



COMUNE DI SAN MICHELE SALENTINO



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA DI BRINDISI

Committente:

ECOPUGLIA 1 s.r.l.
via Alessandro Manzoni, 30
Milano

BRIO GREEN s.r.l.
Corso Umberto I - 114
Carovigno (Br)

IMPIANTO FTV - SAN MICHELE SALENTINO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI IMMISSIONE IN RETE PARI A 24,03804 MW, IN AGRO DEL COMUNE DI SAN MICHELE SALENTINO

oggetto:

**RELAZIONE DIMENSIONAMENTO
ELETTRICO**

Elaborato

RT.05

Stato	Data	Modifiche	Revisione
DEFINITIVO	AGOSTO/SETTEMBRE 2022		01

Gruppo di Progettazione

ing. Pasquale MELPIGNANO (capogruppo coordinatore)



Sommario

1.	DEFINIZIONI	3
2.	RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI	3
3.	CONSISTENZA DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	6
4.	MISURE DI PROTEZIONE IMPIANTI MT/AT	11
4.1	CRITERI DI SCELTA E TARATURA DELLA PROTEZIONE MT	11
4.2	PRESCRIZIONI GENERALI	11
4.3	DIMENSIONAMENTO	11
4.4	DIMENSIONAMENTO IN RELAZIONE ALLE CORRENTI	11
4.5	MISURE DI PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI	12
4.6	PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI SOVRACCARICO	12
4.7	PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO	12
4.8	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI	13
4.9	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI	13
4.10	SEZIONAMENTO DEI CIRCUITI	15
4.11	INTERBLOCCHI DI SICUREZZA	15
5.	MISURE DI PROTEZIONE IMPIANTI BT	15
5.1	MISURE DI PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI	15
5.2	PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI SOVRACCARICO	16
5.3	PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI SOVRACCARICO	16
5.4	PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI SOVRACCARICO	17
5.5	PROTEZIONE DA CONTATTI INDIRETTI	18
5.6	PROTEZIONE DA CONTATTI INDIRETTI	19
5.7	PROTEZIONE DA CONTATTI INDIRETTI	20
6.	VERIFICA COORDINAMENTO CAMPO FTV	20
6.1	VERIFICA COORDINAMENTO CONTRO IL SOVRACCARICO	20
6.1.1	Verifica linee di alimentazione dei moduli fotovoltaici	21
6.1.2	Verifica linee di collegamento tra string comb e inverter	22
6.1.3	Verifica collegamento cabina di conversione/cabina di trasformazione	22
6.1.4	Verifica collegamento tra cabina di trasformazione/cabina di consegna	23
6.2	VERIFICA COORDINAMENTO CONTRO IL CORTOCIRCUITO	24

7.	VERIFICA CADUTA DI TENSIONE LUNGO LE LINEE.....	24
7.1	LINEA DI ALIMENTAZIONE DEI MODULI FOTOVOLTAICI	25
7.2	LINEA DI COLLEGAMENTO TRA QUADRI DI CAMPO (STRINGCOMB) E INVERTER	25
7.3	LINEA DI COLLEGAMENTO TRA CABINA DI TRASFORMAZIONE E CABINA DI DISTRIBUZIONE 26	
7.4	LINEA DI COLLEGAMENTO TRA CABINA DI CONSEGNA E C. PRIMARIA (AT).....	27
8.	VERIFICA GENERALE SUI FLUSSI DI POTENZA.....	27
8.1	QUADRI PARALLELO IN DC.....	27
8.2	CABINA DI CONVERSIONE E TRASFORMAZIONE (DG 2061).....	27
8.3	CABINA DI DISTRIBUZIONE/CONSEGNA MT (DG 2092).....	28
8.4	CABINA PRIMARIA/STAZIONE di UTENZA in AT.....	28
8.4.1	GENERALITA'	28
8.4.2	QUADRO MT.....	29
8.4.3	APPARECCHIATURE in AT	30
8.4.4	TRASFORMATORE MT/AT.....	31
8.4.5	GRUPPO ELETTROGENO	31
8.4.6	CONSISTENZA DELLA SEZIONE IN ALTA TENSIONE A 150 KV	31

1. DEFINIZIONI

Nella presente relazione, evidentemente in afferenza a quanto concerne la produzione dell'energia elettrica del "parco agrovoltaiico" della ECOPUGLIA 1 da realizzarsi in C.da Archi Vecchi (agro di San Michele Salentino, in provincia di Brindisi), verranno utilizzati i termini e le definizioni riportate nella vigente normativa CEI (con particolare riferimento alle norme CEI 11-20 "impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuit  collegati alle reti di I e II categoria", CEI 82-25 "*Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di media e Bassa tensione*", CEI EN 61724 (CEI 82-15) CEI EN IEC 61853-3 (CEI 82-79) "*Misura delle prestazioni e classificazione energetica dei moduli fotovoltaici (FV) – Parte 3: Classificazione energetica dei moduli FV*", CEI 0-16 e 0-21" *Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica*").

2. RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI

Gli impianti elettrici dovranno essere realizzati nel rispetto delle disposizioni seguenti:

- D.L.gs 81/2008
- Legge 01.03.1990 n. 186;
- Legge 18.10.1977 n. 791;
- Legge 05.03.1990 n. 46 e successive integrazioni (sostituita dal DM NR 37 del 22-01-08);
- D.P.R. 06.12.1991 n. 447(sostituito dal DM NR 37 del 22-01-08);
- D.L. 19.09.1994 n. 626 e successive modificazioni;

e quanto altro possa comunque interessare.

Si richiamano le prescrizioni degli Enti Locali preposti ai controlli: ASL, INAIL/ISPESL, Vigili del Fuoco, Aziende distributrici elettriche, del gas, etc.

Si sottolinea che dovranno essere osservate altres  le norme: CEI, UNI e le tabelle CEI UNEL.

Relativamente alle norme CEI dovranno essere rispettate quelle in vigore all'atto esecutivo dei lavori con particolare riferimento, a titolo esemplificativo e non esaustivo, alle Norme di seguito elencate.

- Criteri di allacciamento alla rete AT della distribuzione;
- ENEL DK 5310;
- CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1kV in corrente alternata;
- CEI 11-4 Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne;
- CEI 11-15 Esecuzione di lavori sotto tensione;
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – linee in cavo;
- CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuit  collegati a reti di I e II categoria;
- CEI 11-25 Calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti trifasi a corrente alternata;

- CEI EN60865-1 Calcolo degli effetti delle correnti di cortocircuito;
- CEI 11-28 Calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali a BT;
- CEI 11-35 Guida all'esecuzione delle cabine elettriche d'utente;
- CEI 11-37 Guida all'esecuzione degli impianti di terra negli stabilimenti industriali per sistemi di I, II e III categoria;
- CEI 17-1 Interruttori a corrente alternata a tensione superiore a 1000V;
- CEI 17-4 (CEI EN60129) Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata a tensione superiore a 1000V;
- CEI 17-6 (CEI EN60298) Apparecchiature prefabbricate con involucro metallico per tensioni da 1kV a 52kV;
- CEI 17-9/1 (CEI EN60265-1) Interruttori di manovra ed interruttori di manovra-sezionatori per tensioni da 1kV a 52kV;
- CEI 17-9/2 (CEI EN60265-2) Interruttori di manovra ed interruttori di manovra- sezionatori per tensioni uguali o superiori a 52kV;
- CEI 17-21 (CEI EN60694) Apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione;
- Prescrizioni comuni;
- CEI 17-46 (CEI EN60420) Interruttori di manovra ed interruttori-sezionatori con fusibili ad alta tensione per corrente alternata;
- CEI 17-68 (CEI EN50187) Apparecchiatura di manovra con involucro metallico con isolamento a gas per tensioni da 1kV a 52kV;
- IEC 99-4 Scaricatori di sovratensione per sistemi di II e III categoria;
- CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori di B.T.-Parti 1...7;
- CEI 17-13/1 (CEI EN60439-1) Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per B.T.
- Quadri elettrici AS ed ANS;
- CEI 20-13 Cavi isolati in gomma EPR con tensione non superiore a $U_0/U=0.6/1kV$;
- CEI 20-14 Cavi isolati in PVC con tensione non superiore a $U_0/U=0.6/1kV$;
- CEI 20-21 Calcolo della portata dei cavi elettrici;
- CEI 20-22 Prove dei cavi non propaganti l'incendio;
- CEI 20-33 Giunzioni e terminazioni per cavi di energia con tensione fino a $U_0/U=0.6/1kV$;
- CEI 20-37 Cavi elettrici-prove sui gas emessi durante la combustione;
- CEI UNEL 35024/1 Portate di corrente in regime permanente per posa in aria di cavi B.T. ad isolamento elastomerico o termoplastico;
- CEI UNEL 35024/1EC Portate di corrente in regime permanente per posa in aria di cavi B.T. ad isolamento elastomerico o termoplastico;
- CEI 23-28 Tubi per installazioni elettriche/tubi metallici;
- CEI 23-39(CEI EN50086-1) Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche/prescrizioni generali:

- CEI 23-54(CEI EN50086-2-1) Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche/tubi rigidi;
- CEI 23-55(CEI EN50086-2-2) Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche/tubi pieghevoli;
- CEI 23-56(CEI EN50086-2-3) Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche/tubi flessibili;
- CEI 23-29 Cavidotti in materiale plastico;
- CEI 23-19 Sistemi di canali isolanti portacavi ad uso battiscopa;
- CEI 23-32 Sistemi di canali isolanti portacavi e porta-apparecchi per utilizzo a soffitto o parete;
- CEI 23-31 Sistemi di canali metallici portacavi ed accessori;
- CEI 23-20/23-21/23-30/23-35/23-41 Dispositivi di connessione e morsetti;
- CEI 23-48(1998) Involucri per installazioni elettriche ad uso domestico o simile – Cassette;
- CEI 23-49 Involucri per installazioni elettriche ad uso domestico o simile – Quadri elettrici;
- CEI 23-51 Prescrizioni per la realizzazione dei quadri elettrici ad uso domestico o simile;
- CEI 23-51V1 Prescrizioni per la realizzazione dei quadri elettrici ad uso domestico o simile;
- CEI 17-44 (CEI EN60947-1) Apparecchiature per B.T. - Regole generali;
- CEI 17-5 (CEI EN60947-2) Interruttori automatici per B.T.;
- CEI EN60947-2 (Appendice B) Dispositivi differenziali indipendenti con toroide separato;
- CEI 17-11 (CEI EN60947-3) Interruttori di manovra e sezionatori con o senza fusibili per B.T.;
- CEI 17-50 (CEI EN60947-4-1) Contattori ed avviatori elettromeccanici per B.T.;
- CEI 17-45 (CEI EN60947-5-1) Dispositivi per circuiti di comando e manovra in B.T.;
- CEI 17-47 (CEI EN60947-6-1) Apparecchiature di commutazione automatica in B.T.;
- CEI 17-48 (CEI EN60947-7-1) Morsettiere per conduttori in B.T.;
- CEI 17-41 (CEI EN61095) Contattori elettromeccanici per usi domestici o similari;
- CEI 41-1 Relè ausiliari elettromeccanici;
- CEI 23-3 (CEI EN60898) Interruttori automatici per usi domestici e similari;
- CEI 23-12 (CEI EN60309-1/2) Prese a spina per usi industriali;
- CEI 23-50 Prese a spina per usi domestici e similari;
- CEI 23-16 Prese a spina di tipo complementare per usi domestici e similari;
- CEI 23-9 (CEI EN60669-1) Apparecchi di comando non automatici per usi domestici e similari;
- CEI EN60669-2-1/2 Relè passo/passo modulari;
- CEI 23-42 (CEI EN61008-1) Interruttori differenziali senza sganciatori di sovracorrente incorporati per usi domestici e similari;
- CEI 23-43 (CEI EN61008-2-1) Interruttori differenziali senza sganciatori di sovracorrente incorporati per usi domestici e similari;

- CEI 23-18 (CEI EN61009-2-1) Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per usi domestici e similari;
- CEI 23-44 (CEI EN61009-1) Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per usi domestici e similari;
- CEI EN61036 Contatori elettrici statici di energia attiva per corrente alternata;
- CEI EN61010-1 Strumenti di misura digitali;
- CEI EN60414/CEI EN60051 Strumenti di misura analogici;
- CEI 66-5/85-3/85-4/85-5/85-7 Strumenti di misura;
- CEI 38-1 (CEI EN60044-1) Trasformatori di corrente per misura;
- CEI 38-2 Trasformatori di tensione per misura;
- EN 60730-1/2 Termostati modulari;
- EN 61000-3-2 Interruttori crepuscolari modulari;
- CEI EN60730-1/2 Interruttori orari modulari;
- CEI 81-10 Protezione delle strutture contro i fulmini;
- CEI 37-1 Limitatori di sovratensione a resistori non lineari con spinterometri;
- CEI 37-2 Limitatori di sovratensione ad ossido di metallo senza spinterometri;
- IEC 60840 Cavi AT per posa interrata.

3. CONSISTENZA DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

In questo paragrafo si riporta una descrizione generale e sintetica dell'impianto fotovoltaico allo scopo di inquadrare da subito le sue linee e caratteristiche generali. Nel seguito di questa relazione si approfondiranno in dettaglio tutti gli aspetti tecnici dell'impianto.

L'impianto di produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica che si intende realizzare si avvarrà della migliore tecnologia oggi acquistabile sul mercato.

Nel suo complesso, l'impianto sarà ubicato in zona periferica di tipo E (agricolo) secondo il PRG, nella zona sud del Comune di San Michele Salentino, a nord-est del Comune di Francavilla Fontana e ad ovest del Comune di Latiano. Dal campo fotovoltaico si deriverà una doppia terna, costituita da cavo in isolamento a corda visibile del tipo ARG7H1RNR 18/30kV, che in formazione di 2 x (3x1x630mm²) provvederà a trasportare l'energia prodotta alla Cabina Primaria (in seguito ad accordi con altri produttori si realizzerà una Stazione di Utenza condivisa) che eleverà la tensione prodotta dal campo fotovoltaico a quella di esercizio (150 kV) della per la successiva immissione nella Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) (le opere di rete in AT sono esplicitate in altro elaborato).



Area di intervento generale, individuazione: Impianto Agrovoltaiico – Area Stazione di Utenza

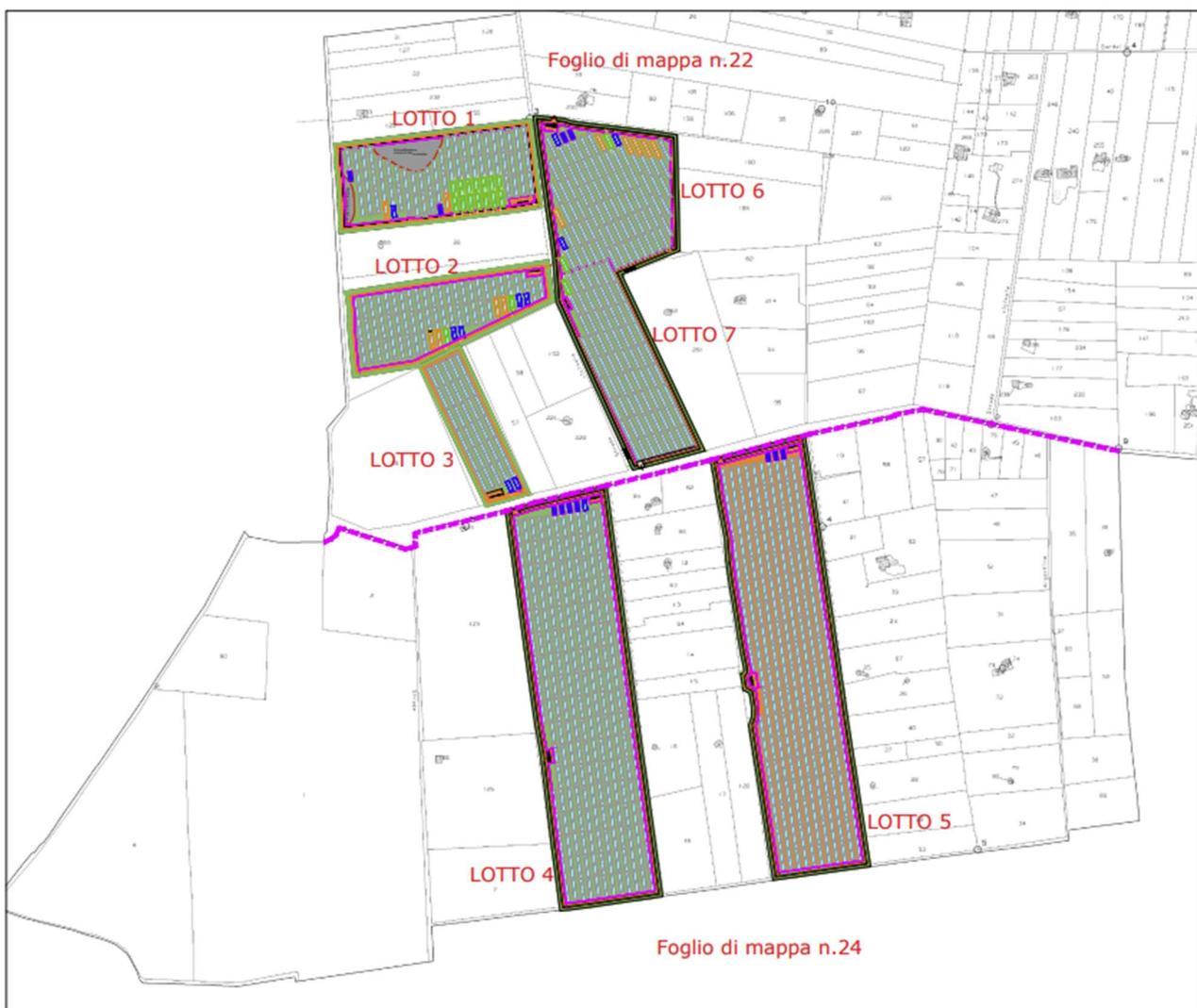
Il suolo è definito *seminativo incolto* ai sensi del D.L.gs. n.387 del 29/12/2003, in cui si legge:

- Art.12 "Razionalizzazione e semplificazione delle procedure autorizzative": Gli impianti di produzione di energia elettrica, di cui all'articolo 2, comma 1, lettere b) e c), possono essere ubicati anche in zone classificate agricole dai vigenti piani urbanistici. Nell'ubicazione si dovrà tenere conto delle disposizioni in materia di sostegno nel settore agricolo, con particolare riferimento alla valorizzazione delle tradizioni agroalimentari locali, alla tutela della biodiversità, così come del patrimonio culturale e del paesaggio rurale di cui alla legge 5 marzo 2001, n. 57, articoli 7 e 8, nonché del decreto legislativo 18 maggio 2001, n. 228, articolo 14.
- Art.2 "Definizioni": a) fonti energetiche rinnovabili o fonti rinnovabili: le fonti energetiche rinnovabili non fossili (eolica, solare, geotermica, del moto ondoso, maremotrice, idraulica, biomasse, gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biogas). In particolare, per biomasse si intende: la parte biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali) e dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani; b) impianti alimentati da fonti rinnovabili programmabili: impianti alimentati dalle biomasse e dalla fonte idraulica, ad esclusione, per

questa ultima fonte, degli impianti ad acqua fluente, nonché gli impianti ibridi, di cui alla lettera d);
 c) impianti alimentati da fonti rinnovabili non programmabili o comunque non assegnabili ai servizi di regolazione di punta: impianti alimentati dalle fonti rinnovabili che non rientrano tra quelli di cui alla lettera b).

L'intera centrale sarà suddivisa in 07 parti/lotti, in seguito denominati *sottocampi fotovoltaici*, che convoglieranno l'energia prodotta in apposite cabine prefabbricate in c.a.v. in cui alloggeranno i convertitori statici e le unità di trasformazione BT/MT; i sottocampi saranno collegati elettricamente, attraverso condutture in posa interrata ed alla tensione di esercizio di 30 kV, alla cabina di consegna (in configurazione standard Enel DG 2092). Nella tabella seguente sono riportate le indicazioni catastali del campo fotovoltaico.

