

REGIONE LAZIO

Comune di Viterbo

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO SITO NEL COMUNE DI VITERBO DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 28.584,0 kWp E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 23.868 kW E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI VITERBO E TUSCANIA (VT)

TITOLO

Disciplinare tecnico

PROGETTAZIONE



SR International S.r.l.
C.so Vittorio Emanuele II, 282-284 - 00186 Roma
Tel. 06 8079555 - Fax 06 80693106
C.F e P.IVA 13457211004



BARTOLAZZI
ANDREA
Ingegnere
12.09.2022
16:56:20
GMT+01:00



PROPONENTE

FRV 2201 S.r.l.

FRV 2201 S.r.l.
Con sede legale a Torino (TO)
Via Assarotti 7 - 10122
C.F. e P.IVA 12696040018
PEC: frv2201@hyperpec.it

DocuSigned by:

A368684FD1C04C6...

Revisione	Data	Elaborato	Verificato	Approvato	Descrizione
00	01/06/2022	Lauretti	Bartolazzi	FRV 2201 S.r.l.	Disciplinare tecnico

N° DOCUMENTO

FRV-VTB-DT

SCALA

-

FORMATO

A4

INDICE

INDICE DELLE FIGURE.....	1
INDICE DELLE TABELLE	2
1. GENERALITÀ	3
2. LAYOUT DELL'IMPIANTO	4
3. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI COMPONENTI D'IMPIANTO	5
3.1 Moduli fotovoltaici	5
3.2 Inverter multistringa	7
3.3 Quadro elettrico in mt interno alle cabine di trasformazione	9
3.4 Trasformatore bt/mt.....	10
3.5 Cablaggi elettrici	12
4. PROTEZIONE CONTRO I SOVRACCARICHI	20
4.1 Protezione contro i cortocircuiti	20
4.2 Grado d'isolamento	21
4.3 Posa dei cavi	21
4.3.1 Pressacavi	21
4.3.2 Forza motrice	21
4.4 Sicurezza elettrica.....	22
4.5 Impianto di terra.....	22
5. PROTEZIONE CONTRO LE SOVRATENSIONI	23
6. MISURE DI PROTEZIONE PER LA CONNESSIONE ALLA RETE IN MT	24
7. GRUPPI DI MISURA	25
8. IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE, VIDEOSORVEGLIANZA E ANTINTRUSIONE	25
8.1 Illuminazione perimetrale del campo FV	25
8.2 Impianto di videosorveglianza	26
8.3 Impianto di rivelazione antintrusione	27
9. CONTROLLO E MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO FV.....	29
10. OPERE CIVILI	29
10.1 Strutture di supporto dei moduli FV	29
10.2 Cabine di trasformazione BT/MT (CT)	30
10.3 Cabine di consegna (CC)	31
10.4 Cabine di sezionamento	34
10.5 Cabina Control room	35
11. SCAVI	36
12. VIABILITÀ , ACCESSI E RECINZIONE.....	38
13. MOVIMENTI DI TERRA	38

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Tipologia di modulo utilizzato nel progetto - P=600 Wp	6
---	---

Figura 2 – Dati tecnici, meccanici e condizioni operative del modulo fotovoltaico da 600 Wp.....	7
Figura 3 – Modello inverter con potenza nominale di 215 kVA - caratteristiche tecniche	9
Figura 4 – Quadro elettrico di protezione in MT interno alla cabina di trasformazione ...	10
Figura 5 – Caratteristiche costruttive del trasformatore BT/MT.....	12
Figura 6 – Scheda tecnica del cavo solare 0,6/1 kV	15
Figura 7 – Scheda tecnica del cavo in BT - FG16R16 0,6/1 kV	17
Figura 8 – Scheda tecnica del cavo ad elica cordata in MT del tipo "air-bag"	18
Figura 9 – Scheda tecnica del cavo cordato ad elica visibile in MT protetto da tubazione	19
Figura 10 – Tipico palo di sostegno per illuminazione e videosorveglianza	26
Figura 11 – Tipico dello schema di collegamento per sistemi di videosorveglianza e controllo	27
Figura 12 – Sistema di antifurto dei moduli FV.....	28
Figura 13 – Strutture metalliche di supporto dei moduli fotovoltaici.....	30
Figura 14 – Cabina di trasformazione BT/MT-Pianta e dispositivi elettromeccanici	31
Figura 15 – Vista frontale cabina di consegna tipo.....	32
Figura 16 – Vista frontale cabina di confine-sezionamento.....	35
Figura 17 – Tipico di scavo per cavi BT/MT	36

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Dati tecnici dell’impianto FV	5
---	---

1. GENERALITÀ

Il lotto d'impianti fotovoltaici formato da n.4 impianti da costruire nel territorio comunale di Viterbo (VT), sarà realizzato con moduli installati su strutture metalliche fisse al suolo, per una potenza totale nominale installata di circa 28,584 MWp. Per il layout d'impianto sono stati scelti moduli bifacciali della potenza nominale di 600 Wp (in condizioni STC) modello Vertex della Trina Solar, per un totale di circa 47.640 moduli fotovoltaici monocristallini. Le strutture metalliche fisse al suolo che sostengono i moduli (con tilt di 30° e azimuth a 0°) avranno dimensioni diverse, proporzionali alla lunghezza di stringa (n.30 moduli in serie) e adattabili alla superficie del terreno su cui verranno montate. Verranno installati n.144 inverter multistringa della Huawei, aventi potenza nominale pari a 215 kVA ciascuno.

Si sottolinea che in fase esecutiva, soprattutto in riferimento alla situazione di mercato al momento dell'acquisto dei componenti, potrà essere scelta una diversa tipologia di moduli e dei componenti o sistemi elettrici con pari prestazioni. Tale scelta sarà comunque effettuata tenendo conto sia della potenza massima installabile e sia che vengano garantite ottime prestazioni di durata e di producibilità dell'impianto FV.

2. LAYOUT DELL'IMPIANTO

Il campo fotovoltaico sarà suddiviso in n.4 impianti, ciascuno dei quali suddiviso in sottocampi elettrici così composti:

Impianto 1 – Sottocampi 1, 2, 3 e 4:

- ciascuno composto da 3000 moduli FV da 600 Wp, montati su strutture fisse al suolo, suddivisi in 100 stringhe collegate in parallelo a 9 inverter multistringa opportunamente posizionati sulle strutture di sostegno metalliche. La potenza complessiva Di ogni sottocampo è pari a circa 1.800,0 kWp. Gli inverter verranno collegati ai rispettivi quadri in BT nelle cabine di trasformazione CT1-A (dei sottocampi 1 e 2) e CT1-B (dei sottocampi 3 e 4) installate all'interno dell'area 1 d'impianto. Le cabine infine saranno collegate in MT a 20 kV prima tra di loro e poi con la cabina di consegna CC1 mediante un cavidotto in MT interrato. La trasformazione da BT a MT avverrà per mezzo di n.4 trasformatori di potenza da 2000 kVA, n.2 posizionati all'interno di ciascuna cabina di trasformazione. La potenza totale dell'impianto 1 è di circa 7,2 MWp.

Impianto 2 – Sottocampi 1, 2, 3 e 4:

- ciascuno composto da 2970 moduli FV da 600 Wp, montati su strutture fisse al suolo, suddivisi in 99 stringhe collegate in parallelo a 9 inverter multistringa opportunamente posizionati sulle strutture di sostegno metalliche. La potenza complessiva Di ogni sottocampo è pari a circa 1.782,0 kWp. Gli inverter verranno collegati ai rispettivi quadri in BT nelle cabine di trasformazione CT2-A (dei sottocampi 1 e 2) e CT2-B (dei sottocampi 3 e 4) installate all'interno dell'area 2 d'impianto. Le cabine infine saranno collegate in MT a 20 kV prima tra di loro e poi con la cabina di consegna CC1 mediante un cavidotto in MT interrato. La trasformazione da BT a MT avverrà per mezzo di n.4 trasformatori di potenza da 2000 kVA, n.2 posizionati all'interno di ciascuna cabina di trasformazione. La potenza totale dell'impianto 1 è di circa 7,128 MWp.

Impianto 3 – Sottocampi 1, 2 e 3:

- ciascuno composto da 2970 moduli FV da 600 Wp, montati su strutture fisse al suolo, suddivisi in 99 stringhe collegate in parallelo a 9 inverter multistringa opportunamente posizionati sulle strutture di sostegno metalliche. La potenza complessiva Di ogni sottocampo è pari a circa 1.782,0 kWp. Gli inverter verranno collegati ai rispettivi quadri in BT nelle cabine di trasformazione CT3-A (dei sottocampi 1 e 2) e CT3-B (del sottocampo 3) installate all'interno dell'area 3 d'impianto. Le cabine infine saranno collegate in MT a 20 kV prima tra di loro e poi con la cabina di consegna CC1 mediante un cavidotto in MT interrato. La trasformazione da BT a MT avverrà per mezzo di n.4 trasformatori di potenza da 2000 kVA, n.2 posizionati all'interno di ciascuna cabina di trasformazione. La potenza totale dei tre sottocampi è di circa 5.346,0 MWp.

Impianto 3 – Sottocampo 4:

- composto da 2940 moduli FV da 600 Wp, montati su strutture fisse al suolo, suddivisi in 98 stringhe collegate in parallelo a 9 inverter multistringa opportunamente posizionati sulle strutture di sostegno metalliche. La potenza complessiva è pari a circa 1.764,0 kWp. Gli inverter verranno collegati ai rispettivi quadri in BT nella cabina di trasformazione CT3-B installata all'interno dell'area 3 d'impianto.

Impianto 4 – Sottocampi 1, 2 e 3:

- ciascuno composto da 2970 moduli FV da 600 Wp, montati su strutture fisse al suolo, suddivisi in 99 stringhe collegate in parallelo a 9 inverter multistringa opportunamente posizionati sulle strutture di sostegno metalliche. La potenza complessiva Di ogni sottocampo è pari a circa 1.782,0 kWp. Gli inverter verranno collegati ai rispettivi quadri in BT nelle cabine di trasformazione CT4-A (dei sottocampi 1 e 2) e CT4-B (del sottocampo 3) installate all'interno dell'area 4 d'impianto. Le cabine infine saranno collegate in MT a 20 kV prima tra di loro e poi con la cabina di consegna CC1 mediante un cavidotto in MT interrato. La trasformazione da BT a MT avverrà per mezzo di n.4 trasformatori di potenza da 2000 kVA, n.2 posizionati all'interno di ciascuna cabina di trasformazione. La potenza totale dei tre sottocampi è di circa 5.346,0 MWp.

Impianto 4 - Sottocampo 4:

- composto da 3000 moduli FV da 600 Wp, montati su strutture fisse al suolo, suddivisi in 100 stringhe collegate in parallelo a 9 inverter multistringa opportunamente posizionati sulle strutture di sostegno metalliche. La potenza complessiva di ogni sottocampo è pari a circa 1.800,0 kWp. Gli inverter verranno collegati ai rispettivi quadri in BT nelle cabine di trasformazione CT4-B installata all'interno dell'area 4 d'impianto.

Di seguito la tabella riassuntiva con le principali caratteristiche dei componenti elettrici e delle opere civili costituenti l'impianto FV:

Potenza nominale dell'impianto [MWp]	28,58
Potenza modulo fotovoltaico monocristallino [Wp]	600
Numero di moduli totali	47640
Area d'impianto [ha]	36,2
Superficie captante fotovoltaica [ha]	11,7
N° cabine di trasformazione	8
N° cabine di consegna	4
N° cabina control room	1
N° cabine di sezionamento	2
Lunghezza cavo solare da 6 mmq in BT CC [m]	79910
Lunghezza terna di cavi unipolari FG16OR16 da 150 mmq in BT in ac [m]	11890
Lunghezza terna di cavi unipolari FG16OR16 da 240 mmq in BT in ac [m]	17916
Lunghezza terna di cavi unipolari da 50 mmq ARE4H5(AR)E in MT a 20 kV [m]	580
Lunghezza terna di cavi unipolari da 185 mmq ARE4H5(AR)E in MT a 20 kV [m]	40
Lunghezza terna di cavi unipolari da 185 mmq ARE4H5EX in MT a 20 kV [m]	47665
Lunghezza cavi illuminazione e videosorveglianza da 2,5 mmq in BT in ac [m]	3500

Tabella 1 - Dati tecnici dell'impianto FV

3. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI COMPONENTI D'IMPIANTO

3.1 Moduli fotovoltaici

Per il layout d'impianto sono stati scelti moduli fotovoltaici bifacciali del tipo Vertex da 600 Wp in condizioni STC, della Trina Solar (o similari). Verranno installati circa 47.640 moduli.

I moduli sono in silicio monocristallino con caratteristiche tecniche dettagliate riportate nella tabella seguente. Ogni modulo dispone inoltre di diodi di by-pass alloggiati in una cassetta IP65 e posti in antiparallelo alle celle così da salvaguardare il modulo in caso di contro-polarizzazione di una o più celle dovuta ad ombreggiamenti o danneggiamenti.

