

REGIONE SARDEGNA
Provincia di Sassari
COMUNE DI SASSARI



IMPIANTO FOTOVOLTAICO
denominato "NURRA" da 35 MW

| | | | |
|---------|--|-----------|--------------------|
| Oggetto | PROGETTO DEFINITIVO | | VGE-FVS-PD2 |
| Titolo | CALCOLI PRELIMINARI DIMENSIONAMENTO ELETTRICO | Cod.elab. | scala |

| Data | Rev. | Descrizione | Eseg. | Contr. | Appr. |
|-------------|------|-------------|-------|--------|-------|
| Luglio 2021 | 0 | Emissione | IAT | GF | VGE |

A cura di:
 I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l.
 Dott. Ing. Giuseppe Frongia

Gruppo di lavoro:
 Ing. Giuseppe Frongia
 (coordinatore e responsabile)
 Ing. Marianna Barbarino
 Ing. Enrica Batzella
 Dott. Agr. Federico Corona
 Dott. Geol. Francesca Lobina
 Dott. Nat. Maurizio Medda
 Ing. Gianluca Melis
 Dott. Nat. Fabio Schirru
 Dott. Geol. Mauro Pompei
 Ing. Emanuela Spiga
 Dott. Matteo Tatti (Archeologia)

Progettazione:
 Dott. Ing. Giuseppe Frongia

Il Committente:
 Volta Green Energy

iat CONSULENZA
E PROGETTI


www.iatprogetti.it

Committente:
 Volta Green Energy S.r.l.
 Piazza Manifattura, 1 - 38068 Rovereto (TN)
 Tel. +39 0464 625100 - Fax +39 0464 625101
 PEC volta-ge@legalmail.it

| | | | |
|---------|---|---|----------------|
| A4 | VGE-FVS-PD2_Calcoli preliminari dimensionamento elettrico | VGE-FVS-PD2_Calcoli preliminari dimensionamento elettrico | 2021/0247 |
| Formato | File origine | File di stampa | Codice pratica |


Elaborazioni: I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l. con socio unico - Via Santa Margherita 4, 09124 Cagliari, Tel./Fax +39.070.658297

Disegni, calcoli, specifiche e tutte le altre informazioni contenute nel presente documento sono di proprietà della I.A.T. Consulenza e progetti s.r.l. Al ricevimento di questo documento la stessa diffida pertanto di riprodurlo, in tutto o in parte, e di rivelarne il contenuto in assenza di esplicita autorizzazione.

| | | |
|---|---|--|
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | OGGETTO Volta g.e. <small>gridenergy</small> IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO | COD. ELABORATO VGE-FVS-PD2 |
| | TITOLO CALCOLI PRELIMINARI DIMENSIONAMENTO ELETTRICO | PAGINA 1 di 14 |

INDICE

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 1 | GENERALITÀ | 2 |
| 2 | CALCOLI ELETTRICI | 3 |
| 2.1 | Determinazione della potenza dell'impianto | 3 |
| 2.2 | Caratteristiche moduli fotovoltaici | 3 |
| 2.3 | Caratteristiche Inverter | 3 |
| 2.3.1 | <i>Potenza nominale del generatore fotovoltaico</i> | <i>4</i> |
| 2.3.2 | <i>Accoppiamento stringhe-inverter</i> | <i>5</i> |
| 2.4 | Quadri BT | 6 |
| 2.4.1 | <i>Quadri elettrici BT lato c.a.</i> | <i>6</i> |
| 2.5 | Quadri MT | 6 |
| 2.6 | Cavi per la distribuzione elettrica in BT c.c..... | 7 |
| 2.7 | Cavi per la distribuzione elettrica in BT c.a..... | 7 |
| 2.8 | Cavi per la distribuzione elettrica in MT | 8 |
| 2.9 | Dimensionamento dei circuiti BT e MT..... | 9 |
| 2.10 | Protezione dei circuiti MT | 11 |
| 2.11 | Protezione dei circuiti BT | 12 |
| 2.11.1 | <i>Protezione contro i sovraccarichi.....</i> | <i>12</i> |
| 2.11.2 | <i>Protezione contro i cortocircuiti</i> | <i>12</i> |
| 2.12 | Contributo alle correnti di corto circuito al PCC | 13 |

| | | |
|---|--|--|
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | OGGETTO Volta g.e. <small>greenenergy</small> IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO | COD. ELABORATO VGE-FVS-PD2 |
| | TITOLO CALCOLI PRELIMINARI DIMENSIONAMENTO ELETTRICO | PAGINA 2 di 14 |

