 mm ² per pole			
DC switch disconnect rating (A)	315 / 400	315 / 400	315 / 400	315 / 400
SPD				
Type	Type 1 (optional: Type 1+2)			
Grounding connection	M20 cable gland (cable diameter: 7 to 13 mm, wiring gauge 2.5 to 35 mm ²)			
Communication				
Type	RS485, 3 wires (A, B and GND)			
Protocol	Modbus RTU			
Connection	2 x M16 cable gland (cable diameter: 4.5 to 10 mm, wiring gauge 0.34 to 2.5 mm ²)			
Others				
Digital inputs	Two digital inputs already linked to the auxiliary contact of DC isolating switch and to the surge protection device fault contact			
Analogue inputs	One analog input for one external RTD, precision: higher than 1.5%			
Analogue inputs connection	M16 cable gland (cable diameter: 4.5 to 10 mm, wiring gauge 0.34 to 2.5 mm ²)			
Current measurement sensors	One sensor for each input, maximum 25 A, accuracy 0.3%			
On-board sensor	One on-board sensor for internal box temperature measurement			
General Information				
Enclosure type	Outdoor use, insulating cabinet (polyester reinforced with fiberglass)			
Protection rating	IP65			
Impact strength	IK10			
Operating temperature range	-20 °C to +55 °C			
Relative humidity (non-condensing)	0 to 95%			
Maximum altitude ⁽³⁾	2,000 m a.s.l.			
DC switch handle	Internal, lockable in open position			
Consumption (W)	9.5			9.5
Size (mm)	1000 x 750 x 320 (W x H x D)			
Weight (kg)	39	41	41	43
Marking	CE			
EMC and Safety standards	EN 61000-6-4, EN 61000-6-2, IEC 60364-7-712			
LV Switchgear standards	IEC 61439-1, IEC 61439-2, AS/NZS 61439-2, AS/NZS 5033			
Electric shock protection	Class II equipment			

Notes: ⁽¹⁾ With external over-molding in line fuses and branch connectors. ⁽²⁾ Over 50 °C ambient temperature, the current will be reduced at the rate of 3.5% every °C up to 55 °C. ⁽³⁾ Please contact Ingeteam for altitudes higher than 2,000 m.

Size (mm)



- M 12**
39 kg.
- M 12B**
41 kg.
- M 16**
41 kg.
- M 16B**
43 kg.

9. VERIFICHE ELETTRICHE DI ACCOPPIAMENTO MODULI/BATTERIE CON INVERTER

Nel presente paragrafo verranno esaminati i valori estremi di funzionamento di tensione e correnti dei moduli/stringhe o batterie per verificare il corretto funzionamento degli inverter a cui sono collegati verificando che tali valori siano nel range di funzionamento.

9.1 Verifiche stringhe con inverter solari "SUN"

Come descritto nei precedenti paragrafi il campo fotovoltaico sarà costituito da 68.790 moduli bifacciali suddivisi in 2.293 stringhe omogenee di 30 moduli in serie. Ogni inverter, equipaggiato con un solo MTTP) si ritrova in ingresso quindi le stringhe provenienti dagli stringbox. Data la eterogeneità dei campi e sub-campi gli string-box avranno in ingresso da un minimo di 13 stringhe ad un massimo di 15 (vedi tabella sotto).

Sub-campo	Array	n. stringhe	Stringhe per inverter	n. inverter	stringbox per inverter	numero stringbox	stringhe per stringbox
Sud	1-1	300	4 inverter da 75 stringhe	4	5	20	15
Sud	1-2	300	4 inverter da 75 stringhe	4	5	20	15
Sud	1-3	300	4 inverter da 75 stringhe	4	5	20	15
Sud	1-4	300	4 inverter da 75 stringhe	4	5	20	15
Sud	1-5	300	3 inverter da 75 stringhe	3	5	15	15
Sud	1-6	150	2 inverter da 75 stringhe	2	5	10	15
Sud	1-7	159	1 inv. da 80 +1 inv da 79 stringhe	2	6	12	da 13 a 14
Sud	1-8	89	1 inverter da 89 stringhe	1	6	6	da 14 a 15
Nord	2	350	2 inv. da 87+2 inv da 88 stringhe	4	6	24	da 14 a 15
Nord	3	45	1 inverter da 45 stringhe	1	3	3	15

Di seguito i valori massimi in ingresso agli inverter:

PARAMETRI TENSIONI/CORRENTI MPPT (+10%)							
Tipo di verifica	Moduli in serie/parallelo	Tensione modulo (V)	Tensione stringa (V)	Corrente modulo (A)	Corrente parallelo (A)	limite MTTP	
V _m a 60 °C	30	41,87	1256,1			822V-1.300V	VERIFICATO
V _m a STC	30	45,89	1376,7			822V-1.300V	VERIFICATO
V _{oc} a -10 °C	30	49,91	1497,3			1.500V	VERIFICATO
I _m a STC	88 parall.			19A	1.672A	1.870A	VERIFICATO

9.2 Verifiche Container Storage System con inverter “STORAGE”

Analogamente a quanto fatto sopra qui il sistema storage è costituito da n.6 inverter che sottendono ciascuno n.3 container storage della INTENSUM, pertanto avremo:

PARAMETRI TENSIONI/CORRENTI MPPT “INGECON SUN STORAGE 3885TL HV C650”						
Tipo di verifica	Container in serie/parallelo	Tensione nominale container (V)	Corrente max richiesta dall’inverter (3MVA a 1.040V pari a 2.884A) da ciascun container (A)	Corrente nominale (max)carica /scarica container (A)	Range grid-tied mode inverter	
Tensione di lavoro	1 serie	1.040V-1.400V			1.011V-1.500V	VERIFICATO
Corrente di lavoro	4 parallelo		$2.884/4=721$	900 (1.800)		VERIFICATO

9.3 Verifiche sezione cablaggi e perdite nei cavi DC.

Il layout elettrico di cablaggio è stato progettato in modo tale che i componenti principali siano collocati in posizione più baricentrica possibile a tutte le scale di impianto. In tale prospettiva lo string-box verrà installato in posizione baricentrica rispetto alle stringhe asservite, così come le power station contenenti gli inverter verranno posizionati in maniera baricentrica rispetto agli string-box sottesi nei limiti del possibile.

