



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA di FOGGIA



COMUNE di FOGGIA



Progetto Uno

Progetto Uno s.r.l. via Napoli, 116 - cap. 95127 Catania (CT)
amm.: Oliver Lutz - cod. fisc. 0585151074 Tel.:3386386396

PROGETTO DEFINITIVO

**Progetto per la realizzazione di un impianto eolico denominato "Wind 1"
della potenza nominale di 54,4 MW nel Comune di Foggia loc. Cantone**

*Decreto Legislativo 29 dicembre 2003 n° 387- Attuazione della direttiva 2001/77/CE
Promozione dell'energia elettrica da fonti rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità'*

ELABORATO IMPIANTO EOLICO ED OPERE CONNESSE – DISCIPLINARE TECNICO

FORMATO	SCALA	CODICE DOCUMENTO					NOME FILE
		SOC.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	
A4	-	PRO	ELE	REL			PRO-ELE-REL-007A
						007A	

Coordinamento e Progettazione	 Studio Tecnico Associato ing. Giovanni Bruno - arch. G.Farinola Viale Europa, 62/a Foggia (FG) Tel. 0881373998 - 3356013949 E-mail: ingbruno@fiscali.it	Studio Archeologico	 ARCHIEO SERVIZI Dott. Antonio Mesisca Via Aldo Moro B/5 82021 Apice (BN) Tel. 3271616306 E-mail: mesisca.antonio@virgilio.it		
Studio Geologico e consulenza ambientale	Geol. Francesco Ferrante Studio di Geologia Tecnica e Ambientale Via Attilio Benvenuto, 76 - Foggia (FG) Tel. 0881742216 - 3385654577 E-mail: ferrantegeo@gmail.com	Studio Agronomico e Naturalistico	Dott. Antonio Totaro Viale L. Da Vinci, 1 Manfredonia (FG) Tel. 3486403829 E-mail: atotaro033@gmail.com		
Studio Paesaggistico	Arch. Giuseppe Farinola Viale Europa, 62/a Foggia (FG) Tel. 0881373998 - 3387535391 E-mail: agfarinola@virgilio.it	Studio Elettrico	 Sciacca & Partners S.r.l. Unip. C.so Vittorio Emanuele III, 51 96015 Francofonte (SR) CF e P.IVA: 01871700892 E-mail: noi@sciaccapartners.it		
Rilievo Topografico	 Studio Tecnico Dott. Agr. Rocco Iacullo Via Padre Antonio da Olivadi, 89 - Foggia Tel. 0881665592 - 3930051965 E-mail: studioiacullo@gmail.com	Studio Acustico	Ing. Michele Russo Via Mascagni, 1 - Margherita di Savola (BT) Tel. 3495343724 E-mail: russomicheleing@gmail.com		
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione
00	01/12/2022	Prima emissione	GT	DS	DS

Indice

Premessa	2
Norme e documentazione di riferimento	2
1 Aerogeneratori	8
2 Rete interna AT	11
3 Cavidotto esterno AT	16
4 Cabina di utenza	17
6 Sistemi di protezione e controllo	22
7 Sistemi ausiliari	26
8 Impianto di protezione contro i fulmini e di terra.....	28

Premessa

L'impianto denominato "Cantone" è un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile di tipo eolico localizzato nel Comune di Foggia e Lucera in provincia di Foggia Regione Puglia in località "Posta Cantone" (Latitudine 41.554573°, Longitudine 15.559270°).

Con riferimento agli elaborati grafici "*PD-T01A: Impianto eolico ed opere di connessione – Corografia su IGM*" e "*PD-T03A: Impianto eolico ed opere di connessione – Planimetria su CTR*" le opere sono collocate nel foglio 408 "Foggia" della Cartografia IGM 1:50.000, nei fogli 408032, 408061, 408062, 408064, 408071, 408072, 408073, 408073, 408074, e 408033 della Cartografia Tecnica Regionale della Puglia.

Con riferimento agli elaborati grafici "*PD-T04A: Impianto eolico ed opere connesse - Planimetria su catastale*" - Le opere sono inquadrare nel NCT ai fogli 10, 3, 26, 24, 25, 38, 39, 40, 22, 41, 21 del Comune di Foggia (FG) e 50, 39, 38 e 37 del Comune di Lucera (FG). Essi interessano terreni privati, strade pubbliche ed enti urbani.

L'impianto è costituito da 8 aerogeneratori da 6,8 MW per una potenza complessiva di 54,4 MW.

La soluzione di connessione elaborata da Terna Rete Italia S.p.A. nel preventivo avente codice identificativo 202101964 prot. GRUPPO TERNA/P20220030059-07/04/2022 prevede il collegamento in antenna a 36 kV su una nuova stazione elettrica (SE) di trasformazione a 380/150/36 kV della RTN da inserire in entra-esce sulla linea 380 kV "Foggia – San Severo" denominata "Lucera".

Tale stazione è ad oggi autorizzata per la sezione 380/150 kV.

Il vettoriamento dell'energia elettrica dagli aerogeneratori alla rete di distribuzione avverrà mediante:

- 1) rete di cavidotti interni in AT a 36 kV
- 2) cabina di utenza in AT a 36 kV;
- 3) cavidotto di utenza in AT a 36 kV;
- 4) stazione di trasformazione 380/150/36 kV RTN ;

Le opere dai punti 1 a 3 saranno di utenza e pertanto saranno possedute e gestite dalla società Progetto Uno S.r.l. titolare dell'impianto, mentre l'opera 4 sarà parte integrante della rete di trasmissione nazionale e pertanto posseduta e gestita da Terna Rete Italia S.p.A.

Oggetto della presente relazione è la descrizione delle opere elencate dai punti 1 a 3. Per la stazione 380/150/36 kV si rimanda al relativo Piano Tecnico delle Opere.

In base alle prescrizioni degli enti, in funzione dell'evoluzione tecnologica e ad eventuali parametri che saranno definiti in fase di progettazione esecutiva potranno essere scelti componenti aventi caratteristiche analoghe o migliori.

Norme e documentazione di riferimento

La presente specifica tecnica facente parte del progetto esecutivo è stata redatta in ottemperanza alle norme di riferimento vigenti di cui si dà un elenco orientativo e non esaustivo.

Leggi, Decreti e Regolamenti

- D.lgs. 387/03 - Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.
- D.M. 10/09/2010 e ss.mm.ii. - Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili;
- D.lgs. n. 28/2011 e ss.mm.ii. - Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE;
- D.M. 17/01/2018 – Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni
- D.lgs. 152/06 e ss.mm.ii. – Norme in materia ambientale
- D.M. 161/12 e ss.mm.ii. – Terre e rocce da scavo.
- D.lgs. 42/04 e ss.mm.ii.- Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio
- Regione Puglia D.G.R. 1435/2013 e ss.m.ii.- Approvazione del Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR);
- Regione Puglia D.G.R. 1748/2000 e ss.mm.ii Approvazione del Piano Urbanistico Territoriale Tematico per il Paesaggio (PUTT/P);
- Regione Puglia D.G.R. 1333/2019 e ss.mm.ii Approvazione del Piano Tutela delle Acque (PTA)
- Autorità di Bacino Regione Puglia (Autorità di Bacino del Distretto Meridionale) Delibera C.I. 30/11/2005 Approvazione del Piano di Assetto Idrogeologico e ss.mm.ii
- Regione Puglia D.G.R. 819/2019 Approvazione definitiva del Quadro Assetto Tratturi
- R.D. 11 dicembre 1933, n. 1775 e ss.mm.ii.- Testo Unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- R.D. 523/1904 e ss.mm.ii.- Testo Unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495 e ss.mm.ii. Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada
- D.P.C.M 08/07/2003 e ss.mm.ii.- Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti
- D.M. 29/05/2008 e ss.mm.ii.- Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica

- D.lgs. 259/03 e ss.mm.ii. - Codice delle comunicazioni elettroniche
- D.M. 24/11/1984 e ss.mm.ii.- Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8
- D.P.R. 01/08/2011 n. 151 e ss.mm.ii.- Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell'articolo 49, comma 4 -quater , del decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122;
- D.P.R. n. 327/01 e ss.mm.ii. - Testo Unico sugli Espropri
- Delibera ARG/elt 99/08 - Testo Integrato sulle Connessioni Attive
- D.lgs. 81/08 e ss.mm.ii. – Testo unico sulla Salute e Sicurezza sul lavoro
- Legge n. 186/68 e ss.mm.ii.- Costruzione degli impianti a regola d'arte;
- D.P.R. 177/11 e ss.mm.ii.– Decreto Spazi Confinati
- D.lgs. 17/10 e ss.mm.ii. – Direttiva Macchine
- D.M. 37/08 e ss.mm.ii. – Norme per la sicurezza degli impianti.
- D.M. 10 marzo 1998 - Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro.
- D.M 12/03/1998 - Elenco riepilogativo di norme armonizzate adottate ai sensi del comma 2 dell'art. 3 del DPR 24 luglio 1996, n. 459: "Regolamento per l'attuazione delle direttive del Consiglio 89/392/CEE, 91/368/CEE, 93/44/CEE e 93/68/CEE concernenti il riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle macchine;

