

COMUNI DI MAFALDA E MONTENERO DI BISACCIA (CB)

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI
IMPIANTO EOLICO
“MAFALDA”

REDAZIONE / PROGETTISTA:



CUBE SRL
SOCIETA' DI INGEGNERIA

Via Turati,2
63074 - San Benedetto del Tronto (AP) - Italy
(+39) 0735 431388
MAIL: cubesbt@gmail.com

TIMBRO E FIRMA PROGETTISTA:

TITOLO ELABORATO:

Relazione tecnica impianti elettrici

CODICE ELABORATO:

PD018

FORMATO

A4

Nr. EL.:

4.1

FASE:

**PROGETTO
DEFINITIVO**

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	Prima emissione	24/07/2023	A.M.	S.C.	M.S.
01					
02					
03					
04					

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD020
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE TECNICA IMPIANTI ELETTRICI	Revisione:	00
		Pagina:	2 di 19

Sommario

1	OGGETTO.....	3
2	NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO	4
3	CRITERI ADOTTATI PER LE SCELTE PROGETTUALI	6
4	DESCRIZIONE DELL’ IMPIANTO FOTOVOLTAICO	7
4.1	Architettura di impianto	7
4.1.1.	Cavi elettrici e cablaggio	8
4.1.2	Cabina di Sezionamento	10
4.1.3	Cavidotti.....	11
5	CRITERI DI PROTEZIONE.....	12
5.1	Misure di protezione contro i contatti diretti.....	12
5.2	Misure di protezione contro i contatti indiretti	12
5.3	Protezione dalle sovracorrenti.....	13
6	PRESCRIZIONI AGGIUNTIVE IN MATERIA DI SICUREZZA E GARANZIE.....	16
7	RISULTATI DIMENSIONAMENTO CAVI MT.....	17

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD020
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE TECNICA IMPIANTI ELETTRICI	Revisione:	00
		Pagina:	3 di 19

1 OGGETTO

La presente relazione ha come oggetto la progettazione definitiva degli impianti elettrici in Media Tensione di un parco eolico costituito da nr. 7 Aerogeneratori da 6 MVA per un totale di 42 MVA nella Provincia di Campobasso.

