



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA

NEL COMUNE DI MORARO

SITO IN VIA GESIMIS 3 – MORARO (GO)

PROGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

tavola:

ele.fv.01–RIL–r00

data:

Agosto 2024

RELAZIONE ILLUSTRATIVA GENERALE

TEA

Studio tecnico associato di progettazione impiantistica

Via Barone n.2/b
33059 FIUMICELLO (UD)
tel. 0432.92.47.18 – e_mail: info@studiotecnicotea.it

Via P. Besenghi n.16
34143 TRIESTE



Il Tecnico: Per. ind. Fornasari Flavio



	Documento	Data	Descrizione	Disegnato	Controllato	Approvato
01	EMISSIONE	Agosto 2024	FV	Marcuzzi S.	Per. Ind. Fornasari	Per. Ind. Fornasari

file:

Questo disegno è di esclusiva proprietà dello Studio Tecnico Associato TEA e ne è vietata la riproduzione totale o parziale senza espressa autorizzazione del proprietario. I diritti saranno tutelati a termini di legge.

1. PREMESSA

Il presente documento è parte integrante e sostanziale del progetto esecutivo per l'esecuzione dei lavori di realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra di potenza nominale pari a 498,4kWp connesso alla rete di media tensione a 20kV 50Hz presso il sito di stoccaggio e trattamento della ditta ISONTINA AMBIENTE S.r.l. a Moraro. Il progetto è redatto in conformità alle normative e direttive dell'ente distributore vigenti. Le opere previste nel presente progetto non sono di pubblica utilità, urgenti ed indifferibili e non costituiscono opere di urbanizzazione primaria.



Il sito è già dotato di due impianti fotovoltaici di potenza nominale complessiva pari a 153,6kWp connessi all'impianto passivo sul lato BT del sistema stesso, pertanto alla fine delle opere la potenza nominale complessiva degli impianti fotovoltaici sarà pari a 652kWp. L'intero impianto è di tipo TN-S con tensione primaria 20KV e tensione secondaria 0,4KV a 50Hz.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Gli impianti ed i singoli componenti saranno realizzati a regola d'arte (Decreto Ministeriale 22 gennaio 2008, n.37). Le caratteristiche degli impianti e dei relativi componenti devono corrispondere alla normativa ed alla legislazione vigente alla data del contratto; tale conformità si intende riferita alle norme tecniche emanate dal CEI, dall'UNI, nonché nel rispetto della legislazione attualmente in vigore.

Per quanto riguarda l'aspetto tecnico, le linee elettriche devono essere progettate, costruite ed esercite secondo le norme elaborate dal Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) le quali costituiscono disposizioni di legge.

I riferimenti legislativi sono:

- *Norma CEI 11-17 luglio 1997: "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica linee interrate";*
- *Norme del Ministero dell'Interno per quanto attiene le disposizioni di sicurezza antincendio;*
- *Decreto Legislativo 22 febbraio 2001, n. 36: "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";*
- *Norma CEI 11-8 dicembre 1989: "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica impianti di terra e successive varianti";*
- *Norma CEI 99-2 aprile 2011: "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata";*
- *Norma CEI 99-3 aprile 2011: "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in corrente alternata";*
- *Norma CEI 103-6 dicembre 1997: "Protezione delle linee di telecomunicazioni dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto".*
- *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".*
- *Guida per le connessioni alla rete elettrica di eDistribuzione.*
- *Legge n° 1086 del 05/11/1971 per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica*
- *Legge n° 64 del 02/02/1974, provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.*

- *Decreto ministeriale n° 39 del 03/12/1987, norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.*
- *D.M. LL.PP 14 febbraio 1992, Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.*
- *Norma UNI EN 206-1; Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità.*
- *Norma CEI EN 61330, normativa sulle sottostazioni prefabbricate in alta/bassa tensione.*
- *Normativa Enel DG10061 Rev.6 del 07/05/2010, DG10062 Ed.6 del 07/05/2010, DG2061 Ed.7 del 10/02/2012, DG2092 Rev.2 del 01/07/2011.*
- *Nuovo testo per le costruzioni NTC 2008*

Ulteriori riferimenti normativi prettamente relativi all'impianto fotovoltaico sono inseriti all'interno delle relazioni specialistiche di dimensionamento dell'impianto allegate al presente progetto esecutivo.

3 CARATTERISTICHE GENERALI DEI MATERIALI E DEI COMPONENTI

3.1 Generalità e marcatura CE

I materiali, i manufatti e le forniture in genere da impiegare nelle opere da eseguire dovranno possedere i requisiti stabiliti dalle leggi e dai regolamenti vigenti in materia ed inoltre corrispondere alle specifiche norme indicate nel presente elaborato. Dovranno inoltre rispondere alle specificazioni tecniche dei relativi Enti di unificazione e normazione (UNI, EN, ISO, GEI, ecc.). Potranno essere impiegati materiali e prodotti conformi a norme armonizzate o ad un benessere tecnico europeo come definiti dalla Direttiva 89/106/CEE, ovvero conformi a specifiche nazionali dei Paesi della Comunità Europea, qualora dette specifiche garantiscano un livello di sicurezza equivalente e tale da soddisfare i requisiti essenziali allegati alla citata direttiva. Nel caso in cui i materiali da costruzione debbano garantire il rispetto di uno o più requisiti essenziali di cui all'allegato A del D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246, gli stessi dovranno essere dotati di marcatura CE. Tale marcatura sarà indice di:

- Conformità alle norme nazionali che recepiscono norme armonizzate;
- Conformità, nel caso non esistano norme armonizzate, alle norme nazionali riconosciute dalla commissione a beneficiare della presunzione di conformità;

- Conformità al "Benestare tecnico europeo" di cui all'art. 5 del citato D.P.R.
- L'attestato di conformità CE rilasciato da parte di un organismo riconosciuto o la dichiarazione di conformità rilasciata dal fabbricante o da un suo mandatario in rapporto alle procedure previste dall'art. 7 del D.P.R. n. 246/93, dovrà contenere gli elementi informativi particolarmente elencati all'art. 10 dello stesso decreto.

3.2 Materiali elettrici

I materiali, gli apparecchi ed i componenti da impiegare negli impianti elettrici a progetto dovranno essere tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche o dovute all'umidità alle quali potranno essere esposti durante l'esercizio. Dovranno inoltre essere rispondenti alle relative norme CEI, CEI EN e Tabelle di unificazione CEI - UNEL ove queste, per detti materiali, apparecchi e componenti, risultino pubblicate e vigenti. In particolare i componenti elettrici degli impianti dovranno essere scelti secondo quanto indicato all'art. 133 e alla Sez. 714 della norma CEI 64-8. La rispondenza dei materiali e degli apparecchi alle prescrizioni di tali norme e tabelle dovrà essere attestata, per i materiali e per gli apparecchi per i quali è prevista la concessione del marchio, dalla presenza del contrassegno dell'Istituto Italiano del Marchio di Qualità o dalla presenza di altri marchi equivalenti validamente riconosciuti. L'apposizione inoltre del marchio CE, come in precedenza richiamato in nota, rappresenterà l'osservanza delle disposizioni dei D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246, che attua la Direttiva 89/106/CEE. In particolare, dovrà essere marcato CE il materiale elettrico soggetto alla Direttiva bassa tensione 93/68/CEE recepita con D.Lgs. 25 novembre 1996, n. 626. Si richiamano peraltro le seguenti direttive:

- Direttiva 85/374/CEE: Responsabilità da prodotto difettoso;
- Direttiva 92/59/CEE: Sicurezza generale dei prodotti.

4 CARATTERISTICHE GENERALI NUOVA RETE MEDIA TENSIONE

4.1 Configurazione rete MT

La rete di media tensione ha una configurazione a stella che parte dal punto di fornitura individuato dalla cabina di ricezione (DG) ed alimenta poi la cabina 1° lotto.

Presso la cabina di trasformazione esistente è installata una coppia di trasformatori MT-BT 20/0,4kV di potenza unitaria pari a 800kVA cadauno, si renderà necessario la completa sostituzione degli interruttori di media tensione, al fine di consentire lo spazio d'installazione di una nuova protezione per il collegamento della cabina fotovoltaica.



Figura 1 cabina di trasformazione esistente

4.2 Caratteristiche rete MT

La taratura delle protezioni di media tensione esistenti verranno verificate in opera, non si prevedono comunque progettualmente modifiche alla selettività che sarà garantita alla sola parte di cabine principali: cabina ricezione e cabina 1°lotto. Non viene richiesta alcuna selettività per la nuova cabina fotovoltaica giudicate non vitale per l'attività aziendale.

4.3 Apparat di media tensione

Interruttori automatici

Sono per l'appunto apparecchi in grado di chiudere ed interrompere la corrente di cortocircuito rilevata sull'impianto. A progetto si prevedono protezioni tipo elettronico tarabili. Marche e modelli riportati non sono da considerarsi vincolanti ai fini dell'appalto e saranno valutati in sede di gara e di conseguente direzione lavori. I nuovi quadro in gas SF6 con protezione arco interno sui 3 lati IAC AFL 12,5 kA x 1s) con relè di protezione elettronica 50-51-51N-67N, caratteristiche elettriche:

Tensione nominale	kV	24
Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale 50Hz / 1min valore efficace	kV	50
Tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico 1,2 / 50 microS valore di picco	kV	125
Tensione di esercizio	kV	20
Frequenza nominale	Hz	50 / 60
N° fasi		3
Corrente nominale delle sbarre principali	A	630
Corrente nominale max delle derivazioni	A	630
Corrente nominale ammissibile di breve durata	kA	12,5
Corrente nominale di picco	kA	31,5
Potere di interruzione degli interruttori alla tensione nominale	kA	12,5
Durata nominale del corto circuito	s	1
Tensione nominale degli ausiliari (circuito di continuità)	V	24

Norme di riferimento:

CEI EN 62271-200, CEI EN 62271-100, CEI EN 62271-1, CEI EN 62271-102, CEI EN 62271-103,

CEI EN 62271-105, CEI EN 62271-206, CEI EN 62271-304, CEI EN 60255, CEI EN 61869-2, CEI EN 61869-3, CEI EN 60044-4, CEI 0-16

Quadro conforme alle norme sismiche IEEE693, CEI EN 60068-3-3

Contattori

I contattori sono apparecchi in grado di compiere un elevato numero di manovre ed interrompere correnti di cortocircuito limitate. Nella presente fase progettuale non verrà fatto uso di tale dispositivo in quanto le manovre verranno effettuate direttamente dagli interruttori integrati da un sistema di motorizzazione che permetta anche l'inserzione temporizzata delle varie sezioni di trasformazione dell'impianto.

Sezionatori

Interruttori di manovra-sezionatori o sezionatori in grado di aprire o meno la corrente nominale (ovviamente con fattore di potenza elevato). Insieme ai dispositivi precedentemente citati vanno considerati anche i fusibili che si associano sia ai contattori come pure spesso ai sezionatori. Esistono altri dispositivi per applicazioni particolari (quali ad esempio dispositivi limitatori di cortocircuito) che sono oggetto di particolari applicazioni. All'interno del particolare progetto in oggetto il sezionamento è previsto solo all'interno delle cabine di trasformazione finali a sezionare la relativa rete a valle per interventi di manutenzione straordinaria o sostituzione trasformatore.

Trasformatori

Per operare una scelta corretta occorre coordinare il dispositivo di manovra (lato media tensione) e le relative eventuali protezioni che si utilizzano al secondario (lato bassa tensione) per eliminare tutti i possibili guasti che potrebbero inficiare il funzionamento della macchina. Mentre per i sovraccarichi ed il cortocircuito bifase e trifase la misura della corrente lato primario fornisce indicazioni precise in merito al tipo e posizione del guasto, in caso di guasto a terra (se il gruppo di collegamento del trasformatore è triangolo stella come normalmente per i trasformatori di distribuzione) ci sono due circuiti indipendenti che devono essere monitorati. Utilizzando sezionatori con fusibili si può garantire alla macchina la sola protezione di cortocircuito (ed eventualmente importanti sovraccarichi tramite i fusibili), ma non si può realizzare una sicura e rapida protezione contro i guasti a terra nel secondario, con il rischio di poter danneggiare gravemente la macchina senza che alcun dispositivo elimini il guasto entro i tempi cui normalmente sono garantiti i trasformatori (2 secondi).

Per questo motivo all'interno delle cabine si prevede sempre l'utilizzo di interruttori automatici. Visto l'ampliamento della rete di media tensione, quest'ultima scelta diviene

sempre più conveniente quando si vogliono utilizzare protezioni differenziali che hanno intervento istantaneo (non compatibili con partenze equipaggiate con contattori più fusibili) per una rapida e selettiva eliminazione del guasto in tutti i rami della rete.

Il Distributore, all'atto della richiesta di connessione, deve comunicare il limite alla potenza massima del singolo trasformatore e/o di più trasformatori in parallelo sulla stessa sbarra BT riferita alle tensioni di cortocircuito tipiche riportate nella Norma CEI EN 60076-5 che l'Utente può installare nel proprio impianto al fine di evitare l'intervento della protezione di massima corrente installata sulla linea MT che lo alimenta in caso di cortocircuito sulle sbarre BT del trasformatore. Tale limite alla potenza massima (secondo la norma CEI 0-16 vigente) non deve essere generalmente inferiore a 2000 kVA per le reti a 20 kV come nel caso in esame. Limiti inferiori possono essere definiti dal Distributore nel caso di strutture particolari della rete MT esistente.

Riguardo i limiti sull'energizzazione contemporanea dei trasformatori installati, l'Utente non può installare trasformatori per una potenza complessiva superiore a tre volte i limiti indicati (2000kVA per reti a 20kV) per ciascun livello di tensione, anche se con sbarre BT separate. In caso di installazione di trasformatori di potenza complessiva eccedente la predetta potenza limite, si devono prevedere nel proprio impianto opportuni dispositivi al fine di evitare la contemporanea energizzazione di quei trasformatori che determinano il superamento delle limitazioni suddette. Tali dispositivi devono intervenire in caso di mancanza di tensione superiore a 5 s e provvedere alla rienergizzazione dei trasformatori secondo quantità complessive non superiori ai limiti sopra determinati, con tempi di rientro intervallati di almeno 1 s.