Normativa tecnica

- CEI 0-2 : Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici
- CEI 88-1 Sistemi di generazione da fonte eolica Parte 1: Prescrizioni di progettazione
- CEI 88-4 Guida per l'approvvigionamento di apparecchiature destinate a centrali per la produzione dell'energia elettrica - Parte 5-3: Turbine eoliche
- CEI 88-10 Turbine eoliche - Parte 25-2: Comunicazioni per la supervisione e il controllo di impianti eolici - Modelli di informazione
- CEI 88-15 Turbine eoliche – Verifiche di conformità e certificazione
- CEI 88-16 Protezione dalla fulminazione
- CENELEC HD 620 S1:1996: Distribution cables with extruded insulation for rated voltages from 3,6/6 (7,2) kV to 20,8/36 (42) kV;

- CEI 20-56: Cavi da distribuzione con isolamento estruso per tensioni nominali da 3,6/6 (7,2) kV a 20,8/36 (42) kV;
- CEI UNEL 35027: Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV Portate di corrente in regime permanente - Posa in aria ed interrata
- CEI 20-21: Cavi elettrici – Calcolo della portata di corrente
- CEI 20-29 : Conduttori per cavi isolati;
- CEI 0-16 Regole Tecniche di Connessione (RTC) per Utenti attivi ed Utenti passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- CEI 99-2 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a - Parte 1: Prescrizioni comuni"
- CEI EN 50522 (CEI 99-3) "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a"
- CEI 99-4 Guida per l'esecuzione delle cabine MT/bt del cliente/utente finale;
- CEI 99-5 Guida per l'esecuzione degli impianti di terra delle utenze attive e passive connesse ai sistemi di distribuzione con tensione superiore a 1 kV in c.a.
- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1.000 V in corrente alternata e a 1.500 V in corrente continua
- CEI EN 50181 Isolatori passanti del tipo a innesto per apparecchi diversi da trasformatori a riempimento con liquido per tensioni superiori a 1 kV fino a 52 kV e per correnti da 250 A fino a 2,50 kA"
- CEI 211-4 Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche;
- CEI 106-11 - Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo;
- E-Distribuzione - Linee Guida per l'applicazione del DM 29.05.08 - Distanza di Prima Approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche;
- CEI 103-6 Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;
- CEI 11-25: Correnti di cortocircuito nei sistemi trifase in corrente alternata Parte 0: Calcolo delle correnti;
- CEI 11-27 Lavori su impianti elettrici;
- CEI 11-15 Esecuzione di lavori sotto tensione su impianti elettrici di Categoria II e III in corrente alternata

- CEI 11-46 Strutture sotterranee polifunzionali per la coesistenza di servizi a rete diversi – Progettazione, costruzione, gestione e utilizzo – Criteri generali e di sicurezza
- CEI 11-47 Impianti tecnologici sotterranei – Criteri generali di posa;
- CEI 11-48 Esercizio degli impianti elettrici: Parte I: Prescrizioni generali
- CEI 13-71: Sistemi di misura dell'energia elettrica in c.a. – Guida alla composizione, installazione e verifica
- CEI 11-61 Guida all'inserimento ambientale delle linee aeree esterne e delle stazioni elettriche
- CEI 11-62 Stazioni del cliente finale allacciate a reti di terza categoria;
- CEI 11-63 Cabine Primarie
- CEI 20-22 Prove d'incendio sui cavi elettrici;
- CEI 20-37 Prove sui gas emessi durante la combustione dei materiali prelevati dai cavi;
- CEI 20-89 Guida all'uso e all'installazione dei cavi elettrici e degli accessori di media e alta tensione e criteri generali di progettazione
- CEI 70-1 Gradi di protezione degli involucri (Codice IP);
- CEI 86-360 Cavi in fibra ottica: Specifica generica – Generalità;
- CEI 86-241 Fibre ottiche Parte 2 Specifiche di prodotto – Generalità
- CEI 86-325 Cavi in fibra ottica Parte 3-11: Cavi da esterni - Specifica di prodotto per cavi di telecomunicazioni con fibre ottiche monomodali per posa in tubazione, direttamente interrati e fascettati (lashed) per posa aerea
- CEI 17-1 Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;
- CEI 17-112 Apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione Parte 1: Prescrizioni comuni per apparecchiatura di manovra e di comando in corrente alternata
- CEI 17-103: Apparecchiatura ad alta tensione - Parte 202: Sottostazioni prefabbricate ad alta tensione/bassa tensione
- CEI 17-142: Apparecchiatura ad alta tensione - Parte 212: Assieme compatto di apparecchiature per sottostazioni di distribuzione (CEADS)
- CEI 17-130 Apparecchiatura ad alta tensione Parte 103: Interruttori di manovra e interruttori di manovra sezionatori per tensioni nominali superiori a 1 kV fino a 52 kV compreso
- CEI 17-83: Apparecchiatura ad alta tensione Parte 102: Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata;

- CEI 36-12 Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V;
- CEI 38-10 Trasformatori di tensione induttivi trifase con $U_m < 52$ kV
- CEI 38-11 Trasformatori di misura Parte 1: Prescrizioni generali
- CEI 38-12 Trasformatori di misura Parte 3: Prescrizioni aggiuntive per trasformatori di tensione induttivi
- CEI 38-13 Trasformatori di misura Parte 5: Prescrizioni aggiuntive per trasformatori di tensione capacitivi
- CEI 38-14 Trasformatori di misura Parte 2: Prescrizioni aggiuntive per trasformatori di corrente
- CEI 14-4/1 Trasformatori di potenza – parte 1 Generalità
- CEI 14-4/8 Trasformatori di potenza – parte 8 Guida di applicazione
- CEI 14-48 Trasformatori di potenza - Parte 16: Trasformatori per applicazioni in aerogeneratori
- CEI 96-1 Trasformatori di separazione, autotrasformatori, trasformatori variabili e reattori;
- CEI 14-32: Trasformatori di potenza - Parte 11: Trasformatori di tipo a secco;
- CEI 14-47: Trasformatori di potenza - Guida di carico per trasformatori di potenza di tipo a secco
- CEI 96-1 Trasformatori di separazione, autotrasformatori, trasformatori variabili e reattori;
- CEI 104-33 Classificazioni delle condizioni ambientali – Parte 1: Parametri ambientali e loro severità
- CEI 104-49 Classificazione delle condizioni ambientali – Parte 2: Condizioni ambientali presenti in natura – Precipitazioni e vento
- CEI 104-50 Classificazioni delle condizioni ambientali – Parte 2-1: Condizioni ambientali presenti in natura – Temperatura ed umidità
- CEI 104-51 Classificazione delle condizioni ambientali – Pressione atmosferica
- CEI 37-2 Scaricatori ad ossido di zinco senza spinterometri per reti a corrente alternata;
- CEI: 33-32 - Condensatori statici di rifasamento di tipo autorigenerabile per sistemi in corrente alternata con tensione nominale superiore a 1000 V.
- CEI 103-10: Protezione delle linee di telecomunicazioni dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata da linee ferroviarie elettrificate in corrente alternata
- CEI 121-25: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 1: Regole generali

- Terna S.p.A. – Codice di trasmissione, dispacciamento, sviluppo e sicurezza della rete;
- Alte norme CEI ed UNI di settore.
- Specifica tecnica aerogeneratore General Description Enventus TM 21-09-2022;
- Specifiche tecniche produttori di cavi;
- Specifiche tecniche produttori di apparecchiature elettromeccaniche.

1 Aerogeneratori

Gli aerogeneratori sono di marca Vestas modello V172-6.8 HH 114 di cui si riportano le principali caratteristiche in tab. 3.1.

Esso è costituito dal rotore, dalla navicella, dalla torre e dalla fondazione. costituito dal mozzo e dalle 3 pale.

Il *rotore* (tab. 1.1) è di tipo tripala ad asse orizzontale sopravento. Esso è costituito dal mozzo (hub) e dalle tre pale.

Tab. 1.1. Rotore

Diametro [m]	172
Area spazzata [m ²]	23235
Velocità - range di funzionamento dinamico [rpm]	4,3 ÷ 12,1
Direzione di rotazione	Oraria (vista frontale)
Orientamento	Sopravento
Numero di pale	3

Le *pale* sono lunghe 84,35 m e sono costruite in fibra di carbonio e fibra di vetro rinforzati e consistono in due gusci aventi un profilo alare ad elevata portanza connessi ad una struttura metallica.