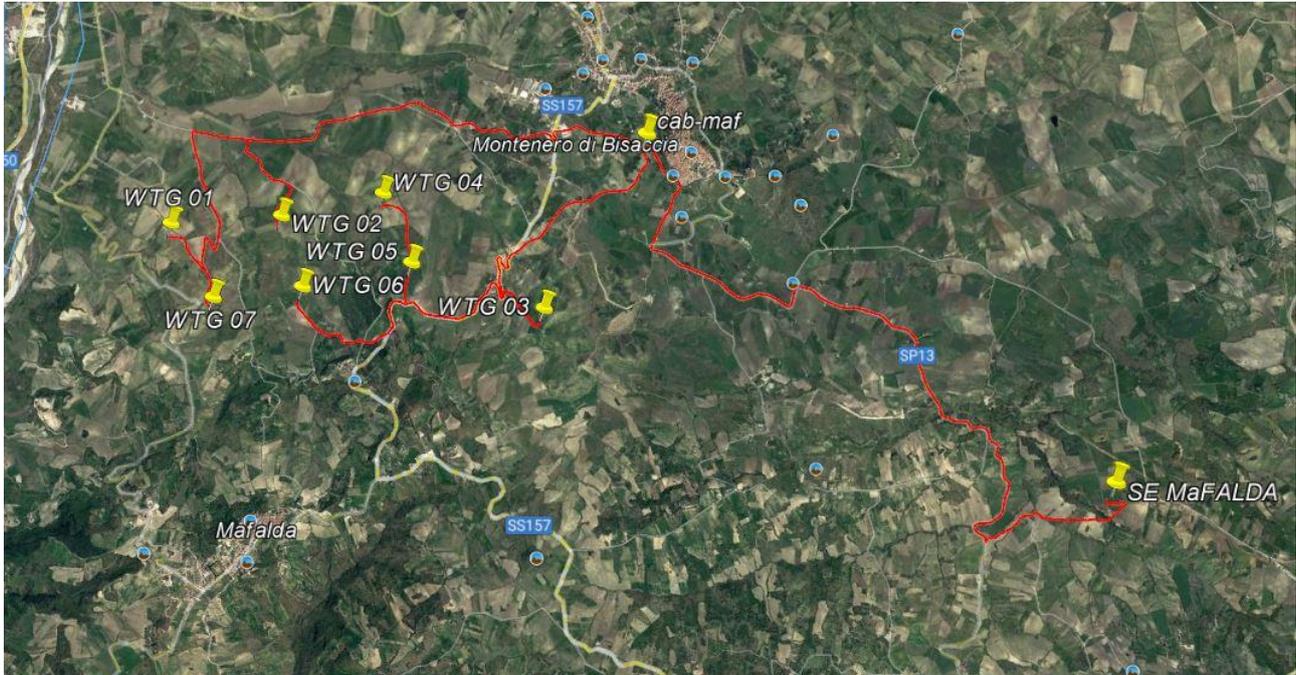


Fig.1 – Planimetria Area di Intervento

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico "Mafalda"	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD020
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE TECNICA IMPIANTI ELETTRICI	Revisione:	00
		Pagina:	4 di 19

2 **NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO**

Gli impianti fotovoltaici oggetto della presente relazione saranno realizzati in conformità alle vigenti Leggi/Normative tra le quali le seguenti principali:

- Legge 186/68: Disposizione concernente la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici;
- Legge 46/90 e DPR 447/91 (regolamento di attuazione della legge 46/90) e successive modificazioni e integrazioni, (DM 37/08) per la sicurezza elettrica.
- D.Lgs 81/08, per la sicurezza e la prevenzione degli infortuni sul lavoro;
- D.Lgs 493/96: Attuazione delle direttiva 92/58/CEE, concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro;
- DM 14 Gennaio 2008 e S.m.i., Norme Tecniche per le Costruzione;
- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- CEI 0-3: Guida per la compilazione dei documenti secondo la legge 46/90;
- CEI 11-20: impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica CEI EN 60904-1:
- 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;
- GUIDA CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti di bassa e media tensione
- 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 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750V;
- CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750V;

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD020
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE TECNICA IMPIANTI ELETTRICI	Revisione:	00
		Pagina:	5 di 19

- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500V in corrente continua;
- CEI 81-1: Protezione delle strutture contro i fulmini;
- CEI 82-25: Regole Tecniche per la realizzazione di impianti fotovoltaici;
- CEI EN 60099-1-2: Scaricatori;
- 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 61215: Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;
- CEI EN 61646: Moduli fotovoltaici a film sottile per usi terrestri. Qualifica del progetto e approvazione del tipo;
- CEI 110-1, 110-6,110-8: per la compatibilità elettromagnetica (EMC);
- CEI EN 61724: Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici. Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;
- 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 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;
- CEI 81-4: Valutazione del rischio dovuto al fulmine;
- CEI 64-57 Impianti di piccola produzione distribuita;
- UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici.
- Decreto 387/2003 e S.m.i. (Decreto 28/2011).
- Delibera AEEG 125/10 s.m.i.;
- Delibera AEEG 84/2012 e s.m.i..

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico "Mafalda"	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD020
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE TECNICA IMPIANTI ELETTRICI	Revisione:	00
		Pagina:	6 di 19

3 CRITERI ADOTTATI PER LE SCELTE PROGETTUALI

Le scelte delle varie soluzioni sulle quali è stata basata la progettazione definitiva dell'impianto di distribuzione MT sono le seguenti:

- Soddisfazione di massima dei requisiti di base imposti dalla committenza;
- Rispetto delle Leggi e delle normative di buona tecnica vigenti;
- Conseguimento delle massime economie di gestione e di manutenzione degli impianti progettati;
- Ottimizzazione del rapporto costi/benefici ed impiego di materiali componenti di elevata qualità, efficienza, lunga durata e facilmente reperibili sul mercato;
- Riduzione delle perdite energetiche connesse al funzionamento dell'impianto al fine di massimizzare la quantità di energia elettrica immessa in rete.

In particolare partendo dalla tipologia di aereogeneratori e dal layout di impianto:

- si è optato per un percorso totalmente interrato;
- definito un numero massimo di 3 Linee;
- definita una perdita di tensione sull'intero tratto inferiore al 3%;
- definita una sola cabina di sezionamento MT.

