

| | | | | | |
|------|-------------|-----------------------|---------|------------|-----------|
| | | | | | |
| 00 | Aprile 2021 | Prima emissione | MGP | GDS | GDS |
| REV. | DATA | DESCRIZIONE REVISIONE | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |

Volta Green Energy

REGIONE BASILICATA
Provincia di MATERA
COMUNI DI MONTESCAGLIOSO E BERNALDA



PROGETTO:

PARCO EOLICO LUMELLA PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE:

Volta g.e.
 green energy

Piazza Manifattura, 1 – 38068 Rovereto (TN)
 Tel. +39 0464 625100 - Fax +39 0464 625101 - PEC volta-ge@legalmail.it

PROGETTISTA



F4 ingegneria srl
 via Di Giura - Centro Direzionale, 85100 Potenza
 Tel: +39 0971 1 944 797 - Fax: +39 0971 5 54 52
 www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it



Direttore tecnico

Ing. Giovanni Di Santo

CODIFICA PROGETTISTA

F0342BR16A

OGGETTO DELL'ELABORATO:

A.15 Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici

| N° ELABORATO | SCALA | FOGLIO | FORMATO | CODIFICA COMMITTENTE |
|--------------|-------|--------|-----------|----------------------|
| 16 | - | - | A4 | R16 |

ID ELABORATO:

Questo elaborato è di proprietà di Volta Green Energy ed è protetto a termini di legge

Volta g.e.
 green energy





Sommario

| | | |
|----------|------------------------------------|-----------|
| 1 | Introduzione | 4 |
| 2 | Descrizione generale | 6 |
| 2.1 | Componenti meccaniche | 6 |
| 2.2 | Rotore | 6 |
| 2.3 | Pale | 6 |
| 2.4 | Sistema di regolazione del passo | 7 |
| 2.5 | Hub | 7 |
| 2.6 | Albero principale | 7 |
| 2.7 | Cuscinetto principale | 7 |
| 2.8 | Scatola del cambio | 8 |
| 2.9 | Albero veloce | 8 |
| 2.10 | Sistema di imbardata | 8 |
| 2.11 | Gru | 8 |
| 2.12 | Torri | 8 |
| 2.13 | Navicella basamento e copertura | 9 |
| 2.14 | Sistema Di Condizionamento Termico | 9 |
| 3 | Progetto elettrico | 11 |
| 3.1 | Generatore | 11 |
| 3.2 | Convertitore | 11 |
| 3.3 | Trasformatore MT | 12 |
| 3.4 | Cavo MT turbina | 12 |
| 3.5 | Quadro MT | 12 |
| 3.6 | Sensori di vento | 13 |



| | |
|---|-----------|
| 3.7 Sistemi di controllo | 13 |
| 3.8 Gruppo Di Continuità | 13 |
| 4 Sistema di Protezione della Turbina | 14 |
| 4.1 Concetto di frenata | 14 |
| 4.2 Protezioni da corto circuito | 14 |
| 4.3 Protezione dalla sovravelocità | 14 |
| 4.4 Protezione di messa a terra per le pale, la navicella, il mozzo e la torre | 14 |
| 4.5 EMC System | 15 |
| 4.6 Impianto di terra | 15 |
| 4.7 Protezione dalla corrosione | 15 |
| 5 Sicurezza | 16 |
| 5.1 Accesso | 16 |
| 5.2 Via di fuga | 16 |
| 5.3 Aree e spazi di lavoro | 16 |
| 5.4 Pavimenti, piattaforme e luoghi di lavoro | 16 |
| 5.5 Montacarichi di servizio | 16 |
| 5.6 Parti mobili, protezioni e dispositivi di blocco | 17 |
| 5.7 Luci | 17 |
| 5.8 Arresto d'emergenza | 17 |
| 5.9 Disconnessione dell'energia | 17 |
| 5.10 Protezione dal fuoco | 17 |
| 5.11 Segnali d'avvertimento | 17 |
| 5.12 Manuali e avvertenze | 17 |
| 6 Ambiente | 18 |
| 6.1 Prodotti chimici | 18 |



| | | |
|-----------|--|-----------|
| 7 | Approvazioni e codici di progettazione | 19 |
| 7.1 | Approvazioni tipo | 19 |
| 7.2 | Approvazioni dei Codici – Progettazione strutturale | 19 |
| 8 | Colori | 20 |
| 8.1 | Colore navicella | 20 |
| 8.2 | Colore della torre | 20 |
| 8.3 | Colore delle pale | 20 |
| 9 | Condizioni di funzionamento e linee guida delle prestazioni | 21 |
| 9.1 | Condizioni del sito e clima | 21 |
| 9.1.1 | Siti complessi | 21 |
| 9.1.2 | Altitudine | 21 |
| 9.1.3 | Layout d'impianto | 22 |
| 9.2 | Condizioni di funzionamento – Temperatura e vento | 22 |
| 10 | Fondazioni turbine | 23 |
| 10.1 | Plinto di fondazione | 23 |
| 10.1.1 | Calcestruzzo | 24 |
| 10.1.2 | Rinforzi | 24 |
| 10.1.3 | Malta | 24 |
| 10.1.4 | Condizioni del terreno | 24 |
| 11 | Cavidotti MT interni | 25 |
| 11.1 | Criteri progettuali | 25 |
| 11.2 | Caratteristiche dei cavidotti | 26 |
| 11.3 | Modalità di posa e realizzazione | 28 |
| 11.4 | Interferenze | 31 |



1 Introduzione

Il progetto in esame prevede l'installazione di 7 aerogeneratori del tipo Siemens Gamesa SG 5.8-170, con le seguenti caratteristiche dimensionali:

| SG 5.8-170 |
|---|
| • potenza nominale aerogeneratore: 5.8 MW |
| • altezza hub: 115 m |
| • diametro rotore: 170 m |
| • altezza totale 200 mt |

I principali componenti dell'impianto risultano essere, quindi:

- i generatori eolici;
- le linee elettriche MT (a 30 kV) in cavo interrato, che collegano gli aerogeneratori tra loro e con la Sottostazione Elettrica (SSE);
- la Sottostazione Elettrica (SSE) per l'innalzamento della tensione da 30 kV a 150 kV con tutte le apparecchiature necessarie alla realizzazione della connessione elettrica dell'impianto alla Rete Nazionale.

Ogni aerogeneratore produrrà energia elettrica alla tensione di 720 V ca. All'interno di ciascuna navicella è installato un trasformatore 0.72/30 kV che provvederà all'innalzamento della tensione a 30 kV. L'energia sarà quindi immessa in una rete in cavo interrato a 30 kV per il trasporto alla Sottostazione Elettrica, dove subirà un'ulteriore trasformazione di tensione (30/150 kV) prima dell'immissione nella rete di alta tensione.

Al fine di razionalizzare l'utilizzo delle infrastrutture di rete, sarà necessario condividere lo stallo con altri produttori attraverso un sistema di sbarre in alta tensione.

Nel suo complesso, l'opera in oggetto si inserisce nel contesto nazionale ed internazionale come uno dei mezzi per contribuire a ridurre le emissioni atmosferiche nocive.

Il sito scelto, in tale contesto, viene a ricadere in aree naturalmente predisposte a tale utilizzo e quindi ottimali per un razionale sviluppo nel settore rinnovabile.

Lo sviluppo di tali fonti di approvvigionamento energetico, quindi, oltre a contribuire all'incremento dello stesso approvvigionamento ed alla diversificazione delle fonti, favorisce l'occupazione e il coinvolgimento delle realtà locali riducendo l'impatto sull'ambiente legato al tradizionale ciclo di produzione energetica.

Come noto, tutte le apparecchiature a funzionamento elettrico generano, durante il loro funzionamento, campi elettromagnetici. Le onde elettromagnetiche sono fondamentalmente suddivise in due gruppi: radiazioni non ionizzanti e radiazioni ionizzanti.

Il presente documento precisa, sulla base delle specifiche tecniche, tutti i contenuti prestazionali tecnici degli elementi previsti nel progetto. Il disciplinare contiene, inoltre, la descrizione, anche sotto il profilo estetico, delle caratteristiche, della forma e delle principali dimensioni dell'intervento, dei materiali e di componenti previsti nel progetto. In ogni caso



il disciplinare fornisce indicazioni specifiche almeno sui componenti dell'impianto quali rotore, sistema di orientamento del rotore, sistema di controllo, ecc..



2 Descrizione generale

Il modello tipo di aerogeneratore (di seguito anche 'WTG') scelto, dopo opportune considerazioni tecniche ed economico finanziarie, è il modello tipo Siemens Gamesa SG170 da 5,8 MW con altezza mozzo pari a 115 m, diametro rotore pari a 170 m e altezza massima al top della pala pari a 200 m. Questo modello tipo di aerogeneratore è allo stato attuale quello ritenuto più idoneo per il sito di progetto dell'impianto.

