



Ichnusa wind power srl

PROGETTO PRELIMINARE

PARCO EOLICO FLOTTANTE
NEL MARE DI SARDEGNA
SUD OCCIDENTALE



Progettazione:

ing. Luigi Severini

iLStudio.

Engineering & Consulting Studio

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Domanda di Autorizzazione Unica ex art. 12 DLgs 387/ 2003

Ministero dell'Ambiente

Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale ex DLgs 152/2006

RELAZIONE ELETTRICA

R10

F0219E.R010.RELELE.00.b

30 marzo 2020

00	03/2020	EMESSO PER APPROVAZIONE		G. BEZATI
REV	DATA	DESCRIZIONE		L. SEVERINI
			DESIGNER	PLANNER

Codice:

F	0	2	1	9	E	R	0	1	0	R	E	L	E	L	E	0	0	b
NUM.COMM.			ANNO		CODSET		NUM.ELAB.			DESCRIZIONE ELABORATO					REV.		R.I.	

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 3	Di 57

1	PREMESSA.....	5
2	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	6
	2.1 Generalità	6
	2.2 Inquadramento elettrico	9
	2.3 Dati ambientali.....	12
3	DESCRIZIONE DELLE OPERE ELETTRICHE	13
	3.1 Aerogeneratori.....	13
	3.1.1 Rotore	13
	3.1.2 Navicella.....	13
	3.1.3 Sistema elettronico generatore - inverter	13
	3.1.4 Sistema di controllo	14
	3.1.5 Impianti elettrici di servizio.....	14
	3.1.6 Sistemi di protezione	15
	3.2 Cavi elettrici di collegamento.....	20
	3.2.1 Calcolo preliminare delle correnti	21
	3.2.2 Caratteristiche del cavo dinamico marino a 66 kV	21
	3.2.3 Caratteristiche del cavo marino a 220 kV	22
	3.2.4 Caratteristiche del cavo terrestre a 220 kV.....	23
	3.3 Sottostazione elettrica offshore (FOS)	23
	3.3.1 Opere elettriche principali	31
	3.3.2 Impianto sottostazione di trasformazione.....	36
	3.3.3 Impianti elettrici di servizio.....	36
	3.3.4 Sistemi di protezione	37
	3.3.5 Collaudi e montaggi	38
	3.4 Sottostazione elettrica onshore di consegna e misura in alta tensione.....	38
	3.4.1 Norme e disposizioni.....	41
	3.4.2 Opere civili.....	41
	3.4.3 Opere primarie della connessione elettrica (220 kV)	41
	3.4.4 Cavi AT, MT e BT	45
	3.4.5 Impianti ausiliari a servizio della sottostazione.....	45

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 4	Di 57

3.4.6	Sistemi di protezione	48
3.4.7	Collaudi, montaggi e documentazione	50
4	COMPENSAZIONE DELLA POTENZA REATTIVA	51
4.1.1	Soluzioni per ridurre la potenza reattiva	51
4.1.2	Soluzione tecnica	51
4.1.3	Soluzione Offshore.....	51
4.1.4	Soluzione Onshore	51
5	CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI DAI CAVI	53
6	RIFERIMENTI	55

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA		Data Marzo 2020 Pagina 5 Di 57

1 PREMESSA

Il presente elaborato descrive il sistema dei dispositivi di generazione, trasformazione e trasmissione dell'energia elettrica prodotta da fonte eolica con installazioni del tipo offshore floating ubicate nel Mare di Sardegna Sud Occidentale. L'impianto, della potenza nominale complessiva di 504 MW, erogherà energia al sistema elettrico della Sardegna mediante connessione alla rete elettrica nazionale operata presso la Stazione TERNA Sulcis S/E ubicata nell'area portuale industriale di Portoscuso nella provincia di Carbonia-Iglesias.

