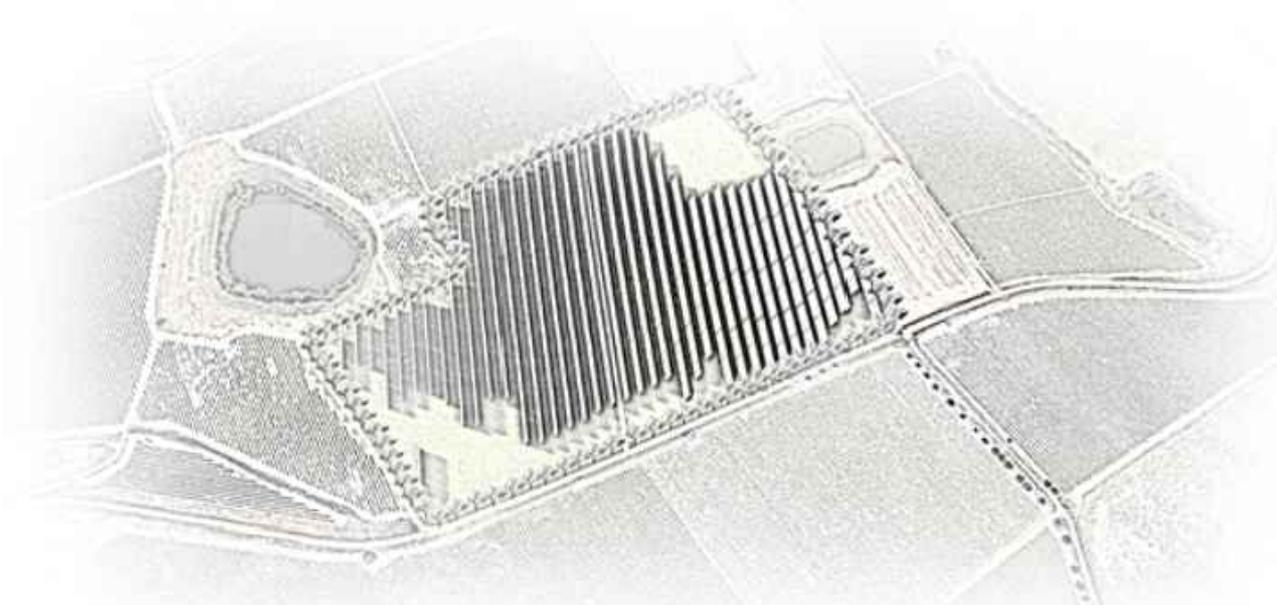




REGIONE SICILIA

COMUNI DI SALEMI, MAZARA DEL VALLO,
SANTA NINFA E CASTELVETRANO
IN PROVINCIA DI TRAPANI



PROPONENTE



Absolute Energy Sicilia S.R.L. - Via Virginio Orsini, 19 - 00192 Roma

PROGETTAZIONE: Ing. Francesco Lionello



Eoipower Investments srl - Via G. Carducci, 29 - 80121 Napoli (NA) Tel. 0814243089

PROGETTO DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO E OPERE CONNESSE DA REALIZZARSI IN PROVINCIA DI TRAPANI NEI COMUNI DI SALEMI, MAZARA DEL VALLO, SANTA NINFA E CASTELVETRANO, DENOMINATO "CLUSTER B"

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO **RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO**

CODICE ELABORATO
CLBSS0R06-00

00	05/10/2022	EMISSIONE PER PROGETTO DEFINITIVO	F. LIONIELLO	ABSOLUTE ENERGY SICILIA SRL	ABSOLUTE ENERGY SICILIA SRL
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICA	APPROVATO

Indice

1	Valenza dell’iniziativa	3
2	Oggetto dell’intervento.....	3
3	Descrizione del sistema.....	3
3.1	Sito di installazione.....	3
3.2	Tipologia di connessione	4
3.3	Componenti dell’impianto.....	5
3.3.1	Moduli fotovoltaici	6
3.3.2	Strutture di sostegno dei moduli.....	11
3.3.3	Convertitore DC/AC	13
3.3.4	Quadro di protezione	18
4	Collegamenti elettrici e cablaggi.....	18
4.1	Cavi solari: Collegamenti tra i moduli fv a formare le stringhe	18
4.2	Cavi D.C.....	18
4.2.1	Collegamento delle stringhe al quadro di parallelo di campo.....	18
4.2.2	Collegamenti elettrici uscita quadro di campo (string box) all’ingresso della sezione DC dell’inverter	19
4.3	Cavi BT C.A.....	19
4.3.1	Collegamenti elettrici uscita inverter di stringa al quadro di parallelo corrente alternata in cabina	19
4.3.2	Collegamenti elettrici dal quadro di parallelo corrente alternata a secondario bassa tensione del trasformatore elevatore BT/MT	20
4.4	Cavi MT	20
4.4.1	Tracciato interno per interconnessione e raggruppamento delle cabine all’interno del medesimo sotto campo FV.....	20
4.4.2	Tracciato esterno per vettoriamento dell’energia prodotta dai sottocampi FV al quadro MT in “cabina di utenza” prevista nella SSEU di trasformazione AT/MT	21
4.5	Cavi ausiliari BT.....	22
4.6	Cavi dati	22
5	Cabina di trasformazione BT/MT	23
5.1	Quadro di Media Tensione	24
5.1.1	Composizione quadro MT.....	24
5.2	Trasformatore elevatore BT/MT	26
6	Servizi ausiliari.....	26
7	Misura dell’energia.....	27
7.1	Misura energia prodotta	27
7.2	Misura energia scambiata con la rete	28

RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Progetto di un impianto agrovoltaiico e opere connesse da realizzarsi in provincia di Trapani nei Comuni di Salemi, Mazara del Vallo, Santa Ninfa e Castelvetro, denominato "Cluster B"

8	Sistema di messa a terra	28
9	Impianti elettrici servizi ausiliari.....	28
9.1	Impianto di illuminazione e prese FM	28
9.2	Impianto di illuminazione aree esterne.....	28
10	Sistema di sicurezza	29
10.1	Protezione perimetrale.....	29
10.2	Videosorveglianza.....	29
10.3	Sistema di dissuasione.....	29
11	Protezione contro i contatti diretti	30
11.1	Generalità	30
11.2	Protezione contro i contatti diretti lato corrente alternata	30
11.2.1	Misure di protezione totale	30
11.2.2	Misure di protezione parziale.....	30
11.2.3	Misura di protezione addizionale mediante interruttori differenziali.....	31
11.3	Protezione contro i contatti diretti lato corrente continua	31
12	Protezione contro i contatti indiretti	31
12.1	Generalità	31
12.2	Protezione contro i contatti indiretti lato corrente alternata.....	31
12.3	Protezione contro i contatti indiretti lato corrente continua	33
13	Protezione da corto circuiti	33
13.1	Protezione da corto circuiti lato corrente alternata.....	33
13.2	Protezione da corto circuiti lato corrente continua	33
14	Protezione dalle fulminazioni	34
15	Sistema di monitoraggio e controllo	34
16	Normative di riferimento	35

1 Valenza dell'iniziativa

In questi anni, la tecnologia fotovoltaica ha ricevuto crescente attenzione, soprattutto a causa delle esigenze di risparmio energetico e di riduzione dei gas serra, obiettivi fondamentali del Protocollo di Kyoto.

In questo ambito, la realizzazione di un impianto fotovoltaico rappresenta una soluzione adatta a rispondere agli attuali problemi ambientali in quanto consente i seguenti vantaggi:

- la produzione di energia elettrica senza alcuna emissione di sostanze inquinanti;
- il risparmio di combustibile fossile;
- nessun inquinamento acustico;
- l'applicazione di soluzioni di progettazione del sistema perfettamente compatibili con le esigenze di tutela del territorio.

Nel caso specifico, l'impianto fotovoltaico in progetto verrà collegato alla rete elettrica di trasmissione nazionale (RTN) secondo il regime di cessione pura dell'energia prodotta.

2 Oggetto dell'intervento

Lo scopo del presente documento è definire tecnicamente un impianto di generazione elettrica con l'utilizzo della fonte rinnovabile solare attraverso la conversione fotovoltaica.

L'impianto, della potenza nominale complessiva di 123.880,38 kWp, verrà realizzato a terra su terreni a destinazione d'uso prevalentemente di tipo agricolo ubicati nei territori comunali dei Comuni di Salemi, Santa Ninfa e Mazara del Vallo in provincia di Trapani (TP) con connessione alla rete RTN in Alta Tensione (AT).

3 Descrizione del sistema

3.1 Sito di installazione

L'impianto fotovoltaico sarà installato a terra.

L'area di installazione ha un'estensione di circa 150,30 ettari (1.503.000 m²) (segue immagine inquadramento area vista), ricadente in zona agricola ed attualmente è interessata prevalentemente ad uso seminativo in linea con le peculiarità del territorio in cui ricade.

L'impianto fotovoltaico sarà costituito da nove sottocampi che sorgeranno nella porzione occidentale del territorio siciliano, in particolare nei Comuni di Salemi, Santa Ninfa e Mazara del Vallo in Provincia di Trapani (TP).

Di seguito si riportano i dettagli di ciascun sottocampo.

Comune	Sotto campo	Coordinate	Superficie disponibile [ha]	n. moduli	Potenza dc [kWp]	Potenza ac [kVA]
Salemi	IMP_B_01	37.769°, 12.733°	71,13	106.496	60.702,72	52.200
Salemi	IMP_B_02	37.769°, 12.733°	6,49	6.370	3.630,90	3.150
Salemi	IMP_B_03	37.767°, 12.717°	15,20	18.720	10.670,40	9.150
Santa Ninfa	IMP_B_04	37.756°, 12.774°	6,92	8.632	4.920,24	4.350
Salemi	IMP_B_05	37.781°, 12.700°	32,30	49.764	28.365,48	25.500

RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Progetto di un impianto agrovoltaiico e opere connesse da realizzarsi in provincia di Trapani nei Comuni di Salemi, Mazara del Vallo, Santa Ninfa e Castelvetro, denominato "Cluster B"

Santa Ninfa	IMP_B_06	37.750°, 12.774°	5,44	5.876	3.349,32	2.850
Salemi	IMP_B_07	37.769°, 12.733°	10,17	8.684	4.949,88	4.200
Salemi	IMP_B_08	37.771°, 12.707°	5,87	6.240	3.556,80	3.000
Salemi	IMP_B_09	37.753°, 12.754°	6,36	6.552	3.734,64	3.150
Totale			159,88	217.334	123.880,38	107.550,00

In generale il sistema di struttura metallica prevista per il fissaggio dei moduli FV è il sistema mobile a TRACKER nella configurazione modulare 2x26, per un totale di 52 moduli FV; laddove per la caratterizzazione del sito ovvero per morfologia, dislivelli del terreno la struttura TRACKER non è utilizzabile è prevista in sostituzione e/o ad integrazione l'impiego di struttura fissa con angolo di inclinazione e orientamento opportuni al fine di ottimizzare la produzione di energia elettrica.