Nella tabella che segue vengono riportati le sezioni dei cavi proposti, con le relative lunghezze scaturenti dalla schematizzazione appena descritta relativa al cablaggio completo di un inverter a uno string-box e da questo alle singole stringhe tipico della configurazione. Si noti che le correnti e le tensioni sono relative alle condizioni STC tenuto conto dell’extra guadagno del 10% dovuto alla caratteristica bifacciale dei moduli.

Da	a	+	-	Cable length pos. [m]	Cable length neg. [m]	Total Length of pos and neg (m)	Power (W)	String Voltage MPP (V)	Current MPP (A)	Max. Proposed mm-sq	Amount and size of multi-conductor cable	Material (Cu-Al)	V drop DC stringcable (V)	V drop DC stringcable (%)	P loss DC-cable (W)	Total P loss (%)
String-box 1.1	Inverter	350	350	353,5	354	707	326866,5	1146,90	285,00	240,0	2 x 2 x 240 mm ²	Al	11,99	1,42%	3418,22	1,42%
stringa 1.1.1	SB 1.1	17	57	17,85	59,9	77,7	21791,1	1146,90	19,00	6,0	2 x 1 x 6 mm ²	Cu	4,39	0,38%	83,48	0,38%
stringa 1.1.2	SB 1.1	15	55	15,75	57,8	73,5	21791,1	1146,90	19,00	6,0	2 x 1 x 6 mm ²	Cu	4,16	0,36%	78,97	0,36%
stringa 1.1.3	SB 1.1	7	47	7,35	49,4	56,7	21791,1	1146,90	19,00	6,0	2 x 1 x 6 mm ²	Cu	3,21	0,28%	60,92	0,28%
stringa 1.1.4	SB 1.1	5	45	5,25	47,3	52,5	21791,1	1146,90	19,00	6,0	2 x 1 x 6 mm ²	Cu	2,97	0,26%	56,41	0,26%
stringa 1.1.5	SB 1.1	17	57	17,85	59,9	77,7	21791,1	1146,90	19,00	6,0	2 x 1 x 6 mm ²	Cu	4,39	0,38%	83,48	0,38%
stringa 1.1.6	SB 1.1	19	59	19,95	62	81,9	21791,1	1146,90	19,00	6,0	2 x 1 x 6 mm ²	Cu	4,63	0,40%	87,99	0,40%
stringa 1.1.7	SB 1.1	28	68	29,4	71,4	100,8	21791,1	1146,90	19,00	6,0	2 x 1 x 6 mm ²	Cu	5,70	0,50%	108,30	0,50%
stringa 1.1.8	SB 1.1	30	70	31,5	73,5	105	21791,1	1146,90	19,00	6,0	2 x 1 x 6 mm ²	Cu	5,94	0,52%	112,81	0,52%
stringa 1.1.9	SB 1.1	17	57	17,85	59,9	77,7	21791,1	1146,90	19,00	6,0	2 x 1 x 6 mm ²	Cu	4,39	0,38%	83,48	0,38%
stringa 1.1.10	SB 1.1	15	55	15,75	57,8	73,5	21791,1	1146,90	19,00	6,0	2 x 1 x 6 mm ²	Cu	4,16	0,36%	78,97	0,36%
stringa 1.1.11	SB 1.1	7	47	7,35	49,4	56,7	21791,1	1146,90	19,00	6,0	2 x 1 x 6 mm ²	Cu	3,21	0,28%	60,92	0,28%
stringa 1.1.12	SB 1.1	5	45	5,25	47,3	52,5	21791,1	1146,90	19,00	6,0	2 x 1 x 6 mm ²	Cu	2,97	0,26%	56,41	0,26%
stringa 1.1.13	SB 1.1	17	57	17,85	59,9	77,7	21791,1	1146,90	19,00	6,0	2 x 1 x 6 mm ²	Cu	4,39	0,38%	83,48	0,38%
stringa 1.1.14	SB 1.1	19	59	19,95	62	81,9	21791,1	1146,90	19,00	6,0	2 x 1 x 6 mm ²	Cu	4,63	0,40%	87,99	0,40%
stringa 1.1.15	SB 1.1	28	68	29,4	71,4	100,8	21791,1	1146,90	19,00	6,0	2 x 1 x 6 mm ²	Cu	5,70	0,50%	108,30	0,50%

(Perdite dettagliate alle condizioni STC + 10%)

10. Cavi DC utilizzati.

10.1 Cavi solari di stringa

Sono definiti cavi solari di stringa, i cavi che collegano le stringhe (i moduli in serie) ai quadri DC di campo o string-box e hanno una sezione variabile da 6 a 10 mm² (in funzione della distanza del collegamento). I cavi solari di stringa sono alloggiati all'interno del profilato della struttura e anche interrati per i tratti tra inizio vela e quadro DC di parallelo o string-box.

I cavi saranno del tipo FG21M21 o equivalenti (rame o alluminio) indicati per interconnessioni dei vari elementi degli impianti fotovoltaici. Si tratta di cavi unipolari flessibili con tensione nominale 1500 V c.c. per impianti fotovoltaici con isolanti e guaina in mescola reticolata a basso contenuto di alogeni testati per durare più di 25 anni. Essi sono adatti per l'installazione fissa all'esterno ed all'interno, senza protezione o entro tubazioni in vista o incassate oppure in sistemi chiusi similari, sono resistenti all'ozono secondo EN50396, ai raggi UV secondo HD605/A1. Inoltre sono testati per durare nel tempo secondo la EN 60216.

