



REGIONE SICILIA
PROVINCIA DI CALTANISSETTA
COMUNE DI BUTERA

OGGETTO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO E DELLE OPERE E INFRASTRUTTURE CONNESSE, NEL COMUNE DI BUTERA (CL) DELLA POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 44,98 MW, DENOMINATO "BALLERINA".

PROGETTO DEFINITIVO

PROPONENTE



TITOLO

RELAZIONE TECNICA E CALCOLO PRELIMINARE
DEGLI IMPIANTI

PROGETTISTI

Ing. Ignazio Sciortino

Dott. Ing. Girolamo Gorgone



CONSULENTE ELETTRICO

Per. Ind. Alessandro Tedeschi per conto di Tesi s.r.l.

CODICE ELABORATO

ERIN-BU_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 | 1. PREMESSA..... | 3 |
| 1.1 | Società proponente..... | 3 |
| 1.2 | Inquadramento territoriale dell'intervento | 3 |
| 1.3 | Breve descrizione del progetto..... | 5 |
| 2 | DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI GENERAZIONE | 8 |
| 3 | RIFERIMENTI NORMATIVI GENERALI | 10 |
| 4 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO..... | 10 |
| 5 | TERMINOLOGIA | 12 |
| 6 | CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE..... | 14 |
| 7 | AMBITO DEGLI IMPIANTI TRATTATI | 14 |
| 8 | COMPONENTI IMPIANTO FV..... | 14 |
| 8.1 | Precisazioni | 14 |
| 8.2 | Moduli fotovoltaici | 14 |
| 8.3 | Power Station | 17 |
| 8.4 | Inverter Power B series..... | 21 |
| 8.5 | Quadri di parallelo BT | 25 |
| 8.6 | Quadri servizi ausiliari..... | 25 |
| 9 | VERIFICHE ELETTRICHE DI ACCOPPIAMENTO MODULI/BATTERIE CON INVERTER.... | 28 |
| 9.1 | Verifiche stringhe con inverter solari | 28 |
| 9.2 | Verifiche sezione cablaggi e perdite nei cavi DC..... | 28 |
| 9.3 | Cavi solari di stringa..... | 29 |
| 9.4 | Cavi cablaggio string-box/inverter | 31 |
| 10 | PROTEZIONE IMPIANTI ELETTRICI..... | 33 |
| 10.1 | Protezione delle condutture elettriche | 33 |
| 10.2 | Misure di protezione dalle scariche atmosferiche..... | 34 |
| 11 | PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI..... | 34 |
| 11.1 | Coordinamento dell'impianto di terra con dispositivi di interruzione dell'alimentazione.... | 35 |

| | | |
|------|---|----|
| 11.2 | Protezione mediante doppio isolamento | 35 |
| 11.3 | Protezione contro i contatti indiretti porzione impianto TN-S | 36 |
| 12 | IMPIANTO DI TERRA DEL CAMPO FOTOVOLTAICO | 37 |
| 12.1 | Conduttore di protezione (PE)..... | 37 |
| 12.2 | Correnti di corto circuito lato BT | 39 |
| 12.3 | Calcolo del conduttore di protezione PE – collettore / quadro generale cabina | 39 |
| 12.4 | Conduttori equipotenziali | 40 |
| 12.5 | Consistenza impianto di terra..... | 41 |
| 12.6 | Dimensionamento dell'impianto di terra | 42 |

1 1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la Relazione tecnica e 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 44,98 MW (44,98 MW in immissione), costituito da moduli fotovoltaici montati su strutture ad inseguimento monoassiale o *tracker*.

L'impianto interessa il comune di Butera facente parte del Libero consorzio comunale di Caltanissetta. Le opere di connessione alla Rete Elettrica Nazionale interessano il medesimo comune nel cui territorio si localizza anche il punto di connessione.

1.1 Società proponente

La società realizzatrice dell'impianto è Edison Rinnovabili S.p.A. In circa 130 anni di storia aziendale, Edison ha saputo consolidarsi in vari settori ampliando le attività in cui è presente, in particolare quello della produzione, distribuzione e vendita di energia elettrica; i parchi di produzione energetica di Edison sono altamente sostenibili, flessibili ed efficienti e sono composti da impianti termoelettrici a ciclo combinato a gas (CCGT), impianti idroelettrici, eolici, solari e a biomasse.

Oggi Edison è una delle maggiori aziende in Italia nel settore delle rinnovabili configurandosi come un operatore integrato lungo la filiera energetica con attività che vanno dalla produzione alla gestione e manutenzione degli impianti fino alla vendita dell'energia.

1.2 Inquadramento territoriale dell'intervento

L'area destinata ad accogliere l'impianto agro-fotovoltaico ricade interamente nel comune di Butera (CL), in Località "Venti Bocche" (al seguito definita area di impianto).

Il tracciato del cavidotto di connessione ricade, nella sua interezza, nel medesimo comune dell'area d'impianto, in C.da San Pietro; a circa 0,5 km in linea d'aria dall'impianto, è sita la futura stazione di connessione alla RTN.

Con riferimento alla cartografia della serie IGM 25V in scala 1:25000 l'area di impianto comprendente il tracciato del cavidotto e la futura stazione di connessione alla RTN ricadono nei Fogli n. 272-IV-SO e n. 272-III-NO. In relazione alla Carta Tecnica Regionale in scala 1:10000, il parco fotovoltaico ricade nel foglio 643010.

La superficie complessiva dell'Area disponibile per l'impianto è di circa 89,88 ettari, di cui soltanto una parte verrà effettivamente interessata dalla realizzazione del campo fotovoltaico.

L'area disponibile è adibita ad accogliere seminativo semplice, vigneto (da vino e da mensa) e oliveto. L'altimetria nel complesso varia da un minimo di 229 ed un massimo di 286 m s.l.m. All'interno dell'area non sono presenti singolarità morfologiche fuorché modeste linee di impluvio che verranno tutelate ed escluse da ogni intervento.

L'impianto è raggiungibile da Caltanissetta attraverso la SS 640dir Strada Statale Raccordo di Pietraperzia, successivamente imboccando la SS626 all' uscita verso Mazzarino, la SP 47 all'uscita verso Licata percorrendola per circa 13,5 km si raggiunge Località "Venti Bocche".

Di seguito si riporta uno schema di inquadramento territoriale dell'intervento ed una sintesi in forma tabellare di quanto sopra esposto, nonché le particelle del catasto del comune di Butera nella disponibilità della Società proponente.