1 GENERALITÀ

La presente relazione dei calcoli elettrici costituisce parte integrante del progetto definitivo di un impianto fotovoltaico a terra da 35.08 MWp proposto dalla società Volta Green Energy S.r.l. in località "s'Eligheddu", immediatamente ad ovest della discarica controllata per rifiuti non pericolosi di "Scala Erre", facente parte del sistema di gestione integrata dei rifiuti in capo allo stesso Comune di Sassari.

Il collegamento alla RTN necessita della realizzazione di una stazione MT/AT di utenza che serve ad elevare la tensione di impianto al livello di 150 kV, per il successivo collegamento alla stazione di rete 380/150 kV di "Fiumesanto". La stazione di utenza sarà ubicata in loc. Fiumesanto nel Comune di Sassari (SS) ed occuperà un'area di circa 2.360 m².

La stazione sarà costituita da una sezione in MT a 30 kV e da una sezione a 150 kV con isolamento in aria. Per ogni dettaglio sulle modalità realizzative della SE di utenza e del cavo AT di collegamento con la stazione RTN si rimanda all'esame dei contenuti dello specifico progetto allegato all'istanza di autorizzazione.

Nel seguito saranno definite le caratteristiche del generatore fotovoltaico e dei circuiti di distribuzione in c.a. e c.c. in bassa, media e alta tensione.


I criteri progettuali seguiti sono principalmente quelli di pervenire ad una configurazione impiantistica tale da garantire il corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni operative.

Dal punto di vista del dimensionamento degli impianti il documento è redatto in conformità alla Norma CEI 0-2 con lo scopo di:

- determinare i parametri elettrici fondamentali di funzionamento dell'impianto, sia in condizioni normali che in condizione di guasto;
- determinare i parametri elettrici di riferimento per l'acquisizione dei principali componenti di impianto, determinando i criteri generali di scelta delle soluzioni impiantistiche adottate;
- definire i criteri e le soluzioni impiantistiche ai fini della sicurezza delle persone nei confronti dei contatti diretti e indiretti.

Le condizioni ambientali di riferimento nei calcoli effettuati nella presente relazione sono:

- temperatura interna da – 5°C a + 40°C,
- temperatura esterna da – 10°C a + 70°C,
- umidità interna variabile dal 20 % al 85 %.

| | | |
|---|---|--------------------------------------|
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | OGGETTO Volta g.e. <small>green energy</small> IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO | COD. ELABORATO VGE-FVS-PD2 |
| | TITOLO CALCOLI PRELIMINARI DIMENSIONAMENTO ELETTRICO | PAGINA 3 di 14 |

2 CALCOLI ELETTRICI

2.1 Determinazione della potenza dell'impianto

Per calcolare la potenza dell'impianto in progetto si è proceduto, in primo luogo, alla definizione del layout d'impianto, ottimizzandolo in funzione dell'orientamento dei confini del terreno e delle scelte tecnologiche effettuate, e sulla base della soluzione tecnica minima generale (STMG) elaborata da Terna relativa ad una potenza complessiva in immissione di 35 MW.

2.2 Caratteristiche moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici impiegati sono del modello JA solar JAM78S30-605/GR in silicio monocristallino, le cui caratteristiche riferite alle condizioni standard di irraggiamento (STC: 1000W/m², 25°C, AM 1,5) sono riportate in Tabella 2.1.

