

# DOCUMENTAZIONE FINALE DI PROGETTO

## Relazione tecnica



### **IMPIANTO FOTOVOLTAICO SABAR**

Realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 155,52 kW<sub>p</sub> posto su copertura di fabbricato in costruzione denominato "Frazione Secca" presso lo stabilimento S.A.BA.R. di Novellara (RE)

**COMMITTENTE:**  
S.A.BA.R. S.p.a  
Via Levata, 64  
42017 – Novellara (RE)

# Indice

<b>1</b>	<b>Premessa.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Calcolo della produzione attesa.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Descrizione dell'impianto e dei principali componenti.....</b>	<b>7</b>
3.1	Moduli fotovoltaici.....	7
3.2	Inverter .....	8
<b>4</b>	<b>Quadri elettrici .....</b>	<b>10</b>
4.1	Quadro generale BT in cabina di trasformazione .....	10
4.2	Quadro generale MT in cabina consegna ENEL .....	11
4.3	Misura dell'energia prodotta ed immessa in rete .....	12
4.4	Trasformatore MT/BT in cabina di trasformazione .....	12
<b>5</b>	<b>Collegamenti elettrici .....</b>	<b>13</b>
5.1	Collegamenti in cavo tra moduli fotovoltaici e inverter.....	13
5.2	Collegamenti tra inverter e quadro QGBT di parallelo inverter	13
5.3	Collegamenti tra quadro QGBT e trasformatore MT/BT lato BT	13
5.4	Collegamenti tra trasformatore MT/BT lato MT e quadro MT13	
5.5	Collegamenti tra quadro MT utente e quadro MT Enel.....	13
5.6	Conduttori di protezione .....	14
<b>6</b>	<b>Impianto di terra .....</b>	<b>14</b>

# Impianto fotovoltaico SABAR

## 1 Premessa

L'intervento in oggetto consiste nella progettazione e realizzazione di un nuovo impianto fotovoltaico di potenza **155,52 kW<sub>p</sub>**, per la conversione diretta dell'energia solare in energia elettrica, installato su copertura di fabbricato in costruzione denominato "Frazione Secca" presso lo stabilimento S.A.B.A.R. di Novellara (RE).

Di seguito sono riportati i dati geografici del sito prescelto:

- Latitudine                    40° 49' N
- Longitudine                 10° 39' E

L'impianto è strutturato per la cessione totale dell'energia elettrica prodotta alla rete MT di ENEL Distribuzione alla tensione nominale di 15 kV.

Per vendere l'energia elettrica prodotta l'Impresa intende chiedere la tariffa incentivante per l'impianto fotovoltaico integrato secondo quanto previsto da DM 19 febbraio 2007 ("Criteri e modalità per incentivare la produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare, in attuazione dell'articolo 7 del DLgs 29 dicembre 2003 n° 387").

Il capannone destinato ad ospitare l'impianto fotovoltaico, è in acciaio su due file di colonne vincolate in fondazione con piastra di base e tirafondi: da un lato le colonne sono a passo 5m e tale lato è interamente tamponato con pannelli, dall'altro la struttura è a passo 10m con colonne tipo reticolare e travi di banchina sempre reticolari per sostenere le capriate, tale lato è baraccato e con portoni. La copertura è a capriata con montanti verticali. Le due testate del capannone sono realizzate con trave in profilo unico e colonne di testata in profilo IPE, anche tali lati sono completamente baraccati. I telai sono collegati con arcarecci tipo C-irrigidito e le capriate sono collegate con tre file di stabilizzatori fuori falda, manto da copertura con pannello coibentato.

Controventi di falda in angolare e disposti a croce di Sant'Andrea, controventi di parete in angolare e disposti a croce di Sant'Andrea (da una parte due croci sovrapposte).

Tutta la baraccatura è realizzata con elementi tipo C-irrigidito.

L'inclinazione della falda del capannone è di 6° equivalente al 10,5% di pendenza.

