

IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO "GELA 98"

REGIONE SICILIANA
LIBERO CONSORZIO DI CALTANISSETTA
COMUNE DI GELA



OGGETTO:

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO DI POTENZA IN DC PARI A 98,439 MW E IN AC TERNA PARI A 89,991 MW E DI TUTTE LE OPERE ED INFRASTRUTTURE CONNESSE



PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO:
RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO IMPIANTI IN MT

COMMITTENTE:	SVILUPPATORE:	PROGETTISTA
<i>ALLEANS RENEWABLES PROGETTO 5 S.R.L.</i>	<i>MP SICILY DEVELOPMENT S.R.L.</i>	<i>Dott. Ing. A. M. Greco</i> <i>N° Ordine A4944</i> <i>A. M. Greco</i>
REVISIONE: Rev 01	CODICE IMPIANTO: AL-SIC-004	CODICE PRATICA TERNA.: 201900780
Relazione: 1/1		<i>Data: 13/09/2021</i>



TIMBRO DELL'ENTE AUTORIZZANTE:

Indice generale

PREMESSA	1
COMMITTENTE.....	1
SVILUPPATORE	1
SCHEMA SINTETICA DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	1
NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	2
IMPIANTO FOTOVOLTAICO – CARATTERISTICHE DI DETTAGLIO	3
Potenza nominale	3
Cabine di trasformazione trasformazione bt/mt – cabina elettrica di trasformazione	3
Cabina di raccolta	8
CAVI ELETTRICI.....	10
Cavo MT dalla cabina di trasformazione alla cabina di raccolta	10
Cavo MT dalla cabina di raccolta alla SSE utente	13
MISURE DI PROTEZIONE E SICUREZZA.....	13
VERIFICHE TECNICO - FUNZIONALI (COLLAUDO)	13
COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA (EMC).....	14

PREMESSA

La presente relazione è tesa a definire gli aspetti tecnici relativi ad un impianto agrofotovoltaico di potenza di picco pari a 98,439 MWp e in AC terna pari a 89,991 MW, da installare nel Comune di Gela (CL)

Lo scopo del presente documento è quello di fornire tutti gli elementi atti a dimostrare la rispondenza del progetto definitivo alle finalità dell'intervento.

COMMITTENTE

Società: Alleans Renewables Progetto 5 s.r.l

Sede legale: Milano (MI) Via Melchiorre Gioia 8

P.IVA: 11295310962

SVILUPPATORE

Società: MP Sicily Development s.r.l

Sede legale: Catania (CT) Corso Italia 302

P.IVA: 05562560879

SCHEMA SINTETICO DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

DATI GENERALI IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Numero moduli fotovoltaici	168.272
Potenza nominale dell'impianto	92,225 MW
Potenza in immisione	89,991
Inverter utilizzato	Huawei SUN 2000-185KTL-H1
Numero inverter	527
Connessione alla rete elettrica	Media tensione 30 kV

TIPOLOGIA DI INSTALLAZIONE

Impianto a terra con inseguitori monoassiali	Solfigua iTracker
--	-------------------

DATI GENERALI DI PRODUCIBILITÀ ANNUA STIMATA

Esposizione del generatore fotovoltaico	Allinamento N-S Inseguimento E-O
---	-------------------------------------

CRITERI ADOTTATI PER LE SCELTE PROGETTUALI

Al presente progetto definitivo si giunge dopo l'effettuazione di verifiche progettuali inerenti la fattibilità dell'intervento dal punto di vista tecnico-economico. I criteri seguiti per la progettazione

dell'impianto e delle strutture sono in linea con gli usuali criteri di buona tecnica e di regola dell'arte applicati conformemente alle normative obbligatorie vigenti.

In particolare, la progettazione è stata elaborata conformemente alle disposizioni del D.M. 5-5-2011 e s.m.i. "Criteri e modalità per incentivare la produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare, in attuazione dell'articolo 7 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387." come integrate dalle deliberazioni dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'impianto fotovoltaico e i relativi componenti rispettano, ove di pertinenza, le prescrizioni contenute nelle norme tecniche di seguito elencate. Si applicano inoltre i documenti tecnici emanati dai gestori di rete e le deliberazioni dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas riportanti disposizioni applicative per la connessione ed esercizio di impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica pubblica.

Si precisa che l'elenco sotto riportato non è da intendersi esaustivo; ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, anche se non espressamente richiamate si considerano applicabili, ove di pertinenza.