Tabella 2.1 - Dati tecnici moduli FV

| | |
|---|-------------|
| Potenza massima (P_{max}) [W _p] | 605 Wp |
| Tensione alla massima potenza (V_{mpp}) [V] | 45.53 |
| Corrente alla massima potenza (I_{mpp}) [A] | 13.29 |
| Tensione di circuito aperto (V_{oc}) [V] | 53.61 |
| Corrente di corto circuito (I_{sc}) [A] | 14.08 |
| Massima tensione di sistema [V_{dc}] | 1500 |
| Coefficiente termico αP_{mpp} [%/°C] (NOCT 46°) | -0.350%/°C |
| Coefficiente termico αV_{oc} [%/°C] (NOCT 46°) | -0.275%/°C |
| Coefficiente termico αI_{sc} [%/°C] (NOCT 46°) | +0.045%/°C |
| Efficienza modulo [%] | 21,6% |
| Dimensioni principali [mm] | 2465 x 1134 |

2.3 Caratteristiche Inverter

Gli inverter selezionati per l'impianto avranno le caratteristiche individuate dal costruttore SUNGROW, modello SG250HX con potenza massima generabile di 250 kW, e saranno ubicati all'interno del campo FV.

I dati tecnici sono riportati in Tabella 2.2.


| | | |
|---|---|--------------------------------------|
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | OGGETTO Volta g.e. <small>green energy</small> IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO | COD. ELABORATO VGE-FVS-PD2 |
| | TITOLO CALCOLI PRELIMINARI DIMENSIONAMENTO ELETTRICO | PAGINA 4 di 14 |

Tabella 2.2 - Dati tecnici inverter SUNGROW, modello SG250HX



| | |
|--|--------------------------|
| Marca e Modello | SUNGROW, modello SG250HX |
| Potenza nominale [kVA] | 250 |
| Potenza nominale [kW] $\cos \varphi=1$ | 250 |
| Potenza nominale [kW] $\cos \varphi=0.8$ | 250 |
| Corrente massima DC [A] | 26 |
| Corrente massima AC [A] | 180.5 |
| Intervallo Tensione MPPT - V_{mpp} [V] | 600-1500 |
| Tensione Max DC- $V_{max DC}$ [V] | 1500 |
| N° di ingressi lato DC | 12 |
| Connessione di rete AC | 800V, 50 Hz, 3F |
| Fattore di potenza $\cos \varphi$ | 1 / ± 0.8 IND/CAP |
| Dimensioni (A x L x P) mm | 660/1051/363 mm |
| Efficienza Europea | 98,7% |
| Efficienza Inverter max | 99,0% |

2.3.1 Potenza nominale del generatore fotovoltaico

Le caratteristiche dell'impianto in progetto sono riassunte nella Tabella 2.3.

Tabella 2.3 – Generatore FV

| | |
|--------------------------|--------------------------|
| Modello moduli FV | JA solar JAM78S30-605/GR |
| Cabine di trasformazione | n. 5 da 6300 kW |
| Cabine inverter | n. 120 da 250 kW |
| Cabina MT 30kV | n. 1 |
| Distanza E-W tra le file | 4,5 m |
| Distanza N-S tra le file | 0.50 m |
| n. tracker da 26 moduli | 1902 |
| n. tracker da 13 moduli | 656 |
| n. totale moduli | 57980 |
| n. stringhe da 26 moduli | 2230 |
| Potenza DC (MWp) | 35.08 MWp |
| Potenza nominale AC (MW) | 30.0 MW |
| Rapporto DC/AC | 1,17 |

| | | |
|---|--|--|
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | OGGETTO  IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO | COD. ELABORATO VGE-FVS-PD2 |
| | TITOLO CALCOLI PRELIMINARI DIMENSIONAMENTO ELETTTRICO | PAGINA 5 di 14 |

La potenza complessiva nominale dell'impianto, considerando n. 57980 moduli da 605 Wp, sarà pertanto di 35.08 MWp mentre la potenza in AC sarà pari a 30.0 MW, con un rapporto AC/DC di circa 1,17.

2.3.2 Accoppiamento stringhe-inverter

Per assicurare un funzionamento sicuro ed efficiente dell'inverter è necessario configurare il campo fotovoltaico adattandolo al modello di inverter prescelto, valutandone attentamente le condizioni estreme di funzionamento.