Ciascuna pala è collegata al mozzo mediante dei cuscinetti ad anello girevole. Essa ha un sistema di controllo del passo di tipo idraulico costituito da un cilindro montato sul mozzo ed un pistone montato sul cuscinetto della pala. Il funzionamento è consentito dalla presenza di valvole montate direttamente sul cilindro. L'angolo di passo può essere variato da -5° a 95°. Ciascun sistema è connesso ad una unità di trasferimento rotante per mezzo di un sistema di distribuzione costituito da tubi e manicotti. L'olio è messo in pressione da una pompa ridondante posta all'interno del moltiplicatore di giri.

Le pale insieme ai cuscinetti sono supportate dal *mozzo* costruito in ghisa. Esso trasferisce la coppia meccanica all' *albero principale* (lento), anch'esso costruito in ghisa.

Esso è posto all'interno della navicella all'interno della quale sono collocati: il moltiplicatore di giri, il generatore ed il trasformatore

Il *moltiplicatore di giri* incrementa la velocità di rotazione dell'albero lento a quella del generatore. Esso è realizzato in ghisa, è costituito da 2 stadi planetari lubrificati mediante olio in pressione.

Il movimento dei componenti meccanici è garantito da *cuscinetti* volventi lubrificati ad olio in pressione.

Il sistema di imbardata consente alla navicella di ruotare attorno all'asse verticale, mediante un sistema di cuscinetti a strisciamento (bronzine) realizzati in polietilene teraftalato (PETP) che contraddistinto da grande forza e rigidità. Essi si muovono su un anello forgiato a caldo mediante ingranaggi costituiti da stadi planetari multipli.

All'interno della navicella vi è una *piccola gru* di servizio da 800 kg.

La *torre di sostegno* supporta la navicella ed il rotore. Può essere tubolare in acciaio con sezioni collegate mediante flange, oppure ibrida con la parte inferiore in cemento e quella superiore in acciaio. La sezione in cemento è costruita mediante anelli in cemento prefabbricato ad alta resistenza.

La flangia superiore sarà approssimativamente a 2,5 m dal mozzo, mentre quella inferiore a circa 0,2 m dalla fondazione nel caso di torre in acciaio a seconda dello spessore della flangia inferiore.

Essa sarà alta 114 m

La *navicella* è componibile e consiste di 3 elementi principali: la struttura principale in ghisa e due strutture modulari. La prima funge da fondazione per il sistema di generazione (moltiplicatore e generatore) e trasferisce i carichi dal rotore alla torre mediante il sistema di imbardata. Essa è realizzata anche per muovere il trasformatore e per sorreggere la gru di servizio.

Una delle due strutture modulari è rappresentata dallo scompartimento principale che contiene moltiplicatore di giri, generatore, le pompe di lubrificazione, i sistemi di raffreddamento ed i quadri di controllo principale. Essa è altresì dotata di un sistema di sollevamento mobile su binari per le attività di manutenzione al suo interno. Sul pavimento vi è un portello per evacuazione del personale e per lo spostamento di attrezzature e componenti. Lo scompartimento laterale ospita il convertitore ed il trasformatore. Le coperture sono costituite da lucernari che possono essere aperti in entrambe le direzioni. L'accesso dalla torre allo scompartimento principale avviene dalla struttura principale.

Il sistema di raffreddamento è composto da più sistemi. Per il moltiplicatore di giri, il generatore, le pompe idrauliche, il convertitore ed il trasformatore c'è un refrigerante liquido messo in pressione mediante una pompa. Il flusso è regolato mediante valvole controllate elettricamente in base alla temperatura del refrigerante e da un filtro per la rimozione delle impurità. Il convertitore è raffreddato anche mediante uno scambiatore ad aria.

L'aria calda provocata dalla dissipazione del calore da parte delle apparecchiature è rimossa mediante un sistema di ventilazione.

Sulla parte posteriore della navicella c'è un sistema di raffreddamento a flusso naturale che serve per gli anemometri, i sensori di visibilità, il sistema di rilevamento del ghiaccio e le luci di segnalazione come ostacoli al volo.

Il generatore è di tipo trifase a magneti permanenti connesso alla rete mediante un convertitore full-scale. Il suo involucro consente il passaggio dell'aria per il raffreddamento dentro lo statore ed il rotore. Il calore generato dalle perdite è rimosso mediante uno scambiatore aria-acqua. Nella seguente tabella sono riportate le caratteristiche principali.

Tab. 1.2: Generatore elettrico

Potenza nominale [kW]	6.800
Range di frequenza [Hz]	0 – 126
Tensione di statore U_{ns} [V]	3x800
Numero di poli	36
Connessione avvolgimenti statore	Stella

Velocità di funzionamento [giri/minuto)	0 - 420
Classe di isolamento	H
Grado di protezione	IP54

Il *convertitore* tipo full scale è costituito da 4 unità di conversione lato generatore e 4 unità lato che funzionano in parallelo tramite un controllore comune. Esso gestisce la conversione della potenza a frequenza variabile del generatore fissandola alla frequenza, tensione e fattore di potenza richiesti dalla rete. Nella seguente tabella sono riportate le caratteristiche principali.

Tab. 1.3: Convertitore

Potenza apparente nominale [kVA]	7.750
Tensione nominale lato rete [V]	3x720
Tensione nominale lato generatore U_{ns} [V]	3x800
Corrente nominale [A]	6488
Connessione avvolgimenti statore	Stella
Velocità di funzionamento [giri/minuto)	0 - 420
Classe di isolamento	H
Grado di protezione	IP54

Il *trasformatore* è di tipo trifase, a tre colonne con due avvolgimenti. Il trasformatore è isolato mediante un liquido ecocompatibile ed a bassa infiammabilità. Il raffreddamento è raffreddato ad acqua. E' localizzato all'interno di un involucro apposito nello scomparto laterale con accesso interbloccato

Tab. 1.4: Trasformatore

Potenza apparente nominale [kVA]	8.400
Tensione nominale lato rete [kV]	$36 \pm 2x 2,5\%$
Tensione massima lato rete [kV]	40,5
Tensione lato generatore [V]	720
Tensione massima lato generatore [kV]	1,1
Frequenza [Hz]	50
Gruppo di collegamento	Dyn11
Corrente di inserzione [A]	$8 I_n$
Grado di protezione	IP54
Potenza reattiva a vuoto [kVar]	21
Potenza reattiva a carico [kVar]	882
Corrente a vuoto [%]	0,25
Impedenza di sequenza diretta [%]	9,9
Impedenza di sequenza omopolare [%]	9,4
Quantità di liquido isolante [kg]	≤ 3500
Indice di efficienza di picco PEI	≥ 99.597
Perdite a vuoto [kW]	3,40
Perdite a carico @ 7.200 kVA [kW]	61,91

Il cavo AT (tab. 1.5) parte dal trasformatore ed arriva all'interruttore posto a base torre. Esso può essere isolato in gomma etilenpropilenica (EPR), o in gomma etilenpropilenica ad alto modulo (HEPR). E' di tipo tripolare con nucleo costituito da 3 conduttori di terra aventi un terzo della sezione dei cavi di energia (3x70+3x70/3 mm²).

L'interruttore AT (tab. 1.5) è isolato a gas. E' dotato di un circuito di apertura/chiusura ridondante. In assenza di rete esso disconnette la turbina dalla rete dopo un tempo prestabilito e tutti i dispositivi di protezione e controllo della turbina sono alimentati tramite UPS. In caso di apertura per guasto l'interruttore può essere richiuso solo manualmente. E' dotato di interblocchi di apertura/chiusura con particolare riferimento a quello per l'apertura dell'involucro contenente il trasformatore

Tab. 1.5: Interruttore AT

Frequenza [Hz]	50
Tensione nominale [kV]	36
Tensione massima [kV]	40,5
Tensione di tenuta a frequenza industriale [kV]	85 kV
Tensione di tenuta ad impulso [kV]	185 kV
Corrente nominale [A]	630
Corrente di cortocircuito di breve durata [kA]	25
Corrente di picco di cortocircuito [kA]	62,5
Durata del cortocircuito [s]	1

Assieme all'interruttore AT saranno presenti anche gli scomparti arrivo – partenza linea costituiti da sezionatori sottocarico aventi le seguenti caratteristiche.

Tab. 1.6: Scomparti arrivo – partenza linea

Frequenza [Hz]	50
Tensione nominale [kV]	36
Tensione massima [kV]	40,5
Tensione di tenuta a frequenza industriale [kV]	85 kV
Tensione di tenuta ad impulso [kV]	185 kV
Corrente nominale [A]	630

2 Rete interna AT

La rete interna di cavidotti AT trasporta l'energia dagli aerogeneratori alla cabina di smistamento/utenza (CS). Essa è di tipo radiale ed è costituita da 3 linee esercite con neutro isolato a 36 kV

A: A7 – A6 - CU;

B: A5 – A4 – A3 - CU;

C: A2 – A1 – A8 - CU

I cavi saranno di tipo unipolare **ARE4H5EE** aventi conduttore in corda rotonda di alluminio, isolante in polietilene reticolato, doppia guaina in polietilene, schermatura in nastri di alluminio di sezione variabile tra 300 e 500 mm². Nella seguente tabella sono specificate le principali caratteristiche elettriche.

