



Progetto definitivo impianto fotovoltaico a terra di potenza pari 3,5 MWp Gulfa 1
Virgo Gamma S.r.l.

Contrada Gulfa Grande snc - 92018 Santa Margherita di Belice (AG)

Istanza di PAS art.6 D.Lgs 28/2011 e Regolamento di cui al D.P. Regione Sicilia n.48/2012

I professionisti

Maggia P.I. Filippo

Ordine dei Periti Industriali delle Province
di Biella e Vercelli n. 688/2004

Lazzerini Dott. Geol. Arianna

Ordine dei Geologi della Toscana
n. 1169A

Numero elaborato

REL0009

Commessa

G1588F

Scala

-

Nome file

RS12REL0009A0

Proprietà

Virgo Gamma S.r.l.
Via Piave 7 - 00187 Roma (RM)

Committente

Virgo Gamma S.r.l.
Via Piave 7 - 00187 Roma (RM)



Via Cascine, 11 - 13856 Vigliano Biellese
info@edueo.it

Titolo

Relazione tecnica definitiva progetto elettrico

N.rev	Nota di revisione	Dis.	Contr.	Appr.	Data
00	Prima emissione	-	-	-	Marzo 2024

INDICE

INDICE	1
A - PREMESSA	2
B - RELAZIONE TECNICA	3
B.1. DATI DI PROGETTO	3
B.1.1. DATI DI PROGETTO DI CARATTERE GENERALE	3
B.1.2. DATI DI PROGETTO RELATIVI ALL'EDIFICIO	8
B.1.3. DATI DI PROGETTO RELATIVI ALLE INFLUENZE ESTERNE	8
B.1.4. DATI DI PROGETTO RELATIVI ALL'INTERVENTO ELETTRICO	9
B.1.5. CARATTERISTICHE GENERALI DELL'IMPIANTO	10
B.2. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI	11
B.2.1. Impianto di terra	13
B.3. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI	14
B.4. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELLE LINEE ELETTRICHE E DEI DISPOSITIVI DI PROTEZIONE	15
B.5. DEFINIZIONE DEL GRADO DI DETTAGLIO E DEI TIPI DI ELABORATI DI PROGETTO	20
C - POTENZE INSTALLATE E RELATIVI DIMENSIONAMENTI	21
D - TABELLE DI COORDINAMENTO DELLE PROTEZIONI	22
E - SPECIFICHE TECNICHE DEI COMPONENTI ELETTRICI	23
E.1. Scomparti di Media Tensione	23
E.1.1. Dati elettrici	23
E.1.2. Caratteristiche costruttive	24
E.1.3. Sbarre principali e connessioni	24
E.1.4. Impianto di terra	24
E.1.5. Interblocchi	25
E.1.6. Interruttori	25
E.2. TRASFORMATORI DI POTENZA MT/bt	27
E.3. QUADRI DI BASSA TENSIONE	27
E.3.1. Caratteristiche costruttive	28
E.3.2. Sistemi di barratura	28
E.3.3. Cavetteria e circuiti ausiliari	28
E.3.4. Prove e verifiche	29
E.4. CONVERTITORI AC/DC	29
E.5. CAMPO FOTOVOLTAICO (CF1)	30
F - ELENCO E SPECIFICHE TECNICHE DELLE CONDUTTURE ELETTRICHE	31
G - DISPOSIZIONI DI SICUREZZA, OPERATIVE E DI MANUTENZIONE	33

A - PREMESSA

Il presente progetto definitivo ha come scopo la descrizione degli interventi elettrici e delle apparecchiature da installare, sul terreno nella disponibilità della società Virgo Gamma S.r.l., sito in contrada Gulfa Grande snc, nel comune di Santa Margherita di Belice (AG), per la realizzazione di un nuovo impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica da posare a terra, per la generazione di energia elettrica appunto con modalità di cessione totale, ed elettricamente connesso alle reti di distribuzione in Media Tensione del Distribution System Operator (DSO) territorialmente competente (e-distribuzione); tale documento ha un livello di elaborazione di tipo DEFINITIVO, propedeutico all'ottenimento dei titoli autorizzativi per la costruzione, la messa in servizio e l'esercizio del suddetto impianto di produzione di energia elettrica.

Il presente progetto è costituito dalla seguente documentazione grafica e descrittiva, in conformità alla norma CEI 0-2 (Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici):

- Relazione tecnica sulla consistenza e tipologia dell'impianto elettrico da realizzare;
- Elenco e specifiche tecniche dei componenti elettrici;
- Elenco e specifiche tecniche delle condutture elettriche;
- Disposizioni operative e di manutenzione per la corretta installazione ed utilizzo dell'impianto;
- Schema elettrico unifilare generale;
- Schema d'installazione inerente alla posa delle apparecchiature.

Virgo Gamma S.r.l.	Relazione tecnica progetto definitivo impianto fotovoltaico Santa Margherita di Belice - Gulfa 1	RTD.20240423.G1588F	2
--------------------	--	---------------------	---

B - RELAZIONE TECNICA

Con la presente relazione tecnica si vuole descrivere la tipologia degli impianti, delle apparecchiature elettriche, e gli interventi necessari per la realizzazione del nuovo impianto solare fotovoltaico, installato a terra, e realizzato sul terreno nella disponibilità della società Virgo Gamma S.r.l., sito in contrada Gulfa Grande snc, nel comune di Santa Margherita di Belice in provincia di Agrigento.

B.1. DATI DI PROGETTO

B.1.1. DATI DI PROGETTO DI CARATTERE GENERALE

Proprietà: Virgo Gamma S.r.l.

Committente: Virgo Gamma S.r.l.

Oggetto del lavoro: Progettazione definitiva elettrica nuovo impianto solare fotovoltaico connesso alle reti distribuzione in Media Tensione del DSO;

Leggi e norme tecniche di riferimento:

Legge 186 del 1° marzo 1968 “Disposizione concernenti la produzione di materiale, apparecchiature, macchinari, installazione di impianti elettrici ed elettronici”;

D.lgs. 79 del 19 marzo 1999 “Attuazione della direttiva 96/92 CE recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica”;

D.lgs. 387 del 29 dicembre 2003 “Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità”;

Legge n.239 del 23 agosto 2004 “Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia”;

D.M. 37/08 “Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies della Legge 248 del 2005, recante il riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici”;

Virgo Gamma S.r.l.	Relazione tecnica progetto definitivo impianto fotovoltaico Santa Margherita di Belice - Gulfa 1	RTD.20240423.G1588F	3
--------------------	--	---------------------	---

D.lgs. 81/08 “Attuazione dell’articolo 1 della Legge 123 del 2007, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”;

D.lgs. 115/08 “Attuazione della direttiva 2006/32/CE concernente gli usi finali dell’energia e i servizi energetici e recante l’abrogazione della direttiva 93/76/CEE”;

D.lgs. 56/10 “Modifiche ed integrazioni al D.lgs. 115/08 recante attuazione della direttiva 2006/32/CE concernente gli usi finali dell’energia e i servizi energetici e recante l’abrogazione della direttiva 93/76/CEE”;

D.lgs. 28/2011 “Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell’uso dell’energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione della direttiva 2001/77/CE

Delibera dell’Autorità per l’energia elettrica ed il gas n. 88/07 “Disposizioni in materia di misura dell’energia elettrica prodotta da impianti di produzione”;

Delibera dell’Autorità per l’energia elettrica ed il gas n. 150/08 “Ulteriori disposizioni in materia di misura dell’energia elettrica prodotta da impianti di generazione e in materia di misura dell’energia elettrica prodotta e immessa da impianti di produzione Cip n. 6/92”;

Delibera dell’Autorità per l’energia elettrica ed il gas n. 89/07 “Condizioni tecnico-economiche per la connessione di impianti di produzione di energia elettrica alle reti con obbligo di connessione di terzi a tensione nominale minore o uguale a 1 kV”;

Delibera dell’Autorità per l’energia elettrica ed il gas n. 280/07 “Modalità e condizioni tecnico-economiche per il ritiro dell’energia elettrica ai sensi dell’articolo 13, commi 3 e 4, del decreto legislativo 23 dicembre 2003, n. 387/03, e del comma 41 della legge 23 agosto 2004 n. 239/04”;

Delibera dell’Autorità per l’energia elettrica ed il gas n. 99/08 “Testo integrato delle condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione di energia elettrica (TICA)”;

Delibera dell'Autorità per l'energia elettrica ed il gas n. ARG/elt 125/10
"Modificazioni ed integrazioni alla deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica ed il gas n. 99/08 in materia di condizioni tecniche ed economiche per la connessione di terzi degli impianti di produzione";

Delibera dell'Autorità per l'energia elettrica ed il gas n. ARG/elt 51/2011
"Interpretazione autentica della definizione di "data di completamento della connessione" e modifica dell'Allegato A alla deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 23 luglio 2008, ARG/elt 99/08 e dell'Allegato A alla deliberazione dell'Autorità 20 ottobre 2010, ARG/elt 181/10, in materia di connessioni degli impianti di produzione di energia elettrica";

Delibera dell'Autorità per l'energia elettrica ed il gas n. ARG/elt 562/2012
"Ulteriori interventi relativi agli impianti di generazione distribuita per garantire la sicurezza del sistema elettrico nazionale."