- ✚ CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;
- ✚ CEI 64-8, parte 7, sezione 712: Sistemi fotovoltaici solari (PV) di alimentazione;
- ✚ CEI 11-20;V1: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- ✚ CEI EN 61727 (CEI 82-9): Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete;
- ✚ CEI EN 61215 (CEI 82-8): Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;
- ✚ CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione;
- ✚ CEI EN 60439 (CEI 17-13): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT);
- ✚ CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): Scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata ;
- ✚ CEI EN 62305 (CEI 81-10): Protezione contro i fulmini;
- ✚ CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- ✚ UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici;
- ✚ CEI 13-4: Sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica;
- ✚ CEI EN 62053-21 (CEI 13-43): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.).

IMPIANTO FOTOVOLTAICO – CARATTERISTICHE DI DETTAGLIO

Potenza nominale

L'impianto agrofotovoltaico in oggetto avrà una potenza di generazione installata pari a 98,439 MWp, pari al prodotto tra il numero totale dei moduli da utilizzare e la potenza nominale del singolo modulo: $168.272 \text{ moduli} \times 585 \text{ W/modulo} = 98,439 \text{ MWp}$.

La potenza complessiva dell'impianto è stata suddivisa in 4 sezioni come riportato in tabella:

Sezione	Potenza di generazione	Potenza nominale
	MW	
1	27,438	25,725
2	22,662	21,175
3	22,784	21,525
4	25,552	23,800

Cabine di trasformazione trasformazione bt/mt – cabina elettrica di trasformazione

L'impianto fotovoltaico sarà dotato di n.40 cabine di trasformazione Huawei STS-3000k-H1. Le cabine di trasformazione sono utilizzate per la conversione dell'energia elettrica in BT in corrente continua proveniente dall'impianto in energia elettrica in MT (30 kV) e sono formate da:

- ✚ n.1 quadro BT di parallelo inverter (QBT);
- ✚ n.1 trasformatore di potenza 800V/30.000V di potenza nominale pari a 3150 kVA;
- ✚ n.1 quadro MT (QMT);
- ✚ n. 1 trasformatore ausiliario 800V/400V per l'alimentazione dei servizi ausiliari.

La suddivisione delle cabine di trasformazione nelle diverse sezioni costituenti l'impianto è mostrata nella tabella a seguire:

Sezione	N° cabine di trasformazione
1	10
2	9
3	10
4	11

Si riportano in calce le caratteristiche fornite dal produttore.

STS-3000K-H1



Simple

Prefabricated and pre-tested, no onsite internal cabling
 Compact 20'HC container design for easy transportation



Efficiency

Eco-design Transformer Suitable for All
 Lower Self-consumption for Higher Yields



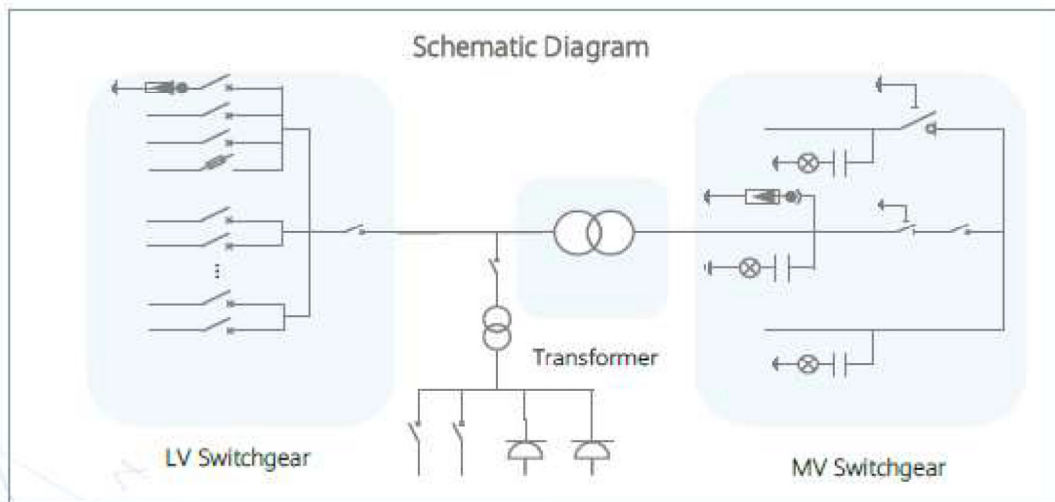
Smart

Real-time monitoring of transformer, LV and MV switchgear
 0.2% high precision of electricity parameters collection
 Remote control of ACB and MV Circuit Breaker