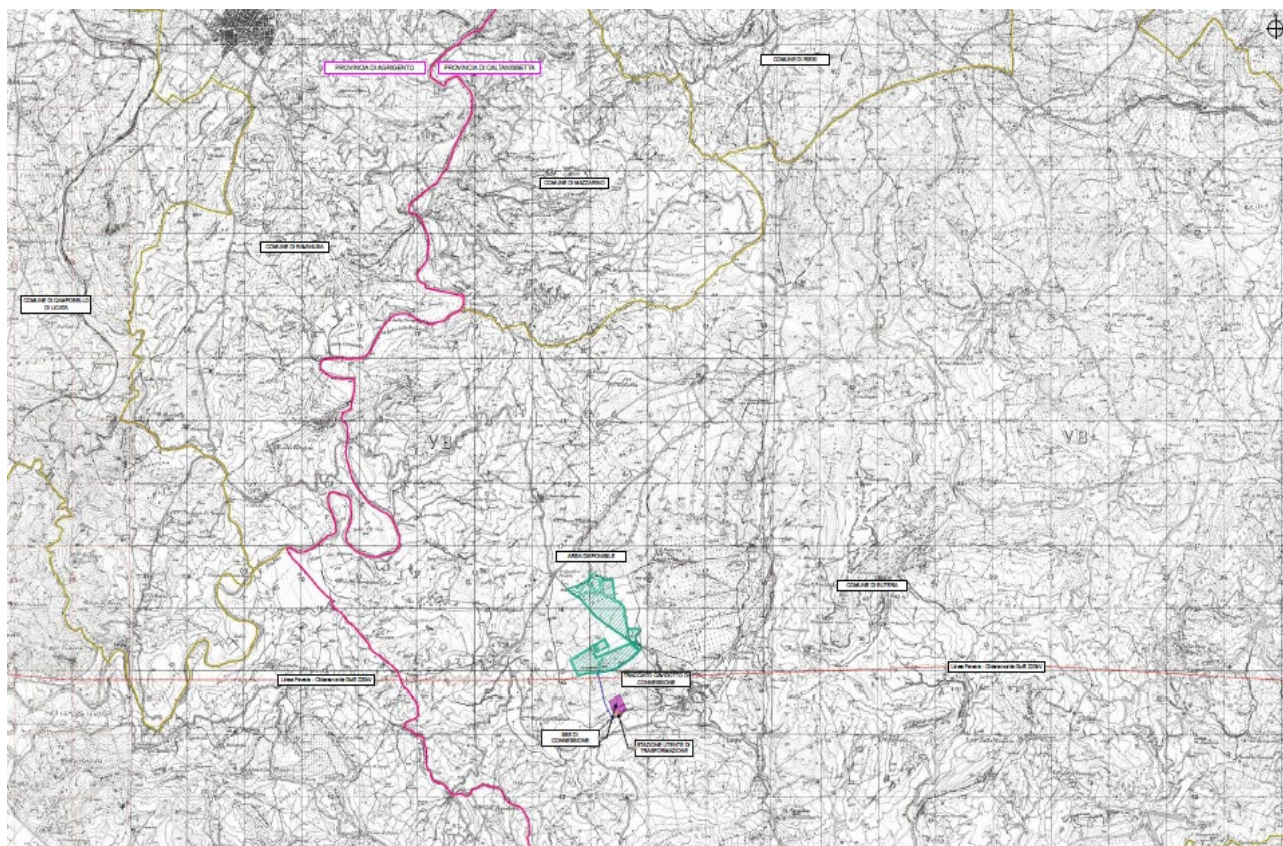


Figura 1 Inquadramento dell'intervento su IGM

| IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO "BALLERINA" | | | | |
|--|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------|
| CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO | | | | |
| Potenza in immissione | 44,98 MW | | | |
| Superficie area disponibile | 89,88 ha | | | |
| INQUADRAMENTO TERRITORIALE | | | | |
| | IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO | | SSE UTENTE DI TRASFORMAZIONE | |
| Località impianto | Località "Venti Bocche" | | Contrada San Pietro | |
| Comuni interessati | Butera (CL) | | | |
| Inquadramento CTR | 643010 | | | |
| Inquadramento IGM | 272-IV-SO, 272-III-NO | | | |
| INQUADRAMENTO CATASTALE | | | | |
| Comune | Foglio | Particelle | | |
| Butera (CL) | 129 | 8-12-42-44-45-47-49-255-256 | | |
| | 124 | 90-102-169-170-178-180 | | |
| TRACCIATO DEL CAVIDOTTO DI CONNESSIONE | | | | |
| Comune | Strada percorsa | Tipologia di sedime | Distanza [m] | Tipologia di cavidotto |
| Butera (CL) | Strada interpodereale | Strada Bianca | 440m | MT |
| | Strada non presente | Terreno agricolo | 600m | |
| Lunghezza totale del cavidotto | | | 1,04 km circa | |

1.3 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 innalzare la tensione della corrente convertendola da continua in alternata. Tutte le linee elettriche in uscita dalle power stations vengono convogliate alle cabine principali di impianto MTR Nord e MTR Sud, (o Cabina MTR - *Main Technical Room*) dalle quali parte la connessione alla rete elettrica nazionale.

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.

All'impianto di produzione energetica è associato un programma agronomico che prevede la coltivazione di foraggere per raccolta e/o pascolamento diretto. Una fascia arborata correrà lungo il perimetro dell'impianto; la scelta delle specie e del sesto di impianto rifletterà la vocazione dello specifico tratto di fascia: produttiva e/o di miglioramento ambientale del sito. Le specie utilizzate saranno comunque tipiche del paesaggio agrario locale e della regione fitogeografica.

A seguire si riportano il layout generale di progetto e una tabella riassuntiva delle componenti principali dell'intervento. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati di Progetto definitivo e dello Studio di impatto ambientale.



Figura 2 layout generale d'impianto

LEGENDA



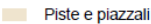




| | | |
|--|--|--|
|  Ingresso di impianto |  Palo servizi ausiliari |  Tracker da 30 moduli |
|  Area disponibile |  Cabina ausiliaria |  Tracker da 15 moduli |
|  Recinzione |  Power station |  Alberi |
|  Piste e piazzali |  Control room |  Mix aromatico apicoltura |
|  Fascia di mitigazione |  Cabina MTR con cabina partenza linea |  Amie |
|  Fascia arbustiva aromatica |  Magazzino | |
|  Alberatura boschiva di mitigazione |  Cistema | |
|  Colture foraggiere |  Attraversamento idraulico | |
|  Vegetazione spontanea | | |

Figura 3 legenda del layout generale d'impianto

PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO

| | |
|------------------------------|--|
| IMPIANTO AGRIVOLTAICO | <ul style="list-style-type: none"> N. 65.190 moduli fotovoltaici montati su strutture ad inseguimento solare monoassiale (trackers); il terreno tra e sotto i trackers mantiene la capacità produttiva; N. 10 cabine di campo o power stations; N. 2 cabine principali di impianto (Main Technical Room – MTR); N. 2 Control room per il personale con annesso magazzino; N. 2 magazzini dedicati all'attività agricola; N. 6 cisterne per irrigazione; Viabilità interna di servizio (strade bianche); Recinzione e sistemi di illuminazione di emergenza e di sorveglianza; Fascia alberata di mitigazione. |
| OPERE DI CONNESSIONE | <ul style="list-style-type: none"> Cavidotto interrato MT lungo viabilità esistente dall'impianto alla SSE Utente di Trasformazione; SSE Utente di Trasformazione 30/150 kV; Collegamento in antenna a 150 kV con una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 150 kV della RTN, da inserire in entra - esce alla linea 220 kV RTN "Favara - Chiamonte Gulfi". |

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 (area Sud e area Nord) separati essenzialmente dalla strada provinciale SP4. Entrambi i sub-campi saranno realizzati con strutture ad inseguimento monoassiale e monofila da 15 o 30 pannelli con stringhe a 28 o 26 pannelli. Ciascun sub-campo a sua volta sarà suddiviso in ulteriori sub-campi più omogenei per caratteristiche denominati "Array", in particolare 10 corrispondenti alle 10 power station. Tra i sub-campi Sud e Nord la distribuzione avverrà a mezzo di cavidotto interrato in MT dalla SSE alle due MTR (NORD e SUD), mediante due linee separate, la prima che giunge alla MTR NORD come una terna $3 \times 2 \times 630 \text{ mm}^2$, la seconda che giunge alla MTR SUD con una terna composta $3 \times 1 \times 630 \text{ mm}^2$. Dal punto di vista elettrico, la connessione a monte dei trasformatori elevatori (in SSE di trasformazione) sarà a 30 kV in cavidotto interrato, mentre la tensione di consegna sarà in antenna a 150 kV come stabilito dalla STMG Codice Pratica: 202301794.