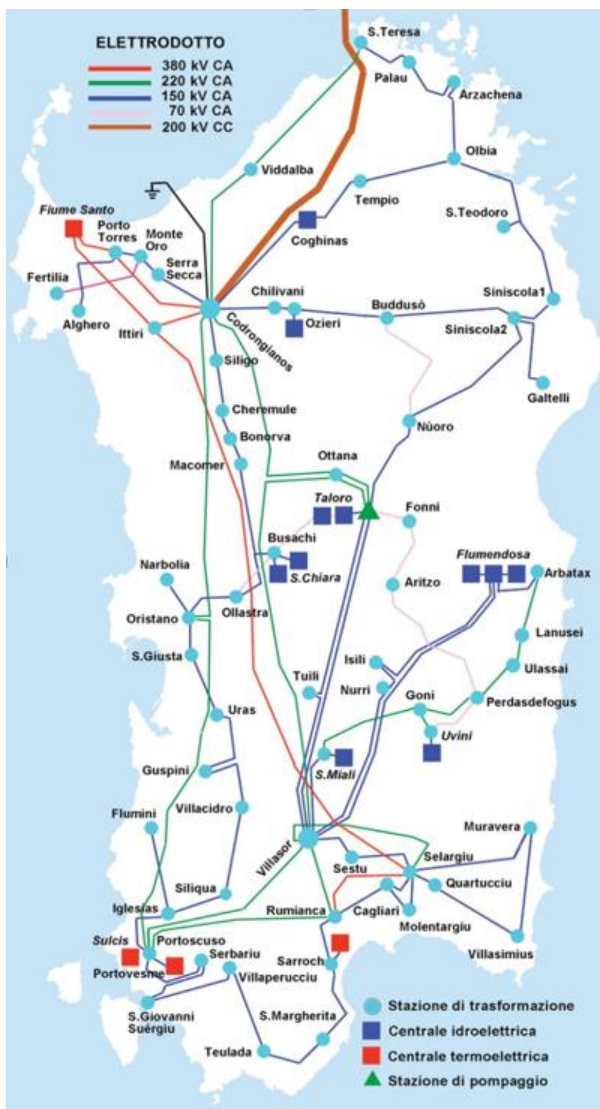


Figura 1.1 - Rete elettrica della Sardegna

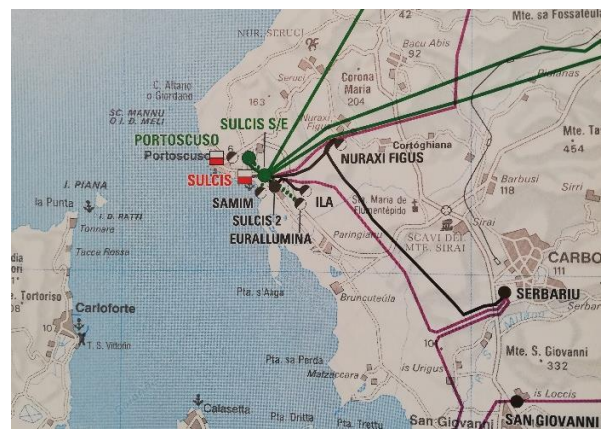


Figura 1.2 – Stazione TERNA Sulcis S/E, linee 220 kV

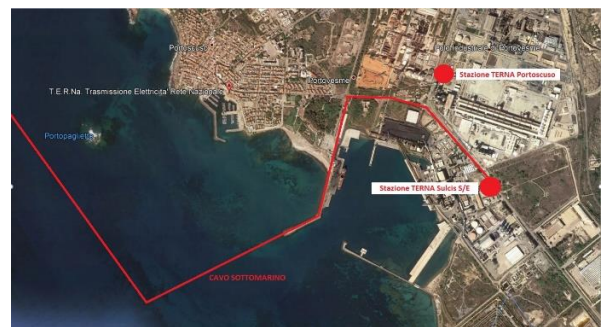


Figura 1.3 - Percorso d'arrivo elettrodotto marino e posizione Stazione TERNA Sulcis S/E

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
	iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data Marzo 2020

2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

2.1 Generalità

Il progetto prevede la realizzazione di un parco eolico floating offshore nel Mare di Sardegna Sud-Occidentale. Il parco si costituisce di 42 turbine eoliche galleggianti (FOWT, Floating Offshore Wind Turbine) da 12 MW per una potenza complessiva di 504 MW, due sottostazioni elettriche offshore (FOS, Floating Offshore Substation) per la trasformazione del livello di tensione e una rete di cavi marini per il trasporto dell'energia.