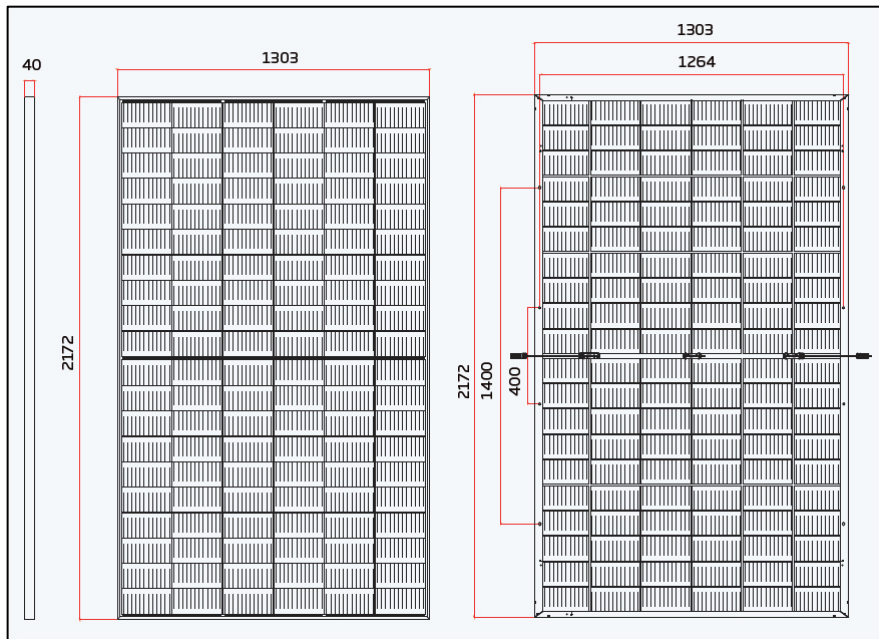


Figura 1 – Tipologia di modulo utilizzato nel progetto - P=600 Wp

In Figura 2, sono rappresentate le caratteristiche costruttive del modulo:

ELECTRICAL DATA (STC)					
Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)*	580	585	590	595	600
Power Tolerance- P_{MAX} (W)	0 ~ +5				
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	33.8	34.0	34.2	34.4	34.6
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	17.16	17.21	17.25	17.30	17.34
Open Circuit Voltage- V_{oc} (V)	40.9	41.1	41.3	41.5	41.7
Short Circuit Current- I_{sc} (A)	18.21	18.26	18.31	18.36	18.42
Module Efficiency η_m (%)	20.5	20.7	20.8	21.0	21.2
STC: Irradiance 1000W/m ² , Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. *Measuring tolerance: $\pm 3\%$.					
Electrical characteristics with different power bin (reference to 10% Irradiance ratio)					
Total Equivalent power - P_{MAX} (Wp)	621	626	631	637	642
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	33.8	34.0	34.2	34.4	34.6
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	18.36	18.41	18.46	18.51	18.55
Open Circuit Voltage- V_{oc} (V)	40.9	41.1	41.3	41.5	41.7
Short Circuit Current- I_{sc} (A)	19.48	19.54	19.59	19.65	19.71
Irradiance ratio (rear/front)	10%				
Power Bifaciality: 70 \pm 5%.					

MECHANICAL DATA	
Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	120 cells
Module Dimensions	2172×1303×40 mm (85.51×51.30×1.57 inches)
Weight	35.3 kg (77.8 lb)
Front Glass	2.0 mm (0.08 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	EVA/POE
Back Glass	2.0 mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)
Frame	40mm(1.57 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: 280/280 mm(11.02/11.02 inches) Landscape: 1400/1400 mm(55.12/55.12 inches)
Connector	MC4 EVO2 / TS4*

Figura 2 – Dati tecnici, meccanici e condizioni operative del modulo fotovoltaico da 600 Wp

3.2 Inverter multistringa

Per la conversione dell'energia elettrica prodotta da continua in alternata a 50 Hz sono previsti inverter multistringa, con elevato fattore di rendimento, posizionati a lato delle strutture metalliche dei moduli FV. La tipologia dell'inverter utilizzato è il modello della Huawei del tipo SUN2000-215KTL (o similare) avente una potenza nominale in uscita in AC di 215 kVA ed tensione nominale fino a 1500 V, con funzionalità in grado di sostenere la tensione di rete e contribuire alla regolazione dei relativi parametri. Essi sono raccomandabili soprattutto se il generatore fotovoltaico è composto da numerose superfici parziali o se è parzialmente ombreggiato, come nel caso specifico di progetto. Le caratteristiche tecniche dell'inverter sono riportate nella figura 4 seguente:

SUN2000-215KTL-H3
Smart String Inverter



Efficiency	
Max. Efficiency	≥99.0%
European Efficiency	≥98.6%
Input	
Max. Input Voltage	1,500 V
Number of MPP Trackers	3
Max. Current per MPPT	100A/100A/100A
Max. PV Inputs per MPPT	4/5/5
Start Voltage	550 V
MPPT Operating Voltage Range	500 V ~ 1,500 V
Nominal Input Voltage	1,080 V
Output	
Nominal AC Active Power	200,000 W
Max. AC Apparent Power	215,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	215,000 W
Nominal Output Voltage	800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	144.4 A
Max. Output Current	155.2 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	< 1%
Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, WLAN + APP
USB	Yes
MBUS	Yes
RS485	Yes
General	
Dimensions (W x H x D)	1,035 x 700 x 365 mm (40.7 x 27.6 x 14.4 inch)
Weight (with mounting plate)	≤86 kg (191.8 lb.)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Smart Air Cooling

Figura 3 – Modello inverter con potenza nominale di 215 kVA - caratteristiche tecniche

3.3 Quadro elettrico in mt interno alle cabine di trasformazione

Il quadro in MT a 20 kV può essere del tipo MT Switchgear isolato ad SF6 per la distribuzione secondaria. E' un quadro elettrico costituito da scomparti di protezione trasformatore e linee mediante interruttori di manovra-sezionatori. Il sezionatore sarà in aria di tipo rotativo con telaio a cassetto o con isolamento in SF6 ed involucro in acciaio inox, sarà completo di interblocco con il sezionatore di terra, di blocco a chiave e di contatti di segnalazione. Il quadro è raffigurato in fig. 4.



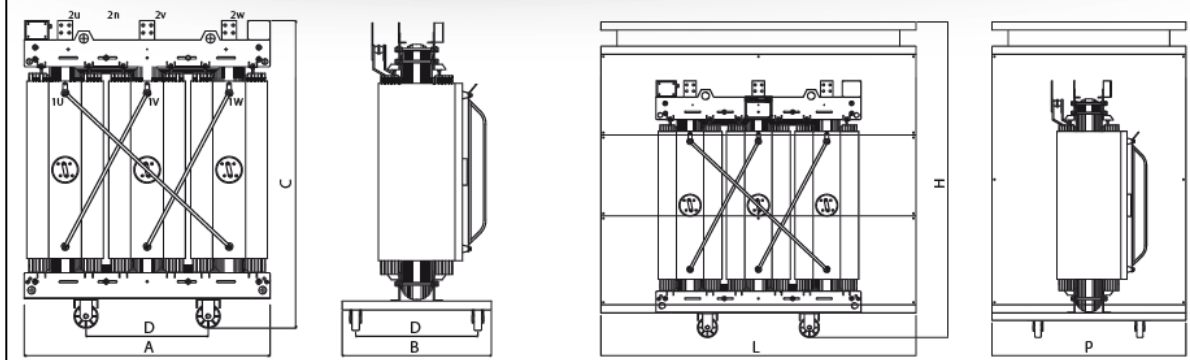
Figura 4 – Quadro elettrico di protezione in MT interno alla cabina di trasformazione

3.4 Trasformatore bt/mt

All'interno di ciascuna cabina di trasformazione, verranno alloggiati n.2 trasformatori di elevazione BT/MT aventi ciascuno una potenza nominale pari a 2000 kVA, che portano la tensione fino a 20 kV. Nella figura seguente è riportato un trasformatore isolato in resina tipo, con la descrizione delle caratteristiche costruttive:



POTENZA NOMINALE kVA		100	160	250	400	630	800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150
PERDITE A VUOTO	W	280	350	520	750	1.100	1.300	1.550	1.800	2.200	2.600	3.100	3.800
PERDITE A CARICO A 75 °C	W	1.575	2.275	2.975	3.950	6.200	7.000	7.875	9.625	11.375	14.000	16.625	19.250
PERDITE A CARICO A 120 °C	W	1.800	2.600	3.400	4.500	7.100	8.000	9.000	11.000	13.000	16.000	19.000	22.000
CORRENTE A VUOTO I ₀	%	1	0,9	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4
TENSIONE DI C.T.O C.T.O V _{cc}	%	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
CORRENTE DI INSERZIONE I _{E/IN}		11,5	10,5	10,00	9,5	9,5	9	9	8,5	8,5	8	8	7,5
RENDIMENTO A 75°C													
COSφ 1 CARICO 100%	%	98,15	98,36	98,60	98,83	98,84	98,96	99,06	99,09	99,15	99,17	99,21	99,27
COSφ 1 CARICO 75%	%	98,45	98,65	98,83	99,01	99,03	99,13	99,20	99,23	99,28	99,30	99,34	99,38
COSφ 0,9 CARICO 100%	%	97,90	98,14	98,41	98,67	98,68	98,82	98,93	98,96	99,04	99,06	99,10	99,17
COSφ 0,9 CARICO 75%	%	98,25	98,47	98,68	98,88	98,90	99,01	99,10	99,13	99,19	99,21	99,25	99,30
CADUTA DI TENSIONE A 75°C													
COSφ 1 CARICO 100%	%	1,74	1,59	1,36	1,16	1,16	1,05	0,96	0,95	0,89	0,88	0,84	0,79
COSφ 0,9 CARICO 100%	%	4,04	3,93	3,75	3,59	3,59	3,5	3,43	3,41	3,36	3,36	3,33	3,28
RUMORE													
POT. ACUSTICA (L _{wa})	dB(A)	51	54	57	60	62	64	65	67	68	70	71	74

DIMENSIONI E PESI (INDICATIVI)
Senza Box protezione IP 00
Con Box protezione IP 31


TENSIONE DI ISOLAMENTO 24 kV		100	160	250	400	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
LUNGHEZZA (A)	mm	1.100	1.150	1.250	1.450	1.650	1.650	1.650	1.900	1.900	1.900	1.900	2.200
PROFONDITÀ (B)	mm	650	650	650	800	1.000	1.000	1.000	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
ALTEZZA (C)	mm	1.200	1.350	1.400	1.550	1.750	1.850	1.950	2.050	2.150	2.250	2.400	2.550
INTERASSE RUOTE (D)	mm	520	520	670	670	820	820	820	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
DIAMETRO RUOTE	mm	100	100	100	100	160	160	160	160	160	160	160	160
PESO	kg	700	850	1.150	1.600	1.900	2.350	2.750	3.100	3.700	4.400	5.250	6.250
ESECUZIONE IP31			TIPO 1		TIPO 2		TIPO 3		TIPO 4		TIPO 5		
LUNGHEZZA (L)	mm		1700		1950		2200		2500		2800		
PROFONDITÀ (P)	mm		1000		1200		1300		1500		1500		
ALTEZZA (H)	mm		1850		2000		2400		2650		2900		
PESO ARMADIO	kg		220		260		320		360		400		

Figura 5 – Caratteristiche costruttive del trasformatore BT/MT

3.5 Cablaggi elettrici

I cavi utilizzati nella progettazione sono alimentati sia da sistemi in bassa tensione in corrente continua e alternata e sia in media (20 kV) tensione. I cavi utilizzati nella sezione in corrente continua ed alternata in BT, rispetteranno le seguenti caratteristiche riportate di seguito:

- tensione massima compatibile con quella del sistema elettrico;
- il dimensionamento dei cavi elettrici sarà dettato dall'esigenza di limitare la caduta di tensione e, quindi, le perdite di potenza. Ai sensi della guida CEI 82-25, si deve limitare la caduta di tensione sul lato corrente continua sotto al 2%;
- saranno adatti per posa esTerna e direttamente interrata (resistenza all'acqua, al gelo, al calore e agli agenti chimici, resistività agli urti);

A seconda che i cavi siano esposti o meno alla luce solare verranno realizzati i seguenti collegamenti:

- in serie tra i moduli fotovoltaici a formare stringhe e tra le stringhe ed il proprio inverter, in cui saranno impiegati cavi solari del tipo TECSUN (PV) PV1-F 0,6/1kV AC (o similari), in grado di assicurare la funzionalità nel tempo anche in presenza di tratti irraggiati direttamente dalla luce solare. Tali cavi saranno posati principalmente lungo canaline metalliche forate sottostanti le strutture metalliche dei moduli, aventi una sezione di 6 mmq;
- tra la singola stringa e l'inverter, mediante cavi unipolari del tipo TECSUN (PV) PV1-F 0,6/1kV AC (o similari), opportunamente fissati sotto le strutture dei moduli. Il percorso avverrà principalmente su canaline metalliche e per brevi tratti interrato, fino all'inverter, con una sezione di 6 mmq;
- fra gli inverter ed il quadro BT all'interno della cabina di trasformazione BT/MT, nei quali si impiegheranno cavi di tipo tradizionale direttamente interrati, ad esempio del tipo FG16R16 0,6/1 kV (o similari) in quanto sono solitamente non soggetti all'irraggiamento diretto da luce solare e possono essere direttamente interrati. Le sezioni calcolate sono le seguenti: 150+1G90 mmq e 240+1G120 mmq;
- tra:
 - 1) le cabine di trasformazione,
 - 2) la cabina di trasformazione e la cabina di consegna,verranno utilizzati cavi del tipo ARE4H5(AR)E (o similari) unipolari, con conduttore in alluminio, del tipo "air-bag", conformi alla specifica TERNA DC4385 e disposti a trifoglio. Per i collegamenti elettrici saranno utilizzate sezioni da 50 e 185 mmq;
- infine fra:
 - 3) le cabine di consegna a "lobo" tra di loro,
 - 4) le cabine di consegna con la cabina di sezionamento 2,
 - 5) le due cabine di sezionamento,
 - 6) la cabina di sezionamento 1 con la CP,verranno utilizzati cavi del tipo ARE4H5EX (o similari) unipolari o tripolari, con conduttore in alluminio, cordati ad elica visibile, conformi alla specifica TERNA DC4385 e disposti a trifoglio. Per i collegamenti elettrici verranno utilizzate sezioni da 185 mmq.