# Dimensionamento impianto

## 2 Calcolo della produzione attesa

I dati elettrici di targa dei moduli fotovoltaici e le loro caratteristiche di funzionamento (I-V) sono riferiti a condizioni standard (STC<sup>1</sup>), pertanto in condizioni operative i parametri elettrici e funzionali (tensione, corrente, potenza, energia, efficienza di conversione, temperatura di esercizio, ecc.) dei dispositivi e, di conseguenza, le caratteristiche I-V, variano al variare delle condizioni meteorologiche ed in particolare: spettro solare (AM), potenza solare incidente, temperatura ambiente, intensità e direzione del vento.

La disposizione dei pannelli, delle strutture di sostegno e delle strutture prefabbricate per realizzare i locali tecnici sono riportati negli elaborati grafici di progetto.

I componenti principali che compongono l'impianto fotovoltaico connesso alla rete sono:

- moduli fotovoltaici;
- strutture di appoggio e ancoraggio dei moduli fotovoltaici;
- convertitori statici corrente continua/corrente alternata (inverter);
- condutture elettriche;
- impianto di terra;
- quadro elettrico di parallelo inverter in corrente alternata;
- trasformatore elevatore BT/MT 0,4/15 kV (250kVA);
- quadro MT con dispositivo e protezione generale conformi CEI 016.

Il campo fotovoltaico di potenza di picco pari a 155,52 kW<sub>p</sub>, è composto da 864 pannelli da 180 W<sub>p</sub> collegati in serie di 18 pannelli ciascuno, denominate stringhe, allo scopo di raggiungere valori adeguati di tensione di esercizio degli inverter.

In totale sono installate n°4 stringhe collegate a n°12 inverter trifase di potenza 12,96 kW<sub>p</sub>, per un totale di 48 stringhe.

Gli inverter sono installati all'interno della cabina di trasformazione, posizionata a pochi metri dal fabbricato.

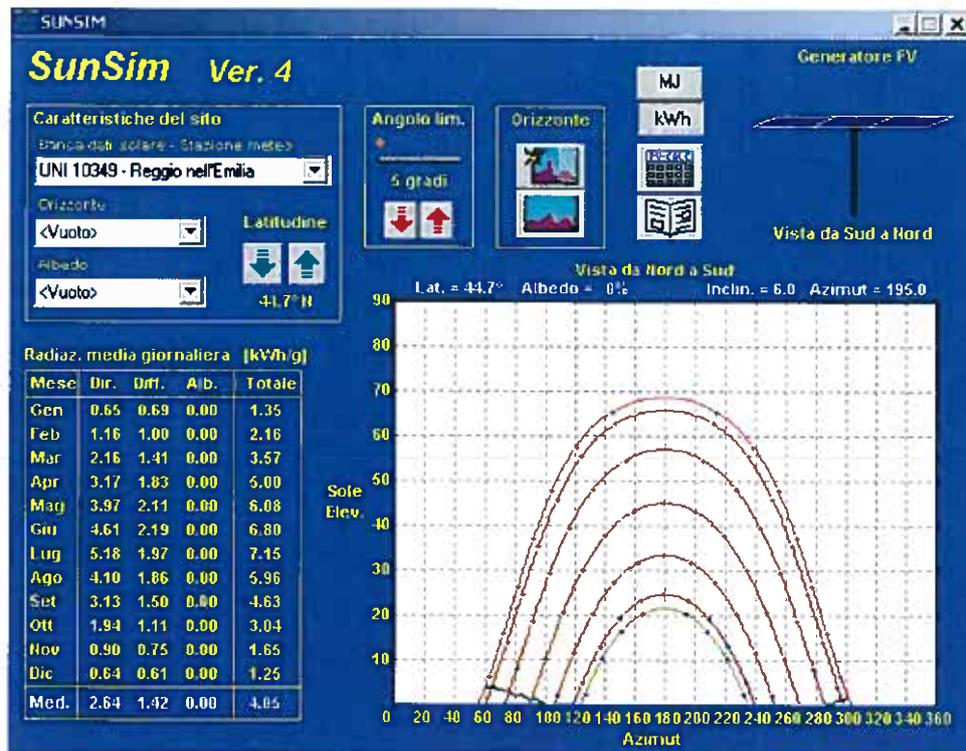
Per quanto riguarda la stima della produzione si sono considerati i valori di insolazione di Reggio-Emilia, secondo la normativa UNI 10349 da cui è stato calcolato il valore della radiazione solare incidente sul piano dei moduli.