La turbina è caratterizzata da un generatore a doppia alimentazione accoppiato ad un convertitore elettronico di potenza. Con queste caratteristiche la turbina eolica è in grado di lavorare anche a velocità variabile mantenendo una potenza in prossimità di quella nominale anche in caso di vento forte. Alle basse velocità del vento, il sistema consente di lavorare massimizzando la potenza erogata alla velocità ottimale del rotore e l'opportuno angolo di inclinazione delle pale.

2.1 Componenti meccaniche

La SG 5.8-170 è equipaggiata con un rotore di 170 m di diametro costituito di tre pale ed un mozzo. Le pale sono controllate per mezzo di un microprocessore nel sistema del controllo del passo. Basandosi sulle prevalenti condizioni del vento, le pale sono continuamente posizionate per ottimizzare l'angolo di passo.

2.2 Rotore

| | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| Diametro | 170 m |
| Area spazzata | 22.697 m ² |
| Regolazione della potenza | Velocità variabile |
| Direzione di rotazione | In senso orario (vista di fronte) |
| Orientamento | Sopravento |
| Tilt | 6° |
| Numero delle pale | 3 |
| Freni aerodinamici | Frange intere |

2.3 Pale

| | |
|-------------------------------|---|
| Descrizione tipo | Gusci a profilo alare vincolati alla trave portante |
| Lunghezza della pala | 83.5 m |
| Materiale | Resina epossidica rinforzata con fibre di vetro e di carbonio |
| Connessione delle pale | inserti in acciaio |
| Corda massima | 4.5 m |



2.4 Sistema di regolazione del passo

La turbina è equipaggiata con un sistema di regolazione del passo idraulico per ogni pala. Ogni sistema di regolazione del passo è connesso all'unità di distribuzione idraulica in navicella per mezzo di un sistema distribuito di manicotti flessibili.

Ogni sistema di passo è composto da un cilindro idraulico fissato all'hub ed un pistone montato sul cuscinetto della pala.

| Sistema di regolazione del passo | |
|----------------------------------|--------------|
| Tipo | idraulico |
| Numero | 1 per pala |
| Intervallo | Da -5° a 95° |

2.5 Hub

Il mozzo supporta le tre pale e trasferisce le forze di reazione al cuscinetto principale e la torsione alla scatola del cambio. La struttura del mozzo supporta anche i cuscinetti della pala e il cilindro di passo.

| Mozzo | |
|-----------|------------------|
| Tipo | Ghisa sferoidale |
| Materiale | ghisa |

2.6 Albero principale

L'asta principale trasferisce le forze di reazione al cilindro principale e la torsione alla scatola del cambio.

| Albero lento | |
|------------------|----------------|
| Descrizione tipo | Ghisa nodulare |
| Materiale | Ghisa |

2.7 Cuscinetto principale

Il cuscinetto principale sopporta tutti i carichi di spinta.

| Cuscinetto principale | |
|-----------------------|--------------------------------|
| Tipo | n. 2 Cuscinetti a rulli conici |
| Lubrificazione | Lubrificazione mediante grasso |



2.8 Scatola del cambio

L'ingranaggio principale converte la rotazione da bassa velocità del rotore a quella veloce del generatore. Il moltiplicatore di giri è del tipo ad alta velocità a tre stadi dove i primi due sono di tipo planetario e il terzo è ad asse parallelo.

| Scatola del cambio | |
|--------------------|--|
| Tipo | differenziale a 3 stadi (2 planetari +1 parallelo) |

2.9 Albero veloce

L'albero veloce trasmette la torsione in uscita dall'asse di alta velocità del moltiplicatore all'asse del generatore.

Il giunto è composto da 4 pacchetti di giunzioni laminate ed un tubo intermedio in fibra di vetro con flange metalliche. Il giunto è dotato di due mozzi sul disco del freno e l'albero del generatore.

2.10 Sistema di imbardata

Il sistema di imbardata è un sistema attivo che collega la struttura e la trasmissione alla torre.

Il cuscinetto di imbardata è un anello orientato esternamente con attrito e scorrimento a strisciamento. Una serie di motoriduttori epicicloidali elettrici guida l'imbardata.

| Sistema di imbardata | |
|----------------------|--|
| Tipo | Attivo |
| Materiale | Anello di oscillazione forgiato a caldo. |

2.11 Gru

La navicella è equipaggiata con una gru di carico di servizio. La gru è un sistema unico a paranco.

| Gru | |
|--------------------------|----------------|
| Capacità di sollevamento | Massimo 500 kg |

2.12 Torri

La torre è composta da segmenti tubolari con flange di connessione disponibili in differenti altezze standard.



| Torri | |
|---------------|----------------------------|
| Tipo | Tubolare cilindrico/conico |
| Altezza mozzo | Max 115 m |
| Materiale | Acciaio |

2.13 Navicella basamento e copertura

La copertura della navicella è realizzata in fibra di vetro rinforzata. La navicella è stata progettata per un accesso sicuro a tutti i punti di assistenza e in modo tale da garantire la presenza in sicurezza dei tecnici dell'assistenza durante la manutenzione.

I portelli di accesso sono posti al piano inferiore e vengono utilizzati per l'abbassamento o l'innalzamento di equipaggiamento alla navicella o per l'evacuazione del personale. La sezione superiore è equipaggiata con sensori di vento e lucernari, i lucernari possono essere aperti sia dall'interno della navicella che dall'esterno per accedere al piano o fuori alla navicella stessa. È possibile accedere alla navicella dalla torre attraverso il sistema di imbardata.

Il basamento della navicella è composto da due parti e consiste in una fusione di ghisa per la parte frontale, e di una struttura a trave per quella posteriore. La parte frontale del basamento della navicella svolge la funzione di supportare l'albero principale di trasmissione (l'albero ad alta velocità) e trasmette le forze dal rotore alla torre tramite il sistema di imbardata. La piattaforma inferiore è connessa al cuscinetto di imbardata, gli attuatori di imbardata sono fissati alla base della navicella.

Le travi della gru sono attaccate alla cima della struttura. Le aste in basso della struttura a trave sono connesse al termine della parte posteriore. La parte posteriore del basamento serve come supporto ai pannelli di controllo, il sistema di raffreddamento ed il trasformatore. La copertura della navicella è montata sul basamento.

| Descrizione tipo | Materiale |
|--------------------------------|--|
| Copertura della navicella | Pannelli laminati in fibra di vetro rinforzata |
| Parte anteriore del basamento | Fusione di ghisa |
| Parte posteriore del basamento | Struttura reticolare |

2.14 Sistema Di Condizionamento Termico

Il sistema di condizionamento termico è costituito da:

- Il sistema di raffreddamento del generatore è posizionato in cima alla parte posteriore della navicella e funziona con il principio del raffreddamento mediante flusso libero, pertanto non vi sono componenti elettrici del sistema all'esterno della navicella;
- Il sistema di raffreddamento a liquido primario, che serve per il raffreddamento del moltiplicatore e del sistema idraulico, attivato da una singola pompa elettrica;



- Il sistema di raffreddamento a liquido secondario, che serve i sistemi del generatore e del convertitore, azionato da una singola pompa elettrica;
- Il raffreddamento ad aria forzata della stanza del trasformatore costituito da un ventilatore elettrico;
- Il raffreddamento ad aria della navicella composto di due ventilatori elettrici.



3 Progetto elettrico

3.1 Generatore

Il generatore è del tipo trifase asincrono a doppia alimentazione (DFIG), collegato a un convertitore PWM di frequenza. Lo statore e il rotore del generatore sono entrambi realizzati con lamine magnetiche. Il generatore è raffreddato ad aria.

| Generatore | |
|---|---|
| Tipo | Asincrono a doppia alimentazione (DFIG) |
| Potenza nominale | 6350 kW @30°C ext. ambient |
| Tensione Statore [UNs] | 3 X 690 V (alla velocità nominale) |
| Connessione dell'avvolgimento | Stella |
| Velocità nominale | 1120 rpm-6p (50 HZ) 1344 rpm-6p (60 HZ) |
| Sensori di temperatura , statore | 6 sensori PT 100 posizionati nei punti |
| Sensori di temperatura, cuscinetti | 3 per cuscinetto ed uno di riserva per ognuno |
| Classe di isolamento | Statore H / H Rotore H / H |

3.2 Convertitore

Il convertitore è un sistema convertitore su larga scala che controlla sia il generatore che la qualità della potenza messa in rete.