Il dimensionamento delle stringhe dell'inverter è stato effettuato considerando i requisiti previsti dalla guida CEI 82-25 ed in particolare, sono state verificate con il simulatore d'impianto implementato in PVSYTS, le seguenti condizioni di funzionamento:

1. Tensione massima stringa a vuoto, alla minima temperatura:

- Tensione di circuito aperto, V_{oc} a 60°C inferiore alla tensione massima di sistema del modulo FV.
- Tensione di circuito aperto V_{oc} a 5 °C inferiore alla tensione massima dell'inverter.

2. Tensioni MPPT:

- La tensione nel punto STC deve essere compresa nella finestra di tensione in cui ricade il punto di funzionamento alla massima potenza.
- La tensione nel punto di massima potenza, V_{pm} a 60 °C deve essere maggiore della Tensione MPPT minima.
- Tensione nel punto di massima potenza, V_{pm} a 5 °C deve essere minore della Tensione MPPT massima.

Il parallelo delle uscite in c.c. avverrà mediante l'utilizzo di quadri di campo e manovra distribuiti opportunamente nei singoli sottocampi FV come indicato negli elaborati grafici di progetto.

I risultati delle verifiche di accoppiamento, nelle condizioni più gravose, sono riassunti nella Tabella 2.4.


| | | |
|---|--|--------------------------------------|
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | OGGETTO Volta g.e. <small>GreenEnergy</small> IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO | COD. ELABORATO VGE-FVS-PD2 |
| | TITOLO CALCOLI PRELIMINARI DIMENSIONAMENTO ELETTRICO | PAGINA 6 di 14 |

Tabella 2.4 - Configurazione stringhe – MPPT (26 moduli per stringa).

| Ver. n. | Grandezza | Temperatura | Valore grandezza | Valore verifica |
|---------|---|-------------|------------------|-------------------|
| 1 | Tensione a Vuoto alla Minima Temperatura | 5°C | 1471 V | <1500V (Moduli) |
| | | | | <1500V (Inverter) |
| 2 | Tensione di MPPT a STC | 20°C | 1147V | 850V -1425 V |
| | Tensione di MPPT alla minima Temperatura | 5°C | 1260 V | <1500V |
| | Tensione di MPPT alla Massima Temperatura | 60 °C | 1050 V | >850V |

2.4 Quadri BT

2.4.1 Quadri elettrici BT lato c.a.

I quadri elettrici saranno realizzati con struttura in robusta lamiera di acciaio con un grado di protezione IP55. I quadri elettrici di BT c.a. dovranno avere le caratteristiche riportate in Tabella 2.5.

Tabella 2.5 - Dati tecnici Quadri Elettrici BT c.a.

| | |
|---|---------|
| Tensione nominale [V] | 690 |
| Tensione esercizio [V] | 400 |
| Numero delle fasi | 3F + PE |
| Livello nominale di isolamento tensione di prova a frequenza industriale per 1 min verso terra e tra le fasi [kV] | 2,5 |
| Frequenza nominale [Hz] | 50 |
| Corrente nominale sbarre principali. | 3200 A |

2.5 Quadri MT

Nell'impianto sono dislocati quadri MT di smistamento e di connessione alle MVPS.

In ciascuna cabina di conversione e trasformazione è previsto un quadro di media tensione con la cella di protezione del trasformatore e i due sezionatori della linea entra-esci che collega tra loro le cabine d'impianto.

I dati tecnici principali dei quadri di distribuzione prescelti sono riportati in Tabella 2.6.


| | | |
|---|---|--------------------------------------|
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | OGGETTO Volta g.e. <small>gruppoenergia</small> IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO | COD. ELABORATO VGE-FVS-PD2 |
| | TITOLO CALCOLI PRELIMINARI DIMENSIONAMENTO ELETTRICO | PAGINA 7 di 14 |

Tabella 2.6 - Dati tecnici quadri MT

| | |
|---|-------------|
| Tensione nominale [kV] | 30 |
| Tensione di esercizio [kV] | 30 |
| Frequenza nominale [Hz] | 50 |
| N° fasi | 3 |
| Corrente nominale delle sbarre principali [A] | 630/1250 |
| Corrente nominale max delle derivazioni [A] | 630/1250 |
| Corrente nominale ammissibile di breve durata [kA] | 12,5/16 |
| Corrente nominale di picco [kA] | 31,5 kA |
| Potere di interruzione degli interruttori alla tensione nominale [kA] | 12,5kA/16kA |
| Durata nominale del corto circuito [s] | 1 |

La tensione di riferimento per l'isolamento delle apparecchiature è di 36 kV. L'isolamento dei cavi MT è pari a 18/30kV.