Delibera dell'Autorità per l'energia elettrica ed il gas n. ARG/elt 421/2014
"Ulteriori interventi relativi agli impianti di generazione distribuita per garantire la sicurezza del sistema elettrico nazionale."

Delibera dell'Autorità per l'energia elettrica ed il gas n. ARG/elt 786/2016
"Tempistiche per l'applicazione delle nuove disposizioni previste dalla norma CEI 0-16 della nuova edizione della norma CEI 0-21 relative agli inverter, ai sistemi di protezione di interfaccia e alle prove per i sistemi di accumulo"

Delibera dell'Autorità per l'energia elettrica ed il gas n. ARG/elt 149/2019
"Tempistiche per l'applicazione delle nuove disposizioni previste dalla norma CEI 0-16 della nuova edizione della norma CEI 0-21 ai fini dell'implementazione del regolamento (UE) 2016/631 e del regolamento (UE) 2016/1388"

Delibera dell'Autorità per l'energia elettrica ed il gas n. ARG/elt 147/2021
"Tempistiche per l'applicazione delle della variante V1 alla norma CEI 0-16 della variante V1 alla norma CEI 0-21. Modifica della deliberazione 149/2019/R/eel"

Delibera dell'Autorità per l'energia elettrica ed il gas n. ARG/elt 540/2021 "Regolazione dello scambio dati tra Terna S.p.A., imprese distributrici e "Significant Grid User" ai fini dell'esercizio in sicurezza del sistema elettrico nazionale"

Circolare n. 17/D del 28 maggio 2007 Disposizioni di applicazione del Decreto Legislativo n. 26 del 2 febbraio 2007 recante "Attuazione della direttiva 2003/96/CE che ristruttura il quadro comunitario per la tassazione dei prodotti energetici e dell'elettricità";

Testo unico delle disposizioni legislative concernenti le imposte sulla produzione e sui consumi, e relative sanzioni penali e amministrative;

Norma CEI 0-2 "Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici";

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 EN 60617 "Segni grafici per schemi elettrici";

Norma CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo";

Norma CEI 13-4 "Sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica";

Norma CEI EN 60947-1 (17-4) "Apparecchiature a bassa tensione. Parte 1: Regole generali";

Norma CEI EN 60947-2 (17-5) "Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici";

Norma CEI EN 60947-3 (17-11) "Apparecchiature a bassa tensione. Parte 3: Interruttori di manovra, sezionatori, interruttori di manovra-sezionatori e unità combinate con fusibili";

Norma CEI EN 61439 “Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (Quadri bt)”;

Norma CEI 20-40 “Guida per l'uso di cavi a bassa tensione”;

Norma CEI 20-45 “Cavi resistenti al fuoco isolati con mescola elastomerica con tensione nominale Uo/U non superiore a 0,6/1 kV”;

Guida CEI 20-67 “Guida per l'uso di cavi a bassa tensione 0,6/1 kV”;

Norma CEI 64-8 “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua”;

Parte 1: Oggetto, scopo e principi fondamentali

Parte 2: Definizioni

Parte 3: Caratteristiche generali

Parte 4: Prescrizioni per la sicurezza

Parte 5: Scelta ed installazione dei componenti elettrici

Parte 6: Verifiche

Parte 7: Ambienti ed applicazioni particolari

Norma CEI EN 50522 “Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in corrente alternata”;

Norma CEI EN 62305 (CEI 81-10) “Protezione contro i fulmini”;

Guida CEI 82-25 “Guida alla progettazione, realizzazione e gestione di sistemi di generazione fotovoltaica”;

CEI 99-5 “Guida per l'esecuzione degli impianti di terra delle utenze attive e passive connesse ai sistemi di distribuzione con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata”

Norma CEI EN 60529 “Grado di protezione degli involucri (codice IP)”;

Norma CEI EN 61215 “Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri”;

Norma UNI 8477-1 "Energia solare. Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia. Valutazione dell'energia raggiante ricevuta";

Norma UNI 10349 "Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici";

Il presente elenco di leggi, prescrizioni e norme è a scopo rappresentativo, pertanto deve essere applicata ogni specifica norma non menzionata, ed ogni variazione ed aggiornamento apportati alle stesse.

B.1.2. DATI DI PROGETTO RELATIVI ALL'EDIFICIO

Destinazione d'uso: impianto di produzione di energia elettrica;

Barriere architettoniche: per l'intervento in oggetto non sono richiesti e stati dichiarati requisiti di accessibilità e visitabilità;

Luoghi soggetti a normativa specifica: per l'intervento in oggetto non sono stati identificati luoghi soggetti a normativa specifica.

B.1.3. DATI DI PROGETTO RELATIVI ALLE INFLUENZE ESTERNE

Temperatura ambiente: Temperatura esterna media mensile:
Min: + 9,42 °C
Max: + 25,92 °C

Temp. esterna min. di progetto: + 2,02 °C
Temp. esterna max. di progetto: + 32,02 °C

Velocità del vento: Regione di vento: C
Velocità media: 2,88 m/s
Direzione prevalente: NW

Formazione condensa: Nella norma;

Livello di umidità:	Ambientale;
Altitudine:	400 m s.l.m.;
Presenza di corpi solidi:	Pezzatura minima > 10 mm;
Presenza di polvere:	Le apparecchiature sono soggette a polvere;
Presenza di liquidi:	Le apparecchiature interne non sono soggette a pioggia ed eventuali contatti con liquidi, mentre quelle installate all'esterno sono soggette a pioggia.

B.1.4. DATI DI PROGETTO RELATIVI ALL'INTERVENTO ELETTRICO

Tipo di intervento richiesto:	realizzazione nuovo impianto solare fotovoltaico, per la generazione di energia elettrica, connesso al punto di consegna in Media Tensione;
Tipo di alimentazione elettrica:	Media tensione a 20 kV;
Punto di consegna:	Ai poli dello scomparto utente, installato internamente al locale consegna del DSO;
Misura dell'energia elettrica immessa:	Misuratore di energia elettrica di proprietà del DSO, da installare all'interno del nuovo locale misure costituente la cabina di consegna;
Misura dell'energia elettrica prodotta:	Misuratore di energia elettrica di proprietà del Produttore, da installare all'interno dei relativi quadri elettrici interni alle cabine di campo;
Tensione nominale:	20.000 V.

B.1.5. CARATTERISTICHE GENERALI DELL'IMPIANTO

La realizzazione del nuovo impianto fotovoltaico, che dovrà funzionare in parallelo con le reti di Media Tensione del Distribution System Operator (DSO), e dovrà essere eseguito secondo lo schema elettrico unifilare allegato.

Il presente impianto avrà origine dai poli dello scomparto "Utente" installato nel relativo locale da parte del DSO, al quale verrà collegata la linea di collegamento alla sezione ricevitrice dell'utente (QMT1); tale sezione ricevitrice verrà installata all'interno del dedicato locale cliente, facente parte della stessa cabina di consegna, all'interno del quale dovranno essere installati gli scomparti di Media Tensione, costituenti appunto il quadro elettrico di Media Tensione 1 (QMT1), all'interno del quale dovrà essere installato il Dispositivo Generale dell'Utente (DG) con la relativa protezione generale (PG), i dispositivi di sezionamento, con le relative protezione elettroniche, delle linee in uscita da tale cabina ed attestate agli scomparti di Media Tensione interni alle singole cabine di campo e le ulteriori apparecchiature necessarie per i rilevamenti di corrente e di tensione secondo la normativa vigente, come riportato su schema elettrico unifilare EPD0008 allegato alla presente relazione tecnica.