La tabella seguente indica la radiazione solare media mensile espressa in kWh/mese e calcolata con i seguenti dati di ingresso del sito:

- Orizzonte privo di ombreggiamenti
- Fattore di albedo: 0%
- Inclinazione del piano dei moduli (tilt): 6°

<sup>1</sup> STC Irradiazione 1000 W/m<sup>2</sup> Temperatura di cella 25°C AM=1,5

- Azimut (nord = 0°): 195°
- Angolo limite di riflessione della radiazione: 5.0 gradi



Dai dati riportati in tabella, risulta una radiazione media giornaliera su base annua pari a 4,05 kWh/giorno: ciò vuol dire che per ogni kW<sub>p</sub> installato, il valore medio annuale di energia captabile dal piano dei moduli inclinati a 6° è pari a circa 1.478 kWh/anno per kW<sub>p</sub>.

In conformità alla norma UNI 10349, per il dimensionamento del campo fotovoltaico si è tenuto conto di una serie di fattori tecnici che influenzano sistematicamente la producibilità dell'impianto. Tali parametri, legati all'architettura del sistema ed al tipo di servizio che l'impianto è chiamato a svolgere, possono essere così riassunti:

- perdite per scostamento delle condizioni di esercizio dei moduli rispetto ai dati di targa
- perdite per riflessione
- perdite causate da un non ottimale accoppiamento tra le stringhe (perdite per mismatch)
- perdite sui circuiti in corrente continua ed alternata, dovute alla resistenza dei cavi
- perdite nei quadri elettrici
- perdite negli inverter di conversione DC/AC
- perdite per parziale ombreggiamento reciproco tra le file di pannelli
- perdite per inquinazione dei moduli, dipendenti dal sito di installazione e dalle condizioni meteorologiche

L'insieme di questi fattori modificano il rendimento di conversione di tutto il sistema: si può notare infatti come la stima della producibilità dell'impianto non dipenda esclusivamente dal sito di installazione, ma occorre tenere conto degli aspetti tecnici legati ai componenti utilizzati in tutto il processo di conversione.

Per questo motivo in questa sede, si è provveduto ad adottare accorgimenti specifici, utili ad aumentare il rendimento impiantistico. I coefficienti di perdita elencati in tabella sono stati determinati con un criterio prudenziale secondo quanto previsto dalle norme di progettazione applicabili per questa tipologia d'impianto.

<b>PRODUZIONE IMPIANTO</b>	
<b>Parametri</b>	<b>Valori</b>
Energia captabile ( $E_c$ )	$4,05\text{kWh/g} \times 365\text{gg} = 1.478 \text{ kWh/anno} \times \text{kWp}$
Potenza nominale impianto ( $P_n$ )	155,52 kWp
<b>Perdite</b>	
Perdite per riflessione, polluzione, neve	1,50%
Perdite per ombreggiamenti	1,00%
Perdite per mismatch tra pannelli	4,00%
Perdite medie annuali per effetto temperatura	10,00%
Perdite nei circuiti in corrente continua	1,00%
Perdita media dovuta agli inverter	3,00%
Perdite nei circuiti in alternata	0,50%
Totale perdite ( $p_t$ )	21,00%
<b>Producibilità specifica netta</b>	
Produzione netta di energia elettrica	$E_n = E_c \times p_t = 1.167,6 \text{ kWh/anno} \times \text{kWp}$
<b>Energia prodotta</b>	
Energia totale prodotta	$E_{\text{tot}} = P_n \times E_n = 181.585 \text{ kWh/anno}$

# Descrizione generale

## 3 Descrizione dell'impianto e dei principali componenti

L'impianto fotovoltaico è di tipo fisso, complanare alla copertura esistente e incassato in essa in modo da rendere l'impianto totalmente integrato.