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico "Mafalda"	Progetto Definitivo		Codice Elaborato:	PD020
			Data:	30/08/2023
	RELAZIONE TECNICA IMPIANTI ELETTRICI		Revisione:	00
			Pagina:	7 di 19

4 DESCRIZIONE DELLE LINEE

4.1 Architettura di impianto

Gli aerogeneratori sono stati raggruppati, a livello di connessione elettrica, in modo da poter realizzare nr. 3 linee elettriche, in particolare:

- Linea 1: WTG01-WTG02-CABINA-SSEU
- Linea 2: WTG06-WTG03-CABINA-SSE
- Linea 3: WTG04-WTG05-CABINA SSEU

All'interno di Ogni Linea sono stati determinati dei Tratti come linee entra/esci, per compattezza di impianto e data la possibilità degli aerogeneratori gli scomparti MT dei tratti sono interni agli aerogeneratori stessi ad esclusione della cabina di sezionamento.

I tratti, con le grandezze caratteristiche necessarie al dimensionamento, sono quelli nelle tabelle seguenti

LINEA 1								
	TRATTO1		TRATTO2		TRATTO3		TRATTO4	
	WTG07	WTG01	WTG01	WTG02	WTG02	CABINA	CABINA	SSE
Lunghezza (m)	1400		4750		6150		9300	
Potenza (kVA) CosFi0,9	5400		10800		16200		16200	
Corrente Impiego (A)	115,47		230,94		346,41		346,41	

LINEA 2						
	TRATTO1		TRATTO2		TRATTO3	
	WTG06	WTG03	WTG03	CABINA	CABINA	SSE
lunghezza (m)	4050		3500		9300	
Potenza (kVA) CosFi0,9	5400		10800		10800	
Corrente Impiego (A)	115,47		230,94		230,94	

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico "Mafalda"	Progetto Definitivo		Codice Elaborato:	PD020
			Data:	30/08/2023
	RELAZIONE TECNICA IMPIANTI ELETTRICI		Revisione:	00
			Pagina:	8 di 19

LINEA 3						
	TRATTO1		TRATTO2		TRATTO3	
	WTG04	WTG05	WTG05	CABINA	CABINA	SSE
lunghezza (m)	1400		4600		9300	
Potenza (kVA) CosFi0,9	5400		10800		10800	
Corrente Impiego (A)	115,47		230,94		230,94	

Le Lunghezze dei tratti tengono conto di una scorta cavo e dell'altezza delle torri per entra/esci.

4.1.1. Cavi elettrici e cablaggio

La scelta dei cavi di cablaggio è stata fatta per prevenire precoci invecchiamenti dell'isolamento a danno della sicurezza elettrica, le condizioni di posa e le tensioni di progetto, in particolare:

- Cavi FG16(O)R16 0,6/1kV per i collegamenti tra inverter e cabina di trasformazione;
- Cavi ARE4H1RX 18/36kV ad elica visibile per i collegamenti in media tensione;
- Fibra Ottica multimodale per i collegamenti DATI tra Aerogeneratori-Cabina-SSEU;

La scelta delle sezioni dei cavi è stata effettuata in base alla loro portata nominale (calcolata in base ai criteri di unificazione e di dimensionamento riportati nelle Tabelle CEI-UNEL), alle condizioni di posa e di temperatura, al limite ammesso dalle Norme per quanto riguarda le cadute di tensione massime ammissibili (inferiori al 4%) ed alle caratteristiche di intervento delle protezioni secondo quanto previsto dalle vigenti Norme CEI 64-8. Una volta selezionate le sezioni minime si è proceduto al dimensionamento dei tratti di linea per soddisfare la condizione di perdita massima del 3% su ogni linea.

Per il dimensionamento si è utilizzata la formula generale per il calcolo della caduta di tensione:

$$dU = K I_b L (r \cos \phi + x \sin \phi)$$

Dove:

- dU è la caduta di tensione espressa in Volt [V];
- K è un coefficiente correttivo che tiene conto del numero di fasi, vale 2 per sistemi monofase o in cc e 1,73 per sistemi trifase;
- I_b è la corrente espressa in Ampere [A];

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico "Mafalda"	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD020
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE TECNICA IMPIANTI ELETTRICI	Revisione:	00
		Pagina:	9 di 19

- r è la resistenza specifica del cavo espressa in Ohm per km [Ω /km];
- x è la reattanza specifica del cavo espressa in Ohm per km [Ω /km];
- \emptyset è lo sfasamento.