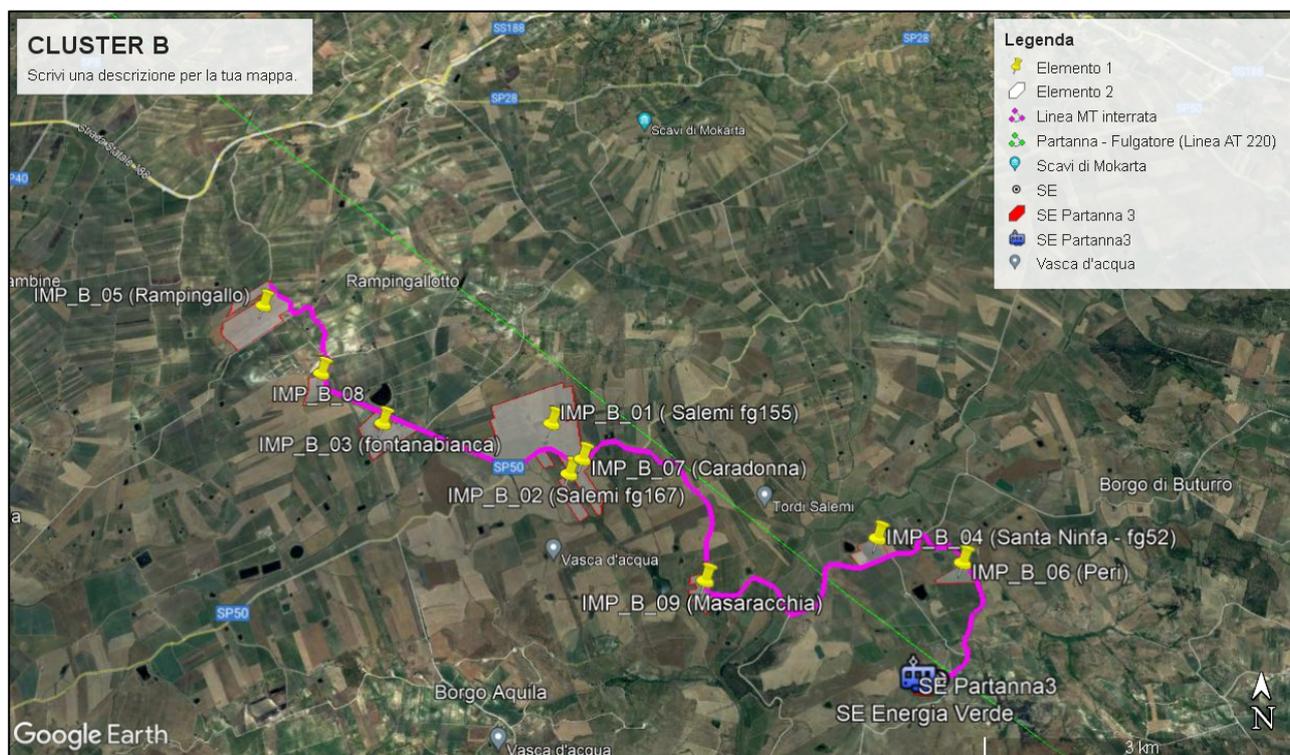


Figura 1 - Inquadramento territoriale su ortofoto

3.2 Tipologia di connessione

L'impianto sarà connesso alla rete di trasmissione nazionale (RTN) secondo il regime di cessione pura dell'energia prodotta.

Verrà allacciato alla rete in modalità AT trifase a livello di tensione nominale e di esercizio pari a 220 kV, a valle del punto di consegna fiscale dell'energia, rispettando le normative vigenti, in particolare quelle relative alle disposizioni TERNA per il collegamento dell'impianto alla rete pubblica RTN.

Ai fini del collegamento dell'impianto alla rete si è proceduto ad inoltrare apposita richiesta di connessione a TERNA S.p.A. ai sensi della Delibera n. 99/08 dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente e

RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Progetto di un impianto agrovoltaiico e opere connesse da realizzarsi in provincia di Trapani nei Comuni di Salemi, Mazara del Vallo, Santa Ninfa e Castelvetro, denominato "Cluster B"

s.m.i.. Con l'emissione del preventivo di connessione da parte di TERNA sono definite, in rapporto all'assetto attuale della rete, le opere e gli eventuali oneri di allacciamento ed adempimenti vari che dovessero rendersi necessari ai fini del collegamento dell'impianto.

La realizzazione della connessione in parallelo alla rete pubblica, rispetterà le prescrizioni tecniche ed i criteri di allacciamento riportati nella Norma CEI 0-16 "Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica".

L'energia elettrica prodotta dai sottocampi fotovoltaici sarà convogliata, con 4 (quattro) elettrodotti interrati alla tensione di esercizio 30 kV che rappresentano le dorsali principali esterne con caratteristiche come da tabella di seguito, alla Sottostazione di Trasformazione MT/AT (SSEU sottostazione di utente) dove la tensione viene innalzata dal livello 30 kV a 220 kV con un trasformatore elevatore di potenza MT/AT, per poi essere ceduta alla RTN.

Lo schema di allacciamento alla RTN prevede che la stazione di UTENTE venga collegata in ANTENNA a 220 kV con una nuova stazione di smistamento (SE) a 220 kV della RTN, da inserire in entra - esce sulla linea RTN "Fulgatore - Partanna".

Il collegamento in "ANTENNA" da realizzarsi con elettrodotto interrato dovrà attestarsi al punto di connessione (PdC) su stallo, previsto presso la SE TERNA "PARTANNA3", condiviso con i produttori ARTALE ENERGIA e ENERGIA VERDE TRAPANI, così come individuato e definito nella STMG di TERNA.

Elettrodotto	Sotto Campo	Potenza [kVA]	Potenza totale [kVA]	Corrente [A]	Lunghezza [m]
L1	IMP_B_01 (1^ tratta)	25.350	25.350	519	8.895
L2	IMP_B_01 (2^ tratta)	26.850	26.850	549,711	8.918
L3	IMP_B_01_5	25.500	25.500	522,072	13.122
L4	IMP_B_01_8	3.000	29.850	611.131	1.567
	IMP_B_01_3	9.150			
	IMP_B_01_2	3.150			
	IMP_B_01_7	4.200			
	IMP_B_01_9	3.150			
	IMP_B_01_4	4.350			
	IMP_B_01_6	2.850			

Tabella 1 - Caratteristiche dorsali esterne

3.3 Componenti dell'impianto

I componenti dell'impianto fotovoltaico sono:

- Moduli fotovoltaici in silicio
- Strutture di appoggio e sostegno dei moduli fotovoltaici
- Convertitore statico di stringa corrente continua/corrente alternata
- Quadro di campo parallelo DC (string box)
- Quadro di parallelo CA
- Cavi elettrici e cablaggio
- Cabine di trasformazione
- Cavi MT
- Sistema di messa a terra

- Sistema di sicurezza e controllo

Il sistema fotovoltaico sarà suddiviso in: sottocampi, gruppi/sezioni e stringhe.

Per *stringa fotovoltaica* si intende un insieme di moduli collegati tra loro in serie: la tensione resa disponibile ai capi dalla stringa è data dalla somma delle tensioni VMP fornite dai singoli moduli che compongono la stringa; il sistema è dimensionato in modo che la tensione ai capi della stringa sia inferiore della tensione massima del modulo.

Una *sezione/gruppo fotovoltaico* è un insieme di più stringhe connesse in serie / parallelo. Il parallelo è previsto all'interno della string box (quadro di campo); il sistema è configurato con il parallelo di massimo dodici stringhe. Il sistema è dimensionato in modo che la corrente erogata dal gruppo, pari alla somma delle correnti che fluiscono in ogni stringa, sia inferiore alla corrente massima ammessa all'ingresso dell'inverter di stringa lato dc.

Un *sottocampo fotovoltaico* è un insieme di più gruppi connessi in parallelo, la *corrente erogata dal sottocampo* è la somma delle correnti che fluiscono in ogni gruppo.

Pertanto, dal punto di vista elettrico, il generatore fotovoltaico è costituito da moduli che sono collegati in serie al fine di costituire una "stringa".

Nel complesso, il campo fotovoltaico risulta essere organizzato in modo da ottenere diversi "sottocampi" elettricamente indipendenti tra loro, ottenuti dal parallelo di diverse stringhe ed ognuno gestito dal relativo inverter.

3.3.1 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici scelti per la realizzazione dell'impianto sono in Mono silicio bifacciale ad alta efficienza, a basso coefficiente di temperatura, a minore perdita di ombreggiamento e maggiore tolleranza per carico meccanico; marchiati JINKO SOLAR della serie/tipo JKM570N -72HL4-BDV con potenza di picco 570 Wp o similari.

- Caratteristiche dei moduli

SPECIFICHE MECCANICHE	
CELLA	N tipo Mono-cristallino
LUNGHEZZA	2278 mm
LARGHEZZA	1134 mm
SPESSORE	30 mm
PESO	32 kg
Numero di celle	144(6*24)
TELAIO/CORNICE	Lega di alluminio anodizzato
VETRO anteriore	2,0 mm, rivestimento antiriflesso
VETRO posteriore	2,0 mm, rinforzato termicamente
SCATOLA DI GIUNZIONE	IP68 (3 diodi)
Lunghezza del cavo	4 mm ² ;(+): 400mm , (-): 200mm
Connettore	QC4 10-35

RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Progetto di un impianto agrovoltaiico e opere connesse da realizzarsi in provincia di Trapani nei Comuni di Salemi, Mazara del Vallo, Santa Ninfa e Castelvetro, denominato "Cluster B"

CARATTERISTICHE ELETTRICHE ALLE CONDIZIONI STANDARD *	
Picco di potenza (P_{MAX}) [Wp]	570
Tensione MPP (V_{MP}) [V]	42.29
Corrente MPP (I_{MP}) [A]	13.48
Tensione a circuito aperto (V_{oc}) [V]	51.07
Corrente di cortocircuito (I_{sc}) [A]	14.25
Massima tensione di sistema	1500V DC
Efficienza del modulo [%]	22.07
COEFFICIENTI DI TEMPERATURA	
α : coefficiente di temperatura della I_{sc}	+0.046%/°C
β : coefficiente di temperatura di V_{oc}	-0.25%/°C
δ : coefficiente di temperatura della P_{MPP}	-0.30%/°C

*STC: Irraggiamento 1000 W/m², Temperatura cella 25°C, AM1.5

PROPRIETA' OPERATIVE	
Temperatura di esercizio	-40°C~+85°C
Valore nominale massimo dei fusibili in serie	30 A
Tolleranza di potenza	0~+3%
Bifacciale	80±5%

www.jinkosolar.com



Tiger Neo N-type 72HL4-BDV 550-570 Watt

BIFACIAL MODULE WITH
DUAL GLASS

N-Type

Positive power tolerance of 0~+3%

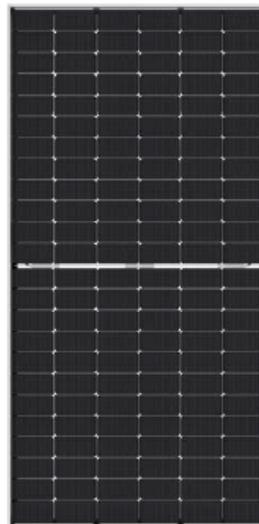
IEC61215(2016), IEC61730(2016)

ISO9001:2015: Quality Management System

ISO14001:2015: Environment Management System

ISO45001:2018

Occupational health and safety management systems



Key Features



SMBB Technology

Better light trapping and current collection to improve module power output and reliability.



Hot 2.0 Technology

The N-type module with Hot 2.0 technology has better reliability and lower LID/LETID.



PID Resistance

Excellent Anti-PID performance guarantee via optimized mass-production process and materials control.



Enhanced Mechanical Load

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).



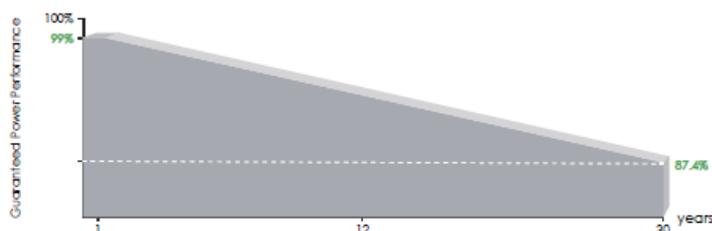
Higher Power Output

Module power increases 5-25% generally, bringing significantly lower LCOE and higher IRR.