Sulle strutture di supporto sono posati i moduli fotovoltaici in silicio monocristallino di potenza 180 W<sub>p</sub> con azimut 195° (sud-sud/ovest) e tilt 6°.

L'impianto è realizzato secondo la seguente tabella di sintesi:

impianto	potenza di picco	n°inverter x n°stringhe x n°pannelli	pannello	azimut	tilt
<b>FV Sabar</b>	<b>155,52</b>	<b>12 inverter x 4 stringhe x 18 pannelli</b>	<b>Topsola</b>	<b>195°</b>	<b>6°</b>

### 3.1 Moduli fotovoltaici

Il pannello fotovoltaico Topsola TSM-160M scelto per il sito in questione è del tipo al silicio monocristallino ed ha una potenza di picco di 180 kW<sub>p</sub> con tolleranza 0 +3%.

Si riportano di seguito le principali caratteristiche tecniche del pannello scelto:

- potenza nominale pannello: 180 W<sub>p</sub>
- tolleranza sulla potenza nominale<sup>2</sup>: 0 +3%
- efficienza del pannello: 14,1%
- tipologia di pannello: silicio monocristallino
- NOCT: 45 ±2 °C
- massa del pannello: 17 kg
- dimensioni del pannello: (1580×808×40) mm
- temperatura massima di funzionamento: -40°C ÷ +90°C
- massima tensione di sistema (IEC 61215): 1000 V DC
- classe di isolamento II
- potenza resa dai pannelli non inferiore al 90% di quella nominale dopo 10 anni e non inferiore all'80% di quella nominale dopo 20 anni
- massima capacità di carico: 2400 Pa

<sup>2</sup> Per accordi contrattuali la fornitura avrà una tolleranza inferiore pari a 0% documentata da una procedura di verifica statistica presso il fornitore ed il cantiere con apparecchiature del costruttore e del laboratorio ENEA di Portici.

- diametro massimo della grandine: sfere d'acciaio di 225g lasciati cadere da 1 m
- conformità alle norme CEI EN 61215, CEI EN 61730
- marcatura CE

### 3.2 Inverter

La tipologia di impianto utilizzata è quella con inverter di stringa, con doppio canale di ingresso indipendente per dare la massima flessibilità di configurazione di impianto con massimo tre punti di connessione di stringa per ogni MPPT e due utilizzati nella realizzazione dell'impianto.

L'utilizzo di due ingressi per MPPT non richiede l'installazione di fusibili e di diodi di blocco esterni in quanto la massima corrente inversa delle due stringhe non supera quella ammessa all'ingresso agli inverter e sopportata dai moduli fotovoltaici.

Funzionamento senza trasformatore di isolamento per ottenere un rendimento elevato con efficienza massima 97,8%, efficienza Europea; 97,25 (12.5 kW).

Unità di conversione a vero ponte trifase. Range di tensione di ingresso MPPT: 200-850Vdc.

Curve di efficienza piatte a garanzia della stabilità delle prestazioni al variare della tensione di ingresso e del carico. Massima efficienza centrata nei range di tensione di ingresso e potenza di uscita per prestazioni ottimali alle effettive condizioni di lavoro

Algoritmo di aggancio del punto di MPPT estremamente veloce (1 sec) e preciso (99,8%) su due canali di ingresso indipendenti

Bassa sensibilità a buchi di rete e micro interruzioni per evitare disconnessioni in presenza di variazioni/interruzioni della rete fino ai limiti previsti dalla normativa

Range di temperatura esteso -25°C +60°C, massima potenza di uscita garantita fino a 50°C ambiente in totale assenza di ventilazione

Conformità norme CEI 11-20, DK5940, IEC61683, IEC61727, EN50081, EN50082, EN61000,

Marcatura CE.