10.2 Cavi cablaggio string-box/inverter

I cavi in esame collegano gli string-box agli inverte e hanno una sezione tale da contenere le perdite (in funzione della distanza del collegamento). Tali cavi stringa sono collocati all'interno di condutture interrate.

I cavi in esame saranno con conduttore in alluminio del tipo ARG16G16 0.6/1 kV unipolari flessibili con tensione nominale 1500 V c.c. guaina in PVC. Di seguito le schede tecniche.

BASSA TENSIONE / LOW VOLTAGE

Energia solare
Solar energy
FG21M21 *P-Sun™*
0,6/1 kV
**Norma di riferimento**

CEI 20-91 febbraio 2010; V1 ottobre 2010 e V2 marzo 2013

Standard

CEI 20-91 february 2010; V1 october 2010 and V2 march 2013

Descrizione del cavo**Conduttore**

Flessibile rame stagnato secondo CEI 20-29 classe 5

Isolante

HEPR - tipo G21

Identificazione anima isolata

Colore naturale

Guaina

Mescola elastomerica reticolata senza alogeni tipo M21

Colori della guaina

Nero, rosso, blu

MarcaturaPRYSMIAN (*) P-Sun™ FG21M21 - 1 x sez. mm²
anno IEMMEQU**Design features****Conductor**

Tinned copper, flexible, according to CEI 20-29 class 5

Insulation

HEPR - type G21

Core identification

Natural colour

Sheath

Cross-linked elastomeric halogen free compound type M21

Sheath-colours

Black, red, blue

MarkingPRYSMIAN (*) P-Sun™ FG21M21 - 1 x sez. mm² year
IEMMEQU

(*) sigla sito produttivo

(*) production site label

Applicazioni

Progettati per l'impiego e l'interconnessione dei vari elementi in impianti fotovoltaici per la produzione di energia. Possono essere installati sia all'interno che all'esterno in posa fissa o mobile (non gravosa), senza protezione. Posa possibile anche in canaline e tubazioni in vista o incassate. Adatti anche per posa direttamente interrata o in tubi interrati secondo le prescrizioni della norma CEI 11-17

Applications

Intended for use in photovoltaic power supply systems and similar applications. Suitable for fixed and mobile installation (not heavy) both indoor and outdoor, without protection. Can also be installed in raceways and conduits either visible or covered. Also suitable for installation directly underground, or buried in tubes underground according to CEI 11-17

Condizioni di posa / Laying conditions
DURANTE LA POSA /
DURING
INSTALLATION
 50 N/mm²
IN OPERAZIONE /
IN OPERATION
 15 N/mm²

-40 °C

+100 °C



Energia solare
Solar energy

FG21M21 P-Sun™

0,6/1 kW



Parametri elettrici / Electrical parameters

Tensione massima in c.a. (U_n) / Rated voltage in a.c. U_n/U_n	1200 V
Tensione massima in c.c. (U_{op}) / Maximum permissible operating voltage in DC systems	1800 V anche verso terra / also to earth
Tensione di prova / Test voltage	6,5 kV
Altre prove / Tests	Resistenza del conduttore, spark test, prova di tensione sui cavi finiti, resistenza superficiale della guaina, resistenza d'isolamento a 20 °C e 90 °C, stabilità in corrente continua CEI EN 50305 parte 6.7 Conductor resistance, test voltages AC and DC, electric strength, surface resistance, spark test on insulation, insulation resistance 20 °C and 90 °C, DC stability according to CEI EN 50305 part 6.7

Parametri termici / Thermal parameters

Temperatura ambiente / Ambient temperature	Min. - 40 °C; max. + 90 °C
Max temperatura del conduttore / Maximum permissible operating temperature of the conductor	+ 120 °C (in condizioni di sovraccarico) / (in overload conditions)
Temperatura di cortocircuito / Short-circuit temperature	+ 250 °C (sul conduttore, max. 5 sec.) / (on the conductor, max 5 sec.)
Resistenza a freddo / Resistance to cold	Prove di piegatura e allungamento a - 40 °C, secondo EN 60811-1-4 Resistenza all'impatto a - 25 °C, secondo EN 60811-1-4 Bending and elongation test at - 40 °C, according to EN 60811-1-4 Impact test at - 25 °C according to EN 60811-1-4
Verifica comportamento a lungo termine / Long term behaviour	+ 120 °C - 20.000 h, secondo EN 60216-1/ EN 60216-2 + 120 °C - 20.000 h, according to EN 60216-1 / EN 60216-2

Parametri meccanici / Mechanical parameters

Sforzo di trazione durante la posa / Tensile load during installation	50 N/mm ² max.
Sforzo di trazione in esercizio / Tensile load in operation	15 N/mm ² max.
Raggio di curvatura minima / Minimum bending radius	≤ 8 mm posa fissa 3 x D, movimento libero 4 x D > 8 mm posa fissa 4 x D, movimento libero 6 x D ≤ 8 mm fixed installation 3 x D, free movement 4 x D > 8 mm fixed installation 4 x D, free movement 6 x D

Parametri chimici / Chemical parameters

Resistenza all'olio minerale / Mineral oil resistance	4 h, 100 °C prova secondo EN 60811-2-1 4 h, 100 °C according to EN 60811-2-1
Resistenza agli agenti atmosferici / Weather resistance	Resistenza ozono secondo EN 50396 art. 8.1.3 Resistenza UV, metodo secondo HD 605 par. 2.4.20 Assorbimento acqua (metodo gravimetrico) secondo EN 60811-1-3 Ozone resistance according to EN 50396 art. 8.1.3 UV-resistance according to HD 605 par. 2.4.20 Absorption of water (gravimetric) according to EN 60811-1-3
Comportamento in caso di incendio / Behaviour in case of fire	Non propagazione della fiamma, prova su singolo cavo secondo EN 60332-1-2 Basse emissioni di fumi secondo CEI EN 61034-2 Corrosività secondo CEI EN 50267-2. Tossicità secondo CEI 20-37/4 Flame propagation, single cable according to EN 60332-1-2 Low smoke emission according to CEI EN 61034-2 Corrosivity according to CEI EN 50267-2. Toxicity according to CEI 20-37/4
Compatibilità ambientale / Ambient compatibility	In accordo alle norme sulla riciclabilità e lo smaltimento (in assenza di sostanze inquinanti ed alogene) Given in terms of recycling, disposal and energy-saving production (free of pollutants and halogens)