Per maggiori dettagli sulle sezioni dei cavi scelti e sui calcoli del dimensionamento elettrico, si rimanda alla relazione tecnica elettrica FRV-VTB-RTE. Di seguito le caratteristiche tecniche ed elettriche delle tipologie di cavi utilizzate per i collegamenti in BT ed MT nell'impianto fotovoltaico:

- Cavo Tecsun 0,6/1 kV

BASSA TENSIONE - ENERGIA SOLARE / *LOW VOLTAGE - SOLAR ENERGY*

TECSUN (PV) PV1-F 0,6/1 kV AC (1,5 kV DC)



Cavi PV con isolante in gomma e certificazione TÜV e VDE
PV cables, rubber insulated, TÜV and VDE certified

Norma di riferimento

TÜV 2 PFG 1169/08.2007 e requisiti per cavi per sistemi fotovoltaici, DKE/VDE AK 411.2.3

Certificazioni / Approvazioni

Certificazione N. R 60013989 di TÜV; Registrazione VDE N. 7985

Descrizione del cavo

Conduttore

Rame stagnato, flessibile, secondo IEC 60228 classe 5

Isolante

HEPR reticolato 120 °C (miscela tipo EI6/EI8)

Identificazione anima

Colore naturale

Guaina

Gomma EVA reticolata 120 °C (miscela tipo EM4/EM8)

Isolante e guaina saldamente aderenti (isolamento a doppio strato)

Colori della guaina

Nero, rosso, blu

Schermo a treccia di protezione

Tipo TECSUN (PV) (C), con treccia aggiuntiva in fili di rame stagnato (copertura della superficie > 80%), quale elemento di protezione contro roditori o urti accidentali

Marcatura

TECSUN (PV) PV1F

Standard

TÜV 2 PFG 1169/08.2007 and requirements for cables for PV systems, DKE/VDE AK 411.2.3

Certification / Approvals

TÜV Cert.-No. R 60013989; VDE-Reg.No. 7985

Design features

Conductor

Tinned copper, flexible, according to IEC 60228 class 5

Insulation

Cross-linked HEPR 120°C (compound type EI6/EI8)

Core identification

Natural colour

Sheath

Cross-linked EVA rubber 120°C (compound type EM4/EM8).

Insulation and sheath are solidly bonded (Two-layer-insulation)

Sheath-colours

Black, red, blue

Protective Braid Screen

TECSUN(PV) (C) with additional braid made of tinned copper wires (surface coverage > 80%), as a protective element against rodents or impact

Marking

TECSUN (PV) PV1F

numero anime per sezione	colore	numero componente	diametro massimo conduttore	diametro minimo esterno	diametro massimo esterno	raggio curvatura minimo posa fissa	peso indicativo	carico rottura massimo garantito	resistenza massima conduttore a 20°C	portata corrente singolo cavo libero in aria *	portata corrente singolo cavo su superficie *	corrente corto circuito (I _s da 90°C a 250°C)
<i>numbers of cores x cross section</i>	<i>colour</i>	<i>part number</i>	<i>conductor diameter max.</i>	<i>outer diameter min.</i>	<i>outer diameter max.</i>	<i>bending radius fixed min.</i>	<i>weight (ca.)</i>	<i>permissible tensile force max.</i>	<i>conductor resistance at 20° C max.</i>	<i>current carrying capacity for single cable free in air *</i>	<i>current carrying capacity for single cable on a surface *</i>	<i>short circuit current (I_s from 90°C to 250°C)</i>
			mm	mm	mm	mm	kg/km	N	Ω/km	A	A	kA
1x1,5	nero/black	20014125	1,6	4,4	4,8	14,4	34	23	13,7	30	29	0,21
1x1,5	blu/blue	20004366	1,6	4,4	4,8	14,4	33	23	13,7	30	29	0,21
1x1,5	rosso/red	20004367	1,6	4,4	4,8	14,4	33	23	13,7	30	29	0,21
1x2,5	nero/black	20004369	1,9	4,7	5,1	15,3	44	38	8,21	41	39	0,36
1x2,5	blu/blue	20004370	1,9	4,7	5,1	15,3	44	38	8,21	41	39	0,36
1x2,5	rosso/red	20004372	1,9	4,7	5,1	15,3	44	38	8,21	41	39	0,36
1x4	nero/black	20004374	2,4	5,2	5,6	16,8	59	60	5,09	55	52	0,57
1x4	blu/blue	20004377	2,4	5,2	5,6	16,8	59	60	5,09	55	52	0,57
1x4	rosso/red	20004379	2,4	5,2	5,6	16,8	59	60	5,09	55	52	0,57
1x6	nero/black	20004382	2,9	5,7	6,13	18,3	81	90	3,39	70	67	0,86
1x6	blu/blue	20004385	2,9	5,7	6,1	18,3	78	90	3,39	70	67	0,86
1x6	rosso/red	20004388	2,9	5,7	6,1	18,3	78	90	3,39	70	67	0,86
1x10	nero/black	20004391	4	6,8	7,2	21,6	120	150	1,95	98	93	1,43
1x16	nero/black	20004394	5,6	8,3	8,9	36	190	240	1,24	132	125	2,29
1x25	nero/black	20008077	6,4	10	10,7	43	280	375	0,795	176	167	3,58
1x35	nero/black	20008078	7,5	11,1	11,8	47	380	525	0,565	218	207	5,01
1x50	nero/black	20004396	9	12,6	13,3	53	530	750	0,393	276	262	7,15
1x70	nero/black	20024634	10,8	14,8	15,8	61	720	1050	0,277	347	330	10,01
1x95	nero/black	20004397	12,6	16,2	17	68	900	1425	0,21	416	395	13,59
1x120	nero/black	20008826	14,2	17,7	18,7	75	1150	1800	0,164	488	464	17,16
1x150	nero/black	20008828	15,8	19,7	20,7	83	1420	2250	0,132	566	538	21,45
1x185	nero/black	20038266	17,4	21,3	22,3	89	1710	2775	0,108	644	612	26,46
1x240	nero/black	20008079	20,4	24,2	25,5	102	2200	3600	0,082	775	736	34,32

Figura 6 – Scheda tecnica del cavo solare 0,6/1 kV

- Scheda Cavo in BT in Rame del tipo FG16R16 0,6/1 kV

BASSA TENSIONE - CAVI PVC A NORMA CPR / LOW VOLTAGE - CPR-COMPLIANT PVC CABLES

FG16R16 0,6/1 kV G16TOP

Cca - s3, d1, a3



In accordo alla normativa Europea Prodotti da Costruzione CPR

According to the requirements of the European Construction Product Regulation CPR

Norma di riferimento
CEI UNEL 35318

Standard
CEI UNEL 35318

Descrizione del cavo

Anima

Conduttore a corda rotonda flessibile di rame rosso ricotto

Isolante

Gomma HEPR ad alto modulo qualità G16 che conferisce al cavo elevate caratteristiche elettriche, meccaniche e termiche

Colori delle anime

- nero

Rivestimento interno

Riempitivo/guainetta di materiale non igroscopico

Guaina

In PVC speciale di qualità R16, colore grigio

Marcatura

Stampigliatura ad inchiostro ogni 1 m:

PRYSMIAN (G) FG16R16 G16 TOP 0.6/1 kV 1x...

Cca-s3,d1,a3 IEMMEQU EFP anno

Marcatura metrica progressiva

Cable design

Core

Stranded flexible annealed bare copper conductor

Insulation

High module HEPR rubber G16 type with higher electrical, mechanical and thermal performances

Core identification

- black

Bedding

Filler/sheath non hygroscopic material

Sheath

Special PVC grey outer sheath, R16 type grey colour

Marking

Ink marking each meter interval on the outer sheath:

PRYSMIAN (G) FG16R16 G16 TOP 0.6/1 kV 1x...

Cca-s3,d1,a3 IEMMEQU EFP year

Progressive metric marking

Conforme ai requisiti previsti dalla Normativa Europea Prodotti da Costruzione (CPR UE 305/11)

Compliant with the requirements of European Construction Product Regulation (CPR UE 305/11)

Applicazioni

Cavi adatti all'alimentazione elettrica in costruzioni ed altre opere di ingegneria civile con l'obiettivo di limitare la produzione e la diffusione di fuoco e di fumo, rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR).

Applications

Cables suitable for electrical power systems in constructions and other civil engineering buildings, in order to limit fire and smoke production and spread, in accordance with the European Construction Product Regulation (CPR).

FG16R16

sezione nominale	di diametro indicativo conduttore	spessore medio isolante	di diametro esterno massimo	peso indicativo del cavo	resistenza massima a 20 °C in c. c.	30 °C in aria	portata di corrente (A) con temperatura ambiente di 20 °C	portata di corrente (A) con temperatura ambiente di 20 °C	portata di corrente (A) con temperatura ambiente di 20 °C	raggio minimo di curvatura	
<i>conductor cross-section</i>	<i>approximate conductor diameter</i>	<i>average insulation thickness</i>	<i>maximum outer diameter</i>	<i>approx. weight</i>	<i>maximum DC resistance at 20 °C</i>	<i>in open air at 30 °C</i>	<i>permissible current rating (A) in buried duct at 20 °C</i>	<i>permissible current rating (A) in buried duct at 20 °C</i>	<i>permissible current rating (A) in buried duct at 20 °C</i>	<i>minimum bending radius</i>	
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(Ω/km)		ρ=1°C m/W	ρ=1,5 °C m/W	ρ=1°C m/W	ρ=1,5 °C m/W	(mm)

1 conduttore / Single core - tab. CEI-UNEL 35318

1,5	1,5	0,7	8,2	79	13,5	24	20	22	21	35	32	74
2,5	2	0,7	8,7	94	7,98	33	28	29	27	45	39	78
4,0	2,5	0,7	9,3	112	4,95	45	37	37	35	58	51	84
6,0	3	0,7	9,9	139	3,30	58	48	47	44	73	64	89
10,0	3,9	0,7	10,9	188	1,91	80	66	63	59	97	85	98
16,0	5	0,7	11,4	227	1,21	107	88	82	77	125	110	103
25,0	6,4	0,9	13,2	331	0,780	135	117	108	100	160	141	119
35,0	7,7	0,9	14,6	425	0,554	169	144	132	121	191	169	131
50,0	9,2	1,0	16,4	579	0,386	207	175	166	150	226	199	148
70,0	11,0	1,1	17,3	784	0,272	268	222	204	184	277	244	156
95,0	12,5	1,1	24,4	989	0,206	328	269	242	217	331	292	220
120,0	14,2	1,2	22,4	1250	0,161	383	312	274	251	377	332	202
150,0	15,8	1,4	24,8	1540	0,129	444	355	324	287	420	370	223
185,0	17,5	1,6	27,2	1890	0,106	510	417	364	323	476	419	245
240,0	20,1	1,7	30,4	2410	0,0801	607	490	427	379	550	484	274
300,0	22,5	1,8	33,0	3030	0,0641	703	-	484	429	620	546	297

Figura 7 – Scheda tecnica del cavo in BT - FG16R16 0,6/1 kV

- Cavo in MT del tipo ARE4H5(AR)E 12/20 kV

ARP1H5(AR)EX *P-Laser* **AIR BAG™**
CABLE SYSTEM

Elica visibile 12/20 kV e 18/30 kV
Triplex 12/20 kV and 18/30 kV

Norma di riferimento
HD 620/IEC 60502-2

Descrizione del cavo
Anima
Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio
Semiconduttivo interno
Mescola estrusa
Isolante
Mescola in elastomero termoplastico (qualità HPTE)
Semiconduttivo esterno
Mescola estrusa
Rivestimento protettivo
Nastro semiconduttore igroespandente
Schermatura
Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale (Rmax 3Ω/Km)
Protezione meccanica
Materiale Polimerico (Air Bag)
Guaina
Polietilene: colore rosso (qualità DMP 2)
Marcatura
PRYSMIAN (**) ARP1H5(AR)EX <tensione> <sezione> <fase 1/2/3> <anno>
(**) sigla sito produttivo
Marcatura in rilievo ogni metro
Marcatura metrica ad inchiostro