Reliable

Robust design against harsh environments
 Innovative cooling design, easy maintenance
 Comprehensive tests from components, device to solutions



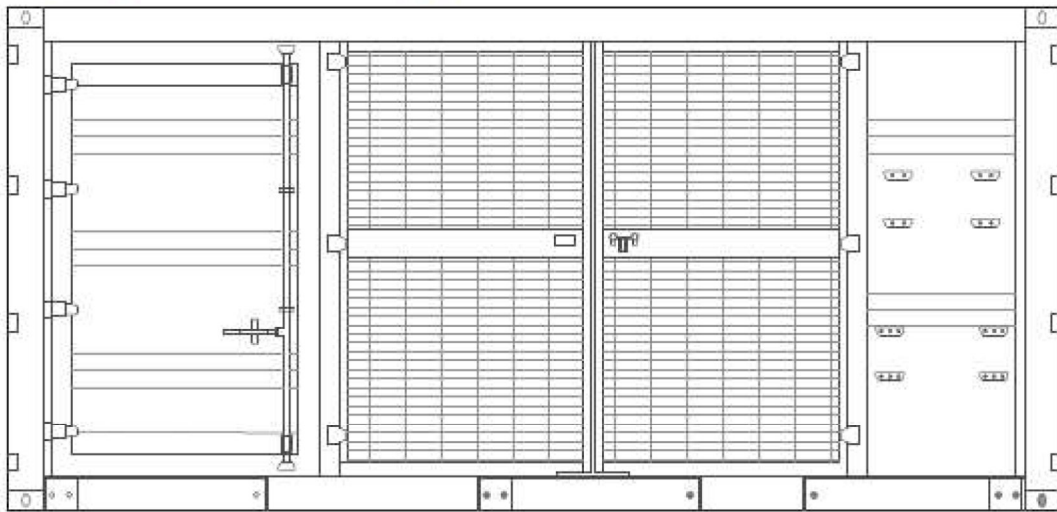
STS-3000K-H1, Ecodesign Technical Specifications

Input								
Available Inverters	SUN2000-185KTL-H1							
AC Power	3,150 kVA @40°C / 2,880 kVA @50°C ¹							
Max. Inverters Quantity	18							
Rated Input Voltage	800 V							
Max. Input Current at Nominal Voltage	2428 A							
LV Panel Type	ACB (2500 A / 800 V / 3P, 1*1 pcs), MCCB (250 A / 800 V / 3P, 1*18 pcs)							
Output								
Rated Output Voltage	10 kV	20 kV	22 kV	30 kV	33 kV	34.5 kV	35 kV	
Frequency	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	
Transformer Type	Oil-immersed, Conservator Type							
Tappings	± 2 x 2.5%							
Transformer Oil Type	Mineral Oil							
Transformer Vector Group	Dy11							
Minimum Peak Efficiency Index	In accordance with EN 50588-1							
Transformer Load Losses	27.5 kW	27.5 kW	27.5 kW	30.25 kW	30.25 kW	30.25 kW	30.25 kW	
Transformer No-load Losses	2.2 kW	2.2 kW	2.2 kW	2.53 kW	2.53 kW	2.53 kW	2.53 kW	
Impedance	7% (0 ~ +10%) @3,150 kVA							
MV Switchgear Type	SF6 Gas Insulated, 3 Feeders							
MV Switchgear Configuration	CVC or CCV			DVC or DCV				
Auxiliary Transformer	5 kVA, Dyn11, Ratio Varies according to Customization							
Output Voltage of Auxiliary Transformer	400 / 230 Vac					220 / 127 Vac		400 / 230 Vac
Protection								
Protection Degree of MV & LV Room	IP 54							
Internal Arcing Fault MV Switchgear	IAC A 20 kA 1s							
LV SPD	Type I+II							
General								
Dimensions (W x H x D)	6,058 x 2,896 x 2,438 mm (20' HC Container)							
Weight	< 15 t							
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C ² (-13°F ~ 140°F)							
Relative Humidity	0% ~ 95%							
Max. Operating Altitude	2000 m	2000 m	2000 m	2000 m	2000 m	2500 m	2000 m	
Applicable Standards	IEC 60076, IEC 62271-200, IEC 62271-202, EN 50588-1, IEC 61439-1							
Features								
Auxiliary Transformer(50 kVA, Dyn11)	Optional ³ , Ratio Varies according to Customization							
1.5 kVA UPS	Optional ³							
Updated to CVC or CCV MV Switchgear	Optional ³							
IMD	Optional ³							
STS Interlocking	Optional ³							