ARG16R16 0.6/1KV

Cca-s3,d1,a3



CONFORME CPR REG.305/2011/UE
CPR COMPLIANT REG.305/2011/UE



CARATTERISTICHE TECNICHE

TECHNICAL FEATURES

	CONDUTTORE CONDUCTOR	Corda di alluminio rigida, classe 2 Aluminium stranded wire, class 2		TENSIONE NOMINALE NOMINAL VOLTAGE	0,6/1KV
	ISOLAMENTO INSULATION	Gomma HEPR di qualità G16 Rubber HEPR G16 quality		TENSIONE DI PROVA TEST VOLTAGE	4000 V
	COLORAZIONE CONDUTTORI CORES COLORATION	Normativa HD 308 HD 308 standard		TEMPERATURE DI ESERCIZIO TEMPERATURES RANGE	- 15° C / + 90° C
	GUAINA ESTERNA OUTER SHEATH	PVC, qualità R16, colore grigio PVC, quality R16, color grey		RAGGIO DI CURVATURA BENDING RADIUS	6 x Ø

NORMATIVE

NORMS

	COMPORTAMENTO AL FUOCO FIRE PERFORMANCE	CEI EN 60332-1-2 EN 50399 EN 60754-2	CONFORME CPR REGOLAMENTO 305/2011/UE	C _{ca} -s3,d1,A3
MARCATURA	ARG16R16 0.6/1KV [FORMAZIONE] Cca-s3,d1,A3 IEMMEQU [METRICA]	RIFERIMENTI STANDARD STANDARD REFERENCE CEI 20-13 EN 50575:2014+A1:2016 EN 13501-6:2014 EN 50267-2-1 2014/35/EU 2011/65/EU		

11. PROTEZIONE IMPIANTI ELETTRICI

11.1 Protezione delle condutture elettriche

I conduttori che costituiscono gli impianti saranno protetti contro le sovracorrenti causate da sovraccarichi o da corto circuiti.

La protezione contro i sovraccarichi sarà effettuata in ottemperanza alle prescrizioni delle norme CEI 64-8 cap. 433.

In particolare i conduttori saranno scelti in modo che la loro portata (I_z) sia superiore o almeno uguale alla corrente di impiego (I_b) (valore di corrente calcolato in funzione della massima potenza da trasmettere in regime permanente). I dispositivi di protezione da installare a loro protezione avranno una corrente nominale (I_n) compresa fra la corrente di impiego del conduttore (I_b) e la sua portata nominale (I_z) ed una corrente di funzionamento del dispositivo di protezione (I_f) minore o uguale a 1,45 volte la portata (I_z).

In tutti i casi saranno soddisfatte le seguenti relazioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$
$$I_f \leq 1,45 \times I_z$$

La seconda delle due disuguaglianze sopra indicate è automaticamente soddisfatta nel caso di impiego di interruttori automatici, di portata adeguata, conformi alle norme CEI 23-3 e CEI 17-5.

I dispositivi di protezione devono interrompere tutte le correnti provocate da un corto circuito che possono verificarsi in un punto qualsiasi del circuito in tempi sufficientemente brevi per garantire che nel conduttore protetto non si raggiungano temperature pericolose.

Essi avranno un potere di interruzione almeno uguale alla corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione.

E' tuttavia ammesso l'impiego di un dispositivo di protezione con potere di interruzione inferiore a condizione che a monte via sia un altro dispositivo avente il necessario potere di interruzione (art. 434.3.1 delle norme CEI 64-8). In questo caso le caratteristiche dei due dispositivi devono essere coordinate in modo che l'energia specifica passante I^2t lasciata passare dal dispositivo a monte non risulti superiore a quella che può essere sopportata senza danno dal dispositivo a valle e dalle condutture protette da questi dispositivi.

Deve essere verificata la seguente condizione per i cortocircuiti di durata non superiore a 5 secondi:

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

dove:

- I_{2t} è l'energia specifica passante lasciata passare dal dispositivo di protezione per la durata del cortocircuito; in (A2xS)
- S è la sezione del conduttore in mm²
- k è una costante che varia in base all'isolamento dei cavi e vale:
 - 115 per i conduttori in rame isolati in PVC;
 - 135 per i conduttori in rame isolati con gomma ordinaria o gomma butilica;
 - 143 per i conduttori in rame isolati con gomma etilpropilenica e propilene reticolato.

11.2 Misure di protezione dalle scariche atmosferiche

L'installazione dell'impianto fotovoltaico nell'area, prevedendo mediamente strutture di altezza contenuta e omogenee tra loro, non altera il profilo verticale dell'area medesima. Ciò significa che le probabilità della fulminazione diretta non sono influenzate in modo sensibile. Considerando inoltre che il sito non sarà presidiato, la protezione della fulminazione diretta sarà realizzata soltanto mediante un'adeguata rete di terra che garantirà l'equipotenzialità delle masse.

Per quanto riguarda la fulminazione indiretta, bisogna considerare che l'abbattersi di un fulmine in prossimità dell'impianto può generare disturbi di carattere elettromagnetico e tensioni indotte sulle linee dell'impianto, tali da provocare guasti e danneggiarne i componenti. Per questo motivo gli inverter sono dotati di un proprio sistema di protezione da sovratensioni, sia sul lato in corrente continua, sia su quello in corrente alternata. Infatti saranno presenti idonei SPD (Surge Protective Device – scaricatori di sovratensione) nella sezione DC delle cassette di giunzione (String Box), agli ingressi DC e all'uscita lato AC degli inverter.

12. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

Saranno protette contro i contatti indiretti tutte le parti metalliche accessibili dell'impianto elettrico e degli apparecchi utilizzatori, normalmente non in tensione ma che, per cedimento dell'isolamento principale o per altre cause accidentali, potrebbero trovarsi sotto tensione (masse).

Per la protezione contro i contatti indiretti ogni impianto elettrico utilizzatore, o raggruppamento di impianti contenuti in uno stesso impianto e nelle sue dipendenze sarà collegato all'impianto di terra.

A tale impianto di terra saranno collegati tutti i sistemi di tubazioni metalliche accessibili destinati ad adduzione, distribuzione e scarico delle acque nonché tutte le masse metalliche accessibili di notevole estensione esistenti nell'area dell'impianto elettrico utilizzatore stesso.

12.1 Coordinamento dell'impianto di terra con dispositivi di interruzione dell'alimentazione

Una volta verificato l'impianto di messa a terra, la protezione contro i contatti indiretti dovrà essere eseguita coordinando fra loro l'impianto di messa a terra e i dispositivi di protezione per l'interruzione automatica dell'alimentazione.

Questo tipo di protezione richiede l'installazione di un impianto di terra coordinato con un dispositivo di protezione che interrompa automaticamente l'alimentazione al circuito od al componente elettrico, che lo stesso dispositivo protegge contro i contatti indiretti in modo che, in caso di guasto nel circuito o nel componente elettrico, tra una parte attiva ed una massa o un conduttore di protezione non possa persistere, per una durata sufficiente a causare un rischio di effetti fisiologici dannosi in una persona in contatto con parti simultaneamente accessibili, una tensione di contatto presunta superiore a 50V, valore efficace in c.a. od a 120V in c.c. non ondulata.

12.2 Protezione mediante doppio isolamento

In alternativa al coordinamento fra impianto di messa a terra e dispositivi di protezione attiva, la protezione contro i contatti indiretti può essere realizzata adottando macchine e apparecchi elettrici con isolamento doppio o rinforzato per costruzione od installazione; (componenti elettrici di Classe II). In uno stesso impianto la protezione con apparecchi di Classe II può coesistere con la protezione mediante messa a terra; tuttavia è vietato collegare intenzionalmente a terra le parti metalliche accessibili delle macchine, degli apparecchi e delle altre parti dell'impianto di Classe II.

Questo tipo di protezione viene adottata nella parte DC a valle degli inverter avendo adottato moduli, cavi e string-box di classe II.

12.3 Classificazione degli impianti in sistemi TN-S e IT

L'impianto fotovoltaico in esame presenta la convivenza tra due sistemi di distribuzione del neutro. Infatti abbiamo il sistema TN-S per tutte le utenze a valle dei trasformatori ausiliari e sistema IT a

valle dei trasformatori delle power station, per cui la protezione dai contatti indiretti avverrà secondo modalità diverse in base a dove avviene il guasto verso massa.

12.4 Protezione contro i contatti indiretti porzione impianto IT

Un guasto a terra in un sistema con neutro isolato da terra provoca la circolazione di una piccola corrente di guasto dovuta principalmente all'accoppiamento capacitivo dei cavi ed in misura minore ai motori e agli altri componenti dell'impianto. La tensione limite U_L può essere facilmente contenuta entro valori non pericolosi in quanto, visto generalmente il modesto valore della corrente di guasto è facile soddisfare la condizione:

$$R_T \times I_g \leq U_L$$

dove:

- R_T è la resistenza, espressa in ohm, del dispersore al quale sono collegate le masse;
- I_g è la corrente di guasto, espressa in ampere, fra un conduttore di fase e una massa;
- U_L è il massimo valore ammissibile per la tensione di contatto in seguito ad un guasto a massa ($U_L=50$ V per ambienti ordinari, $U_L=25$ V per ambienti particolari).

La protezione dai contatti indiretti in tali sistemi viene realizzata tramite il controllo continuo dell'impedenza verso terra dei conduttori attivi tramite *isoltester* o funzione integrate negli inverter stessi. Un eventuale abbassamento dell'impedenza determina l'emissione di un allarme agli addetti alla manutenzione che devono provvedere al ripristino del corretto isolamento verso terra nel più breve tempo possibile per evitare un possibile doppio guasto a terra il quale potrebbe essere molto dannoso e pericoloso.

Il doppio guasto interessa due fasi come se si trattasse di un sistema TN con una tensione uguale a $\sqrt{3} \times U_0$. Purtroppo l'anello di guasto e la relativa impedenza non sono noti in quanto il guasto può avvenire in due punti qualsiasi dell'impianto. La Norma stabilisce convenzionalmente che l'impedenza dell'anello di guasto debba essere la metà di quella permessa per un sistema TN. In questo modo dovrebbe essere possibile l'apertura di almeno uno dei due circuiti guasti in un tempo stabilito come da tabella sotto (neutro non distribuito). La condizione da soddisfare quando il neutro non è distribuito diventa:

$$Z_s^1 \leq \frac{\sqrt{3} \times U_0}{2 \times I_a} = \frac{U}{2 \times I_a} \quad (7.19)$$

Dove:

- I_a è la corrente che provoca l'intervento del dispositivo di protezione del circuito entro il tempo t specificato nella tabella per i circuiti terminali che alimentano apparecchi trasportabili, mobili o portatili ed entro 5s per gli altri circuiti come per i sistemi TN;
- Z_s^1 è l'impedenza dell'anello di guasto costituito dal conduttore di fase e dal conduttore di protezione;
- U_0 è la tensione nominale tra fase e neutro;
- U è la tensione nominale tra fase e fase.