Nell'impianto oggetto del presente elaborato progettuale l'inserzione programmata dei trasformatori infatti sono presenti:

- n°2 trasformatori 800kVA cabina lotto 1
- n°1 nuovo trasformatore cabina fotovoltaico 630kVA

Per un totale di 2.230kVA quindi inferiore al limite normativo di 6000kVA.

Ciò non toglie che in caso di futuri ulteriori ampliamenti, ciò possa richiedere ulteriori interventi di adeguamento sui relè di protezione delle celle esistenti al fine di rispettare tali limiti. Le fasi di energizzazione previste a progetto saranno effettuate sugli interruttori generali di cabina seguendo lo schema seguente.

Gli ausiliari della cella a 230V saranno alimentati dal relativo UPS locale di cabina. In futuro quando sarà predisposta la selettività logica potranno essere inserite nella logica di funzionamento delle celle ulteriori e più complete istruzioni d'intervento.

I trasformatori saranno classificati AA0AK ad altissima efficienza in conformità al regolamento europeo vigente UE 548/2014 del 21 maggio 2014 sulle classi di rendimento delle macchine di trasformazione che ha introdotto l'ultimo scaglione d'efficienza richiesta a partire dal luglio 2021.

Tabella 2

	FASE 1 (dal 1 luglio 2015)		FASE 2 (dal 1 luglio 2021)	
Potenza Nominale (kVA)	Max. perdite a carico P_k (W)*	Max. perdite a vuoto P_0 (W)*	Max. perdite a carico P_k (W)*	Max. perdite a vuoto P_0 (W)*
≤50	B_k (1700)	A_0 (200)	A_k (1500)	A_0 -10% (180)
100	B_k (2050)	A_0 (280)	A_k (1800)	A_0 -10% (252)
160	B_k (2900)	A_0 (400)	A_k (2600)	A_0 -10% (360)
250	B_k (3800)	A_0 (520)	A_k (3400)	A_0 -10% (468)
400	B_k (5500)	A_0 (750)	A_k (4500)	A_0 -10% (675)
630	B_k (7600)	A_0 (1100)	A_k (7100)	A_0 -10% (990)
800	A_k (8000)	A_0 (1300)	A_k (8000)	A_0 -10% (1170)
1000	A_k (9000)	A_0 (1550)	A_k (9000)	A_0 -10% (1395)
1250	A_k (11000)	A_0 (1800)	A_k (11000)	A_0 -10% (1620)
1600	A_k (13000)	A_0 (2200)	A_k (13000)	A_0 -10% (1980)
2000	A_k (16000)	A_0 (2600)	A_k (16000)	A_0 -10% (2340)
2500	A_k (19000)	A_0 (3100)	A_k (19000)	A_0 -10% (2790)
3150	A_k (22000)	A_0 (3800)	A_k (22000)	A_0 -10% (3420)

Un avvolgimento con $U_m \leq 24\text{ kV}$ e l'altro con $U_m > 1,1\text{ kV}$	Le perdite massime ammissibili indicate nelle tabelle sono maggiorate del 10% per le perdite a vuoto e per le perdite a carico
Un avvolgimento con $U_m = 36\text{ kV}$ e l'altro con $U_m \leq 1,1\text{ kV}$	Le perdite massime ammissibili indicate nelle tabelle sono maggiorate del 15% per le perdite a vuoto e per le perdite a carico
Un avvolgimento con $U_m = 36\text{ kV}$ e l'altro con $U_m > 1,1\text{ kV}$	Le perdite massime ammissibili indicate nelle tabelle sono maggiorate del 20% per le perdite a vuoto e del 15% per le perdite a carico
Doppia tensione su un avvolgimento	Nel caso dei trasformatori con un avvolgimento di alta tensione e due tensioni disponibili a vuoto da un avvolgimento con presa di bassa tensione più elevata e sono conformi alle perdite massime ammissibili indicate nelle tabelle. In questo tipo di trasformatori la potenza massima disponibile alla tensione sull'avvolgimento di bassa tensione più bassa non supera l'85% della potenza nominale assegnata all'avvolgimento di bassa tensione alla sua tensione più elevata.
	Nel caso dei trasformatori con un avvolgimento di alta tensione e due tensioni disponibili a vuoto da un avvolgimento con presa di alta tensione le perdite sono calcolate sulla base della tensione sull'avvolgimento di alta tensione più elevata e sono conformi alle perdite massime ammissibili indicate nelle tabelle. In questo tipo di trasformatori la potenza massima disponibile alla tensione sull'avvolgimento di alta tensione più bassa non supera l'85% della potenza nominale assegnata all'avvolgimento di alta tensione alla sua tensione più elevata.
	Se la potenza nominale è disponibile nella sua totalità indipendentemente dalla combinazione delle tensioni, i livelli delle perdite indicate nelle tabelle possono essere maggiorati del 15% per le perdite a vuoto e del 10% per le perdite a carico.
Doppia tensione su entrambi gli avvolgimenti	Le perdite massime ammissibili indicate nelle tabelle possono essere maggiorate del 20% per le perdite a vuoto e per le perdite a carico nei trasformatori con doppia tensione su entrambi gli avvolgimenti. Il livello delle perdite per la massima potenza nominale possibile è indicato per ogni caso dal principio che la potenza nominale resta la stessa indipendentemente dalla combinazione delle tensioni.

Tabella 4

FASE 1 (dal 1 luglio 2015)		FASE 2 (dal 1 luglio 2021)
Potenza Nominale (kVA)	Valore minimo dell'indice di efficienza di picco PEI (%)	
$3150 < S_r \leq 4000$	99,348	99,382
5000	99,354	99,387
6300	99,356	99,389
8000	99,357	99,390
≥ 10000	99,357	99,390

Misure: trasformatori di corrente e tensione TA TV

Per una corretta individuazione e rimozione del guasto è necessario che tutti i componenti meccanici, ma anche quelli elettrici ed elettronici di misura ed attuazione TA, TV e relè, operino correttamente. Questi forniscono un'indicazione coerente con i parametri primari della rete e verificano che gli organi di manovra operino correttamente per interrompere il circuito ed eliminare il guasto nei tempi e modalità previste. I trasduttori, TA e TV, rappresentano un elemento estremamente importante nella catena di protezione e la scelta non adeguata delle rispettive caratteristiche può portare ad una non adeguata protezione della rete e delle macchine oppure ad interventi intempestivi. La strumentazione che si installa negli impianti attuali come nel caso in oggetto è generalmente di tipo elettronico o digitale; tecnologia che negli ultimi anni ha avuto un impatto significativo anche sui trasformatori di corrente e tensione portando alla realizzazione di TA e TV molto più performanti. In pratica, essendo richiesto al secondario del TA e del TV solo un segnale (la potenza necessaria a far funzionare il relè di protezione è prelevata dall'alimentazione ausiliaria fornita da UPS di cabina CEI 0-16) non vi sono più problemi di calcolo della sensibilità necessaria e conseguenti complicazioni progettuali ed operative.

L'utilizzo di celle a modulo ridotto impone l'utilizzo di una cella misure esterne come previsto all'interno della cabina di trasformazione multipiano oggetto di rifacimento.

4.4 Cortocircuito

Dal punto di vista teorico, il calcolo delle correnti di cortocircuito dovrebbe essere elaborato con i dati ottenuti dallo studio dei profili di tensione. Nella realtà le Norme prevedono che il calcolo sia svolto ai valori nominali di impianto e si introducano a compensazione opportuni coefficienti correttivi (fattore di tensione 'c'). È necessario calcolare le correnti di cortocircuito per:

- stabilire un adeguato dimensionamento degli organi di manovra e interruzione;
- determinare le sollecitazioni termiche e meccaniche degli elementi di impianto;
- calcolare e scegliere le regolazioni del sistema di protezione;
- operare un'adeguata protezione delle persone e degli impianti.

Nello studio delle reti elettriche è importante determinare le correnti di cortocircuito nelle diverse condizioni di funzionamento. In particolare le correnti di cortocircuito massime sono importanti per il dimensionamento dell'apparecchiatura, le correnti di cortocircuito minime consentono di verificare il coordinamento delle protezioni: la corrente di intervento della protezione deve essere sempre inferiore alla corrente minima di cortocircuito nel punto di

inserzione. Si rammenta che un cortocircuito provoca il passaggio di correnti attraverso la connessione accidentale o intenzionale costituente il cortocircuito stesso e attraverso i diversi componenti fino alla sorgente, quindi potenziale causa di danni ed incendi. Le Norme di riferimento per il calcolo delle correnti di cortocircuito sono:

- CEI EN 60909-0 2001-12 (CEI 11-25): Calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti trifasi a corrente alternata
- IEC 61363-1 – 1998-02: Electrical installations of ships and mobile and fixed off shore units – Part 1: procedures for calculating short-circuit currents in the three-phase a.c.

La Norma IEC 61363 è per gli impianti navali, ma prevede una metodologia di calcolo che ben si adatta alle piccole reti alimentate da generatori in quanto prevede il calcolo delle correnti di cortocircuito nel tempo tenendo conto delle costanti di tempo delle macchine rotanti (motori e generatori).

La Norma EN 60909 prevede alcune ipotesi di base per lo sviluppo del calcolo:

- 1) per tutta la durata del cortocircuito non vi sono modifiche nel circuito coinvolto (i cortocircuiti trifase restano trifase, i cortocircuiti monofase a terra non evolvono in polifase);
- 2) Per la durata del cortocircuito non vi sono modifiche nella rete coinvolta;
- 3) i commutatori sotto carico e non dei trasformatori sono considerati in posizione principale;
- 4) non si tiene conto della resistenza d'arco;
- 5) vengono trascurate tutte le capacità di linea, le ammettenze in derivazione e i carichi rotanti salvo quelli dei sistemi di sequenza omopolare.

La relazione con cui la Norma EN 60909 calcola la corrente di cortocircuito è:

Il parametro “c” denominato fattore di tensione assume diversi valori (nel campo 0.95 - 1.1) in funzione del valore di tensione del punto di guasto e del tipo di calcolo (cortocircuito massimo oppure cortocircuito minimo). La Norma giustifica l'introduzione del fattore di tensione per:

- 1) le variazioni di tensione nello spazio e nel tempo;
- 2) le variazioni nelle prese dei trasformatori;
- 3) la non tenuta in conto dei carichi e delle capacità nei calcoli;
- 4) tener conto del comportamento sub transitorio degli alternatori e dei motori.

Il prodotto $c \times U_n$ non dovrà comunque superar e la tensione massima delle apparecchiature della rete.

Diversi sono i tipi di guasto che si possono aver e in un sistema trifase:

- cortocircuito trifase (sono cortocircuitate tra loro le fasi);
- cortocircuito bifase (sono cortocircuitate tra loro solo due fasi);
- cortocircuito bifase a terra (sono cortocircuitate tra loro due fasi e la terra);
- cortocircuito monofase a terra (cortocircuitate tra una fase e la terra).

4.5 Stato del neutro

Per individuare i guasti a terra in una rete di media tensione e quindi operare una efficace protezione, è necessario conoscere in dettaglio come viene esercito il neutro, per le attuali connessioni alla rete MT dello stabilimento di ISONTINA AMBIENTE il neutro è compensato a terra.

La messa a terra del neutro tramite impedenza consente di compensare le correnti capacitive della rete e pertanto ridurre in caso di guasto la corrente a valori relativamente piccoli (in Italia i distributori limitano la corrente di guasto a 40-50 A) e con angolo di guasto circa uguale a zero (rete compensata). Corrente omopolare, tensione omopolare ed angolo tra tensione e corrente omopolare in rete sono:

- corrente omopolare di valore conosciuto. È possibile l'individuazione dei guasti tramite misura della corrente omopolare. La protezione risulta quindi del tipo selettivo;
- tensione omopolare: la misura della somma vettoriale delle tre tensioni di fase è diversa da zero e fornisce indicazione di guasto in rete (ma non di tipo selettivo).
- angolo tra tensione e corrente omopolare: teoricamente uguale a zero (rete accordata). Nella realtà l'angolo può comunque discostarsi leggermente sia in anticipo che in ritardo in funzione della regolazione della reattanza di compensazione e delle modifiche nell'assetto di rete.

4.6 Corrente di guasto a terra

Con l'avvento delle protezioni elettroniche digitali che presentano un basso assorbimento sul circuito amperometrico, è stato possibile utilizzare TA di tipo toroidale che consentono di misurare la somma vettoriale dei flussi concatenati anziché la somma vettoriale delle tre correnti. Quando una protezione di massima corrente omopolare viene inserita sulla connessione residua dei TA di fase (collegamento Holmgreen) opera una somma vettoriale

delle correnti e la risultante risente pertanto delle componenti aperiodiche legate alla magnetizzazione dei trasformatori o di avviamento dei motori. In questo caso sono richieste regolazioni molto conservative delle protezioni e la stabilità delle stesse non è in generale garantita (rischio di interventi intempestivi). Per questo motivo si è quindi scelto di utilizzare il sistema composto da TA di tipo toroidale associati alla protezione di massima corrente omopolare. Nel caso in cui sia richiesto di individuare quale delle fasi è sede del guasto a terra, la individuazione è possibile utilizzando protezioni di minima tensione con misura per ciascuna fase indipendente collegate tra fase-terra (ovviamente al secondario dei TV).

4.7 Relè di protezione reti in media tensione

Nella definizione dei relè di protezione si usano normalmente codici numerici oppure simboli. In particolare, i codici numerici abitualmente adottati dai produttori e dai distributori di energia elettrica fanno riferimento alla Norma IEEE C37-2, mentre i simboli fanno riferimento alle norme CEI/IEC. Nella definizione dei simboli le Norme CEI/IEC non hanno precisato tutti i simboli da utilizzare e quindi nella pratica si utilizzano ancora i codici di cui alla C37-2. Nel seguito è riportato un estratto dei codici numerici, così come riportati nella Norma C37-2 relativi ai sistemi di protezione.