2.6 Cavi per la distribuzione elettrica in BT c.c.

I cavi utilizzati sul lato c.c. dell'impianto di produzione devono essere in grado di sopportare severe condizioni ambientali per tutta la durata in vita dell'impianto. Le condutture devono avere un isolamento doppio per ridurre i guasti a terra e i corto circuiti.


Per il collegamento delle stringhe agli inverter si utilizzeranno cavi del tipo ARG7OR 0,6/1 kV c.a 0,9/1,5KV c.c., conduttore in alluminio, corda rigida compatta isolamento classe 2, materiale gomma, qualità G7, guaina riempitiva materiale termoplastico, guaina esterna materiale: pvc, qualità rz, colore: grigio.

Per collegamenti in c.c. tra i moduli verranno impiegati cavo unipolari adatti al collegamento dei vari elementi degli impianti fotovoltaici e solari, sigla H1Z2Z2-K con tensione nominale di esercizio: 1.0kV c.a - 1.5kV c.c., Um: 1.800 V c.c., colore guaina esterna Nero o Rosso (basato su RAL 9005 o 3000), isolati con gomma Z2, sotto guaina Z2, con conduttori flessibili stagnati. Non propaganti la fiamma, senza alogeni, a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi.

La sezione del cavo deve essere tale che la sua portata I_z non sia inferiore alla corrente d'impiego I_b e che la caduta di tensione ai suoi capi sia entro il 2-3% per limitare al minimo le perdite di energia per effetto Joule.

2.7 Cavi per la distribuzione elettrica in BT c.a.

I cavi utilizzati sul lato c.a. dell'impianto di produzione devono essere adatti per l'alimentazione di

| | | |
|---|---|--------------------------------------|
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | OGGETTO Volta g.e. IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO | COD. ELABORATO VGE-FVS-PD2 |
| | TITOLO CALCOLI PRELIMINARI DIMENSIONAMENTO ELETTRICO | PAGINA 8 di 14 |

energia per installazione su murature e strutture metalliche, su passarelle, tubazioni, canalette e sistemi simili, sarà possibile la posa fissa all'interno, all'esterno e interrata (ammessa diretta e indiretta) del tipo FG16OR16 con tensione nominale U_0/U : 600/1.000 V c.a., tensione massima U_m : 1.200 V c.a.

La sezione del cavo deve essere tale che la sua portata I_z non sia inferiore alla corrente d'impiego I_b e che la caduta di tensione ai suoi capi sia entro il 2-3% per limitare al minimo le perdite di energia per effetto Joule.

2.8 Cavi per la distribuzione elettrica in MT

La linea di distribuzione in MT realizza le connessioni tra le cabine di conversione/trasformazione e le connette al locale di consegna. I cavi sono stati dimensionati considerando la modalità e profondità di posa e la lunghezza della linea.

I cavi utilizzati sono unipolari, del tipo ARG7H1RX - 18/30 kV - U_{max} : 36 kV elicordati con le caratteristiche indicate nelle Tabella 2.7 e Tabella 2.8.

Tabella 2.7 – Caratteristiche tecniche cavi in MT tipo ARG7H1RX - 18/30 kV

| Formazione | Ø indicativo conduttore | Spessore medio isolante | Spessore medio guaina | Ø indicativo anima | Ø circoscritto indicativo | Peso indicativo cavo | Portata di corrente A | |
|----------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | | | | | | in aria | interrato ^(*) |
| n° x mm ² | mm | mm | mm | mm | mm | kg/km | A | A |
| 3 x 1 x 35 | 7,0 | 8,0 | 1,9 | 33,5 | 72,0 | 3150 | 144 | 142 |
| 3 x 1 x 50 | 8,1 | 8,0 | 2,0 | 34,1 | 73,3 | 3480 | 174 | 168 |
| 3 x 1 x 70 | 9,7 | 8,0 | 2,0 | 36,2 | 77,8 | 3880 | 218 | 207 |
| 3 x 1 x 95 | 11,4 | 8,0 | 2,1 | 38,2 | 82,1 | 4355 | 266 | 247 |
| 3 x 1 x 120 | 12,9 | 8,0 | 2,2 | 40,0 | 86,0 | 5020 | 309 | 281 |
| 3 x 1 x 150 | 14,3 | 8,0 | 2,2 | 41,0 | 88,2 | 5385 | 352 | 318 |
| 3 x 1 x 185 | 16,0 | 8,0 | 2,3 | 43,1 | 92,7 | 6040 | 406 | 361 |
| 3 x 1 x 240 | 18,3 | 8,0 | 2,4 | 45,0 | 96,8 | 6910 | 483 | 418 |