Il convertitore consiste in quattro unità convertitrici che lavorano in parallelo con un controllore comune.

Il convertitore permette la conversione della corrente alternata con frequenza variabile del generatore ad una corrente alternata con frequenza e con valori di potenza attiva e reattiva (ed altri parametri di connessione alla rete) adeguati per la rete. Il convertitore è posizionato nella navicella ed ha tensione lato rete di 690 V.

| Convertitore | |
|--------------------------------------|---------|
| Potenza nominale apparente | 6200 kW |
| Voltaggio nominale della rete | 690 V |



3.3 Trasformatore MT

Il trasformatore di elevazione è posizionato in una stanza chiusa a parte nella navicella con un interruttore di corrente montato sul lato dell'alta tensione del trasformatore.

| Trasformatore MT | |
|--|-------------------------------------|
| Tensione primaria [U _N] | 30 kV |
| Tensione secondaria [U _{Ns}] | 3 x 690 V |
| Corrente massima | 7.11 kA Tensione nominale ± 10 % |
| Impedenza del trasformatore | 8.5%-10% |
| Gruppo vettore | Dyn11 o Dyn1 |

3.4 Cavo MT turbina

Il cavo di media tensione corre dal trasformatore nella navicella giù per la torre al quadro collocato al fondo della stessa. Il cavo di alta tensione è un cavo con nucleo quadripartito, isolato in gomma, libero da alogeni.

| Cavi di media tensione | |
|---------------------------------------|---|
| Cavo isolato compost ad alta tensione | Etilpropilene (EP) migliorato, basato su materiali EPRo alto grado di etilpropilene in gomma HEPR |
| Sezione del conduttore | 3 x 70/70 mm ² |

3.5 Quadro MT

Il quadro di media tensione per la connessione alla rete interna MT è collocato alla base della torre.

| | |
|---------------------------|-----------------------------|
| Tipo di isolamento | Isolato in aria |
| Tensione di funzionamento | 20-40,5(U _m) kV |
| Corrente | 20 kA/1s |
| Grado di protezione | IP65 |



3.6 Sensori di vento

La turbina è equipaggiata con due anemometri ultrasonici senza parti mobili e una banderuola meccanica. I sensori sono incorporati a caldo per minimizzare le interferenze con ghiaccio e neve.

I sensori di vento sono ridondanti, e la turbina può operare con un unico sensore.

| Sensori di Vento | |
|------------------|--------------------|
| Principio | Risonanza acustica |

3.7 Sistemi di controllo

Il sistema di controllo svolge le funzioni di: monitoraggio e supervisione complessiva delle operazioni; sincronizzazione del generatore alla rete durante le sequenze di connessione; funzionamento della turbina durante varie situazioni di errore; controllo di passo delle pale; controllo del potere di reazione e operazione di variazione di velocità; controllo delle emissioni sonore; monitoraggio delle condizioni ambientali; monitoraggio della rete; monitoraggio del sistema di detenzione dei fumi.

Il controllo della frequenza è gestito dal sistema SCADA insieme al controller della turbina eolica. Il controllo della frequenza della centrale eolica viene eseguito dal sistema SCADA che distribuisce i set-point di potenza attiva da ciascuna singola turbina eolica ai controller. Il controller per turbine eoliche risponde all'ultimo riferimento del sistema SCADA e manterrà questa potenza attiva localmente.

Il controller della centrale elettrica può funzionare in quattro diverse modalità:

- Q Control: in questa modalità la potenza reattiva viene controllata nel punto di interconnessione, secondo un riferimento di potenza reattiva;
- V Control: la tensione viene controllata direttamente nel punto di interconnessione, secondo un riferimento di tensione.

Il sistema SCADA riceve feedback / valori misurati dal punto di interconnessione in base alla modalità di controllo. Il controller dell'impianto eolico confronta quindi i valori misurati con i livelli target e calcola il riferimento di potenza reattiva. Infine, i riferimenti di potenza reattiva sono distribuiti a ogni singola turbina eolica. Il controller della turbina eolica risponde all'ultimo riferimento del sistema SCADA e genererà la potenza reattiva richiesta di conseguenza dalla turbina eolica.

3.8 Gruppo Di Continuità

L'UPS è equipaggiata con un converter AC/DC; DC/AC e celle di batterie collocate nella stessa cabina del converter.

Durante le interruzioni della rete, l'UPS alimenta le unità a 230 V AC. Il tempo di riserva per il sistema UPS è proporzionale al consumo di energia.



4 Sistema di Protezione della Turbina

4.1 Concetto di frenata

Il freno principale sulla turbina è aerodinamico. L'arresto della turbina avviene per mezzo della rotazione delle pale (rotazione individuale per singola pala). Ogni pala ha un accumulatore che fornisce l'energia per la rotazione. La frenata della turbina è inoltre supportata da un resistore di frenata che è connesso al magnete permanente del generatore durante il rallentamento. Questo assicura che il momento è mantenuto, per esempio, durante una situazione di perdita della rete.

In aggiunta, c'è un disco per la frenata meccanica sull'albero dell'alta velocità del cambio con un sistema idraulico dedicato. Il freno meccanico è usato solamente come un freno di sosta e quando sono attivi i pulsanti per l'arresto d'emergenza.

4.2 Protezioni da corto circuito

| | |
|------------------------------|--------------|
| Protezione da corto circuito | Interruttore |
| Scaricatore di sovratensioni | varistori |

4.3 Protezione dalla sovravelocità

Le velocità del generatore e dell'albero veloce sono registrate da sensori ad induzione e calcolati dal controller di turbina al fine di proteggere dalla sovravelocità e dagli errori di rotazione.

In aggiunta, la turbina è equipaggiata con un sistema PLC di sicurezza, un modulo computer indipendente che misura la velocità del rotore. In caso di situazione di fuori giri, il sistema PLC di sicurezza attiva la rotazione delle tre pale in posizione di sicurezza, indipendentemente dal sistema di controllo della turbina.

| Protezione da sovravelocità | |
|-----------------------------|-----------|
| Tipo dei sensori | Induttivo |

4.4 Protezione di messa a terra per le pale, la navicella, il mozzo e la torre

Il Sistema di messa a terra aiuta a proteggere la turbina contro i danni fisici causati dai fulmini. Il sistema consiste di cinque parti principali:

- Recettori dei fulmini;
- Sistema di conduzione verso il basso;
- Protezione contro la sovra tensione e la sovra corrente;
- Schermatura contro i campi elettrici e elettromagnetici;
- Sistema di messa a terra.



| Parametri Progettuali della Protezione di Messa a Terra | | | Livello di Protezione I |
|---|-------------|---------|-------------------------|
| Valore della Corrente di Picco | I max | [kA] | 200 |
| Impulso di carica | Q impulso | [C] | 100 |
| Durata della carica | Q lunghezza | [C] | 200 |
| Carica totale | Q totale | [C] | 300 |
| Energia Specifica | W/R | [MJ/Ω] | 10 |
| Pendenza media | Di/dt | [kA/μs] | 20 |

4.5 EMC System

La turbina ed il relativo equipaggiamento adempiono alla legislazione dettata dal EU Elettromagnetic Compatibility (EMC):

DIRECTIVE 2004/108/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL del 15 dicembre 2005 sulla approssimazione delle leggi degli Stati membri circa la compatibilità elettromagnetica che abroga la direttiva 89/336/EEC.

4.6 Impianto di terra

L'impianto di terra dell'aerogeneratore è costituito da un numero di elettrodi di messa a terra individuali interconnessi come un unico sistema. Include il sistema TN e il sistema di protezioni contro le scariche atmosferiche per ogni singola turbina. Il sistema di messa a terra dell'aerogeneratore è adattato per i differenti tipi di fondazioni delle turbine. Un insieme separato di documenti descrive il sistema di messa a terra in dettaglio, in dipendenza del tipo di fondazione.

4.7 Protezione dalla corrosione

La classificazione della corrosione concorda con la ISO 12944 – 2.

| Protezione dalla corrosione | Aree esterne | Aree interne |
|-----------------------------|--------------|--------------|
| Navicella | C3H | C3H |



5 Sicurezza

Le specifiche di sicurezza in questa sezione forniscono le informazioni generali circa le caratteristiche di sicurezza della turbina e non sostituiscono, per il compratore ed i suoi agenti, il prendere tutte le appropriate precauzioni, incluso, ma non solo, il rispetto di tutte le norme di sicurezza, la manutenzione, gli accordi di servizio, le istruzioni, le ordinanze e le condotte appropriate in materia di formazione per la sicurezza.