Nel complesso avremo:

- Una cabina di ricezione MT denominata "MTR SUD" (MTR 2) a Sud, che esercita a 30kV, ubicata in ingresso al campo fotovoltaico con barra MT e relative protezioni, da cui partono le due linee per le *Power Station*, linee per ausiliari e quant'altro così come riportato negli elaborati relativi agli schemi elettrici;
- analoga cabina di ricezione MT denominata "MTR NORD" (MTR 1) a Nord, che esercita a 30kV, ubicata in ingresso al campo fotovoltaico con barra MT e relative protezioni, da cui si parte la linea per le *Power Station*, linee per ausiliari e quant'altro così come riportato negli elaborati relativi agli schemi elettrici;
- La MTR primaria (MTR NORD) di cui sopra sarà connessa alla SSE utente di trasformazione tramite cavidotto interrato per un totale di una terna composta $3 \times 2 \times 630 \text{ mm}^2$.
- La MTR secondaria (MTR SUD) di cui sopra sarà connessa alla SSE utente di trasformazione tramite cavidotto interrato per un totale di una terna composta $3 \times 1 \times 630 \text{ mm}^2$.
- Stazione SSE utente di trasformazione ove avverrà l'elevazione da 30 kV a 150 kV, e quindi il collegamento in antenna a 150 kV alla nuova stazione elettrica TERNA 220/150/36 kV da inserire in entra - esce alla linea RTN 220 kV "Favara-Chiaramonte Gulfi" da realizzarsi a cura Terna tramite cavo aereo a 220 kV;
- n. 10 Power Station. 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 a media tensione. Essenzialmente queste sono composte da 1 a 4 Inverter di

potenza nominale da 1,403 kVA a 1,675 kVA le cui uscite saranno collegate alla sezione BT di un trasformatore BT/MT.

Le suddette *Power Station* saranno collegate con schema radiale alla cabina "MTR" di competenza. Le *Power Station* avranno una potenza nominale d'uscita del trasformatore di 3,6, e 5,4 MVA 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 44,98 MW;

- globalmente agli inverter delle Power Station saranno collegati i cavi provenienti dalle String Box (in numero totale di 169) che a loro volta raggruppano i cavi provenienti delle stringhe del campo fotovoltaico;
- n. 65.190 moduli fotovoltaici uniti a formare stringhe da 28 o 26 moduli in serie (in numero di 2344), 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 da 30 e da 15 moduli.
- Un sistema di controllo e monitoraggio delle potenze erogate, assorbite ed immesse dai vari sistemi. Tale sistema sarà in grado di controllare la potenza immessa in rete secondo le esigenze di rete.

Di seguito tabella di dettaglio con i principali componenti e la consistenza delle varie parti costituenti l'impianto oggetto.

| Sub-campo | Array | kWp | n moduli | n stringhe | Stringhe per inverter | n. inverter | Mod. Inverter | Pot. inverter (kW) | Num. Power Station | P. tot. Inverter per Power station (kW) | Mod. Power station | stringbox per inverter | numero stringbox |
|---------------|-------|--------------------|--------------|-------------|--|-------------|---------------|--------------------|--------------------|---|--------------------|------------------------|------------------|
| I1 | 1-1 | 4868,64 | 7056 | 252 | 3 inverter da 84 stringhe da 28 moduli | 3 | 1640TL B630 | 1640 | 1 | 4920 | 5400 FSK | 6 | 18 |
| I2 | 2-1 | 4868,64 | 7056 | 252 | 3 inverter da 84 stringhe da 28 moduli | 3 | 1640TL B631 | 1640 | 1 | 4920 | 5400 FSK | 6 | 18 |
| I3 | 3-1 | 4849,32 | 7028 | 251 | 2 inverter da 84 stringhe da 28 moduli + 1 inverter da 83 stringhe da 28 moduli | 3 | 1640TL B632 | 1640 | 1 | 4920 | 5400 FSK | 6 | 18 |
| I4 | 3-2 | 5197,08 | 7532 | 269 | 3 inverter da 67 stringhe da 28 moduli + 1 inverter da 68 stringhe da 28 moduli | 4 | 1400TL B540 | 1400 | 1 | 5600 | 5400 FSK | 5 | 20 |
| I5 | 2-2 | 2782,08 | 4032 | 144 | 2 inverter da 72 stringhe da 28 moduli | 2 | 1400TL B541 | 1400 | 1 | 2800 | 3600 FSK | 5 | 10 |
| I6 | 4 | 5255,04 | 7616 | 272 | 4 inverter da 68 stringhe da 28 moduli | 4 | 1400TL B542 | 1400 | 1 | 5600 | 5400 FSK | 5 | 20 |
| I7 | 3-3 | 2666,16 | 3864 | 138 | 2 inverter da 69 stringhe da 28 moduli | 2 | 1400TL B543 | 1400 | 1 | 2800 | 3600 FSK | 5 | 10 |
| I8 | 2-2 | 5255,04 | 7616 | 272 | 4 inverter da 68 stringhe da 28 moduli | 4 | 1400TL B544 | 1400 | 1 | 5600 | 5400 FSK | 5 | 20 |
| I9 | 2-3 | 3941,28 | 5712 | 204 | 3 inverter da 68 stringhe da 28 moduli | 3 | 1400TL B545 | 1400 | 1 | 4200 | 5400 FSK | 5 | 15 |
| I10 | 2-4 | 5297,82 | 7678 | 290 | 1 inverter da 69 stringhe da 28 moduli + 1 inverter da 73 stringhe da 26 moduli + 1 inverter da 74 stringhe da 26 moduli + 1 inverter da 74 stringhe da 26 moduli | 4 | 1400TL B546 | 1400 | 1 | 5600 | 5400 FSK | 5 | 20 |
| TOTALE | | 44,9811 kWp | 65190 | 2344 | | 32 | | | 10 | 46960 kW | | | 169 |

Tali risultati vengono fuori dai calcoli elettrici degli impianti che possono variare in fase esecutiva. Si rimanda all'elaborato *ERIN-BU_T_37_B_D schemi elettrici unifilari BT - MT* per ulteriori approfondimenti.

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;
- Norma CEI EN 60383-2 Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V – 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 e 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 W_p : 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.

I_{sc} = corrente di corto circuito è la corrente massima prodotta da un dispositivo in determinate condizioni di luce e temperatura.

V_{oc} = tensione a circuito aperto è la tensione massima di un dispositivo in determinate condizioni di luce e temperatura, corrispondente alla massima tensione potenziale.

I_{mp} = corrente alla massima potenza è la corrente massima di un dispositivo in determinate condizioni di luce e temperatura, che è quella nominale di un dispositivo.

V_{mp} = tensione alla massima potenza è la tensione che si traduce in potenza massima in determinate condizioni di luce e temperatura.

Rendimento di un pannello fotovoltaico è la quantità di energia solare che un pannello riesce a convertire in energia elettrica per unità di superficie, ed è sempre il massimo rendimento alle condizioni STC. $\text{Rendimento \%} = (\text{Potenza} / \text{Superficie} / 1000) * 100$

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 trattata nell'elaborato *ERIN-BU_R_01_A_C_Relazione stazione di trasformazione e connessione*. Qui viene trattata la parte di impianto in bassa tensione (I^a Categoria) quindi dai moduli agli inverter/trasformatori BT/MT.