La seguente descrizione è un sunto di quanto riportato in tale norma:

- 2 temporizzatore per avviamento;
- 21 relè distanziometrico (impedenza);
- 24 relè di massimo flusso (volt per hertz);
- 25 sincronizzatore o verificatore di sincronismo;
- 26 apparato per il controllo della temperatura;
- 27 relè minima tensione;
- 32 relè direzionale di potenza;
- 37 relè di minima corrente o minima potenza;
- 40 relè di mancanza campo;
- 46 relè di sequenza inversa o bilancia di corrente tramite

Misura di corrente;

- 47 relè di sequenza ciclica tramite misura di tensione;
- 48 relè di sequenza incompleta;
- 49 relè termico per trasformatori o macchine;

- 50 relè di massima corrente istantaneo;
- 51 relè di massima corrente a tempo inverso;
- 55 relè per il controllo del fattore di potenza;
- 59 relè di massima tensione;
- 60 relè a bilancia di tensione;
- 62 temporizzatore per arresto;
- 63 sensore di pressione;
- 64 relè per individuare guasti a terra (non si usa per reti con neutro a terra);
- 66 apparecchio che individua un determinato numero di operazioni;
- 67 relè di massima corrente direzionale per corrente alternata;
- 68 relè di blocco (ad esempio per impedire richiusure a seguito di perdita di passo);
- 74 relè di allarme;
- 76 relè di massima corrente per corrente continua;
- 78 relè di perdita di passo o misura di angolo di fase;
- 79 relè di richiusura per corrente alternata;
- 81 relè di frequenza;
- 82 relè di richiusura per corrente continua;
- 83 relè di commutazione automatica o controllo selettivo;
- 85 relè a filo pilota;
- 86 relè di blocco;
- 87 relè differenziale;
- 90 dispositivo regolatore;
- 91 relè direzionale di tensione;
- 92 relè di tensione e potenza direzionale;
- 94 relè di scatto.

4.8 Regolazione delle protezioni: selettività e coordinamento

Le caratteristiche peculiari alla base della progettazione di sistema di protezione di una rete elettrica in media tensione realizzato sono:

- affidabilità: può essere chiamato ad operare dopo un periodo breve o lungo di tempo dall'installazione, ma deve sempre operare quando è chiamato ad operare;
- sicurezza: non deve intervenire quando non è richiesto (non deve intervenire durante i transitori). Deve permettere le diverse condizioni di esercizio e attivare gli automatismi previsti;

- selettività: deve intervenire solo e quando è necessario, garantendo la massima continuità d'esercizio con il minimo distacco della rete;
- velocità: rappresentata dalla durata minima del guasto e dei danni ai macchinari;
- semplicità: misurata con il numero di equipaggiamenti necessari a proteggere la rete e relativa manutenzione ordinaria;
- economia: valutata come costo del sistema di protezione in rapporto al costo di malfunzionamenti.

Il sistema di protezione dell'impianto è l'insieme dei trasformatori di misura e dei relè con le regolazioni adeguate. Il relè pertanto è solo uno dei componenti del sistema di protezione. La scelta del tipo di funzione e delle funzioni richieste per proteggere adeguatamente una macchina o un impianto deve essere fatta in base a:

- norme;
- interfaccia con la rete esterna;
- rischio accettabile (conseguenze del guasto);
- correnti di cortocircuito (massime e minime);
- stato del neutro;
- presenza di autoproduzione in impianto;
- coordinamento con il sistema esistente;
- configurazioni e criteri di esercizio della rete (distributore);
- gestione elettrica aziendale

L'obiettivo è pertanto quello di raggiungere il miglior compromesso tecnico-economico che consenta di proteggere adeguatamente dai "guasti" con "significativa" probabilità e verificare che l'investimento sia adeguato all'importanza dell'impianto.

Le protezioni elettriche sono di diversa tipologia ed applicazione:

- protezioni di zona (es. differenziali o a impedenza);
- protezioni di macchina (es. ritorno di energia);
- protezioni selettive (es. massima corrente);
- protezioni non selettive (es. minima tensione, frequenza);
- protezioni di ricalzo (es. fusibili, massima corrente, minima tensione);
- protezioni di interfaccia (es. protezioni di minima tensione; minima/massima e derivata di frequenza; massima corrente per il distacco tra la rete di impianto e la rete del distributore);
- protezioni per la realizzazione di automatismi (es. verificatori di sincronismo).

Il criterio che si segue quando si calcola la regolazione di una protezione è quello di proteggere efficacemente la macchina o l'impianto ed in seguito ricercare la selettività di intervento. Con il tentativo di isolare in caso di guasto, nel più breve tempo possibile (selettività) la più piccola area di impianto e poi assicurare una riserva (rincalzo) in caso di fallimento della protezione primaria.

La selettività logica, detta anche selettività di zona, è un criterio di selettività che è stato introdotto solo in tempi recenti con l'avvento delle protezioni digitali. Questo criterio di selettività può essere applicato sia alle protezioni di massima corrente che individuano i guasti di fase, sia alle protezioni di massima corrente che individuano i guasti a terra. La logica di intervento delle protezioni prevede che ciascuna protezione interessata da guasto invii un segnale di blocco alla/e protezione/i posta/e immediatamente a monte inibendone l'intervento. La protezione più vicina al guasto non risulta bloccata da alcuna protezione a valle e conseguentemente allo scadere del proprio tempo di intervento comanda l'apertura dell'organo di manovra isolando selettivamente il guasto. La selettività di tipo logico consente di ridurre i tempi di intervento e ottenere comunque la piena selettività. Le protezioni devono pertanto essere interconnesse per permettere lo scambio dei segnali di blocchi e consensi (rete in fibra ottica multimodale a progetto) per consentire un corretto funzionamento alla massima velocità possibile. Se le protezioni non fossero interconnesse in modo efficiente si avrebbe l'intervento rapido di tutte le protezioni percorse dalla corrente di guasto. Pertanto, per garantire il corretto funzionamento della selettività logica tra le protezioni è necessario introdurre un breve tempo di ritardo (elaborazione del segnale da parte del relè e percorso del segnale nel mezzo trasmissivo utilizzato a progetto) per consentire alle protezioni il corretto scambio (invio e/o acquisizione) dei segnali di blocco. A maggiore tutela dell'utente e delle apparecchiature, in completamento alla selettività logica, si prevedono in rincalzo anche altre soglie di massima corrente di fase e di terra non soggette a blocchi logici. In fase operativa di esecuzione e programmazione delle soglie di intervento verrà effettuato studio uno studio completo da parte di tecnici abilitati a stretto contatto con la committenza e la direzione lavori.

Tali verifiche esulano dal presente incarico progettuale e potranno essere prese in considerazione dalla direzione aziendale, nella presente fase di lavori ci si limiterà all'integrazione delle nuove cabine di trasformazione fotovoltaiche così come indicato nel paragrafo 4.2 precedente.

4.9 Protezione d'interfaccia utente attivo - distributore

La Norma CEI 0-16 ha introdotto regole generali per le protezioni di interfaccia tra utenti (anche auto produttori) e distributori di energia. Nella Norma sono definite in dettaglio anche le caratteristiche e le regolazioni che devono essere previste. Connettendo di fatto due impianti attivi su un unico punto di fornitura si rende necessario agire sulle protezioni d'interfaccia di ogni impianto interconnettendole in logica OR. Anche in questo caso il mezzo trasmissivo utilizzato (viste le distanze e velocità trasmissive richieste) è una rete in fibra ottica che viaggerà parallelamente ai cavi di energia esistenti. La Norma è applicabile per allacciamenti sia in media che in alta tensione, nel seguito si analizzano solo le protezioni di interfaccia relative alla media tensione (MT).

Il funzionamento di un impianto di produzione in parallelo alla rete di distribuzione è subordinato a precise condizioni, tra le quali in particolare:

- ☐ il regime di parallelo non deve causare perturbazioni al servizio sulla rete di distribuzione, al fine di preservare il livello di qualità del servizio per gli altri Utenti connessi.
- ☐ il regime di parallelo deve interrompersi immediatamente ed automaticamente in assenza di alimentazione della rete di distribuzione o qualora i valori di tensione e frequenza della rete stessa non siano compresi entro i valori comunicati dal Distributore;
- ☐ in caso di mancanza tensione o di valori di tensione e frequenza sulla rete di distribuzione non compresi entro i valori stabiliti dal Distributore, il dispositivo di parallelo dell'impianto di produzione non deve consentire il parallelo con la rete stessa.

Allo scopo di garantire la separazione dell'impianto di produzione dalla rete di distribuzione in caso di perdita di rete deve essere installato, oltre ai dispositivi previsti quali DG e DGEN, un ulteriore dispositivo, detto Dispositivo Di Interfaccia (DDI).

Il sistema di protezione di interfaccia (SPI), agendo sul DDI, separa l'impianto di produzione dalla rete di distribuzione evitando che:

- ☐ in caso di mancanza della tensione di rete, l'Utente possa alimentare la rete stessa creando situazioni di esercizio in isola non intenzionale.
- ☐ in caso di guasto sulla linea MT cui è connesso, l'Utente sostenga il guasto;

- in caso di richiusure automatiche o manuali di interruttori della rete di distribuzione, il generatore convenzionale possa trovarsi in condizioni tali da provocare il danneggiamento dell'albero del generatore stesso.

In particolari situazioni di carico della rete di distribuzione, l'intervento del SPI e la conseguente apertura del DDI potrebbero non avvenire in caso di mancanza dell'alimentazione o di guasti sulla rete. Pertanto, l'Utente attivo deve mettere in atto tutti gli accorgimenti necessari alla salvaguardia dei propri impianti che devono resistere alle sollecitazioni meccaniche causate dalle coppie elettrodinamiche conseguenti alle richiusura automatica rapida degli interruttori di linea in CP o lungo linea.

Nel seguito sono date prescrizioni circa la regolazione della protezione di interfaccia (PI). Tali regolazioni sono da applicare indistintamente a tutti i generatori; è lasciata la possibilità alla protezione di generatore di interferire, rispetto alle regolazioni della PI, solo per i generatori sincroni e asincroni.

Le protezioni che vengono previste sul punto di interfaccia tra utenti e distributori non hanno lo scopo di proteggere le macchine e gli impianti, ma solo di definire valori contrattuali a seguito del quale l'utente deve scollegarsi dalla rete del distributore.

Quindi l'installazione di una protezione sul punto di consegna non è garanzia di adeguata protezione della rete a valle. In generale il sistema di protezione deve prevedere almeno le seguenti funzioni:

– protezione di massima corrente di fase con tre soglie:

- prima soglia con caratteristica di intervento a tempo molto inverso per la protezione da sovraccarichi ($I >$);
- seconda soglia per identificare guasti di cortocircuito polifase di lieve entità nella rete utente ($I >>$);
- terza soglia per identificare guasti di cortocircuito polifase nella rete utente ($I >>>$);

– protezione di massima corrente omopolare (o di terra): questa protezione può essere realizzata in due modi differenti a seconda del contributo capacitivo della rete utente verso il distributore. In particolare, se il contributo della rete utente verso il distributore è inferiore all'80% del valore richiesto dal distributore, la protezione può essere del tipo non direzionale in caso contrario deve essere necessariamente di tipo direzionale (con direzione di intervento per correnti che fluiscono dal distributore verso la rete utente).

– Per reti con contributo capacitivo inferiore o uguale all'80% della regolazione imposta sono richieste due soglie di massima corrente omopolare con le seguenti caratteristiche:

- prima soglia con caratteristica di intervento a tempo definito per identificare guasti monofase a terra nella rete utente ($I_{0>}$);
- seconda soglia con caratteristica di intervento a tempo definito per identificare doppio guasto monofase a terra nella rete utente ($I_{0>>}$).

– Per reti con contributo capacitivo superiore all'80% della regolazione imposta sono richieste tre soglie di massima corrente omopolare con le seguenti caratteristiche:

- prima soglia di tipo direzionale con caratteristica di intervento a tempo definito per identificare guasti monofase a terra nella rete utente con regime di neutro isolato ($I_{0->}$ la Norma la denomina 67N.S1);
- seconda soglia di tipo direzionale con caratteristica di intervento a tempo definito per identificare guasti monofase a terra nella rete utente con regime di neutro compensato ($I_{0->}$ la Norma la denomina 67N.S2);
- terza soglia di tipo non direzionale con caratteristica di intervento a tempo definito per identificare doppio guasto monofase a terra nella rete utente ($I_{0>>}$).

Nella Norma sono riportate anche alcune regolazioni tipiche delle protezioni. Le regolazioni minime indicate sono:

$I >$	prima soglia sovraccarico (opzionale)	da concordare con il distributore
$I >>$	seconda soglia cortocircuito polifase:	250 A ritardo 500 ms
$I >>>$	terza soglia cortocircuito polifase:	600 A ritardo 120 ms
$I_{0>}$	prima soglia di terra (guasto monofase a terra): per reti con neutro isolato per reti con neutro compensato	2 A ritardo 170 ms 2 A ritardo 450 ms
$I_{0>>}$	doppio guasto monofase a terra:	120 A ritardo 120 ms
$I_{0->}$	prima soglia direzionale di terra con neutro isolato	I_0 2Amp. U_0 2 Volt settore di intervento 60°-120° ritardo 170 ms
$I_{0->>}$	seconda soglia direzionale di terra con neutro compensato	I_0 2Amp. U_0 2 Volt settore di intervento 60°-250° ritardo 450 ms

Quando si utilizza la protezione direzionale di terra, la soglia di intervento è sempre di 2 A ed il tempo di intervento è pure uguale: 170 ms per la soglia per esercizio di rete a neutro isolato e 450 ms per la soglia per esercizio di rete con neutro compensato. I tempi indicati fanno riferimento al tempo totale di eliminazione del guasto quindi nel calcolare le regolazioni delle protezioni occorre sottrarre il tempo di apertura dell'interruttore (tipicamente 60-70 ms).