L'opera interesserà i seguenti ambiti territoriali:

- la *Piattaforma Continentale Italiana*, ai fini dell'installazione delle torri eoliche e dei relativi cavi sottomarini di collegamento in alta tensione;
- il *mare territoriale*, per il passaggio dell'elettrodotto sottomarino sino alla terraferma;
- parte del *territorio regionale sardo*, per il passaggio del cavidotto terrestre dal punto di approdo a terra sino al punto di connessione con la RTN.

Parco eolico del Mare di Sardegna Sud Occidentale

Ubicazione geografica su mappa batimetrica, distanze dalla costa.

Legenda

-  Aerogeneratore
-  Sotto stazione elettrica
-  Buffer 35 km costa

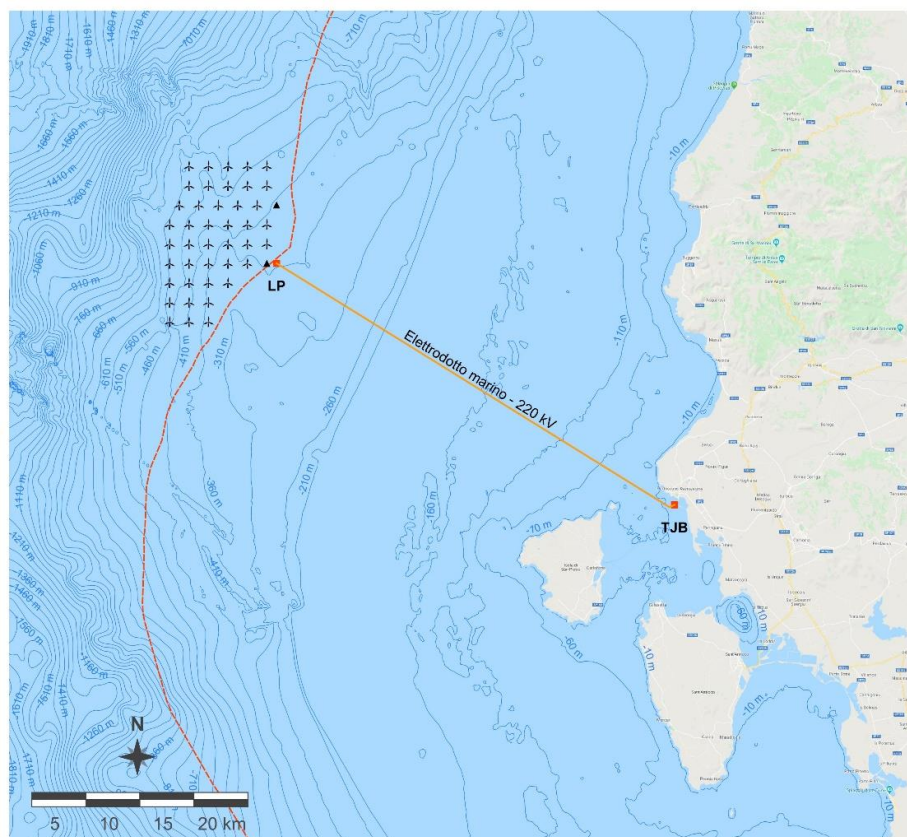
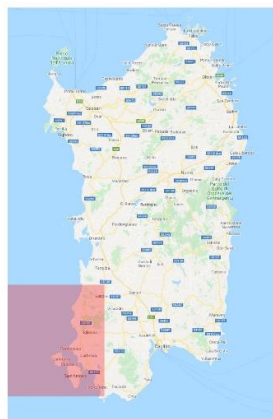