Tab. 2.1: Specifiche tecniche dei cavi MT interni

Marchatura	Sezione [mm ²]	I _n [A]	r [Ω/km]	x [Ω/km]	c [μF/km]	r _c [mm]	D _e [mm]
ARE4H5EE 3x1x300 36 kV	300	417	0,100	0,111	0,283	10,35	49,5
ARE4H5EE 3x1x400 36 kV	400	478	0,078	0,107	0,308	11,75	52,6
ARE4H5EE 3x1x500 36 kV	500	545	0,061	0,104	0,337	13,25	56,3

Con riferimento agli elaborati "T16A: Impianto ed opere connesse – Schema elettrico unifilare" sono riportate le sezioni per i singoli tratti con le rispettive lunghezze.

Tab.2.1: Dimensionamento cavi rete AT interna

Gruppo	Partenza	Arrivo	Lunghezza [m]	Potenza [kW]	I _b (A)	Marchatura
A	A7	A6	1418,53	6800	128,45	ARE4H5EE 3x1x400 36 kV
A	A6	CU	4627,28	13600	256,90	ARE4H5EE 3x1x500 36 kV
B	A5	A4	1237,91	6800	128,45	ARE4H5EE 3x1x300 36 kV
B	A4	A3	921,29	13600	256,90	ARE4H5EE 3x1x400 36 kV
B	A3	CU	2171,12	20400	385,36	ARE4H5EE 3x1x500 36 kV
C	A2	A1	578,07	6800	128,45	ARE4H5EE 3x1x300 36 kV
C	A1	A8	1636,73	13600	256,90	ARE4H5EE 3x1x300 36 kV
C	A8	CU	530	20400	385,36	ARE4H5EE 3x1x400 36 kV

Complessivamente saranno presenti: 10.360 m di cavo avente sezione pari a 300 mm², 8.610 di sezione pari a 400 mm², 20.400 di sezione pari a 500 mm². Saranno necessari complessivamente 4 kit di giunzioni per i cavi da 300 e 400 mm² e 8 per quelli da 500 mm².

Le giunzioni elettriche saranno realizzate mediante giunzioni di tipo dritto a compressione adeguati alle caratteristiche e tipologie dei cavi suddetti



Fig. 2.1: Giunzione di tipo dritto

Il cavo a fibre ottiche per il monitoraggio e il telecontrollo delle turbine sarà di tipo mono modale (Tab. 2.3) e sarà alloggiato all'interno di un tubo corrugato in PVC posto nello stesso scavo del cavo di potenza.

Tab. 2.3: 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

La rete a fibre ottiche potrà avere una configurazione lineare (Fig. 2.2 a) oppure ad anello (Fig. 2.2 b).

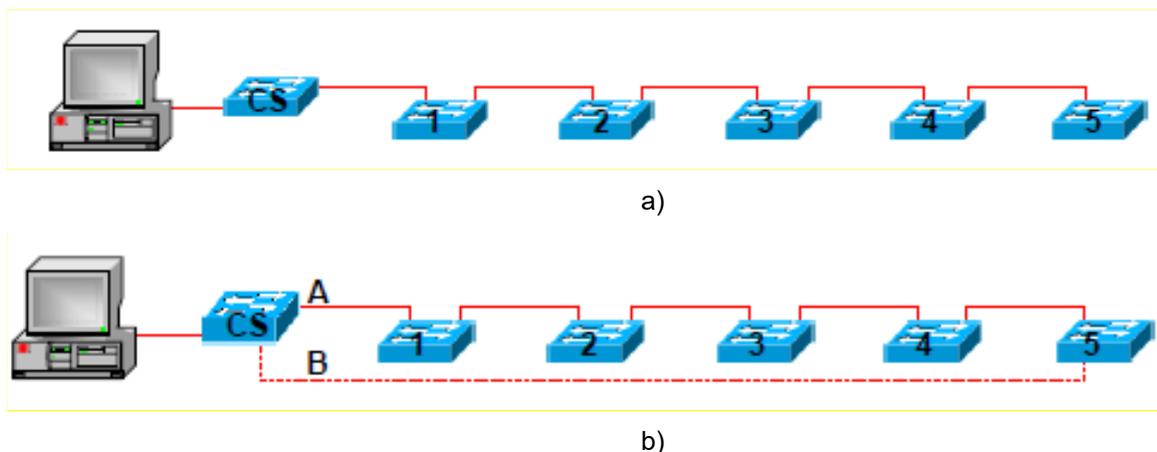


Fig. 2.2: Topologia rete a fibre ottiche a) lineare b) ad anello

Insieme al cavo di potenza e a fibre ottiche vi sarà anche un dispersore di terra a corda di 50 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.

Con riferimento alla norma CEI 11-17 le modalità di posa dei cavi potranno essere secondo la configurazione M.1 o M.2 (Fig. 2.3).

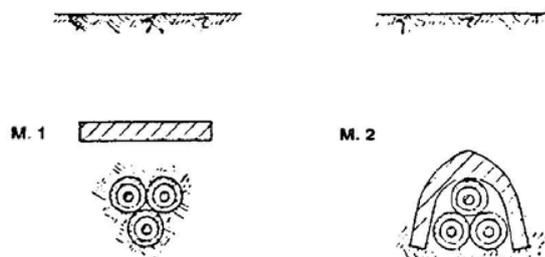


Fig. 2.3: Modalità di posa

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 per tensioni superiori a 30 kV 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 25 cm. Le trincee avranno una larghezza compresa tra 50 cm per una terna e 100 cm per 3 terne. La fascia di terreno durante la fase di costruzione/manutenzione sarà normalmente di 6 m (3 m da asse cavidotto su ciascun lato) . In alcune zone a causa della presenza di parallelismi con altre infrastrutture tale fascia può essere aumentata fino a 10 m rispetto all'asse cavo da una parte e dall'altra. Tale fascia potrà essere sensibilmente ridotta in fase di progettazione esecutiva.

I cavi di potenza, a fibre ottiche e il dispersore di terra saranno posati in uno strato di materiale sabbioso (pezzatura massima: 5 mm) di circa 40 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 70 cm dalla superficie.

La posa dei cavi su terreno si articolerà nelle seguenti attività:

- scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità precedentemente menzionate;
- posa del dispersore di terra;
- posa del cavo di potenza e del tritubo per la fibra ottica;
- rinterro parziale con strato di sabbia vagliata;
- posa dei tegoli protettivi;
- rinterro parziale con terreno di scavo;
- posa nastro monitore;
- rinterro complessivo con ripristino della superficie originale.

In caso di posa su strada sterrata il riempimento con terreno di scavo è sostituito da 30 cm di fondazione misto granulometrico e da 10 cm di misto stabilizzato.

In caso di posa su strada asfaltata è previsto il taglio e la rimozione dell'asfalto ed il ripristino dello stesso con 10 cm di strato di base, 5 cm di binder e 3 cm di strato di usura.

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 5 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 cabina 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 cabina 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.

Saranno altresì necessari 4 kit terminali per cavi da 300 mm², 6 kit per cavi da 400 mm², 6 per cavi da 500 mm².

Nell'esecuzione delle terminazioni all'interno dei quadri MT di aerogeneratori e cabina, 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.

3 Cavidotto esterno AT

Il cavidotto esterno di utenza convoglia l'energia prodotta dalla cabina di smistamento/utenza allo stallo RTN a 36 kV posto all'interno dell'edificio quadri della sezione a 36 kV della stazione

RTN di Lucera. Esso è lungo circa 12.840 km con modalità di posa descritte nell'elaborato grafico:"

PD-T26A – Impianto eolico ed opere connesse - Tipici opere elettriche - Sezioni cavidotti "

Esso è costituito da tre terne di cavi unipolari ARE4H5EE o similari già descritti per la rete di interna di cavidotti AT.

Tab. 3.1: Specifiche tecniche dei cavi MT esterni

Marcatura	Sezione [mm ²]	I _n [A]	r [Ω/km]	x [Ω/km]	c [μF/km]	r _c [mm]	D _e [mm]
ARE4H5EE 3x1x630 36 kV	630	620	0,047	0,100	0,367	15	60,2

Pertanto vi saranno circa 115 km di cavo unipolare di sezione pari a 630 mm², 32 kit di giunzioni e 18 terminali per interno analoghi a quelli già visti per il cavidotto interno.

Le modalità di posa sono analoghe a quelle descritte per i cavidotti interni.

Il cavo a fibre ottiche per il monitoraggio ed il telecontrollo delle turbine sarà di tipo monomodale (Tab. 4.2) e verrà alloggiato all'interno di un tubo corrugato in PVC posto nello stesso scavo del cavo di potenza.

Tab. 3.2: Caratteristiche 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

La rete a fibre ottiche potrà avere una configurazione lineare (Fig. 3.1).