POSITIVE QUALITY™
Continuous Quality Assurance

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY



12 Year Product Warranty

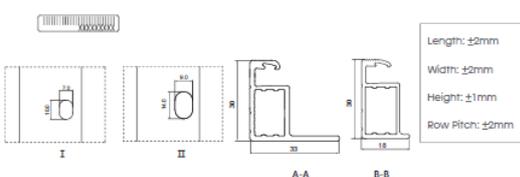
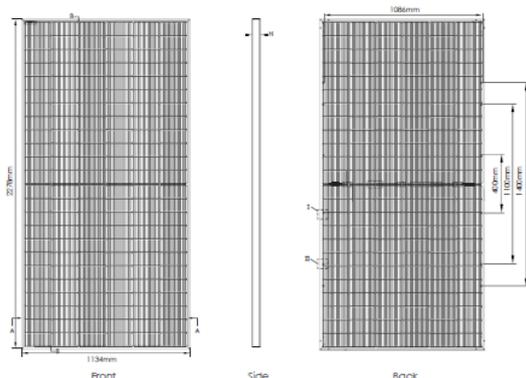
30 Year Linear Power Warranty

0.40% Annual Degradation Over 30 years

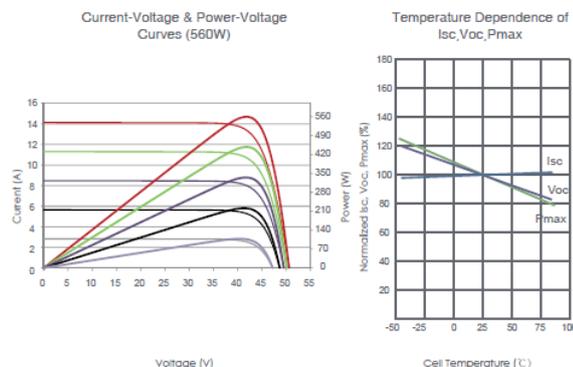
RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Progetto di un impianto agrovoltaiico e opere connesse da realizzarsi in provincia di Trapani nei Comuni di Salemi, Mazara del Vallo, Santa Ninfa e Castelvetrano, denominato "Cluster B"

Engineering Drawings



Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	N type Mono-crystalline
No. of cells	144 (6×24)
Dimensions	2278×1134×30mm (89.69×44.65×1.18 inch)
Weight	32 kg (70.55 lbs)
Front Glass	2.0mm, Anti-Reflection Coating
Back Glass	2.0mm, Heat Strengthened Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

36pcs/pallets, 72pcs/stack, 720pcs/ 40'HQ Container

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM550N-72HL4-BDV		JKM555N-72HL4-BDV		JKM560N-72HL4-BDV		JKM565N-72HL4-BDV		JKM570N-72HL4-BDV	
	STC	NOCT								
Maximum Power (Pmax)	550Wp	414Wp	555Wp	417Wp	560Wp	421Wp	565Wp	425Wp	570Wp	429Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	41.58V	39.13V	41.77V	39.26V	41.95V	39.39V	42.14V	39.52V	42.29V	39.65V
Maximum Power Current (Imp)	13.23A	10.57A	13.29A	10.63A	13.35A	10.69A	13.41A	10.75A	13.48A	10.81A
Open-circuit Voltage (Voc)	50.27V	47.75V	50.47V	47.94V	50.67V	48.13V	50.87V	48.32V	51.07V	48.51V
Short-circuit Current (Isc)	14.01A	11.31A	14.07A	11.36A	14.13A	11.41A	14.19A	11.46A	14.25A	11.50A
Module Efficiency STC (%)	21.29%		21.48%		21.68%		21.87%		22.07%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	30A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.30%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.25%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.046%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									
Refer. Bifacial Factor	80±5%									

BIFACIAL OUTPUT-REAR SIDE POWER GAIN

		JKM550N-72HL4-BDV		JKM555N-72HL4-BDV		JKM560N-72HL4-BDV		JKM565N-72HL4-BDV		JKM570N-72HL4-BDV	
		5%	15%	5%	15%	5%	15%	5%	15%	5%	15%
5%	Maximum Power (Pmax)	578Wp	583Wp	588Wp	593Wp	599Wp					
	Module Efficiency STC (%)	22.36%	22.56%	22.77%	22.97%	23.17%					
15%	Maximum Power (Pmax)	633Wp	638Wp	644Wp	650Wp	656Wp					
	Module Efficiency STC (%)	24.48%	24.71%	24.93%	25.15%	25.37%					
25%	Maximum Power (Pmax)	688Wp	694Wp	700Wp	706Wp	713Wp					
	Module Efficiency STC (%)	26.61%	26.86%	27.10%	27.34%	27.58%					

*STC: Irradiance 1000W/m²

Cell Temperature 25°C

AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m²

Ambient Temperature 20°C

AM=1.5

Wind Speed 1m/s

©2021 Jinko Solar Co., Ltd. All rights reserved.

Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

JKM550-570N-72HL4-BDV-F1-EN (IEC 2016)

RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Progetto di un impianto agrovoltaiico e opere connesse da realizzarsi in provincia di Trapani nei Comuni di Salemi, Mazara del Vallo, Santa Ninfa e Castelvetro, denominato "Cluster B"

L'inclinazione e l'orientamento scelti per i moduli fotovoltaici permettono di ottimizzare l'energia captata dalla superficie attiva del campo durante l'intera durata dell'anno.

Al fine di evitare l'ombreggiamento reciproco tra le file, esse saranno distanziate di una lunghezza opportuna che tiene conto anche della pendenza intrinseca del terreno.

L'impianto fotovoltaico, nel complesso, sarà costituito da 9 impianti/sottocampi generatori che raccolgono 39 gruppi/sezioni, come da tabella di seguito:

Sotto campi	Gruppi	Struttura tracker/fissa	Inverter di stringa	Moduli FV	Potenza dc [kWp]	Potenza ac [kVA]
IMP_B_01	18	2.140	348	106.496	60.702,72	52.200
IMP_B_02	2	150	21	6.370	3.630,90	3.150
IMP_B_03	3	377	61	18.720	10.670,40	9.150
IMP_B_04	2	179	29	8.632	4.920,24	4.350
IMP_B_05	9	1.012	170	49.764	28.365,48	25.500
IMP_B_06	1	126	19	5.876	3.349,32	2.850
IMP_B_07	2	186	28	8.684	4.949,88	4.200
IMP_B_08	1	127	20	6.240	3.556,80	3.000
MP_B_09	1	137	21	6.552	3.734,64	3.150
Totale	39	4.434	717	217.334	123.880,38	107.550

I gruppi o sezioni vengono a loro volta suddivise in 8359 stringhe che raggruppate e messe in parallelo (nei quadri di campo/string box) in gruppi di 11 e 12 vanno a costituire gli ingressi DC del sistema MPPT dell'inverter di stringa.

Ogni stringa sarà composta da 26 moduli da 570 Wp; questa implementazione impiantistica ha comportato il raggiungimento della potenza di 123.880,38 kWp.

Il sistema fotovoltaico è configurato in modalità tale che in corrispondenza del valore limite minimo della temperatura di lavoro dei moduli (-10 ° C) e del valore limite massimo di lavoro degli stessi (+70 ° C) siano verificate le seguenti disequazioni:

TENSIONI MPPT

- Tensione nel punto di massima potenza, V_m , a +70 ° C maggiore o uguale alla Tensione MPPT minima ($V_{mppt\ min}$)
- Tensione nel punto di massima potenza, V_m , a -10 ° C minore o uguale alla Tensione MPPT massima ($V_{mppt\ max}$)

I valori di MPPT rappresentano i limiti minimo e massimo della finestra di tensione utile per la ricerca del punto di funzionamento alla massima potenza.

TENSIONE MASSIMA

- Tensione di circuito aperto, V_{oc} , a -10 ° C minore o uguale alla tensione massima di ingresso dell'inverter.

TENSIONE MASSIMA MODULO

- Tensione di circuito aperto, V_{oc} , a -10 ° C minore o uguale alla tensione massima del sistema modulo FV.

CORRENTE MASSIMA

- Corrente massima (corto circuito) generata, I_{sc}, minore o uguale alla corrente massima di ingresso dell'inverter.

3.3.2 Strutture di sostegno dei moduli

L'impianto sarà costituito da moduli fotovoltaici posizionati su strutture ad inseguimento monoassiale con inseguimento E-O, ancorate a terra attraverso apposite fondazioni, e connessi elettricamente in stringhe serie / parallelo su inverter centralizzati in bassa tensione.

Le strutture scelte per l'alloggiamento dei pannelli fotovoltaici sono della SOLTEC tipo SF7 bifacciale, o similare.

Le caratteristiche standard SF7 offrono compatibilità bifacciale drop-in con altezza di montaggio più elevata, retro privo di ombre e superfici riflettenti a corridoio largo. Oltre a ottimizzare intrinsecamente il guadagno bifacciale, le caratteristiche standard consentono altri vantaggi economici e prestazionali, che si traducono anche in un doppio del tasso MW-per-pass di lavaggio dell'array e controllo della vegetazione, riducendo i costi di O&M.

Le strutture previste a progetto sono di due tipologie / configurazioni:

- 2x13, per l'alloggiamento di 26 moduli, su 2 file da 13, per una potenza di picco pari a 14,820 kWp
- 2x26, per l'alloggiamento di 52 moduli, su 2 file da 26, per una potenza di picco pari a 29,640 kWp

Tali configurazioni consentono anche di semplificare e ridurre i tempi di cablaggio delle stringhe essendo a progetto previsto che la "stringa" sia costituita dalla serie di 26 pannelli FV.

Le strutture scelte sono ad inseguimento monoassiale con asse di rotazione lungo la direttrice Nord – Sud, particolarmente indicati per i paesi a bassa latitudine in cui il percorso del sole è mediamente più ampio durante l'anno, e permettono al piano dei pannelli di seguire la rotazione del sole E-O.

Caratteristiche delle strutture:

- a) La struttura 2x26 è costituita da n° 6 campate sulle quali sono adagiati n° 52 pannelli disposti su due file. La larghezza complessiva di tale struttura mobile è pari a 4,706 m e lunghezza complessiva pari a 30,80 m, con dimensioni del pannello, predisposto sul lato corto, pari a: larghezza 1,134 m, lunghezza 2,278 m.
- b) La struttura 2x13 è costituita da n° 4 campate sulle quali sono adagiati n° 26 pannelli disposti su due file. La larghezza complessiva di tale struttura mobile è pari a 4,706 m e lunghezza complessiva pari a 15,752 m.

I pannelli sono collegati, per mezzo di profilati trasversali, ad un'asse centrale che ruota attorno alla direttrice nord-sud grazie ad un dispositivo meccanico. L'asse orizzontale è posto ad una altezza pari a 2,538 m fuori terra, con un angolo di rotazione di +/- 60°, sfruttando così al meglio l'assorbimento dell'energia solare.

Il corrente che governa il moto della struttura è sostenuto da n.3 pilastri (tipo 2x13) e da n.5 pilastri (tipo 2x26) cui è collegato mediante delle cerniere con asse parallelo all'asse di rotazione. Nella cerniera centrale trova collocazione una ghiera metallica che, collegata ad un motore ad azionamento remoto, regola l'inclinazione del piano dei pannelli. I pilastri di sostegno sono immorsati nel terreno ad una profondità variabile in funzione delle caratteristiche meccaniche e litostratigrafiche dei terreni di fondazione. Le modalità di ammorsamento di tali profilati variano dalla infissione (battitura) alla trivellazione. In alcuni casi le fondazioni potrebbero consistere anche in zavorre in c.a. .

Le strutture previste a progetto sono rappresentate nelle figure seguenti.

RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Progetto di un impianto agrovoltaico e opere connesse da realizzarsi in provincia di Trapani nei Comuni di Salemi, Mazara del Vallo, Santa Ninfa e Castelvetrano, denominato "Cluster B"