8 COMPONENTI IMPIANTO FV

8.1 Precisazioni

Le componenti scelte, presenti nel seguente vengono fuori dai risultati dei calcoli elettrici degli impianti che possono variare in fase esecutiva sia per nuove e più convenienti condizioni di mercato, sia per aggiornamenti e correzioni della parte elettrica. In ogni caso, le componenti manterranno caratteristiche simili per forma, colore e dimensioni.

8.2 Moduli fotovoltaici

Il presente progetto si basa su moduli tutti della medesima tipologia e taglia. Ai fini della presente si considerano moduli di tipo bifacciali della RISEN modello RSM132-8-690BNDG, in silicio monocristallino bifacciale a 132 celle, la cui potenza di picco in condizioni STC è pari a 690 Wp. Il numero di moduli in serie che compongono una stringa è pari a massimo 28 elementi e le tensioni di stringa limite che si ottengono sono Voc (V) pari a 1342 V considerato il guadagno di potenza del 10% ottenuta attraverso la parte posteriore del pannello, Isc (A) pari a 19,95 A alle precedenti condizioni e Vmpp di 1121 V alla temperatura di 25°C alle condizioni STC. Di seguito la scheda tecnica del modulo utilizzato in fase di progettazione definitiva.

NewT@N

N-TYPE BIFACIAL MODULE

Draft
832














RSM132-8-670BNDG-690BNDG

| | |
|--|--|
| 132 CELL N-type Module | 670-690Wp Power Output Range |
| 1500VDC Maximum System Voltage | 22.2% Maximum Efficiency |



KEY SALIENT FEATURES

-  Global, Tier 1 bankable brand, with independently certified state-of-the-art automated manufacturing
-  N-type solar cell without LID caused by B-O , power degradation in 1st year is no more than 1%
-  Better Temperature Coefficient
-  Bifacial technology enables additional energy harvesting from rear side (up to 30%)
-  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
-  Excellent wind load 2400Pa & snow load 5400Pa under certain installation method
-  Comprehensive product and system certification
 - ◆ IEC61215:2016; IEC61730-1/-2:2016;
 - ◆ ISO 9001:2015 Quality Management System
 - ◆ ISO 14001:2015 Environmental Management System
 - ◆ ISO 45001:2018 Occupational Health and Safety Management System



* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Risen Energy sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

RISEN ENERGY CO., LTD.

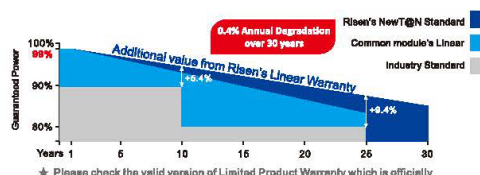
Risen Energy is a leading, global tier 1 manufacturer of high-performance solar photovoltaic products and provider of total business solutions for residential, commercial and utility-scale power generation. The company, founded in 1986, and publicly listed in 2010, compels value generation for its chosen 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, Mellin, Ninghai 315609, Ningbo | PRC
Tel: +86-574-59953239 Fax: +86-574-59953599
E-mail: marketing@risenenergy.com Website: www.risenenergy.com



LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12 year Product Warranty / 30 year Linear Power Warranty

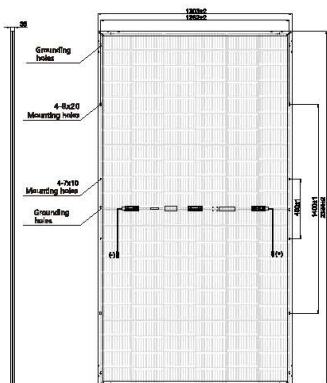


* Please check the valid version of Limited Product Warranty which is officially released by Risen Energy Co., Ltd

THE POWER OF RISING VALUE



Dimensions of PV Module Unit: mm



ELECTRICAL DATA (STC)

| Model Number | RSM132-8-670BNDG | RSM132-8-675BNDG | RSM132-8-680BNDG | RSM132-8-685BNDG | RSM132-8-690BNDG |
|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Rated Power in Watts-Pmax(Wp) | 670 | 675 | 680 | 685 | 690 |
| Open Circuit Voltage-Voc(V) | 47.17 | 47.36 | 47.55 | 47.74 | 47.93 |
| Short Circuit Current-Isc(A) | 17.90 | 17.96 | 18.02 | 18.08 | 18.14 |
| Maximum Power Voltage-Vmpp(V) | 39.34 | 39.52 | 39.70 | 39.88 | 40.06 |
| Maximum Power Current-Imp(A) | 17.04 | 17.09 | 17.14 | 17.19 | 17.24 |
| Module Efficiency (%) * | 21.6 | 21.7 | 21.9 | 22.1 | 22.2 |

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3. Bifacial factor: 80%±5 * Module Efficiency (%): Round-off to the nearest number

Electrical characteristics with 10% rear side power gain

| | | | | | |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Total Equivalent power -Pmax (Wp) | 737 | 743 | 749 | 754 | 760 |
| Open Circuit Voltage-Voc(V) | 47.17 | 47.36 | 47.55 | 47.74 | 47.93 |
| Short Circuit Current-Isc(A) | 19.69 | 19.76 | 19.82 | 19.89 | 19.95 |
| Maximum Power Voltage-Vmpp(V) | 39.34 | 39.52 | 39.70 | 39.88 | 40.06 |
| Maximum Power Current-Imp(A) | 18.74 | 18.80 | 18.85 | 18.91 | 18.96 |

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 | RSM132-8-670BNDG | RSM132-8-675BNDG | RSM132-8-680BNDG | RSM132-8-685BNDG | RSM132-8-690BNDG |
|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Maximum Power-Pmax (Wp) | 507.6 | 511.4 | 515.3 | 519.1 | 523.0 |
| Open Circuit Voltage-Voc (V) | 43.87 | 44.04 | 44.22 | 44.40 | 44.57 |
| Short Circuit Current-Isc (A) | 14.68 | 14.73 | 14.78 | 14.83 | 14.87 |
| Maximum Power Voltage-Vmpp (V) | 36.51 | 36.67 | 36.84 | 37.01 | 37.18 |
| Maximum Power Current-Imp (A) | 13.90 | 13.95 | 13.99 | 14.03 | 14.07 |

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

MECHANICAL DATA

| | |
|--------------------|---|
| Solar cells | N-type |
| Cell configuration | 132 cells (6×11+6×11) |
| Module dimensions | 2384×1303×35mm |
| Weight | 40kg |
| Superstrate | High Transmission, Low Iron, Tempered ARC Glass |
| Substrate | Tempered Glass |
| Frame | High strength alloy steel |
| 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

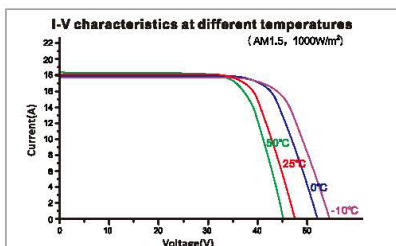
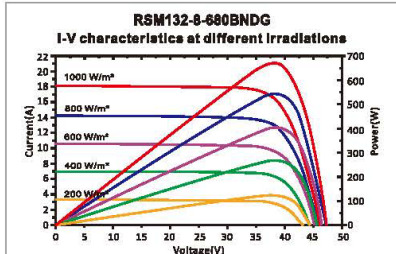
| | |
|---|-------------|
| Nominal Module Operating Temperature (NMOT) | 42°C±2°C |
| Temperature Coefficient of Voc | -0.26%/°C |
| Temperature Coefficient of Isc | 0.046%/°C |
| Temperature Coefficient of Pmax | -0.32%/°C |
| Operational Temperature | -40°C~+85°C |
| Maximum System Voltage | 1500VDC |
| Max Series Fuse Rating | 35A |
| Limiting Reverse Current | 35A |

PACKAGING CONFIGURATION

| | |
|---------------------------------|----------|
| | 40ft(HQ) |
| Number of modules per container | 527 |
| Number of modules per pallet | 31 |
| Number of pallets per container | 17 |
| Box gross weight[kg] | 1290 |

CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.
©2021 Risen Energy. All rights reserved. Contents included in this datasheet are subject to change without notice.
No special undertaking or warranty for the suitability of special purpose or being installed in extraordinary surroundings is granted unless as otherwise specifically committed by manufacturer in contract document.