Registro Catastale Comune San Michele Salentino	
Foglio	Particelle
22	24, 36, 54, 60, 132, 133, 250
24	8, 18



Rappresentazione dell'impianto FTV e relativi sottocampi

L'impianto proposto è realizzato con moduli in silicio monocristallino ad alto rendimento e stabilità nel tempo. I moduli utilizzati avranno una potenza pari a 615 Wp e dimensioni di 2.465 x 1.134 mm. L'efficienza è pari al 22%, quindi in linea con quella dei migliori pannelli. L'alto rendimento dei pannelli permetterà l'ottimizzazione del terreno riducendo la superficie per unità di potenza installata. Infatti, su 33.02 ha saranno installati 39.622 moduli con una superficie irradiata pari a 110.755 m² e, quindi, con un rapporto basso fra S_{irradiata} e S_{utilizzata} pari al 36%. La potenza totale di picco installata sarà di 24,367,53 MWp. L'impianto verrà realizzato con vele, ovvero strutture in acciaio zincato dotate di sistema ad inseguimento solare; prevalentemente, ognuna delle strutture sosterrà, nella configurazione principale, 56 moduli fotovoltaici con varianti, in ragione della conformazione degli spazi disponibili, di 24, 28, 38 e 44 moduli. Queste strutture saranno affiancate fra loro formando delle vere e proprie file continue di pannelli fotovoltaici. La distanza fra queste file, ovvero lo spazio libero fra loro, sarà di 6.00 metri lasciando così una certa libertà di movimento all'interno del campo fotovoltaico. I moduli, alloggiati orizzontalmente sui piani delle strutture, saranno orientati lungo un asse nord-sud, con leggera deviazione di 8° verso ovest, con possibilità di rollio lungo l'asse est-ovest al fine di ottenere il massimo rendimento di esposizione. La geometria in continua inclinazione, oltre ad assicurare efficienza, fa sì che la pressione esercitata dal vento abbia solo una lieve incidenza.

Le strutture suddette sono sorrette da montanti, profilati metallici in acciaio zincato, infissi nel terreno in modo da evitare la realizzazione di invasive opere di fondazione in conglomerato cementizio. La menzionata tipologia dei supporti, consente di minimizzare i tempi di installazione e di intervenire in modo agevole ed economico nella rimozione degli stessi al termine della vita utile dell'impianto.

Riassumendo, ciascuno dei 7 sottocampi fotovoltaici sarà composto e strutturato nel modo qui di seguito descritto:

Sottocampo fotovoltaico	Cabina di trasformazione in MT (tipo DG 2061)	Cabina di conversione statica (tipo DG 2061)	Potenza INVERTER [kVA]	N. moduli fotovoltaici TRJKM615N	Potenza di picco sottocampo fotovoltaico [kWp]
1	1	1	2.200	3.720	2.287,80
2	1	1	2.000	3.276	2.014,74
3	1	1	1.000	1.736	1.067,64
4	2	2	2 x 4.000	11.380	6.998,70
5	2	2	2 x 4.000	11.048	6.794,52
6	1	1	3.000	4.616	2.838,84
7	1	1	2.500	3.846	2.365,29
TOTALE	9	9	26.700	39.622	24.367,53

In ciascuno dei sottocampi fotovoltaici sarà presente almeno una *cabina di conversione ed una di trasformazione*, le quali avranno funzione prima di convertire la corrente continua in corrente alternata e poi di elevarla da bassa in media tensione riducendo le perdite per il suo trasporto. Queste linee di MT interne saranno in seguito convogliate nell'unica *cabina di distribuzione/consegna* del campo FTV che provvederà all'accoglimento dell'energia derivata dai sottocampi e, attraverso dispositivi di controllo e protezione, canalizzare alla Stazione di Utenza per la conseguente immissione in rete; il percorso finale del cavidotto interrato, di lunghezza pari a circa 8.5 km, interesserà prevalentemente strada interpodereale con brevi percorsi in strade provinciali, pertanto si ricorrerà, seppure quanto meno possibile, alle procedure di esproprio.

L'energia elettrica prodotta sarà consegnata al distributore locale, Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale, sulla rete AT, con immissione su stallo predisposto nella nuova Stazione Elettrica di trasformazione 380/150 kV "Latiano" di Terna Spa.

Per ogni singolo sottocampo fotovoltaico sono previste delle strade di percorrenza laterale di larghezza minima pari a 5 metri, in terra battuta con sezione a schiena d'asino per evitare eventuali ristagni di acque piovane. Affinché si possa avere una comoda circolazione con i mezzi, queste saranno previste lungo tutto il perimetro del lotto fotovoltaico, pertanto saranno di facile raggiungimento tutte le cabine di conversione e trasformazione; tra le file dei moduli l'attività manutentiva sarà resa possibile grazie alla inter-distanza osservata in fase realizzativa, pari a 6.00 m.

La recinzione perimetrale, alta 2 metri, sarà composta da pannelli di griglia metallica sostenuti da montanti in acciaio zincato infissi nel terreno con fondazione in cls. Il cancello di entrata, o i cancelli nel caso in cui fossero previste più entrate, saranno di larghezza pari a 6 metri e altezza pari a 2, tali da rendere facilitato l'ingresso di grandi mezzi. Anche i suoi montanti saranno infissi nel terreno come quelli della recinzione. Affinché l'impatto visivo sia ridotto al minimo, lungo tutto il perimetro saranno piantate delle siepi tali da rendere quasi completamente invisibili i moduli fotovoltaici dall'esterno.

Per garantire continuità di servizio sarà previsto un sistema di controllo di funzionamento del generatore, il quale terrà sotto controllo, dal punto di vista elettrico, tutte le stringhe dei sotto campi fotovoltaici tramite sistema remoto. Inoltre, vi sarà un sistema di sicurezza ad infrarossi con relative telecamere di sorveglianza posizionate su pali all'interno dei campi, controllate da postazioni remote per monitorare l'ingresso nei lotti di soggetti non autorizzati.

L'illuminazione verrà disposta lungo tutto il perimetro dei terreni e in posizioni interne nei pressi delle cabine di conversione e trasformazione. Verranno utilizzati pali di piccole dimensioni, non più alti di 3,50 metri, per ridurre al minimo l'effetto ombreggiamento.

4. MISURE DI PROTEZIONE IMPIANTI MT/AT

4.1 CRITERI DI SCELTA E TARATURA DELLA PROTEZIONE MT

Le protezioni MT sono state dimensionate, scelte e tarate secondo quanto dettato dalla guida CEI 11-35 e dalle specifiche ENEL DK5600, DK5400, DK5310, nonché CEI 0-16.

4.2 PRESCRIZIONI GENERALI

Gli impianti ed i componenti elettrici devono essere in grado di resistere alle sollecitazioni elettriche, meccaniche, climatiche ed ambientali previste in sito.

4.3 DIMENSIONAMENTO

come le sovratensioni a frequenza industriale, le sovratensioni di manovra e le sovratensioni atmosferiche (norma CEI 11-1 art.2.1.3c). Devono essere adottate adeguate misure per evitare il contatto fra sistemi a diverse tensioni. Gli impianti devono essere realizzati per la frequenza nominale del sistema.

Il livello di isolamento deve essere scelto in conformità alla tensione massima U_m stabilita per il componente elettrico e nel rispetto delle minime distanze di isolamento stabilite dalla normativa.

La tensione nominale è la tensione assegnata dal costruttore all'apparecchiatura; essa è indicata con il simbolo U_r nelle norme di prodotto e con U_n nella norma impianti (CEI 11-1 art.2.1.4 e art.2.1.5).

La tensione massima U_m è il valore più elevato della tensione che si presenta in un istante e in un punto qualunque del sistema nelle condizioni ordinarie di funzionamento (CEI 28-5 art.3.9 e 3.10).

In relazione alla tensione nominale dell'apparecchiatura, sono stabilite nelle norme di prodotto:

- la tensione di tenuta a frequenza industriale $U_d \times 60\text{sec.}$;
- la tensione di tenuta ad impulso $U_p (1,2/50\mu\text{s})$.

L'insieme di queste due tensioni individua il "livello di isolamento dell'apparecchiatura" (norma CEI 17-21 art.4.2 e norma CEI 28-5 tab.1).

Per ogni valore della tensione nominale, la norma (CEI 11-1 art.4.3.1 tab.4.1 e norma CEI 17-21 tab.1 A) indica le rispettive tensioni di tenuta a 50Hz ed impulso normalizzate, nonché le distanze minime di tenuta dielettrica.

I valori più elevati delle tensioni di tenuta e delle distanze minime riportati nelle tabelle della norma devono essere previsti negli impianti a neutro isolato o con $N_t=4$ fulmini/km²xanno.

4.4 DIMENSIONAMENTO IN RELAZIONE ALLE CORRENTI

La corrente (termica) nominale I_r è il valore efficace della corrente che l'apparecchiatura è in grado di condurre continuamente, nelle condizioni di impiego prescritte (CEI 17-21 art.4.4.1). La corrente

nominale di breve durata I_k è il valore efficace della corrente di cortocircuito che l'apparecchiatura è in grado di condurre per l'intervallo di tempo t_k (CEI 17-21 art.4.5).

La durata nominale di cortocircuito t_k è in genere 1 secondo (CEI 17-21 art.4.7). In ogni caso la durata t_k deve essere superiore al tempo di intervento delle protezioni.

La corrente nominale di picco I_p è il valore di cresta della prima semionda della corrente nominale di breve durata (CEI 17-21 art.4.6). Il valore di picco dipende dall'asimmetria della corrente di cortocircuito e dunque dal fattore di potenza di cortocircuito. Se non diversamente specificato $I_p = 2,5 \cdot I_k$ con $\cos\phi_{cc} = 0,1$ (condizione peggiorativa).

4.5 MISURE DI PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI

La protezione dei componenti dagli effetti dannosi causati dalle sovracorrenti è garantita da dispositivi automatici in grado di interrompere le correnti di sovraccarico fino al cortocircuito. I dispositivi previsti sono:

- interruttori di manovra sezionatori a norme CEI 17-1/17-4 azionati dall'intervento dei fusibili MT;
- interruttori automatici di MT a norme CEI 17-1 azionati dall'intervento di protezioni elettroniche indirette;
- interruttori automatici di MT a norme CEI 17-1 azionati dall'intervento di protezioni elettroniche ed elettromeccaniche dirette;
- interruttori di manovra sezionatori AT a norme CEI 17-1/17-4;
- interruttori AT con protezione di massima corrente tripolare a due soglie, una di sovraccarico, una di cortocircuito, entrambe a tempo indipendente definito e protezione di minima e massima tensione.