18/30 kV Caratteristiche elettriche - electrical characteristics

Formazione	Capacità nominale	Corrente capacitiva nominale a tensione U_0	Reattanza di fase a 50 HZ	Resistenza massima in CC del conduttore a 20°C	Resistenza massima in CC dello schermo a 20°C	Resistenza massima in CA del conduttore a 90°C	Portata di corrente	Corrente di corto circuito del conduttore	
Size	Nominal capacity	Nominal capacitive current at voltage U_0	Reactance phase 50HZ	Conductor max electrical resist. CC at 20°C	Screen max electrical resist. CC at 20°C	Conductor max electrical resist. CA at 20°C	Current rating	Short circuit current conductor (1s)	
							A		
							in aria a 30° C	interrato a 20° C Underground at 20° C	
								RT=1m°C/W	
n° x mm²	mm	A/Km	Ω /Km	Ω /Km	Ω /Km	Ω /Km		kA	
35	0,13	0,74	0,153	0,868	3,0	1,115	160	156	3,2
50	0,13	0,83	0,149	0,641	3,0	0,825	198	181	4,6
70	0,15	0,92	0,140	0,443	3,0	0,570	243	222	6,5
95	0,16	1,01	0,132	0,320	3,0	0,412	289	263	8,8
120	0,18	1,10	0,127	0,253	3,0	0,328	334	296	11,1
150	0,19	1,16	0,123	0,206	3,0	0,268	373	337	13,8
185	0,21	1,22	0,119	0,164	3,0	0,213	426	371	17,0
240	0,22	1,37	0,115	0,125	3,0	0,163	494	419	22,1
300	0,24	1,49	0,111	0,100	3,0	0,132	555	469	27,6
400	0,27	1,64	0,107	0,0778	3,0	0,103	630	526	36,8
500	0,29	1,79	0,103	0,0605	3,0	0,081	714	581	46,0
630	0,32	1,96	0,100	0,0469	3,0	0,064	793	625	58,0
3x1x35	0,13	0,74	0,153	0,868	3,0	1,115	160	156	3,2
3x1x50	0,13	0,83	0,149	0,641	3,0	0,825	198	181	4,6
3x1x70	0,15	0,92	0,140	0,443	3,0	0,570	243	222	6,5
3x1x95	0,16	1,01	0,132	0,320	3,0	0,412	289	263	8,8
3x1x120	0,18	1,10	0,127	0,253	3,0	0,328	334	296	11,1
3x1x150	0,19	1,16	0,123	0,206	3,0	0,268	373	337	13,8
3x1x185	0,21	1,22	0,119	0,164	3,0	0,213	426	371	17,0
3x1x240	0,22	1,37	0,115	0,125	3,0	0,163	494	419	22,1
3x1x300	0,24	1,49	0,111	0,100	3,0	0,132	555	469	27,6

Fig.2 – Caratteristiche Cavo MT selezionato

Sezione dei conduttori di protezione

Il conduttore di protezione, ha una sezione non inferiore a quella indicata dall'art. 543.1.1 della norma CEI 64-8 dalla quale si deduce la seguente formula:

$$S_p = \sqrt{I^2 \cdot t / K}$$

dove:

S_p sezione del conduttore di protezione (mm²);

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD020
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE TECNICA IMPIANTI ELETTRICI	Revisione:	00
		Pagina:	10 di 19

- I valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A);
- t tempo di intervento del dispositivo di protezione (s);
- K fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dell'isolamento e di altre parti e dalle temperature iniziali e finali.

La Norma CEI EN 60439-1 definisce un metodo che permette di calcolare rapidamente la sezione del conduttore di protezione in funzione della sezione dei conduttori attivi, a condizione che sia utilizzato lo stesso materiale (rame).

Sezione dei conduttori attivi (mm²)	Sezione minima del PE (mm²)
S ≤ 16	S
16 ≤ S < 35	16
35 ≤ S ≤ 400	S/2
400 ≤ S ≤ 800	200
S ≤ 800	S/4

4.1.2 Cabina di Sezionamento

Le tre linee elettriche di Media Tensione in uscita dagli aerogeneratori entrano nella cabina di sezionamento posta in posizione baricentrica rispetto all'intera area di intervento.