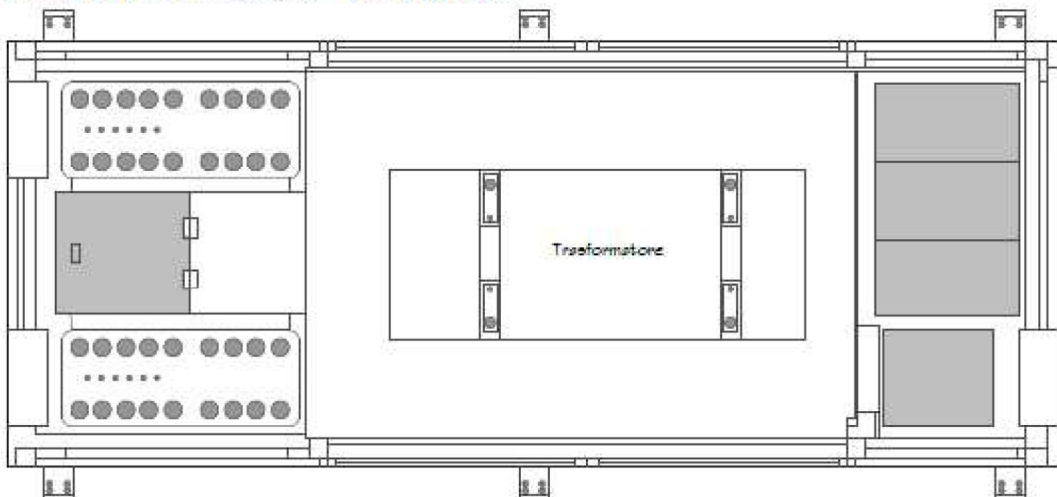
1 - More detailed AC power of STS, please refer to the de-rating curve.
 2 - When ambient temperature ≥55°C, awning shall be equipped for STS on site by customer.
 3 - Extra expense needed for optional features which standard product doesn't contain.

Di seguito è mostrato il dettaglio della cabina di trasformazione che si è scelto di adottare e del trasformatore.

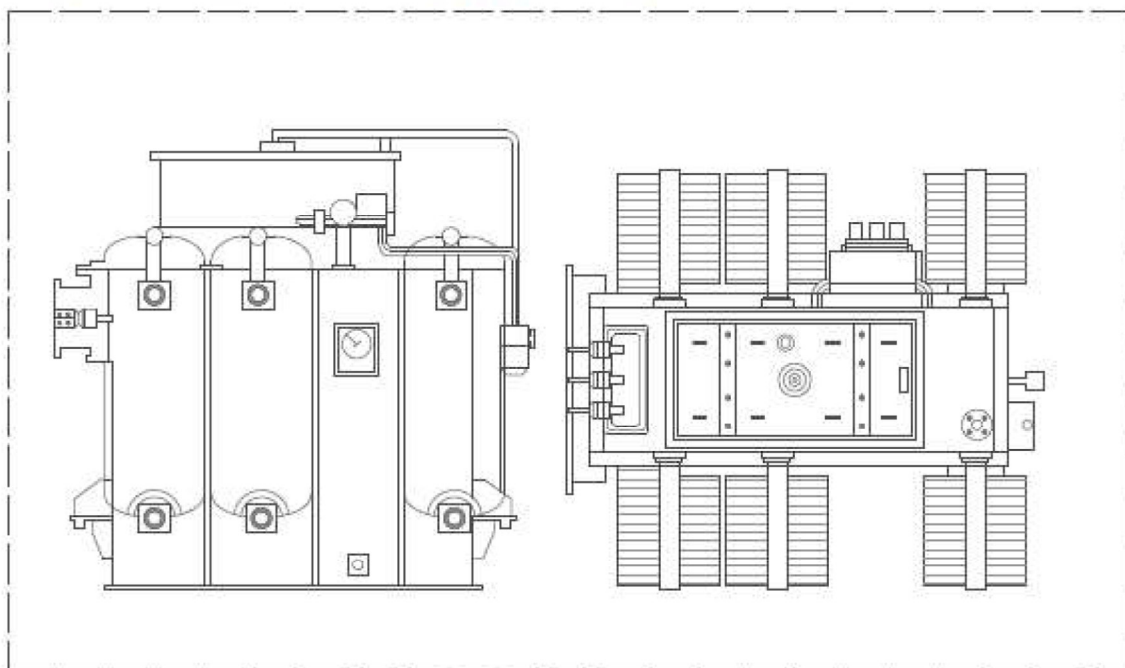
Cabina di trasformazione - Vista frontale