4.6 PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI SOVRACCARICO

Ogni sistema deve essere realizzato in modo che le correnti in condizioni di esercizio normale non superino le correnti nominali delle apparecchiature o le correnti ammissibili dei componenti.

Si deve tener conto anche di condizioni ambientali sfavorevoli, come una temperatura più elevata di quella specificata nelle norme corrispondenti.

4.7 PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO

Gli impianti devono essere realizzati in modo da sopportare in sicurezza le sollecitazioni meccaniche e termiche derivanti da correnti di cortocircuito.

Il quadro prefabbricato MT, in particolare, è consigliabile prevederlo del tipo "a prova d'arco interno", secondo la norma CEI 17-6 art.5.101.4 e art.5.104.

Nei quadri a prova d'arco interno i gas caldi in pressione dell'arco vengono convogliati all'esterno, mediante condotti di scarico, in zone non occupate da persone, mentre la struttura resiste alle sollecitazioni e alla sovrappressione prodotta dall'arco.

4.8 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

Gli impianti devono essere costruiti in modo da evitare il contatto non intenzionale con parti attive od il raggiungimento di zone pericolose (zone di guardia) prossime alle parti attive. Si devono proteggere le parti attive, quelle con il solo isolamento funzionale, e le parti che possono essere considerate a potenziale pericoloso.

La protezione contro i contatti diretti consiste nell'impedire il contatto con le parti attive nude o di portarsi ad una distanza tale per cui possa avvenire una scarica.

A tal fine, sono state introdotte le distanze di guardia (dg), di vincolo orizzontale (dvo) e verticale (dvv) (CEI 11-1 art.2.5.5.-art.2.5.6). La distanza di vincolo rappresenta la distanza minima tra la parte in tensione e la superficie sulla quale un operatore al lavoro può stare in posizione eretta, con entrambi i piedi appoggiati. Le parti attive poste ad una distanza dalla suddetta superficie inferiore alla distanza di vincolo devono essere protette con pareti o barriere metalliche con grado di protezione almeno IP1XB (il dito di prova penetra all'interno dell'involucro ma non raggiunge le parti attive). Le pareti e le barriere di protezione devono essere alte almeno 2m dal piano di calpestio.

La superficie interna della barriera deve trovarsi ad una distanza dalle parti attive (non schermate) almeno uguale a quella di guardia dg. Tale distanza può essere ridotta alla distanza minima d'isolamento se la barriera ha un grado di protezione almeno IP3X (CEI 111 art.6.2.1).

Le misure di protezione contro i contatti diretti su indicate devono essere applicate anche nei confronti dei componenti isolati ma senza schermo metallico collegato a terra, ad esempio le terminazioni del cavo, relativamente alla parte priva di schermo, e gli avvolgimenti in MT isolati in resina o nastrati dei trasformatori a secco.

È opportuno che gli isolatori siano posizionati ad interdistanza massima di 120 cm, affinché la sbarra sopporti gli sforzi elettrodinamici della corrente di cortocircuito (CEI 11-1 art.3.1.4.1).

4.9 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

La protezione dai contatti indiretti deve essere attuata mediante la messa a terra delle masse metalliche dell'impianto ed il coordinamento della resistenza di terra con il valore delle correnti di guasto AT/MT (norma CEI 11-1 fig.9.1).

Gli impianti di terra devono essere progettati in modo da soddisfare le seguenti prescrizioni:

- avere sufficienti resistenza meccanica e resistenza alla corrosione;
- essere in grado di sopportare, da un punto di vista termico, le più elevate correnti di guasto prevedibili sulla rete AT/MT;
- evitare danni a componenti elettrici ed a beni;

- garantire la sicurezza delle persone contro le tensioni che si manifestano sugli impianti di terra per effetto delle correnti di guasto a terra.

I parametri da prendere in considerazione nel dimensionamento degli impianti di terra sono quindi:

- valore della corrente di guasto a terra sulla rete AT/MT;
- valore della corrente di doppio guasto a terra sulla rete AT/MT;
- durata del guasto a terra;
- caratteristiche del terreno.

La tensione di contatto U_t (CEI 11-1 art.2.7.13.3) è la tensione a cui è soggetta la persona tra mano e piedi, in un contatto indiretto.

Convenzionalmente si assume una resistenza del corpo umano $R_b=1.000$ Ohm.

La norma CEI 11-1 (fig.9.1) ed attuale CEI 99-3 stabilisce il valore della tensione di contatto ammissibile U_{TP} in relazione al tempo di intervento delle protezioni t_F .

Un impianto di terra è ritenuto idoneo se la tensione di contatto non supera la U_{TP} e la tensione di passo non supera $3 U_{TP}$.

Se la tensione totale di terra $U_E = R_E \times I_F$ è $U_E \leq U_{TP}$ l'impianto di terra garantisce senz'altro la sicurezza essendo $U_{TP} \leq U_E$. In altre parole, è sufficiente che la resistenza di terra soddisfi la condizione:

$$R_E \leq U_{TP} / I_F.$$

Nei confronti di un guasto monofase a terra, oltre alla protezione omopolare 51N occorre anche una protezione direzionale di terra 67N (DK5600 art.6.2.2) se nell'impianto si verifica una delle condizioni seguenti:

- linee aeree MT di utente in conduttori nudi di qualunque lunghezza;
- trasformatori ubicati in più locali;
- i cavi MT di utente hanno una lunghezza complessiva ≥ 500 m.

Il dispersore deve avere le caratteristiche indicate nell'allegato A alla norma CEI 11-1 e deve essere realizzato con materiali e dimensioni tali da resistere alle sollecitazioni sopra menzionate.

Il dimensionamento dei conduttori di terra (CT) lato MT deve essere effettuato in base alla corrente di doppio guasto a terra lato MT verificando la condizione:

$$S_{CT} \geq \sqrt{I^2 t} / K$$

Dove "I" è la corrente doppio guasto a terra lato MT, "t" è il tempo di intervento delle protezioni, "K" = 228 per il rame nudo.

Il dimensionamento dei conduttori di protezione (PE) lato BT o si effettua rispettando la condizione della norma CEI 64-8 con sezione del conduttore pari alla metà della sezione di fase oppure verificando la condizione:

$$S_{PE} \geq \sqrt{I^2 t} / K$$

Dove "I" è la corrente doppio guasto a terra lato MT, "t" è il tempo di intervento delle protezioni, "K" = 228 per il rame nudo.

Tutte le masse e le masse estranee devono essere messe a terra mediante idonei conduttori di materiale e sezione tale da resistere alle sollecitazioni sopra menzionate.

4.10 SEZIONAMENTO DEI CIRCUITI

Devono essere previsti dispositivi per mezzo dei quali l'impianto completo o parti di esso possano essere sezionati in relazione alle esigenze di esercizio.

Ogni parte dell'impianto, che può essere sezionata dalle altre parti del sistema, deve essere realizzata in modo da poterne eseguire la messa a terra e in cortocircuito.

4.11 INTERBLOCCHI DI SICUREZZA

La protezione può essere attuata per mezzo di:

- interruttori di manovra al posto di sezionatori;
- sezionatori di terra con potere di stabilimento;
- dispositivi di interblocco;
- interblocchi con chiavi non intercambiabili.

Secondo la norma CEI 17-6 art.5.106 gli interblocchi possono avere due compiti:

- interdire l'accesso alle parti in tensione;
- impedire le manovre errate.

È consigliato l'interblocco di accesso al box del trasformatore e, nel caso di trasformatori in parallelo, il trascinarsi di apertura fra interruttore primario MT e interruttore secondario BT.

5. MISURE DI PROTEZIONE IMPIANTI BT

5.1 MISURE DI PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI

La protezione dei conduttori dagli effetti dannosi causati dalle sovracorrenti è garantita da dispositivi automatici in grado di interrompere le correnti di sovraccarico fino al cortocircuito.

I dispositivi previsti sono:

- interruttori automatici provvisti di sganciatori di sovracorrente del tipo elettronico per taglie sopra i 160A a norme CEI 17-5;
- interruttori automatici scatolati provvisti di sganciatori di sovracorrente del tipo magnetotermico per taglie da 100A a 160A a norme CEI 17-5;

- interruttori automatici modulari provvisti di sganciatori di sovracorrente del tipo magnetotermico per taglie da 5A a 60A a norme CEI 17-5/23-3;
- interruttori modulari combinati con fusibili gL (CEI 32-1) per la protezione dei circuiti voltmetrici e dei circuiti di segnalazione sui quadri elettrici.

Le caratteristiche corrente/tempo di intervento dei dispositivi di protezione sono le seguenti:

- curve di intervento selezionabili per i dispositivi con sganciatori elettronici;
- curva di intervento "C" ($I_{magnetica} = 5 \div 10 \times I_{nominale}$) per i dispositivi con sganciatori magnetotermici utilizzati su circuiti derivati;
- curva di intervento "D" ($I_{magnetica} = 10 \div 15 \times I_{nominale}$) per i dispositivi con sganciatori magnetotermici utilizzati su circuiti primari di trasformatori;
- curva di intervento "B" ($I_{magnetica} = 3 \div 5 \times I_{nominale}$) per i dispositivi con sganciatori magnetotermici utilizzati su circuiti derivati da gruppi elettrogeni o gruppi soccorritori a batterie.
- Interruttori magnetotermici previsti con funzione "G" (guasto a terra) per interruttori di taglia superiore a 400A;
- Interruttori previsti con relè differenziale per interruttori di taglia inferiore a 400A.

5.2 PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI SOVRACCARICO

Utilizzando opportunamente dispositivi automatici a norme CEI 17-5/23-3, fusibili a norme CEI 32-1, risulta assicurata la condizione prescritta dalla norma CEI 64-8:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1.45 \cdot I_z$$

Dove:

I_B = corrente di impiego del circuito

I_z = portata in regime permanente della conduttura (sez. 523 CEI 64-8)

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 effettive.

La protezione dai sovraccarichi è svolta materialmente da:

- dispositivo a tempo dipendente selezionabile degli sganciatori elettronici;
- dispositivo a tempo dipendente termico degli sganciatori magnetotermici;
- elemento termico a fusione dei fusibili.