Dati tecnici:

- Marca: Power-One Italy SpA
- Modello: PVI-12.5 OUTD
- Potenza nominale DC: 13 kW
- Potenza DC massima: 14,3 kW
- Intervallo di tensione di funzionamento:  $0,7 \times V_{start}$  - 850 (580 nominale) V
- Intervallo di tensione per operaz. MPPT a piena potenza (carico simmetrico): 360-750 V
- Intervallo di tensione per operaz. MPPT a piena potenza (carico asimmetrico): 445-750 (@ 8kW) / 278-750 (@ 5kW) V
- Tensione massima assoluta: 900 V

- Tensione di attivazione (Vstart): 360 nominale (selezionabile da 250Vdc-500Vdc, indipendentemente per ciascun canale)
  - Numero di MPPT indipendenti: 2
  - Potenza massima di ingresso per ciascun MPPT: 8 kW
  - Numero di ingressi DC: 6 (3 per ciascun MPPT, con fusibili di protezione opzionali)
  - Corrente massima di ingresso per ciascun MPPT: 18 A (22 corto circuito)
  - Connessione lato DC: 12 x MultiContact Ø 4mm (6 maschi - ingressi positivi + 6 femmine - ingressi negativi)
  - Controparti per connettori di ingresso incluse
  - Sezione di cavo ammessa -Unipolare/Multipolare: 4-6mmq/AWG12-10 - Ø cavo con isolante: 3-6mm
- 
- Inversione polarità: Sì
  - Varistori lato DC 4 ( 2 per ciascun MPPT ), termicamente protetti
  - Controllo di isolamento del generatore fotovoltaico conforme a VDE 0126-1-1
  - Interruttore-sezionatore DC integrato (Rating: 1000Vdc / 25Adc)
  - Potenza di uscita nominale fino a 50°C: 12,5 kW
  - Potenza massima di uscita: 13,8 kW
  - Connessione alla rete: AC Trifase 400Vac/50Hz con o senza neutro (rete a 3 o 4 fili) + PE
  - Tensione di uscita nominale: 3x400 Vac
  - Intervallo di tensione AC di esercizio: 311-456Vac
  - Frequenza di rete nominale: 50 Hz
  - Corrente di uscita massima: 16,6A per fase (19A corto circuito) 20A per fase (22A corto circuito)
  - Distorsione armonica totale corrente AC [THD%] <2% alla potenza nominale con tensione di rete sinusoidale CITA
  - Varistori lato AC 3, connessi a stella ad un punto comune con gas arrester verso terra
  - Dispositivo di rilevamento guasto a terra (sensibile a tutte le correnti DC+AC) conforme a VDE 0126-1-1
  - Efficienza massima: 97,70%
  - Euro Efficienza: 97,25%
  - Raffreddamento: Convezione Naturale
  - Temperatura ambiente d'esercizio: -20 / +60 °C (derating di potenza sopra i 50°C)

- Altitudine max: 2000 m
- Rumore acustico: <50 @1mt dB (A)
- Grado di protezione ambientale: IP65
- Umidità relativa: 0-100% punto di condensa
- Dimensioni: [H x W x D] 650 x 650 x 200
- Peso: 38 kg
- Consumo in Stand-By: 10 W
- Consumo di potenza per immissione in rete: 30 W
- Consumo notturno: <2 W
- Isolamento: Nessun isolamento, senza trasformatore
- Display: Si ( 2 linee alfanumeriche)
- Comunicazione: RS485 Morsettiera a vite- Sezione conduttore: 0,08-1,5mmq/AWG28-16)

## 4 Quadri elettrici

L'utilizzo di inverter di stringa in esecuzione per esterno limita l'impiego di quadri elettrici al QGBT ed al QMT collocati rispettivamente in cabina di trasformazione ed in cabina ricezione.

### 4.1 Quadro generale BT in cabina di trasformazione

Ove non diversamente specificato, il costruttore del quadro, della carpenteria e delle apparecchiature che lo compongono è Schneider Electric. Il quadro è stato marcato CE dal costruttore dopo averne effettuato le prove di conformità alla norma CEI EN 60439-1. La carpenteria è della serie Prisma Plus ed ha le seguenti caratteristiche:

- Tensione di isolamento (in base alle apparecchiature)
- Tensione di esercizio                      400 V
- Corrente nominale nelle sbarre        630 A
- Corrente di corto circuito                25 kA
- Frequenza                                      50 Hz
- Tensione ausiliaria                          230 V
- Sistema di neutro                            TN-C
- Sbarre    3F
- Materiale                                        Lamiera
- Verniciatura esterna / interna          RAL9001