All'interno della stessa cabina di consegna e delle cabine di campo dovranno essere installati i rispettivi trasformatori MT/bt elevatori di potenza per consentire la generazione della tensione di esercizio con le reti di Media Tensione del DSO (20.000 V), della parte di impianto di generazione a 800 V in corrente alternata alla quale verranno collegati i convertitori AC/DC a servizio del presente impianto fotovoltaico, attraverso il relativo quadro di bassa tensione all'interno del quale verranno installati i dispositivi di protezione e sezionamento delle linee elettriche di collegamento dei convertitori AC/DC stessi; tali convertitori AC/DC, appositamente prescelti ad una tensione di esercizio in corrente alternata differente dalle peculiarità standard, per ridurre le perdite nelle linee elettriche di collegamento, convertiranno l'energia prodotta in corrente continua dai moduli fotovoltaici a peculiarità congrua, in bassa tensione ed in corrente alternata, per poi essere convertita nuovamente in Media Tensione tramite il trasformatore suddetto; i convertitori AC/DC di stringa verranno direttamente installati in adiacenza al sottocampo fotovoltaico asservito in modo da ridurre il più possibile la lunghezza delle linee in corrente continua colleganti le singole stringhe fotovoltaiche. All'interno della cabina di consegna dovrà essere installato il trasformatore di potenza MT/bt, con uscita a 400 V, a valle del quale verrà elettricamente collegato il quadro di bassa tensione contenente i dispositivi di sezionamento e protezione delle linee di collegamento delle singole utenze costituenti i servizi ausiliari necessari al corretto funzionamento del presente impianto di produzione di energia.

La generazione di energia elettrica deve essere compiuta tramite l'utilizzo di 5.068 identici moduli fotovoltaici, di idonee caratteristiche, debitamente collegati in serie per la realizzazione di 204 stringhe, costituite da 28, 25 o 24 moduli, come descritto sugli elaborati grafici EPD0010, EPD0011 ed EPD0012.

Tali moduli dovranno essere fissati tramite morsetti centrali e terminali, a sottostanti barre profilate di tipo standard, idonee per tali tipologie di applicazione; le suddette barre dovranno essere fissate, tramite idonee viti, alla struttura metallica di supporto, a sua volta infissa sul terreno tramite apposita altra struttura metallica, come desumibile dagli elaborati grafici allegati alla presente relazione.

Virgo Gamma S.r.l.	Relazione tecnica progetto definitivo impianto fotovoltaico Santa Margherita di Belice - Gulfa 1	RTD.20240423.G1588F	10
--------------------	--	---------------------	----

Come in precedenza indicato il presente impianto fotovoltaico sarà servito da impianti di servizio ausiliari necessari al suo corretto funzionamento ed esercizio e nello specifico costituiti da:

- impianto di illuminazione interna alla cabina di consegna;
- impianto di forza motrice interno alla cabina di consegna;
- impianto di illuminazione esterna adiacente alla cabina di consegna;
- impianto di rilevamento ed antintrusione perimetrale su tutta l'area del campo fotovoltaico;
- impianto di trasmissione dati e telecontrollo da remoto sulle condizioni di esercizio dell'impianto fotovoltaico.

B.2. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

L'utente è alimentato con cabina propria in Media Tensione (20 kV) per cui l'impianto di terra, unico sia per la Media sia per la bassa tensione, dovrà avere conformazione indicata nell'elaborato grafico EPD0013, ed avente caratteristiche tali che le tensioni di contatto, in tutti i punti dell'impianto, siano inferiori ai valori di tensione di contatto ammissibili, dipendente dal tempo di eliminazione del guasto, dato fornito dal Distribution System Operator (DSO).

Considerando i valori di corrente di guasto a terra (I_F) e tempo di eliminazione del guasto (t_F) da cui si ricava la tensione di contatto ammissibile (U_{TP}), utilizzati dal DSO per utenti di questo tipo, la resistenza dell'impianto di dispersione (R_E) deve soddisfare la seguente relazione:

$$R_E < U_{TP} / I_F$$

Il Produttore deve ricevere dal DSO, la comunicazione ufficiale contenente i parametri dell'allacciamento elettrico, in seguito al quale, in base alla relazione sopradescritta, si può ottenere il reale valore massimo di resistenza di terra; l'impianto di dispersione e di terra dovrà essere realizzato secondo le indicazioni del presente progetto e prima della messa in servizio si dovranno effettuare una misura del valore di resistenza di dispersione e dell'impedenza dell'anello di guasto in modo tale che possano essere verificate le corrette relazioni tra i valori misurati ed i valori da ottenere per il corretto coordinamento con le protezioni installate; nel caso in cui tali verifiche diano esito negativo l'impianto di terra dovrà essere adeguatamente integrato, ovvero presi gli idonei provvedimenti atti a rendere l'area e gli impianti sicuri.

Il sistema di distribuzione dell'impianto in bassa tensione, deve essere del tipo TN-S con il conduttore di neutro collegato direttamente a terra, e le masse delle apparecchiature collegate allo stesso impianto di terra tramite i conduttori di protezione.

La misura di protezione contro i contatti indiretti, in bassa tensione, assunta per questo tipo di impianto deve essere l'interruzione automatica dell'alimentazione dell'energia elettrica, alla parte di impianto interessata dal guasto, tramite il coordinamento delle caratteristiche del dispositivo di protezione e le impedenze del circuito

di guasto, ma per l'ottenimento di un risultato congruo alle aspettative di sicurezza deve essere soddisfatta la seguente relazione:

$$Z_s \leq U_o / I_a$$

dove:

- Z_s è l'impedenza dell'anello di guasto comprendente la sorgente dell'alimentazione elettrica, il conduttore attivo fino al punto di guasto ed il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente stessa;
- I_a è la corrente impostata che provoca l'apertura automatica del dispositivo di protezione entro un tempo definito e regolato sul relè di protezione stesso; per i sistemi TN-S il tempo massimo di interruzione deve essere pari a 0,4 s per i circuiti terminali e 5 s per i circuiti di distribuzione;
- U_o è il valore efficace della tensione nominale tra fase e terra, pari a 230 V essendo il neutro collegato a terra.

In caso di guasto, e per aumentare il livello di sicurezza e garantire l'intervento dei dispositivi di protezione alle condutture, sono state calcolate le correnti minime di corto-circuito a fondo linea, in base alle quali devono essere prescelte protezioni con corrente di intervento magnetica inferiore al valore calcolato.

Il sistema di protezione contro i contatti indiretti prescelto sul lato DC dell'impianto fotovoltaico è l'esercizio di tale parte di impianto con sistema IT isolato da terra, oltre l'utilizzo di componenti e modalità di installazione che permettano di raggiungere un livello di isolamento di Classe II.

Per ottenere quanto precedentemente prescritto le linee in corrente continua devono avere un isolamento tra i poli e di poli e terra un gradino superiore alla massima tensione del sistema elettrico che si può generare, o essere posate entro idonei sistemi di tubazioni o canalizzazioni, entrambi in materiale isolante, di caratteristiche descritte al punto F, per aumentare il livello di protezione alle stesse.

La congruità alle aspettative di realizzazione di un impianto di Classe II, come precedentemente descritte, è conseguita in quanto la massima tensione a circuito aperto, alla minima temperatura ammissibile (-10°C), della stringa avente il numero maggiore di moduli fotovoltaici collegati in serie, è inferiore alla tensione di isolamento verso terra del cavo utilizzato, come di seguito descritto:

$$U_{oc} (-10^\circ\text{C}) \text{ stringa} \leq U_o$$

$$U_{oc} (-10^\circ\text{C}) 1.499,96 \text{ V} \leq 1500 \text{ V}$$

È stato prescelto, ed anche necessario per la conformità alla normativa vigente essendo applicazioni esterne, l'utilizzo di cavi di tipo solare, per impianti fotovoltaici, aventi tensione nominale pari:

Cavo tipo H1Z2Z2-K $U_o / U = 1,5/1,5$ kV in corrente continua

In corrente continua la tensione del sistema elettrico non deve superare 1,5 volte la tensione nominale dei cavi, ed essendo la parte di impianto in corrente continua isolata da terra la tensione verso terra (U_o) è uguale alla tensione nominale (U), quindi i cavi prescelti sono adatti per impianti fino a:

$$1,5 \times U \Rightarrow 1,5 \times 1500 = 2.250 \text{ V}$$

Considerando, ai fini della sicurezza, il valore massimo di tensione a circuito aperto della stringa con il numero di moduli maggiore alla temperatura nominale di 25 °C, del sistema in corrente continua pari $1,2 U_{oc}$ si ha:

$$1,2 U_{oc} < 1800 \text{ V} \Rightarrow 1,2 \times 1.392,72 \text{ V} = 1.671,26 \text{ V} < 1800 \text{ V}$$

È stato prescelto, ed anche necessario per la conformità alla normativa vigente essendo applicazioni esterne, l'utilizzo di cavi di tipo specifico per applicazioni all'esterno e per impianti fotovoltaici (H1Z2Z2-K 1,5 kV), aventi tensione nominale pari:

$$U_o / U = 1,5/1,5 \text{ kV}$$

B.2.1. Impianto di terra

All'impianto di terra devono essere collegate tutte le masse delle nuove apparecchiature che vengono installate per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico tramite condutture unipolari di tipo FS17, o distribuite entro le condutture multipolari di collegamento delle apparecchiature, di colore giallo-verde, e di sezione pari a quella delle condutture di fase, e comunque in conformità alla seguente tabella (Tabella 1), o ricavabili dagli elaborati grafici.