5.3 PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI SOVRACCARICO

Il potere di interruzione dei dispositivi scelti è superiore alla corrente di corto circuito presunta nei vari punti di installazione.

I dispositivi automatici a norme CEI 17-5/23-3 ed i fusibili a norme CEI 32-1 sono stati scelti in modo tale da assicurare la condizione:

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

dove:

t = durata in secondi

S = sezione in mm².

I = corrente effettiva di corto circuito in Ampere, espressa in valore efficace

K = 115 per i conduttori in rame isolati in PVC

135 per i conduttori in rame isolati con gomma ordinaria o butilica

136 per i conduttori in rame isolati con gomma EPR o XPRE

In ogni caso la max energia sopportata dai cavi $K^2 \cdot S^2$ è superiore al valore di energia specifica $I^2 \cdot t$ indicata dal costruttore come quella lasciata passare dal dispositivo di protezione.

I dispositivi di protezione previsti sono in grado di assolvere sia la protezione da sovraccarico sia la protezione da corto circuito in quanto rispettano le due condizioni dettate dalla norma CEI 64-8 sez. 435-1 e precisamente:

- protezione assicurata contro i sovraccarichi;
- potere di interruzione non inferiore al valore della corrente di corto circuito presunta.

La protezione specifica dai cortocircuiti è svolta da:

- dispositivo a tempo indipendente selezionabile degli sganciatori elettronici;
- dispositivo a tempo indipendente elettromagnetico degli sganciatori magnetotermici;
- elemento termico a fusione dei fusibili.

5.4 PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI SOVRACCARICO

La protezione dai contatti diretti è garantita dalle misure richieste nella norma CEI 64-8 sez. 412, e precisamente:

- isolamento delle parti attive proporzionato alla tensione di esercizio del sistema e tale da resistere alle influenze meccaniche, chimiche, elettriche e termiche alle quali può essere soggetto;
- isolamento dei componenti elettrici costruiti in fabbrica conforme alle relative norme;
- parti attive poste entro involucri con grado minimo di protezione IP2X o IPXXB;
- superfici superiori degli involucri a portata di mano con grado minimo di protezione IP4X o IPXXD;
- apertura degli involucri possibile solo con uso di una chiave o attrezzo;
- utilizzo di interruttori blocco porta che permettano l'apertura della porta dopo aver disattivato le parti elettriche e la riattivazione delle stesse solo a porta chiusa.

Gli involucri di apparecchiature costruite in fabbrica devono essere conformi alle relative norme.

In generale gli involucri devono essere saldamente fissati, resistenti alle sollecitazioni previste e se metallici garantire le distanze d'isolamento.

I sistemi di sicurezza previsti si possono così riassumere:

- utilizzo di involucri per apparecchiature e quadri elettrici con grado minimo di protezione IP40;
- utilizzo di pannelli a vite e porte sottochiave per i quadri elettrici;
- utilizzo di conduttori con isolamento $U_o/U = 450/750V$ per posa in tubazioni isolanti o metalliche collegate al PE;
- utilizzo di conduttori con isolamento $U_o/U = 450/750V$ per posa in canalizzazioni isolanti o metalliche collegate al PE;
- utilizzo di conduttori con isolamento $U_o/U = 450/750V$ per posa in quadri elettrici a norme CEI;
- utilizzo di conduttori con isolamento $U_o/U = 600/1000V$ in canalizzazioni isolanti o metalliche;
- utilizzo di conduttori con isolamento $U_o/U = 600/1000V$ per posa interrata od in vista;
- utilizzo di morsetti isolati con $V_i = 500V$ e grado di protezione IP20 in quadri elettrici e cassette di derivazione;
- utilizzo di cassette isolanti per derivazione con coperchio a vite e grado minimo di protezione IP40;
- utilizzo di cassette metalliche per derivazione con coperchio a vite, grado minimo di protezione IP40 e collegate al PE;
- utilizzo di apparecchiature isolate $V_i = 500V$ e grado di protezione IP20 in quadri elettrici;
- utilizzo di componenti isolati $V_i = 500V$ e grado di protezione IP40.

5.5 PROTEZIONE DA CONTATTI INDIRETTI

Le misure di protezione adottate contro i contatti indiretti sono quelle previste dalla norma CEI 64-8 per i vari sistemi di stato del neutro.

Sistema TN-S

Nei sistemi TN-S tutte le masse dell'impianto saranno collegate al punto di messa a terra del sistema di alimentazione in corrispondenza od in prossimità del trasformatore. Il punto di messa a terra del sistema di alimentazione nel nostro caso è il punto neutro.

Le caratteristiche dei dispositivi di protezione sono tali che, in caso di guasto l'interruzione automatica dell'alimentazione avvenga entro i tempi stabiliti dalle norme soddisfacendo la seguente condizione:

$$Z_s \times I_a \leq U_o$$

Dove:

Z_s è l'impedenza dell'anello di guasto;

I_a è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione entro il tempo definito dalle norme (nel caso di interruttore differenziale I_a è la corrente differenziale nominale I_{dn}) in funzione della tensione nominale U_o ;

U_0 è la tensione nominale in c.a., valore efficace tra fase e terra.

- Per $U_0=230V$ intervento entro $t=0,4$ s

- Per $U_0=400V$ intervento entro $t=0,2$ s

Tempi di interruzione convenzionali non superiori a 5 secondi sono ammessi per i circuiti di distribuzione.

Prescrizioni Comuni

Saranno collegate al circuito generale di terra tutte le masse metalliche degli utilizzatori e tutte le masse attualmente non identificabili ma comunque da collegare a terra in quanto soggette ad andare, a causa di un guasto, sottotensione (ad esempio passerelle metalliche a pavimento impiegate per la posa dei cavi).

Il fissaggio del conduttore di terra alle suddette masse metalliche, sarà realizzato a mezzo di collari fissa tubo, con morsetti, capicorda ad occhiello o viti autofilettanti da fissare sulla massa metallica in modo tale da impedirne l'allentamento.

Le giunzioni tra i vari elementi di protezione, se necessarie, saranno realizzate con idonei morsetti (ad esempio morsetti a mantello) o con saldatura forte in alluminiotermica e saranno ridotte al minimo indispensabile.

Tutte le linee in origine dai quadri elettrici saranno dotate di un proprio conduttore di terra facente capo ad un equipotenziale previsto all'interno del quadro stesso.

Per ragioni di selettività si possono utilizzare dispositivi di protezione a corrente differenziale del tipo S (vedere norma CEI 23-42, 23-44 e 17-5V1) in serie con dispositivi differenziali istantanei solo nei circuiti di distribuzione principali.

I differenziali a ritardo regolabile sono utilizzabili sui circuiti di distribuzione principale ed in presenza di personale addestrato (non sono ammessi negli impianti per uso domestico e similare). In ogni caso il massimo ritardo ammesso nei sistemi TT è di 1s.

5.6 PROTEZIONE DA CONTATTI INDIRETTI

I componenti elettrici non devono costituire pericolo di innesco o di propagazione di incendio per i materiali adiacenti e quindi devono essere conformi alle relative norme costruttive o, dove mancanti, alla sezione 422 della norma CEI 64-8.

I pericoli che derivano dalla propagazione di un eventuale incendio devono essere limitati mediante la realizzazione di barriere tagliafiamma REI 120 sulle condutture che attraversano solai o pareti di delimitazione dei compartimenti antincendio.

Le parti accessibili dei componenti elettrici a portata di mano non devono raggiungere temperature tali che possano causare ustioni alle persone oppure essere protette in modo da evitare il contatto accidentale come indicato alla sezione 423 della norma CEI 64-8.

Gli involucri, quadri o cassette contenenti componenti elettrici devono garantire la dissipazione del calore prodotto al fine di limitare le temperature al livello ammesso per il buon funzionamento.

In alternativa è ammesso l'utilizzo di aspiratori o ventilatori comandati da termostato.

I sistemi di riscaldamento ad aria forzata devono essere dotati di dispositivi di limitazione della temperatura come descritto alla sezione 424 della norma CEI 64-8.

Gli apparecchi utilizzatori che producono acqua calda o vapore devono essere protetti contro i surriscaldamenti in tutte le condizioni di servizio come descritto alla sezione 424 della norma CEI 64-8.

5.7 PROTEZIONE DA CONTATTI INDIRETTI

Sul lato Alta Tensione, l'impianto sarà sezionabile in più punti mediante dispositivi onnipolari costituiti dagli stessi interruttori utilizzati per il comando e la protezione delle linee. In particolare, sul lato utente della Cabina di Trasformazione e Consegna, abbiamo un interruttore tripolare 150kV in corrispondenza di ciascun trasformatore, mentre sulle sbarre 150 kV abbiamo il sezionatore tripolare verticale e l'interruttore tripolare.

Sul lato Media Tensione, l'impianto sarà sezionabile in più punti mediante dispositivi onnipolari costituiti dagli stessi interruttori utilizzati per il comando e la protezione delle linee (Cabina Raccolta Energia, ingresso Quadro MT di Cabina, partenze per l'alimentazione MT dei trasformatori).

Per il sezionamento dell'impianto di distribuzione in BT potranno essere impiegati tutti i dispositivi onnipolari di protezione e comando posti nei vari quadri elettrici a partire dagli interruttori generali BT di Cabina (posti a valle dell'uscita secondaria dei trasformatori) per arrivare infine a tutti gli interruttori generali di quadro o agli interruttori divisionali per l'alimentazione dei circuiti terminali destinati alle varie utenze. Sul lato cc l'impianto sarà sezionabile in più punti mediante dispositivi onnipolari, installati sul quadro di campo, costituiti dagli stessi interruttori utilizzati per il comando e la protezione dai circuiti.

6. VERIFICA COORDINAMENTO CAMPO FTV

Il dimensionamento dei conduttori è stato eseguito tenendo presente la corrente di impiego I_b ed imponendo una caduta di tensione totale massima dell'1%. Tale dimensionamento tiene inoltre conto del coordinamento tra caratteristiche della linea e degli interruttori per la protezione delle condutture contro il sovraccarico e il cortocircuito; a tale scopo sono state considerate anche la I_n e la caratteristica I^2t dell'interruttore posto a monte per la protezione di ogni linea.