Figura 2.1 - Individuazione del parco eolico su carta batimetrica dell'area

L'impianto eolico sarà suddiviso in 2 sottoparchi A e B ciascuno costituito da 21 turbine raggruppate in 3 sottocampi da 7 aerogeneratori ciascuno. La distanza geometrica tra le singole turbine è di 1800 m secondo le direzioni S-N e W-E e aumenta a circa 2009 m

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data Marzo 2020	Pagina 7 Di 57

secondo la direzione di ventosità prevalente (330°N). Il layout adottato consente dunque di avere una interdistanza ovunque non inferiore a 7,5 diametri di rotore.

Parco eolico del Mare di Sardegna Sud Occidentale

Layout parco eolico su mappa batimetrica, linee sottocampi.

Legenda

- ⊕ Aerogeneratore
- ▲ Sotto stazione elettrica
- Buffer 35 km costa
- MarineCableLP_TJB
- MarineCableFOS_LP

Sottocampi

- SC1A
- SC1B
- SC2A
- SC2B
- SC3A
- SC3B

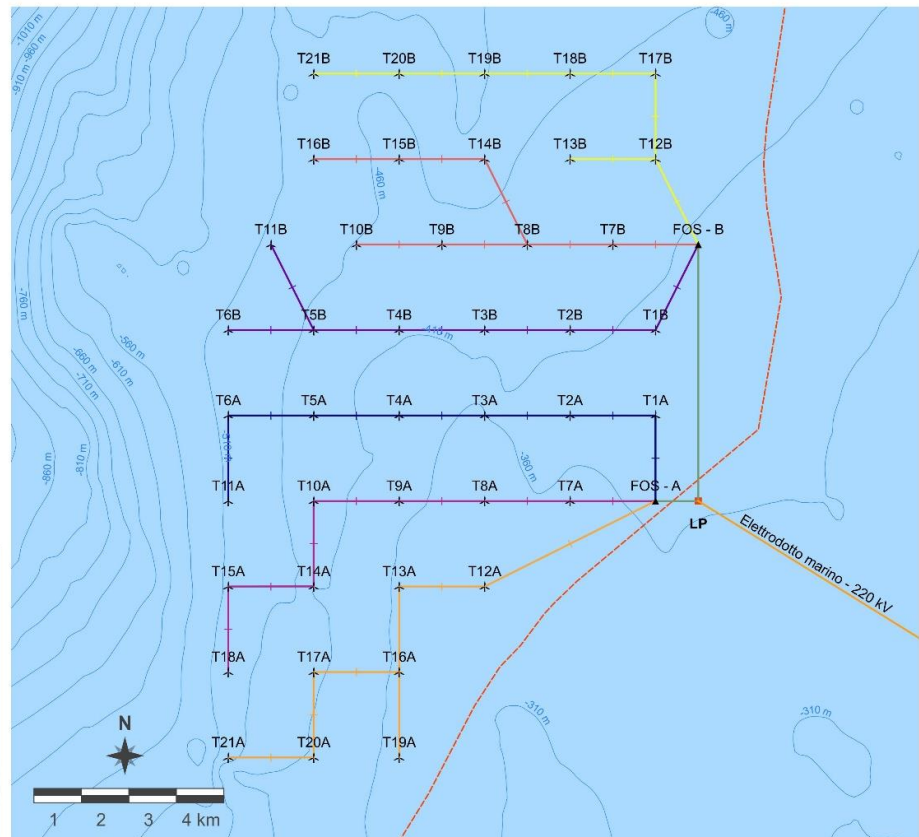


Figura 2.2 – Layout del parco eolico

Le connessioni terminali dei sottoparchi, afferenti ai 3 sottocampi, sono connesse elettricamente in due sottostazioni elettriche floating offshore (FOS-A e FOS-B nella figura seguente) che convertono la corrente elettrica in arrivo dai sottocampi dal livello di tensione 66kV al livello 220 kV; da esse, infine, partono i cavi marini per il trasporto dell'energia prodotta fino a terra.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA		Data Marzo 2020
iLStudio. Engineering & Consulting Studio			Pagina 8 Di 57