Standard
HD 620/IEC 60502-2

Cable design
Core
Compact stranded aluminium conductor
Inner semi-conducting layer
Extruded compound
Insulation
Thermoplastic elastomer compound (type HPTE)
Outer semi-conducting layer
Extruded compound
Protective layer
Semiconductive watertight tape
Screen
Aluminium tape longitudinally applied (Rmax 3Ω/Km)
Mechanical protection
Polymeric material (Air Bag)
Sheath
Polyethylene: red colour (DMP 2 type)
Marking
*PRYSMIAN (**) ARP1H5(AR)EX <rated voltage> <cross-section> <phase 1/2/3> <year>*
(**) production site label
Embossed marking each meter
Ink-jet meter marking

ARP1H5(AR)EX *P-Laser* **AIR BAG™**
CABLE SYSTEM

Elica visibile 12/20 kV e 18/30 kV
Triplex 12/20 kV and 18/30 kV

Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARP1H5(AR)EX

sezione nominale	diámetro conduttore	diámetro sull'isolante	diámetro esterno nominale	peso del cavo	raggio minimo di curvatura
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	weight	minimum bending radius
(mm²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)
50	8,2	10,0	31	2150	660
70	9,7	19,1	32	2420	680
95	11,4	20,6	34	2760	720
120	12,9	22,1	35	3130	740
150	14,0	23,4	37	3460	780
185	15,8	25,6	39	3990	820
240	18,2	27,8	41	4700	870
300	20,8	31,0	45	5520	950

sezione nominale	posa in aria	posa interrata
conductor cross-section	open air installation	underground installation
(mm²)	(A)	(A)
50	193	173
70	240	215
95	292	255
120	338	291
150	381	325
185	439	369
240	520	430
300	601	487

Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV

50	8,2	10,0	31	2150	660
70	9,7	19,1	32	2420	680
95	11,4	20,6	34	2760	720
120	12,9	22,1	35	3130	740
150	14,0	23,4	37	3460	780
185	15,8	25,6	39	3990	820
240	18,2	27,8	41	4700	870
300	20,8	31,0	45	5520	950

Caratt. elettriche / Electrical charact. - 12/20 kV

50	193	173	133
70	240	215	163
95	292	255	196
120	338	291	223
150	381	325	250
185	439	369	283
240	520	430	330
300	601	487	374

Figura 8 – Scheda tecnica del cavo ad elica cordata in MT del tipo "air-bag"

- Cavo ARE4H5EX 12/20 kV

ARE4H5EX COMPACT

Elica visibile 12/20 kV e 18/30 kV
Triplex 12/20 kV and 18/30 kV

Norma di riferimento
HD 620/IEC 60502-2

Descrizione del cavo
Anima
Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio
Semiconduttivo interno
Mescola estrusa
Isolante
Mescola di polietilene reticolato (qualità DIX 8)
Semiconduttivo esterno
Mescola estrusa
Rivestimento protettivo
Nastro semiconduttore igroespandente
Schermatura
Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale (Rmax 3Ω/Km)
Guaina
Polietilene: colore rosso (qualità DMP 2)
Marcatura
PRYSMIAN ()** ARE4H5EX <tensione> <sezione> <fase 1/2/3> <anno>

(**) sigla sito produttivo

Marchatura in rilievo ogni metro
Marchatura metrica ad inchiostro

Applicazioni
Il cavo rispetta le prescrizioni della norma HD 620 per quanto riguarda l'isolante; per tutte le altre caratteristiche rispetta le prescrizioni della IEC 60502-2.



Standard
HD 620/IEC 60502-2

Cable design
Core
Compact stranded aluminium conductor
Inner semi-conducting layer
Extruded compound
Insulation
Cross-linked polyethylene compound (type DIX 8)
Outer semi-conducting layer
Extruded compound
Protective layer
Semiconductive watertight tape
Screen
Aluminium tape longitudinally applied (Rmax 3Ω/Km)
Sheath
Polyethylene: red colour (DMP 2 type)
Marking
PRYSMIAN ()** ARE4H5EX <rated voltage> <cross-section> <phase 1/2/3> <year>

(**) production site label

Embossed marking each meter
Ink-jet meter marking

Applications
According to the HD 620 standard for insulation, and the IEC 60502-2 for the other characteristics.

ARE4H5EX COMPACT

Elica visibile 12/20 kV e 18/30 kV
Triplex 12/20 kV and 18/30 kV

Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARE4H5EX

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura	sezione nominale	portata di corrente in aria	posa interrata a trifoglio p=1 °C m/W	posa interrata a trifoglio p=2 °C m/W
<i>conductor cross-section</i>	<i>conductor diameter</i>	<i>diameter over insulation</i>	<i>nominal outer diameter</i>	<i>approximate weight</i>	<i>minimum bending radius</i>	<i>conductor cross-section</i>	<i>open air installation</i>	<i>underground installation trefoil p=1 °C m/W</i>	<i>underground installation trefoil p=2 °C m/W</i>
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(mm ²)	(A)	(A)	(A)
50	8,2	19,9	28	1730	550	50	186	175	134
70	9,7	20,8	29	1940	570	70	230	214	164
95	11,4	22,1	30	2230	590	95	280	256	197
120	12,9	23,2	32	2510	630	120	323	291	223
150	14,0	24,3	33	2800	660	150	365	325	250
185	15,8	26,1	35	3260	700	185	421	368	283
240	18,2	28,5	37	3930	740	240	500	427	328
300	20,8	31,7	42	4730	820	300	578	483	371

Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV

50	8,2	19,9	28	1730	550
70	9,7	20,8	29	1940	570
95	11,4	22,1	30	2230	590
120	12,9	23,2	32	2510	630
150	14,0	24,3	33	2800	660
185	15,8	26,1	35	3260	700
240	18,2	28,5	37	3930	740
300	20,8	31,7	42	4730	820

Caratt. elettriche / Electrical charact. - 12/20 kV

50	186	175	134
70	230	214	164
95	280	256	197
120	323	291	223
150	365	325	250
185	421	368	283
240	500	427	328
300	578	483	371

Figura 9 – Scheda tecnica del cavo cordato ad elica visibile in MT protetto da tubazione

4. PROTEZIONE CONTRO I SOVRACCARICHI

Sono previsti dispositivi di protezione che interrompono le possibili correnti di sovraccarico nei conduttori elettrici prima che tali correnti possano provocare un riscaldamento nocivo all'isolamento, ai collegamenti, ai terminali o all'ambiente circostante le condutture. Le caratteristiche delle protezioni sono state dimensionate per rispondere alle seguenti condizioni:

$$I_b < I_n < I_z$$

$$I_f < 1,45 * I_z$$

dove:

- I_b è la corrente d'impiego del circuito
- I_n è la corrente nominale del dispositivo di protezione
- I_z è il valore della portata del cavo
- I_f è il valore della corrente di funzionamento del dispositivo di protezione

Quando lo stesso dispositivo di protezione protegge diversi conduttori in parallelo, si assume per I_z la somma delle portate dei singoli conduttori, a condizione tuttavia che i conduttori siano disposti in modo da portare correnti sostanzialmente uguali. La rilevazione delle sovracorrenti è prevista per tutti i conduttori di fase.

4.1 Protezione contro i cortocircuiti

Sono previsti dispositivi di protezione per interrompere le correnti di cortocircuito dei conduttori prima che tali correnti possano diventare pericolose a causa degli effetti termici e meccanici prodotti nei conduttori, nelle connessioni e nelle apparecchiature. I dispositivi di protezione contro i cortocircuiti (interruttori automatici con sganciatori magnetici, fusibili di tipo gG o aM) sono scelti in modo da soddisfare le due seguenti condizioni:

- il potere di interruzione del dispositivo non deve essere inferiore alla corrente di cortocircuito presunta di installazione;
- le correnti provocate da un cortocircuito devono essere interrotte in un tempo non superiore a quello che porta i conduttori alla temperatura limite ammissibile.

La formula approssimata (a favore della sicurezza) verificata ai fini del soddisfacimento delle condizioni di cui sopra è la seguente:

$$K^2 S^2 (A s^2) > I^2 t$$

dove:

- $I^2 t$ è l'energia specifica passante lasciata passare dal dispositivo di protezione (dato rilevabile dalle caratteristiche di intervento fornite dal costruttore);
- $K^2 S^2$ è l'energia specifica dissipata in calore dal conduttore ovvero sopportabile dal cavo;
- S è la sezione del conduttore in mm²
- K è una costante dipendente dal materiale conduttore e dal tipo di isolante: 115 per cavi in rame isolati in PVC, 135 per cavi in rame isolati in gomma naturale e butilica e 143 per cavi in rame isolati in gomma etilenpropilenica e propilene reticolato.

4.2 Grado d'isolamento

Il grado di isolamento minimo dei conduttori sarà pari a:

- 0,6/1000 V per la parte di impianto BT in continua e alternata;
- 24 kV per la sezione d'impianto in MT, in alternata.

4.3 Posa dei cavi

Durante la posa dei cavi nello scavo, devono essere prese precauzioni per non danneggiare il cavo. Le preoccupazioni maggiori riguardano il raggio di curvatura, la temperatura di posa e le sollecitazioni a trazione. Per i cavi utilizzati nella progettazione dell'impianto FV:

- *il raggio di curvatura non deve essere inferiore a 9 volte il diametro esterno del cavo in BT e a 14 volte per i cavi in MT;*
- *la temperatura del cavo (con guaina in PVC) non deve essere inferiore a 0 °C, durante la posa, poiché a bassa temperatura il PVC diventa fragile e piegandolo si fessura;*
- *la forza di trazione necessaria per posare il cavo, specie nei tubi e polifore, deve essere applicata ai conduttori (non all'isolante) e non deve superare 60 N/mm² per conduttori in rame. In rettilineo, la forza di trazione, o tiro, T (N) di un cavo vale:*

$$T = 10 L p f$$

dove L (m) è la lunghezza del cavo, p (kg/m) è la massa di un metro di cavo ed f è il coefficiente di attrito, pari a 0,25 per posa in tubi in PVC e 0,2 per posa su rulli (posa "a cielo aperto"). Una volta terminata la posa del cavo, prima di sigillare le teste è necessario tagliare uno o due metri di cavo alle due estremità (o almeno a quella di tiro), poiché potrebbero aver subito danni meccanici e/o infiltrazioni di umidità.

4.3.1 Pressacavi

I pressacavi di materiale termoplastico saranno del tipo autoestinguente (V2 secondo UL 94) e resistenti al filo incandescente a 850 °C secondo le norme IEC 695-2-1. I pressacavi saranno muniti di anello di tenuta e di controdado e sono da impiegare nei collegamenti diretti cavo scatola o cavo apparecchiatura, senza tubo o guaina di protezione.

4.3.2 Forza motrice

E' previsto l'utilizzo di una fornitura esterna per l'alimentazione degli ausiliari dell'impianto fotovoltaico. All'interno delle cabine verranno installate alcune prese di servizio di tipo UNEL e biprese, le quali saranno alimentate da conduttori a semplice isolamento posati in tubazioni in PVC posati a vista. Gli apparecchi di comando (interruttori, deviatori ecc.) da installare saranno del tipo ad un modulo con fissaggio a scatto sulla apposita sottopacca in materiale isolante. I contatti dovranno garantire una portata nominale di 16 A a 230 V. I morsetti dovranno consentire di cablare conduttori con sezione minima di 2,5 mm², dotati di piastrina con viti a taglio combinato con doppia sede onde consentire eventuali cavallotti tra diversi interruttori.

Le prese a spina da 10 a 16 A saranno protette da tegoli in materiale isolante che impediscono il contatto anche volontario con le parti in tensione. Saranno provviste di polo centrale di terra per la connessione del conduttore di protezione. Potranno essere

impiegate prese e spine conformi alle norme internazionali CEE 17 - IEC 3091 e 309-2 per usi industriali comunemente indicate come serie CEE. Per ogni esecuzione è sempre indicato anche il grado di protezione secondo la terminologia IP, conformemente alle Norme IEC 529 e CEI 70-1. Il grado di protezione si intende realizzato:

- per le prese, quando la spina è inserita o quando il coperchio è chiuso;
- per le spine, quando sono inserite nelle relative prese.

4.4 Sicurezza elettrica

L' impianto deve essere progettato affinché risponda alle normative vigenti inerenti la sicurezza e la garanzia di continuità, quali:

- continuità dell'alimentazione elettrica;
- minimizzazione dei disservizi ottenuta con la settorializzazione della distribuzione ed una rigida selettività delle protezioni;
- sicurezza antinfortunistica e antincendio ottenuta con l'impiego delle più moderne tecniche di protezione contro i contatti diretti ed indiretti e di materiali con idonei gradi di protezione in funzione delle varie classi di pericolosità degli ambienti.

I sistemi utilizzatori vengono classificati in relazione al collegamento verso terra. In tal caso si distinguono in sistemi di tipo TN, TT e IT, e anche per gli impianti fotovoltaici può essere utilizzata la stessa tipologia descrittiva.