(*) I valori di portata si riferiscono alle seguenti condizioni:
 - Resistività termica del terreno: 1 K·m/W
 - Temperatura ambiente 20°C
 - profondità di posa: 0,8 m


| | | |
|---|---|--------------------------------------|
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | OGGETTO Volta g.e. IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO | COD. ELABORATO VGE-FVS-PD2 |
| | TITOLO CALCOLI PRELIMINARI DIMENSIONAMENTO ELETTRICO | PAGINA 9 di 14 |

Tabella 2.8 – Caratteristiche elettriche cavi in MT tipo ARG7H1RX - 18/30 kV

| Formazione | Resistenza elettrica a 20°C | Resistenza apparente a 90°C e 50Hz | Reattanza di fase | Capacità a 50Hz |
|----------------------|-----------------------------|------------------------------------|-------------------|-----------------|
| n° x mm ² | Ω/Km | Ω/Km | Ω/Km | μF/km |
| 3 x 1 x 35 | 0,868 | 1,113 | 0,14 | 0,17 |
| 3 x 1 x 50 | 0,641 | 0,822 | 0,13 | 0,18 |
| 3 x 1 x 70 | 0,443 | 0,568 | 0,13 | 0,21 |
| 3 x 1 x 95 | 0,320 | 0,411 | 0,12 | 0,23 |
| 3 x 1 x 120 | 0,253 | 0,325 | 0,12 | 0,25 |
| 3 x 1 x 150 | 0,206 | 0,265 | 0,11 | 0,27 |
| 3 x 1 x 185 | 0,164 | 0,211 | 0,11 | 0,29 |
| 3 x 1 x 240 | 0,125 | 0,161 | 0,11 | 0,32 |

2.9 Dimensionamento dei circuiti BT e MT

I cavi elettrici in corrente continua e in corrente alternata, ossia dalla connessione di stringa agli inverter, passando per i quadri di campo fino alla stazione AT, sono stati dimensionati in modo tale che risultino soddisfatte le relazioni:

$$I_b \leq I_z$$

$$\Delta V\% \leq 2\%,$$

dove:

- I_b è la corrente di impiego del cavo;
- I_z è la portata del cavo, calcolata tenendo conto del tipo di cavo e delle condizioni di posa;
- $\Delta V\%$ è la caduta di tensione percentuale nell'impianto.

I valori di dimensionamento delle tratte principali di impianto sono riassunti in Tabella 2.9 dove si riportano le sezioni per fase e le portate dei cavi impiegati nelle tratte principali della distribuzione in media tensione.


| | | |
|---|---|--------------------------------------|
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | OGGETTO Volta g.e. IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO | COD. ELABORATO VGE-FVS-PD2 |
| | TITOLO CALCOLI PRELIMINARI DIMENSIONAMENTO ELETTRICO | PAGINA 10 di 14 |

Tabella 2.9 – Sezioni per fase e portate dei cavi delle tratte principali

| Tratta | POTENZA | I _b (A) | S (mmq) | I _z (A) |
|-------------------------|----------|--------------------|------------|--------------------|
| CAMPO FV | | | | |
| SSE UTENTE - QMT UTENTE | 3,00E+07 | 578 | 1 x 500 | 706 |
| QMT Utente - MT/BT 2 | 1,20E+07 | 231 | 3 x 1 x 95 | 247 |
| MT/BT 2 - MT/BT 1 | 6,00E+06 | 116 | 4 x 1 x 35 | 142 |
| QMT Utente - MT/BT 4 | 1,20E+07 | 231 | 3 x 1 x 95 | 247 |
| MT/BT 4 - MT/BT 3 | 6,00E+06 | 116 | 4 x 1 x 35 | 142 |
| QMT Utente - MT/BT 5 | 6,00E+06 | 116 | 4 x 1 x 35 | 142 |