Tabella 1

Sezione conduttore di fase	Sezione conduttore di protezione
$S_f \leq 16 \text{ mmq}$	$S_t = S_f$
$16 \text{ mmq} < S_f \leq 35 \text{ mmq}$	$S_t = 16 \text{ mmq}$
$S_f > 35 \text{ mmq}$	$S_t = S_f / 2$

Se il conduttore è unico per più utenze lo stesso deve avere sezione uguale all'eventuale singolo conduttore di protezione avente sezione maggiore, e costituito da corda di tipo FS17 con guaina di colore giallo-verde; ogni utenza deve essere collegata al conduttore di protezione montante suddetto tramite il proprio conduttore di protezione avente specifica sezione secondo quanto descritto precedentemente.

Eventuali collegamenti equipotenziali supplementari devono essere effettuati alle masse estranee entranti nel locale quadri elettrici (tubazioni, etc.) attestata al nodo equipotenziale tramite corde di tipo FS17 di sezione non inferiore a 6 mmq e guaina colore giallo-verde; si ricorda che con masse estranee si intendono parti conduttrici non facenti parte dell'impianto elettrico in grado di introdurre un potenziale, diverso da zero, le quali presentano un valore di resistenza verso terra inferiore di 1000 ohm.

Anche se i moduli sono componenti di Classe II le strutture metalliche di sostegno degli stessi potrebbero essere non considerate masse estranee, pertanto non collegabili a terra, ma per motivazioni funzionali del sistema di protezione dai contatti indiretti, interno ai convertitori AC/DC, le stesse devono essere comunque collegate all'impianto di terra, tramite corda di rame nudo, avente sezione pari a 35 mmq utilizzata altresì per aumentare la configurazione dell'impianto disperdente.

B.3. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

Per la protezione dai contatti diretti, sia sulla parte di impianto in corrente alternata sia sulla parte in corrente continua, deve essere adottata la protezione di tipo totale che consiste nell'isolamento di tutte le parti attive; le parti attive che possono essere accessibili devono avere grado di protezione almeno IP2X (protezione contro l'accesso di corpi solidi con dimensione minima superiore a 12,5 mm).

L'accesso interno ai quadri elettrici deve essere consentito esclusivamente con l'utilizzo di un attrezzo ed effettuato da personale addestrato.

Dovranno essere applicati ai quadri elettrici idonei cartelli di segnalazione ed avvertimento indicanti le modalità di manovra per l'esecuzione di interventi in particolare indicanti il pericolo di componenti interni in tensione durante i periodi di esercizio dei moduli fotovoltaici, e le modalità di sezionamento dei dispositivi di interruzione.





Ai varchi di accesso all'area, nonché adiacenze dei pulsanti di sgancio dell'intero impianto fotovoltaico dovranno essere applicati idonei cartelli monitori indicanti la presenza dell'impianto di produzione di energia elettrica, come di seguito evincibile.



B.4. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELLE LINEE ELETTRICHE E DEI DISPOSITIVI DI PROTEZIONE

Per la determinazione delle sezioni delle linee elettriche e le protezioni contro le correnti di sovraccarico, in base alla conoscenza delle potenze nominali delle utenze, è stato utilizzato il metodo delle correnti di impiego della conduttura, il tipo di posa, i coefficienti di contemporaneità, di utilizzazione ed il rendimento dell'utenza, ricavando da tabelle specifiche le portate massime, in considerazione del tipo di posa delle linee. Le principali relazioni che devono essere soddisfatte, affinché le verifiche di portata e le protezioni contro le sovracorrenti, siano corrette sono le seguenti:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

- per dispositivi magneto-termici $I_t \leq 1,45 I_z$
- per fusibili $I_t \leq 0,906 I_z$

dove:

- I_b è il valore della corrente di impiego della linea
 I_n è il valore della corrente nominale del dispositivo di protezione
 I_z è il valore di portata della conduttura in regime permanente
 I_f è il valore di corrente di sicuro funzionamento del dispositivo di protezione.

La corrente di impiego della linea è calcolata con la seguente formula:

$$I_b = \frac{P_{\text{dimensionamento}}}{k \times U_n \times \cos\varphi}$$

dove:

- I_b è il valore della corrente di impiego della linea
 $P_{\text{dimensionamento}}$ è il valore della potenza attivata calcolata per il dimensionamento dei dispositivi e delle linee, come di seguito determinata
 k fattore uguale a 2 per linee monofase, uguale a $\sqrt{3}$ per linee trifase
 $\cos\varphi$ è il valore del fattore di potenza dell'utenza
 U_n è il valore della tensione nominale

La corrente di portata della linea (I_z) effettiva è calcolata con la seguente formula:

$$I_z = I'_z \times k_1 \times k_2$$

Dove:

- I_z è il valore di portata effettiva della linea
 I'_z è il valore di portata del cavo ricavabile da specifiche tabelle
 k_1 è il fattore di correzione in base alla temperatura ambiente di esercizio, ricavabile da specifiche tabelle
 k_2 è il fattore di correzione in base alle modalità di posa in fascio o in strato della linea, ricavabile da specifiche tabelle

La corrente di portata della linea (I_z) effettiva interrata è calcolata con la seguente formula:

$$I_z = I'_z \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4$$

dove:

- I_z è il valore di portata effettiva della linea
 I'_z è il valore di portata del cavo ricavabile da specifiche tabelle

- k_1 è il fattore di correzione in base alla temperatura ambiente di esercizio, ricavabile da specifiche tabelle
- k_2 è il fattore di correzione in base alle modalità di posa in fascio o in strato della linea, ricavabile da specifiche tabelle
- k_3 è il fattore di correzione in base alle profondità di posa della linea, ricavabile da specifiche tabelle
- k_4 è il fattore di correzione in base alla resistività termica del terreno di posa della linea, ricavabile da specifiche tabelle

Per il dimensionamento delle linee in corrente continua devono essere prescelti per soddisfare la seguente relazione:

$$1,25 I_{sc} \leq I_z$$

dove:

I_{sc} è il valore della corrente di corto-circuito della stringa fotovoltaica

I_z è il valore di portata effettiva della linea

In base alle peculiarità delle linee in corrente continua la suddetta relazione è sicuramente verificata, pertanto, non è necessario proteggere le stesse contro il sovraccarico, in quanto i valori di corrente di corto-circuito delle stringhe sono moderatamente superiori alla corrente nominale di esercizio.

Determinato il valore della sezione della linea, ed i valori della corrente di intervento del dispositivo di protezione, si è proceduto alla verifica della caduta di tensione sulla linea in corrente alternata, considerando una massima caduta di tensione al termine della stessa inferiore al 1% della tensione nominale, in modo che sia soddisfatta la relazione:

$$\Delta V\% = k \times I_b \times L \times (R \times \cos\varphi + X \times \sin\varphi) \times 100 / U_n$$

dove:

$\Delta V\%$ è il valore percentuale, rispetto alla tensione nominale, della caduta di tensione in base al valore di sezione determinato precedentemente

k fattore uguale a 2 per linea monofase, uguale a $\sqrt{3}$ per linea trifase

I_b è il valore della corrente di impiego della linea

L è la lunghezza della linea

R è il valore della resistenza chilometrica della linea prescelta

X è il valore della reattanza chilometrica della linea prescelta

$\cos\varphi$ è il valore del fattore di potenza dell'utenza

U_n è il valore della tensione nominale

Per la verifica delle cadute di tensione delle linee sul lato corrente continua, si considera una caduta di tensione massima al termine delle condutture inferiore al 1% della tensione nominale, in modo che sia soddisfatta la seguente relazione:

$$\Delta V\% = (2 \times I \times L \times R \times 100) / U_n$$

dove:

$\Delta V\%$ è il valore percentuale, rispetto alla tensione nominale, della caduta di tensione in base al valore di sezione determinato precedentemente

I è il valore della corrente di impiego della linea

L è la lunghezza della linea

R è il valore della resistenza chilometrica della linea prescelta

U_n è il valore della tensione nominale in corrente continua

Sono stati prescelti valori di sezione nominale dei conduttori superiori ai valori ottenibili dalle relazioni suddette per poter limitare i valori di cadute di tensione, e garantire un corretto coordinamento delle peculiarità per le protezioni dalle sovracorrenti.