- Forma di segregazione	2
- Grado di protezione esterno	IP 31
- Grado di protezione interno	IP 20
- Larghezza del quadro	856 mm
- Altezza del quadro	2006 mm
- Profondità del quadro	450 mm
Composizione del quadro	1 colonna

Nella colonna centrale è installato il Dispositivo di Interfaccia costituito da un interruttore magnetotermico tripolare NW20N1 motorizzato da 2000A avente anche la funzione di protezione del secondario del trasformatore da corto circuito e di sezionamento visualizzato dell'intero impianto di produzione. Il Dispositivo di Interfaccia è equipaggiato con una bobina di minima tensione comandata dalla Protezione di Interfaccia Thytronic modello NV10P che provvede a sconnettere l'impianto fotovoltaico dalla rete in caso di anomalia dei parametri o di mancanza della rete MT. Entrambi i dispositivi sono conformi alla Norma CEI 0-16: il DI è stato tarato per proteggere l'impianto fotovoltaico dal cortocircuito e la PI è stata tarata secondo i parametri richiesti da ENEL per proteggere la rete di connessione. Si ricorda che un impianto fotovoltaico per sua natura non è soggetto a sovraccarico e, pur possedendo il DI tale protezione, essa non potrà mai intervenire.

Al ritorno della rete MT o al suo rientro nei parametri normali, la Protezione di Interfaccia si ripristina automaticamente e comanda la richiusura del Dispositivo di Interfaccia e, in presenza di radiazione solare sufficiente, la ripresa della produzione di energia elettrica.

Sulle sbarre che collegano l'interruttore motorizzato di interfaccia alla sbarra verticale di parallelo dei 12 interruttori magnetotermici tripolari C60N di protezione dal corto circuito e di sezionamento lato AC degli inverter, sono installati 3 TA 1500 / 5A e le prese di tensione del contatore di produzione ISKRA modello MT831 teleleggibile a distanza conforme alla Direttiva MID, alle prescrizioni Enel e certificato UTF al fine di contabilizzare l'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico.

#### 4.2 Quadro generale MT in cabina consegna ENEL

Nel locale utente delle cabine MT prefabbricate di ricezione ENEL è installato il Quadro generale MT conforme alle Regole di connessione alla rete di cui alla Norma CEI 0-16. Il Dispositivo generale ha anche la funzione di protezione e sezionamento del primario del trasformatore e della relativa linea MT di connessione. Schneider Electric è il costruttore del quadro MT serie SM6 standard con protezione arco interno sul fronte e sui lati (IAC AFL 12,5 Ka 1s). Le caratteristiche principali del quadro sono le seguenti:

Tensione nominale	24kV
Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale 50Hz / 1min valore efficace	50kV
Tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico 1,2 / 50 microS valore di picco	125 kV
Tensione di esercizio	15 kV
Frequenza nominale	50 Hz
N° fasi	3
Corrente nominale delle sbarre principali	630 A

Corrente nominale max delle derivazioni	630 A
Corrente nominale ammissibile di breve durata	12,5 kA
Corrente nominale di picco	31,5 kA
Potere di interruzione degli interruttori alla tensione nominale	12,5 kA
Durata nominale del corto circuito	1 s
Tensione nominale degli ausiliari	230 V
Larghezza	1168 mm
Profondità	1220 mm
Altezza	2050 mm

Il quadro è composto da 2 scomparti: GAM 2 e DM1A-SF1. Come Dispositivo Generale richiesto dalla Norma CEI 0-16 è stato installato un interruttore MT tripolare isolato in gas SF<sub>6</sub>. Sullo scomparto del DG è stata installata una cella BT contenente la Protezione Generale composta da un relè Sepam S41 con data logger, da 3 TA LPCT-TLP30 e da un toroide CSH 160 installato sul cavo tripolare MT di connessione tra il punto di consegna utente in Cabina Enel ed i morsetti di ingresso della cella di risalita cavi GAM 2. La PG agisce sulla bobina di apertura a lancio di tensione installata sul DG ed è alimentata da un UPS: tutta la PG è conforme alla CEI 0-16 ed i suoi componenti sono riportati nelle tabelle scaricabili dal sito ANIE. Dopo aver tarato la PG con i parametri richiesti da ENEL, è stata verificato lo sgancio del DG con esito positivo.