THE POWER OF RISING VALUE



Our Partners:

RSM132-BNDG-12BB-EN-H2-1-2021

8.3 Power Station

Le componenti scelte, presenti nel seguente vengono fuori dai risultati dei calcoli elettrici degli impianti che possono variare in fase esecutiva sia per nuove e più convenienti condizioni di mercato, sia per aggiornamenti e correzioni della parte elettrica. In ogni caso, le componenti manterranno caratteristiche simili per forma, colore e dimensioni.

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) a media tensione (MT).

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

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 MT/bt), mentre i quadri MT e BT 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 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 1-4 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 MT-BT 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, accessibili dal perimetro esterno che verrà opportunamente lasciato libero e dimensionato in modo da facilitare l'utilizzabilità.

Le *Power Station* previste attualmente dal calcolo elettrico presentato riguarda i modelli 3600/5400/7200 FSK. Per una trattazione più ampia si riportano gli altri modelli esistenti per questa tipologia e produttore:

INGECON SUN POWER STATION 5400 FSK B SERIES 30kV equipaggiato con trasformatore MT/BT 30 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 30kV equipaggiato con trasformatore MT/BT 30kV 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;

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.

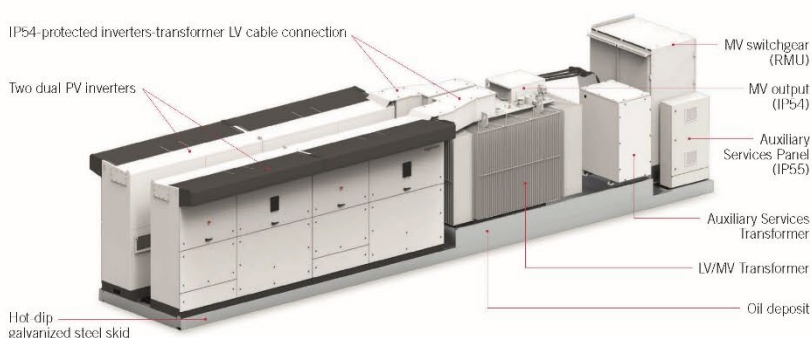
OPTIONAL ACCESSORIES

- 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.

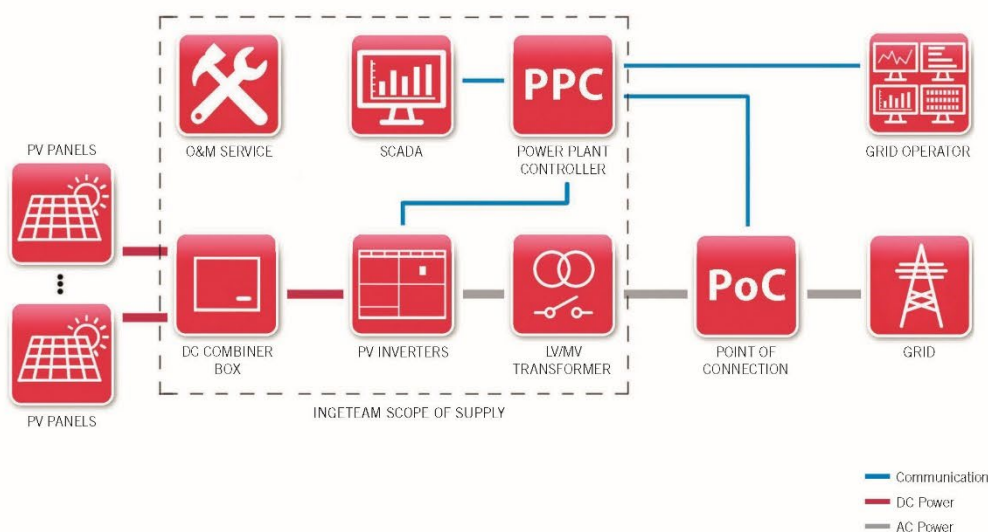
STANDARD EQUIPMENT

- Up to four inverters with an output power of 7.2 MVA.
- Liquid-filled hermetically sealed transformer up to 36 kV.
- 11.1A MV switchgear (2L1A optional).
- Oil retention tank.
- Frame for installation of LV equipment.
- Minimum installation at project site.

COMPONENTS



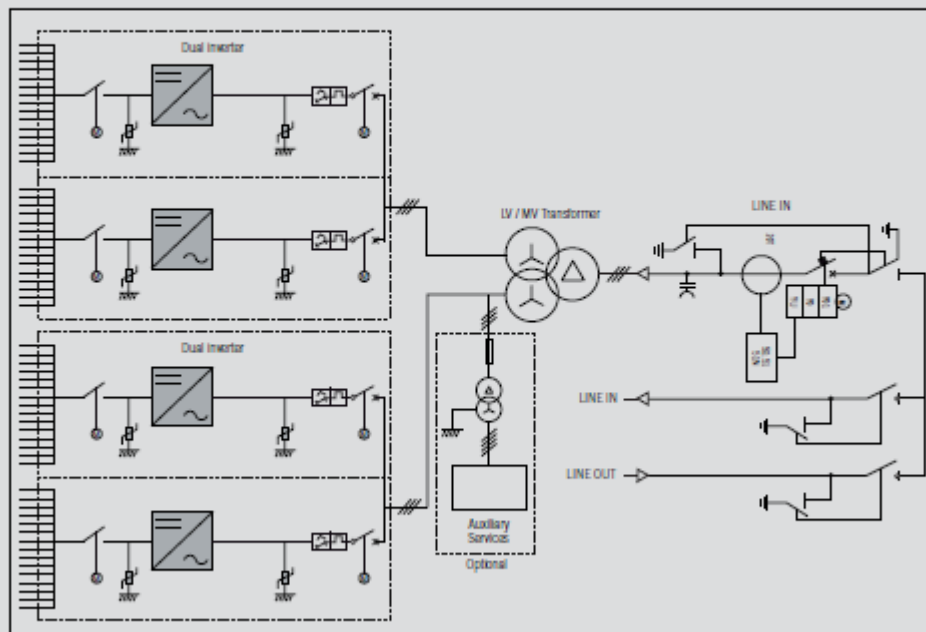
PV PLANT CONFIGURATION



| 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 kWA | 3,586 kWA | 5,379 kWA | 7,172 kWA | | |
| 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 20 kV up to 35 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 | | 11.1A coils (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 BE90. 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



8.4 Inverter Power B series

Le *Power station* di cui sopra saranno equipaggiati con i seguenti inverter solari, nelle combinazioni e strutture meglio rappresentate negli elaborati schemi elettrici e di cui tabella 1. Quelle che sono previste attualmente dal calcolo elettrico presentato riguarda i modelli B578 e B645. Per una trattazione più ampia si riportano gli altri modelli esistenti per questa tipologia e produttore:

INGECON SUN POWER B SERIES 1500Vdc 1400TL B540 V - 1,403 kVA a 30 C°

INGECON SUN POWER B SERIES 1500Vdc 1640TL B630 V - 1,637 kVA a 30 C°

Seguono le schede tecniche.