Il generatore fotovoltaico in dc può essere gestito come sistema IT (I, isolamento da terra delle parti attive e T, collegamento diretto a terra delle masse) in questo caso il neutro del trasformatore d'isolamento che realizza la separazione galvanica tra lato corrente continua (sorgente) e lato aTernata (MT) non è connesso a terra. Tale separazione elettrica, ha lo scopo di impedire la richiusura delle correnti di guasto, e non prevede quindi il collegamento a terra del generatore fotovoltaico, che sarà quindi di tipo flottante. L'involucro dell'inverter e le altre masse sono portati a terra con il PE (conduttore di protezione).

I circuiti ausiliari di alimentazione sono gestiti invece come sistema TT e per questo motivo sono presenti dei dispositivi di protezione dai contatti indiretti, sensibili ad una possibile dispersione verso terra in caso di guasto. In considerazione del fatto che è presente una rete bt gestita come Sistema IT, la norma CEI 64-8 impone per tali sistemi l'utilizzo di un sistema di monitoraggio continuo dell'isolamento in grado di segnalare un eventuale guasto e quindi un aumento del rischio elettrico.

4.5 Impianto di terra

Un impianto di terra di un sistema elettrico è per definizione l'insieme dei dispersori, dei conduttori di terra, dei collettori (o nodi) di terra e dei conduttori di protezione ed equipotenziali destinati a realizzare la messa a terra di protezione e/o di funzionamento.

I componenti dell'impianto di terra sono di seguito definiti.

Dispensore di terra

I materiali consentiti sono il rame, l'acciaio rivestito di rame, materiali ferrosi zincati e le dimensioni del dispersore devono essere tali da assicurarne la durata prevista. Nel caso di picchetti profilati o corde di rame nude le dimensioni minime ammesse sono le seguenti:

- conduttore cordato in rame di sezione minima di 35 mmq;
- picchetto in profilato di rame o di acciaio zincato a caldo con misure: 50x50x5 mm.

Conduttore di terra

Il conduttore di terra collega i dispersori tra di loro e al collettore di terra; essi devono avere un percorso breve e non devono essere sottoposti a sforzi meccanici e nemmeno essere soggetti al pericolo di corrosione e di logoramento meccanico.

Collettore di terra

Il collettore di terra è costituito da un morsetto o più comunemente da una sbarra di rame. Al collettore di terra devono essere collegati il conduttore di terra, i conduttori di protezione e i collegamenti equipotenziali principali. In uno stesso impianto possono essere usati due o più collettori di terra.

Al di sotto della vasca delle cabine sarà realizzata una rete equipotenziale di terra secondo quanto riportato negli elaborati grafici. Al collettore di terra in piatto di rame, dovranno essere collegati:

- le incastellature ed il mensolame destinati al sostegno di isolatori o di apparecchiature elettriche;
- tutti i ripari metallici;
- le carcasse dei trasformatori;
- la carcassa e le leve di manovra dell'interruttore e dei sezionatori;
- le protezioni metalliche dei cunicoli ed eventuali pozzetti;
- gli eventuali serramenti metallici del locale (porte, telai, griglie di aerazione, finestre, ecc);

5. PROTEZIONE CONTRO LE SOVRATENSIONI

Le sovratensioni, legate principalmente al fenomeno della scarica atmosferica verso terra, possono costituire un pericolo per la sicurezza delle persone e provocare perdite economiche ingenti. I fulmini intercettati direttamente dalla struttura possono generare:

- Tensioni di passo e contatto all'esterno della struttura;
- Incendi all'interno della struttura;
- Sovratensioni sugli impianti interni ed esterni.

I fulmini a terra possono generare:

- incendi all'interno della struttura per fulminazione diretta della linea elettrica;
- sovratensioni sugli impianti interni per fulminazione indiretta della linea elettrica;
- sovratensioni sugli impianti interni per fulminazioni a terra in prossimità della struttura.

Le sovratensioni compromettono la sicurezza delle persone ad esempio quando innescano un incendio o danneggiano apparecchiature e/o impianti il cui mancato funzionamento può costituire un pericolo per le persone (applicazioni critiche, impianti di sicurezza, ecc.). La normativa nazionale, ha emesso regole di progettazione e realizzazione degli impianti elettrici per far fronte a questi pericoli.

La probabilità che una sovratensione sia pericolosa per le persone è funzione di molteplici parametri, pertanto richiede un'attenta analisi del rischio. Le sovratensioni sono, inoltre, una delle principali cause di danno alle apparecchiature elettriche ed elettroniche: quest'ultime, in particolare, possono essere danneggiate anche da sovratensioni di modesta ampiezza e di breve durata.

Pertanto sia sul lato in corrente continua che sul lato in corrente alternata l'impianto fotovoltaico sarà dotato di sistemi di protezione attiva (SPD - Surge Protection Device) installati all'interno di ogni specifico inverter costituente il gruppo di conversione - che provvedono alla protezione da sovratensioni sia di origine esterna che di origine interna. La rete di terra completerà il sistema di protezione dalle sovratensioni.

6. MISURE DI PROTEZIONE PER LA CONNESSIONE ALLA RETE IN MT

I criteri e le modalità per la connessione alla RTN saranno conformi a quanto prescritto dalle normative CEI 11-20, CEI 0-16, CEI 82-25, per clienti produttori dotati di generatori che entrano in parallelo continuativo con la rete elettrica.

L'impianto risulterà pertanto equipaggiato con un sistema di protezione che si articolerà su tre livelli:

- dispositivo del generatore: gli inverter risulteranno protetti contro il corto circuito e il sovraccarico dagli interruttori magnetotermici previsti nei quadri di parallelo. Il riconoscimento della presenza di guasti interni provocherà l'immediato distacco dell'inverter dalla rete elettrica di distribuzione;
- dispositivo di interfaccia: dovrà provocare il distacco dell'intero sistema di generazione in caso di guasto sulla rete elettrica. Il dispositivo di interfaccia (DI) cioè, determina la sconnessione dell'impianto di generazione in caso di mancanza di tensione sulla rete di trasmissione nazionale. La protezione di interfaccia, agendo sull'omonimo dispositivo, sconnette quindi l'impianto di produzione dalla rete elettrica evitando che:
 - in caso di mancanza dell'alimentazione della rete, il cliente produttore possa alimentare la rete stessa;
 - in caso di guasto sulla rete, il cliente produttore possa continuare ad alimentare il guasto stesso inficiando l'efficacia delle richiuse automatiche, ovvero che l'impianto di produzione possa alimentare i guasti sulla rete prolungandone il tempo di estinzione e pregiudica l'eliminazione del guasto stesso con possibili conseguenze sulla sicurezza;
 - in caso di richiuse automatiche o manuali di interruttori della rete elettrica, il generatore possa trovarsi in discordanza di fase con la rete con possibilità di rotture meccaniche. Le protezioni di interfaccia sono costituite essenzialmente da relè di frequenza, di tensione ed, eventualmente, di massima tensione omopolare.

PROTEZIONE
Massima tensione
Minima tensione
Massima frequenza
Minima frequenza
(Massima tensione omopolare Vo)

Il riconoscimento di eventuali anomalie sulla rete avverrà considerando come anormali le condizioni di funzionamento al di fuori di un range di valori di tensione e frequenza prestabilite dalle normative vigenti. La protezione offerta dal dispositivo di interfaccia impedirà anche che il gruppo di conversione continui a funzionare, con particolari configurazioni di carico, anche nel caso di black-out esterno. Questo fenomeno, detto funzionamento in isola, deve essere assolutamente evitato, soprattutto perché potrebbe tradursi in condizioni di pericolo per il personale addetto alla ricerca e alla riparazione dei guasti;

- **dispositivo generale:** sarà costituito da un interruttore in esecuzione estraibile con sganciatore di apertura oppure interruttore con sganciatore di apertura e sezionatore da installare a valle del trasformatore di utenza. Avrà la funzione di salvaguardare il funzionamento della rete nei confronti di guasti nel sistema di generazione elettrica.

7. GRUPPI DI MISURA

Nell'impianto saranno previste apparecchiature di misura necessarie alla contabilizzazione dell'energia prodotta, scambiata con la rete e assorbita dai servizi ausiliari. In particolare le misure dell'energia saranno attuate in modo indipendente:

- sistema di misura dell'energia prodotta dall'impianto, posizionato in uscita dagli inverter (contatore di energia prodotta);
- misure per la contabilizzazione della energia immessa in rete;
- misure UTF destinate alla contabilizzazione della energia utilizzata in impianto e non direttamente connessa alla funzionalità di impianto.

I sistemi di misura dovranno essere conformi a tutte le disposizioni dell'autorità dell'energia elettrica e gas e alle norme CEI, in particolare saranno dotati di sistemi di sigillatura che garantiscano da manomissioni o alterazioni dei dati di misura. Inoltre saranno idonei a consentire la telelettura dell'energia elettrica prodotta da parte del distributore.

8. IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE, VIDEOSORVEGLIANZA E ANTINTRUSIONE

8.1 Illuminazione perimetrale del campo FV

L'impianto FV è dotato di un sistema di illuminazione perimetrale normalmente spenta ed in grado di attivarsi su comando locale o su input di sorveglianza. L'impianto di illuminazione sarà composta da:

- pali conici zincati a caldo, distanti circa 40 m tra di loro, di altezza massima di circa 4 mt per l'illuminazione del perimetro e completi di accessori quali asola per ingresso cavi, asola per morsettiera a conchiglia, morsettiera ad incasso con fusibile, portella da palo, bullone di messa a terra. L'altezza dei pali tiene conto anche della possibilità di installazione in zone dove c'è il rischio di ombreggiamenti sui moduli FV.

Per le lampade verranno impegnate:

- lampade a LED a basso assorbimento di energia.

L'impianto sarà tale da garantire un illuminamento medio al suolo lungo le strade perimetrali, non inferiore a 5 [lux]. Tutto l'impianto sarà realizzato in Classe II o con isolamento equivalente. Saranno installate n.82 lampade per illuminare l'area d'impianto FV.



Figura 10 – Tipico palo di sostegno per illuminazione e videosorveglianza

8.2 Impianto di videosorveglianza

Per la sorveglianza dell'impianto FV è previsto un sistema di controllo dell'area perimetrale, un controllo volumetrico della cabina di ricezione e della control room. Il sistema di videosorveglianza sarà montato sugli stessi pali in acciaio zincato fissati al suolo con plinto di fondazione in cls armato, utilizzati per l'illuminazione. Verranno installate n. 82 videocamere di sicurezza per le tre aree d'impianto FV, due su ciascun palo, alla distanza di circa 80 m.

Il sistema di videosorveglianza è complementare al sistema del cavo microforato e sarà composto indicativamente da:

- telecamere brandeggiabili auto-dome, dotate di zoom ed installate sui pali d'illuminazione dell'impianto FV, del tipo night & day;
- illuminatori ad infrarossi;
- convertitori per collegare le telecamere con cavo UTP;

- sistema di registrazione digitale;
- centrale di allarme.

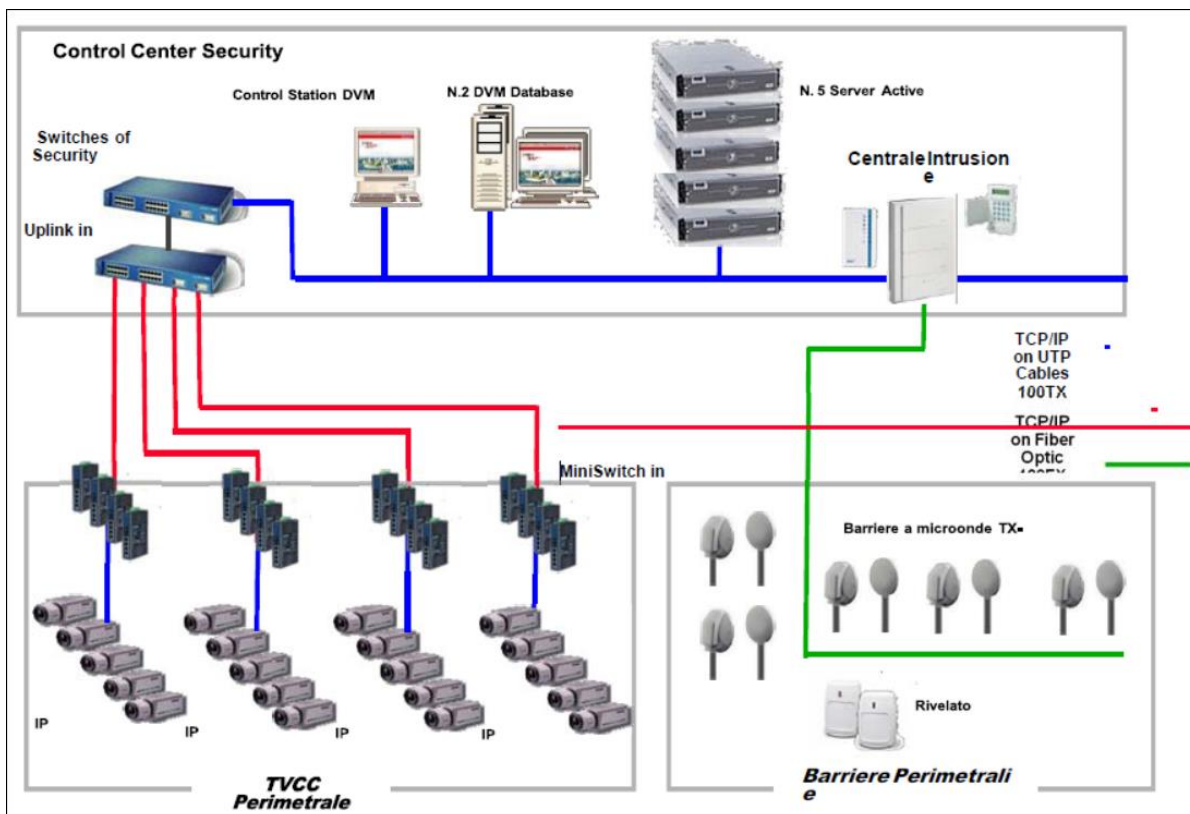


Figura 11 – Tipico dello schema di collegamento per sistemi di videosorveglianza e controllo

8.3 Impianto di rivelazione antintrusione

Si può installare, a protezione dell'impianto fotovoltaico, un sistema antifurto a fibra ottica modulare. Una centralina elettronica (master), installata nella cabina control room, verifica che l'anello di luce del cavo ottico codificato sia costantemente chiuso e controlla che l'intensità del fascio di luce sia costante. Nel caso in cui la fibra ottica venga piegata, deformata o interrotta, scatterà l'allarme ed invierà un segnale dato dalla chiusura di un contatto in grado di pilotare qualsiasi sistema di segnalazione quale un dispositivo GSM, una sirena, o interfacciarsi ad un sistema di allarmetradizionale.