5.1 Accesso

L'accesso alla turbina dall'esterno avviene tramite la parte bassa della torre. La porta è equipaggiata con una serratura. L'accesso alla piattaforma in cima avviene tramite una scala. L'accesso alla stanza del trasformatore nella navicella è controllato con una serratura. Un accesso non autorizzato ai quadri e ai pannelli elettrici nella turbina è proibito in accordo con la IEC 60204-1 2006.

5.2 Via di fuga

In aggiunta alle normali vie di accesso, vie di fuga alternative dalla navicella sono possibili attraverso la botola della gru, attraverso un portello apribile sul muso della navicella, e attraverso il pavimento della stessa. Nella navicella è localizzato l'equipaggiamento di sicurezza.

Il portello nel pavimento può essere aperto da entrambi i lati. Una via di fuga è rappresentata dalla scala dell'elevatore di servizio. Un piano di emergenza, collocato nella turbina, descrive le vie di fuga ed evacuazione.

5.3 Aree e spazi di lavoro

La torre e la navicella sono equipaggiate con prese di corrente per l'uso di strumenti elettrici per il servizio e la manutenzione della turbina.

5.4 Pavimenti, piattaforme e luoghi di lavoro

Tutti i pavimenti sono antisdrucchiolo. C'è un pavimento per ogni sezione della torre. Piattaforme di sosta sono presenti ad intervalli di 9 metri lungo la scala della torre. Supporti di appoggio sono localizzati nella turbina per gli scopi di servizio e manutenzione.

5.5 Montacarichi di servizio

L'aerogeneratore è fornito di un elevatore standard di servizio. Servizi per l'arrampicata. Una scala con sistema di arresto caduta è montata per l'intera lunghezza della torre.

Ci sono punti di ancoraggio nella torre, nella navicella e nel mozzo, e sul pavimento per l'attacco



di equipaggiamenti di sicurezza. Sul portello della gru c'è un punto di ancoraggio per l'equipaggiamento di discesa d'emergenza. Punti di ancoraggio sono colorati di giallo e sono calcolati e testati per 22.2 kN.

5.6 Parti mobili, protezioni e dispositivi di blocco

Tutte le parti mobili nella navicella sono schermate. La turbina è equipaggiata con una serratura per il rotore per il suo blocco.

Il blocco dell'ondeggiamento dei cilindri può essere fatto con strumenti meccanici nel mozzo.

5.7 Luci

La turbina è equipaggiata con luci nella torre, nella navicella, nella stanza del trasformatore ed il mozzo.

C'è una luce d'emergenza in caso di mancanza di corrente elettrica.

5.8 Arresto d'emergenza

Ci sono pulsanti per l'arresto d'emergenza nella navicella, nel mozzo e alla base della torre.

5.9 Disconnessione dell'energia

La turbina è equipaggiata con interruttori per consentire la disconnessione da tutte le fonti di energia in caso d'ispezione o manutenzione. Gli interruttori sono marcati con segnali e sono collocati nella navicella e alla base della torre.

5.10 Protezione dal fuoco

Un estintore da 5-6 kg di CO₂, un kit di primo intervento sono collocati nella navicella durante le operazioni di servizio e manutenzione.

5.11 Segnali d'avvertimento

Segnali di pericolo sono posizionati dentro e sulla turbina.

5.12 Manuali e avvertenze

La casa produttrice fornisce manuali per le operazioni, la manutenzione e il servizio della turbina, con regole aggiuntive di sicurezza e informazioni su quelle.



6 Ambiente

6.1 Prodotti chimici

I seguenti prodotti chimici sono usati nella turbina:

- Antigelo per prevenire il sistema di raffreddamento dal gelo.
- Olio per la lubrificazione del cambio.
- Olio idraulico per il sistema di beccheggio delle pale e l'operatività del freno.
- Grasso per la lubrificazione dei cuscinetti.

Vari agenti pulenti e prodotti chimici per la manutenzione della turbina.



7 Approvazioni e codici di progettazione

7.1 Approvazioni tipo

La turbina è progettata e certificata secondo i seguenti standard:

| Certificazione |
|--|
| IEC 61400-1:2019 Ed.4 Wind turbines –. Part 1: Design requirements |
| IEC 61400-11:2012 + AMD1:2018, Wind turbine generator systems Part 11: Acoustic noise measurement techniques |
| ISO 9001:2015 Quality management systems – Requirements |
| DIBt - Richtlinie für Windenergieanlagen - Oktober 2012, korrigierte Fassung März 2015 |
| 2006/42/EC Machinery Directive |

7.2 Approvazioni dei Codici – Progettazione strutturale

Il progetto della turbina è stato sviluppato e testato con riguardo a, ma non limitatamente a, i seguenti principali standard:

| Codici di Progettazione | |
|------------------------------------|--------------------------------|
| Protezione dai fulmini | IEC61400-24:2010 |
| Protezione dalla polvere | IEC 60721-3-4:1995 |
| Trasformatore | IEC 60076 ECO Design Directive |
| Scatola del Cambio | IEC 61400-4:2012 |
| Protezione dalle radiazioni solari | IEC 61400-1 |
| Protezione dall'umidità | IEC 61400-1 |
| Quadro MT | IEC 62271 |



8 Colori

8.1 Colore navicella

| Colore delle navicelle | |
|------------------------|----------------------------|
| Colore Standard | RAL 7035 (grigio luminoso) |
| Varianti | RAL 9018 (bianco) |
| Lucido | < 30 % DS/EN ISO 2813 |

8.2 Colore della torre

| Colore delle torre | |
|--------------------|----------------------------|
| Colore Standard | RAL 7035 (grigio luminoso) |
| Varianti | RAL 9018 (bianco) |

8.3 Colore delle pale

| Colore delle Pale | |
|-------------------|----------------------------|
| Colore Standard | RAL 7035 (grigio luminoso) |
| Varianti | RAL 9018 (bianco) |
| Lucido | < 30 % DS/EN ISO 2813 |



9 Condizioni di funzionamento e linee guida delle prestazioni

Il clima e le condizioni del sito comprendono molte variabili e dovrebbero essere considerate nella valutazione delle prestazioni della turbina. Il progetto e i parametri operativi stabiliti in questa sezione non costituiscono garanzie, o rappresentazione delle performance in riferimento ai siti specifici.

9.1 Condizioni del sito e clima

Valori riferiti all'altezza del mozzo:

| Parametri estremi | |
|--|--------------|
| Condizioni climatiche del vento | IEC 61400-11 |
| Intervallo della Temperatura Ambiente (temperature standard della turbina) | -30° a +50°C |
| Velocità estrema di vento (media di 10 minuti) | 37,5 m/s |
| Velocità del vento limite al danno (3 raffiche al secondo) | 52,5 m/s |

| Parametri medi di progetto | |
|--|--------------|
| Condizioni climatiche del vento | IEC 61400-11 |
| Velocità del vento | 7,5 m/s |
| Fattore - A | 8,46 m/s |
| Fattore di forma - C | 2,0 |
| Intensità di turbolenza, inclusa la turbolenza della Wind Farm (@ 15 m/s – 90% quantile) | 16% |
| Vento di taglio | 0,20 |
| Angolo di flusso (verticale) | 8° |

9.1.1 Siti complessi

La classificazione di Sito Complesso deriva dalla IEC 61400 – 1: 2005, Capitolo 11.2. Per siti classificati come complessi, appropriate misurazioni devono essere incluse negli accertamenti specifici.

La posizione di ogni singola turbina dev'essere verificata con un Check Program della casa produttrice.

9.1.2 Altitudine

La turbina è progettata per essere utilizzata fino a 2000 metri sul livello del mare.



NOTA: ad altitudini superiori ai 1500 metri, la massima temperatura ambientale per condizioni di massima produzione è ridotta a 37,5°C.

9.1.3 Layout d'impianto

La distanza di progetto tra le turbine, per il singolo progetto, dipende dal sito; in ogni caso la distanza non deve essere inferiore a 4 diametri del rotore.

9.2 Condizioni di funzionamento – Temperatura e vento

I valori sono riferiti all'altezza del mozzo e sono determinate per mezzo di sensori e del sistema di controllo della turbina.

| Condizioni di funzionamento – Temperatura e vento. | |
|---|-------------|
| Intervallo della temperatura ambiente (Standard) | -20° a +35° |
| Avvio | 3 m/s |
| Arresto | 25 m/s |
| Riavvio | 22 m/s |



10 Fondazioni turbine

Particolare importanza riveste la fondazione che deve sopportare le notevoli sollecitazioni statiche e dinamiche prodotte dalle turbine.