Le regolazioni indicate, che comunque debbono essere concordate caso per caso con il Distributore, evidenziano che è possibile in generale ottenere una buona e selettiva protezione solo per guasti a terra in regime di neutro compensato, mentre per guasti a terra in regime di neutro isolato o in caso di cortocircuito polifase (bifase a terra oppure no e trifase) la selettività tra protezioni MT all'interno della rete utente è praticamente impossibile (tenuto conto dei tempi di manovra degli interruttori). La Norma prevede che in casi particolari si possa utilizzare anche la selettività logica ma questo deve essere concordato tra utente e distributore. Altra funzione di protezione richiesta dalla CEI 0-16 che deve essere prevista in alcuni impianti è la minima tensione che ha però una applicazione di automatismo e non di protezione vera e propria. Ove la potenza totale dei trasformatori che possono essere rimagnetizzati contemporaneamente a seguito della mancanza di tensione (gli interruttori rimangono chiusi) sia maggiore del valore riportato nella Norma, è richiesto di procedere ad un distacco ed una seguente reinserzione a gradini per impedire che correnti di inserzioni troppo elevate facciano intervenire le protezioni di massima corrente che non sono dotate di funzione "blocco magnetizzazione" (vedasi paragrafo Trasformatori).

Le funzioni di protezione indicate nella Norma per il disaccoppiamento delle due reti utente attivo – distributore son le seguenti:

1. massima tensione (59, con due soglie);
2. minima tensione (27, con due soglie);
3. massima tensione residua lato MT (59V 0, ritardata);
4. massima frequenza ($81 > .S1$, con sblocco voltmetrico);
5. minima frequenza ($81 < .S1$, con sblocco voltmetrico);
6. massima frequenza ($81 > .S2$, ritardata);
7. minima frequenza ($81 < .S2$, ritardata).

La funzione di sblocco voltmetrico è basata sulle funzioni:

- a) massima tensione residua (59V 0 , sblocco voltmetrico per attivazione delle soglie restrittive $81 > .S1$ e $81 < .S1$);
- b) massima tensione di sequenza inversa (59V i, sblocco voltmetrico per attivazione delle soglie restrittive $81 > .S1$ e $81 < .S1$);
- c) minima tensione di sequenza diretta (27V d, sblocco voltmetrico per attivazione delle soglie restrittive $81 > .S1$ e $81 < .S1$).

Tabella regolazioni CEI 0-16 del marzo 2022 (par.8.8.7.2)

Protezione	Soglia di intervento	Tempo di intervento	Tempo di apertura DDI
Massima tensione (59.S1), basata su calcolo valore efficace secondo l'Allegato S	1,10 Un	vedi paragrafo E.3.2 Variabile in funzione valore iniziale e finale di tensione, al massimo 603 s	Il tempo totale di apertura del DDI si ottiene dalla colonna precedente aggiungendo, al massimo, 70 ms per apparecchiature MT e 100 ms per apparecchiature BT
Massima tensione (59.S2)	1,20 Un	0,60 s	
Minima tensione (27.S1) (1)	0,85 Un	1,5 s	
Minima tensione (27.S2) (2)	0,15 Un	0,20 s	
Massima frequenza (81>.S1) (3) (soglia restrittiva)	50,2 Hz	0,15 s	
Minima frequenza (81<.S1) (3) (soglia restrittiva)	49,8 Hz	0,15 s	
Massima frequenza (81<.S2) (3) (soglia permissiva)	51,5 Hz	1,0 s	
Minima frequenza (81<.S2) (3) (soglia permissiva)	47,5 Hz	4,0 s	
Massima tensione residua (59V0)	5 % Un (5)	25 s	
Massima tensione sequenza inversa (59 Vi)	15% Un/En (4)		
Minima tensione sequenza diretta (27 Vd)	70% Un/En (4)		

(1) Soglia obbligatoria per i soli generatori statici.

(2) Nel caso di generatori rotanti convenzionali, il valore può essere innalzato a 0,7 Un e $t = 0,150$ s.

(3) Per valori di tensione al di sotto di 0,2 Un, la protezione di massima/minima frequenza si deve inibire (non deve emettere alcun comando).

(4) Regolazione espressa in % della tensione nominale concatenata Un (se la misura è effettuata in base ai metodi (c) e (d) di cui alle pagg. seguenti)

o della tensione nominale di fase E n (se la misura è effettuata in base ai metodi (a) e (b) oppure (a') e (b') di cui al paragrafo 8.8.8.8.1).

(5) Regolazione espressa in % della tensione residua nominale Vrn misurata ai capi del triangolo aperto o calcolata all'interno del relè ($V_{rn}=3E_n=\sqrt{3}U_n$).

Oltre a queste protezioni (se la potenza di generazione installata supera 400 kVA come nel caso in esame) è necessario prevedere un dispositivo di ricalzo che sia attivato dalla protezione di interfaccia in caso di mancata apertura del dispositivo di interfaccia. Nelle due sezioni dei due nuovi impianti il ricalzo avverrà sull'interruttore generale di bassa tensione di ognuna delle 3 cabine di trasformazione.

All'interno degli interventi oggetto del presente elaborato progettuale si prevede inoltre di interconnettere in logica OR le nuove protezioni d'interfaccia con quelle esistenti dei restanti impianti di produzione presenti all'interno della sede aziendale. Durante le fasi di cantiere, l'impresa verificherà con i tecnici aziendali i passaggi utilizzabili per il collegamento delle diverse SPI in rete OR con conduttori in fibra ottica, quanto il riutilizzo dell'esistente fibra ottica di interconnessione di due impianti fotovoltaici in essere.

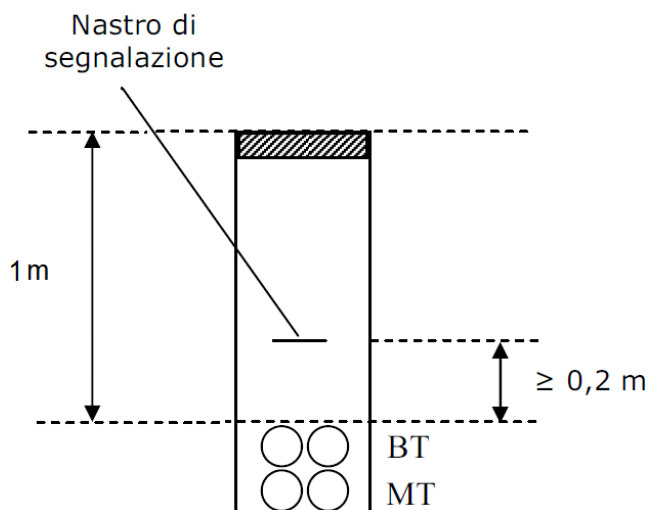
5. ESECUZIONE DELLE LINEE IN CAVO INTERRATO

La posa del cavo che connetterà le cabine di trasformazione fotovoltaiche, sarà effettuata secondo le prescrizioni tecniche vigenti e di e-Distribuzione a garantire la massima tutela ambientale e della committenza.

La canalizzazione sarà posata nel rispetto delle norme CEI 11-17 con l'estradosso della tubazione di protezione ad almeno 1 m di profondità rispetto al piano del terreno;

I cavidotti impiegati saranno di tipo corrugato del diametro esterno di 160mm e rispetteranno le seguenti caratteristiche:

- resistenza all'urto Normale non propagante la fiamma
- raggio di curvatura massimo non superiore a 5 volte il diametro esterno del tubo
- i cavidotti saranno stabilizzati con uno strato di sabbia di 0,2 m e poi ricoperti con materiale inerte;
- il "nastro monitore" sarà posato ad una profondità massima di 0,4 m dal piano di campagna dell'impianto, quindi ad una distanza $>$ di 0,6 m rispetto all'estradosso del cavidotto. La scelta di questa quota è stata dettata dalla necessità di consentire una tempestiva individuazione della linea MT nel caso di eventuale futuro scavo in corrispondenza della stessa;
- Il cavo da utilizzare, dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:
 - tensione nominale di 20 kV;
 - tensione verso terra di 15 kV;
 - tensione massima di 24 kV;
 - sezione pari a 70 mmq
 - conduttore in rame unipolare RG7H1R o equivalente (nuove installazioni conformi CPR come da schemi allegati)



Sezione tipo del cavidotto interrato.

Stimata la potenza totale massima in connessione degli impianti (0,5MWp complessivi) si prevedono conduttori da 35mmq. Si garantisce una idonea portata rispetto al carico elettrico presente quanto una predisposizione per una futura connessione ad anello. Maggiori dettagli sono riportati negli allegati grafici di progetto.

5.1 Distanze di sicurezza da altri servizi

Il percorso dell'elettrodotto dovrà rispettare le distanze di sicurezza da altri servizi quali: linee Telecom, tubazioni di distribuzione di acqua o gas; le norme principali che determinano tali distanze sono:

- Norma CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica – Linee in cavo":
- DM 24.11.1984 "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8".

Si dovrà verificare in fase di esecuzione degli scavi che il percorso del cavidotto non incroci altri servizi, in caso contrario l'esecuzione del cavidotto dovrà rispettare le prescrizioni di seguito elencate:

Coesistenza tra cavi di energia e di telecomunicazione

Nel caso in cui il cavidotto incroci una linea di telecomunicazione interrata si dovranno rispettare le seguenti prescrizioni:

- Il cavo di energia deve, di regola, essere situato inferiormente al cavo di telecomunicazione;
- La distanza tra i due cavi non deve essere inferiore a 0,30m;
- Il cavo posto superiormente deve essere protetto, per una lunghezza non inferiore ad 1m, con un'adeguata protezione meccanica disposta simmetricamente rispetto all'altro cavo.

Ove, per giustificare esigenze tecniche, non possa essere rispettata la distanza minima sopra indicata, la protezione suddetta deve essere applicata ad entrambi i cavi. Nei percorsi paralleli, i cavi di energia ed i cavi di telecomunicazione possono essere posati affiancati purchè sia mantenuta, fra essi, una distanza minima, in proiezione su di un piano orizzontale, non inferiore a 0,30m.

Coesistenza tra cavi di energia e tubazioni metalliche

Le prescrizioni della norma CEI 11-17 indicano che gli incroci fra cavi di energia e tubazioni metalliche adibite al trasporto e alla distribuzione di fluidi (acquedotti, oleodotti e simili) non deve effettuarsi sulla proiezione verticale di giunti non saldati delle tubazioni metalliche stesse. La distanza minima, misurata fra le superfici esterne di cavi di energia e di tubazioni metalliche o fra quelle di eventuali loro manufatti di protezione dovrà essere pari a 0,5m. Tale distanza potrà essere ridotta fino ad un minimo di 0,3m, quando una delle strutture di incrocio è contenuta in manufatto di protezione non metallico. Nei parallelismi di cavi di energia e le tubazioni metalliche devono essere posati alla maggiore distanza possibile fra loro. In nessun tratto la distanza, misurata in proiezione orizzontale fra le superfici esterne di essi o di eventuali loro manufatti di protezione, deve risultare inferiore a 0,30m.

Coesistenza tra cavidotti di energia e tubazioni del gas metano

Le superfici esterne di cavi di energia interrati non devono distare meno di 1m dalle superfici esterne di serbatoi contenenti liquidi o gas infiammabili. Nel caso di sovrappasso e sottopasso tra tubazioni del gas metano non drenate a pressione nominale >5 bar e cavidotti MT-BT, la distanza in senso verticale fra le superfici affacciate deve essere almeno pari a 1,5m. Qualora non sia possibile osservare tale distanza, la tubazione del gas deve essere collocata entro un tubo di protezione, il quale deve essere prolungato da una parte e dall'altra dell'incrocio per almeno 1m quando sovrappassa la canalizzazione MT-BT e 3m quando lo sottopassa; le distanze vanno misurate a partire dalle tangenti

verticali alle pareti esterne della canalizzazione in ogni caso deve essere evitato il contatto metallico tra le superfici affacciate. Nei parallelismi tra cavidotti MT o BT e tubazioni del gas metano non drenate a pressione nominale >5 bar, la distanza minima tra le due superfici affacciate non deve essere inferiore alla profondità di interrimento della condotta del gas.

5.2. Calcoli elettrici e rete media tensione

Tutti i collegamenti dorsali tra le cabine saranno effettuati in cavo RG7H1R o equivalente 3x1x35mmq. Per ulteriori informazioni si rimanda al relativo elaborato ed agli schemi elettrici allegati.

6. COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA

L'Utente è tenuto ad installare apparecchiature conformi alle normative sulla compatibilità elettromagnetica in materia di limiti di emissione ed immunità ai disturbi elettromagnetici, utilizzando le norme armonizzate CENELEC applicabili. Tutti i carichi presenti sull'impianto dell'Utente, se disturbanti, devono rispettare le Norme CEI che regolamentano i disturbi condotti e indotti immessi sulla rete cui essi sono collegati, al fine di non introdurre degrado alla qualità del servizio della rete. Fra i carichi disturbanti devono essere incluse anche i gruppi di generazione, qualora il processo di generazione sia di per sé fonte di disturbi sulla rete (es. impianti eolici). I disturbi massimi che possono essere immessi sulla rete possono essere fissati dal

Distributore tenendo conto dei margini disponibili nella zona di rete interessata e riguardano:

- ☐ variazioni di tensione (lente e rapide);
- ☐ fluttuazioni di tensione (flicker);
- ☐ armoniche;
- ☐ squilibrio delle fasi.