INGECON

SUN

Power B Series 1,500 Wdc

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

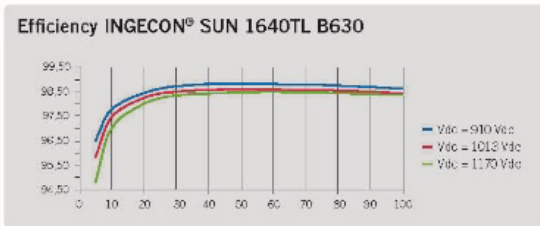
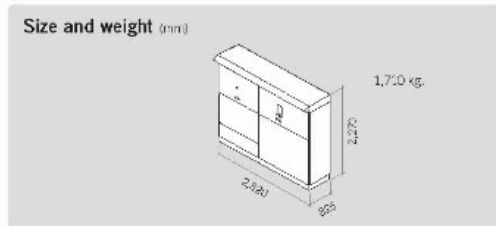
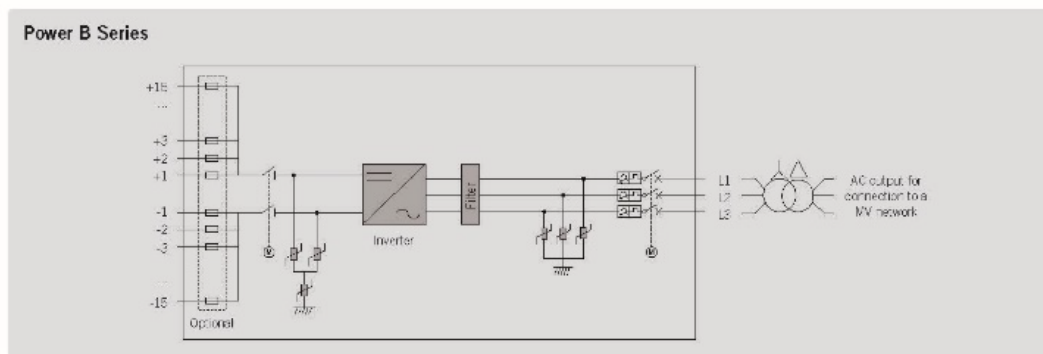
- DC Reverse polarity.
- Short-circuits and overloads at the output.
- Anti-islanding with automatic disconnection.
- Insulation failure DC.
- Up to 16 pairs of fuse-holders.
- Lightning induced DC and AC surge arresters, type II.
- Motorized DC switch to automatically disconnect the inverter from the 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 III.
- DC fuses.
- Monitoring of the DC currents.
- Sand trap kit.
- Wallmeter 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.



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 - 1,520 kWp | 1,389 - 1,824 kWp | 1,487 - 1,962 kWp | 1,543 - 2,026 kWp | 1,582 - 2,077 kWp |
| Voltage Range MPPT ⁽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 Ingeteam'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 60178, FCC Part 15, AS3100 | | | | |
| Grid connection standards | IEC 62116, EN 50530, IEC 61683, EU 631/2016 (EN 50649-2, 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_{dc}=1 p.u. and Power Factor=1) and floating systems. ⁽³⁾ Consider the voltage increase of the 'V_{oc}' at low temperatures. ⁽⁴⁾ With the sand trap kit. ⁽⁵⁾ Other AC voltages and powers available upon request. ⁽⁶⁾ For P_{av}>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.

| INGECON | SUN | Power B Series 1,500 V _{dc} | | | |
|---|--|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| | 1640TL B630 | 1675TL B645 | 1715TL B660 | 1755TL B675 | 1800TL B690 |
| Input (DC) | | | | | |
| Recommended PV array power range ⁽¹⁾ | 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 ⁽²⁾ | 894 - 1,300 V | 915 - 1,300 V | 935 - 1,300 V | 957 - 1,300 V | 978 - 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 | | | | | |
| Overtoltage 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 ⁽⁴⁾ | 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 ⁽⁴⁾ | 1,500 A / 1,328 A | | | | |
| Rated voltage ⁽⁵⁾ | 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) ⁽⁶⁾ | <3% | | | | |
| Output protections | | | | | |
| Overtoltage 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 | | | | | |
| 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 Ingeteam'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.0.12.2, 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_{ac}>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.

8.5 Quadri di parallelo BT

Presso ciascuna *power station* 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.

8.6 Quadri servizi ausiliari

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 *power station*. 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: 450V-645V/400V in base alle tensioni lato BT delle *power station*;
- 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 back* di espansione, per garantire la necessaria copertura in termini di autonomia dei servizi ausiliari di base.

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.

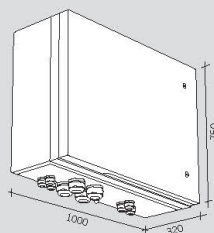


INGECON
SUN

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

Come descritto nei precedenti paragrafi il campo fotovoltaico, tra sub-campo NORD e SUD, nel complesso sarà costituito da 65.190 moduli bifacciali suddivisi in 1.872 stringhe omogenee di 28 moduli in serie. Ogni inverter, equipaggiato con un solo MTTP) si ritrova in ingresso quindi le stringhe provenienti dagli *string-box*. Data la eterogeneità dei campi e sub-campi gli *string-box* avranno in ingresso da un minimo di 6 stringhe ad un massimo di 16.

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 | 28 | 42,32 | 1185,02 | | | 822V-1.300V | VERIFICATO |
| V _m a STC | 28 | 47,93 | 1342,04 | | | 822V-1.300V | VERIFICATO |
| V _{oc} a -10 °C | 28 | 50,49 | 1499,05 | | | 1.500V | VERIFICATO |
| I _m a STC | 84 parall. | | | 19,95 A | 1.675 A | 1.870A | VERIFICATO |

9.2 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.

9.3 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 H1Z2Z2-K o equivalenti (rame stagnato 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 simili, sono resistenti all'ozono secondo EN50396, ai raggi UV secondo HD605/A1. Inoltre sono testati per durare nel tempo secondo la EN 60216.

| | | |
|--|--|--|
| Bassa Tensione Low Voltage | H1Z2Z2-K | Fotovoltaico Photovoltaic |
| <p>CPR (UE) n° 305/11 Eca</p> <p>EN 50618 CEI EN 60332-1-2 CEI EN 50525 CEI EN 50289-4-17 A CEI EN 50396 2014/35/UE 2011/65/CE CA01.00546</p> | <p>Regolamento Prodotti da Costruzione/Construction Products Regulation Classe conforme norme EN 50575:2014 + A1:2016 e EN 13501-6:2014 Class according to standards EN 50575:2014 + A1:2016 and EN 13501-6:2014</p> <p>Costruzione e requisiti/Construction and specifications Propagazione fiamma/Flame propagation Emissione gas/Gas emission Resistenza raggi UV/UV resistance test Resistenza ozono/Ozone resistance Direttiva Bassa Tensione/Low Voltage Directive Direttiva RoHS/RoHS Directive Certificato IMQ/IMQ Certificate</p> | <p>DoP n° 1036/17</p>  <p style="text-align: center;">H1Z2Z2-K</p>  |

DESCRIZIONE

Cavo unipolare flessibile stagnato per collegamenti di impianti fotovoltaici. Isolamento e guaina realizzati con mescola elastomerica senza alogeni non propagante la fiamma.