U_0 / U (V)	Tempo di interruzione (s)			
	Condizioni ordinarie ($U_L=50V$)		Condizioni particolari ($U_L=25V$)	
	Neutro non distribuito	Neutro distribuito	Neutro non distribuito	Neutro distribuito
120/240	0,8	5	0,4	1
230/400	0,4	0,8	0,2	0,4
400/690	0,2	0,4	0,06	0,2
580/1000	0,1	0,2	0,02	0,06

12.5 Protezione contro i contatti indiretti porzione impianto TN-S

Per attuare la protezione con dispositivi di massima corrente o differenziali in un sistema TN è richiesto che sia soddisfatta in qualsiasi punto del circuito la seguente condizione:

$$I_a \leq \frac{U_0}{Z_s}$$

Dove:

U_0 = tensione nominale in valore efficace tra fase e neutro in volt dell'impianto relativamente al lato in bassa tensione

Z_s = Impedenza totale in ohm dell'anello di guasto che comprende il trasformatore il conduttore di fase e quello di protezione tra il punto di guasto e il trasformatore

I_a = Corrente in ampere che provoca l'intervento del dispositivo di protezione entro il tempo indicato in tabella sottostante

Se si impiega un dispositivo differenziale, I_a è la corrente I_{dn} differenziale nominale, se invece si utilizza lo stesso dispositivo impiegato per la protezione contro le sovracorrenti si può usare, per la verifica della relazione, la corrente di intervento della protezione magnetica I_m che fa intervenire la protezione in tempi inferiori a quelli prescritti dalla norma.

U_0 (V)	Tempo di interruzione (s)	
	Ambienti normali	Ambienti particolari
120	0,8	0,4
230	0,4	0,2
400	0,2	0,06
>400	0,1	0,02

Per un guasto franco a terra le norme CEI richiedono l'intervento dei dispositivi di protezione entro un tempo tanto più piccolo quanto maggiore è la tensione di fase, con l'eccezione dei circuiti di distribuzione e dei circuiti terminali che alimentano apparecchi fissi per i quali è ammesso un tempo d'intervento non superiore ai 5s purché sia soddisfatta una delle seguenti condizioni enunciate dall'art. 413.3.5 delle Norme CEI 64-8:

- l'impedenza del conduttore di protezione che collega il quadro di distribuzione al punto nel quale il conduttore di protezione è connesso al collegamento equipotenziale principale (generalmente il collettore di terra) non deve essere superiore a $ZPE = Z_s \times 50 / U_0$;
- esiste un collegamento equipotenziale supplementare che collega localmente al quadro di distribuzione gli stessi tipi di masse estranee indicati per il collegamento equipotenziale principale che soddisfa le prescrizioni riguardanti il collegamento equipotenziale principale di cui al Capitolo 54 delle Norme CEI 64-8.

12.5.1 Impianto di terra del campo fotovoltaico

Conduttore di protezione (PE)

Col conduttore di protezione (è identificato dal colore giallo/verde e viene chiamato PE oppure, se svolge contemporaneamente anche la funzione di neutro, PEN) si realizza il collegamento delle masse con l'impianto di terra. Unitamente all'interruttore automatico garantisce la protezione dai contatti indiretti e deve essere dimensionato, come pure il conduttore di terra ed equipotenziale, sia per sopportare le sollecitazioni termiche dovute alla corrente di guasto verso terra (che in condizioni di regime è nulla) sia per sopportare eventuali sollecitazioni meccaniche. Il dimensionamento può

essere effettuato, con un metodo semplificato, in funzione della sezione del conduttore di fase (vedi tabella sotto) o in modo adiabatico con la formula sotto indicata, metodo che conduce a sezioni notevolmente inferiori rispetto a quelle ottenute col metodo semplificato.

Sezione di fase (mm ²)	Sezione minima del conduttore di protezione (mm ²)			
	Cu		Al	
	PE	PEN	PE	PEN
≤ 16	S _F	S _F	S _F	S _F
16 ÷ 35	16	16	16	25
> 35	S _F /2	S _F /2	S _F /2	S _F /2

$$S_{PE} = \sqrt{\frac{I^2 t}{K_C^2}}$$

dove:

- $I^2 t$ è l'energia specifica lasciata passare dell'interruttore automatico durante l'interruzione del guasto;
- K_C è un coefficiente (cfr. tabella seguente) che dipende dal materiale isolante e dal tipo di conduttore impiegato.

Valori del coefficiente K_c per conduttori costituiti da un cavo unipolare o da un conduttore nudo in contatto con il rivestimento esterno dei cavi				
Tipo conduttore		Tipo di isolante		
		PVC	G2	EPR/XLPE
		$S_0 = 30$	$S_0 = 30$	$S_0 = 30$
		$S_f = 160$	$S_f = 250$	$S_f = 220$
Cavo unipolare	Cu	143	166	176
	Al	95	110	116
Cavo nudo a contatto	Cu	143	166	176
	Al	95	110	116
con rivestimento esterno di cavi isolati	Fe	52	60	64
Valori del coefficiente K_c per conduttori costituiti da un'anima di cavo multipolare				
Tipo di conduttore		Tipo di isolante		
		PVC	G2	EPR/XLPE
		$S_0 = 70$	$S_0 = 85$	$S_0 = 85$
		$S_f = 160$	$S_f = 250$	$S_f = 220$
Anima di cavo multipolare	Cu	115	135	143
	Al	76	89	94
Valori del coefficiente K_c per conduttori nudi non in contatto con materiali danneggiabili				
Tipo conduttore		Condizioni di posa		
		A (*)	B (*)	C (*)
		$S_0 = 30$	$S_0 = 30$	$S_0 = 30$
		$S_f = 500$	$S_f = 200$	$S_f = 150$
Cavo nudo non a contatto con rivestimen... di cavi isolati	Cu	228	159	138
	Al	125	105	91
	Fe	82	58	50
(*) A: a vista in locali accessibili solo a personale addestrato				
(*) B: in condizioni ordinarie				
(*) C: in locali con pericolo di incendio, salvo diverse prescrizioni delle Norme CEI 64-2				
Valori del coefficiente K_c per conduttori costituiti dal rivestimento metallico o dall'armatura del cavo				
Tipo conduttore		Tipo di isolante		
		PVC	G2	EPR/XLPE
		$S_0 = 30$	$S_0 = 80$	$S_0 = 75$
		$S_f = 160$	$S_f = 250$	$S_f = 220$
Rivestimento o armatura del cavo	Cu	122	140	149
	Al	79	90	96
	Fe	42	48	51
	Pb	22	19	19

Correnti di corto circuito lato BT

Nella seguente tabella vengono riassunte le formule per il calcolo delle correnti che interessano i trasformatori.