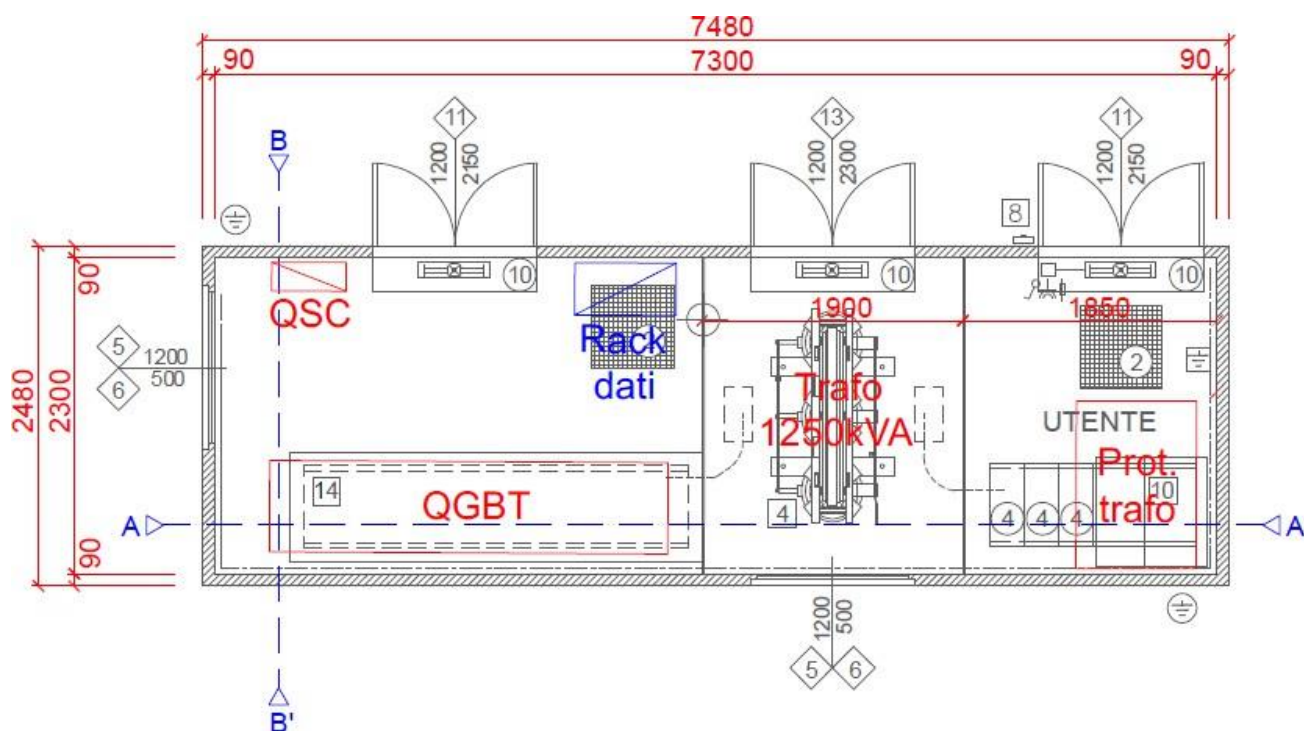
Il Distributore può richiedere l'impiego di condensatori di rifasamento o sistemi di filtraggio, ubicati opportunamente, ed i relativi programmi d'inserzione.

L'utente attivo in riferimento al paragrafo 9.1 della norma CEI 0-16, deve assicurare l'assenza di disturbi che non consentano il regolare esercizio della rete del distributore, inficiando i servizi di telegestione dei gruppi di misura elettronici o eventuali sistemi di

telescatto od altri tele-segnali che utilizzino la banda di frequenza assegnata ad uso esclusivo dei distributori per la trasmissione di segnali sulla rete BT (3 – 95 kHz).

7. CARATTERISTICHE DELLA NUOVA CABINA

La nuova cabina di trasformazione seguirà i particolari esecutivi presenti all'interno degli elaborati grafici di progetto. Tale manufatto di tipo prefabbricato, avrà dimensioni tali da garantire uno spazio più ampio per permettere l'installazione delle future protezioni delle future prese di ricarica auto elettriche quanto di un armadio rack centrostella per la connessione alla rete LAN aziendale degli inverter e sistemi di monitoraggio che faranno capo al server esistente.



(planimetria indicativa della cabina elettrica)

La progettazione esecutiva delle cabine prefabbricate sarà redatta direttamente a cura dell'impresa e del produttore sulla base delle effettive dimensioni di quadri ed apparati elettrici ivi contenuti. Tutte le strutture saranno dotate di circuiti elettrici di servizio luce e prese compresi nella fornitura.

8. IMPIANTO DI TERRA SOTTESO ALL'IMPIANTO DI CONNESSIONE

Tutte le masse degli apparecchi utilizzatori, tutte le masse estranee etc. dovranno essere collegate all'impianto di terra esistente. Il collettore di terra generale al servizio della nuova cabina in asservimento all'impianto fotovoltaico verrà infatti interconnesso ai dispersori di terra esistenti. Il collettore di terra sarà realizzato con barre o morsetti in rame, all'interno di ogni singolo locale della nuova cabina. Ai collettori di terra verranno collegati i conduttori di protezione ed equipotenziali. I conduttori di protezione saranno realizzati in rame isolato con guaina giallo - verde, e collegheranno al collettore di terra tutte le masse degli apparecchi utilizzatori. I conduttori di protezione collegano le masse all'impianto di terra attraverso con i collettori.

Si riporta di seguito la formazione tipo dell'impianto di terra.

- Dispersori. Il dispersore è costituito da elementi conduttori infissi nel terreno. Gli elementi orizzontali saranno costituiti da dispersore a croce in acciaio zincato a caldo, gli elementi orizzontali da corda di acciaio nudo della sezione di 50 mmq. Le giunzioni tra i dispersori e l'elemento di collegamento, dovranno essere effettuate con saldatura forte od autogena o con appositi morsetti avente una superficie di contatto non inferiore a 200 mm. I materiali utilizzati dovranno essere inossidabili o protetti contro le ossidazioni.
- Conduttore di terra : conduttore in rame nudo od isolato (giallo - verde), che collega l'ultimo elemento dispersore con il collettore di terra. Le giunzioni tra i dispersori e l'elemento di collegamento, dovranno essere effettuate con saldatura forte od autogena o con appositi morsetti avente una superficie di contatto non inferiore a 200 mm. Si riporta la tabella indicante le dimensioni minime del conduttore di terra.

CARATTERISTICHE DI POSA DEL CONDUTTORE	SEZIONE MINIMA (mmq.)
Protetto contro la corrosione ma non meccanicamente	16 (rame e ferro)
Non protetto meccanicamente	25 (rame)
Non protetto meccanicamente	50 (ferro)

- Collettore di terra generale cabina: barra in rame, alloggiato in scatola accessibile. Al collettore di terra verranno collegati i conduttori di terra, i conduttori di protezione ed equipotenziali principali.

- Conduttori di protezione : conduttori in rame isolato con guaina giallo - verde, che collegano al collettore di terra tutte le masse degli apparecchi utilizzatori. Le sezioni minime del conduttore di protezione sono indicate nella tabella che segue.

Sezione conduttore di fase (mmq)	Sezione minima del corrispondente conduttore di protezione PE (mmq)
Sez. f. < = 16 mmq	Sez. PE = Sez. f.
16 mmq < Sez. f. < = 35 mmq	Sez. PE = 16 mmq
Sez. f. > 35 mmq	Sez. PE = Sez. f. / 2

Quando il conduttore di protezione non fa parte della stessa conduttore dei conduttori di fase, la sua sezione non dovrà essere minore di :

- 2,5 mmq se è prevista una protezione meccanica
- 4 mmq se non è prevista una protezione meccanica

Per il dimensionamento degli impianti di terra dovranno essere considerati i seguenti parametri:

- Corrente di guasto monofase a terra 50 A;
- Tempo di eliminazione del guasto molto maggiore di 10 s;

In queste ipotesi l'impianto di terra dovrà garantire, conformemente alle norme CEI 99-3, una tensione totale di terra massima di 80 V.

Il valore di resistenza dell'impianto di terra sarà coordinato con i valori di corrente di guasto "I_o" e con i tempi di intervento delle protezioni Enel secondo quanto prescritto dalle norme CEI 99-2, 99-3.

$U_T \leq U_{TP}(t_F)$ nel caso in esame con $t_F > 10s$, si ricava $U_{TP} = 80V$

U_T = tensione di contatto

U_{TP} = tensione di contatto ammissibile

t_F = tempo intervento protezioni distributore

$U_{TP} \leq R_E I_E$

I_E = parte di corrente di guasto interessante l'impianto di terra

R_E = resistenza di terra cabina elettrica

$I_E = 0,7 I_F$

I_F = corrente di guasto con neutro compensato 50A

→ $R_E \leq 2,28\Omega$

Per raggiungere tale scopo, come suddetto l'impianto di dispersione per la messa a terra a servizio della nuova rete unica di media tensione sarà realizzato unendo gli impianti di terra dei fabbricati esistenti, utilizzando tondino in acciaio zincato 50mmq interrato alla profondità minima di 50 cm o corda in rame Cu 35mm. L'efficienza di tale impianto dovrà essere verificata a lavori eseguiti attraverso apposita misura della resistenza di terra ed eventualmente delle tensioni di passo e di contatto. L'impianto di dispersione, attraverso un conduttore di terra, farà capo ad un collettore principale, posto nel Locale Utente della cabina elettrica, attraverso il quale verranno collegate a terra tutte le masse presenti nel locale, nonché tutti gli schermi dei cavi entranti ed uscenti.

9. DESCRIZIONE FASI DI LAVORO

In ottemperanza alle considerazioni di progetto riportate nei paragrafi precedenti e degli allegati grafici, le fasi di lavorazione del presente progetto sono da riassumersi nei seguenti punti:

- Posa nuove strutture di sostegno moduli con realizzazione dei cavidotti interrati;
- Posa nuova cabina elettrica prefabbricata con attestazione cavidotti;
- Posa moduli ed inverter fotovoltaici;
- Posa nuovi quadri elettrici bassa e media tensione;

Questo passaggio dovrà necessariamente essere programmato con l'azienda Committente.

- Realizzazione collegamenti di rete ed elettrici di energia, canalizzazione e conduttori;
- Collegamento SPI in logica OR con sede aziendale esistente;
- Realizzazione e messa in servizio nuovo impianto di monitoraggio;
- Programmazioni, test, verifiche;
- Pratiche di allaccio con ente distributore di rete.

10. QUADRO ELETTRICO DI BASSA TENSIONE

I materiali impiegati per la realizzazione dei quadri possiederanno i requisiti stabiliti dalle leggi e dai regolamenti vigenti in materia ed inoltre corrisponderanno alle specifiche norme indicate nel presente elaborato. Risponderanno alle specificazioni tecniche dei relativi Enti di unificazione e normazione. Saranno impiegati materiali e prodotti conformi

a norma armonizzate come definiti dalla Direttiva 89/106/CEE. Gli interventi realizzati ed i componenti installati risponderanno alla regola dell'arte, in particolare in conformità alle prescrizioni impartite dalla legge 1° marzo 1968, n. 186

L'attestato di conformità CE rilasciato da parte di un organismo riconosciuto o la dichiarazione di conformità rilasciata dal fabbricante o da un suo mandatario in rapporto alle procedure previste dall'art. 7 del D.P.R. n. 246/93, deve contenere gli elementi informativi particolarmente elencati all'art. 10 dello stesso decreto.

I materiali, gli apparecchi ed i componenti da impiegare saranno tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche o dovute all'umidità alle quali potranno essere esposti durante l'esercizio. L'apposizione del marchio CE, come in precedenza richiamato in nota, rappresenterà l'osservanza delle disposizioni dei D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246, che attua la Direttiva 89/106/CEE. In particolare sarà marcato CE il materiale elettrico soggetto alla Direttiva bassa tensione 93/68/CEE recepita con D.Lgs. 25 novembre 1996, n. 626.

Gli apparecchi elettrici che possono emettere disturbi, saranno marcati CE, anche in relazione alla Direttiva EMC riguardante la compatibilità elettromagnetica.

10.1 Caratteristiche generali.

I quadri elettrici dovranno essere realizzati secondo quanto disposto dalle norme EN 61439-1, EN 61439-2, EN 61439-3. La norma EN 61439-1 non deve essere applicata da sola per le specifiche di un quadro, ma abbinata alla norma di riferimento che tratta il tipo di quadro. La norma EN 61439-2, tratta i quadri di potenza, destinati ad alimentazione e controllo per i carichi previsti in applicazioni industriali, commerciali, servizi e similari, in cui non sono previste operazioni da parte di personale comune. La norma EN 61439-3, tratta i quadri di tipo DBO, previsti per applicazioni dove persone non esperte hanno accesso al loro utilizzo. Per quanto riguarda i quadri di distribuzione di piccole dimensioni "ad uso domestico o simile", realizzati con l'uso di involucri conformi alla norma CEI 23-49, andrà applicata la norma CEI 23-51.

I quadri dovranno essere realizzati secondo quanto previsto dalle suddette norme, in merito al loro utilizzo. I quadri dovranno essere sottoposti alle verifiche di progetto e alle verifiche iniziali. Le verifiche di progetto sono eseguite sul quadro "prototipo", con prove o verifiche di confronto. Le verifiche individuali consistono in una serie di controlli da eseguirsi su ogni esemplare.

Le verifiche principali di progetto da realizzarsi sui quadri, in particolare su quelli realizzati secondo le norme EN 61439-1 , EN 61439-2 , EN 61439-3, sono le seguenti.

Caratteristiche da verificare	Metodi applicabili
Limiti di sovratemperatura (riscaldamento). Tenuta al corto circuito (del circuito di protezione)	Prove. Verifica per confronto. Verifica mediante valutazione
Tenuta al cortocircuito	Prove. Verifica per confronto.
Grado di protezione IP. Compatibilità elettromagnetica. Tensione di tenuta a impulso. Resistenza dei materiali isolanti al calore anormale e al fuoco. Resistenza alle radiazioni ultraviolette	Prove. Verifica mediante valutazione
Distanze di isolamento in aria e principali. Resistenza alla corrosione. Stabilità termica dei materiali isolanti. Sollevamento. Impatto meccanico. Continuità del circuito di protezione. Tensione di tenuta a frequenza industriale	Prove

Le verifiche individuali possono essere eseguite nell'officina del costruttore per i quadri precablati, o sul luogo di installazione. Alcune di queste si effettuano con esame a vista e riguardano:

- l'involucro per verificare che il montaggio non abbia compromesso il grado di protezione IP;
- le distanze superficiali tra le parti in tensione;
- la protezione contro lo shock elettrico e la continuità dei circuiti di protezione;
- l'installazione dei componenti incorporati;
- i circuiti e i collegamenti elettrici;
- i terminali per i conduttori esterni;
- il funzionamento meccanico.