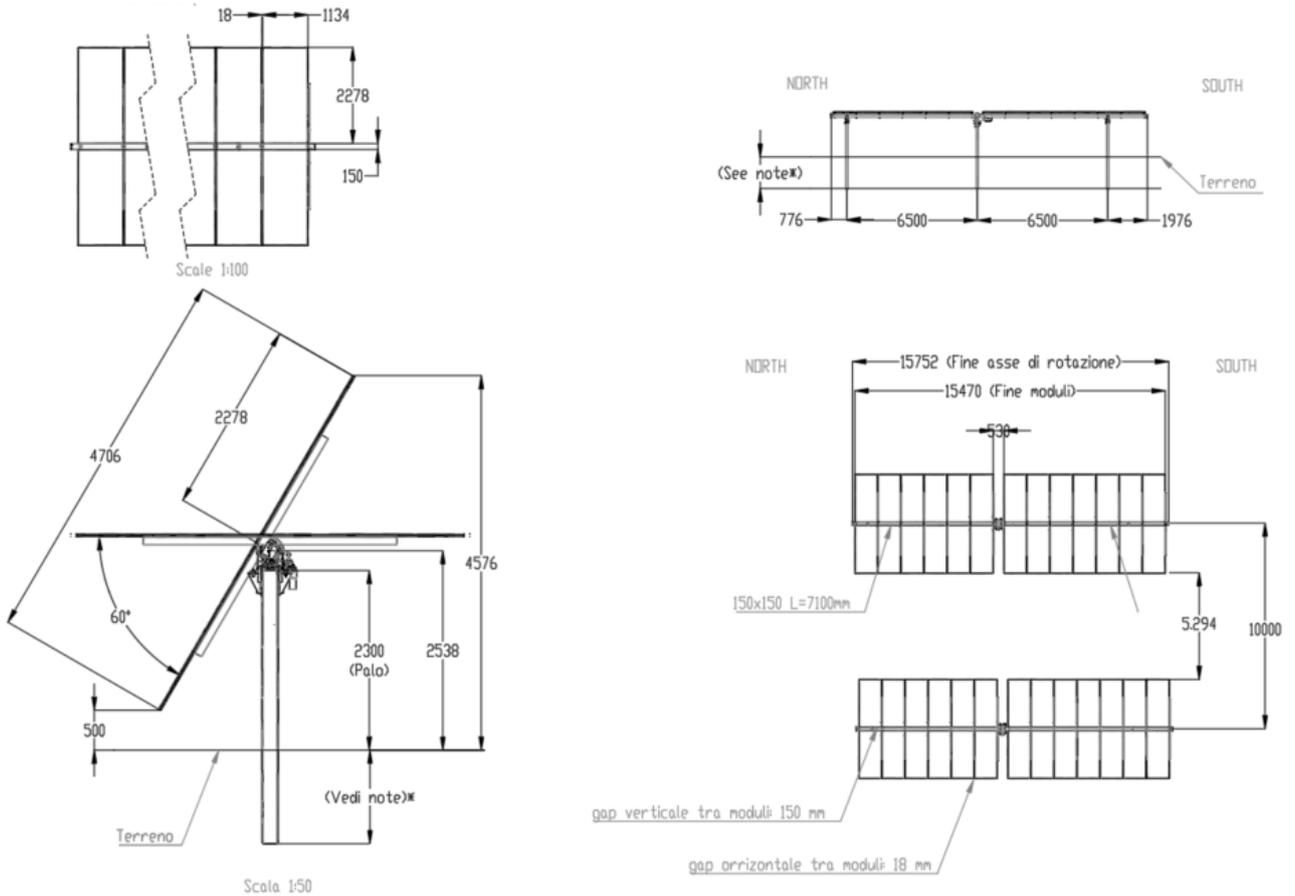


Figura 2 - Tracker 2x13

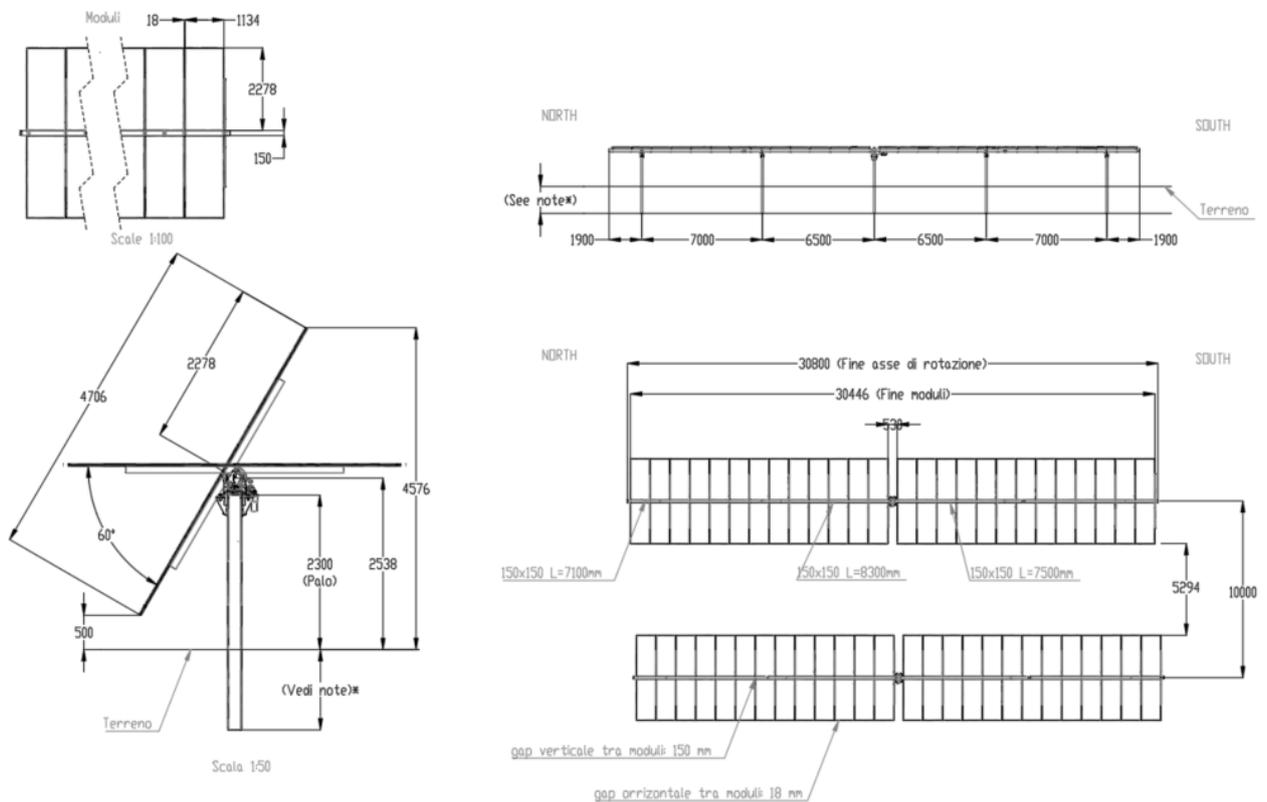


Figura 3 - Tracker 2x26

Nelle porzioni di area di installazione in cui la morfologia e/o le caratteristiche ambientali (come ad esempio pendenze non ottimali) non consentono l'utilizzo di tracker a rotazione mono-assiale, saranno impiegate strutture a TILT fisso.

3.3.3 Convertitore DC/AC

3.3.3.1 Generalità

Il gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata (o inverter) attua il condizionamento e il controllo della potenza trasferita. Esso deve essere idoneo al trasferimento della potenza dal generatore fotovoltaico alla rete del distributore o gestore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. In particolare il gruppo deve essere rispondente alle norme su EMC e alla Direttiva Bassa Tensione (73/23/CEE e successiva modifica 93/68/CEE).

I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura devono essere compatibili con quelli del campo fotovoltaico a cui è connesso, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita devono essere compatibili con quelli della rete del distributore o gestore alla quale viene connesso. Il convertitore deve, preferibilmente, essere basato su inverter a commutazione forzata (con tecnica PWM) ed essere in grado di operare in modo completamente automatico, inseguendo il punto di massima potenza (MPPT) del campo fotovoltaico.

I convertitori per fotovoltaico sono, come tutti gli inverter, costruiti con dispositivi a semiconduttore che commutano (si accendono e si spengono ON-OFF) ad alta frequenza (fino a 20 kHz); durante queste commutazioni si generano dei transitori veloci di tensione che possono propagarsi ai circuiti elettrici ed alle apparecchiature vicine dando luogo ad interferenze. Le interferenze possono essere:

- Condotte ovvero essere trasmesse dai collegamenti elettrici;
- Irradiate ovvero essere trasmesse come onde elettromagnetiche.

Gli inverter devono essere dotati di marcatura CE, ciò vuol dire che si presume che rispettino le norme che imitano queste interferenze ai valori prescritti, senza necessariamente annullarle.

Inoltre le verifiche di laboratorio sono eseguite in condizioni standard che non sono necessariamente ripetute sui luoghi di installazione, dove peraltro possono essere presenti dispositivi particolarmente sensibili.

Quindi, per ridurre al minimo le interferenze è ben evitare di installare il convertitore vicino ad apparecchi sensibili e seguire le prescrizioni del costruttore, ponendo attenzione alla messa a terra dell'inverter e collegandolo il più a monte possibile nell'impianto dell'utente utilizzando cavidotti separati sia per l'ingresso dal campo fotovoltaico che per l'uscita in corrente alternata.

I gruppi di conversione adottati per tale tipologia di impianto sono composti dal componente principale inverter e da un insieme di componenti quali filtri e dispositivi di sezionamento - protezione e controllo che rendono il sistema idoneo al trasferimento della potenza dal generatore alla rete in conformità ai requisiti normativi, tecnici e di sicurezza applicabili.

3.3.3.2 Caratteristiche tecniche inverter

Il sistema fotovoltaico in progetto prevede l'utilizzo di n° 717 convertitori statici di potenza da corrente continua a corrente alternata di potenza nominale pari a 150 kVA, per una potenza complessiva trasferita verso la rete di circa 107.550 MW.

La scelta progettuale prevede l'impiego di inverter trifase di stringa.

Gli inverter sono progettati per uso esterno.

L'inverter è costituito principalmente da:

RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Progetto di un impianto agrovoltaico e opere connesse da realizzarsi in provincia di Trapani nei Comuni di Salemi, Mazara del Vallo, Santa Ninfa e Castelvetro, denominato "Cluster B"

- Sezione di arrivo dal campo fotovoltaico con organo di sezionamento
- Convertitore statico, provvisto di ponte IGBT a commutazione forzata, logiche di comando, protezioni, autodiagnosi
- Sezione d'uscita in corrente alternata e dispositivi di comando del parallelo.

Gli inverter saranno protetti in ingresso lato corrente continua ed in uscita lato corrente alternata dalle sovratensioni di origine esterna mediante l'inserimento di scaricatori SPD.

L'inverter scelto per la realizzazione dell'impianto è marchiato SMA serie / tipo *SUNNY HIGHPOWER PEAK3 SHP 150-20* o similare.

Le principali caratteristiche tecniche degli inverter previsti sono riportate nella tabella di seguito.

SUNNY HIGHPOWER PEAK3 SHP 150-20	
Dati tecnici	
Ingresso (CC)	
Potenza max del generatore fotovoltaico [Wp]	225.000
Tensione d'ingresso max [V]	1500
Range di tensione MPP / Tensione nominale d'ingresso [V]	880 V a 1450 V / 880 V
Corrente d'ingresso max / Corrente di cortocircuito max [A/A]	180 / 325
Numero di inseguitori MPP indipendenti	1
Numero d'ingressi	1 o 2 (opzionale) per quadri di campo esterni
Uscita (CA)	
Potenza nominale alla tensione nominale [W]	150.000
Potenza apparente max [VA]	150.000
Tensione nominale / Range di tensione	600 V / 480 V a 690 V
Frequenza di rete CA / Range	60 Hz / 54 Hz a 66 Hz
Frequenza di rete nominale [Hz]	50
Corrente d'uscita max [A]	151
Fattore di potenza alla potenza nominale / Fattore di sfasamento regolabile	1 / Da 0 induttivo a 0 capacitivo
Distorsione armonica totale [THD]	< 3%
Fasi di immissione / Collegamento	3 / 3 – PE
Grado di rendimento	
Grado di rendimento max / grado di rendimento europeo [%]	99,1 / 98,8
Dispositivi di protezione	
Monitoraggio della dispersione verso terra / Monitoraggio della rete / Protezione contro l'inversione della polarità CC	• / • / •
Resistenza ai cortocircuiti CA	•
Unità di monitoraggio correnti di guasto sensibile a tutti i tipi di corrente	•

RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Progetto di un impianto agrovoltaiico e opere connesse da realizzarsi in provincia di Trapani nei Comuni di Salemi, Mazara del Vallo, Santa Ninfa e Castelvetro, denominato "Cluster B"

Scaricatori di sovratensioni (tipo II) CA/CC controllati	● / ●
Classe di isolamento (secondo IEC 62109-1) / Categoria di sovratensione (secondo IEC 62109-1)	I / CA: III; CC: II

Dati riferiti alle condizioni nominali



SUNNY HIGHPOWER PEAK3



SHP 100-20 / SHP 150-20



Servizio di controllo Premium
SMA SMART CONNECTED

Efficiente

- Elevata densità di potenza: formato compatto e 150 kW
- Massima resa grazie alla possibilità di dimensionamento con rapporto CC/CA fino al 150%

Sicuro

- Massima disponibilità dell'impianto grazie a unità da 150 kW
- Funzioni digitali proiettate verso il futuro, in abbinamento alla piattaforma di gestione energetica **enexOS**

Flessibile

- Per tensioni d'ingresso CC fino a 1500 V
- Soluzioni CC flessibili grazie a quadri di campo specifici per ciascun cliente

Facile da installare

- Ergonomico da maneggiare e facile da collegare per un'installazione rapida
- Messa in servizio centralizzata e controllo dell'impianto fotovoltaico tramite SMA Data Manager

SUNNY HIGHPOWER PEAK3

Costruito oggi sulle Esigenze di domani

Sunny Highpower PEAK3 è il componente centrale della soluzione SMA per gli impianti fotovoltaici con architettura decentralizzata e tensioni di sistema di 1500 V CC. Grazie alla sua elevata densità di potenza e compattezza, questo inverter di stringa consente di realizzare soluzioni per applicazioni fotovoltaiche industriali ottimizzando i costi: semplifica infatti il trasporto e permette una più rapida installazione e messa in servizio. L'inverter da 150 kW beneficia inoltre del servizio SMA Smart Connected con interventi proattivi che agevolano la gestione operativa e la manutenzione, riducendo i costi di assistenza lungo l'intera durata del progetto.

3.3.4 Quadro di protezione

I dispositivi di protezione sono fondamentali per:

- Proteggere i componenti dell'impianto da eventuali guasti e/o anomalie di funzionamento dovute a sovraccarichi di tensione o di corrente;
- Isolare l'impianto nel caso si eseguono opere di manutenzione all'impianto o alla rete di distribuzione.