La cabina di sezionamento, del tipo prefabbricata in C.A.V. accoglierà:

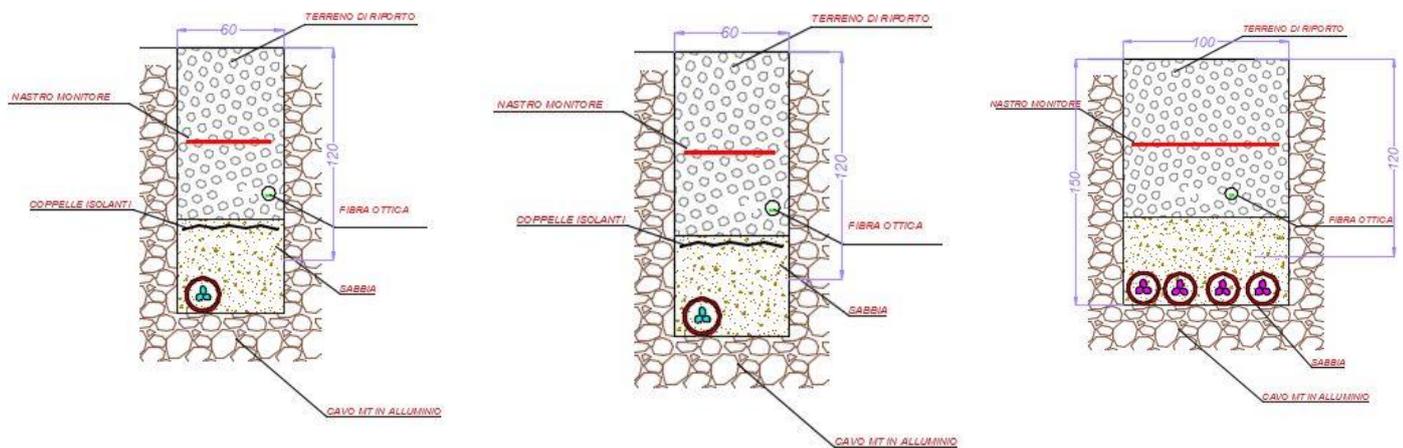
- Quadro Servizio Ausiliari (QAux);
- Trasformatore ausiliari in resina 30/0,4 kV per alimentazione del QAux;
- Impianto elettrico illuminazione;
- Quadro MT per il sezionamento e la protezione della linee composto dai seguenti scomparti:
 - Nr. 3 Scomparti Arrivo Linea;
 - Nr. 3 Scomparti Protezione Linea con interruttore motorizzato e relè di protezione 50-51-51N-67N;
 - Nr. 2 Scomparti di parallelo linea (in caso di necessità);
 - Nr. 3 Scomparti Risalita Cavi;
 - Nr.1 Scomparto Protezione Trafo;
- Impianto di terra composto da bandella equipotenziale interna alla cabina, anello di terra composto da corda in rame nudo da 35mm², 4 dispersori di terra;

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico "Mafalda"	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: PD020
	RELAZIONE TECNICA IMPIANTI ELETTRICI	Data: 30/08/2023
		Revisione: 00
		Pagina: 11 di 19

4.1.3 Cavidotti

I cavidotti interrati di progetto sono stati dimensionati in base ai seguenti parametri:

- Devono accogliere almeno una linea MT ed una linea di Fibra Ottica;
- Profondità minima di scavo 1,5 m;
- Profondità minima a cui trovare il cavo MT 1,2 m;
- Protezione meccanica data o da corrugati in HDPE o da coppelle rigide;
- Presenza continua di nastro monitor;
- Larghezza dello scavo tale da consentire uno spazio libera tra ogni terna di cavi.



Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico "Mafalda"	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD020
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE TECNICA IMPIANTI ELETTRICI	Revisione:	00
		Pagina:	12 di 19

5 CRITERI DI PROTEZIONE

Gli impianti elettrici dovranno essere realizzati in modo da assicurare:

- La protezione delle persone e dei beni contro i pericoli ed i danni derivanti da loro utilizzo nelle condizioni previste;
- Il suo corretto funzionamento per l'uso previsto.

Sono quindi state adottate le seguenti misure di protezione, relativa alla protezione dai contatti diretti, protezione dai contatti indiretti, protezione dalle sovracorrenti ed al sezionamento.