Oltre al considerevole peso che gli aerogeneratori concentrano su una superficie molto piccola, sono rilevanti le tensioni orizzontali prodotte sul terreno dovute alla spinta orizzontale del vento su una superficie pari a quella spazzata dalle pale, provenendo il vento da ogni direzione. A queste condizioni di carico si sommano quelle dovute ai probabili eventi sismici; pertanto la fondazione è costituita da un plinto in c.a. su pali tale da evitare fenomeni di punzonamento, dimensionato per resistere agli sforzi di slittamento e di ribaltamento (cfr. elaborati grafici di progetto).

10.1 Plinto di fondazione

Negli elaborati grafici è rappresentato il tipologico della fondazione calcolata per la turbina SG 5.8-170 da 5.8 MW con mozzo a 115 metri di altezza.

Il calcolo e il progetto sono realizzati partendo da alcune assunzioni di base.

Assunzioni per il terreno:

Tabella 1: Caratteristiche del terreno

| N _{TRN} | γ _T [N/m ³] | K ₁ | | | φ [°] | c _u [N/mm ²] | c' [N/mm ²] | E _d [N/mm ²] | E _{cu} [N/mm ²] | Terreni |
|------------------|---------------------------------------|---|---|---|----------|--|----------------------------|--|---|------------------|
| | | K _{1X} [N/cm ²] | K _{1Y} [N/cm ²] | K _{1Z} [N/cm ²] | | | | | | A _{S-B} |
| SABBIE | | | | | | | | | | |
| T001 | 19 500 | 60 | 60 | 30 | 28 | 0,000 | 0,000 | 2 | 0 | 0,000 |
| GHIAIE | | | | | | | | | | |
| T002 | 19 900 | 60 | 60 | 30 | 33 | 0,000 | 0,000 | 25 | 0 | 0,000 |

LEGENDA:

| | |
|------------------------|--|
| N_{TRN} | Numero identificativo del terreno. |
| γ_T | Peso specifico del terreno. |
| K₁ | Valori della costante di Winkler riferita alla piastra Standard di lato b = 30 cm nelle direzioni degli assi del riferimento globale X (K _{1X}), Y (K _{1Y}), e Z (K _{1Z}). |
| φ | Angolo di attrito del terreno. |
| c_u | Coesione non drenata. |
| c' | Coesione efficace. |
| E_d | Modulo edometrico. |
| E_{cu} | Modulo elastico in condizione non drenate. |
| A_{S-B} | Parametro "A" di Skempton-Bjerrum per pressioni interstiziali. |

Specifiche:

- Tutti i lavori sono effettuati in accordo all'Euro Codice 2: "EN 1992-1-1-2004 Progettazione di Strutture in Calcestruzzo", e l'Euro Codice 7: "EN 1997-1 Progettazione geotecnica"

La gabbia d'ancoraggio, tra torre e fondazione, inclusi i bulloni, viene fornita da Siemens Gamesa come unità montata. La gabbia d'ancoraggio è impostata sul livello del magrone di fondazione e regolata per l'aggiustamento della posizione, verticale e orizzontale, per mezzo di bulloni di aggiustamento al livello della flangia più bassa. Durante la colata, che può essere fatta simultaneamente dentro e fuori la gabbia, molta attenzione dev'essere impiegata perché la gabbia non si sposti e che la flangia in basso sia a completo contatto con il calcestruzzo.



10.1.1 Calcestruzzo

I lavori in calcestruzzo sono in accordo con l'ENV 13670 – 1 "Esecuzione Delle Strutture In Calcestruzzo – Parte I" Il calcestruzzo dev'essere composto, mescolato e preparato in accordo con l'EN 206 – 1-

- Classe di resistenza: C35/45 per il plinto; C25/30 per i pali
- Classe di esposizione: xC4 / xD1/ xS1 / xF3 / xA2.
- Taglia massima della ghiaia: 32 mm.
- Densità del calcestruzzo minima richiesta per la stabilità: 2221 kg/m³.
- Rivestimento: C_{nom} = 65+/-10 contro forma o livello di pulizia, e C_{nom} = 100+/-10 contro terra.
- Il controllo di qualità del calcestruzzo dev'essere in accordo alla EN 206-1.

10.1.2 Rinforzi

5500 classe B o C in accordo con la EN 10080 con un F_{yk} minimo = 500 N/mm².

10.1.3 Malta

Malta (1) non termoretraibile con una resistenza minima a compressione di 100 N/mm².
Malta (2), la resistenza minima a compressione di post tensione di 92 N/mm², a dopo un giorno: 10 N/mm². La Malta 2 e la sigillatura sono fornite dalla Siemens Gamesa.

10.1.4 Condizioni del terreno

Le condizioni del terreno che devono essere soddisfatte:

- Densità di riempimento di 16.2 KN/m³.
- Il peso del riempimento è incluso nella stabilità e non deve essere rimosso.
- Il massimo livello di acqua superficiale deve essere uguale a 0. Nessun drenaggio è richiesto.

A scopo esemplificativo si veda la "Relazione preliminare sulle strutture" che riporta il calcolo preliminare della fondazione tipo dell'aerogeneratore Siemens Gamesa SG 5.8-170 da 5.8 MW, adottato in questo progetto.



11 Cavidotti MT interni

11.1 Criteri progettuali

L'energia elettrica prodotta dai singoli aerogeneratori è convogliata alla sottostazione di trasformazione attraverso una rete di cavidotti costituita da 3 linee esercite a 30 kV a neutro isolato. Ogni linea è dedicata al trasporto dell'energia elettrica prodotta dalle turbine appartenenti a uno dei sottocampi in cui è stato suddiviso il parco:

- Sottocampo 1: $5,8 \times 3 = 17,4$ MW (T1 – T2 – T3 – SET)
- Sottocampo 2: $5,8 \times 2 = 11,6$ MW (T4 – T7 – SET)
- Sottocampo 3: $5,8 \times 2 = 11,6$ MW (T6 – T5 – SET)

La definizione dei sottocampi e dei tracciati delle linee elettriche sono stati studiati secondo quanto previsto dall'art. 121 del T.U. 11/12/1933 n° 1775, comparando le esigenze della pubblica utilità dell'opera con gli interessi sia pubblici che privati coinvolti.

Nella definizione dell'opera sono stati adottati i seguenti criteri progettuali:

- contenere per quanto possibile i tracciati dei cavidotti sia per occupare la minor porzione possibile di territorio, sia per non superare certi limiti di convenienza tecnico-economica;
- evitare per quanto possibile di interessare case sparse ed isolate, rispettando le distanze prescritte dalla normativa vigente;
- non interferire con zone di pregio naturalistico, paesaggistico e archeologico;
- transitare su aree di scarso pregio interessando aree prevalentemente agricole e sfruttando la viabilità esistente.

I cavidotti MT seguono strade di accesso nuove e/o esistenti per la maggior parte del loro percorso.

Il dimensionamento dei cavi è stato effettuato in base a:

- criterio termico per cui la corrente di impiego è inferiore alla corrente nominale del cavo ridotta mediante alcuni coefficienti correttivi che tengono conto delle condizioni di posa in base alla seguente formula:

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3}V_n \cos\varphi} < k_H \cdot k_{\rho t} \cdot k_T \cdot k_D \cdot I_{nc}$$

in cui P è la potenza che transita nel tronco di linea, V_n è la tensione di parco pari a 30 kV, $\cos\varphi$ è il fattore di potenza assunto pari a 0,95, in cui k_H dipende dalla profondità di posa; $k_{\rho t}$ dipende dalla resistività termica del terreno; k_T dipende dalla temperatura del terreno; k_D dipende dalla distanza tra i cavi, I_{nc} è la corrente nominale del cavo,

- criterio della massima caduta di tensione percentuale per cui la somma delle cadute di tensione calcolate nei tronchi di linea comprese fra una determinata turbina ed il punto di connessione deve essere inferiore ad un valore prestabilito (1.5 – 2%):

$$\Delta V = \sum_i^N \sqrt{3} I_{bi} L_i \cdot (R_i \cos\varphi + X_i \sin\varphi)$$



- criterio delle perdite calcolate in funzione della distribuzione di Weibull calcolata in funzione delle misure anemometriche sul sito.

Il calcolo della corrente di impiego e delle cadute di tensione con fattore di potenza pari a 0,95 mentre le perdite sono calcolate con fattore di potenza pari a 1.

Nella tabella seguente sono evidenziati i risultati dei calcoli effettuati.