Cabina di trasformazione - Vista dall'alto



Cabina di trasformazione - Dettaglio trasformatore



La suddivisione dei sottocampi è stata fatta in modo da garantire in ingresso ad ogni cabina di trasformazione una potenza non superiore ai 3 MW. I trasformatori sono stati scelti in 3 taglie, da 1000 kVA, da 2000 kVA e 3150 kVA, in base alla potenza dei generatori di ciascun sottocampo. Un prospetto sintetico per ogni sezione dell'impianto è mostrata nelle tabelle seguenti:

Sezione 1		
Sottocampo	Potenza nominale	Taglia trasformatore
	kW	kVA
1.1	2450	3150
1.2	2450	3150
1.3	2450	3150
1.4	2625	3150
1.5	2800	3150
1.6	2625	3150
1.7	2625	3150
1.8	2800	3150
2.1	2450	3150
2.2	2450	3150

Sezione 2		
Sottocampo	Potenza nominale	Taglia trasformatore
	kW	kVA
3.1	875	1000

4.1	1925	2000
4.2	2100	3150
5.1	2625	3150
6.1	1400	2000
7.1	3150	3150
7.2	2975	3150
7.3	2975	3150
7.4	3150	3150

Sezione 3		
Sottocampo	Potenza nominale	Taglia trasformatore
	kW	kVA
8.1	1925	2000
8.2	1925	2000
9.1	1925	3150
10.1	2625	3150
11.1	1225	2000
12.1	2450	3150
12.2	2450	3150
12.3	2450	3150
12.4	2275	3150
13.1	1925	2000
16.1	2800	3150

Sezione 4		
Sottocampo	Potenza nominale	Taglia trasformatore
	kW	kVA
14.1	1925	2000
15.1	1925	2000
15.2	1925	2000
17.1	1050	2000
18.1	1925	2000
19.1	1925	2000
20.1	1750	2000
21.1	2275	3150
22.1	525	1000
23.1	2450	3150
23.2	2625	3150

Cabina di raccolta

La potenza in uscita dalle cabine di trasformazione afferrisce ad una cabina di raccolta, una per ogni sezione dell'impianto, tramite un cavo MT il cui dimensionamento è mostrato nei paragrafi a seguire.

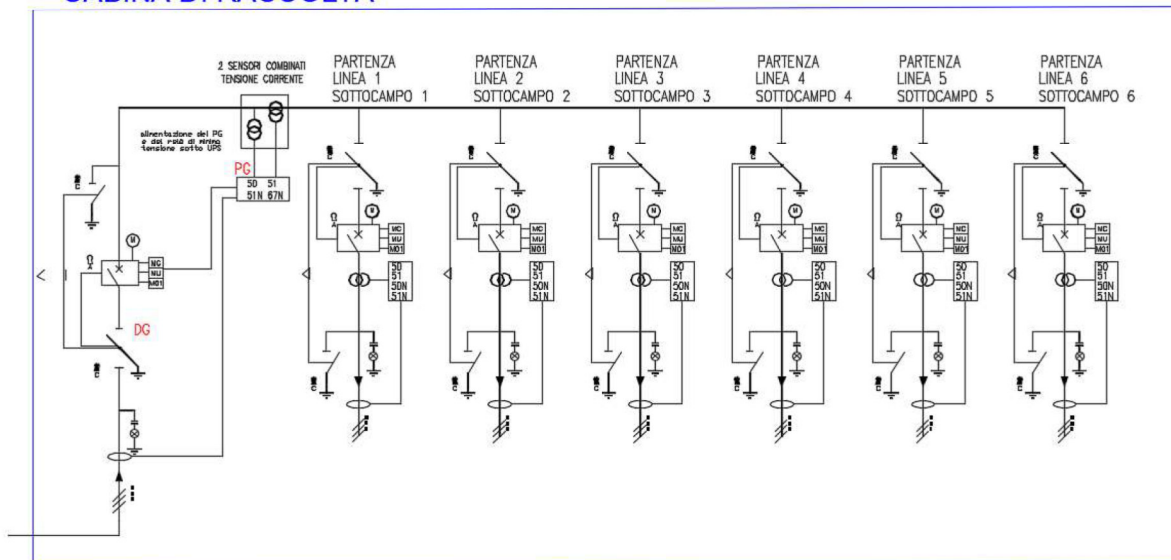
La cabina di raccolta è costituita da una sbarra MT da cui partono le diverse sezioni di apertura e chiusura di linea delle cabine di trasformazione collegate con richiusura ad anello.