#### 4.3 Misura dell'energia prodotta ed immessa in rete

Il committente ha stipulato con ENEL Distribuzione spa il servizio di misura dell'energia prodotta ed immessa in rete. A tal fine ENEL ha installato nel locale misure della cabina di consegna un contatore bidirezionale collegato ai TV e TA di misura posti nello scomparto di consegna utente del locale ENEL.

#### 4.4 Trasformatore MT/BT in cabina di trasformazione

Il trasformatore elevatore 0,4/15 kV è isolato in resina ed è ubicato entro apposito armadio metallico in apposito box nelle cabine prefabbricate di trasformazione. La portella di accesso dell'armadio può essere aperta solo previa apertura del DG e successiva messa a terra ed in corto circuito della linea MT di alimentazione. Il trasformatore serie T-Cast è costruito da Schneider Electric ed ha le seguenti caratteristiche:

Potenza nominale	250 kVA
Tensione di riferimento	17,5 kV
Tensione di prova a frequenza industriale 50 Hz 1 min	50 kV
Tensione di impulso 1,2 / 50 micro secondi	125 kV
Tensione primaria	15 kV
Tensione secondaria tra le fasi	400 V
Tensione secondaria tra le fasi e il neutro	231 V
Regolazione MT	± 2 x 2,5%
Collegamenti triangolo / stella con neutro accessibile	Dyn 11
Perdite a vuoto	880 W
Perdite dovute al carico a 75 °C	3.250 W
Perdite dovute al carico a 120 °C	3.800 W
Tensione di corto circuito	6%
Corrente a vuoto	1,5%
Corrente di inserzione I <sub>e</sub> / I <sub>n</sub> valore di cresta	10.5
Corrente di inserzione - costante di tempo	0,15
Caduta di tensione a pieno carico cosφ = 1	1,70%
Caduta di tensione a pieno carico cosφ = 0,8	4,89%

Rendimento a 4/4 del carico $\cos\phi = 1$	98,16 %
Rendimento a 4/4 del carico $\cos\phi = 0,8$	97,71 %
Rendimento a 3/4 del carico $\cos\phi = 1$	98,42 %
Rendimento a 3/4 del carico $\cos\phi = 0,8$	98,03 %
Grado di protezione	IP 31
Rumore potenza acustica Lwa	65 dB (A)
Rumore pressione acustica Lpa a 1 m	54 dB (A)

Come si può ricavare dalla tabella, il trasformatore che è stato adottato ha una potenza di 250 kVA superiore a quella strettamente necessaria per l'impianto fotovoltaico di 155,52 kWp e ciò al fine di ridurre le perdite a carico a circa il 40% di quelle nominali in quanto esse dipendono dal quadrato della corrente di impiego del trasformatore.

Nell'armadio di protezione del trasformatore, collegato al secondario del trasformatore, è installato il quadro di rifasamento a vuoto del trasformatore stesso composto da un condensatore statico trifase da 5 kVar a 415 V in polipropilene e da un sezionatore sottocarico con fusibili in cassetta metallica.

## 5 Collegamenti elettrici

### 5.1 Collegamenti in cavo tra moduli fotovoltaici e inverter

I collegamenti elettrici tra i moduli fotovoltaici in serie fra loro per ottenere le stringhe, sono stati realizzati con i cavi forniti dal costruttore dei pannelli. I cavi sono stati connessi tra loro mediante i connettori maschio (+) e femmina (-) in dotazione. I collegamenti finali agli inverter lato DC sono stati eseguiti con prolunghe di lunghezza adeguata realizzate con cavi solari FG7M2\* 1x6 mm<sup>2</sup>. Tutti i connettori non sono sconnettibili sotto carico.