5.1 Misure di protezione contro i contatti diretti

Protezione totale contro i pericoli derivanti da contatti con parti in tensione, realizzata in conformità al cap. 412 della Norma CEI 64-8 mediante:

1. Isolamento delle parti attive, rimovibile solo mediante distruzione ed in grado di resistere a tutte le sollecitazioni meccaniche, chimiche, elettriche e termiche alle quali può essere sottoposto nel normale esercizio;
2. Involucri idonei ad assicurare complessivamente il grado di protezione IP XXB (parti in tensione non raggiungibili dal filo di prova) e, sulle superfici orizzontali superiori a portata di mano, il grado di protezione IP XXD (parti in tensione non raggiungibili dal filo di prova).

A tal fine saranno impiegati cavi a doppio isolamento (o cavi a semplice isolamento posati entro canalizzazioni in materiale isolante) e le connessioni verranno racchiuse entro apposite cassette con coperchio apribile mediante attrezzo.

5.2 Misure di protezione contro i contatti indiretti

Protezione contro i pericoli risultanti dal contatto con parti conduttrici che possono andare in tensione in caso di cedimento dell'isolamento principale, realizzata sul lato a 400 Vac dell'impianto mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione secondo il paragrafo 413.1 della norma CEI 64.8, collegando all'impianto generale di terra tutte le masse presenti negli ambienti considerati ed impiegando interruttori automatici, il tutto coordinato in modo da soddisfare la condizione di cui all'art. 413.1.3.3. della norma CEI stessa.

Per quanto riguarda la protezione dei contatti indiretti sul lato corrente alternata, tutti i dispositivi elettrici connessi e quindi anche degli inverter ed i componenti del quadro di interfaccia, fanno parte dello stesso sistema elettrico classificabile come TT.

Quindi la protezione contro i contatti indiretti è assicurata dai seguenti accorgimenti:

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico "Mafalda"	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD020
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE TECNICA IMPIANTI ELETTRICI	Revisione:	00
		Pagina:	13 di 19

- collegamento al conduttore di protezione PE di tutte le masse e le masse estranee dell'impianto;
- utilizzo di dispositivi di protezione a corrente differenziale di tipo "A".

Il coordinamento della protezione dai contatti indiretti avviene tramite la verifica in ogni punto dell'impianto della seguente disequazione:

$$50 \geq I\delta_n * R_a$$

dove:

50 è la massima tensione di contatto ammissibile;

$I\delta_n$ è la corrente di intervento in 0,03 secondi;

R_a è il valore che esprime la somma di resistenza di terra al punto di contatto

Gli stessi accorgimenti sopra descritti sono efficaci anche per quanto riguarda la protezione dei contatti indiretti sul lato corrente continua, considerando che la presenza del trasformatore di isolamento tra la sezione c.c. e c.a. negli inverter determina la classificazione del sistema in esame come IT. Nello specifico è stato eseguito, come previsto in fase progettuale, l'interconnessione di tutte le strutture metalliche di fissaggio dei moduli fotovoltaici con un conduttore equipotenziale da 6mm² in modo da poter garantire una continuità elettrica di tutte le masse estranee.

5.3 Protezione dalle sovracorrenti

Protezione contro il riscaldamento anomalo degli isolanti dei cavi e contro gli sforzi elettromeccanici prodotti nei conduttori e nelle connessioni causati da correnti di sovraccarico o di cortocircuito, realizzata mediante dispositivi unici di interruzione (interruttori magnetotermici o fusibili) installati all'origine di ciascuna conduttura ed aventi caratteristiche tali da interrompere automaticamente l'alimentazione in occasione di un sovraccarico o di un cortocircuito, secondo quanto prescritto nel Cap. 43 e nella sez. 473 della Norma CEI 64-8 facendo riferimento alle tabelle CEI-UNEL relative alla portata dei Cavi in regime permanente.

Le sezioni dei cavi per i vari collegamenti sono state scelte in modo da assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolanti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati in condizioni normali di funzionamento. Tutti gli interruttori automatici magnetotermici e magnetotermici differenziali di tipo "A" previsti a monte di ogni conduttura, sul lato

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD020
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE TECNICA IMPIANTI ELETTRICI	Revisione:	00
		Pagina:	14 di 19

in corrente alternata, sono dimensionati in modo da proteggere i cavi sia dal sovraccarico, che dal cortocircuito.

Secondo la normativa CEI 64-8 le caratteristiche di funzionamento del dispositivo di protezione delle condutture elettriche dai sovraccarichi devono rispondere alle seguenti due condizioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad \text{ed} \quad I_f \leq 1,45 * I_z$$

dove:

I_b è la corrente di impiego;

I_n è la corrente nominale dell'interruttore;

I_z è la portata del cavo;

I_f è la corrente convenzionale di sicuro funzionamento.