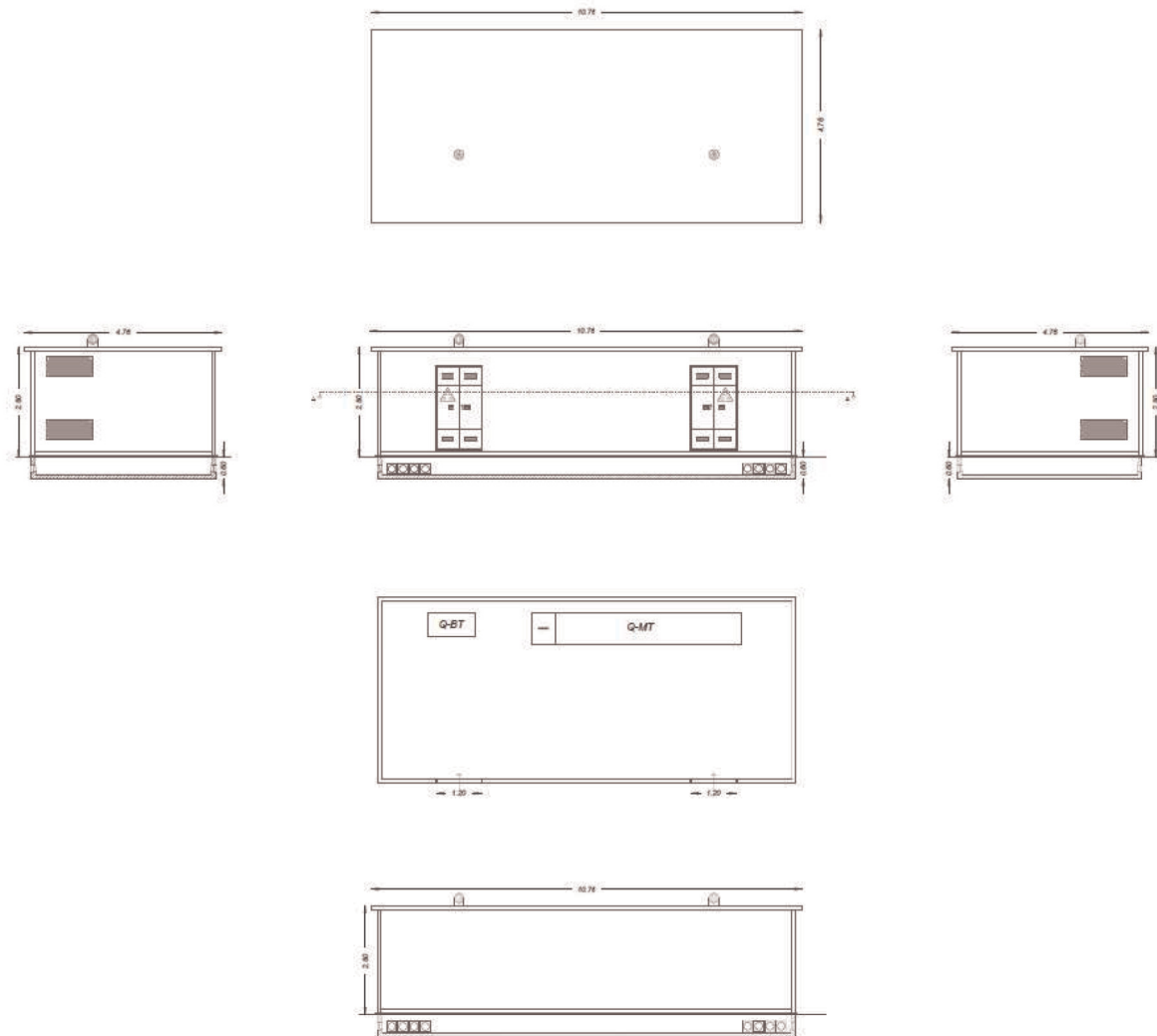
Ciascuna sezione di partenza/richiusura è corredata da protezioni di massima corrente di fase e di massima corrente omopolare per i guasti a terra che intervengono sull'interruttore di linea.