Determinata la sezione della linea sono stati calcolati i valori della corrente di cortocircuito sui vari punti dell'impianto, utile per la scelta delle caratteristiche dei dispositivi di protezione, a partire dal punto di connessione dell'impianto Utente, dato fornito dal Distribution System Operator; affinché la scelta del dispositivo di protezione sia corretta deve essere soddisfatta la seguente relazione:

$$I_{cu} > I_{ccp}$$

dove:

I_{cu} è il valore del potere di interruzione estremo del dispositivo di protezione

I_{ccp} è il valore della corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione del dispositivo.

A questo punto scelte le caratteristiche principali della linea elettrica e del dispositivo di protezione si è passati alla verifica della congruenza tra le stesse per la determinazione finale delle caratteristiche definitive, che sono evincibili dagli elaborati grafici allegati; affinché le scelte effettuate siano corrette deve essere soddisfatta la seguente relazione:

$$K^2 \times S^2 > I^2 \times t$$

dove:

$K^2 \times S^2$ è l'energia specifica ammissibile dal cavo in condizioni di cortocircuito

$I^2 \times t$ è il massimo valore di energia passante che il dispositivo di protezione lascia fluire prima dell'interruzione.

Per la verifica di congruità tra le peculiarità dei convertitori AC/DC ed il valore di tensione generata dalle stringhe costituenti il campo fotovoltaico devono essere verificate le seguenti condizioni:

$$U_{stringa -10^{\circ}C} \leq MAX U_{MPPT}$$

$$U_{stringa +70^{\circ}C} \geq MIN U_{MPPT}$$

ma comunque:

$$U_{ocstringa -10^{\circ}C} \leq U_{MAXinverter}$$

dove:

- $U_{stringa -10^{\circ}C}$ è il valore della tensione di stringa alla temperatura di $-10^{\circ}C$;
- $U_{stringa +70^{\circ}C}$ è il valore della tensione di stringa alla temperatura di $+70^{\circ}C$;
- $U_{ocstringa -10^{\circ}C}$ è il valore della tensione di stringa a circuito aperto alla temperatura di $-10^{\circ}C$;
- $MAX U_{MPPT}$ è il massimo valore di tensione di funzionamento dell'ingresso MPPT del convertitore AC/DC;
- $MIN U_{MPPT}$ è il minimo valore di tensione di funzionamento dell'ingresso MPPT del convertitore AC/DC;
- $U_{MAXinverter}$ è il massimo valore di tensione tollerabile in ingresso al convertitore AC/DC;

Per la verifica di congruità tra le peculiarità dei convertitori AC/DC, ed il valore di corrente generata dalle singole stringhe costituenti il campo fotovoltaico deve essere verificata la seguente condizione:

$$I_{stringa +70^{\circ}C} \leq I_{maxinverter}$$

dove:

- $I_{stringa +70^{\circ}C}$ è il valore della corrente di stringa alla temperatura di $+70^{\circ}C$;
- $I_{maxinverter}$ è il valore massimo di corrente ammissibile in ingresso al convertitore AC/DC.

I risultati dell'applicazione delle formule suddette e le conseguenti scelte definite per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto sono ricavabili dagli elaborati grafici allegati.

B.5. DEFINIZIONE DEL GRADO DI DETTAGLIO E DEI TIPI DI ELABORATI DI PROGETTO

Il presente progetto definitivo elettrico ha lo scopo di indicare le scelte sulle tipologie delle apparecchiature e degli interventi elettrici necessari alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto, realizzato sul terreno nelle disponibilità della società Virgo Gamma S.r.l., sito in contrada Gulfa Grande, nel comune di Santa Margherita di Belice (AG), con lo scopo di permettere l'ottenimento dei titoli autorizzativi per la costruzione e l'esercizio dello stesso.

Al presente progetto elettrico, soggetto a variazioni necessarie che si potranno riscontrare durante l'esecuzione dell'opera ma conformi alla normativa vigente e definite con lo scrivente, vengono allegati i seguenti elaborati grafici:

Progetto definitivo			
Numero elaborato	Nome	Versione	Titolo
EPD0008	RS12EPD0008A0.pdf	00	PROGETTO DEFINITIVO - Schema unifilare Media e bassa tensione 01
EPD0009	RS12EPD0009A0.pdf	00	PROGETTO DEFINITIVO - Schema unifilare Media e bassa tensione 02
EPD0010	RS12EPD0010A0.pdf	00	PROGETTO DEFINITIVO - Schema unifilare corrente continua sezione A
EPD0011	RS12EPD0011A0.pdf	00	PROGETTO DEFINITIVO - Schema unifilare corrente continua sezione B
EPD0012	RS12EPD0012A0.pdf	00	PROGETTO DEFINITIVO - Schema unifilare corrente continua sezione C
EPD0013	RS12EPD0013A0.pdf	00	PROGETTO DEFINITIVO - Schema sistema impianto di terra
EPD0014	RS12EPD0014A0.pdf	00	PROGETTO DEFINITIVO - Disegno distribuzione cavidotti e tubazioni
EPD0015	RS12EPD0015A0.pdf	00	PROGETTO DEFINITIVO - Vista planimetrica installazione impianto sezioni A, B e C
EPD0016	RS12EPD0016A0.pdf	00	PROGETTO DEFINITIVO - Disegno installazione apparecchiature elettriche e particolari costruttivi
EPD0017	RS12EPD0017A0.pdf	00	PROGETTO DEFINITIVO - Disegno di installazione impianti ausiliari
REL0009	RS12REL0009A0.pdf	00	RELAZIONE TECNICA - Relazione tecnica definitiva progetto elettrico
REL0010	RS12REL0010A0.pdf	00	RELAZIONE TECNICA - Relazione tecnica definitiva calcoli elettrici

C- POTENZE INSTALLATE E RELATIVI DIMENSIONAMENTI

Nelle tabelle descrittive redatte negli elaborati grafici allegati sono indicate le principali utenze elettriche oggetto della presente progettazione.

Per il calcolo della effettiva potenza di dimensionamento ed assorbita o erogabile dall'utenza è stata utilizzata la seguente formula:

$$P_{\text{dimensionamento}} = P_{\text{nom}} \times K_c \times K_u \times \eta$$

dove:

$P_{\text{dimensionamento}}$	è il valore della potenza attiva calcolata per il dimensionamento dei dispositivi e delle linee elettriche
P_{nom}	è il valore della potenza nominale dell'utenza, tenendo conto di tutte le potenze nominali dei vari carichi alimentati dalla singola linea e relativo dispositivo di protezione
K_c	è il valore del fattore di contemporaneità che tiene conto del funzionamento simultaneo di più carichi elettrici alimentati dalla singola linea e relativo dispositivo di protezione
K_u	è il valore del fattore di utilizzazione che tiene conto dell'effettiva potenza media dei carichi, nelle condizioni normali di servizio, in relazione alla potenza nominale
η	è il valore di rendimento dell'utenza

D - TABELLE DI COORDINAMENTO DELLE PROTEZIONI

Nelle tabelle descrittive redatte negli elaborati grafici sono contenute le caratteristiche elettriche principali dei dispositivi di sezionamento e protezione, ottenute calcolando le condizioni elettriche nei vari punti dell'impianto con formule specifiche e soddisfacendo le relazioni sopradescritte, in modo da creare un sistema di selettività verticale tra le protezioni stesse per evitare interventi intempestivi dei dispositivi che potrebbero portare a disservizi inutili alle altre utenze non interessate dal guasto; le protezioni prescelte devono garantire il corretto intervento in condizioni di guasto e non interferire con la garanzia di funzionalità dell'impianto elettrico utilizzatore esistente.

Le energie specifiche passanti, lasciate fluire dai dispositivi di protezione precedentemente descritti in presenza di correnti di cortocircuito calcolate nel punto di installazione, sono state ricavate su manuali specialistici dalle caratteristiche (curve di limitazione) di dispositivi di protezione comunemente presenti sul mercato, con le quali sono state inoltre verificate le relazioni di interpolazione tra le suddette energie, le quali devono essere inferiori rispetto all'energia specifica sopportabile dalla conduttura di alimentazione posta a valle dell'interruttore.