Tabella 2: Caduta delle perdite di tensione

| Circuito | Tratto | Potenza | | | | | I _b (corrente di impiego) | I _{o min - portata minima del cavo} | Sezione cavo | I _o | Inc (Portata) | Lunghezza | Caduta di tensione | Caduta di tensione | Caduta di tensione complessiva |
|----------|--------------|---------|------|------|------|------|---|--|--------------|----------------|---------------|-----------|--------------------|--------------------|--------------------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | T1-T2-T3-SET | 5,8 | 1,00 | 1,00 | 0,96 | 1,00 | 124,0 | 129,2 | 240 | 408 | 391,68 | 730 | 14,20 | 0,05% | 0,05% |
| | | 5,8 | 1,00 | 0,90 | 0,96 | 1,00 | 124,0 | 143,5 | 240 | 408 | 352,51 | 285 | 6,16 | 0,02% | 0,07% |
| | | 11,6 | 1,00 | 0,90 | 0,96 | 1,00 | 248,0 | 287,1 | 240 | 408 | 352,51 | 285 | 12,32 | 0,04% | 0,11% |
| | | 11,6 | 1,00 | 1,00 | 0,96 | 1,00 | 248,0 | 258,4 | 240 | 408 | 391,68 | 741 | 28,83 | 0,10% | 0,21% |
| | | 11,6 | 1,00 | 0,90 | 0,96 | 1,00 | 248,0 | 287,1 | 240 | 408 | 352,51 | 280 | 12,10 | 0,04% | 0,25% |
| | | 17,4 | 1,00 | 0,90 | 0,96 | 1,00 | 372,1 | 430,6 | 240 | 408 | 352,51 | 280 | 18,16 | 0,06% | 0,31% |
| | | 17,4 | 1,00 | 1,00 | 0,96 | 1,00 | 372,1 | 387,6 | 240 | 408 | 391,68 | 2129 | 124,25 | 0,41% | 0,72% |
| | | 17,4 | 1,00 | 0,90 | 0,96 | 1,00 | 372,1 | 430,6 | 630 | 682 | 589,25 | 2284 | 63,94 | 0,21% | 0,93% |
| | | 17,4 | 1,00 | 0,85 | 0,96 | 1,00 | 372,1 | 456,0 | 630 | 682 | 556,51 | 5883 | 174,37 | 0,58% | 1,51% |
| 2 | T4-T7-SET | 5,8 | 1,00 | 0,90 | 0,96 | 1,00 | 124,02 | 143,5 | 240 | 408 | 352,51 | 169 | 3,65 | 0,01% | 0,01% |
| | | 5,8 | 1,00 | 0,90 | 0,96 | 1,00 | 124,02 | 143,5 | 240 | 408 | 352,51 | 1974 | 42,67 | 0,14% | 0,15% |
| | | 5,8 | 1,00 | 0,85 | 0,96 | 1,00 | 124,02 | 152,0 | 240 | 408 | 332,93 | 310 | 7,10 | 0,02% | 0,18% |
| | | 5,8 | 1,00 | 0,90 | 0,96 | 1,00 | 124,02 | 143,5 | 240 | 408 | 352,51 | 710 | 15,35 | 0,05% | 0,23% |
| | | 11,6 | 1,00 | 0,90 | 0,96 | 1,00 | 248,05 | 287,1 | 630 | 682 | 589,25 | 710 | 13,25 | 0,04% | 0,27% |
| | | 11,6 | 1,00 | 0,85 | 0,96 | 1,00 | 248,05 | 304,0 | 630 | 682 | 556,51 | 5883 | 116,25 | 0,39% | 0,66% |
| 3 | T6-T5-SET | 5,8 | 1,00 | 1,00 | 0,96 | 1,00 | 124,02 | 129,2 | 240 | 408 | 391,68 | 629 | 7,92 | 0,03% | 0,03% |
| | | 5,8 | 1,00 | 0,90 | 0,96 | 1,00 | 124,02 | 143,5 | 240 | 408 | 352,51 | 254 | 3,55 | 0,01% | 0,04% |
| | | 11,6 | 1,00 | 0,90 | 0,96 | 1,00 | 248,05 | 287,1 | 240 | 408 | 352,51 | 254 | 10,98 | 0,04% | 0,07% |
| | | 11,6 | 1,00 | 1,00 | 0,96 | 1,00 | 248,05 | 258,4 | 630 | 682 | 654,72 | 1585 | 26,62 | 0,09% | 0,16% |
| | | 11,6 | 1,00 | 0,90 | 0,96 | 1,00 | 248,05 | 287,1 | 630 | 682 | 589,25 | 310 | 5,79 | 0,02% | 0,18% |
| | | 11,6 | 1,00 | 0,85 | 0,96 | 1,00 | 248,05 | 304,0 | 630 | 682 | 556,51 | 5883 | 116,25 | 0,39% | 0,57% |

11.2 Caratteristiche dei cavidotti

Il cavo è di tipo unipolare o tripolare in alluminio, del tipo Prysmian Airbag ARE4H5AR(E)-18/30 kV o equivalente con conduttore in alluminio e giunti con mufte a colata di resina.

Vi saranno 6.383 m di cavo avente sezione pari a 240 mmq e 25.201 m di cavo da 630 mmq. Inoltre le giunzioni elettriche saranno realizzate ogni 3 km mediante utilizzo di connettori del tipo dritto a compressione adeguati alle caratteristiche e tipologie dei cavi sopra detti.

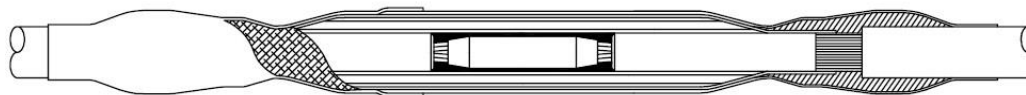


Figura 1 - Giunzione di tipo dritto

L'isolamento è garantito mediante guaina termo-restringente. Il cavo a fibre ottiche per il monitoraggio e il telecontrollo delle turbine sarà di tipo mono modale e sarà alloggiato all'interno di un tubo corrugato in PVC posto nello stesso scavo del cavo di potenza.

Tabella 3 - Caratteristiche del cavo a fibre ottiche

| | |
|---|----------------|
| Numero delle fibre | 12/24 |
| Tipo di fibra | 9/125/250 |
| Diametro cavo | 9 mm |
| Peso del cavo | 75 kg/km circa |
| Massima trazione a lungo termine | 3000 N |
| Massima trazione a breve termine | 4000 N |
| Minimo raggio di curvatura in installazione | 20 cm |
| Minimo raggio di curvatura in servizio | 15 cm |

Insieme al cavo di potenza e a fibre ottiche vi sarà anche un dispersore di terra a corda di 35 mm² che collegherà gli impianti di terra delle singole turbine allo scopo di abbassare le tensioni di passo e di contatto e di disperdere le correnti dovute alle fulminazioni.

Inoltre, lungo il tracciato si prevede l'installazione di conchiglie esterne per la separazione degli schermi del cavidotto. A tal fine le fasi operative prevedono:

- 1) apertura buca giunti cavidotto posta in prossimità del luogo di installazione della conchiglia;
- 2) realizzazione di scavo di dimensioni 0,6 x 1,2 m (larghezza x profondità) e di lunghezza adeguata per la posa del tubo corrugato in cui verranno fatte passare le corde di rame;
- 3) installazione conchiglia bordo strada fuori dalla stessa sede stradale su massetto di posa in calcestruzzo di dimensioni 0,3 x 0,8 m con spessore di 0,15 m, debolmente armato con rete di ripartizione metallica con maglia di dimensioni 100 x 100 mm e filo Ø 5 mm e posta al lembo superiore;
- 4) ripristino dei luoghi.