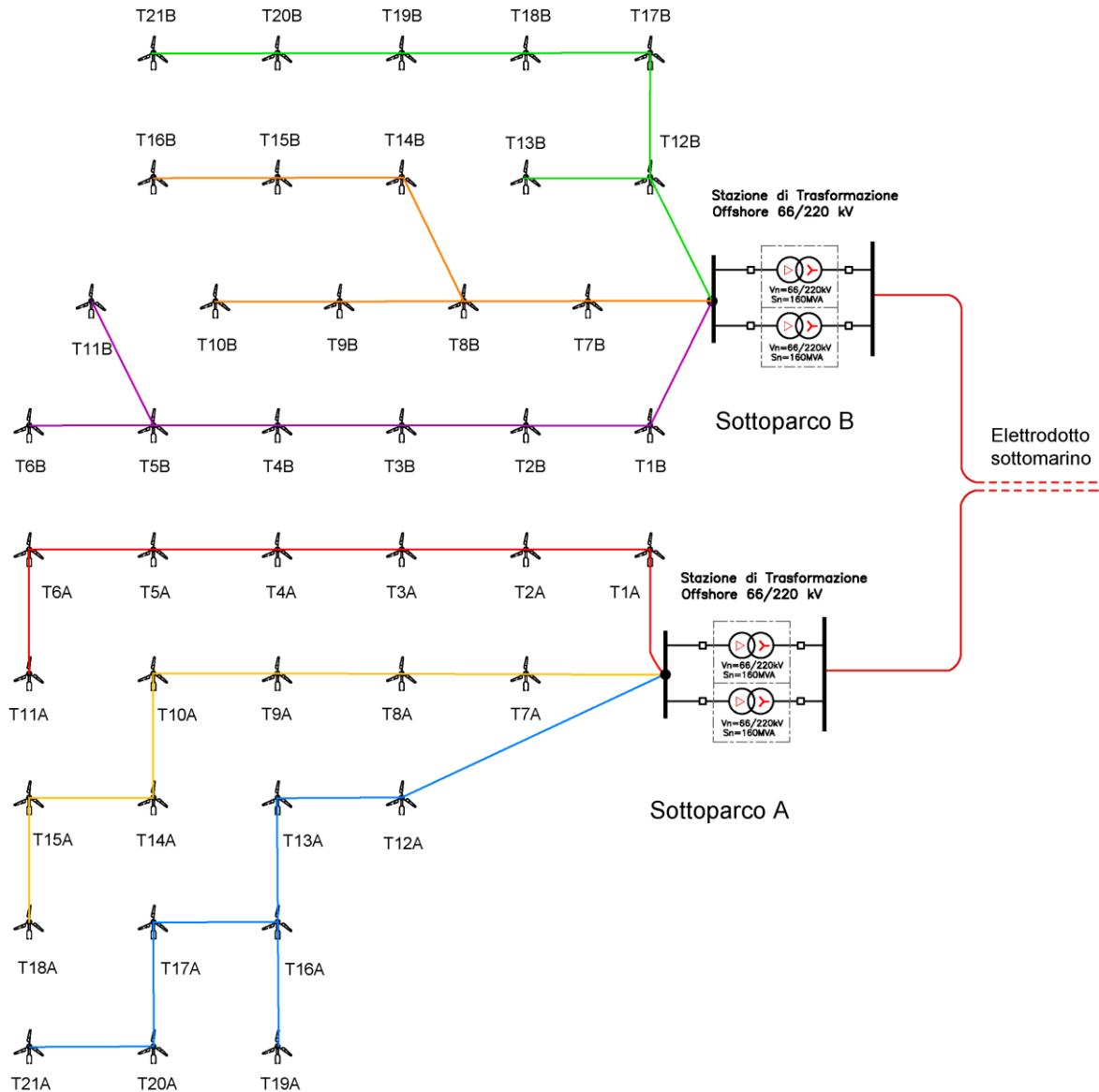


Figura 2.3 – Layout elettrico del parco eolico.