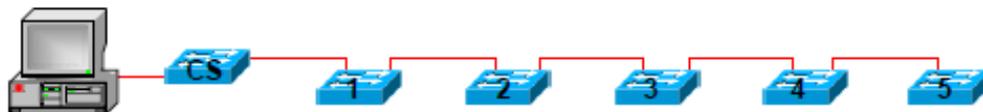


Fig. 3.1: Topologia rete a fibre ottiche

4 Cabina di utenza

Essa è costituita da opere civili ed elettromeccaniche. Le opere civili sono:

- ✓ strade di accesso esterna alla cabina;
- ✓ recinzione esterna;

- ✓ piazzale della cabina;
- ✓ fondazioni edificio;
- ✓ eventuali fondazioni per locale di rete;
- ✓ eventuali fondazioni per reattanze di compensazioni;
- ✓ eventuali fondazioni per condensatori di rifasamento;
- ✓ eventuale vasca raccolta olio reattanze di compensazione;
- ✓ canalizzazioni cavi MT;
- ✓ canalizzazioni cavi sistemi ausiliari;
- ✓ canalizzazioni monitoraggio e controllo apparecchiature;
- ✓ sistema di drenaggio acque piovane.

La strada di accesso esterna di larghezza pari a 7 m sarà realizzata con massiciata in misto di cava o di fiume priva di sostanze organiche, di pezzatura varia e continua con elementi fino ad un diametro massimo di 12 cm. Viene posata a strati non superiori a 30 cm, costipata meccanicamente con rullo vibratore adatto.

Per la realizzazione della recinzione sarà necessario eseguire scavi in sezione ristretta di larghi 60 cm con mezzo meccanico ed il materiale di risulta, qualora non utilizzato in loco verrà portato alla pubblica discarica

I getti di calcestruzzo verranno eseguiti con cemento a presa lenta (R.325), ed il dosaggio previsto sarà di q.li 2,5 per le fondazioni, e q.li 3,00 per i plinti ed i pilastri di sostegno dei cancelli d'ingresso.

Il getto dei calcestruzzi a vista viene armato con casseri piallati, mentre nel getto dei plinti e dei pilastri d'ingresso sarà posto in opera l'armatura in barre di ferro tondo.

La recinzione sarà a pettine in calcestruzzo armato vibrato con connessione ad incastro sulla fondazione sigillata con malta cementizia

L'altezza fuori terra della recinzione, rispetto alla parte accessibile dall'esterno, deve essere almeno di m 2,00.

L'opera sarà completata inserendo n°1 cancello carrabile ad ante motorizzate con luce netta di 6 m.

All'interno dell'area di stazione verrà realizzato un edificio utente. L'edificio utente è formato da un corpo di dimensioni in pianta 26,3 x 4,6 m ed altezza fuori terra di 3,3 m, destinato a contenere i quadri MT a 36 kV isolati in aria o ad esafluoruro di zolfo (SF6), i quadri di comando e controllo della stazione, gli apparati di teleoperazione. Con riferimento all'elaborato (PD-T22D – Opere connesse - Cabina di utenza – Planimetria prospetti e sezioni) la costruzione è divisa nei seguenti locali di dimensioni interne:

- locale GE, (2,30 x 4,00)
- locale MT (7,9 x 4,00 m);
- locale trafo,(2,30 x 4,00 m);
- locale BT, (7,60 x 4,00 m);
- locale TLC (2,30 x 4,00 m);

- locale Misure (2,30 x 4,00 m).

E' prevista altresì la predisposizione per la costruzione dell'edificio di rete per l'esercizio delle apparecchiature destinate al controllo della potenza reattiva di dimensioni 10,30 m x 4,60 (dim int 9,70 x 4,00).

I fabbricati devono essere costruiti secondo quanto prescritto dalla Legge n. 1086 del 05/11/1971 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato...", dalla Legge n. 64 del 02/02/1974 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche", ed alle norme tecniche vigenti emanate con i relativi Decreti Ministeriali.

I getti di calcestruzzo verranno eseguiti con cemento a lenta presa (R.325), ed il dosaggio previsto sarà di q.li 2,5 per la formazione delle fondazioni e dei muri perimetrali in elevazione, fino a quota d'imposta della prima soletta e a q.li 3,00 per i plinti e le opere in cemento armato quali pilastri, travi, gronda e gradini.

Le opere di getto in calcestruzzo vengono armate con barre di ferro tonde omogeneo di adeguato diametro.

Il pavimento, all'interno dei fabbricati, deve essere realizzato con le canalizzazioni (tubazioni cunicoli) per il passaggio cavi. La copertura dei cunicoli interni è realizzata con pannelli in PRFV aventi portata ≥ 4 kN/mq. Esso sarà realizzato con massetto spesso 6 cm per pavimento industriale con finitura in resina.

La copertura dell'edificio sporgente di circa 30 cm lungo ogni lato dell'edificio sarà realizzata mediante posa di massetto in pendenza, strato di materiale coibentante, doppio strato di guaina bituminosa, strato di finitura con superficie ardesiata. Lungo il perimetro sarà posta una scossalina metallica per il deflusso delle acque piovane.

Le murature esterne saranno realizzate in laterizi forati semiportanti dello spessore minimo di cm 30 e vengono poste in opera con malta cementizia dosata a q.li 2. L'intonaco esterno sarà in calce e cemento di spessore pari a 1,5 cm

Le pareti divisorie interne sono realizzate mediante tramezzi in mattoni forati a sei fori, posati in piano o di coltello, rivestiti con intonaco civile in gesso spesso 1,5 cm

La tinteggiatura interna dei locali dell'edificio utente sarà fatta con idropittura colore chiaro, vinilica o vinilacrilica, mentre per l'esterno del fabbricato dovrà essere "a fondo cassero liscio" finito a perfetta regola d'arte e verniciato con prodotti a base di resine sintetiche ad elevata capacità e cloro paraffine speciali per un ancoraggio in profondità e una totale repellenza.

Tutti i serramenti esterni ed interni ad eccezione di quelli dei locali TLC e misure sono in alluminio anodizzato con taglio termico completi di ogni accessorio (ferramenta di chiusura e manovra, maniglie, cerniere ecc); le aperture esterne sono munite di rete di protezione dalle maglie di 2x2 cm per evitare l'entrata di corpi estranei dall'esterno e verniciate ad una mano di minio antiruggine e due di vernice a smalto sintetico. Le porte avranno dimensioni 1,2 x 2,3 m ad eccezione dei locali BT ed MT con dimensioni 1,6 x 2,5 m . Tutte le porte esterne saranno a due ante apribili verso l'esterno con sistemi di chiusura a 3 punti con chiave dalle caratteristiche antieffrazione.

Le finestre in vetro antisfondamento e basso-emissivo con apertura a vasistas e rete antinsetto avranno dimensioni 0,8 x 0,5 m.

Le pareti che delimitano il locale GE dovranno avere resistenza al fuoco REI 120, altezza minima libera dal pavimento al soffitto non inferiore a 2,5 m con un minimo di 2 m sotto la trave. Le porte del locale dovranno essere incombustibili.

Per la realizzazione dei basamenti e fondazioni degli edifici si eseguiranno scavi larghezza pari a 5,7 m x 3,16 m con mezzo meccanico. Il materiale non riutilizzato sarà conferito in discarica autorizzata.

Tra la fondazione ed il piano terra sarà ricavata un intercapedine di altezza pari a 2,40 m. All'interno di tale ambiente saranno posate le tubazioni contenenti i cavi di energia in MT e bt e quelli di controllo delle varie apparecchiature.

La pavimentazione dell'intercapedine viene realizzata con sottofondo in ghiaia grossa e getto di calcestruzzo per formazione della caldana.

Il piazzale verrà realizzato con massicciata in misto di cava o di fiume priva di sostanze organiche, di pezzatura varia e continua con elementi fino ad un diametro massimo di 12 cm spesso 40 cm opportunamente rullato. Esso sarà asfaltato con uno strato di binder dello spessore di 7 cm e di usura di 3 cm ad eccezione dell'area occupata dalla fondazione della reattanza di compensazione.

Essa avrà dimensioni 3,8 m x 4,8 m e sarà realizzata con conglomerato cementizio Rck 35 N/mm² con 3 vasche per la raccolta dell'olio di dimensioni 1,19 m x 3,29 m coperte da uno strato di pietrame di 25 cm appoggiati su un grigliato metallico zincato a caldo.

Nelle aree carrabili sovrastante alla massicciata viene posata la pavimentazione bituminosa in bitumato a caldo per uno spessore compreso di cm. 10 e rullato con rullo vibratore. Superiormente viene steso il tappeto d'usura in conglomerato bituminoso, tipo bitulite, confezionato a caldo, steso per uno spessore con nesso di cm. 2,5 con rullo vibrante.

Vengono posati tubi in pvc del diametro opportuno per raccolta e scarico delle acque piovane del piazzale, e saranno ricoperti di calcestruzzo magro. Si prevede di completare l'opera dei drenaggi con la posa di pozzetti stradali a caditoia, completi di sifone incorporato e di griglia in ghisa del tipo pesante carrabile.