In particolare, le protezioni utilizzate per l'impianto in oggetto sono:

a) Quadro parallelo di campo (string box)

Nella parte di impianto caratterizzata dalla corrente continua si prevede il posizionamento di un quadro di protezione e di parallelo delle singole stringhe, avente grado di protezione IP 65, contenente connesse e cablate le seguenti apparecchiature:

- interruttore sezionatore che permette il sezionamento di sicurezza della porzione di sottocampo fotovoltaico;
- sezionatore con fusibile su ingresso di ciascuna stringa;
- diodi atti a garantire la corretta circolazione della corrente nelle stringhe;
- scaricatore di sovratensione a protezione dell'inverter.

b) Quadro di parallelo lato corrente alternata

Gli inverter di ciascuna sezione o porzione di impianto in uscita lato corrente alternata saranno raggruppati e messi in parallelo con una sbarra BT in un dedicato quadro di parallelo per la protezione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. Nel quadro saranno installati, connessi e cablati le seguenti apparecchiature:

- interruttori automatici magnetotermici a valle dell'inverter (dispositivo di generatore);
- scaricatore di sovratensione SPD, di II categoria, a protezione dell'inverter da sovratensioni di origine esterna provenienti dalla rete lato c.a..

Tutti i dispositivi scelti sono dimensionati in funzione della potenza del sottocampo fotovoltaico e nel rispetto delle normative vigenti.

4 Collegamenti elettrici e cablaggi

4.1 Cavi solari: Collegamenti tra i moduli fv a formare le stringhe

I pannelli fotovoltaici sono generalmente già dotati di scatola di giunzione stagna e non apribile; in uscita dalla scatola sono collegati i cavi di lunghezza opportuna, terminati con spine di tipo MULTI-CONTACT.

I collegamenti elettrici della singola stringa saranno realizzati utilizzando questi stessi cavi, già in dotazione ai pannelli fotovoltaici. I cavi tra i moduli a formare le stringhe saranno posati opportunamente e fissati alla struttura tramite fascette.

4.2 Cavi D.C.

4.2.1 Collegamento delle stringhe al quadro di parallelo di campo

Saranno impiegati cavi solari FG21M21 0,6/1 kV idonei all'utilizzo ed al luogo di installazione, progettati per l'impiego e l'interconnessione dei vari elementi in impianti fotovoltaici per la produzione di energia. Possono essere installati sia all'interno che all'esterno in posa fissa o mobile (non gravosa), senza protezione; in canaline e tubazioni in vista o incassate; per posa direttamente interrata o in tubi interrati secondo le prescrizioni della norma CEI 11-17.

Descrizione del cavo:

- Conduttore: Flessibile rame stagnato secondo CEI 20-29 classe 5
- Isolante: HEPR - tipo G21
- Identificazione anima isolata: Colore naturale
- Guaina: Mescola elastomerica reticolata senza alogeni tipo M21
- Colori della guaina: Nero, Rosso, Blu

Parametri elettrici:

- Tensione massima in c.a. (Um) [V]: 1200
- Tensione massima in c.c. (Um) [V]: 1800
- Tensione di prova [kV]: 6,5

Parametri termici

- Temperatura ambiente: min. - 40 °C; max. + 90 °C
- Max temperatura del conduttore: + 120 °C (in condizioni di sovraccarico)
- Temperatura di cortocircuito: + 250 °C (sul conduttore, max. 5 sec.)

Parametri meccanici

- Sforzo di trazione durante la posa: 50 N/mm² max

Si prevede l'impiego di cavi avente formazione 1x4 mm² / 1x10 mm² in funzione della potenza della stringa e della distanza del collegamento al fine di contenere la c.d.t..

4.2.2 Collegamenti elettrici uscita quadro di campo (string box) all'ingresso della sezione DC dell'inverter

Per la realizzazione del collegamento tra il quadro di parallelo di campo (string-box) e l'ingresso lato d.c. dell'inverter di stringa il progetto prevede l'impiego di cavi solari FG21M21 0,6/1 kV di sezione idonea dimensionata per il valore della potenza da trasferire e la distanza del collegamento tale da contenere la c.d.t..

4.3 Cavi BT C.A.

4.3.1 Collegamenti elettrici uscita inverter di stringa al quadro di parallelo corrente alternata in cabina

Per la realizzazione del collegamento tra la sezione di uscita c.a. dell'inverter ed il quadro di parallelo corrente alternata, il progetto prevede l'impiego di cavi elettrici idonei al trasporto di energia con tipologia FG16R16 - FG16OR16 0,6/1 kV.

Sono cavi per energia, isolati con gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G16, sotto guaina di PVC qualità R16.

Caratteristiche costruttive

- Conduttore: Rame rosso, formazione flessibile, classe 5
- Isolamento: Gomma, qualità G16
- Cordatura: I conduttori isolati sono cordati insieme
- Riempitivo: Termoplastico, penetrante tra le anime (solo nei cavi multipolari)
- Guaina esterna: PVC, qualità R16
- Colore: Grigio

Caratteristiche funzionali

- Tensione nominale U_o/U: 600/1.000 V c.a.; 1.500 V c.c.
- Tensione Massima Um: 1.200 V c.a.; 1.800 V c.c.

- Tensione di prova industriale [V] : 4.000
- Massima Temperatura di esercizio: 90°C
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C
- Sforzo massimo di trazione: 50 N/mm² di sezione del rame

Condizioni d'impiego:

Sono cavi adatti per l'alimentazione di energia nelle industrie, nei cantieri, in edilizia residenziale. Adatti all'installazione su murature e strutture metalliche, su passerelle, in tubazioni, canalette e sistemi similari.

Ammessa posa fissa all'interno ed all'esterno; ammessa la posa interrata, diretta e indiretta.

Riferimento Regolamento Prodotti da Costruzione 305/2011 EU e Norma EN 50575:

Date le proprietà di limitare lo sviluppo del fuoco e l'emissione di calore, il cavo è adatto per l'alimentazione di energia elettrica nelle costruzioni ed altre opere di ingegneria civile.

4.3.2 Collegamenti elettrici dal quadro di parallelo corrente alternata a secondario bassa tensione del trasformatore elevatore BT/MT

Per la realizzazione del collegamento tra il quadro di parallelo corrente alternata ed i morsetti BT del trasformatore elevatore BT/MT il progetto prevede l'impiego di cavi elettrici idonei al trasporto di energia con tipologia FG16R16 - FG16OR16 0,6/1 kV dalle caratteristiche tecniche c.s.d..

4.4 Cavi MT

I cavi di media tensione (MT) raggruppano gli avvolgimenti dei trasformatori elevatori BT/MT lato MT, al livello di tensione 30 kV, fino alla sbarra di parallelo del quadro MT in "cabina di utente" presso la stazione di trasformazione 30/220 kV (SSEU).

In funzione del tipo di tracciato interno o esterno al sottocampo fotovoltaico si distinguono due casi:

4.4.1 Tracciato interno per interconnessione e raggruppamento delle cabine all'interno del medesimo sotto campo FV

Il progetto prevede l'impiego di cavi idonei al trasporto di energia con formazione unipolare / tripolare ad elica visibile ARE4H1RX 18/30 kV.

Norma di riferimento

- Costruzione e requisiti: EC 60502-2
- Propagazione Fiamma: CEI 20-35
- Direttiva ROHS: 2011/65/CE

Descrizione del cavo

- Anima: Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio
- Semiconduttivo interno: miscela estrusa colore nero
- Isolante: miscela di politene reticolato colore naturale
- Semiconduttivo esterno: miscela estrusa colore nero
- Schermatura: fili di rame rosso e contro spirale
- Guaina: PVC, di qualità Rz/ST2, colore rosso

Caratteristiche funzionali

- Tensione nominale U₀/U: 18/30 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di posa: 0°C
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C

RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Progetto di un impianto agrovoltaiico e opere connesse da realizzarsi in provincia di Trapani nei Comuni di Salemi, Mazara del Vallo, Santa Ninfa e Castelvetro, denominato "Cluster B"

Condizioni di impiego

Adatto per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione e le grandi utenze.

Ammissa la posa in aria libera, in tubo o canale, ammissa la posa interrata anche non protetta in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.

Il cavo avrà idonea sezione dimensionata per il carico di potenza, per il corto circuito e la massima c.d.t. ammessa.

All'interno del sottocampo FV il cavo sarà interrato ed installato normalmente in una trincea della profondità non inferiore a 1,20 m e della larghezza variabile di 0,6 m, con disposizione delle fasi a trifoglio. Al fine di segnalare il cavidotto, verrà posata una rete ed un nastro in PVC ad una quota non inferiore a 30 cm dall'estradosso del cavo.

4.4.2 Tracciato esterno per vettoriamento dell'energia prodotta dai sottocampi FV al quadro MT in "cabina di utenza" prevista nella SSEU di trasformazione AT/MT

Il progetto prevede che lungo il tracciato esterno si sviluppino quattro dorsali principali in cavo MT ARP1H5(AR)E 18/30 kV con la funzione di raggruppare le cabine dei sottocampi FV e collegarle alla sbarra di parallelo del QMT in cabina utente.

La tabella di seguito riporta la configurazione delle linee dorsali:

Elettrodotto	Sotto Campo	Potenza [kVA]	Potenza totale [kVA]	Corrente [A]	Lunghezza [m]
L1	IMP_B_01 (1^ tratta)	25.350	25.350	519	8.895
L2	IMP_B_01 (2^ tratta)	26.850	26.850	549,711	8.918
L3	IMP_B_01_5	25.500	25.500	522,072	13.122
L4	IMP_B_01_8	3.000	29.850	611.131	1.567
	IMP_B_01_3	9.150			
	IMP_B_01_2	3.150			
	IMP_B_01_7	4.200			
	IMP_B_01_9	3.150			
	IMP_B_01_4	4.350			
	IMP_B_01_6	2.850			

Tabella 2 - Dorsali esterne

Il cavo previsto è idoneo al trasporto di energia con formazione unipolare / tripolare tipo ARP1H5(AR)E 18/30 kV o similare dalle seguenti caratteristiche tecniche:

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

- Protezione meccanica: Materiale Polimerico (Air Bag)
- Guaina: Polietilene di colore rosso (qualità DMP 2)
- Temperatura di sovraccarico massima 140°C
- Temperatura di funzionamento: 105°C
- Temperatura di corto circuito: 300°C
- Coefficiente K per temperature di corto circuito di 300°C: $K = 100$

È ammessa la posa in aria libera, in tubo o canale, interrata anche non protetta in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.

I cavi MT saranno posati interrati entro scavo a sezione trapezoidale con larghezza variabile a seconda del numero di terne di cavi presenti; la profondità di posa sarà di circa 1,20 ml.

Il cavo previsto presenta una protezione meccanica intrinseca realizzata con materiale polimerico (Air Bag). Tale sistema evita la realizzazione e messa in opera di protezioni meccaniche aggiuntive in situazioni dove sarebbe richiesta una protezione contro schiacciamenti. Infatti, come riportato nella norma CEI 11-27 punto 4.3.11b, per tali cavi è ammessa la posa direttamente interrata.

Tale soluzione permette di ridurre i pesi del cavo stesso, la rigidità e il tempo di installazione, con conseguenti vantaggi economici.

In funzione dello sviluppo del tracciato, in fase esecutiva, delle eventuali criticità quali interferenze, attraversamenti saranno adottate ulteriori misure di protezione meccaniche idonee al fine di garantire:

- L'integrità dell'elettrodotto
- Il normale funzionamento
- L'esercizio delle linee in condizioni di sicurezza

I cavi avranno idonea sezione dimensionata per il carico di potenza trasportata, per il corto circuito e la massima c.d.t. ammessa.

4.4.2.1 Buche giunti

I giunti unipolari saranno posizionati lungo il percorso del cavo, a circa 500-800 m l'uno dall'altro, ed ubicati all'interno di opportune "buche giunti" di dimensioni di circa 200 cm x 150 cm.

Il posizionamento dei giunti sarà determinato in sede di progetto esecutivo in funzione delle interferenze sotto il piano di campagna e della possibilità di trasporto.

4.5 Cavi ausiliari BT

Sono cavi impiegati per l'alimentazione di utenze installate in campo quali:

- Motori delle strutture mobili TRACKER;
- Circuiti di illuminazione esterna;
- Impianti di VDS;
- Impianti antintrusione;
- Motorizzazione cancelli esterni.