E - SPECIFICHE TECNICHE DEI COMPONENTI ELETTRICI

Ogni singolo componente dell'impianto elettrico dovrà essere conforme alle relative prescrizioni di legge e normative (nazionali od armonizzate), nonché essere dotato di tutte le necessarie certificazioni attestanti tale stato di conformità; l'uso dei componenti elettrici conformi alle relative Norme CEI riguardanti la sicurezza permette di soddisfare le prescrizioni di questo paragrafo.

La marcatura CE è obbligatoria e deve venire apposta dal costruttore, importatore o mandatario, il quale dichiara, in tal modo, che il prodotto è conforme alla direttiva "bassa tensione" e alle altre direttive ad esso applicabili.

Ove esista una norma tecnica (armonizzata, internazionale o nazionale) relativa a componenti elettrici soggetti alla direttiva "bassa tensione", la rispondenza di un componente elettrico a tale norma presuppone anche la rispondenza ai requisiti essenziali della direttiva. Di seguito sono elencate e descritte le apparecchiature elettriche principali, che devono essere installate per l'ottenimento dei requisiti richiesti all'impianto fotovoltaico; per i riferimenti riguardanti l'ubicazione delle apparecchiature, le conformazioni costruttive e le modalità di connessione elettrica bisogna prendere in considerazione gli elaborati grafici allegati.

Le principali apparecchiature descritte successivamente sono:

- E.1 – Scomparti di Media Tensione;
- E.2 – Trasformatori elevatori di potenza MT/bt;
- E.3 – Quadri di bassa tensione;
- E.4 – Convertitori AC/DC;
- E.5 – Moduli fotovoltaici.

E.1. Scomparti di Media Tensione

Gli scomparti necessari alla realizzazione del presente impianto fotovoltaico dovranno essere costituiti da unità di Media Tensione isolate in aria ed aventi specifiche funzionalità, le quali dovranno soddisfare le seguenti caratteristiche generali:

E.1.1. Dati elettrici

- Tensione nominale 24 kV
- Tensione di esercizio 20 kV
- Numero delle fasi 3
- Livello nominale di isolamento
 - Tensione di tenuta ad impulso 1.2/50 us a secco
 - verso terra e tra le fasi (valore di picco) 125 kV
 - Tensione di tenuta a frequenza industriale
 - per un minuto a secco verso terra e tra le fasi 50 kV

▪ Frequenza nominale	50 Hz
▪ Corrente nominale barratura	630 A
▪ Corrente nominale derivazioni	630 A
▪ Corrente di breve durata nominale per 1 s	16 kA
▪ Corrente ammissibile di picco nominale	40 kA
▪ Grado di protezione esterno	IP 3X
▪ Grado di protezione interno	IP 2X

E.1.2. Caratteristiche costruttive

L'unità dovrà essere di tipo normalizzato, costituita da scomparti monoblocco e standardizzati.

L'unità dovrà essere realizzata in esecuzione protetta, isolata in aria, adatta per l'installazione all'interno ed in ambienti industriali.

La struttura portante dovrà essere stata realizzata con lamiera di acciaio di spessore minimo 2 mm.

L'involucro metallico dovrà comprendere:

- un pannello superiore di chiusura smontabile dall'esterno fissato con viti;
- una porta frontale di accesso, che deve essere interbloccabile con le apparecchiature interne come previsto;
- le pareti posteriori e laterali dovranno essere rivettate o imbullonate, smontabili solo dall'interno;
- canale di risalita cavi dal basso;
- cassonetto per contenimento relè di protezione generale in bassa tensione

E.1.3. Sbarre principali e connessioni

Le sbarre principali e le derivazioni dovranno essere state realizzate in rame, e dovranno essere state dimensionate per sopportare correnti di corto circuito (limite termico per 1" /dinamico di cresta) pari a 40kA, secondo la normativa vigente.

E.1.4. Impianto di terra

La barra equipotenziale, installata esternamente all'unità, dovrà essere stata realizzata con piatto di rame di sezione non inferiore a 50 mmq alla quale dovranno essere stati collegati, con conduttori o sbarre di rame, i morsetti di terra dei vari apparecchi, i dispositivi di manovra, i supporti dei terminali dei cavi e le schermature dei cavi stessi.

La barra equipotenziale suddetta dovrà essere collegata al nodo equipotenziale di terra installato entro il locale cliente della cabina di consegna tramite cavo di tipo FS17 di sezione pari a 50 mmq.

E.1.5. Interblocchi

Il quadro dovrà essere dotato di tutti gli interblocchi necessari per prevenire errate manovre che potrebbero compromettere, oltre che l'efficienza e l'affidabilità, la sicurezza del personale addetto all'esercizio dell'impianto.

In particolare, dovranno essere stati installati almeno i seguenti blocchi:

- Blocco a chiave tra l'interruttore e sezionatore di linea. L'apertura del sezionatore deve essere subordinata all'apertura dell'interruttore, con recupero della relativa chiave di blocco.
- Blocco meccanico tra sezionatore di linea e sezionatore di terra. La chiusura del sezionatore di terra deve essere subordinata all'apertura del sezionatore di linea.
- Blocco meccanico tra il sezionatore di terra e la portella di accesso allo scomparto. L'apertura della portella di accesso al relativo scomparto deve essere subordinata alla chiusura del sezionatore di terra, con successivo recupero della chiave sbloccata a sezionatore di terra chiuso per la possibilità di apertura dell'accesso sopraccitato.

E.1.6. Interruttori

Gli interruttori di Media Tensione dovranno essere del tipo ad interruzione in esafluoruro di zolfo con poli in pressione, secondo il concetto di "sistema sigillato a vita" (perdita Max/anno dell'involucro $\leq 1\%$), ed i comandi dovranno essere del tipo ad energia accumulata tramite precarico manuale o automatico della molla di chiusura.

La pressione interna dell'SF6 deve essere $\leq 0,5$ bar.

Gli interruttori dovranno essere stati predisposti per ricevere il blocco in posizione di "APERTO".

Gli interruttori installati dovranno avere le seguenti caratteristiche, ed essere corredato dei seguenti accessori:

- Tensione nominale 24 kV
- Tensione di esercizio 20 kV
- Corrente nominale 630 A
- Potere di interruzione fino a 24 KV 20 kA
- Relè elettronico a protezione indiretta contro i sovraccarichi e cortocircuiti
- Sganciatore di apertura 230 VAC con data logger
- Contatti ausiliari per la segnalazione di APERTO-CHIUSO dell'interruttore

Il comando dovrà essere a sgancio libero assicurando l'apertura dei contatti principali anche se l'ordine di apertura viene dato dopo l'inizio di una manovra di chiusura.

Sul fronte dell'unità dovranno essere installati i dispositivi di comando per l'apertura e la chiusura degli interruttori stessi, ed i dispositivi di segnalazione sullo stato di posizione degli interruttori.

E.1.6.2- Sezionatori

I sezionatori di manovra a vuoto dovranno essere a doppio sezionamento ed essere contenuti in un involucro “sigillato a vita” in resina epossidica riempito di esafluoruro di zolfo; tale involucro dovrà possedere un punto di rottura prestabilita per far defluire verso l'esterno le eventuali sovrappressioni che si manifestassero all'interno, che dovranno essere evacuate verso il retro del quadro senza provocare alcun pericolo per le persone. I sezionatori dovranno essere a tre posizioni (chiuso sulla linea, aperto, messo a terra), e la messa a terra dovrà possedere un potere di chiusura almeno uguale alla corrente di breve durata dell'impianto in oggetto.

I sezionatori dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- | | |
|---------------------------------------|-------|
| ▪ Tensione nominale | 24 KV |
| ▪ Tensione di esercizio | 20 KV |
| ▪ Corrente nominale | 630 A |
| ▪ Potere di interruzione fino a 24 KV | 20 KA |

I comandi del sezionatore dovranno essere stati posti sul fronte dell'unità.

L'apparecchio dovrà essere azionabile mediante una leva asportabile. Il senso di movimento per l'esecuzione delle manovre dovrà essere conforme alla norma IEC 62271; inoltre le manovre si dovranno effettuare applicando all'estremità degli apparecchi un momento non superiore ai 200 Nm.

E.1.6.3- Relè di protezione

Entro le unità di Media Tensione dovranno essere installati relè di tipo elettronico, a protezione indiretta, i quali dovranno essere completi, oltre che di funzionalità di protezione, anche di funzionalità di misurazione di grandezze elettriche.