In corrispondenza della sezione di partenza del cavo _MT verso la sottostazione si trova il sistema di protezione generale il quale agisce sul relativo dispositivo di manovra per il distacco dell'impianto qualora necessario e comprende oltre alle protezioni di massima corrente anche la protezione direzionale di terra contro il guasto monofase a terra. Il sistema di protezione generale è alimentato tramite una combinazione di sensori tensione corrente.

Nelle figure a seguire è possibile osservare lo schema elettrico di cabina e il prospetto in dettaglio del locale per la cabina di raccolta.

CABINA DI RACCOLTA





CAVI ELETTRICI

Per quanto riguarda la parte MT sono necessari:

- ✚ Cavi MT dalla cabina di trasformazione alla cabina di raccolta
- ✚ Cavi MT dalla cabina di raccolta alla cabina di consegna

Cavo MT dalla cabina di trasformazione alla cabina di raccolta

La scelta del cavo MT viene effettuata tenendo conto della portata in corrente per una determinata sezione, nelle condizioni di posa scelte (direttamente interrata a una profondità di 1,2 m) e dell'effetto di prossimità tra più circuiti posti vicini.

La portata di un cavo, in una determinata condizione di installazione, è data dalla formula:

$$I_z = k_1 k_2 k_3 k_4 I_0$$

dove:

- ✚ I_0 è la portata in condizioni standard, ovvero ad una temperatura del terreno di 20°C, resistività del terreno di 1,5 K*m/W e profondità di interramento di 0,8 m
- ✚ k_1 è un coefficiente di correzione che tiene conto di temperature diverse da quella standard di 20 °C riportata nella norma CEI
- ✚ k_2 è un coefficiente di correzione che tiene conto del mutuo riscaldamento indotto da più circuiti posti in prossimità e che incide sulla portata effettiva del cavo.
- ✚ k_3 è un fattore che tiene conto di una profondità di interramento diversa da 0,8 m
- ✚ k_4 tiene conto di una diversa resistività termica del terreno

Nelle figure a seguire sono riportati questi coefficienti.

Temperatura del terreno (°C)	TIPO DI ISOLAMENTO	
	PVC	EPR
10	1,1	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,8
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	—	0,6
70	—	0,53
75	—	0,46
80	—	0,38

Numero di circuiti	DISTANZA FRA I CIRCUITI ^(a) (m)			
	a contatto	0,25	0,5	1
2	0,80	0,90	0,90	0,95
3	0,70	0,80	0,85	0,90
4	0,65	0,75	0,80	0,90
5	0,60	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,70	0,80	0,90

Profondità di posa (m)	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5
Fattore di correzione	1,02	1,00	0,98	0,96	0,94

Per il collegamento da cabina di trasformazione a cabina di raccolta è stato scelto un cavo ARE4H1RX da 185 mm² con tensioni di isolamento 18/30 kV e la cui portata I₀ nelle condizioni di posa su indicate è 371 A.

18/30 kV Caratteristiche elettriche - electrical characteristics

Formazione	Capacità nominale	Corrente capacitiva nominale a tensione U ₀	Reattanza di fase a 50 HZ	Resistenza massima in CC del conduttore a 20°C	Resistenza massima in CC dello schermo a 20°C	Resistenza massima in CA del conduttore a 90°C	Portata di corrente	Corrente di corto circuito del conduttore
Size	Nominal capacity	Nominal capacitive current at voltage U ₀	Reactance phase 50HZ	Conductor max electrical resist. CC at 20°C	Screen max electrical resist. CC at 20°C	Conductor max electrical resist. CA at 20°C	A	Short circuit current conductor (1s)
n° x mm ²	mm	A/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	in aria a 30° C interrato a 20° C Underground at 20° C	kA
35	0,13	0,74	0,153	0,868	3,0	1,115	160	156
50	0,13	0,83	0,149	0,641	3,0	0,825	198	181
70	0,15	0,92	0,140	0,443	3,0	0,570	243	222
95	0,16	1,01	0,132	0,320	3,0	0,412	289	263
120	0,18	1,10	0,127	0,253	3,0	0,328	334	296
150	0,19	1,16	0,123	0,206	3,0	0,268	373	337
185	0,21	1,22	0,119	0,164	3,0	0,213	426	371
240	0,22	1,37	0,115	0,125	3,0	0,163	494	419
300	0,24	1,49	0,111	0,100	3,0	0,132	555	469
400	0,27	1,64	0,107	0,0778	3,0	0,103	630	526
500	0,29	1,79	0,103	0,0605	3,0	0,081	714	581
630	0,32	1,96	0,100	0,0469	3,0	0,064	793	625
3x1x35	0,13	0,74	0,153	0,868	3,0	1,115	160	156
3x1x50	0,13	0,83	0,149	0,641	3,0	0,825	198	181
3x1x70	0,15	0,92	0,140	0,443	3,0	0,570	243	222
3x1x95	0,16	1,01	0,132	0,320	3,0	0,412	289	263
3x1x120	0,18	1,10	0,127	0,253	3,0	0,328	334	296
3x1x150	0,19	1,16	0,123	0,206	3,0	0,268	373	337
3x1x185	0,21	1,22	0,119	0,164	3,0	0,213	426	371
3x1x240	0,22	1,37	0,115	0,125	3,0	0,163	494	419
3x1x300	0,24	1,49	0,111	0,100	3,0	0,132	555	469