I cavi avranno formazione unipolare / multipolare e saranno del tipo FG16R16 - FG16OR16 0,6/1 kV dalle caratteristiche tecniche come descritte alla voce 4.3.1

4.6 Cavi dati

Sono cavi impiegati per la trasmissione e l'invio di: dati, informazioni, rilevazioni, misure effettuate dai vari sistemi presenti in campo.

In funzione della velocità di trasmissione, della distanza tra il punto di acquisizione, invio e ricezione dati, il cavo potrà essere in rame o del tipo ottico (F.O.).

5 Cabina di trasformazione BT/MT

L'energia elettrica prodotta/generata dai moduli fotovoltaici verrà vettoriata dai cavi nella cabina di trasformazione BT/MT di sottocampo nella quale il trasformatore elevatore di potenza innalzerà la tensione del sistema elettrico trifase dal valore di ingresso 600 V (fissato dall'inverter di stringa) al valore 30.000 V necessari per la connessione alla cabina di utenza 30/220 kV così come definito nella STMG di TERNA.

Il manufatto di cabina previsto è di tipo prefabbricato, pertanto non necessita di fondazioni in cemento. Il manufatto, idoneo al contenimento di apparecchiature elettromeccaniche per uso "Cabine Elettriche", avrà le seguenti caratteristiche costruttive:

- struttura monolitica realizzata in cemento armato vibrato con classe di resistenza del calcestruzzo pari a C 37/45 corrispondente a non meno di 450 N/mm²;
- un cassero formatore consente di ottenere una struttura avente un'unica armatura e un unico getto di calcestruzzo;
- classi di esposizione del calcestruzzo in condizioni di produzione standard previste sono: XD3, XS2, XS3, XF2 per la variabilità di esposizione delle cabine elettriche in funzione della relativa ubicazione;
- le pareti laterali con spessore di mm 100 possono essere trattate internamente ed esternamente con intonaco murale plastico o, a seconda delle esigenze, con qualsiasi materiale di rivestimento sia per problematiche di impatto ambientale e sia per aspetti puramente estetici;
- solaio di copertura, a corpo unico con le pareti verticali, ha uno spessore minimo di mm 100 oltre alla pendenza;
- impermeabilità della copertura garantita dalla posa di un manto di guaina bituminosa da 4 mm armata posata a caldo e in sovrapposizione in senso incrociato un ulteriore strato di guaina ardesiata di spessore 4,5 mm;
- pavimento, di spessore minimo mm 100, in grado di sopportare un carico uniformemente distribuito non inferiore a 500 daN/m²+ 6000 daN concentrati in mezzeria, ciò comporta che è possibile alloggiare in cabina qualsiasi tipo di apparecchiatura, compreso trasformatori di elevata potenza;
- una armatura elettrosaldata inglobata nella struttura forma una rete equipotenziale di terra uniformemente distribuita su tutta la superficie della cabina;
- impianto elettrico del tipo sottotraccia completo dell'impianto di illuminazione dei locali normale e di emergenza, impianto prese forza motrice alimentate da apposito quadro BT servizi ausiliari.

L'impianto sarà rispondente alla Norma CEI 64-8 e alla norma UNI EN 12464-1.

Le porte di accesso e le griglie di areazione possono essere in vetroresina e/o in lamiera e/o in alluminio anodizzato, ignifughe ed autoestinguenti.

Il manufatto di cabina, suddiviso in più locali, conterrà:

- il quadro generale in BT servizi ausiliari di impianto;
- il quadro di parallelo corrente alternata;
- il trasformatore elevatore di potenza BT/MT;
- gli scomparti del quadro MT;

come rappresentato negli elaborati grafici di progetto.

La cabina sarà dotata di accessori normalmente richiesti dalle normative vigenti (schema unifilare del quadro, cartelli comportamentali, tappeti e pedane isolanti, guanti di protezione per manovra, cartelli monitori e di soccorso, estintore ecc.).

5.1 Quadro di Media Tensione

Il Quadro di Media Tensione sarà completamente assemblato in fabbrica e certificato, conforme alle IEC 62271-200 e sarà del tipo Schneider Electric, sistema SM6 o similare.

Il sistema SM6 è composto da unità funzionali di tipo modulare compatte ad isolamento in aria, equipaggiate con apparecchiature di interruzione e sezionamento isolate in gas SF6.

Esso avrà le seguenti caratteristiche elettriche:

- Tensione di esercizio [kV]: 30
- Tensione nominale [kV]: 36
- Tensione di Isolamento tra fasi e verso massa a f.i. 50/60 Hz 1' [kV rms]: 70
- Corrente nominale [A]: 630/1250 (preliminare)
- Corrente di breve durata max ammissibile [kA /1sec]: 16

In funzione della configurazione e sviluppo dell'impianto si prevedono quattro tipologie di quadro MT

- Quadro MT a due scomparti
- Quadro MT a tre scomparti
- Quadro MT a quattro scomparti
- Quadro MT a cinque scomparti

come da schema elettrico unifilare e tavole di progetto.

Il sostegno ai circuiti ausiliari del quadro per la sicurezza e per il funzionamento continuativo dei sistemi di protezione elettrica avverrà dal gruppo di continuità (UPS) installato in loco, così come previsto dalla CEI 0-16 con autonomia di almeno 1 ora.

5.1.1 Composizione quadro MT

Le unità funzionali base che comporranno il quadro MT, nelle singole tipologie, sono:

- 5.1.1.a Scomparto M.T. tipo Schneider Electric IM "Unità arrivo/partenza", larghezza 750 mm, o similare, contenente le seguenti apparecchiature:
 - interruttore di manovra-sezionatore e sezionatore di messa a terra;
 - sistema di sbarre trifase;
 - comando CI1;
 - indicatore di presenza tensione;
 - resistenza anticondensa 150 W;
 - blocco a chiave sul sezionatore di messa a terra;
 - piastre di ammarro cavi unipolari.
- 5.1.1.b Scomparto M.T. tipo Schneider Electric, DM1-A, "Unità interruttore con sezionatore e partenza cavo", larghezza 1000 mm, o similare, protezione trasformatore, contenente le seguenti apparecchiature:
 - interruttore isolato in gas SF6;
 - sezionatore e sezionatore di terra a monte dell'interruttore;
 - sezionatore di messa a terra a valle dell'interruttore;
 - sistema di sbarre trifase;
 - comando interruttore tipo RI;

- comando sezionatore tipo CS;
 - indicatore di presenza tensione per 36 Kv;
 - 2/3 trasformatori di corrente o in alternativa n° 3 trasformatori tipo LPCT
 - contatti ausiliari sull'interruttore;
 - blocco a chiave sul sezionatore di linea in posizione di chiuso;
 - blocco a chiave sui sezionatori di messa a terra in posizione di chiuso;
 - blocco a chiave sull'interruttore in posizione di aperto;
 - cella BT 100 mm;
 - resistenza anticondensa 150 W;
 - livello di continuità di servizio LSC2A;
 - sistema di protezione e controllo con funzioni 50-51 e funzione omopolare 51N tipo SEPAM 40 S41 della Schneider Electric, o similare, rispondente alla norma CEI 0-16, composto da: cassonetto portastrumenti b.t., relè di protezione, n°3 trasformatori amperometrici, n°1 trasformatore toroidale chiuso. Il sistema comprenderà un gruppo di continuità UPS a tempo d'intervento zero (on line a doppia conversione - Voltage and Frequency Independent VFI) per l'alimentazione di EMERGENZA del dispositivo di protezione, dei circuiti di apertura (a lancio di corrente o a mancanza di tensione) così come previsto dalla CEI 0-16, con autonomia di almeno 1 h.
- 5.1.1.c Scomparto M.T. tipo Schneider Electric, DM1-P, "Unità interruttore con sezionatore e partenza cavo", larghezza 1000 mm, o similare, contenente le seguenti apparecchiature:
- interruttore isolato in gas SF6;
 - sezionatore e sezionatore di terra a monte dell'interruttore;
 - sezionatore di messa a terra a valle dell'interruttore;
 - sistema di sbarre trifase;
 - comando interruttore tipo RI;
 - comando sezionatore tipo CS;
 - indicatore di presenza tensione per 36 Kv;
 - 2/3 trasformatori di corrente o in alternativa n° 3 trasformatori tipo LPCT
 - contatti ausiliari sull'interruttore;
 - blocco a chiave sul sezionatore di linea in posizione di chiuso;
 - blocco a chiave sui sezionatori di messa a terra in posizione di chiuso;
 - blocco a chiave sull'interruttore in posizione di aperto;
 - cella BT 100 mm;
 - resistenza anticondensa 150 W;
 - livello di continuità di servizio LSC2A;
 - sistema di protezione e controllo con funzioni 50-51-67N e funzione omopolare 51N tipo SEPAM 40 S41 della Schneider Electric, o similare, rispondente alla norma CEI 0-16, composto da: cassonetto portastrumenti b.t., relè di protezione, n°3 trasformatori amperometrici, n° 3 trasformatori di tensione fase-terra, resistenza antiferrisonanza, n°1 trasformatore toroidale chiuso. Il sistema comprenderà un gruppo di continuità UPS a tempo d'intervento zero (on line a doppia conversione - Voltage and Frequency Independent VFI) per l'alimentazione di EMERGENZA del dispositivo di protezione, dei circuiti di apertura (a lancio di corrente o a mancanza di tensione) così come previsto dalla CEI 0-16, con autonomia di almeno 1 h.
- 5.1.1.d Scomparto M.T. tipo Schneider Electric PM "Interruttore di manovra-sezionatore con fusibili", larghezza 750 mm, o similare, dalle seguenti caratteristiche:
- interruttore di manovra-sezionatore e sezionatore di messa a terra a monte dei fusibili
 - sezionatore di messa a terra a valle dei fusibili

RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Progetto di un impianto agrovoltaiico e opere connesse da realizzarsi in provincia di Trapani nei Comuni di Salemi, Mazara del Vallo, Santa Ninfa e Castelvetro, denominato "Cluster B"

- sistema di sbarre trifase
- comando CIT
- indicatore di presenza tensione
- piastre di ammarro cavi unipolari
- blocco a chiave sui sezionatori di messa a terra in posizione di chiuso
- resistenza anticondensa 150 W
- LSC2A

5.2 Trasformatore elevatore BT/MT

Il progetto prevede l'installazione di un trasformatore di potenza elevatore per innalzare il livello di tensione del sistema elettrico trifase da 600 V (fissato dall'inverter di stringa) al valore 30.000 V necessari per la connessione alla cabina di utenza 30/220 kV nella SSEU.

I trasformatori saranno del tipo a secco, con avvolgimenti inglobati in resina, o ad isolamento in olio dalle seguenti caratteristiche tecniche:

- Potenza nominale serv. cont. [KVA]: come da tabella di seguito
- Tensione nominale primaria [V]: 30.000 ± 2x2,5%
- Tensione secondaria a vuoto [V]: 600
- Frequenza [Hz]: 50
- Collegamento primario: triangolo
- Collegamento secondario: stella
- Gruppo vettoriale: Dy11y11

Il progetto prevede per l'intero impianto fotovoltaico 39 cabine di trasformazione con 39 trasformatori elevatori BT/MT di potenza apparente, come da tabella di seguito:

TRASFORMATORE ELEVATORE 0,6/30 kV - Sn [MVA]										
Sotto Campi	Cabine	1,44	2,16	2,52	2,88	3,24	3,60	3,78	3,96	4,32
IMP_B_01	18				5	3	3	2	1	4
IMP_B_02	2	1		1						
IMP_B_03	3						2		1	
IMP_B_04	2			1	1					
IMP_B_05	9				1	3	3		2	
IMP_B_06	1						1			
IMP_B_07	2		1		1					
IMP_B_08	1						1			
IMP_B_09	1								1	
Totale	39	1	1	2	8	6	10	2	5	4

6 Servizi ausiliari

Per ciascun sottocampo FV il progetto prevede la realizzazione dei seguenti impianti elettrici e speciali:

- Impianto di illuminazione normale e di emergenza
- Impianto prese FM
- Impianto videosorveglianza (VDS)
- Impianto antintrusione
- Impianto automazione cancelli di ingresso

RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Progetto di un impianto agrovoltaiico e opere connesse da realizzarsi in provincia di Trapani nei Comuni di Salemi, Mazara del Vallo, Santa Ninfa e Castelvetro, denominato "Cluster B"

Gli impianti avranno origine a valle di dedicati dispositivi di protezione posti, cablati e connessi nel dedicato quadro elettrico "Servizi Ausiliari" posizionato nel relativo locale del manufatto cabina di trasformazione del sottocampo fotovoltaico.

Gli impianti tecnologici saranno alimentati tramite un trasformatore di potenza MT/BT derivato dalla sbarra del quadro QMT di cabina trasformazione.