Conduttore
Corda flessibile di rame stagnato, classe 5

Isolante
Mescola LSOH di gomma reticolata speciale di qualità conforme alla norma EN 50618
LSOH = Low Smoke Zero Halogen

Guaina esterna
Mescola LSOH di gomma reticolata speciale di qualità conforme alla norma EN 50618

Colore anime
Nero

Colore guaina
Blu, rosso, nero

Marchatura a inchiostro
BALDASSARI CAVI IEMMEQU <HAR> H1Z2Z2-K 1/1 kV
(sez) (anno) (m) (tracciabilità)

CARATTERISTICHE TECNICHE

Tensione massima: 1800 V c.c. - 1200 V c.a.

Temperatura massima di esercizio: 90°C

Temperatura minima di esercizio: -40°C

Temperatura minima di posa: -40°C

Temperatura massima di corto circuito: 250°C

Sforzo massimo di trazione: 15 N/mm²

Raggio minimo di curvatura: 4 volte il diametro esterno massimo

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

DESCRIPTION

Flexible single-core cable for connection in photovoltaic installations. Insulation and sheath made of elastomeric compound, halogen free and flame retardant.

Conductor
Tinned copper flexible wire, class 5

Insulation
Special LSOH cross-linked rubber compound according to EN 50618 quality
LSOH = Low Smoke Zero Halogen

Outer sheath
Special LSOH cross-linked rubber compound according to EN 50618 quality

Cores colour
Black

Sheath colour
Blue, red or black

Inkjet marking
BALDASSARI CAVI IEMMEQU <HAR> H1Z2Z2-K 1/1 kV
(section) (year) (m) (traceability)

TECHNICAL CHARACTERISTICS

Maximum voltage U₀/U: 1800 V d.c. - 1200 V a.c.

Maximum operating temperature: 90°C

Minimum operating temperature: -40°C

Minimum installation temperature: -40°C

Maximum short circuit temperature: 250°C

Maximum tensile stress: 15 N/mm²

Minimum bending radius: 4 x maximum external diameter

Use and installation
For interconnection of photovoltaic elements. Suitable for fixed installation indoor and outdoor, in pipes exposed or embedded or in similar closed systems.
Suitable for laying directly underground or in pipe underground and to be used for class II equipment.



| Bassa Tensione Low Voltage | | H1Z2Z2-K | | | | | Fotovoltaico Photovoltaic | |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------|--|---|---|
| Formazione | Ø indicativa conduttore | Spessore medio isolante | Spessore medio guaina | Ø indicativa produzione | Peso indicativo cavo | Resistenza elettrica max a 20°C | Portata di corrente in aria libera Current rating free in air | |
| Formation | Approx. conductor Ø | Average insulation thickness | Average sheath thickness | Approx. production Ø | Approx. cable weight | Max. electrical resistance at 20°C | Singolo cavo Single cable 60°C | 2 cavi adiacenti 2 adjacent cables 60°C |
| n° x mm² | mm | mm | mm | mm | kg/km | ohm/km | A | A |
| 1 x 1,5 | 1,5 | 0,7 | 0,8 | 4,5 | 34 | 13,7 | 30 | 24 |
| 1 x 2,5 | 2,1 | 0,7 | 0,8 | 5,0 | 47 | 8,21 | 40 | 33 |
| 1 x 4 | 2,5 | 0,7 | 0,8 | 5,5 | 58 | 5,09 | 55 | 44 |
| 1 x 6 | 3,0 | 0,7 | 0,8 | 6,0 | 75 | 3,39 | 70 | 70 |
| 1 x 10 | 4,0 | 0,7 | 0,8 | 7,2 | 113 | 1,95 | 95 | 95 |
| 1 x 16 | 5,0 | 0,7 | 0,9 | 8,4 | 168 | 1,24 | 130 | 107 |
| 1 x 25 | 6,2 | 0,9 | 1,0 | 10,3 | 255 | 0,795 | 180 | 142 |
| 1 x 35 | 7,6 | 0,9 | 1,1 | 11,5 | 357 | 0,545 | 220 | 176 |
| 1 x 50 | 8,9 | 1,0 | 1,2 | 13,3 | 509 | 0,393 | 280 | 221 |
| 1 x 70 | 10,5 | 1,1 | 1,2 | 15,3 | 692 | 0,277 | 350 | 278 |
| 1 x 95 | 12,5 | 1,1 | 1,3 | 17,3 | 908 | 0,210 | 410 | 333 |
| 1 x 120 | 13,7 | 1,2 | 1,3 | 19,2 | 1130 | 0,164 | 480 | 390 |
| 1 x 150 | 16,1 | 1,4 | 1,4 | 21,3 | 1460 | 0,132 | 566 | 453 |
| 1 x 185 | 17,7 | 1,6 | 1,6 | 24,4 | 1752 | 0,108 | 644 | 515 |
| 1 x 240 | 19,9 | 1,7 | 1,7 | 26,6 | 2296 | 0,082 | 775 | 620 |

9.4 Cavi cablaggio string-box/inverter

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

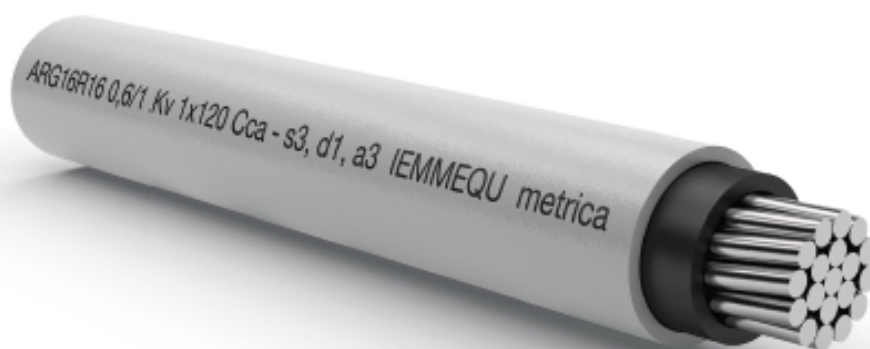
I cavi in esame saranno con conduttore in alluminio del tipo ARG16R16 0.6/1 kV unipolari flessibili con tensione nominale 1500 V c.c. guaina in PVC. Di seguito le schede tecniche.

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] | REFERIMENTI 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 | |

10 PROTEZIONE IMPIANTI ELETTRICI

10.1 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 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 etilenpropilenica e propilene reticolato

10.2 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 continuativamente presidiato ma vi sarà presente il personale solo durante le necessarie operazioni di manutenzione, controllo e monitoraggio, non si è ritenuto necessario dotare in fase di progettazione definitiva l'impianto di un sistema di protezione alla fulminazione diretta, ritenendo sufficiente 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*.

11 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.

11.1 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.