I relè dovranno garantire, almeno, le funzioni di protezione e misurazione seguenti:

- Protezione per massima corrente di fase con tripla soglia di corrente e ritardi intenzionali impostabili;
- Protezione per massima corrente di terra con doppia soglia di corrente e ritardi intenzionali impostabili;
- Misurazione delle correnti di fase istantanea;
- Visualizzazione di messaggi di allarme;
- Memoria storica di allarmi.

I riferimenti di corrente, necessari al funzionamento del relè, dovranno essere prelevati dai trasformatori di corrente, di idonee caratteristiche installati entro le unità.

E.2. TRASFORMATORI DI POTENZA MT/bt

Per la conversione dei valori di tensione e corrente generati dai convertitori AC/DC in bassa tensione (800 VAC) alle peculiarità della fornitura dell'energia del DSO in Media Tensione dovranno essere installati, secondo le modalità individuabili dagli elaborati grafici, tre trasformatori di potenza MT/BT a perdite ridotte in conformità al Regolamento Europeo 548/2014, come aggiornato dal Regolamento Europeo 2017/1783; tali trasformatori dovranno essere di tipo trifase in resina, aventi le seguenti caratteristiche:

- | | |
|-----------------------|-------------------|
| ▪ Sigla | TR-A |
| ▪ Tipo | trifase in resina |
| ▪ Collegamento | Dyn 11 |
| ▪ Potenza nominale | 800 kVA |
| ▪ Tensione primario | 20 kV |
| ▪ Tensione secondario | 800 VAC |
| ▪ Sigla | TR-B e TR-C |
| ▪ Tipo | trifase in resina |
| ▪ Collegamento | Dyn 11 |
| ▪ Potenza nominale | 1.600 kVA |
| ▪ Tensione primario | 20 kV |
| ▪ Tensione secondario | 800 VAC |

Per l'ottenimento di valori di tensione necessari all'alimentazione dei servizi ausiliari del presente impianto fotovoltaico dovrà essere installato, secondo le modalità individuabili dagli elaborati grafici, un trasformatore di potenza di tipo trifase in resina epossidica aventi le seguenti caratteristiche:

- | | |
|-----------------------|-------------------|
| ▪ Tipo | trifase in resina |
| ▪ Collegamento | Dyn 11 |
| ▪ Potenza nominale | 100 kVA |
| ▪ Tensione primario | 20 kV |
| ▪ Tensione secondario | 230-400 VAC |

E.3. QUADRI DI BASSA TENSIONE

I dispositivi di sezionamento e protezione a servizio delle linee elettriche di collegamento dei singoli convertitori, i dispositivi di sezionamento e protezione degli impianti ausiliari e tutte le apparecchiature di comando, controllo, misurazione e protezione del presente impianto fotovoltaico dovranno essere installati ed elettricamente connessi all'interno di appositi quadri dedicati in bassa tensione aventi le principali seguenti caratteristiche

- | | |
|-----------------------------------|----------|
| ▪ Tensione nominale di isolamento | 1000 VDC |
|-----------------------------------|----------|

▪ Numero delle fasi	3
▪ Corrente nominale di corto-circuito simmetrica	50 KA
▪ Grado di protezione esterno	IP 55
▪ Grado di protezione interno	IP20
▪ Grado di protezione meccanica	IK 08

I quadri dovranno avere conformazione costruttiva di tipo standard, all'interno dei quali dovranno essere installati ed elettricamente connessi i dispositivi di protezione secondo le modalità ricavabili dagli elaborati grafici allegati.

Ad ogni apparecchiatura dovrà essere applicata una targhetta identificatrice, con indicata la denominazione ricavabile dagli elaborati grafici.

E.3.1. Caratteristiche costruttive

La carpenteria metallica del quadro dovrà essere così composta:

- struttura di base del quadro costituita da moduli di dimensioni standard per l'installazione delle apparecchiature e moduli laterali che consentiranno la risalita cavi. I moduli devono essere posati sopra uno zoccolo di metallo, di dimensioni uguali a quelle dei moduli e di altezza pari 150 mm;
- due pannelli laterali, smontabili dall'esterno, fissati con viti;
- pannello posteriore, smontabile dall'esterno, fissato con viti;
- porte frontali trasparente, di dimensioni idonee all'installazione;
- porta frontale cieca, di dimensioni idonee all'installazione;
- piastra di copertura, smontabile dall'esterno fissato con viti.

Tutta la struttura ed i componenti metallici dovranno essere in lamiera di acciaio, sottoposta a trattamento di cataforesi con polveri indurenti a base di resine epossidiche e poliestere polimerizzate a caldo di colore RAL 9001, opportunamente trattati con sistema di cataforesi e verniciati in modo da offrire un'ottima resistenza all'usura.

E.3.2. Sistemi di barratura

Il sistema di barratura principale che consentirà la distribuzione dell'alimentazione elettrica interna al quadro, ad ogni relativo dispositivo di protezione dovrà essere del tipo a barre rigide in rame, di dimensioni minime pari a 100x20 mm completo di almeno 8 supporti di fissaggio alla struttura.

E.3.3. Cavetteria e circuiti ausiliari

Tutti i circuiti ausiliari dovranno essere realizzati con conduttori flessibili in rame, isolati in PVC non propaganti l'incendio, del tipo FS17 e di sezione minima pari a 1,5 mmq, posati entro canaline in materiale plastico opportunamente installate.

I conduttori dei circuiti ausiliari dovranno essere stati opportunamente contrassegnati ed essere attestati a morsettiere componibili e numerate come da schema funzionale.

Ciascuna parte terminale dei conduttori dovrà essere stata provvista di adatti capicorda opportunamente isolati.

E.3.4. Prove e verifiche

I quadri dovranno essere sottoposti alle specifiche prove di accettazione e di collaudo o verifiche tramite valutazioni teoriche, o applicazione di regole di progetto in base ad un sistema di costruzione predefinito, al fine di poter certificare la conformità dello stesso alle norme CEI-IEC; i quadri dovranno essere soggetto almeno alle seguenti verifiche:

- verifica dei limiti di sovratemperatura;
- verifica della tenuta al cortocircuito;
- verifica di compatibilità elettromagnetica;
- verifica delle proprietà dielettriche;
- verifica delle distanze di isolamento in aria e superficiali, di tenuta all'impulso e di tenuta alla tensione di isolamento;
- verifica del funzionamento meccanico;
- verifica del grado di protezione IP;
- verifica di continuità del circuito di protezione;
- verifica delle modalità di costruzione e presenza della targhetta identificatrice sulle caratteristiche del quadro.

E.4. CONVERTITORI AC/DC

Per la conversione delle caratteristiche della tensione generata dalle singole stringhe, costituenti il campo fotovoltaico in corrente continua, a peculiarità congrue al sistema di funzionamento della rete, in corrente alternata trifase (800 VAC), si dovranno installare ed elettricamente connettere convertitori trifase AC/DC, costituiti da una struttura metallica sigillata e rinforzata in alluminio pressofuso completa di dissipatore di calore posteriore, completo di 3 MPPT aventi efficienza massima pari a 99%, protezione IP66, raffreddamento ad aria forzata, connessioni del campo fotovoltaico tramite connettori di tipo standard, protezioni singola stringa dalle sovracorrenti, protezioni dalle sovratensioni di Classe II sia lato AC sia lato DC, possedere le seguenti caratteristiche tecniche specifiche:

- | | |
|---|-------------------|
| ▪ Casa costruttrice | Huawei |
| ▪ Modello | SUN2000-215KTL-H3 |
| ▪ Range tensione in ingresso | 500-1500 VDC |
| ▪ Range tensione in ingresso per potenza nom. | 550-1080 VDC |
| ▪ Massima tensione in ingresso | 1500 VDC |

▪ Corrente max in ingresso	100 A x MPPT
▪ Potenza nominale in uscita	200 kW
▪ Tensione in uscita	800 VAC
▪ Corrente massima in uscita	155,2 A
▪ Efficienza massima	99,0 %
▪ Efficienza europea	98,6 %

Le modalità di collegamento elettrico ed il posizionamento dei convertitori AC/DC sono ricavabili dagli elaborati grafici allegati alla presente relazione.