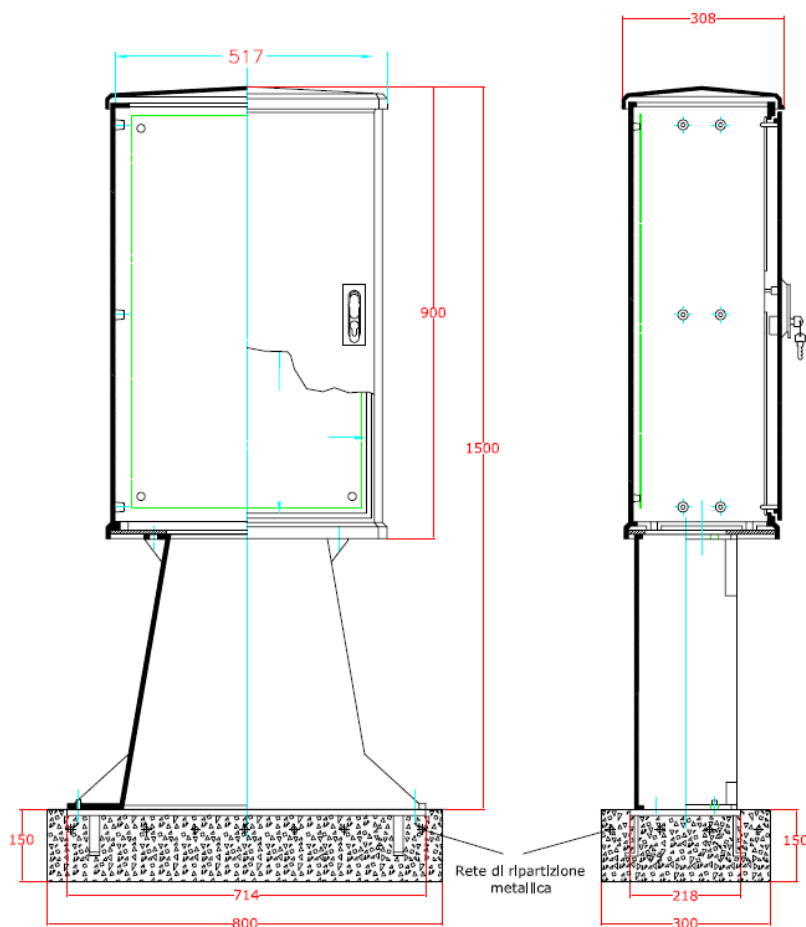


Figura 2: Cassetta di posizionamento schermi cavi MT

11.3 Modalità di posa e realizzazione

Con riferimento alla norma CEI 11-17 le modalità di posa dei cavi potranno essere secondo la configurazione M.1 o M.2

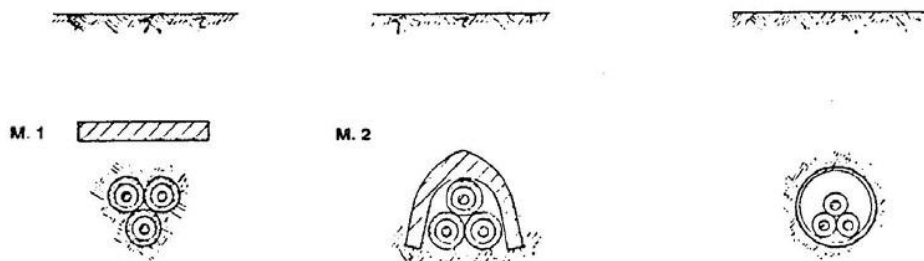


Figura 3 - Modalità di posa

L'integrità dei cavi deve essere garantita da una robusta protezione meccanica supplementare in grado di assorbire senza danni per il cavo stesso le sollecitazioni meccaniche,



statiche e dinamiche derivanti dal traffico veicolare (resistenza a schiacciamento) e degli abituali attrezzi manuali di scavo (resistenza all'urto).

Per quanto concerne le profondità minime di posa nel caso di attraversamento della sede stradale vale il Nuovo Codice della Strada che fissa un metro, dall'estradosso della protezione per le strade di uso pubblico, mentre valgono le profondità minime stabilite dalla norma CEI 11-17 per tutti gli altri suoli.

La profondità di posa dei cavi sarà generalmente di 1,2 m rispetto ai piani finiti di strade o piazzali o alla quota del piano di campagna.

Eventuali variazioni si potrebbero rendere necessarie in corrispondenza d'incroci con altri servizi tecnologici interrati. Nei tratti con più terne gli interassi misureranno circa 30 cm.

Le trincee avranno una larghezza pari a 50 cm sia nel caso di una che di due terne di cavi e 100 cm nel caso di tre e quattro terne.

La fascia di terreno potenzialmente impegnata durante la fase di costruzione/manutenzione sarà di circa 6 m.

I cavi di potenza, a fibre ottiche e il dispersore di terra saranno posati in uno strato di terreno di scavo o eventuale materiale sabbioso (pezzatura massima: 5 mm) di circa 55 cm su cui saranno appoggiati i tegoli o le lastre copricavo. Un nastro segnalatore sarà posto all'interno del rimanente volume dello scavo riempito con materiale arido a circa 65 cm dalla superficie.

La posa dei cavi si articolerà nelle seguenti attività:

- scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità precedentemente menzionate;
- posa del cavo di potenza e del dispersore di terra;
- rinterro parziale con strato di sabbia vagliata (eventuale);
- posa del tubo contenente il cavo in fibre ottiche;
- posa dei tegoli protettivi;
- rinterro parziale con terreno di scavo;
- posa nastro monitore;
- rinterro complessivo con ripristino della superficie originale;
- apposizione di paletti di segnalazione presenza cavo.

Nella posa degli stessi cavi dovranno essere rispettati alcuni criteri particolari per l'esecuzione delle opere in accordo con la regola d'arte come di seguito indicata.

Laddove il tracciato dei cavidotti è caratterizzato da ampi tratti rettilinei, la posa del cavo può essere effettuata con il metodo a bobina fissa; in questo caso la bobina deve essere posta sull'apposito alza bobine, con asse di rotazione perpendicolare all'asse mediano della trincea ed in modo che si svolga dal basso. Sul fondo della trincea devono essere collocati ad intervalli variabili in dipendenza del diametro e della rigidità del cavo i rulli di scorrimento. Tale distanza non deve comunque superare i 3 m. In alternativa potrà essere utilizzata la tecnica della bobina mobile: in questo caso il cavo deve essere steso percorrendo con il carro porta bobine il bordo della trincea e quindi calato manualmente nello scavo.

L'asse del cavo posato nella trincea deve scostarsi dall'asse della stessa di qualche centimetro a destra ed a sinistra, al fine di evitare dannose sollecitazioni dovute all'assestamento del terreno.



Durante le operazioni di posa, gli sforzi di tiro devono essere applicati ai conduttori e non devono superare i 60 N/mm² rispetto alla sezione totale. Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni d'installazione non dovrà essere inferiore a 3 m.

Lo schermo metallico dei singoli spezzoni di cavo dovrà essere messo a terra da entrambe le estremità della linea.

È vietato usare lo schermo dei cavi come conduttore di terra per altre parti di impianto. In corrispondenza dell'estremità di cavo connesso alla stazione di utenza, onde evitare il trasferimento di tensioni di contatto pericolose a causa di un guasto sull'alta tensione, la messa a terra dello schermo avverrà solo all'estremità connessa alla stazione di utenza.

Per la posa dei cavi in fibra ottica lo sforzo di tiro che può essere applicato a lungo termine sarà al massimo di 3000 N. Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni d'installazione non dovrà essere inferiore a 20 cm.

Durante le operazioni di posa è indispensabile che il cavo non subisca deformazioni temporanee. Il rispetto dei limiti di piegatura e di tiro è garanzia di inalterabilità delle caratteristiche meccaniche della fibra durante le operazioni di posa. Se inavvertitamente il cavo subisce delle deformazioni o schiacciamenti visibili la posa deve essere interrotta e dovrà essere effettuata una misurazione con OTDR per verificare eventuali rotture o attenuazioni eccessive provocate dallo stress meccanico.

La realizzazione delle giunzioni dovrà essere effettuata secondo le seguenti indicazioni:

- prima di tagliare i cavi controllare l'integrità della confezione e l'eventuale presenza di umidità;
- non interrompere mai il montaggio del giunto o del terminale;
- utilizzare esclusivamente materiali contenuti nella confezione.

A operazione conclusa devono essere applicate delle targhe identificatrici su ciascun giunto in modo da poter individuare l'esecutore, la data e le modalità d'esecuzione.

Su ciascun tronco fra l'ultima turbina e la stazione elettrica di utenza dovranno essere collocati dei giunti d'isolamento tra gli schermi dei due diversi impianti di terra (dispersore di terra della stazione elettrica e dispersore di terra dell'impianto eolico). Essi dovranno garantire la tenuta alla tensione che si può stabilire tra i due schermi dei cavi MT.

Nell'esecuzione delle terminazioni all'interno dei quadri MT di aerogeneratori e stazione, si deve realizzare il collegamento di terra degli schermi dei cavi con trecce flessibili di rame stagnato, eventualmente prolungandole e dotandole di capocorda a compressione per l'ancoraggio alla presa di terra dello scomparto.

Lo schermo dovrà essere collegato a terra da entrambe le estremità. Ogni terminazione deve essere dotata di una targa di riconoscimento in PVC atta a identificare esecutore, data e modo d'esecuzione e indicazione della fase (R, S o T). La messa a terra dovrà essere eseguita da entrambe le parti del cavo.

Le terminazioni dei cavi in fibra ottica dovranno essere portate a termine nella seguente maniera:

- posa del cavo, da terra al relativo cassetto ottico, previa eliminazione della parte eccedente, con fissaggio del cavo o a parete o ad elementi verticali con apposite fascette, ogni 0.50 m circa
- sbucciatura progressiva del cavo;
- fornitura ed applicazione, su ciascuna fibra ottica, di connettore;



- esecuzione della "lappatura" finale del terminale;
- fissaggio di ciascuna fibra ottica.