11.2 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.

| 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 |

11.3 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:

- a) 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 $ZPE = Z_s \times 50 / U_0$;
- b) 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 IMPIANTO DI TERRA DEL CAMPO FOTOVOLTAICO

12.1 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:

- I²t è l'energia specifica lasciata passare dell'interruttore automatico durante l'interruzione del guasto
- K_c è un coefficiente (tab. 13.5) 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 |
| | | $\mathcal{G}_0 = 30$ | $\mathcal{G}_0 = 30$ | $\mathcal{G}_0 = 30$ |
| | | $\mathcal{G}_f = 160$ | $\mathcal{G}_f = 250$ | $\mathcal{G}_f = 220$ |
| Cavo unipolare | Cu | 143 | 166 | 176 |
| | Al | 95 | 110 | 116 |
| Cavo nudo a contatto con rivestimento esterno di cavi isolati | Cu | 143 | 166 | 176 |
| | Al | 95 | 110 | 116 |
| | 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 |
| | | $\mathcal{G}_0 = 70$ | $\mathcal{G}_0 = 85$ | $\mathcal{G}_0 = 85$ |
| | | $\mathcal{G}_f = 160$ | $\mathcal{G}_f = 250$ | $\mathcal{G}_f = 220$ |
| 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 (*) |
| | | $\mathcal{G}_0 = 30$ | $\mathcal{G}_0 = 30$ | $\mathcal{G}_0 = 30$ |
| | | $\mathcal{G}_f = 500$ | $\mathcal{G}_f = 200$ | $\mathcal{G}_f = 150$ |
| 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 |
| | | $\mathcal{G}_0 = 30$ | $\mathcal{G}_0 = 80$ | $\mathcal{G}_0 = 75$ |
| | | $\mathcal{G}_f = 160$ | $\mathcal{G}_f = 250$ | $\mathcal{G}_f = 220$ |
| Rivestimento o armatura del cavo | Cu | 122 | 140 | 149 |
| | Al | 79 | 90 | 96 |
| | Fe | 42 | 48 | 51 |
| | Pb | 22 | 19 | 19 |

12.2 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 MT per guasto sul lato BT | $I_{1k3F} = \frac{I_{2k3F}}{V_{1n}} \cdot V_{2n}$ |

In base alla rete MT esercita a 30kV per le varie Power station e ausiliari otteniamo:

| | | | | |
|------------|------------|----------|----------|------------|
| P [MW] | 5,4 | 5,4 | 3,6 | 0,1 |
| V2n [V] | 630 | 540 | 540 | 400 |
| vk% | 6 | 6 | 6 | 6 |
| I1n [A] | 104,046243 | 104,0462 | 69,36416 | 1,92678227 |
| I2n [kA] | 4,95458299 | 5,780347 | 3,853565 | 0,14450867 |
| I2k3F [kA] | 82,5763832 | 96,33911 | 64,22608 | 2,40847784 |
| I1k3F [kA] | 1,73410405 | 1,734104 | 1,156069 | 0,03211304 |

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

20.1 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:

| P [MW] | 5,4 | 5,4 | 3,6 | 0,1 |
|----------------------|------|------|------|------|
| t | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| S [mm ²] | 150 | 185 | 120 | 70 |

12.4 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. | | |

12.5 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 chiusino.

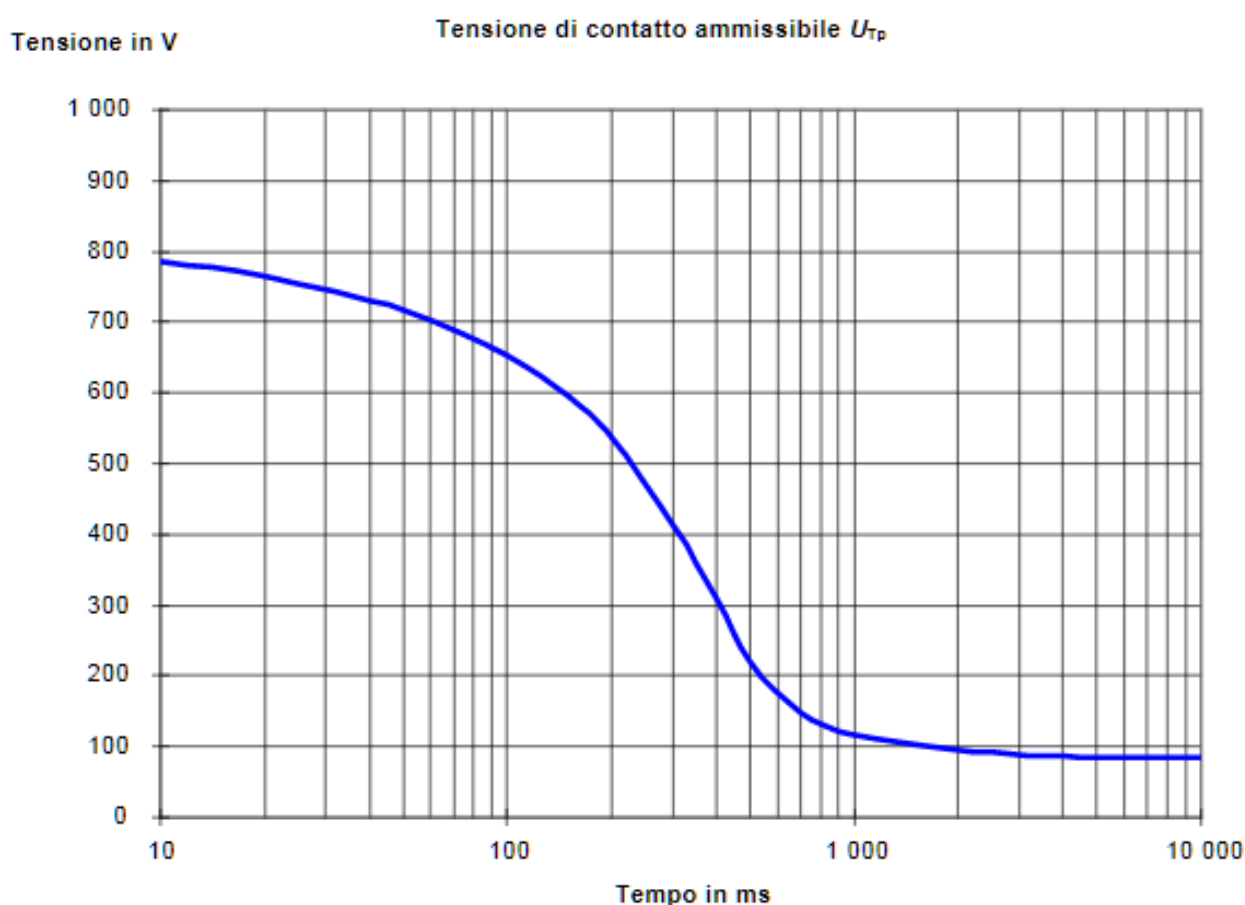
L'impianto di terra sarà unico e rispondente alle norme vigenti (in particolare alla Norma CEI 99-3 "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata" ed alla Guida CEI 11-37 "Guida per l'esecuzione degli impianti di terra di stabilimenti industriali per sistemi di I, II e III categoria").

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

12.6 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.



Secondo quanto ottenuto dal dimensionamento della rete MT di cui all'elaborato sottostazione utente SSE, si ritiene ragionevole una corrente di guasto a terra pari a 100A e un tempo di eliminazione del guasto pari a 1s. A favore di sicurezza, considerando un tempo di eliminazione maggiore di 10s si ottiene dal grafico di cui sopra una tensione U_{Tp} pari a 80V. Pertanto la resistenza di terra (RE) dovrà soddisfare la seguente condizione:

$$RE \leq U_{Tp} / I_F \text{ ossia } RE \leq 80V / 100A = 0,80\Omega.$$

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.

Palermo 30/11/2023

Ing. Girolamo Gorgone