Per la parte in corrente continua del sistema non si prevede la protezione dai sovraccarichi in quanto la massima corrente erogabile dal campo fotovoltaico nel punto di massima potenza è approssimabile, come valore, alla massima corrente che il campo è in grado di erogare (corrente di corto-circuito). E' quindi condizione sufficiente alla verifica della protezione dal sovraccarico che

$$I_b \leq I_z$$

dove I_b corrisponde alla massima corrente erogabile dal campo fotovoltaico mentre I_z è la corrente in regime permanente della conduttura elettrica. La seconda condizione risulta verificata utilizzando interruttori magnetotermici commerciali nei quali la corrente convenzionale di intervento $I_f = 1,45 I_n$.

Per quanto riguarda il corto circuito nella sezione di impianto in corrente continua, come già detto, la protezione è assicurata dalla caratteristica di generazione tensione-corrente dei moduli fotovoltaici che limitano la corrente di corto-circuito ad un valore noto e di poco superiore alla corrente massima erogabile al punto di funzionamento alla massima potenza, con la quale potenza sono state dimensionate le condutture elettriche.

Per gli impianti in corrente alternata occorre proteggere le condutture elettriche dalle correnti di corto-circuito provenienti dalla rete.

Bisognerà quindi verificare la condizione che:

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

dove:

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD020
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE TECNICA IMPIANTI ELETTRICI	Revisione:	00
		Pagina:	15 di 19

$I^2 t$ è l'integrale di Joule per la durata del corto circuito in $A^2 \cdot s$ cioè lasciata transitare nel cavo dalla corrente di corto-circuito.

K è la costante dei cavi;

S è la sezione del conduttore di protezione in mm^2 .

In definitiva, analizzando le curve di intervento del dispositivo di protezione scelto, le sezioni dei cavi adottate, e le correnti di corto-circuito presunte nel punto di consegna dell'energia dovrà verificarsi che in condizioni di corto-circuito l'energia lasciata transitare dal dispositivo di protezione, prima dell'intervento, non danneggi la conduttura elettrica interessata.

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD020
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE TECNICA IMPIANTI ELETTRICI	Revisione:	00
		Pagina:	16 di 19

6 PRESCRIZIONI AGGIUNTIVE IN MATERIA DI SICUREZZA E GARANZIE

Al termine dei lavori l'Impresa esecutrice dovrà rilasciare la dichiarazione di conformità; inoltre per le diverse tipologie di impianto, dovranno essere eseguite le verifiche e le prove sotto menzionate, al fine di accertare la rispondenza degli impianti alle varie prescrizioni, nonché la piena ed ottimale funzionalità.

Tutte le verifiche e le prove eseguite dovranno essere effettuate con metodologia rigorosamente scientifica e secondo i criteri stabiliti dalle Norme CEI.

Le verifiche che dovranno essere effettuate prima della messa in servizio dell'impianto sono le seguenti:

- Esame a vista delle apparecchiature e dei macchinari;
- Prove di isolamento cavi e rispetto senso ciclico delle fasi;
- Verifica congruenza degli schemi elettrici dell'impianto;
- Verifica congruenza delle caratteristiche del dispositivo/i di interfaccia e dispositivo generale di protezione,
- Verifiche congruenza delle caratteristiche delle protezioni di interfaccia e delle tarature delle stesse con apposita strumentazione;
- Verifica con impianto in tensione del regolare funzionamento in chiusura ed in apertura del dispositivo di interfaccia e dell'apertura dello stesso per mancanza di tensione,
- Verifica funzionale di eventuali dispositivi di interblocco;
- Rilievo caratteristiche di eventuali dispositivi non richiesti dall'ente distributore ma installati dal committente, che possono essere di interesse per il servizio (es. dispositivi di richiusura automatica linee, reinserzione di gruppi generatori, ecc.).

L'elenco delle verifiche periodiche che devono essere eseguite è:

- Tutte le verifiche di prima installazione sopra elencate;
- Eventuali modifiche ai valori di taratura delle protezioni che si rendono necessarie per inderogabili esigenze dell'ente distributore. Tali modifiche saranno successivamente ufficializzate con l'aggiornamento delle modalità di esercizio e/o dalle prescrizioni tecniche;
- Verifiche conseguenti a modifiche delle modalità di esercizio e/o delle prescrizioni tecniche che si rendono necessarie in seguito a nuove normative in materia o in seguito ad innovazioni tecnologiche.