6.1 VERIFICA COORDINAMENTO CONTRO IL SOVRACCARICO

Per ogni linea elettrica, sia in corrente continua che in corrente alternata, sono state verificate le seguenti relazioni:

$$I_b \leq I_N \leq I_Z \qquad I_f \leq 1,45 \cdot I_Z$$

dove:

I_b è la corrente d'impiego per il conduttore di fase (F) o di neutro (N);

I_N è la corrente nominale dell'interruttore di protezione della linea;

I_Z è la portata del conduttore di fase (F) o di neutro (N);

I_f è la corrente minima di funzionamento dell'interruttore,

$I_f = 1,13 \cdot I_N$ per gli interruttori automatici;

$I_f = (1,6 \div 2) \cdot I_N$ per i fusibili.

6.1.1 Verifica linee di alimentazione dei moduli fotovoltaici

Per l'alimentazione dei moduli fotovoltaici è stato utilizzato il cavo FG21M21 1500 Vcc di formazione $2 \times 6 \text{ mm}^2$, ovvero $2 \times 10 \text{ mm}^2$ nel caso in cui la stringa dovesse essere più lontana di 50 m dal quadro di parallelo. Con il cavo in dotazione dei singoli pannelli sono state realizzate le stringhe (fino a dove consentito per la uniformità del numero di moduli in serie) mentre con l'FG21M21 si è effettuato il collegamento delle stringhe lontane e i relativi quadri di parallelo necessari. Giacché il numero dei moduli che formano le stringhe varia a seconda delle particolarità costruttive degli ingressi (lato DC) dei rispettivi "inverter", si riporta, a titolo esemplificativo, il dimensionamento elettrico afferente al caso più restrittivo, vale a dire nella conformazione di stringhe con 26 moduli in serie e numero di stringhe in parallelo pari a 9.

Il valore della corrente d'impiego è stato calcolato dalla formula seguente:

$$P = U \cdot I_b \Rightarrow I_b = \frac{P}{U} \quad (\text{per la corrente continua})$$

essendo:

I_b la corrente d'impiego;

U la tensione di stringa;

P la potenza relativa ad una stringa.

quindi: $I_b = 822.6 = 13.46 \text{ A}$

La portata del cavo FG21M21, per la sezione di 6 mm^2 è pari a 70 A (a 60°C), mentre per la protezione della linea di che trattasi è stato utilizzato un fusibile con portata 16 A, quindi:

$$I_b \leq I_N \leq I_Z \Leftrightarrow 13.46 \leq 16 \leq 70 \qquad I_f \leq 1,45 \cdot I_Z \Leftrightarrow 2 \cdot 16 \leq 1,45 \cdot 70$$

entrambe le relazioni sono verificate.

Per l'impianto fotovoltaico in oggetto di studio, facendo ricorso ad inverter SMA MW Power Station con 16/18 ingressi e massima tensione di ingresso in MMP pari a 850 Vdc, il massimo numero di moduli in serie per stringa è pari a 18, pertanto

$$I_b = \frac{11.070}{822.6} = 13.46 \text{ A}$$

Giacché saranno utilizzati cavi FG21M21 con sezione pari a 6mm², le relazioni di coordinamento rimangono verificate.

6.1.2 Verifica linee di collegamento tra string comb e inverter

Per il collegamento elettrico tra quadro di parallelo in DC (i.e. string comb) e convertitore statico è stato utilizzato il cavo FG7R 0,6/1 kV di formazione 2x1x120 mm². La verifica è stata eseguita, come sopra anticipato, per un singolo ingresso con 9 stringhe.

Il valore della corrente d'impiego è stato calcolato dalla formula seguente:

$$P_2 = U \cdot I_{b2} \Rightarrow I_{b2} = \frac{P_2}{U} \quad (\text{per la corrente continua})$$

essendo:

I_{b2} la corrente d'impiego;

U la tensione di stringa;

P_2 la potenza relativa a n. 09 stringhe collegate in parallelo.

quindi:

$$I_{b2} = \frac{77.490}{822.6} = 94.2 \text{ A}$$

La portata del cavo FG7R 0,6/1 kV, per la sezione di 1x120 mm², in posa interrata a 20°C e resistività termica terreno di 1.5 k*m/W, è pari a 251 A, mentre per la protezione della linea di che trattasi è stato utilizzato un fusibile, interno all'inverter, con portata 160 A, quindi:

$$I_{b2} \leq I_N \leq I_Z \Leftrightarrow 95 \leq 160 \leq 251$$

$$I_f \leq 1,45 \cdot I_Z \Leftrightarrow 2 \cdot 160 \leq 1,45 \cdot 251$$

entrambe le relazioni sono verificate.

6.1.3 Verifica collegamento cabina di conversione/cabina di trasformazione

Per il collegamento elettrico tra la cabina di conversione statica e la cabina di trasformazione (elevazione 0.65/30kV) sono stati utilizzati i cavi FG16R all'uscita di ogni inverter, di varia formazione; al fine di verificarne il coordinamento si fa riferimento alla condizione più restrittiva rappresentata dai sottocampi con impiego di inverter da 4.000 kVA, tensione in uscita regolata a 0.65 kV. La verifica è stata eseguita per una singola linea con formazione tipo 6//(3x1x240 mm²) essendo tutte le altre analoghe.

Il valore della corrente d'impiego è stato calcolato dalla formula seguente:

$$P = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_b \cdot \cos \phi \Rightarrow I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \phi} \quad (\text{per la corrente alternata trifase})$$

essendo:

I_b la corrente d'impiego;

U_n la tensione di stringa;

P la potenza all'uscita dell'inverter.

quindi:

$$I_b = \frac{4.000.000}{\sqrt{3} \cdot 650 \cdot 0,99} = 3.590 \text{ A}$$

La portata del cavo FG16R 0,6/1kV, per la sezione di 6x1x630 mm² è pari a 3.980 A, mentre per la protezione della linea di che trattasi è stato utilizzato l'interruttore magnetotermico interno all'inverter. La configurazione dell'impianto fotovoltaico di San Michele Salentino prevede anche inverter da 1.000 e 2.000 kVA; la corrente di impiego I_b è pari a 890 e 1.800 A pertanto solo per l'inverter da 1.000 sarà utilizzata una formazione meno restrittiva pari a 3x1x240mm² mentre per il secondo una formazione 4//(1x400mm²).

6.1.4 Verifica collegamento tra cabina di trasformazione/cabina di consegna

Per il collegamento elettrico tra la cabina di trasformazione (in campo) e la cabina di consegna (allocata lungo la perimetrale esterna del campo fotovoltaico e dalla quale si deriva il vettoriamento verso la immissione in rete) sono stati utilizzati i cavi ARE4H1RX 18/30kV all'uscita di ogni trasformatore, di formazione minima pari 3x1x50 mm².

La verifica di seguito rappresentata afferisce al caso più restrittivo in cui si ipotizza la presenza di un trasformatore elevatore BT/MT da 4.0 MVA a valle di 1 inverter da 4.000 kVA.

Il valore della corrente d'impiego è stato calcolato dalla formula seguente:

$$P = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_b \cdot \cos \phi \Rightarrow I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \phi} \quad (\text{per la corrente alternata trifase})$$

essendo:

I_b la corrente d'impiego;

U_n la tensione di stringa;

P la potenza relativa al trasformatore di potenza

quindi:

$$I_b = \frac{4.000.000}{\sqrt{3} \cdot 30.000} \approx 77 \text{ A}$$

Già per una sezione di 50 mm² la portata del cavo ARE4H1RX 18/30kV, in posa interrata, è pari a 216 A; vista la distanza di collegamento più restrittiva pari a circa 500 m, al fine di contenere la

caduta di tensione entro l'1%, si ritiene plausibile utilizzare la sezione di 95 mm², mentre per la protezione della linea di che trattasi si ricorre al dispositivo ad intervento automatico in MT con corrente massima pari a 630 A, regolata a 100 A, quindi:

$$I_b \leq I_R \leq I_Z \Leftrightarrow 77 \leq 100 \leq 216A$$

$$I_f \leq 1,45 \cdot I_Z \Leftrightarrow 1,13 \cdot 100 \leq 1,45 \cdot 216A$$

entrambe le relazioni sono verificate.

6.2 VERIFICA COORDINAMENTO CONTRO IL CORTOCIRCUITO

Per ogni linea sono verificate le relazioni seguenti:

$$I^2 t^{(1)} \leq K_f^2 S_f^2 \quad I^2 t^{(2)} \leq K_n^2 S_n^2 \quad I_{cn} \geq I_{ccmax}$$

essendo:

$I^2 t$ l'energia specifica lasciata passare dall'interruttore per:

- (1) su sganciatore di fase alla corrente di c.to c.to massima (trifase) ai morsetti;
- (2) su sganciatore adibito a protezione del neutro alla c.te di c.to c.to fase-neutro ai morsetti.

K coefficiente che tiene conto del tipo di materiale del conduttore e del tipo del suo isolante, per il conduttore di fase (f) o di neutro (n);

S la sezione del conduttore di fase (f), neutro (n);

I_{cn} il potere di interruzione nominale del dispositivo di protezione;

I_{cc} la corrente di corto circuito massima sulla linea (trifase ai morsetti per sistemi trifase e fase neutro ai morsetti per i sistemi monofase).

Per quanto indicato nei due punti precedenti, visto le sez. 433, 434 e l'art. 533.3 della norma CEI 64-8, tutte le linee risultano adeguatamente protette contro le sovracorrenti.

7. VERIFICA CADUTA DI TENSIONE LUNGO LE LINEE

La caduta di tensione su ogni linea risulta essere inferiore al 1%.

La relazione per tale verifica è:

$$\Delta U = k \cdot I_b \cdot L \cdot (r_L \cdot \cos \phi + x_L \cdot \sin \phi)$$

dove:

k è uguale a 2 se monofase e $\sqrt{3}$ se trifase;

I_b è la corrente d'impiego [A];

L è la lunghezza della linea [km];

r_L è la resistenza unitaria [Ω/km];

x_L è la reattanza unitaria [Ω/km];

$\cos \phi$ è il fattore di potenza del carico.