Formule di calcolo correnti trasformatore	
corrente nominale primaria	$I_{1n} = \frac{S_{nTR}}{\sqrt{3} \cdot V_{1n}}$
corrente nominale secondaria	$I_{2n} = \frac{S_{nTR}}{\sqrt{3} \cdot V_{2n}}$
corrente di cortocircuito trifase al lato secondario	$I_{2k3F} = \frac{S_{nTR}}{V_{k\%}} \times 100 \times \frac{1}{\sqrt{3} \times V_{2n}}$
corrente di cortocircuito trifase passante al lato AT per guasto sul lato BT	$I_{1k3F} = \frac{I_{2k3F}}{V_{1n}} \cdot V_{2n}$

In base alla rete AT esercita a 36kV per le varie Power station otteniamo:

SnTr - V2n	3600kVA - 578V	3600kVA - 615V	3600kVA - 690V	3658kVA - 650V	1800kVA - 690V	1800kVA - 450V	100kVA - 400V
vk%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	4%
I1n	58A	58A	58A	58A	29A	29A	1,6A
I2n	3,6kA	3,4kA	3,0kA	3,3kA	1,5kA	2,3kA	0,15kA
I2k3F	60kA	56kA	50kA	54kA	25kA	39kA	3,6kA
I1k3F	962A	962A	962A	977A	481A	481A	40A

Calcolo del conduttore di protezione PE – collettore / quadro generale cabina:

Il conduttore di protezione (PE) è calcolato in base alle sollecitazioni termiche (in condizioni adiabatiche) mediante la formula

$$S_{PE} = \sqrt{\frac{I^2 t}{K_c^2}}$$

Dove:

S = sezione del conduttore di protezione (mm²);

I = valore efficace (I_{2k3F}) della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione in caso di guasto (A);

t = tempo di intervento delle protezioni (s);

K = fattore che dipende dal materiale del conduttore di protezione $K = 143$ riferito a conduttore unipolare isolato in PVC (valore di norma CEI 64-8/5 543.1 tabella 54B).

Nel nostro caso otteniamo le seguenti sezioni commerciali più vicine:

SnTr - V2n	3600kVA - 578V	3600kVA - 615V	3600kVA - 690V	3658kVA - 650V	1800kVA - 690V	1800kVA - 450V	100kVA - 400V
I_{2k3F}	60kA	56kA	50kA	54kA	25kA	39kA	3,6kA
t	0,05s	0,05s	0,05s	0,05s	0,05s	0,05s	0,05s
SPE calcolato	94mm ²	88mm ²	79mm ²	85mm ²	39mm ²	60mm ²	6mm ²
SPE comm.	1x95mm ²	1x95mm ²	1x95mm ²	1x95mm ²	1x50mm ²	1x70mm ²	1x6mm ²

Conduttori equipotenziali

Sono conduttori che collegano fra di loro parti che normalmente si trovano al potenziale di terra garantendo quindi l'equipotenzialità fra l'impianto di terra e le masse estranee e consentendo di ridurre la resistenza complessiva dell'impianto di terra. Non essendo conduttori attivi e non dovendo sopportare gravose correnti di guasto il loro dimensionamento non segue regole legate alla portata ma alla resistenza meccanica del collegamento. Le Norme prescrivono le sezioni minime che devono essere rispettata per questi conduttori distinguendo tra conduttori equipotenziali principali (EQP) e supplementari (EQS). Sono detti principali se collegano le masse estranee al nodo o collettore principale di terra, sono detti supplementari negli altri casi. Le sezioni minime prescritte sono raccolte nella tabella che segue.

Conduttori equipotenziali	Sezione del conduttore di protezione principale PE (mm ²)	Sezione del conduttore equipotenziale (mm ²)
Principale EQP	≤ 10 $= 16$ $= 25$ > 35	6 10 16 25
Supplementare EQS: <ul style="list-style-type: none"> • collegamento massa-massa • collegamento massa-massa estranea 	$EQS \geq PE$ di sezione minore (1) $EQS \geq \frac{1}{2}$ della sezione del corrispondente conduttore PE In ogni caso la sezione del conduttore EQS deve essere: <ul style="list-style-type: none"> • $\geq 2,5$ mm² se protetto meccanicamente • ≥ 4 mm² se non protetto meccanicamente 	
(1) Quando le due masse appartengono a circuiti con sezioni dei conduttori di protezione molto diverse, sul conduttore EQS (dimensionato in base alla sezione del conduttore di protezione minore), potrebbero verificarsi correnti di guasto tali da sollecitare termicamente in modo eccessivo il conduttore stesso. In questo caso è opportuno aumentare la sezione del conduttore EQS sulla base della corrente di guasto effettiva.		

Consistenza impianto di terra

L'impianto di terra interno delle cabine sarà costituito da una bandella di rame 30x3 mm e da un collettore 50x10 mm; realizzato mediante la messa a terra di tutte le incastellature metalliche con cavo FS17 e morsetti capicorda a compressione di materiale adeguato.