11.4 Interferenze

La risoluzione delle interferenze sarà effettuata in conformità alla norma CEI 11-17. Eventuali deroghe saranno possibili previo parere dell'ente gestore dell'opera interferente.

- a) Parallelismo e incroci tra cavi elettrici. I cavi aventi la stessa tensione possono essere posati alla stessa profondità, ad una distanza di circa 3 volte il loro diametro nel caso di posa diretta. I cavi a diversa tensione devono essere invece segregati (posti all'interno di condutture o canalette).
- b) Incroci tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione. Negli incroci il cavo elettrico, di regola, deve essere situato inferiormente al cavo di telecomunicazione. La distanza fra i due cavi non deve essere inferiore a 0,30 m e inoltre il cavo posto superiormente deve essere protetto, per una lunghezza non inferiore a 1 m, mediante un dispositivo di protezione identico a quello previsto per i parallelismi. Tali dispositivi devono essere disposti simmetricamente rispetto all'altro cavo. Ove, per giustificate esigenze tecniche, non possa essere rispettato il distanziamento minimo di cui sopra, anche sul cavo sottostante deve essere applicata una protezione analoga a quella prescritta per il cavo situato superiormente. Non è necessario osservare le prescrizioni sopraindicate quando almeno uno dei due cavi è posto dentro appositi manufatti che proteggono il cavo stesso e ne rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza necessità di effettuare scavi.
- c) Parallelismo tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione. Nei parallelismi con cavi di telecomunicazione i cavi elettrici devono, di regola, essere posati alla maggiore distanza possibile fra loro e quando vengono posati lungo la stessa strada si devono posare possibilmente ai lati opposti di questa. Ove, per giustificate esigenze tecniche, non sia possibile attuare quanto sopra è ammesso posare i cavi in vicinanza purché sia mantenuta tra due cavi una distanza minima, in proiezione sul piano orizzontale, non inferiore a 0.30 m. Qualora detta distanza non possa essere rispettata è necessario applicare sui cavi uno dei seguenti dispositivi di protezione:
 - cassetta metallica zincata a caldo;
 - tubazione in acciaio zincato a caldo;
 - tubazione in PVC o fibrocemento, rivestite esternamente con uno spessore di calcestruzzo non inferiore a 10 cm.

I predetti dispositivi possono essere omessi sul cavo posato alla maggiore profondità quando la differenza di quota tra i due cavi è uguale o superiore a 0,15 m.

Le prescrizioni di cui sopra non si applicano quando almeno uno dei due cavi è posato, per tutta la parte interessata in appositi manufatti (tubazioni, cunicoli, etc.), che proteggono il cavo stesso e rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza la possibilità di effettuare scavi.

- d) Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche interrato. La distanza in proiezione orizzontale tra cavi elettrici e tubazioni metalliche interrato



parallelamente a esse non deve essere inferiore a 0.30 m. Si può tuttavia derogare alla prescrizione suddetta previo accordo tra gli esercenti quando:

- la differenza di quota fra le superfici esterne delle strutture interessate è superiore a 0.50 m;
- tale differenza è compresa tra 0.30 m e 0.50 m, ma si interpongono fra le due strutture elementi separatori non metallici nei tratti in cui la tubazione non è contenuta in un manufatto di protezione non metallico.

Non devono mai essere disposti nello stesso manufatto di protezione cavi di energia e tubi convoglianti fluidi infiammabili; per le tubazioni per altro tipo di posa è invece consentito, previo accordo tra gli Enti interessati, purché il cavo elettrico e la tubazione non siano posti a diretto contatto fra loro.

Le interferenze con eventuali gasdotti sono disciplinate dal D.M. 24/11/1984 e saranno risolte in accordo con l'ente proprietario. Nei casi di parallelismi, sovra e sottopasso i cavi dovranno essere posati all'interno di tubazioni e/o cunicoli.

La distanza misurata fra le superfici affacciate del cavidotto e del gasdotto deve essere tale da consentire eventuali interventi di manutenzione su entrambi i servizi interrati.

L'incrocio fra cavi d'energia e tubazioni metalliche interrate non deve essere effettuato sulla proiezione verticale di giunti non saldati delle tubazioni stesse. Non si devono effettuare giunti sui cavi a distanza inferiore ad 1 m dal punto di incrocio.

Nel caso di incrocio con un gasdotto interrato i cavi dovranno essere alloggiati all'interno di un manufatto di protezione, che dovrà essere prolungato da una parte e dall'altra dell'incrocio stesso per almeno 1 metro nei sovrappassi e 3 metri nei sottopassi, misurati a partire dalle tangenti verticali alle pareti esterne del gasdotto.

Nessuna prescrizione è data nel caso in cui la distanza minima, misurata fra le superfici esterne di cavi elettrici e di tubazioni metalliche o fra quelle di eventuali loro manufatti di protezione, è superiore a 0.50 m.

Tale distanza può essere ridotta fino ad un minimo di 0.30 m, quando una delle strutture di incrocio è contenuta in manufatto di protezione non metallico, prolungato per almeno 0.30 m per parte rispetto all'ingombro in pianta dell'altra struttura oppure quando fra le strutture che si incrociano si venga interposto un elemento separatore non metallico (ad esempio lastre di calcestruzzo o di materiale isolante rigido); questo elemento deve poter coprire, oltre alla superficie di sovrapposizione in pianta delle strutture che si incrociano, quella di una striscia di circa 0.30 m di larghezza ad essa periferica.

Le distanze suddette possono ulteriormente essere ridotte, previo accordo fra gli Enti proprietari o Concessionari, se entrambe le strutture sono contenute in un manufatto di protezione non metallico.

Prescrizioni analoghe devono essere osservate nel caso in cui non risulti possibile tenere l'incrocio a distanza uguale o superiore a 1 m dal giunto di un cavo oppure nei tratti che precedono o seguono immediatamente incroci eseguiti sotto angoli inferiori a 60° e per i quali non risulti possibile osservare prescrizioni sul distanziamento.

- e) Attraversamenti di linee in cavo con strade pubbliche, ferrovie, tranvie, filovie, funicolari terrestri. In corrispondenza degli attraversamenti delle linee in cavo



interrato con ferrovie, tranvie, filovie, funicolari terrestri in servizio pubblico o in servizio privato per trasporto di persone, autostrade, strade statali e provinciali e loro collegamenti nell'interno degli abitati, il cavo deve essere disposto entro robusti manufatti (tubi, cunicoli, ecc.) prolungati di almeno 0.60 m fuori della sede ferroviaria o stradale, da ciascun lato di essa, e disposti a profondità non minore di 1.50 m sotto il piano del ferro di ferrovie di grande comunicazione, non minore di 1.00 m sotto il piano del ferro di ferrovie secondarie, tranvie, funicolari terrestri, e sotto il piano di autostrade, strade statali e provinciali. Le distanze vanno determinate dal punto più alto della superficie esterna del manufatto. Le gallerie praticabili devono avere gli accessi difesi da chiusure munite di serrature a chiave. Quando il cavo è posato in gallerie praticabili sottopassanti l'opera attraversata, non si applicano le prescrizioni di cui sopra purché il cavo sia o interrato a profondità non minore di 0.50 m sotto il letto della galleria, o sia protetto contro le azioni meccaniche mediante adatti dispositivi di protezione (di cemento, mattoni, legno o simili).

- f) Attraversamenti di corsi d'acqua, canali. L'attraversamento di corsi d'acqua, canali e simili può essere effettuato mediante staffaggio su ponti e strutture preesistenti ovvero mediante perforazione teleguidata. Quest'ultima in particolare consente grande sicurezza ed evita, inoltre, interventi su argini e/o sponde. L'intervento sarà effettuato nelle fasi seguenti:
- a. Realizzazione di un foro pilota, infilando nel terreno, mediante spinta e rotazione, una successione di aste che guidate opportunamente dalla testa, che creano un percorso sotterraneo che va da un pozzetto di partenza ad uno di arrivo.
 - b. Recupero delle aste con dietro un alesatore che, opportunamente avvitato al posto della testa, ruotando con le aste genera il foro del diametro voluto. Insieme all'alesatore, o in seguito, sono posate le condutture ben sigillate entro cui verrà posizionato il cavo.

La trivellazione viene eseguita ad una profondità tra 5 e 10 m sotto l'alveo del corso d'acqua, tale da non essere interessata da fenomeni di erosione, mentre i pozzetti di ispezione che coincidono con quello di partenza e di arrivo della tubazione di attraversamento vengono realizzati alla quota del terreno.