Per quanto riguarda le verifiche individuali delle distanze di isolamento in aria, se esse sono almeno 1,5 volte rispetto a quelle indicate dalle norme, è sufficiente l'esame a vista, altrimenti si deve procedere con la misura. Se sono inferiori deve essere eseguita la prova ad impulso.

I quadri dovranno essere forniti con la relativa dichiarazione di conformità e marcatura CE.

Lo schema esecutivo con passaggi sbarre e cablaggi dei singoli quadri saranno sottoposti a validazione da parte della committenza e direzione lavori.

10.2 Generalità sulla scelta e dimensionamento dei quadri elettrici

Tutti i componenti dovranno essere scelti, dimensionati ed assicurati in modo da resistere alle sollecitazioni elettriche, meccaniche, termiche e chimiche che possono verificarsi durante il normale servizio. Si dovrà assicurare la protezione contro la corrosione utilizzando materiali adatti o applicando rivestimenti protettivi sui materiali facilmente ossidabili. Le sezioni dei conduttori isolati e delle sbarre che realizzano le connessioni interne al quadro dovranno essere dimensionate per portare la corrente nominale del circuito senza subire alterazioni inammissibili a causa di sovratemperatura. I morsetti di collegamento di conduttori esterni devono avere una sezione idonea da consentire il serraggio delle sezioni dei conduttori che fanno capo ai morsetti stessi. I conduttori esterni devono fare capo a specifici morsetti I collegamenti interni al quadro, tra apparecchio e morsetti non devono presentare giunzioni mobili di qualsiasi tipo (saldature, morsetto volante, torciglione, ecc.). I cavallotti tra apparecchi inseriti nel quadro sono fattibili solo se il costruttore dichiara l'idoneità dei morsetti al serraggio di due o più conduttori o se si adottano capicorda compatibili sia dal punto di vista elettrico (distanza di isolamento idonee) che meccanico (assenza di sollecitazioni non previste). Se la parte di conduttura pertinente all'impianto installata all'interno del quadro ha lunghezza trascurabile (non più di 1 m) non è necessario tenere conto, per il dimensionamento della stessa, di eventuali

riduzioni di portata dovuta ad ambiente più caldo del normale (30°C). E' indispensabile che i morsetti di allacciamento di tali condutture non subiscano sopraelevazioni di temperatura superiori a 40 °C. Tutti gli involucri devono avere una resistenza meccanica sufficiente ad evitare che possano rompersi sotto le massime sollecitazioni prevedibili (con esclusione degli eventi catastrofici e delle azioni volontarie) e devono avere struttura tale che la loro rimozione possa essere possibile solo con azioni volontarie. La temperatura massima ammissibile nell'interno del quadro è variabile con il tipo di componenti installati: in genere, specialmente se il cablaggio prevede conduttori isolati in PVC non si devono superare 60 °C. Tutti i componenti elettrici utilizzati per la costruzione del quadro devono essere conformi alle rispettive Norme CEI di prodotto. Gli apparecchi e le unità funzionali devono essere montate su pannelli, telai, profilati o altri tipi di supporti in modo da risultare accessibili per la manutenzione e la sostituzione. I morsetti per il collegamento alle condutture esterne devono essere sistemati in modo che i cavi risultino facilmente collegabili e scollegabili previa eventuale rimozione di ripari ma non di apparecchi e di elementi strutturali elettrici o meccanici del quadro; si deve evitare che i morsetti e in genere le parti nude in tensione siano ubicate a meno di 20 cm di altezza dal pavimento. Una accessibilità immediata deve essere assicurata per i dispositivi di regolazione, ripristino o riarmo destinati ad essere ubicati in modo tale che la manovra risulti meno pericolosa possibile dal punto di vista sia della protezione contro le scosse elettriche che dal danneggiamento meccanico di eventuali parti delicate o fragili. Le leve ed i pulsanti di manovra destinati ad essere azionati durante l'ordinario esercizio devono essere collocati ad una altezza tale da risultare facilmente manovrabili; non oltre 2 m di altezza; è consigliabile l'ubicazione tra 0,8 e 1,6 m dal pavimento. Nei quadri principali dovrà essere mantenuta una riserva di almeno il 20% dei moduli installati.

Per le condizioni di servizio normali relativamente alla temperatura ambiente, all'umidità relativa, al grado di inquinamento e all'altitudine, sarà fatto riferimento alle norme della serie GEI EN 60439. In condizioni speciali, ove non sia data definizione dal progetto, la Direzione dei lavori fornirà all'Appaltatore le opportune direttive.

Il sezionamento di quadro dovrà avvenire su tutti i conduttori di fase. Sul conduttore di neutro e di protezione (PEN, ove ammesso) non dovranno essere inseriti dispositivi di sezionamento o di comando. Gli involucri metallici dei quadri elettrici dovranno essere collegati a terra attraverso appositi conduttori di protezione (PE). Lo stesso dicasi per i telai interni, ove gli stessi debbano essere accessibili in servizio ordinario. Gli sportelli dei

quadri, se portanti apparecchiature elettriche, dovranno essere opportunamente cavallottati.

10.3 Disposizioni di progetto

Il quadro previsto in progetto definiscono, fissano e identificano in linea generale i seguenti elementi:

- lo schema elettrico e le tensioni di impiego;
- le correnti e le portate dei circuiti;
- le percentuali di declassamento delle correnti nominali dei dispositivi di interruzione;
- le correnti di cortocircuito nei punti di installazione;
- il fattore di contemporaneità dei circuiti in uscita;
- il coordinamento fra i dispositivi di protezione contro il cortocircuito;
- le condizioni di installazione ed i gradi di protezione (secondo CEI EN 60529);
- le eventuali condizioni speciali/manovre

Nella costruzione del quadro, si adotteranno le soluzioni più idonee al fine di rispettare tutte le prescrizioni normative, tenendo conto delle sollecitazioni meccaniche e termiche cui gli stessi saranno oggetti. In particolare:

- scelta degli apparecchi incorporati con riferimento sia al comportamento termico (correnti nominali) sia al cortocircuito (poteri di interruzione);
- indicazione delle eventuali protezioni a monte dei quadri;
- definizione delle caratteristiche nominali.

Il costruttore del quadro rilascerà apposita dichiarazione dalla quale risulterà la conformità alle rispettive norme. Il quadro sarà dotato di targa di identificazione. La targa riporterà in modo indelebile i seguenti dati: numero o marchio del costruttore; tipo o numero di identificazione del quadro; natura della corrente e frequenza; tensione nominale di funzionamento; grado di protezione; norma di riferimento.

10.3.1 Quadri a norma CEI 61439-1/3

Le caratteristiche nominali che almeno in parte, saranno specificate per il quadro sono correlate alle seguenti definizioni:

- Tensione nominale d'impiego U_o : è il valore della tensione che, unitamente alla corrente, determina l'utilizzazione del circuito cui si riferisce. Nei circuiti trifasi, con o senza conduttori di neutro, la tensione nominale di impiego è la tensione tra le fasi cioè la tensione concatenata.

Tensione nominale di isolamento U_i : è il valore di tensione al quale sono riferite la tensione di prova d'isolamento e le distanze superficiali di isolamento.

- Tensione nominale di tenuta ad impulso U_{imp} : è il valore di picco dell'impulso normalizzato, in forma e polarità, che un circuito può sopportare in condizioni specificate di prova e al quale sono riferite le distanze di isolamento.
- Corrente nominale I_n : è la corrente di ingresso del quadro o delle sbarre principali dichiarata dal costruttore.
- Corrente nominale declassata I_{nd} : è la corrente nominale che tiene conto del declassamento degli interruttori aventi sganciatori di sovracorrente di tipo termico (o dei fusibili) inseriti nel circuito (6).
- Fattore, nominale di contemporaneità: è il rapporto tra il valore più elevato della somma delle correnti effettive che passano nei circuiti principali di uscita e la somma delle correnti nominali degli stessi circuiti.
- Corrente nominale ammissibile di breve durata I_{cw} : è il valore efficace della corrente di cortocircuito che un circuito del quadro può portare senza danneggiarsi in condizioni di prova prefissate).
- Corrente nominale ammissibile di picco I_{pk} : è il valore istantaneo massimo della corrente di cortocircuito che un circuito del quadro può portare in condizioni di prova prefissate.
- Corrente nominale di cono circuito condizionata I_{cc} : è il valore della corrente di cortocircuito presunta che il circuito, protetto da un apposito dispositivo (interruttore o fusibile), può sopportare in modo soddisfacente per il tempo di funzionamento del dispositivo, in condizioni di prova specificate

L'apparecchiatura sarà fornita di una targa, con scritte indelebili e leggibili ad apparecchiatura installata, contenenti le seguenti informazioni:

- Nome o marchio del costruttore.
- Indicazione del tipo o numero di identificazione che consenta di ottenere dal costruttore le informazioni indispensabili.

Inoltre, ancora su targa o su documentazione a corredo:

- Riferimento alla norma.
- Natura della corrente e frequenza (se corrente alternata).
- Tensioni nominali di impiego
- Tensioni nominali di isolamento.
- Tensioni nominali dei circuiti ausiliari (se del caso).
- Tensione nominale di tenuta ad impulso.
- Limiti di funzionamento.
- Corrente nominale di ogni circuito (se del caso).
- Tenuta al corto circuito.

All'interno di un quadro, sarà possibile identificare i singoli circuiti ed i loro dispositivi di protezione. Inoltre, se i componenti dell'equipaggiamento sono forniti di segni di identificazione, questi dovranno essere identici a quelli riportati sugli schemi di collegamento da fornirsi insieme all'apparecchiatura, conformemente alla IEC 60750.

Il costruttore specificherà sui documenti o cataloghi le eventuali condizioni particolari per l'installazione, il funzionamento e la manutenzione del quadro e degli equipaggiamenti in esso contenuti

10.3.2 Condizioni di servizio

Le normali condizioni di servizio, riferite alla temperatura dell'aria ambiente, prevedono all'interno delle cabine una temperatura non superiore a 50 °C (un valore medio in 24 h s 35 °C) e non inferiore a -5 °C; all'esterno, una temperatura non inferiore a -25 °C (in clima temperato), una umidità relativa (UR) temporanea del 100% ad una temperatura massima di 25 °C. Per l'altezza di installazione, è considerata condizione nominale quella non superiore a 2000 m.

Le condizioni speciali di servizio sono determinate da valori di temperatura e UR fuori dai casi previsti, altezza superiore a 2000 m, forte inquinamento, esposizione a campi elettrici e magnetici, a temperature elevate di irraggiamento, ad attacchi di muffe,

vibrazioni, ecc. Dette condizioni, ove esistenti sul luogo di installazione, saranno comunicate all'Appaltatore.

10.3.3 Disposizioni varie

Il quadro sarà costruito con i materiali previsti in progetto e comunque con materiali atti a resistere alle sollecitazioni meccaniche, elettriche, termiche e da umidità (corrosione) che possano verificarsi in servizio normale. I circuiti supporteranno le tensioni nominali di tenuta ad impulso corrispondenti alle categorie di sovratensione indicate nell'Allegato G della norma o, se possibile, le tensioni corrispondenti date nella Tab. 13 della stessa norma. Le distanze di isolamento in aria dovranno essere sufficienti a permettere ai circuiti di supportare le tensioni di prova secondo i punti 7.1.2.3.2. e 7.1.2.3.3. della norma; le distanze di isolamento superficiali dovranno essere correlate al grado di inquinamento secondo il punto 7.1.2.3.1 della stessa. Per l'identificazione dei terminali di collegamento sarà fatto riferimento alla IEC 60445.

Il grado di protezione per i quadri elettrici deve essere pari ad almeno IP 3X. Nel caso di apparecchiature per esterno e di apparecchiature chiuse per interno con umidità elevata e temperature variabili entro ampi limiti, saranno prese misure (ventilazione, riscaldamento interno, fori di drenaggio, ecc.) atte a prevenire pericolose condense interne. In ogni caso dovrà essere mantenuto il grado di protezione minimo prescritto indicato negli schemi di progetto allegati.

10.4 Protezione contro i contatti diretti ed indiretti e contro il corto circuito

La protezione contro i contatti sia diretti che indiretti sarà effettuata secondo norma. Il conduttore di protezione dovrà essere conforme alla Tab. 3 della stessa; il conduttore PEN, ove ammesso nel tipo di impianto, dovrà avere sezione minima, se di rame, di 10 mmq (nel caso di correnti elevate dovrà avere la stessa portata del conduttore di fase). Per la protezione con misure diverse dall'impiego dei circuiti di protezione (separazione elettrica, isolamento completo) sarà fatto riferimento ai punti 7.4.3.2.1 e 7.4.3.2.2 della norma.

Ogni quadro sarà protetto contro il cortocircuito mediante interruttori e fusibili. Il costruttore verificherà la tenuta al cortocircuito indicando il massimo valore ammissibile della corrente di cortocircuito presunta ai terminali dell'unità. Ove il dispositivo di protezione sia un fusibile o un interruttore automatico limitatore, il costruttore indicherà le

caratteristiche del dispositivo (DPCC): corrente nominale, potere di interruzione, corrente interrotta limitata, Pt, ecc. Nel caso venga usato un interruttore automatico con intervento ritardato, si indicherà il massimo tempo di ritardo e la corrente di regolazione dello sganciatore di massima corrente corrispondente alla corrente di cortocircuito presunta indicata (valore efficace simmetrico).

Quando il dispositivo di protezione non è incorporato, la tenuta al cortocircuito sarà specificata dal costruttore:

- mediante la corrente nominale ammissibile di breve durata, assieme alla durata (se diversa da I_s) e alla corrente di picco associata;
- ovvero mediante la corrente di cortocircuito nominale condizionata (in questo caso si dovrà indicare quanto in precedenza specificato per il dispositivo limitatore).