L'impianto di terra esterno alle cabine è costituito da:

- un dispersore intenzionale che realizza un anello di corda di rame nudo da 35 mm² (ETP UNI 5649-71) o in acciaio con sezione non inferiore a 50 mm², posato ad una profondità di 0,5-0,8 m completo di morsetti per il collegamento tra rame e rame;
- morsetti a compressione in rame per realizzare le giunzioni tra i conduttori trasversali alla maglia principale;
- dispersori verticali in acciaio zincato (o ramato) H=1,5 m;
- morsetti in rame stagnato o ottone per il collegamento ai dispersori in acciaio;

- pozzetti in calcestruzzo armato vibrato di tipo carrabile completi di chiusura.

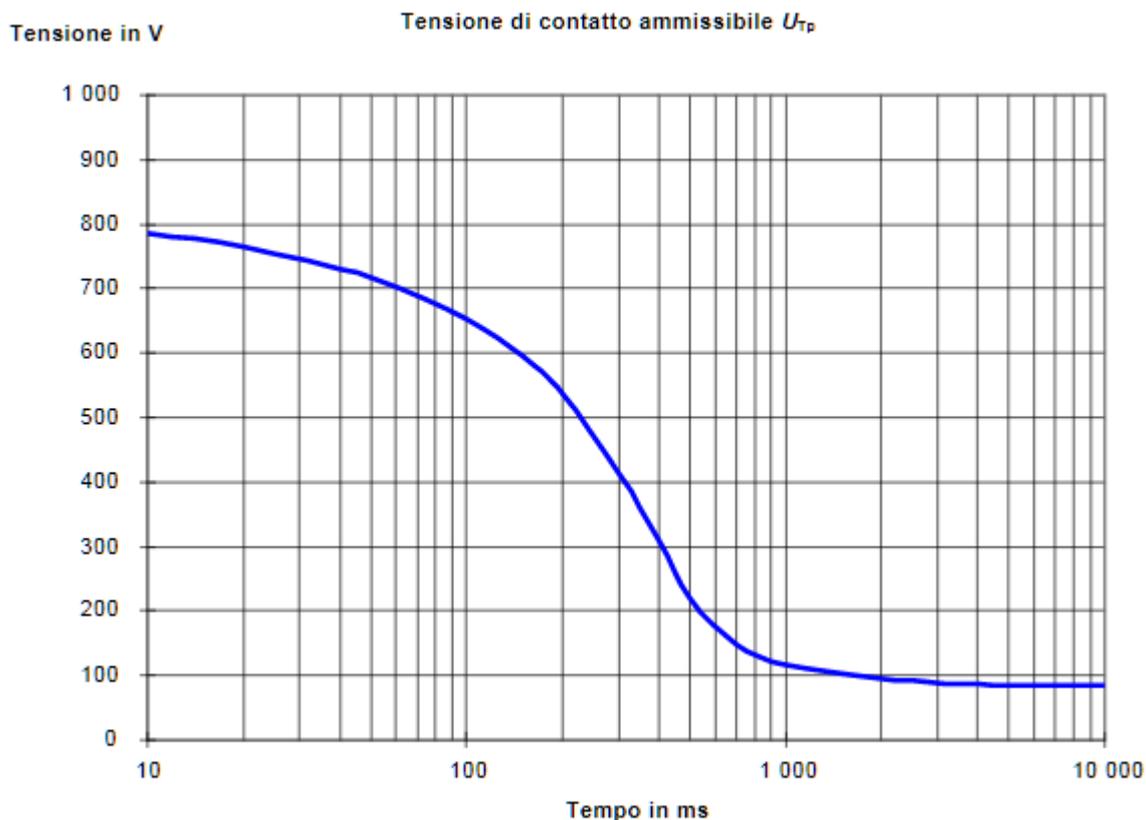
L'impianto di terra sarà unico e rispondente alle norme vigenti (in particolare alla Norma CEI 99-3 "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata" ed alla Guida CEI 11-37 "Guida per l'esecuzione degli impianti di terra di stabilimenti industriali per sistemi di I, II e III categoria").

L'impianto di terra è stato dimensionato sulla base della corrente di guasto a terra sulla rete AT di alimentazione e del tempo di eliminazione del guasto a terra.

Dimensionamento dell'impianto di terra

In relazione all'art. 9.2.4 della norma CEI 99-3 in vigore, relativa agli impianti utilizzatori a tensione nominale maggiore di 1000V, il valore della resistenza dell'impianto di terra deve essere tale che non si verifichino tensioni di contatto e di passo pericolose per le persone.

La tabella C-3 dell'allegato C indica i limiti per le tensioni di contatto e di passo, e per la tensione totale di terra, secondo la norma CEI 99-3, fasc. 5025



Pertanto, considerando il tempo di eliminazione del guasto t_F pari a 0,17sec della soglia 51N.S2 da impostare nelle protezioni delle linee uscenti dalla SSE, si ricava dal grafico di cui sopra una tensione U_{Tp} pari a 150V.

In merito alla corrente di guasto monofase a terra consideriamo ai fini dei seguenti calcoli una rete AT in cavo a valle del trasformatore AT/AT esercita con neutro isolato ad una tensione di 36kV per un'estensione di circa 22km. In tale configurazione, in caso di guasto a terra, la corrente di guasto in media tensione è dell'ordine di $I_g = U \cdot 0,2 \cdot L$

Ove U è la tensione di esercizio in kV;

L è la lunghezza complessiva dei cavi AT in km.

da cui si ricava una corrente di guasto I_F pari a 158A.

Pertanto la resistenza di terra (RE) dovrà soddisfare la seguente condizione:

$$RE \leq U_{Tp} / I_F \text{ ossia } RE \leq 150V / 158 = \mathbf{0,95\Omega}.$$

Pertanto l'impianto di terra sarà dimensionato in modo da ottenere una resistenza di terra non maggiore del valore sopra ottenuto in ogni condizione di esercizio dell'impianto ed in ogni condizione ambientale prevedibile.

La resistenza di terra prima della messa in esercizio verrà misurata con metodo voltamperometrico.

Nel caso in cui tale valore di resistenza non si possa ottenere si procederà alla verifica tramite misura di passo e contatto di cui alla CEI 99-3.