E.5. CAMPO FOTOVOLTAICO (CF1)

Per la realizzazione del presente impianto fotovoltaico dovranno essere installati 5.068 moduli fotovoltaici bifacciali, costituenti il campo fotovoltaico, a tecnologia NJT monocristallino; per la protezione dagli urti, dovuti principalmente a condizioni atmosferiche, le celle dovranno essere protette da una copertura in vetro temprato e strati di pellicola EVA, strati di protezione impermeabile e cornice strutturale in alluminio anodizzato. I moduli saranno connessi in serie a formare delle stringhe, ognuna delle quali dovrà essere costituita da 28, 26, 25 oppure 24 moduli come riportato sugli elaborati grafici, per l'ottenimento di valori di tensione di esercizio congrui con le caratteristiche dei canali di ingresso dei singoli convertitori

I moduli fotovoltaici prescelti devono avere le seguenti caratteristiche tecniche:

▪ Casa costruttrice	Risen
▪ Modello	RSM132-8-695BHDG
▪ Potenza nominale	695 W
▪ Tensione massima del sistema	1500 V
▪ Tensione a potenza nominale	41,71 V
▪ Tensione a circuito aperto	49,74 V
▪ Corrente a potenza nominale	16,68 A
▪ Corrente di cortocircuito	17,74 A
▪ Efficienza del modulo	22,4 %
▪ Lunghezza modulo	2384 mm
▪ Larghezza modulo	1303 mm
▪ Spessore modulo	33 mm
▪ Tipo di collegamento per formazione stringhe	Serie

Le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici dovranno essere di tipo bipalo, infissi nel terreno a profondità idonea a garantire durabilità nel tempo e resistenza agli agenti atmosferici, per mezzo di un trattamento protettivo per immersione galvanica in bagno caldo di zinco e conformi alla norma UNI EN ISO 1461. Al

bipalo di fondazione dovrà essere fissata la barra trasversale, per la formazione dell'angolo di tilt necessario e nel caso presente pari a 27°, alla quale dovranno essere fissate i profili scatolati longitudinali, di idonee dimensioni, ai quali verranno fissati i moduli fotovoltaici per mezzo di idonei morsetti centrali e terminali.

F - ELENCO E SPECIFICHE TECNICHE DELLE CONDUTTURE ELETTRICHE

In base ai criteri di dimensionamento delle condutture di alimentazione elettriche, conformi alla normativa vigente, sono state calcolate le caratteristiche principali che devono possedere le stesse affinché risultino congrue con le scelte effettuate precedentemente.

Le specifiche caratteristiche di ogni conduttura sono ricavabili dalle tabelle descrittive redatte inserite negli elaborati grafici.

Nella tabella seguente (Tabella 2) si possono ricavare la corrispondenza, secondo la normativa vigente, tra il codice e la descrizione delle modalità di posa delle varie condutture.

Tabella 2 – Tipologia di posa condutture elettriche

Sigla	Descrizione modalità di posa	Normativa di riferimento
3A	Cavi unipolari con guaina in tubi circolari distanziati da pareti	CEI UNEL 35024/1
3	Cavi multipolari con guaina in tubi circolari distanziati da pareti	CEI UNEL 35024/1
12	Cavi unipolari-multipolari con guaina su passerelle non preforate	CEI UNEL 35024/1
61	Cavi unipolari/multipolari interrati in tubi protettivi	CEI UNEL 35026
P.2	Cavi unipolari di Media Tensione in cunicolo chiuso non riempito	CEI 11-17
N	Cavi unipolari di media tensione in tubo interrato	CEI 11-17

Le condutture di alimentazione e collegamento per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico dovranno avere sezione come indicata negli elaborati grafici allegati, e, quando possibile peculiarità tali per il riconoscimento di condutture di Classe II.

Le condutture descritte precedentemente con modalità di posa di tipo 3 e 3A devono essere posate entro sistemi di tubazioni in materiale plastico, avente percorso orizzontale o verticale in base alle esigenze, costituiti da tubi rigidi o guaine flessibile con anima metallica, di diametro almeno pari a 25 mm o comunque 1,3 volte superiore al diametro esterno del cavo o del fascio di cavi, grado di protezione minimo pari a IP44, idoneamente fissati tramite supporti anch'essi in materiale plastico ancorati ai muri perimetrali dei locali tramite tasselli plastici di diametro minimo pari a 5 mm ed interasse di installazione massimo 800 mm, e completi di ogni accessorio di raccordo e giunzione occorrente ad una corretta installazione.

Le condutture descritte precedentemente con modalità di posa di tipo 12 devono essere posate entro sistemi di canalizzazioni in metallo di nuova realizzazione, aventi percorso orizzontale o verticale, in base alle esigenze, costituiti da canaline metalliche aventi dimensioni minime pari a 150 x 80 mm, o comunque tali

che il coefficiente di riempimento costituito dalla superficie in sezione occupata dal fascio di cavi sia inferiore alla metà della superficie in sezione della canalina, completi di ogni accessorio di raccordo e giunzione e fissaggio occorrente ad una corretta installazione.

Le condutture descritte precedentemente con modalità di posa 61 e N devono essere posate entro cavidotto costituito da tubo plastico corrugato idoneo per la posa interrata, avente grado minimo di schiacciamento 450 N, con diametro minimo pari a 125 mm o comunque 1,3 volte superiore al diametro esterno del cavo o del fascio di cavi, posto ad una profondità minima pari a 60 cm rispetto al piano campagna.

Le condutture descritte precedentemente con modalità di posa di tipo P.2 devono essere posate entro cunicoli chiusi non riempiti aventi percorsi orizzontali.

I percorsi e le modalità di posa devono essere ricavati dagli elaborati grafici allegati o comunque devono permettere ad ogni condotta di collegamento il raggiungimento della relativa apparecchiatura.

Tutti i cavi costituenti le condutture sopradescritte devono essere idoneamente collegati ai rispettivi morsetti, tramite l'ausilio di appositi attrezzi, evitando la fuoriuscita di fili di rame possibili cause di eventuali cortocircuiti, idoneamente contrassegnati con targhette plastiche; si raccomanda il rispetto dei colori distintivi dei conduttori secondo la normativa vigente (nero, grigio, marrone per i conduttori di fase e di potenza in corrente alternata o continua, blu per i conduttori di neutro e giallo verde per i conduttori di protezione o i collegamenti equipotenziali); per le condutture unipolari di connessione dei moduli fotovoltaici dovranno essere utilizzati connettori standard maschio-femmina aventi grado di protezione pari a IP65, idonei per il collegamento con i cavi precablati ai moduli stessi.

G - DISPOSIZIONI DI SICUREZZA, OPERATIVE E DI MANUTENZIONE

Alle apparecchiature elettriche dovranno essere applicati cartelli monitori, con contrassegnate le caratteristiche delle stesse, e gli avvertimenti sulle modalità di esercizio e di effettuazione delle operazioni di intervento e di manovra.

Le disposizioni inerenti all'installazione delle apparecchiature e la realizzazione degli impianti dovranno essere conformi al presente progetto, essere eseguite secondo la normativa vigente, ed ottemperanti le istruzioni di installazione del costruttore delle apparecchiature, e nel rispetto della regola dell'arte; il suddetto impegno è da ritenersi valido anche ove sugli elaborati grafici o sulla presente relazione manchino precise indicazioni in merito.

Tutte le lavorazioni dovranno essere eseguite rispettando la normativa vigente in materia di sicurezza dei lavoratori; la ditta installatrice, oltre ad eseguire scrupolosamente quanto indicato nel presente progetto, dovrà eseguire tutti i lavori nel rispetto della regola dell'arte.

Al termine dei lavori, e prima del collaudo definitivo dell'impianto, dovranno essere realizzate le verifiche finali di messa in servizio costituite almeno da quanto segue:

- Verifiche a vista sulle modalità di realizzazione degli interventi secondo il presente progetto e sulle modalità di installazione delle apparecchiature secondo le istruzioni del costruttore;
- Verifiche di funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza e nelle varie modalità previste dal convertitore (accensione, spegnimento, mancanza rete);
- Verifica di continuità tra i conduttori di protezione, e l'impianto di terra esistente.
- Verifica di resistenza di isolamento delle linee elettriche;
- Verifica di funzionamento del dispositivo e della protezione di interfaccia;
- Verifica di funzionamento del dispositivo e della protezione generale;
- Verifiche di funzionamento dei dispositivi di protezione differenziali;
- Misura della resistenza di terra per la verifica del coordinamento tra le caratteristiche dei dispositivi di protezione differenziali ed il valore di resistenza stessa;

A collaudo effettuato dovrà essere redatta dalla ditta installatrice degli interventi descritti nel presente progetto la dichiarazione di conformità secondo quanto previsto dal D.M. 37/08, il manuale d'uso dell'impianto e relativo piano di manutenzione, inoltre dovrà essere consegnato alla Proprietà la certificazione di conformità dei moduli fotovoltaici alla norma CEI EN 61215, documentazione che deve accompagnare la consegna del materiale all'installatore.