L'esecuzione della prova di cortocircuito non è richiesta:

- per i quadri che abbiano corrente nominale ammissibile di breve durata $<$, 10 kA (valore efficace);
- per i quadri che siano protetti da dispositivi limitatori di corrente aventi una corrente interrotta limitata 15 kA (valore istantaneo);
- per i circuiti ausiliari collegati a trasformatori di alimentazione in grado di fornire basse correnti di c.c.;
- per le parti dei quadri già sottoposte a prove di tipo valevoli per le condizioni esistenti nei quadri.

10.5 Prove e verifiche

Le prove di tipo da effettuarsi sui quadri tendono a verificare la conformità degli stessi ai principali requisiti della norma. Per la CEI EN 60439-1, esse prevedono:

- la verifica delle proprietà dielettriche e dei limiti di sovratemperatura;
- la verifica al cortocircuito dei circuiti principali e del circuito di protezione;
- la verifica dell'effettiva connessione tra le masse e il circuito di protezione;
- la verifica delle distanze in aria e superficiali (prove di isolamento);
- la verifica del grado di protezione e del funzionamento meccanico.

Le prove individuali tendono invece a verificare l'assenza di difetti nei materiali e nel procedimento costruttivo nonché la corrispondenza dei dispositivi montati con i dati di progetto e di targa; in particolare inoltre con tale tipo di prove sarà effettuato: il controllo

visivo del cablaggio; la prova di funzionamento elettrico; la verifica dell'isolamento; il controllo delle misure di protezione e quello della continuità del relativo circuito.

Nessuna prova di emissione e di immunità elettromagnetica è richiesta sull'apparecchiatura finita, se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- i dispositivi ed i componenti incorporati sono progettati per l'ambiente specificato al punto 7.1.0.1 della norma, in linea con le norme EMC di prodotto o generiche;
- il montaggio è stato effettuato secondo le istruzioni del produttore dei componenti.

Negli altri casi le EMC dovranno essere verificate secondo il punto 8.2.8 della norma

10.6 Quadro generale BT impianti fotovoltaici

Il quadro elettrico generale utenza BT di cabina verrà installato nella posizione indicata nello schema planimetrico all'interno della cabina. Saranno del tipo ad armadio metallico componibile per posa a pavimento. Nel quadro saranno installate le apparecchiature per la protezione ed il sezionamento dei circuiti elettrici direttamente alimentati dal quadro elettrico e dei diversi generatori dell'impianto fotovoltaico (inverter). Le caratteristiche elettriche delle apparecchiature e delle linee sono descritte negli schemi allegati. Tutte le apparecchiature installate dovranno essere contrassegnate da una targhetta indicante la funzione dell'apparecchiatura stessa. Presso il quadro elettrico dovrà essere conservata una copia dello schema. Tutte le apparecchiature che compongono il quadro dovranno essere marcate CE. Il quadro sarà realizzato come da schemi elettrici progettuali e sarà costituito da una carpenteria realizzata con armadio componibile, costituito da elementi prefabbricati con struttura in lamiera di acciaio montabile, con porta in vetro trasparente. L'armadio completo sarà costituito da:

- telaio di base componibile di lamiera completo di pannello in lamiera per chiusura della base con aperture regolabili per passaggio cavi.
- zoccolo in lamiera di acciaio.
- telaio di testata in lamiera con giunti a 3 vie in lega di alluminio completo di pannello di chiusura in lamiera di acciaio.
- montanti in lamiera di acciaio.
- pannelli o porte laterali e posteriori in lamiera di acciaio.

- piastroni funzionali in lamiera di acciaio completi di guide a "C" per telai porta apparecchi e fori di fissaggio dei pannelli frontali.
- pannelli sfinestrati.
- Porta anteriore di chiusura con vetro temprato.

Caratteristiche elettriche e meccaniche:

Tensione di isolamento	V	690
Tensione di esercizio	V	400
Frequenza	Hz	50/60
Sbarre (3F o 3F + N)	3F+N fino a 3200A	
Materiale	Lamiera	
Forma di segregazione	1	
Grado di protezione	IP 31 minimo	

10.7 Quadro generale lato corrente continua

Non si prevedono quadri elettrici lato corrente continua, le protezioni verranno integrate all'interno delle morsettiere di ogni singolo inverter assieme agli scaricatori di sovratensione.

10.8 Sganci

Non si prevedono sganci lato corrente continua. Gli impianti saranno posati all'esterno rispetto all'attività esistente con attenzione a rimanere a distanza di sicurezza di almeno un metro da tutti i fori, compartimenti ecc che potrebbero causare danno alle strutture in caso d'incendio, secondo le linee guida del comando dei vigili del fuoco.

Lo sgancio di ogni singolo impianto fotovoltaico avverrà generalmente sul quadro generale lato AC con una bobina dedicata ad ogni singolo inverter. Fa eccezione il fotovoltaico FTV01 ed in particolare l'impianto sulla copertura del parcheggio multipiano, in cui si prevedono sezionatori con sgancio di emergenza posizionato immediatamente a valle dell'inverter. In questo modo in caso d'emergenza l'energia elettrica (continua o alternata) viene forzatamente ed in ogni caso confinata il più vicino possibile al generatore e comunque solo sulla copertura del parcheggio.

L'attivazione di comando di emergenza verrà realizzata tramite l'installazione di pulsante tipo NC, contenuto in cassetta in materiale plastico, rossa, con vetro a sfondamento, con grado di protezione IP55. La linea di sgancio sarà realizzata con cavo resistente al fuoco. La posizione definitiva dei pulsanti, prevista progettualmente fuori dalle cabine elettriche dovrà essere concordata in maniera definitiva in sede di cantiere con il comando locale dei vigili del fuoco ed il progettista di prevenzione incendi.

11. PROTEZIONI ELETTRICHE BASSA TENSIONE

11.1 Protezione contro il sovraccarico

La protezione contro il sovraccarico consiste nell'impedire che il surriscaldamento del conduttore provochi una sollecitazione termica pericolosa sull'isolante e si attua aprendo il circuito, ovvero sia sganciando la corrente, mediante dispositivi di protezione (di norma gli interruttori automatici e/o i fusibili).

La norma CEI 64-8, all'articolo 433.2, esplicita queste condizioni mediante due relazioni che costituiscono le fondamenta di qualsiasi progettazione di impiantistica elettrica:

$$1) I_B \leq I_n \leq I_z \qquad 2) I_f \leq 1,45 \times I_z$$

dove:

I_B = corrente di impiego del circuito

I_z = portata in regime permanente della conduttura

I_n = corrente nominale del dispositivo di protezione

I_f = corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite.

Per contrastare il fenomeno del cortocircuito è invece necessario:

- 1) determinare il valore della corrente di cortocircuito presunta I_{cc} in ogni punto della conduttura;
- 2) predisporre un dispositivo (interruttore automatico o fusibile) che sia in grado di interrompere la I_{cc} ;

3) accertarsi, con una verifica di tipo energetico, che la temperatura raggiunta dall'isolante del cavo prima dell'interruzione, non abbia oltrepassato i valori limite previsti dalla norma per salvaguardare l'integrità del cavo stesso.

11.2 Protezione contro i cortocircuiti

Per determinare i valori minimi e massimi della corrente di cortocircuito, l'articolo 533.3 della Norma CEI 64-8 fornisce due semplici formule da applicarsi rispettivamente nei casi di neutro distribuito e neutro non distribuito:

$$I_{ccmin} = \frac{0,8 \cdot U \cdot S}{1,5 \rho \cdot 2L} \text{ nel caso di neutro non distribuito}$$

$$I_{ccmin} = \frac{0,8 \cdot U \cdot S}{1,5 \rho (1+m) \cdot L} \text{ nel caso di neutro distribuito}$$

dove:

U = tensione concatenata di alimentazione in volt;

r = resistività a 20 °C del materiale dei conduttori ($\Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$) (0,018 per il rame - 0,027 per l'alluminio);

L = lunghezza della condotta protetta (m);

S = sezione del conduttore (mm^2);

I = corrente di cortocircuito presunta (A);

U₀ = tensione di fase di alimentazione in volt;

m = rapporto tra la resistenza del conduttore di neutro e la resistenza del conduttore di fase (nel caso essi siano costituiti dallo stesso materiale, esso è uguale al rapporto tra la sezione del conduttore di fase e quella del conduttore di neutro).

Dopo aver determinato i valori della corrente minima ($I_{cc \text{ min}}$) e massima ($I_{cc \text{ max}}$) di cortocircuito, è necessario verificare, con riferimento all'energia passante attraverso l'interruttore automatico, che sia soddisfatta la relazione prescritta dall'art. 434.3.2 della Norma CEI 64-8:

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

ed il significato assunto dai vari termini è il seguente:

I = corrente effettiva di cortocircuito in ampere, espressa in valore efficace;

t = durata in secondi affinché la corrente di cortocircuito porti i conduttori alla temperatura massima ammissibile;

S = sezione del conduttore in mm^2

K = coefficiente che può assumere i seguenti valori:

- 115 per i conduttori in rame isolati con PVC;
- 143 per i conduttori in rame isolati con gomma etilenpropilenica e propilene reticolato;
- 74 per i conduttori in alluminio isolati con PVC;
- 87 per i conduttori in alluminio isolati con gomma etilenpropilenica o propilene reticolato;
- 115 corrispondente ad una temperatura di 160 °C, per le giunzioni saldate a stagno tra conduttori in rame.

11.3 Contatti diretti

La protezione contro i contatti serve ad evitare che una persona vada in contatto con una parte attiva dell'impianto (conduttori, sbarre, morsetti, etc); la protezione contro i contatti diretti può essere di tipo:

- totale
- parziale
- addizionale

La protezione totale si attua mediante l'isolamento, gli involucri e/o le barriere. Col termine isolamento si intende l'isolamento principale ossia l'isolamento delle parti

attive, necessario per assicurare la protezione fondamentale contro i contatti diretti e indiretti.

Involucro e barriere sono così definiti dalle Norme CEI:

- Involucro: Elemento che assicura un grado di protezione appropriato contro determinati agenti esterni e un determinato grado di protezione contro i contatti diretti in ogni direzione.
- Barriera: Elemento che assicura un determinato grado di protezione contro i contatti diretti nelle direzioni abituali di accesso.

La protezione parziale, attuabile solo nei locali dove l'accessibilità è riservata a persone addestrate (come definito all'art. 29.1 della Norma CEI 64-8) è realizzata mediante:

- Ostacolo: Elemento che previene i contatti involontari con le parti attive di un circuito, ma non è in grado di impedire il contatto intenzionale.
- Allontanamento: Si attua ponendo fuori portata di mano parti simultaneamente accessibili, ossia le parti conduttrici che possono essere toccate simultaneamente da una persona.

La protezione addizionale si realizza mediante interruttori differenziali.

L'impiego di interruttori differenziali, con corrente differenziale nominale d'intervento non superiore a 30 mA, è riconosciuto (art. 412.5.1 della Norma CEI 64-8) come protezione addizionale contro i contatti diretti in caso di insuccesso delle altre misure di protezione.

La protezione tramite isolamento principale delle parti accessibili viene ottenuta su tutte la parti attive dell'impianto con copertura in materiale isolante, che potrà essere rimosso solamente con la sua distruzione (es cavi). Nei circuiti FELV (circuiti di controllo, regolazione e segnalazione), nei casi in cui parti del circuito FELV non siano atte a sopportare la tensione di prova dell'isolamento primario, viene realizzato un rinforzo dell'isolamento sulle parti accessibili non conduttrici del componente elettrico, tale da sopportare una tensione di prova di 1.500 V per un minuto (guaine, involucri etc.). Le caratteristiche di isolamento relative ai cavi sono indicate nei precedenti capitoli. L'isolamento garantisce adeguata resistenza, oltre che alle influenze elettriche, anche a quelle meccaniche, termiche, chimiche ed ambientali in genere.

11.4 Contatti indiretti

Il contatto indiretto si verifica quando una persona "tocca" una parte conduttrice normalmente non in tensione, ma che può trovarsi in tensione a causa di cedimento dell'isolamento principale. La protezione si ottiene tramite la realizzazione di un impianto di terra e tramite l'interruzione automatica del circuito. Per ottenere la protezione dai contatti indiretti con l'interruzione automatica del circuito per l'intervento delle protezioni attive (interruttori automatici magnetotermici e interruttori differenziali) con il collegamento delle masse e delle masse estranee al conduttore di protezione PE. Le protezioni attive sono coordinate in modo tale da assicurare la tempestiva interruzione del circuito, nel caso la tensione di contatto vada ad assumere valori tali da compromettere la sicurezza.

I sistemi di protezione contro i contatti indiretti possono essere di due tipi:

1) passivi

2) attivi.

Sono passivi quei sistemi che non prevedono l'interruzione del circuito; in particolare:

- il doppio isolamento
- la protezione mediante bassissima tensione: SELV o PELV
- i locali isolati
- la separazione dei circuiti.

La protezione attiva, che prevede l'interruzione del circuito, si attua mediante la messa a terra; tale protezione è richiesta per tutte le parti metalliche degli impianti ad alta tensione soggette a contatto delle persone e che per difetto di isolamento o per altre cause potrebbero trovarsi sotto tensione.

Per ogni edificio contenente impianti elettrici deve essere previsto, in sede di costruzione, un impianto di messa a terra (impianto di terra locale) che soddisfi i requisiti imposti dalla Norma CEI 64-8.

Va inoltre precisato che all'impianto di terra devono essere collegati tutti i sistemi di tubazioni metalliche accessibili destinati all'adduzione, distribuzione e scarico delle acque ed altri fluidi (ad esempio le tubazioni del gas), nonché tutte le masse accessibili esistenti nell'area dell'impianto elettrico utilizzatore

Le protezioni attive devono essere coordinate in modo tale da assicurare la tempestiva interruzione del circuito, nel caso la tensione di contatto vada ad assumere valori tali da compromettere la sicurezza.