Con questo sistema si possono realizzare:

- la protezione diretta dei moduli fotovoltaici;
- la protezione delle cabine;
- la protezione perimetrale del sito fotovoltaico.

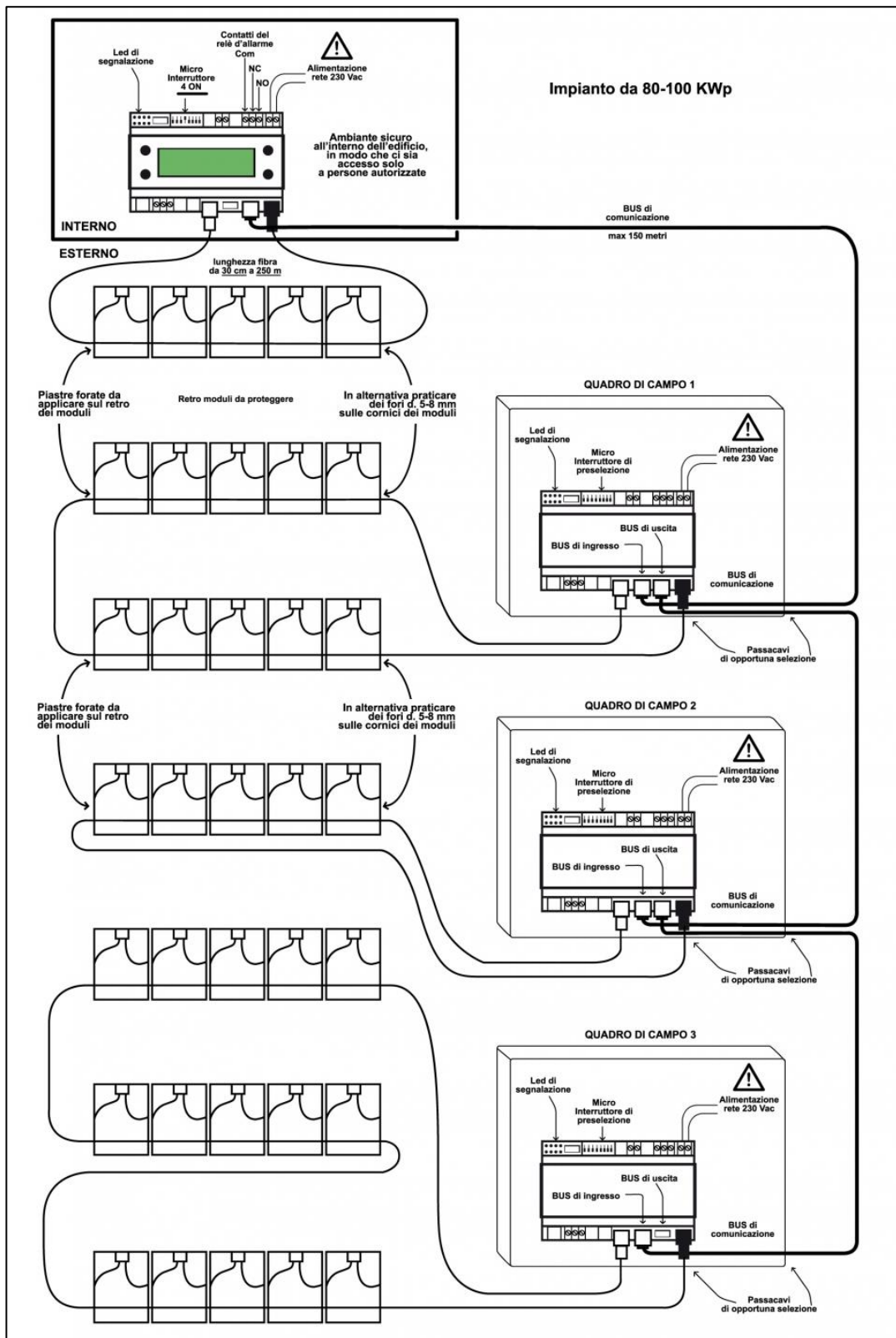


Figura 12 – Sistema di antifurto dei moduli FV

Il sistema sarà alimentato a tensione nominale pari a 230V 50Hz dal quadro servizi ausiliari e dovrà provvedere autonomamente alla distribuzione ed alimentazione di

dispositivi di ripetizione del segnale e/o di alimentazione di unità remote poste lungo il perimetro.

9. CONTROLLO E MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO FV

L'impianto fotovoltaico non richiederà, di per sé, il presidio da parte di personale preposto. La centrale, infatti, verrà esercitata, a regime, mediante il sistema di supervisione che consentirà di rilevare le condizioni di funzionamento e di effettuare comandi sulle macchine ed apparecchiature da remoto, o, in caso di necessità, di rilevare eventi che richiedano l'intervento di squadre specialistiche. Il sistema di controllo dell'impianto avverrà tramite due tipologie di controllo: controllo locale e controllo remoto.

- Controllo locale: monitoraggi tramite PC centrale, posto in prossimità dell'impianto, tramite software apposito in grado di monitorare e controllare gli inverter;
- Controllo remoto: gestione a distanza dell'impianto tramite modem GPRS con scheda di rete Data-Logger montata a bordo degli inverter. Il sistema di controllo con software dedicato, permetterà l'interrogazione in ogni istante dell'impianto, al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati, con la possibilità di visionare le funzioni di stato, comprese le eventuali anomalie di funzionamento.

Le principali grandezze controllate dal sistema saranno:

- Potenze dell'inverter;
- Tensione di campo dell'inverter;
- Corrente di campo dell'inverter;
- Radiazioni solari;
- Temperatura ambiente;
- Velocità del vento;
- Letture dell'energia attiva e reattiva prodotte. La connessione tra gli inverter e il PC avverrà tramite un box acquisizione (convertitore USB/RS485 MODBUS).

10. OPERE CIVILI

10.1 Strutture di supporto dei moduli FV

Le strutture di supporto che saranno utilizzate per il posizionamento dei moduli fotovoltaici saranno di tipo fisso, scelta valutata tenendo conto in particolar modo delle caratteristiche orografiche del terreno. Le strutture che si utilizzeranno saranno esclusivamente fondazioni a palo (monopalo/ bipalo) o a vite di ancoraggio, direttamente infisse nel terreno, in acciaio zincato. In entrambe le opzioni, la struttura di sostegno porterà tre file di moduli fotovoltaici posizionati con il lato maggiore in orizzontale, per un totale di 30 moduli in serie per il collegamento di una singola stringa, con un angolo di 30° ed un'altezza massima da terra di circa 2,9 m. Si precisa che nella fase esecutiva, e secondo le offerte del mercato, si potrà adottare un sistema di sostegno ed ancoraggio simile a quello previsto e che permetta di mantenere le caratteristiche dell'impianto fotovoltaico in progetto.

Infatti hanno la caratteristica di poter essere infisse nel terreno senza bisogno di alcun tipo di fondazione in cls, compatibilmente alle caratteristiche geotecniche del terreno e alle prove penetrometriche che verranno effettuate in fase esecutiva.

Le strutture metalliche saranno in grado di supportare il peso dei moduli anche in presenza di raffiche di vento di elevata velocità, di neve e altri carichi accidentali. Di seguito le caratteristiche tecniche delle strutture metalliche fisse da utilizzare nel seguente progetto:

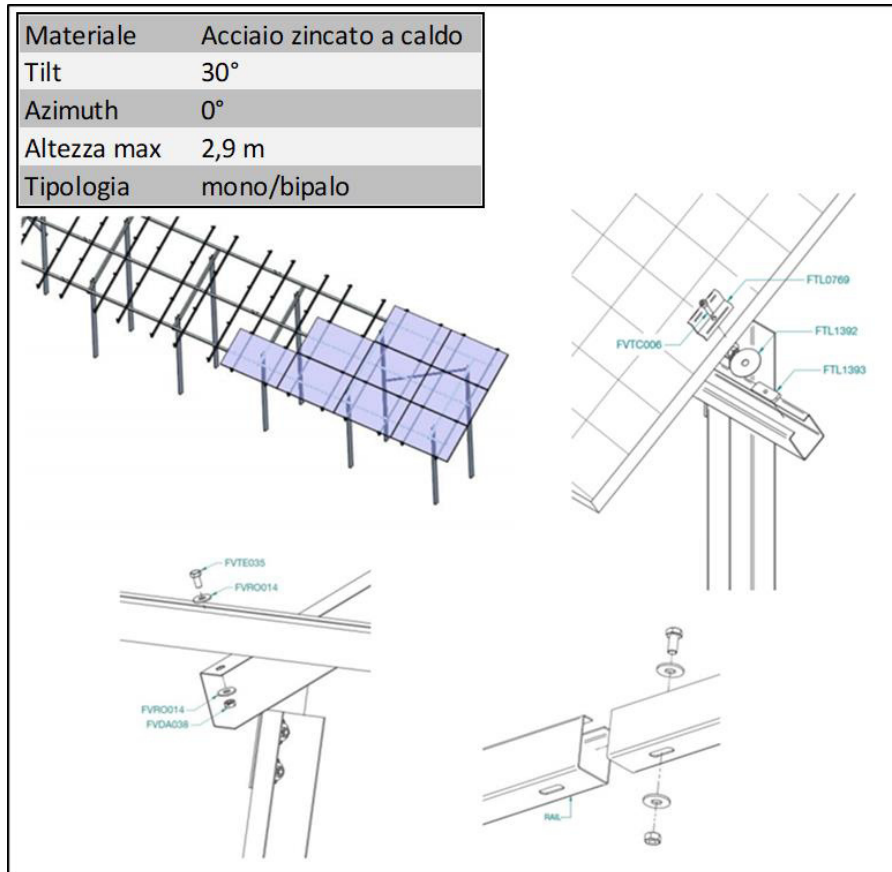


Figura 13 – Strutture metalliche di supporto dei moduli fotovoltaici

Le strutture che sostengono i moduli fotovoltaici verranno posizionate in file contigue, compatibilmente con le caratteristiche plano altimetriche puntuali del terreno; la distanza tra le file è stata valutata, al fine di evitare mutui ombreggiamenti tra i moduli, di circa 7,8 m agli assi. Le strutture di supporto dei moduli rispettano le disposizioni prescritte dalle Norme CNR-UNI, circolari ministeriali, etc. riguardanti le azioni dei fenomeni atmosferici, e le Norme vigenti riguardanti le sollecitazioni sismiche.

10.2 Cabine di trasformazione BT/MT (CT)

In Figura 14 è riportata una generica cabina di trasformazione (con vista senza pareti), prefabbricata, con all'interno i relativi componenti elettrici in BT e MT. Essa è suddivisa in n.3 locali in cui, il locale centrale contiene n.2 trasformatori trifase aventi le seguenti caratteristiche tecniche:

- del tipo DYn11,
- rapporto di trasformazione pari a 800/20000 V,
- potenza pari a 2000 kVA,
- tensione d'isolamento pari a 24 kV,
- Vcc% pari al 6%.

Nei locali laterali sono alloggiati i quadri in BT e MT, per il collegamento rispettivamente con gli inverter e le cabine elettriche di trasformazione e/o utente. Sono previste n.8 cabine di trasformazione, due per ciascun impianto del lotto.