Per la verifica della caduta di tensione percentuale si è adottata la seguente relazione:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100$$

7.1 LINEA DI ALIMENTAZIONE DEI MODULI FOTOVOLTAICI

La verifica della caduta di tensione sulle linee che vanno dalle stringhe ai quadri stringcomb, è stata fatta considerando la linea più lunga. In questo modo, se la relazione della c.d.t. è verificata per questa linea, tale condizione diventa necessaria e sufficiente per la verifica sulle altre linee di collegamento delle stringhe allo stesso quadro.

Il valore della corrente d'impiego I_b è così determinato:

$$I_b = \frac{P}{U} = \frac{11.070}{822.6} = 13.46 \text{ A}$$

essendo:

I_b la corrente d'impiego;

U la tensione di stringa;

P la potenza relativa ad una stringa.

Per quanto riguarda la struttura collegata con il cavo di sezione pari a 6 mm^2 , la distanza massima della stringa più lontana dal quadro di campo è pari a circa 45 m, mentre i parametri del cavo sono:

$$r_L = 3,39. [\Omega/km] \quad x_L = 0$$

$$\text{quindi:} \quad \Delta U = 2 \cdot 13.46 \cdot 0,1 \cdot 3,39 = 9.12 \text{ V} \quad \Delta U\% = \frac{9.12}{822.6} \cdot 100 = 1,10 \%$$

Per strutture con distanza compresa tra i 100 e i 200 m si utilizzeranno cavi di sezione pari a 10 mm^2 :

$$r_L = 1,95. [\Omega/km] \quad x_L = 0$$

$$\text{quindi:} \quad \Delta U = 2 \cdot 13.46 \cdot 0,2 \cdot 1,95 = 10.49 \text{ V} \quad \Delta U\% = \frac{10.49}{822.6} \cdot 100 = 1,27 \%$$

7.2 LINEA DI COLLEGAMENTO TRA QUADRI DI CAMPO (STRINGCOMB) E INVERTER

La caduta di tensione sulle linee che vanno dai quadri parallelo in DC (Stringcomb) all'inverter è fatta considerando un valore inferiore a 0,5% così che la somma con quelle derivanti dal tratto vela fotovoltaica-stringcomb sia minore del 1%.

Il valore della corrente d'impiego I_b è così determinato:

$$I_{b2} = \frac{77.490}{822.6} = 94.2 \text{ A}$$

essendo:

- I_b la corrente d'impiego;
- U la tensione di stringa;
- P la potenza relativa a n. 7 stringhe collegate in parallelo.

I parametri del cavo sono:

$$r_L = 0,0801[\Omega/km] \quad x_L = 0$$

Quindi, per un valore di lunghezza della linea pari a 100 m si avrà:

$$\Delta U = 2 \cdot 94,2 \cdot 0,1 \cdot 0,161 = 3,03 \text{ V} \quad \Delta U\% = \frac{3,03}{822,6} \cdot 100 = 0,36 \%$$

Si deduce che per valori di lunghezza delle linee che collegano i quadri di parallelo di campo con l'inverter inferiori a 100 m, la caduta di tensione totale sul lato in corrente continua risulta inferiore al 1%.

7.3 LINEA DI COLLEGAMENTO TRA CABINA DI TRASFORMAZIONE E CABINA DI DISTRIBUZIONE

La verifica della caduta di tensione sulle linee che vanno dalla cabina di trasformazione alla cabina di distribuzione è stata fatta considerando un percorso lungo 500 m. Inoltre ci si è posti nella condizione ordinaria, ovvero di una cabina con un inverter. In questo modo, se la relazione della c.d.t. è verificata per questa linea, tale condizione diventa sufficiente per tutte le altre linee di collegamento tra la cabina di trasformazione e la cabina di ricezione.

Il valore della corrente d'impiego I_b è così determinato:

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{4.000.000}{\sqrt{3} \cdot 30.000} = 77 \text{ A}$$

essendo:

- I_b la corrente d'impiego;
- U la tensione di stringa;
- P la potenza nominale del trasformatore.

La lunghezza della linea è pari a 500 m, mentre i parametri del cavo sono:

$$r_L = 0,4[\Omega/km] \quad x_L = 0$$

quindi: $\Delta U = \sqrt{3} \cdot 77 \cdot 0,5 \cdot 0,4 = 26,66 \text{ V} \quad \Delta U\% = \frac{26,66}{30.000} \cdot 100 = 0,088 \%$

7.4 LINEA DI COLLEGAMENTO TRA CABINA DI CONSEGNA E C. PRIMARIA (AT)

La verifica della caduta di tensione sul percorso di collegamento tra il campo fotovoltaico e la Cabina Primaria/Stazione di Utente condivisa è stata fatta considerando un percorso lungo 8.500 m. Il valore della corrente d'impiego I_b è così determinato:

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{24.038.040}{\sqrt{3} \cdot 30.000} = 463,20 \text{ A}$$

essendo:

I_b la corrente d'impiego;

U la tensione di stringa;

P la potenza nominale di immissione in RTN.

La lunghezza della linea è pari a 8.500 m, mentre i parametri del cavo ARG7H1RNR in formazione singola $3 \times 1 \times 630 \text{ mm}^2$, sono (considerando la resistenza massima in CA a 90°C):

$$r_L = 0,064. [\Omega/\text{km}] \quad x_L \approx 0$$

quindi: $\Delta U = \sqrt{3} \cdot 463,20 \cdot 8,5 \cdot 0,064 = 515,37 \text{ V}$ $\Delta U\% = \frac{515,37}{30.000} \cdot 100 = 1,71 \%$

pertanto, in formazione di doppia terna la caduta di tensione massima risulta pari a 0.85 %, inferiore all'1%.

8. VERIFICA GENERALE SUI FLUSSI DI POTENZA

8.1 QUADRI PARALLELO IN DC

Per raggruppare le stringhe del campo fotovoltaico sono stati usati stringcomb, ossia raccoglitori di stringhe fino a n. 09 ingressi in CC e una uscita CC.

Ogni ingresso del singolo string box è costituito da un fusibile da 16 A. La massima corrente che generalmente può transitare attraverso tale raccoglitore è pari a 12,88 A. La corrente all'uscita dei quadri parallelo con il numero massimo di stringhe è pari a 115 A e quindi inferiore ai 160 A ossia al valore massimo consentito da questo dispositivo.

8.2 CABINA DI CONVERSIONE E TRASFORMAZIONE (DG 2061)

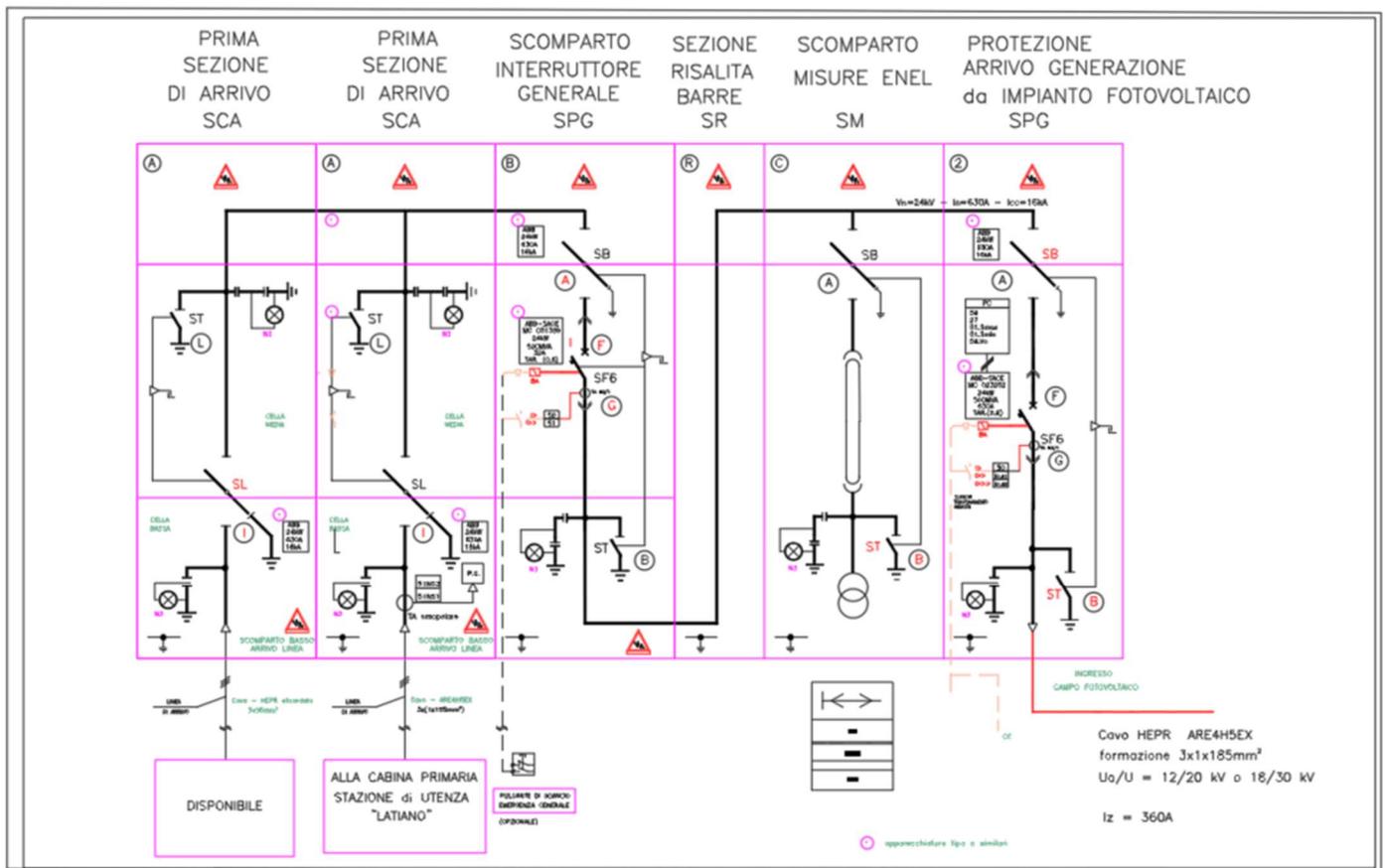
Nei sottocampi fotovoltaici sono presenti cabine di conversione e cabine di trasformazione.

All'interno delle prime sono contenuti i convertitori statici; ogni sottocampo fotovoltaico ha una propria potenza energetica (così come rappresentato nella tabella di pag. 9), e gli inverter in oggetto di studio dispongono di dispositivi di protezione per potenze entranti superiori al 10% della potenza nominale; gli stessi sono, inoltre, configurati con doppio ingresso di MPP indipendente.