Per i cavi con isolamento in G7 le portate di corrente sono da ritenersi più basse di 4-6 A.
For cables with insulation G7 current rating are to be considered more low 4-6 A.

La portata effettiva nelle condizioni di posa vale (in base alla formula in alto) 217,25 A avendo supposto un coefficiente k_2 pari a 0,61, dovuto al fatto di avere 8 circuiti a distanza di 30 cm l'uno dall'altro, e un coefficiente k_3 di 0,96 (si veda la tabella della profondità di posa).

La massima potenza che transita sul cavo non supera i 10 MW e ipotizzando un fattore di potenza pari a 0,9, la corrente di impiego sul cavo può raggiungere i 213,84 A pertanto il cavo scelto soddisfa il criterio di portata.

Infine per quanto riguarda il calcolo della caduta di tensione, questa è data da:

$$\Delta V = \sqrt{3} I l (r_l \cos \varphi + x_l \sin \varphi)$$

dove r_l e x_l sono rispettivamente la resistenza e la reattanza chilometrica del cavo e sono riportate in tabella fornita dal costruttore, l è la lunghezza del cavo ed I la corrente del cavo caricato alla sua portata.

La caduta di tensione vale circa 111 V pari al 0,37% della tensione di esercizio.

Cavo MT dalla cabina di raccolta alla SSE utente




In maniera analoga è stata effettuata la scelta del cavo MT di collegamento da cabina di raccolta a cabina di consegna. Sono stati scelti 2 cavi ARE4H1RX da 630 mm² in quanto con un unico cavo non si riesce a soddisfare il vincolo di portata.

Infatti, considerando che la massima potenza che transita su un cavo è 25,725 la corrente di impiego alla tensione di esercizio sarà 550,1 A mentre la portata effettiva è 366 A quindi non sufficiente. E' necessario pertanto impiegare 2 terne di cavi da 630 mm² per soddisfare le condizioni imposte.

MISURE DI PROTEZIONE E SICUREZZA

L'impianto in oggetto e tutte le parti che lo costituiscono sono progettati e realizzati in modo tale da assicurare, nelle condizioni che possono essere ragionevolmente previste, la protezione delle persone e dei beni contro i pericoli ed i danni derivanti dal loro utilizzo nonché garantire il loro corretto funzionamento per l'uso previsto.

Sono quindi adottate le seguenti misure di protezione:

-  protezione relative ai contatti diretti e indiretti;
-  protezione relativa alle sovracorrenti;
-  protezione relativa alle sovratensioni.

Inoltre è opportunamente garantito il sezionamento dei circuito ove necessario.

VERIFICHE TECNICO - FUNZIONALI (COLLAUDO)

Al termine dei lavori saranno effettuati tutte le verifiche tecnico-funzionali, in particolare:

-  prova di continuità elettrica e connessione dei circuiti;

- ✚ efficacia messa a terra di masse e scaricatori;
- ✚ misura resistenza di isolamento dei circuiti elettrici e delle masse;
- ✚ prove di corretto funzionamento delle protezioni e dei sezionatori.

COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA (EMC)

Ai fini della protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti, sono state effettuate le necessarie valutazioni dei livelli dell'induzione magnetica generati dall'impianto in oggetto. Le suddette valutazioni, effettuate conformemente alle disposizioni della legge quadro del 22 febbraio 2001 n. 36 e del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 8 luglio 2003, hanno condotto alla conclusione che le installazioni previste rispettano i limiti di legge con ampi margini di sicurezza e forniscono le necessarie garanzie sulla tutela della salute umana.

Data 06/09/2021