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico "Mafalda"	Progetto Definitivo		Codice Elaborato:	PD020
			Data:	30/08/2023
	RELAZIONE TECNICA IMPIANTI ELETTRICI		Revisione:	00
			Pagina:	17 di 19

7 RISULTATI DIMENSIONAMENTO CAVI MT

Il primo calcolo per determinare le sezioni ottimali minime dei tratti ha dato i seguenti risultati

LINEA 1								
	TRATTO1		TRATTO2		TRATTO3		TRATTO4	
	WTG07	WTG01	WTG01	WTG02	WTG02	CABINA	CABINA	SSE
Lunghezza (m)	1400		4750		6150		9300	
Potenza (kVA) CosFi0,9	5400		10800		16200		16200	
Corrente Impiego (A)	115,47		230,94		346,41		346,41	
Sezione Cavo	70		150		300		300	
% DV	0,56%		1,93%		2,13%		3,22%	

LINEA 2						
	TRATTO1		TRATTO2		TRATTO3	
	WTG06	WTG03	WTG03	CABINA	CABINA	SSE
lunghezza (m)	4050		3500		9300	
Potenza (kVA) CosFi0,9	5400		10800		10800	
Corrente Impiego (A)	115,47		230,94		230,94	
Sezione Cavo	95		150		185	
% DV	1,20%		1,42%		3,13%	

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico "Mafalda"	Progetto Definitivo		Codice Elaborato:	PD020
			Data:	30/08/2023
	RELAZIONE TECNICA IMPIANTI ELETTRICI		Revisione:	00
			Pagina:	18 di 19

LINEA 3						
	TRATTO1		TRATTO2		TRATTO3	
	WTG04	WTG05	WTG05	CABINA	CABINA	SSE
lunghezza (m)	1400		4600		9300	
Potenza (kVA) CosFi0,9	5400		10800		10800	
Corrente Impiego (A)	115,47		230,94		230,94	
Sezione Cavo	95		150		185	
% DV	0,420%		1,870%		3,13%	

Da cui si evince che non veniva rispettata la condizione di perdita massima sull'intera linea del 3%

Per il rispetto della condizioni le linee sono state dimensionate come da tabella seguente:

LINEA 1								
	TRATTO1		TRATTO2		TRATTO3		TRATTO4	
	WTG01	WTG07	WTG07	WTG02	WTG02	CABINA	CABINA	SSE
Lunghezza (m)	1400		4750		6150		9300	
Potenza (kVA) CosFi0,9	5400		10800		16200		16200	
Corrente Impiego (A)	115,47		230,94		346,41		346,41	
Sezione Cavo	240		300		600		600	
% DV	0,16%		0,97%		1,07%		1,61%	

LINEA 2						
	TRATTO1		TRATTO2		TRATTO3	
	WTG06	WTG03	WTG03	CABINA	CABINA	SSE
Lunghezza (m)	4050		3500		9300	
Potenza (kVA) CosFi0,9	5400		10800		10800	
Corrente Impiego (A)	115,47		230,94		230,94	
Sezione Cavo	240		300		300	
% DV	0,48%		0,71%		1,93%	

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo		Codice Elaborato:	PD020
			Data:	30/08/2023
	RELAZIONE TECNICA IMPIANTI ELETTRICI		Revisione:	00
			Pagina:	19 di 19

LINEA 3						
	TRATTO1		TRATTO2		TRATTO3	
	WTG04	WTG05	WTG05	CABINA	CABINA	SSE
Lunghezza (m)	1400		4600		9300	
Potenza (kVA) CosFi0,9	5400		10800		10800	
Corrente Impiego (A)	115,47		230,94		230,94	
Sezione Cavo	240		300		300	
% DV	0,17%		0,94%		1,93%	

Si fa presente che i valori di caduta di tensione soprariportati sono riferiti alla potenza massima, anche contemporanea, degli aerogeneratori ovvero in una condizione che si può verificare raramente. I valori di caduta di tensioni in condizioni di esercizio reale vanno quindi moltiplicati per un fattore di 0,8. L'eventuale aumento di sezione, o la costruzione di una quarta linea, comporterebbero dei costi non giustificabili.