### 5.2 Collegamenti tra inverter e quadro QGBT di parallelo inverter

I collegamenti elettrici tra gli inverter lato AC ed il QGBT in cabina di trasformazione sono stati eseguiti con cavi tripolari FG7OR 3x16 mm<sup>2</sup>. La sezione adottata è stata maggiorata rispetto alla sezione termica dei cavi richiesta dalla corrente di impiego dei circuiti al fine di ridurre la caduta di tensione e quindi le perdite a valori trascurabili.

### 5.3 Collegamenti tra quadro QGBT e trasformatore MT/BT lato BT

I collegamenti elettrici tra il quadro QGBT ed il trasformatore MT/BT lato BT sono stati eseguiti con cavi unipolari FG7R (1x240 mm<sup>2</sup>) x fase + cavo NO7V-K 1x50 mm<sup>2</sup>PEN.

### 5.4 Collegamenti tra trasformatore MT/BT lato MT e quadro MT

I collegamenti elettrici tra trasformatore BT/MT lato MT e quadro MT sono stati eseguiti con cavo tripolare in alluminio ARE4H5EX 3x185 mm<sup>2</sup> posato in cavidotto interrato.

### 5.5 Collegamenti tra quadro MT utente e quadro MT Enel

I collegamenti elettrici tra i quadri MT sono stati eseguiti con cavo tripolare in alluminio ARE4H5EX 3x185 mm<sup>2</sup> posato nella vasca di fondazione della cabina di ricezione.

## 5.6 Conduttori di protezione

Conduttori di protezione in cavo N07V-K giallo-verde da 16 mm<sup>2</sup> sono stati installati tra QGBT, inverter e strutture di sostegno al fine di collegare a terra gli inverter e di consentire il funzionamento del controllore permanente di isolamento di cui ogni inverter è dotato.

Conduttore di protezione e neutro PEN in cavo NO7V-K 1 x 50 mm<sup>2</sup> giallo verde nastrato e blu chiaro alle estremità è stato installato per collegare francamente a terra il centro stella del trasformatore MT/BT lato BT.

## 6 Impianto di terra

Gli impianti di terra a servizio della cabina MT di ricezione Enel e di trasformazione MT/BT di trasformazione sono chiamati a disperdere le correnti di guasto a terra in media tensione.

Essi sono composti da un anello perimetrale in rame nudo da 35 mm<sup>2</sup> posato nello scavo della platea di fondazione delle cabine ad una profondità di circa 50 cm.

L'impianto di terra della cabina MT di ricezione Enel e di trasformazione MT/BT sono interconnessi tra loro attraverso gli schermi in rame dei cavi MT aventi ciascuno una sezione non inferiore a 16 mm<sup>2</sup> per fase con una sezione totale equivalente non inferiore a 50 mm<sup>2</sup> per ciascun cavo tripolare.

Prima di mettere in servizio la connessione alla rete MT, è stata effettuata la verifica dell'impianto di terra in base ai dati della corrente di guasto monofase a terra e del tempo di eliminazione dello stesso forniti da Enel.

Enel ha comunicato che la rete MT che alimenta l'impianto fotovoltaico è esercita con neutro isolato, che la corrente di guasto monofase a terra è di 170 A e che il tempo di eliminazione del guasto a terra è 0,72 s.

L'impianto di terra è stato misurato con uno strumento HT modello Sirius 87 applicando il metodo di misura voltamperometrico ed è stato riscontrato un valore di resistenza di 0,7 Ω. La tensione totale di terra risulta :

$$U_e = R \times I_e = 0,7 \times 170 = 119V \quad \text{dove:}$$

- R= resistenza impianto di terra
- U<sub>e</sub>= tensione totale di terra
- I<sub>e</sub>= corrente di guasto monofase a terra

Essendo tale valore uguale alla tensione di contatto ammissibile U<sub>Tp</sub> di 125 V, prevista nella tab. C3 della Norma CEI 11- 1 in relazione al tempo di eliminazione del guasto a terra, l'impianto risulta idoneo e conforme alla normativa vigente.



Il progettista

Per. Ind. Daniele Diacci