Il progetto prevede l'impiego di un trasformatore con avvolgimenti di media e bassa tensione inglobati in resina.

Le principali caratteristiche tecniche sono riportate nella tabella 3 di seguito:

Trasformatore Servizi Ausiliari	
Tipo trasformatore	Avvolgimenti MT e BT inglobati in resina
Tipo di raffreddamento	AN
Tensione nominale avvolgimento MT [kV]	30
Tensione nominale avvolgimento BT [kV]	0,40
Tensione massima avvolgimenti MT/BT [kV]	36 / 1
Classe ambientale e climatica	E1 – C1
Classe di comportamento al fuoco	F1
Gruppo vettoriale	Dyn11
Applicazione	Fonti rinnovabili

Tabella 3 - Caratteristiche tecniche trasformatore servizi ausiliario MT/BT

La potenza apparente S_n dei trasformatori servizi ausiliari TSA in fase preliminare è stata determinata in riferimento alle potenze elettriche impegnate e previste per gli impianti tecnologici da realizzarsi. In fase di progetto esecutivo le potenze S_n saranno verificate rispetto alle reali potenze elettriche richieste.

In tabella 4 si riportano le S_n preliminari del trasformatore servizi ausiliari TSA per ogni sottocampo FV.

Sottocampo	S_n [KVA]
Imp_B_01	630
Imp_B_02	100
Imp_B_03	160
Imp_B_04	63
Imp_B_05	400
Imp_B_06	63
Imp_B_07	100
Imp_B_08	63
Imp_B_09	63

Tabella 4 - Potenza S_n trasformatore MT/BT servizi ausiliari

7 Misura dell'energia

7.1 Misura energia prodotta

L'energia prodotta da ciascun sottocampo fotovoltaico ai fini fiscali sarà rilevata in bassa tensione con sensori e dispositivi da installare a valle degli inverter prima del trasformatore elevatore BT/MT.

I gruppi di misura (M2) saranno alloggiati all'interno di un locale dedicato della cabina di trasformazione.

7.2 Misura energia scambiata con la rete

La misura dell'energia scambiata con la rete TERNA in immissione e in prelievo sarà effettuata con sensori e dispositivi sul lato AT. Il gruppo di misura (GdM) per misure fiscali, di tipo bi-direzionale, sarà alloggiato nel dedicato locale "misure" della sottostazione di utenza 30/220 kV.

8 Sistema di messa a terra

Il campo fotovoltaico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra.

Le stringhe saranno costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili nei quadri di campo, provvisti di protezione contro le sovratensioni per mezzo di scaricatori di sovratensione di classe II. Le cornici dei moduli fotovoltaici saranno rese equipotenziali con la struttura metallica di sostegno mediante una corretta imbullonatura (utilizzo di rondelle a punta che rimuovono lo strato passivato sulle cornici) e collegate a terra attraverso un conduttore di protezione di opportuna sezione.

L'impianto di terra sarà dimensionato in funzione del:

- Valore della corrente transitoria di terra (I_t)
- Valore di resistività del terreno

L'impianto sarà realizzato con dispersore in corda di rame nuda interrata della sezione non inferiore a 50 mm² ed integrata con dispersori verticali in profilato a T in acciaio zincato o tubolare di idonea lunghezza e diametro.

L'impianto di terra sarà dimensionato e realizzato nel rispetto della normativa vigente CEI 99-3 e Guida CEI 99-5,

La definizione della geometria del dispersore al fine di garantire il rispetto dei limiti di tensione di contatto e di passo, secondo quanto previsto dalla norma CEI 99-2, sarà effettuata in fase di progetto definitivo quando saranno noti i valori di resistività del terreno, da determinare con apposita campagna di misure.

In caso di terreno non omogeneo con strati superiori ad elevata resistività si potrà procedere all'installazione di dispersori verticali (picchetti) di lunghezza sufficiente a penetrare negli strati di terreno a resistività più bassa, in modo da ridurre la resistenza di terra dell'intero dispersore.

In ogni caso, qualora risultasse la presenza di zone periferiche con tensioni di contatto superiori ai limiti, si procederà all'adozione di uno o più provvedimenti indicati dalla normativa vigente.

A fine installazione in fase di verifica potranno essere eseguite le misure previste dalla normativa di riferimento.

9 Impianti elettrici servizi ausiliari

Il progetto prevede la realizzazione dei seguenti impianti elettrici e tecnologici a servizio dell'impianto FV:

9.1 Impianto di illuminazione e prese FM

All'interno di ciascuna cabina del sottocampo fotovoltaico sarà realizzato:

- a) impianto di illuminazione normale con plafoniera a LED o con lampada fluorescente ad alta efficienza del tipo a tenuta stagna avente grado di protezione non inferiore a IP 44;
- b) impianto prese FM con punti presa 2P+T 16A 230V e prese SCHUKO a standard VDE 16A+T

9.2 Impianto di illuminazione aree esterne

Davanti la porta di accesso della cabina si prevede l'installazione di una plafoniera c.s.d. o di proiettore combinato con sensore di presenza.

Per la zona di accesso al sottocampo (cancello di ingresso) si prevede l'installazione di un proiettore con sensore ad infrarossi.

10 Sistema di sicurezza

La corretta gestione della messa in sicurezza degli impianti fotovoltaici richiede un'adeguata scelta di soluzioni integrate.

I campi dove sono generalmente installati i pannelli fotovoltaici sorgono tipicamente in aree rurali isolate e dislocati su terreni più o meno accidentati e comunemente con difficoltà strutturali di comunicazione verso l'esterno a causa della mancanza di linee telefoniche e connessioni internet. Fra le principali variabili da gestire durante la progettazione di un sistema di sicurezza, più o meno complesso, necessario a proteggere un impianto fotovoltaico vi sono:

- caratteristiche del sistema di alimentazione elettrica disponibile sull'impianto;
- variabili ambientali come tipologia del suolo, presenza di animali, condizioni climatiche;
- qualità dell'illuminazione presente in tutta l'area dell'impianto in particolar modo sui lati estremi;
- ombreggiatura dei supporti in altezza ed esposizione nelle varie ore del giorno e della notte;
- percorso degli scavi e dei condotti utilizzabili per il passaggio cavi;
- possibilità di comunicazione wireless con sistemi punto-punto professionali;
- tipologia pannelli installati e loro distribuzione sul campo fotovoltaico;
- tipologia della recinzione perimetrale del campo fotovoltaico.

Il progetto prevede un sistema di metodologie e soluzioni integrate che verranno esplicitate nei paragrafi a seguire.

10.1 Protezione perimetrale

Le aree dei sottocampi fotovoltaici sono aree "chiuse" e protette in modo passivo, ovvero:

- perimetralmente con idonea recinzione di altezza di 1,80 mt;
- zona di accesso protetta da idoneo cancello in ferramenta.

Al fine di implementare le misure di sicurezza si prevede la realizzazione di un impianto antintrusione perimetrale, dei singoli sottocampi FV, con impiego di:

- Tecnologie a micro-onde o infrarosso tramite barriere o cavi "sensore" perimetrali
- Rivelatori volumetrici a protezione degli accessi agli impianti FV, in prossimità delle cabine di trasformazione e al loro interno a tutela delle apparecchiature installate.

10.2 Videosorveglianza

Soluzioni a progetto prevedono:

- Telecamere night & day, fisse e brandeggiabili, collegate a sistemi di registrazione di rete NVR IP per una completa gestione di preset automatizzati e gestione allarmi integrata, compresa visibilità in infrarosso.
- Telecamere tipo Dome nei punti che presentano criticità quali zone di accesso, varchi.

Il sistema prevede la registrazione e la comunicazione all'esterno di streaming ottimizzati per la visualizzazione da remoto.

10.3 Sistema di dissuasione

Il progetto prevede all'esterno dei manufatti di cabina, alle zone di accesso, un sistema di illuminazione a LED o a luce alogena da utilizzare come deterrente.

Nel caso sia rilevata un'intrusione (tarata sulle dimensioni di un essere umano) l'illuminazione relativa a quell'area / zona viene attivata.

11 Protezione contro i contatti diretti

11.1 Generalità

Si ha un contatto diretto quando una parte del corpo umano viene a contatto con una parte dell'impianto elettrico normalmente in tensione (conduttori, morsetti, ecc.).

11.2 Protezione contro i contatti diretti lato corrente alternata

Si attua la protezione contro i contatti diretti ponendo in essere tutte quelle misure e accorgimenti idonei a proteggere le persone dal contatto con le parti attive di un circuito elettrico.

La protezione può essere parziale o totale.

La scelta tra la protezione parziale o totale dipende dalle condizioni di uso e di esercizio dell'impianto (può essere parziale solo dove l'accessibilità ai locali è riservata a persone addestrate).

La Norma CEI 64-8 prevede inoltre quale misura addizionale di protezione contro i contatti diretti l'impiego di dispositivi a corrente differenziale.

11.2.1 Misure di protezione totale

Sono destinate alla protezione di personale non addestrato e si ottengono mediante:

1. Isolamento delle parti attive. Devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- parti attive ricoperte completamente con isolamento che può essere rimosso solo a mezzo di distruzione;
- gli altri componenti elettrici devono essere provvisti di isolamento resistente alle azioni meccaniche, chimiche, elettriche e termiche alle quali può essere soggetto nell'esercizio.

2. Involucri o barriere. Devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- parti attive contenute entro involucri o dietro barriere con grado di protezione almeno IP2X o IPXXB;
- superfici orizzontali delle barriere o involucri a portata di mano, con grado di protezione almeno IP4X o IPXXD;
- involucri o barriere saldamente fissati in modo da garantire, nelle condizioni di servizio prevedibili, la protezione nel tempo;
- barriere o involucri devono poter essere rimossi o aperti solo con l'uso di una chiave o di un attrezzo speciale (azione intenzionale);
- il ripristino dell'alimentazione deve essere possibile solo dopo sostituzione o richiusura delle barriere o degli involucri.

11.2.2 Misure di protezione parziale

Sono destinate unicamente a personale addestrato; si attuano mediante ostacoli o distanziamento. Impediscono il contatto non intenzionale con le parti attive, nella pratica sono misure applicate solo nelle officine elettriche. Devono essere rispettate le seguenti prescrizioni.

1. Ostacoli. Devono impedire:

- l'avvicinamento non intenzionale del corpo a parti attive;
- il contatto non intenzionale con parti attive durante lavori sotto tensione nel funzionamento ordinario;

Gli ostacoli possono essere rimossi senza una chiave o un attrezzo speciale, ma devono essere fissati in modo da impedirne la rimozione accidentale.

2. Distanziamento. Deve avvenire:

- Il distanziamento delle parti simultaneamente accessibili deve essere tale che esse non risultino a portata di mano;
- la zona a portata di mano inizia dall'ostacolo (per es. parapetti o rete grigliata) che abbia un grado di protezione < IPXXB.

11.2.3 Misura di protezione addizionale mediante interruttori differenziali

La protezione con interruttori differenziali con soglia di intervento $I_{dn} = 300 \text{ mA}$, pur eliminando gran parte dei rischi dovuti ai contatti diretti, non è riconosciuta quale elemento unico di protezione completa e richiede comunque l'abbinamento con una delle misure di protezione di cui ai precedenti paragrafi.

11.3 Protezione contro i contatti diretti lato corrente continua

La protezione contro i contatti diretti deve essere realizzata utilizzando componenti adeguati alla specifica applicazione, secondo quanto prescritto dalla Norma CEI 64-8. Anche l'installazione dei componenti e i relativi cablaggi devono essere effettuati in ottemperanza alle prescrizioni di detta norma.

Si ricorda, a questo proposito, che le misure di protezione contro i contatti diretti, in bassa tensione, possono essere tali da evitare qualsiasi rischio elettrico (protezione totale) oppure no (protezione parziale). Le prime vengono realizzate per proteggere le persone prive di conoscenze dei fenomeni e dei rischi elettrici associati: cioè quelle che nella Norma CEI 11 27 vengono definite Persone Comuni (PEC) e che non eseguono lavori elettrici se non a determinate condizioni; le altre protezioni vengono attuate per le Persone Esperte (PES) o Persone Avvertite (PAV) anch'esse definite nella norma succitata, le quali sono in possesso di adeguate conoscenze dei fenomeni elettrici e vengono appositamente addestrate per eseguire i lavori elettrici.

12 Protezione contro i contatti indiretti

12.1 Generalità

Si attua la protezione contro i contatti indiretti ponendo in essere tutte quelle misure e accorgimenti idonei a proteggere le persone dal contatto con le parti attive di un circuito elettrico.