Le opere elettromeccaniche sono rappresentate dalle apparecchiature destinate alla separazione dell'impianto dalla rete per guasto o per manutenzione. Con riferimento all'elaborato grafico: "**PD-T22D - Opere connesse - Cabine di utenza - Piante, prospetti, sezioni ed impianto di terra**" e "**PD-T16A - Impianto eolico ed opere connesse - Schema elettrico unifilare complessivo**" saranno presenti:

- 2 scomparti risalita cavo;
- 1 scomparto misure di protezione;
- 1 scomparto misure fiscali;
- 1 scomparti interruttore generali/interfaccia;
- 1 scomparto interruttore cavidotto esterno;
- 3 scomparti linee di parco
- 1 scomparto reattanza di compensazione (eventuale)
- 1 scomparto banco condensatori di rifasamento (eventuale)
- 1 scomparto protezione trasformatore servizi ausiliari.

Le caratteristiche principali degli scomparti sono riportate nelle seguenti tabelle.

Tab. 5.1: Specifiche tecniche scomparti MT in cabina di utenza

Tensione nominale [kV]	36
Tensione di isolamento [kV]	40,5
Tensione di isolamento a frequenza industriale fase-fase, fase terra [kV]	90 – 85
Tensione di isolamento ad impulso atmosferico fase-fase. fase terra [kV]	220 - 185
Frequenza nominale [Hz]	50-60
Corrente nominale [A]	1250 - 2000
Temperatura ambiente [°C]	63
Corrente nominale ammissibile di breve durata entro 3s [kA]	40
Corrente di picco ammissibile di breve durata [kA]	100/104
Corrente nominale di interruzione in cortocircuito [kA]	40

Nel piazzale della cabina di utenza potrebbe essere posizionata una reattanza di compensazione (tab. 6.2) collegata rigidamente alla sbarra principale in cabina di utenza con l'obiettivo di compensare l'energia reattiva capacitiva generata dai cavi nelle ore di bassa produzione o nulla al fine di limitare indesiderati aumenti di tensione

Tab. 5.2: Specifiche tecniche reattanza di compensazione

Potenza reattiva [MVAR]	15
Tensione nominale [kV]	36
Tipo di isolante	Olio minerale o resina
Tipo di raffreddamento	ONAN - ONAF
Frequenza [Hz]	50
Materiale avvolgimenti	Rame o alluminio

Esso sarà altresì dotata di sistemi di monitoraggio ambientale, sistemi di rilevamento incendi, sistemi per la partecipazione alla regolazione della tensione.

Nel piazzale sarà posizionato altresì un banco di condensatori (tab. 6.3) con lo scopo di effettuare sia il rifasamento che l'eventuale filtraggio di armoniche. Lo scopo del rifasamento è quello di

- eliminare le penali del gestore di rete per basso cosφ;
- migliorare l'utilizzo delle macchine elettriche e delle condutture
- ridurre le perdite
- limitare le cadute di tensione

Tab. 5.3: Specifiche tecniche banco condensatori

Potenza nominale [MVAR]	14,4
Tensione nominale [kV]	36
Numero di unità	18

Essi possono essere dotati reattanze di inserzione, dispositivi di scarica rapida, scaricatori.

6 Sistemi di protezione e controllo

Ciascun aerogeneratore è dotato di un sistema di protezione e controllo basato su tecnologia multiprocessore VMP8000. Esso comprende il controllore principale, i controllori distribuiti, i nodi di comando ed acquisizione dati, i convertitori ethernet. Esso è collocato a base torre e fornisce le seguenti funzioni:

- ✓ monitoraggio e supervisione del funzionamento complessivo;
- ✓ sincronizzazione del generatore con la rete;
- ✓ funzionamento della turbina durante le diverse condizioni di guasto;
- ✓ imbardata automatica della navicella
- ✓ controllo di passo (opti-tip)
- ✓ controllo della potenza reattiva e funzionamento a velocità variabile
- ✓ controllo dell'emissione di rumore;
- ✓ controllo delle condizioni ambientali
- ✓ controllo dei parametri di rete
- ✓ controllo del sistema di rilevamento fumo

L'aerogeneratore deve anche essere in grado di funzionare nei seguenti range di tensione e di frequenza (limiti di funzionamento)

$$85\%V_n \leq V \leq 115\%V_n \text{ con } V_n \text{ tensione nel punto di connessione}$$

$$47,5 \text{ Hz} \leq f \leq 51,5 \text{ Hz}$$

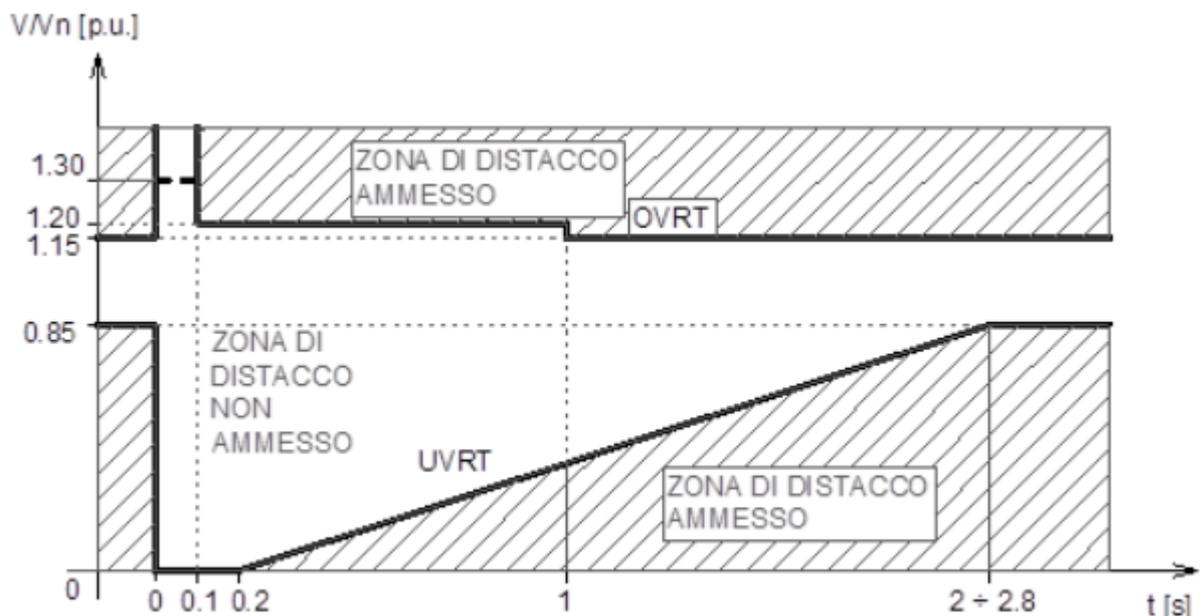


Fig. 6.1: Caratteristica FRT al punto di connessione per centrali eoliche (Allegato 17 Codice di Rete)

Deve garantire l'insensibilità ai buchi di tensione in tutti gli schemi di connessione (entra-esce, antenna, etc..). Devono mantenere la connessione con la rete in caso di guasti esterni osservando i profili di sottotensione e sovratensione in fig. 7.1

Deve altresì implementare ai sensi dell'allegato 17 del Codice di rete le seguenti funzionalità:

- controllo della produzione

- modalità di avviamento e riconnessione alla rete
- regolazione della potenza reattiva
- regolazione della potenza attiva
- inerzia
- sistemi di teledistacco della produzione

Il controllo (limitazione) della produzione deve essere effettuato dall'utente entro 15 minuti dalla ricezione dell'ordine oppure su richiesta tramite telesegnale (set-point) inviato dal Gestore. Deve essere possibile limitare la produzione secondo gradini di ampiezza massima pari al 5% della potenza installata.

La modalità di avviamento e riconnessione alla rete deve avvenire con gradiente massimo positivo non superiore al 20% al minuto della Pn del campo eolico con frequenza di rete non superiore a 50,2 Hz al fine di evitare transitori di frequenza/tensione indesiderati.

La regolazione della potenza reattiva abilita alla partecipazione del controllo della tensione del sistema elettrico mediante erogazione/assorbimento di energia reattiva in modo da mantenere la tensione al punto di connessione su un valore di riferimento ordinato dal Gestore ed adempiuto dall'utente entro e non oltre 15 minuti dalla ricezione. Il sistema deve essere predisposto anche per la ricezione del telesegnale dal Gestore.

L'assorbimento/erogazione di energia reattiva viene effettuato dall'aerogeneratore, dall'eventuale reattanza di compensazione e/o banchi di rifasamento posti in cabina di utenza in funzione della rete interna del parco e del cavidotto di connessione.