Nelle cabine di trasformazione, invece, vi sono i trasformatori più gli interruttori di manovra MT. I trasformatori hanno potenza corrispondente alla potenza dei convertitori statici.

8.3 CABINA DI DISTRIBUZIONE/CONSEGNA MT (DG 2092)

La cabina di distribuzione MT è stata dimensionata in modo tale da poter ricevere le linee in MT provenienti dalle cabine di trasformazione interne al campo. La corrente elettrica su ognuna delle linee MT dipende dal numero dei moduli in asservimento al relativo sottocampo nonché dal numero di inverter e trasformatore di elevazione a valle di esso. All'interno della cabina di consegna saranno installate le protezioni di media tensione, in celle prefabbricate con dispositivi in SF6 e corrente nominale pari a 630 A (regolabile), afferenti alle linee dei sottocampi nonché il controllo e la protezione della condotta di collegamento alla stazione di Utenza, distante circa 8.5 km da essa.



Cabina di consegna DG 2092 (partenza cavidotto per immissione in RTN)

8.4 CABINA PRIMARIA/STAZIONE di UTENZA in AT

8.4.1 GENERALITA'

La Stazione di Utenza (Cabina Primaria) sarà realizzata allo scopo di collegare alla rete di trasmissione nazionale RTN a 150kV (di attuale gestione Terna) l'impianto fotovoltaico "Archi Vecchi" di San Michele Salentino.

I componenti elettrici principali della SSE Utente sono:

- il quadro MT (in esecuzione indoor);
- il trasformatore MT/AT – 30/150 kV con potenza apparente di 25÷30 MVA;
- le apparecchiature, componenti elettromeccanici in AT, di protezione, controllo, misura, ecc., installate in esterno alla SSE.

Il sito che ospiterà la nuova stazione elettrica si trova nelle vicinanze della Strada provinciale SP46 ed occuperà una porzione della Particella n° 10 del Foglio Catastale n° 9 del Comune di Latiano, per un'area complessiva di circa 2.000 m².

8.4.2 QUADRO MT

Sarà installato in apposito locale nell'ambito dell'edificio facente parte della SSE Utente e si compone di:

- interruttore Linea 1 – dal Campo Fotovoltaico “Archi Vecchi” di San Michele S.no;
- interruttore Linea 2 –dal Campo Fotovoltaico 2 (previsione ampliamento di potenza);
- interruttore Linea 3 –dal Campo Fotovoltaico 3 (previsione ampliamento di potenza);
- protezione trasformatore TSA “Servizi Ausiliari”;
- interruttore generale, con protezione SPG e SPI;
- sezione di partenza per ATR “trasformatore da 25÷30 MVA elevatore a 150 kV;
- scomparti misure/ TV sbarra.

Si tratta di un quadro MT 36 kV di tipo protetto a 7 scomparti (più sezione dedicata al rifasamento di linea e risalita sbarre). Per quanto riguarda il trasformatore dei Servizi Ausiliari (SA) è prevista l'installazione di un trasformatore da 150 kVA.

Il quadro sarà in esecuzione da interno, di tipo protetto, realizzato in lamiera d'acciaio con spessore minimo 2 mm, saldata, ripiegata e rinforzata opportunamente, sarà completo di sbarre principali e di derivazione dimensionate secondo i carichi e le correnti di corto circuito.

Ciascuno scomparto sarà composto dalle seguenti celle segregate tra loro:

- cella interruttore MT, allacciamento cavi e sezionatore di terra con porta esterna di accesso cernierata;
- cella sbarre omnibus (comune per tutto il quadro);
- cella per circuiti ausiliari BT con porta esterna di accesso cernierata.

Nei quadri saranno inseriti tutti gli interblocchi necessari per prevenire errate manovre, che possano compromettere l'efficienza delle apparecchiature e la sicurezza del personale addetto all'esercizio dell'impianto.

A valle del trasformatore ausiliario sarà installato un quadro BT utilizzato per l'alimentazione di tutte le utenze BT della SSE Utente.

Dati tecnici generali:

Tipo Unigear	Standard
Versione	Completa
Massima tensione di esercizio	36kV
Tensione di tenuta a frequenza industriale	50kV eff
Tensione di tenuta sovratensioni atmosferiche	125kV picco
Tensione di esercizio	30kV
Frequenza nominale	50Hz
Corrente nominale di corto circuito	25 kA eff
Durata nominale corto circuito	1s
Corrente di picco	50kA picco
Corrente di tenuta ad arco interno (IEC 62271-200 annex A)	25kA rms
Durata arco interno	1s

8.4.3 APPARECCHIATURE in AT

Le apparecchiature AT saranno collegate tra di loro tramite conduttori rigidi o flessibili in alluminio. La connessione tra la Stazione di Utenza condivisa e la S. E. di trasformazione 380/150 kV "Latiano" avverrà tramite linea interrata AT, con cavo ad isolamento in propilene reticolato XLPE a 150 kV, della lunghezza di circa 150 m, in trincea di profondità 1,7 m e larghezza 1 m.

Sul lato utente, afferente alla pertinenza del singolo produttore, saranno installate le seguenti apparecchiature:

1. Sezionatore a doppia apertura con lame di terra
2. Trasformatori di tensione induttivi – n. 3
3. Interruttore tripolare in SF6
4. Trasformatori di corrente in SF6 (TA di misura e protezione) – n. 3
5. Scaricatori di tensione – n. 6

Per tutte le apparecchiature AT saranno considerati i seguenti dati di progetto:

CONDIZIONI AMBIENTALI DI RIFERIMENTO	
Tipo di installazione	Esterna 2
Classificazione sismica	ZONA 4
Valore minimo temperatura ambiente all'interno	- 5°C
Valore minimo temperatura ambiente all'esterno	- 25°C
Temperatura ambiente di riferimento per la portata delle condutture	30°C
Grado di inquinamento	III Atmosfera non polluta
Irraggiamento	1000 W/m ²
Altitudine e pressione dell'aria:	< 1.000 mm.s.l.m.

	non si considerano variazioni della pressione dell'aria
Umidità all'interno	Max 95% - Media 90%
Umidità all'esterno	= 100% per periodi limitati
Accelerazione orizzontale massima	0.25g

8.4.4 TRASFORMATORE MT/AT

Per la trasformazione di tensione 30/150kV sarà utilizzato un trasformatore trifase con avvolgimenti immersi in olio, da esterno, di potenza nominale non inferiore a 25÷30 MVA, munito di variatore di rapporto sotto carico (150+/- 10 x 1,25%), con neutro ad isolamento pieno verso terra, gruppo vettoriale YNd11, esercito con il centro stella lato AT non collegato a terra, ma comunque accessibile e predisposto al collegamento futuro se necessario e/o richiesto.

8.4.5 GRUPPO ELETTROGENO

I servizi ausiliari di stazione saranno alimentati dalla rete a 150 kV, per il tramite di trasformazioni AT/MT e MT/BT, e sarà presente un gruppo elettrogeno di emergenza da 63 KVA, tuttavia si è predisposto, in relazione a quanto espressamente riportato nella Specifica Tecnica "*Documento di riferimento per la progettazione esecutiva di Stazioni Elettriche della RTN a tensione nominale \geq 132 kV, con isolamento in aria (AIS)*" emessa da TERNA SpA, una cabina di consegna per media tensione, gestita da Enel Distribuzione, al fine di assicurare il continuo funzionamento delle apparecchiature di controllo anche in eventuale assenza della rete AT; (assicurare cioè, in relazione all'art. 16.1, n. 2 linee MT di alimentazione ridondanti al 100%, allacciate a fonti indipendenti, rialimentabili in caso di black-out entro 4 ore ed escluse dal piano d'alleggerimento di carico.

La commutazione rete-gruppo e rete TERNA-rete ENEL, avverranno in automatico attraverso interblocchi meccanici che eviteranno l'assoluto parallelo delle diverse reti.

8.4.6 CONSISTENZA DELLA SEZIONE IN ALTA TENSIONE A 150 KV

La sezione in alta tensione a 150 kV è composta da n°1 stallo di trasformazione, un sistema di sbarre a 150kV e uno stallo di partenza linea interrata, con apparati di misura e protezione (TV e TA).

Lo stallo trasformatore è comprensivo di interruttore, scaricatore di sovratensione, sezionatori e trasformatori di misura (TA e TV) per le protezioni, secondo quanto previsto dagli standard e dalle prescrizioni Terna.

Per il montante trasformatore, in alternativa a quanto sotto riportato, potranno essere utilizzati moduli ibridi compatti; tali apparecchiature, isolate con gas SF6, integrano in un unico modulo le funzioni di interruttore, TA TV e sezionatori di sbarra, linea e terra.

Da evidenziare che gli MCI utilizzano largamente apparecchiature di tipo “combinato” e, cioè, che racchiudono più funzioni in un’unica apparecchiatura. Ad esempio i due sezionatori di sbarra sono in realtà un’unica apparecchiatura con un unico comando, così come lo sono anche il sezionatore di linea e quello di terra.

Le apparecchiature di tipo “combinato” presentano particolari caratteristiche funzionali intrinseche che impediscono, di fatto, la possibilità di effettuare alcune manovre anomale in esercizio: non è possibile, ad esempio, chiudere il sezionatore di terra con il sezionatore di linea chiuso, dato che i contatti principali sono gli stessi per entrambi i sezionatori.

I MCI presentano inoltre le seguenti peculiarità:

- Design compatto dovuto alla tecnologia derivante dagli impianti GIS;
- Moduli interamente preassemblati e provati in fabbrica (fino a 245 kV, con sbarre in aria);
- Trasporto in sito di moduli completi senza disassemblaggio dei componenti (fino a 245kV, con sbarre in aria);
- Ridotti tempi di installazione;
- Opere civili di modesta entità;
- Ridotta necessità di manutenzione;
- Facilità di accesso alle parti attive (interruttori e sezionatori) per prove, attraverso i terminali SF6/Aria e attraverso i sezionatori di terra, isolabili;
- Rapida ed agevole sostituzione in caso di guasto;
- Ridotto impatto ambientale (limitata occupazione di spazio).

Brindisi, 22 agosto 2022

Il progettista