La protezione può essere parziale o totale.

La scelta tra la protezione parziale o totale dipende dalle condizioni di uso e di esercizio dell'impianto (può essere parziale solo dove l'accessibilità ai locali è riservata a persone addestrate).

12.2 Protezione contro i contatti indiretti lato corrente alternata

Per la protezione contro i contatti indiretti lato corrente alternata potranno essere adottate le seguenti misure.

a) Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione

Tale protezione è realizzata mediante l'impiego di interruttori differenziali coordinati con l'impianto di terra in modo da garantire una tensione di contatto presunta non superiore a 50 V per gli ambienti ordinari e 25 V per gli ambienti speciali.

Deve essere soddisfatta la seguente relazione:

$$R_a * I_a < 50 \text{ V}$$

dove:

- R_a = resistenza del dispersore e dei conduttori di protezione;
- I_a = corrente che provoca il funzionamento automatico dei dispositivi di protezione.

b) Protezione mediante l'impiego di apparecchiature aventi componenti di classe II o isolamento equivalente.

Il doppio isolamento è ottenuto aggiungendo all'isolamento principale o fondamentale (il normale isolamento delle parti attive) un secondo isolamento chiamato supplementare. È altresì ammesso dalle Norme la realizzazione di un unico isolamento purché le caratteristiche elettriche e meccaniche non siano inferiori a quelle realizzate con il doppio isolamento; in questo caso l'isolamento è chiamato isolamento rinforzato.

Il tipo di protezione offerto dal doppio isolamento consiste nel diminuire fortemente la probabilità di guasti perché, in caso di cedimento dell'isolamento principale, rimane la protezione dell'isolamento supplementare.

Un'apparecchiatura elettrica dotata di doppio isolamento o di isolamento rinforzato è classificata di classe II.

Gli apparecchi elettrici vengono suddivisi dalle Norme CEI in quattro classi, in base al tipo di protezione offerta contro i contatti indiretti. In particolare:

- Classe 0: apparecchio dotato di isolamento principale e sprovvisto del morsetto per il collegamento della massa al conduttore di protezione.
- Classe I: apparecchio dotato di isolamento principale e provvisto del morsetto per il collegamento della massa al conduttore di protezione.
- Classe II: apparecchio dotato di doppio isolamento o di isolamento rinforzato e sprovvisto del morsetto per il collegamento della massa al conduttore di protezione.
- Classe III: apparecchio destinato ad essere alimentato a bassissima tensione di sicurezza.
- L'isolamento può essere ridotto e non deve essere in alcun modo collegato a terra o al conduttore di protezione di altri circuiti.

c) Protezione mediante separazione elettrica.

Questo tipo di protezione evita correnti pericolose nel caso di contatto con masse che possono andare in tensione a causa di un guasto all'isolamento principale del circuito. Le prescrizioni da rispettare affinché la protezione sia assicurata sono quelle indicate nella Norma CEI 64-8 (Artt. da 413.5.1.1 fino a 413.5.1.6) ed anche da:

- quanto indicato, sempre dalla stessa Norma al punto 413.5.2, se il circuito separato alimenta un solo componente elettrico;
- quanto indicato al punto 413.5.3, se il circuito separato alimenta più di un componente elettrico.

d) Protezione mediante bassissima tensione di sicurezza

Un sistema elettrico è a bassissima tensione se soddisfa le condizioni imposte dall'articolo 411.1.1 della Norma CEI 64-8; in particolare:

- la tensione nominale non supera 50 V valore efficace in c.a., e 120 V in c.c. non ondulata;
- l'alimentazione proviene da una sorgente SELV o PELV;
- sono soddisfatte le condizioni di installazione specificatamente previste per questo tipo di circuiti elettrici. SELV e PELV sono acronimi di Safety Extra Low Voltage e Protective Extra Low Voltage, e caratterizzano ciascuna specifici requisiti che devono possedere i sistemi a bassissima tensione.

Un circuito SELV ha le seguenti caratteristiche:

- È alimentato da una sorgente autonoma o da una sorgente di sicurezza. Sono sorgenti autonome le pile, gli accumulatori, i gruppi elettrogeni. Sono considerate sorgenti di sicurezza le alimentazioni ottenute attraverso un trasformatore di sicurezza.
- Non ha punti a terra. È vietato collegare a terra sia le masse sia le parti attive del circuito SELV.

- Deve essere separato da altri sistemi elettrici. La separazione del sistema SELV da altri circuiti deve essere garantita per tutti i componenti; a tal fine i conduttori del circuito SELV o vengono posti in canaline separate o sono muniti di una guaina isolante supplementare.

Un circuito PELV possiede gli stessi requisiti di un sistema SELV ad eccezione del divieto di avere punti a terra; infatti nei circuiti PELV almeno un punto è sempre collegato a terra.

12.3 Protezione contro i contatti indiretti lato corrente continua

Le masse di tutte le apparecchiature devono essere collegate a terra, mediante il conduttore di protezione. Sul lato c.a. in bassa tensione, il sistema deve essere protetto mediante un dispositivo di interruzione differenziale di valore adeguato ad evitare l'insorgenza di potenziali pericolosi sulle masse, secondo quanto prescritto dalla Norma CEI 64-8.

Nel caso di generatori fotovoltaici costituenti sistemi elettrici in bassa tensione con moduli dotati solo di isolamento principale, è necessario mettere a terra le cornici metalliche dei moduli fotovoltaici, le quali in questo caso sono da considerare masse. Tuttavia è da notare come tale misura sia in grado di proteggere dal contatto indiretto solo contro tali parti metalliche, ma non dà nessuna garanzia contro il contatto sul retro del modulo: un punto ove è possibile avere un cedimento dell'isolamento principale.

Una strada diversa e risolutiva ai fini di garantire la sicurezza contro il contatto indiretto può essere quella di introdurre involucri o barriere che impediscano contatti diretti con le parti munite solo di isolamento principale.

Nel caso invece in cui i moduli siano dotati di isolamento supplementare o rinforzato (Classe II), le norme prevedono che le cornici, se metalliche, non vengano messe a terra. Questa situazione può creare una difficoltà applicativa nel caso in cui le strutture di sostegno dei moduli, se metalliche, siano o debbano essere messe a terra, giacché se da un lato viene richiesto di isolare le cornici dei moduli dalla struttura (magari, introducendo involucri o barriere che ne impediscano il contatto elettrico), dall'altro come scelta "cautelativa" potrebbe essere consigliato di rendere equipotenziali le cornici dei moduli con la struttura. Quest'ultima soluzione infatti garantirebbe la sicurezza contro il contatto indiretto nel corso della vita utile dell'impianto fotovoltaico (superiore a 25 anni), nei casi nei quali non si possa escludere a priori l'eventualità che l'isolamento possa decadere nel tempo, specie nel caso di moduli installati in località vicino al mare.

L'equi potenzialità delle cornici dei moduli con la struttura di sostegno dei medesimi può essere ottenuta mediante il normale fissaggio meccanico dei moduli sulla struttura.

13 Protezione da corto circuiti

13.1 Protezione da corto circuiti lato corrente alternata

La protezione da corto circuito sul lato corrente alternata dell'impianto fotovoltaico è garantita dai dispositivi interni all'inverter e in back up dall'interruttore automatico magnetotermico a valle dell'inverter.

13.2 Protezione da corto circuiti lato corrente continua

Gli impianti fotovoltaici sono realizzati attraverso il collegamento di un determinato numero di moduli, a loro volta realizzati attraverso il collegamento di celle inglobate e sigillate in un unico pannello d'insieme. Pertanto gli impianti fotovoltaici di qualsiasi dimensione conservano le caratteristiche elettriche della singola cella, semplicemente a livelli di tensione e correnti superiore, a seconda del numero di celle connesse. Negli impianti fotovoltaici la corrente di corto circuito dell'impianto non può superare la somma delle correnti di corto circuito delle singole stringhe. Essendo le stringhe composte da una serie di generatori di corrente (i moduli fotovoltaici) la loro corrente di corto circuito è di poco superiore alla corrente nel punto di massima potenza.

14 Protezione dalle fulminazioni

Un campo fotovoltaico correttamente collegato ad un idoneo impianto di terra non altera in alcun modo la probabilità di essere colpito da un fulmine in quanto non altera le condizioni / caratteristiche del sito di installazione per la omogeneità dei dati dimensionali (altezze) dei componenti costituenti l'impianto.

I moduli fotovoltaici sono insensibili alle sovratensioni atmosferiche, che invece possono risultare pericolose per le apparecchiature elettroniche di condizionamento della potenza.

Il progetto prevede dispositivi che garantiscono la protezione dell'impianto dalle scariche atmosferiche con scaricatori di sovratensione nei quadri parallelo di campo (string box), e a valle degli inverter lato corrente alternata.

15 Sistema di monitoraggio e controllo

Il sistema fotovoltaico ha un funzionamento completamente automatico e non richiede alcun ausilio per il regolare esercizio.

Quando viene raggiunta una soglia minima di irraggiamento sul piano dei moduli, il sistema inizia automaticamente ad inseguire il punto di massima potenza del campo fotovoltaico (MPP = Maximum Power Point), modificando la caratteristica (grafico tensione/corrente) per estrarre la massima potenza disponibile.

Un sistema di telecontrollo consente di pilotare, sorvegliare e supervisionare a distanza le installazioni tecnologiche.

Presso ciascun impianto fotovoltaico, una centralina elettronica, RTU (Remote Terminal Unit) avrà la funzione di:

- acquisire i dati di campo;
- inoltrare i comandi per l'automazione dell'impianto;
- predisporre lo scarico dei dati storici da parte del centro di controllo.

È opportuno dotare un impianto fotovoltaico di sistema di monitoraggio soprattutto al fine di poter riscontrare (automaticamente, senza necessità di controllo manuale e presenza di personale in loco) eventuali anomalie che possono far decrementare la produzione. Il sistema permette di prevenire eventuali guasti o malfunzionamenti e di attuare e programmare una manutenzione predittiva.

Il sistema di monitoraggio permette di analizzare e valutare gli indici di performance dell'impianto di generazione FV, il corretto funzionamento dei tracker, la sicurezza dell'impianto, la stabilità della rete elettrica con l'acquisizione, elaborazione di dati provenienti dagli elementi, sensori, centraline, dispositivi in campo per le funzioni quali:

- Monitoraggio di ogni stringa dell'impianto fotovoltaico
- Monitoraggio della potenza istantanea e dello stato dell'inverter
- Monitoraggio dei dati provenienti dai sensori in campo (esempio temperatura, vento, irraggiamento)
- Misura dell'energia autoprodotta
- Misura dell'energia immessa in rete
- Misura dell'energia autoconsumata
- Stato interruttori generali MT e BT
- Funzionamento tracker
- Parametri impianto antintrusione
- Parametri impianto di videosorveglianza

16 Normative di riferimento

Si riportano di seguito le principali norme che regolano l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti fotovoltaici, precisando che restano valide le normative comuni a tutti gli impianti elettrici.

- 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 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria.
- CEI EN 60904-1: Dispositivi fotovoltaici - Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente.
- CEI EN 60904-2: Dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento.
- CEI EN 60904-3: Dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento.
- CEI EN 61000-3-12: Compatibilità elettromagnetica (EMC). Parte 3-12: Limiti per le correnti armoniche prodotte da apparecchiature collegate alla rete pubblica a bassa tensione aventi correnti di ingresso >16 A e ≤ 75 A per fase.
- CEI EN 61727: Sistemi fotovoltaici (FV) – Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete.
- CEI EN 61215: Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo.
- CEI EN 61000-3-2: Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso = 16 A per fase).
- CEI EN 60555-1: Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili-Parte 1: Definizioni.
- CEI EN 60439-1-2-3: Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione.
- CEI EN 60445: Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico.
- CEI EN 60529: Gradi di protezione degli involucri (codice IP).
- CEI EN 60099-1-2: Scaricatori.
- CEI 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V.
- CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V.
- CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato.
- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici.
- UNI 8477: Energia solare. Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia. Valutazione dell'energia raggiante ricevuta.
- UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici.
- CEI EN 61724: Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici. Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati; IEC 60364-7-712 Electrical installations of buildings - Part 7-712: Requirements for special installations or locations Solar photovoltaic (PV) power supply systems.
- CEI EN 62305-1: Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi generali.
- CEI EN 62305-2: Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio.
- CEI EN 62305-3: Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone.
- CEI EN 62305-4: Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture.
- D.Lgs 81/2008 Testo unico in materia di salute e sicurezza sul luogo di lavoro.

Qualora le sopra elencate norme tecniche siano modificate o aggiornate, si applicano le norme più recenti.