La regolazione della potenza attiva è necessaria ai fini del controllo della potenza del sistema elettrico secondo lo schema in fig. 7.2

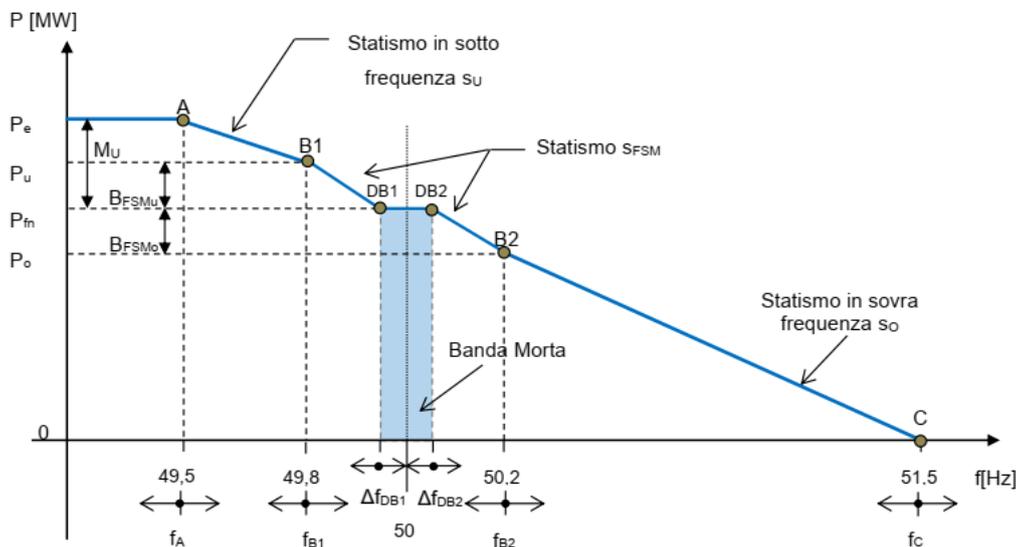


Fig. 6.2: Curva $P(f)$ per una centrale eolica

con i campi di regolazione riportati nella seguente tabella 7.1

Tab. 6.1 : valori caratteristici della curva di regolazione $P(f)$

Punto della caratteristica	Valori frequenza [Hz]			
	Range di taratura	Passo di regolazione	Valore di default	
A	f_A	47,5 ÷ 50,0	0,1	49,5
B1	f_{B1}	49,5 ÷ 50,0	0,1	49,8
B2	f_{B2}	50,0 ÷ 50,5	0,1	50,2
DB1 - DB2	$\Delta f_{DB1} - \Delta f_{DB2}$	0 ÷ ±0,5	0,05	0
C	f_C	50,2 ÷ 51,5	0,1	51,5

Gli aerogeneratori devono essere predisposti per fornire su richiesta del Gestore una funzionalità di risposta inerziale implementata tramite un anello di regolazione che consenta l'erogazione di valori di potenza più elevata a spese di una minore velocità di rotazione (zona di funzionamento a potenza inferiore a P_n oppure variando l'angolo di pitch (zona a P costante). L'intervento deve essere eseguito per valori di frequenza compresi tra 49,5 Hz e 50 Hz con passo 0,05 Hz e valore prestabilito di 49,8 Hz ed ha priorità sugli altri tipi di regolazione.

Il sistema di teledistacco e riduzione rapida della produzione deve essere implementato mediante UPDM (Unità periferiche del sistema di Difesa e Monitoraggio) posta in cabina di utenza atte ad eseguire le funzioni di distacco automatico, telescatto, monitoraggio segnali e misure per attuare il distacco rapido degli aerogeneratori o la riduzione rapida fino all'annullamento della potenza immessa. Il distacco resterà attivo fino all'eventuale revoca.

Per impianti superiori a 50 MW è richiesta anche la registrazione delle tensioni e delle correnti nel punto di connessione alla rete e l'acquisizione dei segnali relativi alle protezioni per guasti interni ed esterni all'impianto dell'utente.

Il sistema di protezione della centrale eolica deve essere in grado di garantire la tutela dai guasti esterni (della rete) e dai guasti interni (dell'impianto). Di seguito si riporta l'elenco delle protezioni dai guasti esterni con i campi di regolazione ed i valori di taratura sulla sezione AT (cabina utenza) e sugli aerogeneratori:

- ✓ protezione di minima tensione rete (27);
- ✓ protezione di massima tensione rete (59) ;
- ✓ protezione di minima frequenza rete ($81 <$);
- ✓ protezione di massima frequenza ($81 >$);
- ✓ eventuale protezione di massima tensione omopolare (59N).

Operano sul dispositivo generale/interfaccia (DG e DDI) posto in cabina di utenza e sono alimentate dallo scomparto misure. Per le prime 4 l'alimentazione dei circuiti voltmetrici è eseguita con tensioni concatenate. Per la quinta viene effettuata con connessione a triangolo aperto.

Le prime quattro protezioni sono installate anche sull'aerogeneratore (suffisso G) ed agiscono sull'interruttore di bassa tensione a valle del convertitore (dispositivo del generatore)

Le protezioni contro i guasti interni sono presenti sia in cabina di utenza. Si tratta di:

- massima corrente di fase istantanea e ritardata 50-51;
- massima corrente omopolare istantanea e ritardata 50N-51N;
- protezione direzionale di terra 67N.

Le protezioni di massima corrente di fase sono alimentate dai TA di protezione presenti negli scomparti di linea.

Le protezioni di massima corrente omopolare sono alimentate dai TA toroidali presenti negli stessi scomparti di linea

La protezione direzionale di terra è alimentata dal TA toroidale di ciascuno scomparto di linea e dalla TV a triangolo aperto nello scomparto misure.

Le prime 4 protezioni sono presenti anche sull'aerogeneratore.

Esso è dotato di sistema di frenatura aerodinamico implementato modificando il passo di ciascuna pala mediante accumulatore idraulico associato con un freno meccanico idraulico integrato al generatore.

L'impianto eolico è monitorato e controllato tramite sistemi di controllo ed acquisizione dati (SCADA) posto nell'edificio della cabina di utenza:

- SCADA aerogeneratori;
- SCADA cabina di utenza.

Lo SCADA della cabina di utenza monitora ed agisce su:

- a) i quadri MT;
- b) reattore di compensazione (eventuale);
- c) banco di condensatori (eventuale);
- d) i sistemi di protezione MT;
- e) trasformatore servizi ausiliari;
- f) i sistemi ausiliari (UPS, contatori, quadri bt, raddrizzatori, etc..)

Esso inoltre acquisisce le misure di tensioni, correnti, potenze attive e reattive e frequenza sulle varie sezioni AT, MT e bt.

Lo SCADA degli aerogeneratori opera su ciascuno di essi tramite il sistema multiprocessore VMP8000 agendo su:

1. regolazione del passo delle pale
2. convertitore;
3. quadri MT;
4. sistemi di lubrificazione e raffreddamento componenti;
5. sistemi di protezione;
6. regolazione di imbardata;

I predetti SCADA forniti dai costruttori dell'impianto devono svolgere le seguenti funzioni:

- monitoraggio in tempo reale dei parametri fondamentali dell'impianto;

- acquisizione dati e registrazione per tutta la vita utile dell'impianto (archivio storico dei dati) con particolare riferimento a tutti i dati, gli eventi e gli allarmi richiesti per la manutenzione, l'esercizio e l'analisi del rendimento dell'impianto
- controllo centralizzato, remoto, manuale ed automatico;
- sistema di generazione, processamento, notifica, archiviazione storica e gestione degli allarmi;
- resoconti automatici e manuali in accordo alle richieste dell'operatore su base settimanale, giornaliera, mensile ed annua);
- interrogazione e ricerca facilitate dei dati storici, allarmi ed eventi;
- grafici dei dati per analisi dell'andamento dei parametri di impianto;
- esportazione dei dati, degli allarmi e degli eventi in formato modificabile;
- accesso simultaneo a più operatori;
- interfaccia grafica facile da utilizzare e comprendere basata su internet;
- permettere l'integrazione ed il funzionamento di apparati del Committente e di altri operatori compreso il recupero dei dati laddove possibile;
- ridondanza di alcuni componenti fondamentali quali: server centrale, database, controllore di impianto, rete fibra ottica ad anello, sistemi di interfaccia con operatori terzi per ridurre la perdita di comunicazione e di dati;
- uso di protocolli di comunicazione ed automazione aperti;
- uso di diversi livelli di accesso (osservatore, operatore, ingegnere) al fine di prevenire modifiche indesiderate delle configurazioni di impianto;
- analisi lo stato di funzionamento dello stesso sistema SCADA e di altri operatori ad esso collegati dal punto di vista hardware e software.

7 Sistemi ausiliari

I servizi ausiliari sono localizzati all'interno di ogni aerogeneratore ed all'interno della cabina di utenza con lo scopo di garantire l'alimentazione dei sistemi di controllo e protezione, l'illuminazione e l'energia elettrica in bassa tensione (prese f.m., etc..)