Per il dimensionamento dei cavi dei circuiti in corrente continua si è valutata la corrente d'impiego I_b pari alla corrente di corto circuito I_{sc} erogata dal modulo, con una maggiorazione del 25% per tener conto di valori di irraggiamento superiori rispetto alle condizioni standard.

$$I_b = 1,25 \cdot I_{sc}$$

La relazione riportata di seguito esprime la caduta di tensione nei vari tratti:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100 = \frac{K \cdot R \cdot I_b}{V} \cdot 100$$


dove:

- K=1 per linee trifase a.c., K=2 per linee in c.c.
- R è la resistenza elettrica del cavo considerato espressa in ohm;
- V è la tensione nel tratto di circuito considerato.

i valori delle cadute di tensione calcolati sono riportati in Tabella 2.10.

Tabella 2.10 – Cadute di tensione delle tratte principali

| Tratta | POTENZA | I _b (A) | R (Ohm/km) | L (km) | DV (V) | DV% |
|-------------------------|----------|--------------------|------------|--------|--------|------|
| CAMPO FV | | | | | | |
| SSE UTENTE - QMT UTENTE | 3,00E+07 | 578 | 0,06 | 4,710 | 163,35 | 0,54 |
| QMT Utente - MT/BT 2 | 1,20E+07 | 231 | 0,32 | 1,255 | 92,86 | 0,31 |
| MT/BT 2 - MT/BT 1 | 6,00E+06 | 116 | 0,86 | 0,226 | 22,47 | 0,07 |
| QMT Utente - MT/BT 4 | 1,20E+07 | 231 | 0,32 | 0,812 | 60,08 | 0,20 |
| MT/BT 4 - MT/BT 3 | 6,00E+06 | 116 | 0,86 | 0,591 | 58,76 | 0,20 |
| QMT Utente - MT/BT 5 | 6,00E+06 | 116 | 0,86 | 0,603 | 59,95 | 0,20 |

| | | |
|---|---|--------------------------------------|
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | OGGETTO Volta g.e. IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO | COD. ELABORATO VGE-FVS-PD2 |
| | TITOLO CALCOLI PRELIMINARI DIMENSIONAMENTO ELETTRICO | PAGINA 11 di 14 |

Infine, nella Tabella 2.11 vengono indicate le cadute di tensione per le tratte tipo in BT, assumendo una lunghezza massima per tratta da striga a inverter di 200m, con cavo tipo ARG7OR Formazione 2x10 mm² e una lunghezza massima da inverter a trasformatore di 300m con cavo tipo FG16OR16 Formazione 2x120 mm².

Tabella 2.11 – Cadute di tensione delle tratte tipo BT

| Tratta BT | I _b (A) | S (mmq) | I _z (A) | R (Ohm/km) | V (kV) | L (km) | DV (V) | DV% |
|--------------------|--------------------|---------|--------------------|------------|--------|--------|--------|------|
| Stringa - inverter | 13,29 | 2 x 10 | 95 | 3,08 | 1,20 | 0,20 | 8,19 | 0,68 |
| Inverter - trafo | 253,00 | 2 x 120 | 310 | 0,16 | 0,80 | 0,30 | 12,14 | 1,52 |

2.10 Protezione dei circuiti MT

Le unità di protezione elettrica dei circuiti MT saranno basate su tecnologia a microprocessore e adatte a garantire elevata affidabilità e disponibilità di funzionamento.


Le unità di protezione saranno di tipo espandibile e potranno essere dotate, anche in un secondo tempo, di ulteriori accessori che permetteranno di realizzare:

- automatismi di richiusura per linee MT;
- gestione dei segnali dai trasformatori;
- acquisizione dei valori di temperatura da sonde termiche;
- emissione di una misura analogica associabile ad una delle grandezze misurate dall'unità stessa (correnti, temperature, ecc.).