Il dimensionamento dell'impianto ed il calcolo dei circuiti elettrici è stato fatto su sistema TN tensione nominale di 400V 50Hz.

11.5 Coordinamenti selettivi delle protezioni

Si richiede la massima selettività possibile sull'impianto elettrico oggetto del presente elaborato progettuale, per garantire la massima continuità di servizio e selettività al guasto.

La selettività può essere:

- cronometrica: si realizza regolando i tempi di ritardo di intervento degli sganciatori con valori crescenti risalendo l'impianto;
- amperometrica: sfrutta il diverso valore assunto dalla corrente di cortocircuito al variare della posizione ove si manifesta il guasto;
- di zona (o accelerata): consiste nel determinare quale sia l'interruttore più vicino al guasto utilizzando la stessa corrente di guasto come elemento di riferimento e creando un interscambio di informazioni tra vari interruttori (è necessario che gli sganciatori degli interruttori siano dotati di microprocessore);
- energetica: viene attuata quando tra due interruttori non è possibile impostare un tempo di ritardo di intervento; in questo caso vengono confrontate le curve dell'energia specifica passante. Si ottiene selettività energetica se le due curve non hanno punti di intersezione.

La selettività sugli interruttori automatici modulari deve essere verificata in sede di realizzazione dei quadri con le curve caratteristiche d'intervento dell'interruttore stesso fornite dal produttore scelto. In ambito progettuale tale proprietà di vitale importanza per l'impianto è stata garantita con l'utilizzo di due taglie di distanza tra interruttori modulari in cascata o con l'utilizzo di interruttori di tipo regolabile. Nelle fasi finali di cantiere, successivamente alla posa dei quadri elettrici si provvederà al collaudo, sarà onere dell'impresa effettuare la misura di verifica e taratura corretta di tutti gli interruttori automatici di protezione installati.

12. DISTRIBUZIONE ELETTRICA LATO BT

I conduttori dovranno essere sempre protetti e salvaguardati meccanicamente. Tali protezioni potranno essere costituite da: tubazioni, canalette porta cavi, passerelle, condotti o cunicoli ricavati nella struttura edile, ecc. Le canalizzazioni per l'alloggio dei conduttori (tubi, canaline) dovranno essere scelte valutando le esigenze dettate dalle condizioni ambientali, della tipologia dell'ambiente e dalle esigenze derivanti dalle caratteristiche della distribuzione ed in modo adeguato per fornire garanzia di resistenza meccanica alle sollecitazioni sia in fase di posa che di esercizio dell'impianto. Nella scelta delle dimensioni delle canalizzazioni dovrà essere considerata l'opportunità di poter rimuovere sostituire o posare conduttori e cavi, nonché di ottenere un adeguato raffreddamento dei conduttori stessi, quindi si realizzeranno le condutture facendo in modo che il diametro interno dei tubi risulti essere almeno 1,3 volte il diametro circoscritto del fascio, di conduttori e che la sezione della passerella sia il doppio della sezione del fascio dei cavi alloggiati. I tubi installati sotto pavimento o posati a vista ad una altezza inferiore a 250 cm, dovranno essere di tipo pesante. Tubi e canali in materiale plastico dovranno essere di tipo autoestinguente. I tubi saranno posati in opera rispettando i raggi di curvatura massimi indicati dalle case costruttrici. All'interno dei tubi non dovranno essere eseguite giunzioni di conduttori o pose di morsetti. Il grado di protezione garantito dall'installazione dovrà essere adeguato all'ambiente di posa.

Per la posa delle condutture interrate dorsali in corrente alternata BT ed MT si prevede l'impiego di cavidotto a doppio strato, costituito da tubazione in polietilene ad alta densità destinata alla protezione dei cavi nelle installazioni elettriche e telefoniche interrate. Formato da due elementi tubolari coestrusi: quello esterno corrugato per conferire una maggior resistenza allo schiacciamento, un'estrema leggerezza e flessibilità; quello interno liscio per facilitare l'introduzione allo scorrimento dei cavi. Resistenza agli urti fino a -25°C Resistenza alle variazioni di temperatura da -50°C a +60°. Resistenza elettrica di isolamento superiore a 100Mohm (M W). Rigidità dielettrica superiore a 800 Kv/cm. Resistenza agli agenti chimici. Tubo corrugato esternamente e liscio internamente denominativo cavidotto tipo normale (DN 40mm / DN 200mm). Polietilene neutro alta densità: 97% - Masterbatch colorante rosso, nero, blu: 2% - Additivi:1%Raggio di curvatura minimo: 15 volte diametro esterno. Resistenza allo schiacciamento: (EN 50086-2-4 / CEI 23-46):> 450 N con deformazione diametro interno pari al 5%. Carico di rottura a

trazione tirasonda: >650N. Accessoriabile con Manicotti raccorderia e guarnizione. Installazione: sotterranea in trincea.

La posa dei conduttori in corrente continua invece avverrà dietro ai moduli fotovoltaici, oppure all'interno di condutture metalliche chiuse sotto alle pensiline o sulla copertura del parcheggio multipiano (complete di adesivi di pericolo) fino agli inverter posizionati sempre nei pressi del campo fotovoltaico.

12. SISTEMI DI RIFASAMENTO - FILTRI

Tutti i gruppi di generazione inverter inducono distorsioni minime, con fattori di potenza previsti pressochè unitari. Non si prevedono pertanto gruppo di rifasamento se non quelli fissi delle macchine di trasformazione.

Non si presumono inoltre generazione di armoniche o disturbi che possano influenzare la qualità di rete del sito. In sede di collaudo verranno comunque verificati tutti i valori che dovranno eventualmente essere corretti al fine di garantire una elevata qualità della distribuzione di rete dell'impianto elettrico.

13. ILLUMINAZIONE ESTERNA

Non si prevedono interventi o modifiche all'impianto di illuminazione esterna esistente nelle aree oggetto di lavori o integrazione di corpi illuminanti all'interno dei campi fotovoltaici di nuova realizzazione.

14. SCARICHE ATMOSFERICHE

La verifica della protezione contro le scariche atmosferiche, per il rischio perdita di vite umane, realizzate secondo la norma CEI 81-10 esula dal presente incarico progettuale. Non essendo previste nuove costruzioni di dimensioni rilevanti rispetto all'estensione dell'intera sede non si ritiene che il progetto in oggetto comporti un aumento del rischio rilevante per fenomeni di scariche atmosferiche.

Al fine di proteggere l'impianto e le apparecchiature elettriche ed elettroniche a esso collegate, contro le sovratensioni di origine atmosferica (fulminazione indiretta) e le

sovratensioni transitorie di manovra e limitare scatti intempestivi degli interruttori differenziali, vengono installati limitatori di sovratensione che garantiscono la separazione galvanica tra conduttori attivi e terra. Il limitatore di sovratensione o scaricatore, dovrà essere collegato all'impianto di terra attraverso la via più breve, tramite il collettore di terra. Gli SPD utilizzati avranno caratteristiche tali da essere impiegabili per deviare le sovratensioni generate da scariche di fulmini vicini o lontani o per operazioni di commutazione in rete, con alta capacità di scarica, adatto per edifici senza parafulmine. Scaricatori di sovratensione verranno installati anche all'interno delle morsettiere degli inverter lato corrente continua ed all'interno di tutte le cabine elettriche, sia nei quadri generali di bassa tensione che lato media tensione.

15. SISTEMA DI MONITORAGGIO

In seguito alla variante V1 della norma CEI 0-16 (in particolare allegati O e T e della delibera ARERA 540/2021/EEL) sono state introdotte le prime modifiche per le connessioni degli impianti di produzione alla rete di media tensione in ottica del suo passaggio alla smart grid. Negli ultimi anni la diffusione di produzione distribuita, soprattutto da fonte rinnovabile, ha reso necessaria l'introduzione di nuove normative atte a rendere visibili e monitorabili anche gli impianti di produzione di media taglia connessi alla rete di distribuzione. In particolare, con la recente delibera 540/2021/R/eel, Terna richiede il monitoraggio in tempo reale, degli impianti di produzione con potenza maggiore o uguale a 1 MW connessi in Media Tensione (MT). Questo provvedimento coinvolge più di 10 GW di potenza installata sul territorio italiano e obbliga i titolari, entro il 31 gennaio 2024, a rilevare i dati e trasmetterli all'impresa distributrice. Il punto focale è il monitoraggio degli impianti di produzione connessi in MT, attraverso un Controllore Centrale di Impianto (CCI). Il CCI è un dispositivo di acquisizione di misure dirette sullo stato di andamento degli impianti, per la comunicazione al Distributore attraverso protocollo IEC 61850. È dunque un sistema di monitoraggio che si integra con l'impianto di produzione in cui è installato secondo le caratteristiche tecniche esplicitate nell'Allegato O e T della Norma CEI 0-16. Questo sistema di acquisizione dati è pensato in ottica futura anche come unico strumento di comunicazione verso distributore e Terna per la fornitura di servizi ancillari (UVAM, regolazione secondaria di frequenza, ecc.).

Non esistono attualmente apparati standard già disponibili sul mercato per adeguare da subito l'impianto fotovoltaico di nuova realizzazione, lo stesso risulta inoltre con potenza inferiore ad 1MW in connessione. In fase di connessione si verificheranno con il

distributore i necessari adempimenti a riguardo, ma si prevedono già da ora multimetri per il monitoraggio ed eventuale controllo dell'impianto fotovoltaico e dei singoli inverter che verranno connessi in rete su apposito sistema datalogger. Un energy server programmabile posizionato sul quadro generale di bassa tensione, potrà eventualmente essere programmato per interfacciarsi con organi terzi che richiederà il distributore. All'interno del sistema dovranno essere integrati anche i due impianti fotovoltaici esistenti.

Marche e modelli sono solo esemplificativi delle caratteristiche tecniche e non vincolanti, presi come riferimento per la redazione dello schema del sistema di monitoraggio proposto che dovrà essere certificato al momento dell'installazione al fine di poter essere accettato. Da una ricerca di mercato non risulta infatti che vi siano attualmente già sistemi di monitoraggio certificati sulla base della nuova norma CEI 0-16 di recente pubblicazione. Diversi fornitori li attendono disponibili nei prossimi mesi.

16. VERIFICHE, PROVE E COLLAUDI

All'ultimazione dei lavori, come previsto dalle norme CEI 64-8, fascicolo sesto, dovranno essere eseguite le prove necessarie al controllo dell'efficienza della sicurezza dell'impianto e della rispondenza dell'installazione alle stesse norme CEI.

L'impresa avrà inoltre l'onere di redigere lo schema as built del sito con verifica di gruppi elettrogeni e carichi potenzialmente disturbanti da fornire al distributore di rete per la domanda di connessione.

16.1 Verifiche a vista

- Sistemi di protezione contro i contatti diretti ed indiretti;
- precauzioni adottate contro la propagazione del fuoco e gli effetti termici;
- scelta dei conduttori in relazione alla portata ed alla caduta di tensione;
- scelta dei dispositivi di segnalazione e protezione;
- presenza e corretta installazione dei dispositivi di sezionamento e comando;
- idoneità della scelta dei componenti anche in relazione alle protezioni contro le influenze esterne;
- colorazione o comunque identificazione dei conduttori di neutro e di protezione;
- identificazione dei circuiti, degli interruttori, dei fusibili, dei morsetti etc;
- validità delle connessioni dei conduttori;

- presenza di schemi, di cartelli monitori e di informazioni generali per la manutenzione;
- agevole accessibilità per interventi sull'impianto;
- prove funzionali delle sorgenti di sicurezza.

16.2 Verifiche strumentali

- Prove di continuità dei conduttori di protezione ed equipotenziali;
- prove di efficienza degli interruttori differenziali;
- prova della resistenza di isolamento tra conduttori e prove di polarità;
- misura della resistenza di terra;
- prova di funzionamento.
- Test comunicazioni di rete/BUS
- Prove cassetto relè e verifiche protezioni d'interfaccia
- Verifiche tarature e selettività rete di media tensione

16.3 Impresa esecutrice

La Ditta installatrice dovrà eseguire gli impianti a regola d'arte, utilizzando esclusivamente materiale e mezzi previsti dalle vigenti leggi e norme C.E.I. Eventuali modifiche al progetto potranno essere apportate solo previo autorizzazione scritta da parte della Direzione Lavori. Gli impianti dovranno essere garantiti per la durata di un anno dalla data di collaudo, a meno di differenti disposizioni di Legge o contrattuali. Si intendono in garanzia tutte le riparazioni e sostituzioni di apparecchiature danneggiate a causa della scadente qualità dei materiali o di posa in opera non correttamente eseguita. Sono escluse le riparazioni e/o sostituzioni di materiali danneggiati a seguito di errate manovre o manomissioni da parte dell'usufruttuario degli impianti. La garanzia viene a cadere nel caso gli impianti vengano manomessi da persone non espressamente autorizzate dalla Ditta Installatrice. Il progettista declina ogni responsabilità per incidenti a persone, animali o danni a cose, causati da esecuzioni degli impianti in difformità da quanto indicato nel progetto. Sarà onere della Ditta installatrice, la conduzione del cantiere, la gestione del personale e delle attrezzature nonché della provvisoria alimentazione dell'utenza, il tutto nel rispetto delle vigenti normative in merito alla sicurezza sul lavoro, alla prevenzione degli infortuni e alle normative in merito agli impianti elettrici provvisori. Restano inoltre a

carico della Ditta installatrice, salvo sollevamento da tale incarico con specifica nel contratto di appalto, gli eventuali rapporti con i vari enti amministrativi. Alla ultimazione dei lavori, come previsto dal DM 37/2008, la Ditta dovrà rilasciare al Committente la Dichiarazione di Conformità completa degli allegati richiesti. Sarà cura del Committente depositare presso l'Ufficio Tecnico Comunale competente copia dello stesso documento. La Ditta dovrà eseguire le verifiche elettriche ed elettroniche indicate nelle norme C.E.I. 64/8.