In ciascun aerogeneratore i sistemi ausiliari quali motori, pompe, ventilatori e sistemi di condizionamento sono alimentati da un trasformatore separato 720/400 V collocato sulla navicella ed alimentato direttamente dal full-converter. L'alimentazione a 400 V è trasferita al quadro controllo posto a base torre per l'alimentazione dell'ascensore di servizio, dei sistemi di condizionamento e ventilazione e per la fornitura di energia elettrica ad apparecchiature esterne necessarie per la manutenzione. Un ulteriore trasformatore 400/230 V posto all'interno del quadro a base torre provvede all'alimentazione dell'UPS e dell'illuminazione di servizio. Le prese saranno da 230 V (10 – 16 A) e da 400 V (20 A).

I servizi ausiliari in cabina di utenza saranno alimentati mediante un trasformatore isolato in resina avente le seguenti caratteristiche

Tab. 7.1: Specifiche tecniche trasformatore servizi ausiliari

Potenza nominale [kVA]	50
Tensione primaria [kV]	36+-2x2,5%
Tensione secondaria [kV]	0,4
Tensione di cortocircuito percentuale [%]	4
Gruppo	Dyn11

Presenteranno una sezione in corrente alternata ed una in corrente continua. I carichi alimentati in corrente alternata saranno:

- ✓ prese F.M. interne ed esterne;
- ✓ alimentazione motore variatore sotto carico trasformatore;
- ✓ illuminazione interna ed esterna;
- ✓ antintrusione;
- ✓ condizionamento;
- ✓ resistenze anticondensa quadri e cassette manovre di comando;
- ✓ aerotermini TR;
- ✓ quadri di controllo e protezione;
- ✓ UPDM;
- ✓ SCADA impianto;
- ✓ oscillografoturbografo
- ✓ SCADA sottostazione;
- ✓ UPS;
- ✓ raddrizzatori;

Il sistema di distribuzione in corrente continua sarà costituito da due raddrizzatori carica batteria a due rami ciascuno dei quali dotato di batteria di accumulatori al piombo, tipo ermetico, capacità 100 Ah.

I carichi alimentati saranno le apparecchiature di segnalazione, comando, allarmi dei quadri protezione, comando e controllo.

Il gruppo elettrogeno si attiva automaticamente mediante quadro apposito e comunque automaticamente entro pochi secondi in caso di mancanza di tensione.

L'illuminazione esterna ordinaria realizzata con proiettori, corpo in alluminio, grado protezione IP65, con lampade al sodio alta pressione 400 W, montati su pali in vetroresina altezza 6 metri.

L'illuminazione esterna di emergenza, con lampade fluorescenti 20 W su paline in vetroresina, H = 2 metri, grado protezione IP65.

L'illuminazione ordinaria nei locali realizzata con armature fluorescenti stagne, con 1 -2 lampade 36 W, reattore elettronico, montate a soffitto L'illuminazione di emergenza per l'edificio sarà realizzato con armature fluorescenti stagne AD-FT, con 1 lampada 20 W, reattore elettronico, montate a soffitto.

Nei locali BT, TLC, misure ed MT, sarà previsto un impianto di condizionamento tramite ventilconvettori di potenza 1000-1500 W, 220 V, con termostato ambiente.

Saranno previsti n. 2 impianti di rilevamento e segnalazione incendi:

- un impianto di rilevamento e segnalazione incendi nei locali dell'edificio e nell'intercapedine di fondazione.
- un impianto di rivelamento e segnalazione incendi in corrispondenza dei trasformatori.

Tutte le porte di accesso all'edificio di stazione dovranno essere dotate di contatto di allarme per segnalare l'avvenuta apertura. I contatti saranno collegati ad una centralina a microprocessore. La centrale, oltre ad avere tutte le segnalazioni sul pannello di controllo e comando, dovrà permettere l'invio in uscita (al sistema di telecontrollo) dei seguenti segnali:

- segnale di allarme ed avvenuto intervento
- segnale di anomalia dell'impianto.

8 Impianto di protezione contro i fulmini e di terra

Tutte le turbine sono equipaggiate con un sistema di protezione conforme alle specifiche richieste dalla norma IEC 62305 per un livello di protezione LPL 1 (Tab.8.1: Parametri del fulmine per LPL 1).

Tab. 8.1: Parametri del fulmine per LPL 1

Corrente di picco	200 kA
Carica totale	300 C
Carica dell'impulso	100
Energia specifica	10.000 kJ/ Ω
Pendenza media	200 kA/ μ s

Il sistema di protezione contro i fulmini può essere diviso in un sistema di protezione esterno e uno interno.

I sistemi di protezione esterna sono costituiti da:

- i recettori;
- conduttore di acciaio;
- protezioni contro sovratensioni e sovracorrenti;
- schermi contro i campi elettrici e magnetici
- impianto di terra.

Ogni pala ha un recettore per ogni lato. Due connessioni flessibili assicurano un bypass a protezione dei cuscinetti delle pale e di quelli principali fino ad arrivare giù alla fondazione. Lo stesso sistema è implementato fra la navicella e la torre con nove bronzine (rame e stagno) del diametro di 30 mm che evitano il passaggio della corrente del fulmine attraverso gli ingranaggi per l'imbardata.

Il conduttore di acciaio che scende lungo la torre si attesta sul collettore principale di terra cui sono collegati il dispersore di terra e gli schermi dei cavi AT entranti e uscenti dalla turbina.

Il sistema di protezione interno consiste nei collegamenti equipotenziali fra le varie parti della turbine e nelle protezioni contro le sovratensioni.

La struttura metallica della navicella, il centro stella e la cassa del trasformatore sono collegati alla base della stessa con cavi di rame di sezione pari a 50 mm^2 . Il conduttore di protezione del cavo MT che va dal trasformatore sulla navicella all'interruttore posto sulla base della stessa è collegato a entrambi agli estremi.

Fra i terminali MT del trasformatore e il conduttore di protezione del cavo AT sono posti degli scaricatori. Tutti le parti elettriche (per esempio il generatore) ed elettroniche (microprocessori) sono protette mediante scaricatori collegati tramite conduttori di protezione al collettore principale di terra posto a base torre.

Sulla base della normativa vigente, la resistenza di terra non deve superare i 10Ω .

L'impianto di terra è costituito da:

- ✓ un collettore principale di terra;
- ✓ un dispersore ad anello costituito da una corda di rame di 50 mm^2 posata lungo il perimetro della fondazione cui è connessa mediante appositi connettori;
- ✓ un dispersore ad anello costituito da una corda di rame di 50 mm^2 posto ad 1 m dal perimetro della fondazione ed a profondità di 1 m;
- ✓ due picchetti di rame rotondi lunghi 6m ed aventi diametro 14 mm.

Il dispersore ad anello è collegato al collettore principale di terra in due punti fra loro opposti mediante due corde di rame.

Nella cabina di utenza l'impianto di terra sarà realizzato in accordo alle norme CEI e prevede un dispersore a maglia costituito da una rete di terra primaria ed una rete di terra secondaria. Data la vicinanza degli impianti e la loro mutua influenza, tutti gli impianti saranno collegati tra di loro al fine di formare un unico dispersore, mediante il cavo isolato da 240 mm^2 .

La rete di terra primaria è costituita da:

- dispersore a maglia interno al perimetro della cabina di utenza con lato di magliatura di circa 5 m, in corda di rame nudo, di sezione minima 63 mm^2 ; la maglia sarà posata alla profondità di circa 0.6 – 0.8 m dal piano di calpestio (lati interni della maglia) e a 1.2 metri per quanto riguarda i lati perimetrali.
- dispersori a picchetto in acciaio rivestito in rame da 3 metri infissi nel terreno verticalmente e posti a una interdistanza di 8-10 metri lungo il perimetro esterno del dispersore a maglia.
- conduttore di messa a terra delle strutture metalliche e relative apparecchiature in corda di rame nudo di sezione 125 mm^2 .
- morsetti a compressione in rame per realizzare le giunzioni tra i conduttori costituenti la maglia di dispersione e tra questi ultimi e i conduttori di terra;
- capicorda a compressione diritti, in rame stagnato, per il collegamento del conduttore di terra alle strutture metalliche, con bullone in acciaio zincato.

La rete di terra secondaria è la parte esposta ed è costituita da sagomature delle cime emergenti dalla magliatura interrata, di sezione 125 mm^2 - capicorda a compressione diritti per le cime emergenti, in rame stagnato, per il collegamento del conduttore di terra alle strutture metalliche, con bullone in acciaio zincato a caldo;

.I dispersori di terra degli aerogeneratori e della cabina di utenza sono collegati tra loro mediante le dispersori a corda di 50 mm² posate negli stessi cavidotti in modo da costituire un unico impianto di terra globale per tutto il parco.

L'impianto di terra utente potrà essere collegato alla stazione RTN tramite corda di terra posta nel cavidotto AT previa autorizzazione del Gestore di rete.