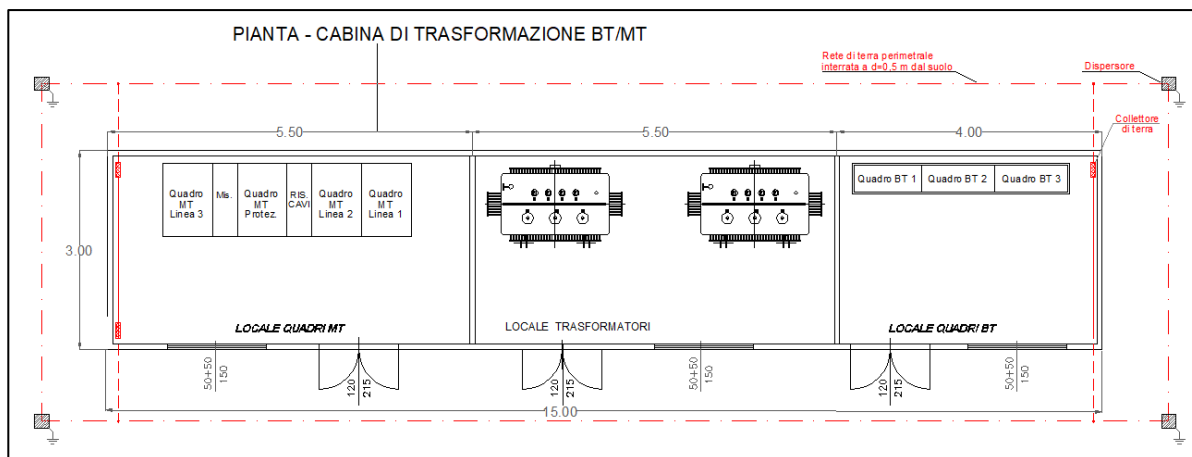


Figura 14 – Cabina di trasformazione BT/MT-Pianta e dispositivi elettromeccanici

Le dimensioni della generica cabina di trasformazione sono circa: 15x3,0x2,7 m. Si rimanda alla tavola tecnica FRV-VTB-IE.04 per maggiori dettagli.

10.3 Cabine di consegna (CC)

Il manufatto sarà di tipo box secondo le specifiche ENEL DG 2092 Ed. 3, con equipaggiamento elettromeccanico completo di organi di manovra e sezionamento, eventuale trasformatore MT/BT, apparecchiature per il telecontrollo, automazione e telegestione, vano misure con contatore.

Saranno installate n.4 Cabine Elettriche di Consegna in Media Tensione per lo scambio/immissione in rete dell'energia prodotta dagli impianti FV.

Tali cabine saranno realizzate con elementi componibili prefabbricati in calcestruzzo armato vibrato o a struttura monoblocco, tali da garantire pareti interne lisce senza nervature ed una superficie interna costante lungo tutte le sezioni orizzontali, in conformità alla specifica Enel DG2092 Ed.03. Il calcestruzzo utilizzato per la realizzazione degli elementi costituenti il box, deve essere additivato con idonei fluidificanti-impermeabilizzanti al fine di ottenere adeguata protezione contro le infiltrazioni d'acqua per capillarità. Il box realizzato deve assicurare verso l'esterno un grado di protezione IP 33 Norme CEI EN 60529. A tale scopo le porte e le finestre utilizzate debbono essere del tipo omologato E-Distribuzione. La struttura sarà adibita all'alloggiamento delle apparecchiature elettromeccaniche in BT e MT. I quadri elettrici saranno posizionati su un supporto di acciaio utilizzando i supporti distanziatori unificati DS 3055. La planimetria della cabina di consegna e lo schema unifilare di connessione con le cabine di sezionamento, sono riportati nelle tavole allegate al seguente progetto. Inoltre:

- i locali E-Distribuzione devono essere dotati di un accesso diretto ed indipendente consentito solo al personale di E-Distribuzione, mentre al contiguo locale misure sarà consentito l'accesso anche al produttore e/o al proprietario dell'impianto;
- le aperture devono garantire un grado di protezione IP 33 e una adeguata ventilazione a circolazione naturale di aria;

- le tubazioni di ingresso dei cavi devono essere sigillate onde impedire la propagazione o l'infiltrazione di fluidi liquidi e gassosi;
- la struttura deve essere adeguatamente impermeabilizzata, al fine di evitare allagamenti ed infiltrazioni di acqua.

Di seguito una vista della cabina tipo in progetto:

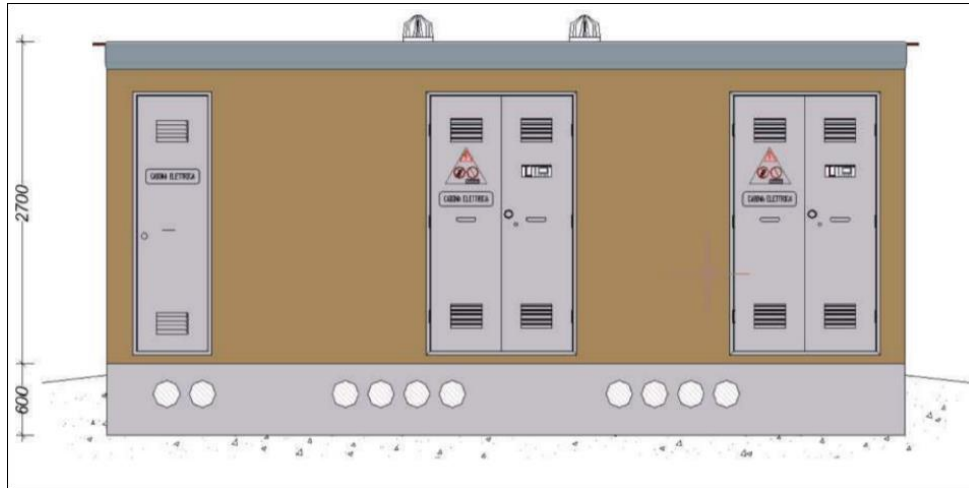


Figura 15 – Vista frontale cabina di consegna tipo

Le dimensioni delle cabine sono pari a circa 7,45x2,5x2,7 m e ciascun fabbricato sarà suddiviso in tre vani: vano consegna, vano misure e vano per eventuale trafo. Nel primo vano verranno alloggiati i sistemi di protezione in MT, i quadri in BT ed i sistemi di controllo, nel secondo vano il sistema di misura dell'energia scambiata con la rete in MT.

I quadri elettrici in MT previsti all'interno delle cabine di consegna sono i seguenti:

1) Cabina di consegna 1

- 1 scomparto Utente 16 kA isolato in SF6, del tipo Enel DY 808/6 – Matr. 162037, comprensivo di trasformatori di misura :
 - n°2 TA, Amperometrici matricola 532069 rapp. 630/5A - Enel DMI 031052
 - n°2 TV, Voltmetrici matricola 535024 rapp. 20000/100V - Enel DMI 031015
- 1 quadro isolato in SF6 con interruttore 3LEi del tipo DY900/3 – Matr. 162107 comprendente:
 - n°2 scomparti "L" di protezione linee (n.1 uscita verso la CP e n.1 uscita verso la cabina di consegna 2) con interruttore e sezionatore di linea, isolatori capacitivi e lampade a presenza di tensione (sia lato cavi che lato sbarre);
 - n°1 scomparti protezione linea consegna, con interruttore e sezionatore di linea, isolatori capacitivi e lampade a presenza di tensione (sia lato cavi che lato sbarre);

2) Cabina di consegna 2

- 1 scomparto Utente 16 kA isolato in SF6, del tipo Enel DY 808/6 – Matr. 162037, comprensivo di trasformatori di misura :
 - n°2 TA, Amperometrici matricola 532069 rapp. 630/5A - Enel DMI 031052
 - n°2 TV, Voltmetrici matricola 535024 rapp. 20000/100V - Enel DMI 031015

- 1 quadro isolato in SF6 con interruttore 4LEi del tipo DY900/5 – Matr. 162109 comprendente:
 - n°3 scomparti "L" di protezione linee (n.1 uscita verso la CP, n.1 arrivo dalla cabina 1 e n.1 uscita verso la cabina di consegna 4) con interruttore e sezionatore di linea, isolatori capacitivi e lampade a presenza di tensione (sia lato cavi che lato sbarre);
 - n°1 scomparti protezione linea consegna, con interruttore e sezionatore di linea, isolatori capacitivi e lampade a presenza di tensione (sia lato cavi che lato sbarre);

3) Cabina di consegna 3

- 1 scomparto Utente 16 kA isolato in SF6, del tipo Enel DY 808/6 – Matr. 162037, comprensivo di trasformatori di misura :
 - n°2 TA, Amperometrici matricola 532069 rapp. 630/5A - Enel DMI 031052
 - n°2 TV, Voltmetrici matricola 535024 rapp. 20000/100V - Enel DMI 031015
- 1 quadro isolato in SF6 con interruttore 3LEi del tipo DY900/3 – Matr. 162107 comprendente:
 - n°2 scomparti "L" di protezione linee (n.1 uscita verso la CP e n.1 uscita verso la cabina di consegna 4) con interruttore e sezionatore di linea, isolatori capacitivi e lampade a presenza di tensione (sia lato cavi che lato sbarre);
 - n°1 scomparti protezione linea consegna, con interruttore e sezionatore di linea, isolatori capacitivi e lampade a presenza di tensione (sia lato cavi che lato sbarre);

4) Cabina di consegna 4

- 1 scomparto Utente 16 kA isolato in SF6, del tipo Enel DY 808/6 – Matr. 162037, comprensivo di trasformatori di misura :
 - n°2 TA, Amperometrici matricola 532069 rapp. 630/5A - Enel DMI 031052
 - n°2 TV, Voltmetrici matricola 535024 rapp. 20000/100V - Enel DMI 031015
- 1 quadro isolato in SF6 con interruttore 4LEi del tipo DY900/5 – Matr. 162109 comprendente:
 - n°3 scomparti "L" di protezione linee (n.1 uscita verso la CP, n.1 arrivo dalla cabina 2 e n.1 arrivo dalla cabina di consegna 3) con interruttore e sezionatore di linea, isolatori capacitivi e lampade a presenza di tensione (sia lato cavi che lato sbarre);
 - n°1 scomparti protezione linea consegna, con interruttore e sezionatore di linea, isolatori capacitivi e lampade a presenza di tensione (sia lato cavi che lato sbarre).

Gli scomparti MT, che assicurano il sezionamento dei cavi elettrici in caso di guasto o manutenzione comandati dai sistemi di protezione, possono essere sia isolati in aria che in SF6. La cabina sarà dotata di sistema di climatizzazione per garantire il mantenimento della temperatura interna per evitare che questa ecceda oltre i limiti di ottimale funzionamento. Sarà inoltre dotata di impianto di messa a terra interno collegabile con la maglia di terra esterna, e di un'illuminazione adeguata di almeno 100 lux. Si rimanda alla tavola tecnica FRV-VTB-IE.05A e IE.05B per maggiori dettagli.

10.4 Cabine di sezionamento

Nel progetto, sono state previste n.2 cabine di sezionamento lungo il percorso di connessione tra le cabine di consegna degli impianti FV e la Cabina Primaria, come riportato nelle tavole d'inquadrimento allegate. I due manufatti prefabbricati devono essere costruiti secondo quanto prescritto dalla Legge 5 Novembre 1971 n.1086 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica", dalla Legge n. 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche", dal Decreto 14 gennaio 2008 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti "Nuove Norme tecniche per le Costruzioni" e s.m.i. Ciascun manufatto sarà di tipo box secondo le specifiche ENEL DG 2061 Ed. 8 del 2016, di dimensioni pari a circa 5,67x2,45x2,7 m, con equipaggiamento elettromeccanico completo di quadri MT del tipo DY 803/2. La cabina di smistamento n.1 insiste su un area individuata al catasto terreni del Comune di Viterbo, al foglio 107, particella 240 mentre la cabina di smistamento n.2 sarà ubicata su un area individuata al catasto terreni del Comune di Viterbo, al foglio 104, particella 312. Tali cabine saranno realizzate con elementi componibili prefabbricati in calcestruzzo armato vibrato o a struttura monoblocco, tali da garantire pareti interne lisce senza nervature ed una superficie interna costante lungo tutte le sezioni orizzontali. Il calcestruzzo utilizzato per la realizzazione degli elementi costituenti il box, deve essere additivato con idonei fluidificanti-impermeabilizzanti al fine di ottenere adeguata protezione contro le infiltrazioni d'acqua per capillarità. Il box realizzato deve assicurare verso l'esterno un grado di protezione IP 33 Norme CEI EN 60529. A tale scopo le porte e le finestre utilizzate debbono essere del tipo omologato E-Distribuzione. La struttura sarà adibita all'alloggiamento delle apparecchiature elettromeccaniche in MT. I quadri elettrici saranno posizionati su un supporto di acciaio utilizzando i supporti distanziatori unificati DS 3055. La planimetria della cabina di confine-sezionamento è riportata nella tavola allegata al seguente progetto. Inoltre:

- il locale di E-Distribuzione sarà dotato di accesso diretto ed indipendente consentito solo al personale di E-Distribuzione;
- le aperture devono garantire una adeguata ventilazione a circolazione naturale di aria;
- le tubazioni di ingresso dei cavi devono essere sigillate onde impedire la propagazione o l'infiltrazione di fluidi liquidi e gassosi;
- la struttura deve essere adeguatamente impermeabilizzata, al fine di evitare allagamenti ed infiltrazioni di acqua.