La regolazione delle soglie, avverrà direttamente in valori primari nelle relative grandezze espresse in corrente o tempo rendendo più semplice l'utilizzo e la consultazione all'operatore.

Saranno implementate le seguenti protezioni:

- massima tensione concatenata (59 - senza ritardo intenzionale);
- massima tensione omopolare (59N - ritardata);
- minima tensione concatenata (27- ritardo tipico: 300 ms);
- massima frequenza (81> senza ritardo intenzionale);
- minima frequenza (81< senza ritardo intenzionale);
- protezione contro la perdita di rete con PLC di richiusura DDI con rete presente;

| | | |
|---|---|--------------------------------------|
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | OGGETTO Volta g.e. IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO | COD. ELABORATO VGE-FVS-PD2 |
| | TITOLO CALCOLI PRELIMINARI DIMENSIONAMENTO ELETTRICO | PAGINA 12 di 14 |

- protezione direzionale di terra 67N;
- massima corrente 50/51;
- massima corrente di terra 50N/51N;
- sequenza negativa / squilibrio 46;
- mancata apertura interruttore 50BF.

Il valori di taratura delle diverse protezioni saranno definiti in fase di progettazione esecutiva.

2.11 Protezione dei circuiti BT

2.11.1 Protezione contro i sovraccarichi

La protezione dei sovraccarichi è effettuata secondo la norma CEI 64-8/4 rispettando le condizioni seguenti:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 I_z$$

Dove:

- I_b = Corrente di impiego del circuito
- I_n = Corrente nominale del dispositivo di protezione
- I_z = Portata in regime permanente della conduttura
- I_f = Corrente di funzionamento del dispositivo di protezione

La protezione contro i sovraccarichi può essere omessa sui cavi delle stringhe FV e dei moduli FV poiché la portata dei cavi è superiore a 1,25 volte I_{SC} (712.433.1 della Norma CEI 64-8/7), dove I_{SC} è la corrente di cortocircuito del generatore fotovoltaico a STC.

La protezione contro i sovraccarichi può essere omessa sul cavo principale FV poiché la portata è superiore a 1,25 volte il valore I_{SC} del generatore FV (712.433.2 della Norma CEI 64-8/7).

2.11.2 Protezione contro i cortocircuiti



La protezione dei cortocircuiti sarà effettuata secondo la norma CEI 64-8/4 rispettando le condizioni seguenti:

$$I_{CC_{max}} \leq P.d.I.$$

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

Dove:

- $I_{CC_{max}}$ = Corrente di cortocircuito massima

| | | |
|---|--|--------------------------------------|
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | OGGETTO  IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO | COD. ELABORATO VGE-FVS-PD2 |
| | TITOLO CALCOLI PRELIMINARI DIMENSIONAMENTO ELETTRICO | PAGINA 13 di 14 |

- P.d.I. =Potere di interruzione apparecchiatura di protezione
- I^2t = Integrale di Joule della corrente di cortocircuito presunta (valore letto sulle curve delle apparecchiature di protezione)
- K = Coefficiente della conduttura utilizzata
 - o 115 per cavi isolati in PVC;
 - o 135 per cavi isolati in gomma naturale e butilica;
 - o 143 per cavi isolati in gomma etilenpropilenica e polietilene reticolato;
- S = Sezione della conduttura.

2.12 Contributo alle correnti di corto circuito al PCC

Il calcolo del contributo dell'impianto alla corrente di corto circuito al punto di consegna (Point of Common Coupling - PCC) è fatto considerando la situazione più gravosa valutando il contributo al corto circuito nei morsetti del generatore fotovoltaico.

Il contributo alla corrente di corto circuito dell'inverter lato c.a. AT a 150kV è in genere trascurabile rispetto al contributo della rete in quanto esso limita la corrente in uscita ad un valore doppio della sua corrente nominale e si porta in stand-by in pochi decimi di secondo per intervento delle protezioni interne. Il contributo al corto circuito sul lato c.a. AT può essere calcolato considerando il contributo proveniente dagli inverter di cabina e maggiorando del 100% il valore della corrente nominale complessiva che è pari a 116 A. Di conseguenza il contributo al c.to c.to risulta pari a 232 A.