Di seguito una vista della cabina tipo in progetto:

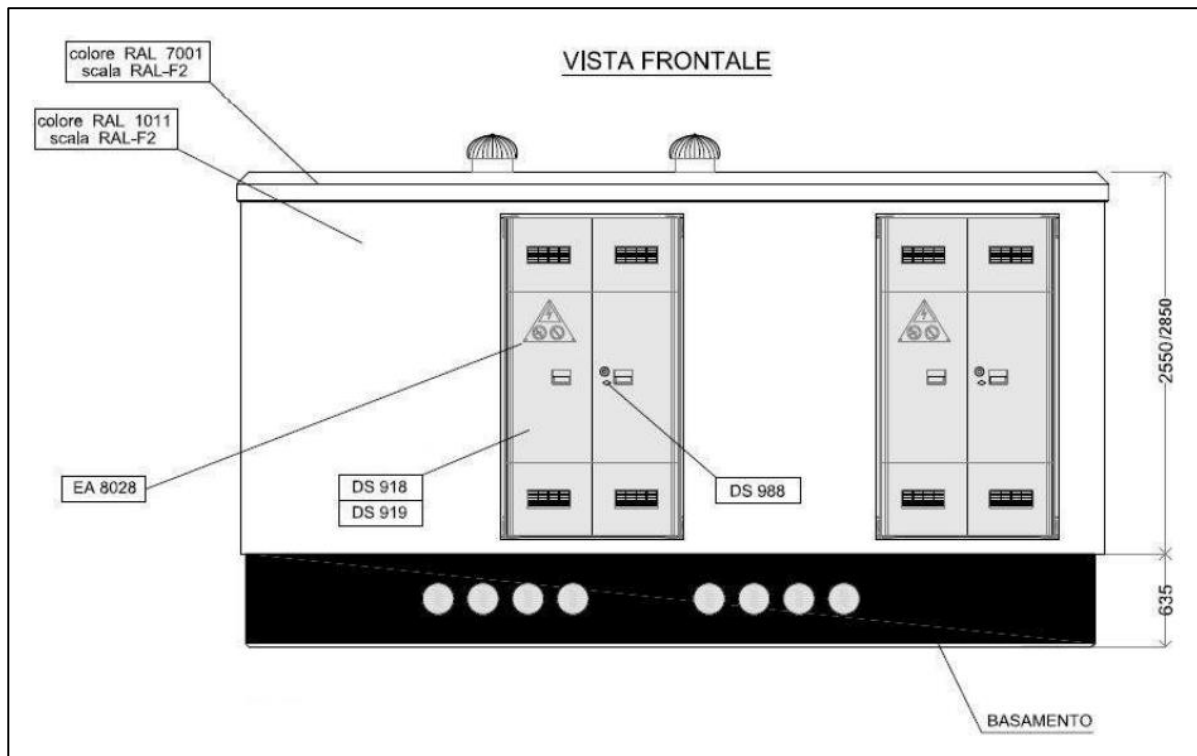


Figura 16 – Vista frontale cabina di confine-sezionamento

I quadri elettrici in MT previsti in cabina sono i seguenti:

- N.8 quadri isolati in SF6 con interruttore di manovra-sezionatore IMS motorizzato del tipo DY803/2 – Matr. 162325.

Tali scomparti hanno la funzione di sezionare le quattro linee in cavo MT che collegano le cabine di consegna con la CP. Per maggiori dettagli si rimanda alla tavola tecnica allegata.

- N.1 scomparto TV autoprotetto del tipo DY803/7 – Matr. 162330, con TMA omologato secondo la specifica DY558, per alimentazione UP.

Si rimanda alla tavola tecnica FRV-VTB-IE.06 per maggiori dettagli.

10.5 Cabina Control room

In prossimità della cabina di ricezione è previsto l'installazione di un container o cabina adibita ai servizi di monitoraggio e controllo dell'intero campo fotovoltaico. Le dimensioni della control room sono pari a circa: 6,2x3,0x2,7 m. All'interno della control room, sono presenti i seguenti dispositivi principali:

- Un armadio Rack contenente tutte le apparecchiature necessarie al corretto monitoraggio della produzione dell'impianto fotovoltaico e il rilevamento di eventuali anomalie;
- Un armadio Rack contenente tutte le apparecchiature necessarie al corretto funzionamento dell'impianto di videosorveglianza;
- Un sistema di condizionamento per mantenere costante la temperatura interna e garantire il corretto funzionamento delle apparecchiature elettriche;

- Servizi igienici ed eventuali moduli da ufficio.

Si rimanda alla tavola tecnica FRV-VTB-IE.07 per maggiori dettagli.

11. SCAVI

Gli scavi all'interno dell'area in cui verrà realizzato l'impianto fotovoltaico riguarderanno principalmente le seguenti opere civili:

- cavidotti in BT e MT;
- fibra ottica e rete di terra;
- impianto di terra;
- cabine elettriche;
- recinzioni e accessi.

Per quanto riguarda i cavi, quelli di collegamento delle stringhe di moduli saranno posati su canaline metalliche grigliate poste nella parte anteriore delle strutture di sostegno. I cavi di collegamento tra le stringhe e gli inverter (in cc-BT), verranno principalmente posati su canaline metalliche ed in parte interrati. Infine, i cavi di collegamento tra: gli inverter con le cabine di trasformazione (ac-BT), le cabine elettriche (ac-MT), saranno posati all'interno di scavi ed interrati in profondità variabili a seconda del numero e della tensione d'isolamento dei cavi, come riportato in dettaglio nell'elaborato tecnico FRV-VTB-IE.08. Di seguito un'immagine di uno scavo tipo in un impianto fotovoltaico:



Figura 17 – Tipico di scavo per cavi BT/MT

Il cavidotto di connessione tra le cabine di consegna con la CP, verrà realizzato tramite n.4 terne di cavi in Al del tipo ARE4H5EX, interrate e protette da tubazione, ad una profondità massima di 1,4 m dal livello della superficie, aventi una sezione pari a 185 mmq. Il tracciato del cavidotto ha una lunghezza complessiva pari a circa 11,6 km.

I cavi, rispetto ai piani finiti di strade o piazzali o alla quota del piano di campagna, saranno posati all'interno di uno strato di materiale sabbioso di spessore variabile. Un

nastro segnalatore sarà immerso nel rimanente volume dello scavo riempito con materiale arido. Per maggiori dettagli degli scavi e del tipo di posa in opera dei cablaggi, si può fare riferimento agli allegati tecnici FRV-VTB-IE.09 e FRV-VTB-RTE.

La posa dei conduttori si suddividerà sostanzialmente nelle seguenti attività:

- scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità come indicata nel documento di progetto;
- posa dei conduttori e/o fibre ottiche. Particolare attenzione dovrà essere fatta per l'interramento della corda di rame che costituisce il dispersore di terra dell'impianto. Infatti questa dovrà essere interrata in uno strato di terreno vegetale di spessore non inferiore a 20 cm nelle posizioni indicate dal documento di progetto;
- reinterro parziale con sabbia vagliata;
- posa dei nastri di segnalazione;
- reinterro con terreno di scavo;
- pavimentazione in conglomerato bituminoso per cavi posati su strade asfaltate.

La posa dovrà essere eseguita a regola d'arte e nel rispetto delle normative vigenti.

In particolare, per i cavi in MT dell'impianto, dovranno essere rispettati alcuni criteri particolari per l'esecuzione delle opere secondo la regola dell'arte come di seguito indicati:

- Tracciato delle linee: esso dovrà seguire più fedelmente possibile la linea guida indicata nella planimetria generale d'impianto. In particolare il tracciato dovrà essere il più breve possibile e parallelo al fronte dei fabbricati dove presenti.
- Posa diretta in trincea: la posa del cavo può essere effettuato, in generale, secondo i due metodi seguenti:
 - a bobina fissa: da adottare quando il percorso in trincea a cielo aperto è intercalato con percorsi in tubazioni e quando il percorso è prevalentemente rettilineo o con ampi raggi di curvatura. La bobina deve essere posta sull'apposito alzabobine, con l'asse di rotazione perpendicolare all'asse mediano della trincea e in modo che si svolga dal basso. Sul fondo della trincea devono essere collocati, ad intervalli variabili in dipendenza del diametro e della rigidità del cavo, i rulli di scorrimento. Tale distanza non deve comunque superare i 3 metri.
 - a bobina mobile: da adottare quando il percorso si svolge tutto in trincea a cielo aperto. Il cavo deve essere steso percorrendo con il carro portabobine il bordo della trincea e quindi calato manualmente nello scavo. L'asse del cavo posato nella trincea deve scostarsi dall'asse della stessa di qualche centimetro a destra e a sinistra seguendo una linea sinuosa, al fine di evitare dannose sollecitazioni dovute all'assestamento del terreno.

Gli scavi di fondazione, riguardano principalmente le cabine elettriche. In particolare, la vasca di fondazione delle cabine elettriche è un piano di appoggio all'interno di uno scavo per il posizionamento di un basamento, sulla quale viene adagiata la cabina prefabbricata. Il basamento prefabbricato, avrà una profondità minima di 0,5 m.

La vasca, oltre all'isolamento del manufatto dal terreno, ha fori a frattura prestabilite per consentire l'ingresso di cavidotti e quindi per il passaggio dei cavi di media e bassa tensione per la distribuzione interna.

Perimetralmente alla cabina verrà realizzato l'impianto di terra. La rete di terra esTerna è costituita da una treccia di rame di opportuno spessore, posizionata all'interno dello scavo distanziata perimetralmente di circa 1 metro dal basamento in opera e collegata alla rete elettrosaldata affogata nel basamento, dal punto di terra interno alla cabina prefabbricata e dai 4 spandenti a croce infissi nel terreno adiacenti agli angoli del basamento. La vasca ha la possibilità di recuperabilità totale in fase di spostamento e può raccogliere l'olio dell'eventuale trasformatore installato. Infatti per l'eventuale fuoriuscita dell'olio del trasformatore è possibile richiedere un basamento completo di flange che garantisce la tenuta stagna sia dall'esterno che dall'interno.

12. VIABILITÀ , ACCESSI E RECINZIONE

L'impianto sarà dotato di viabilità interna e perimetrale, le quali avranno una larghezza pari a circa 4/5 m. Entrambe i tipi di viabilità saranno realizzate in battuto e ghiaia (materiale inerte di cava a diversa granulometria).

L'accesso carrabile all'area d'impianto sarà costituito da cancelli a due ante in pannellature metalliche, larghi 6 m e montati su pali in acciaio fissati al suolo con plinti di fondazione in cls armato collegati da cordolo.

La recinzione perimetrale sarà realizzata con rete in acciaio zincato plastificata verde alta 2 m e sormontata da filo spinato, collegata a pali di ferro di altezza pari a circa 2,4 m infissi direttamente nel suolo per una profondità minima di 0,6 m. Per consentire il passaggio della fauna selvatica di piccola taglia saranno realizzati dei passaggi di dimensioni 20 x 100 cm ogni 100 m di recinzione.

Si rimanda, per maggiori dettagli e approfondimenti dei temi trattati in questo paragrafo agli allegati tecnici e relazioni specifiche nello studio d'impatto ambientale (SIA).

13. MOVIMENTI DI TERRA

L'attività di movimento terra comprende tutti quegli interventi che incidono sulla realtà del terreno delle aree su cui verrà realizzato l'impianto FV, mutandone le caratteristiche, e che normalmente rientrano in tre diverse tipologie di operazioni di cantiere:

- scavi: consistono nell'asporto di terreno (se di notevole consistenza si parla solitamente di sbancamento);
- riporti: consistono nel deposito di una quantità di terra su un'area;
- livellamenti: sono interventi che, attraverso scavi e riporti, mirano ad eliminare le asperità di un terreno.

La movimentazione terra riguarderà la realizzazione delle seguenti opere civili, in particolare:

- il materiale prodotto dallo sbancamento per la realizzazione del cassonetto stradale (viabilità interna all'impianto) sarà pari a 4.063 mc circa e verrà utilizzato per operazioni di rinterro e rimodellamento del sito. Per la sua realizzazione si prevede: rimozione del cotico erboso superficiale; rimozione dei primi 15 cm di terreno, compattazione del fondo scavo e riempimento con materiale di cava a diversa granulometria fino al raggiungimento delle quote originali di piano campagna;

- gli scavi per l'alloggiamento dei cavidotti in BT dell'impianto comporteranno la movimentazione massima (in relazione cioè al numero di cavi interrati) di terreno di circa 3.500 mc;
- gli scavi per l'alloggiamento dei cavidotti MT interni all'impianto comporteranno la movimentazione di circa 290 mc di terreno;
- gli scavi per l'alloggiamento del cavidotto MT esterno all'impianto comporteranno la movimentazione di circa 11.500 mc di terreno;
- per il posizionamento delle cabine elettriche interne all'area d'impianto, potrà essere prevista la realizzazione di uno scavo di alloggiamento della profondità di 50 cm, per un totale di circa 250,0 mc di terreno; per le cabine di confinamento invece, circa 20 mc.

Circa il 50% del terreno escavato per i cavidotti BT e MT sarà riutilizzato per il riempimento dello scavo; la restante parte sarà utilizzata nell'impianto per rimodellamenti puntuali durante l'installazione delle altre opere. L'eventuale parte eccedente sarà sparsa uniformemente su tutta l'area del sito a disposizione, per uno spessore limitato a pochi centimetri, mantenendo la morfologia originale dei terreni.

Per approfondimenti, si rimanda alle tavole allegate e alle relazioni specialistiche della SIA (Studio Impatto Ambientale).