La producibilità elettrica annuale dell'impianto è stimata in 1822 GWh/anno, in grado di coprire il fabbisogno energetico annuo di circa 650.000 abitazioni¹.

In sintesi, l'impianto è suddiviso in:

a) Una parte offshore comprendente:

- n. 42 aerogeneratori eolici composti da turbina, torre e fondazione galleggiante;
- cavo sottomarino dinamico in AT 66 kV di interconnessione tra aerogeneratori;
- n.2 sottostazioni elettriche floating offshore (una per ogni sottoparco);
- elettrodoto sottomarino in corrente alternata AT 220 kV, che collega le sottostazioni offshore al punto di giunzione a terra tra l'elettrodoto marino e il cavidotto terrestre.

¹ Si ipotizza un fabbisogno medio annuo per famiglia pari a circa 2700 kWh.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 9	Di 57

b) una parte onshore comprendente:

- n.1 punto di giunzione elettrodotto marino – cavidotto terrestre;
- cavidotto terrestre in corrente alternata AT 220 kV, dal punto di sbarco del cavo (TJB in Figura 2.1) alla sottostazione utente;
- n.1 sottostazione elettrica di utenza;
- cavidotto terrestre in corrente alternata AT 220 kV, che collega la sottostazione utente alla stazione elettrica TERNA Sulcis S/E

2.2 Inquadramento elettrico

Il progetto del parco eolico prevede, ai fini della richiesta di connessione, una potenza complessiva massima di 504 MW (valore inteso come picco di prestazione dei generatori eolici e variabile, in diminuzione, a seconda delle condizioni meteomarine).

L'impianto è composto da due sottoparchi da 252 MW ciascuno e prevede l'installazione di aerogeneratori su fondazioni galleggianti della potenza unitaria di 12 MW.

L'energia elettrica prodotta in bassa tensione da ciascuna turbina eolica viene elevata alla tensione di 66 kV dal trasformatore BT/AT a bordo del singolo aerogeneratore.

L'interconnessione tra le turbine e, tra esse e le sottostazioni elettriche offshore FOS è effettuata mediante cavo elettrico dinamico sottomarino; i relativi nodi terminali di collegamento sono posizionati internamente alle torri eoliche e alle FOS, così come i quadri elettrici in alta tensione (AT) con funzione di sezionamento e protezione individuale di tutti gli apparati presenti a bordo.

Nelle FOS la tensione di sottocampo 66 kV viene elevata al livello 220 kV tramite trasformatori. Da ciascuna FOS parte dunque un cavo marino di collegamento in AT diretto al punto di giunzione a terra (TJB) dal quale, effettuata la transizione elettrodotto marino – cavidotto terrestre, i cavi terrestri proseguono fino alla sottostazione utente e dunque alla stazione elettrica TERNA denominata Sulcis S/E.

Il funzionamento del parco eolico sarà gestito mediante sistema SCADA ed il controllo a distanza permetterà di gestire le turbine secondo le esigenze della Rete Elettrica Nazionale.

Entrambi i sottoparchi eolici sono progettati in conformità alla guida tecnica TERNA per le centrali eoliche Allegato A.17: "Centrali eoliche: Condizioni generali di connessione alle reti AT, sistemi di protezione, regolazione e controllo".

A seguire si illustrano lo schema logico (Figura 2.4) e di funzionamento (Figura 2.5) elettrico del parco.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data Marzo 2020	Pagina 10 Di 57

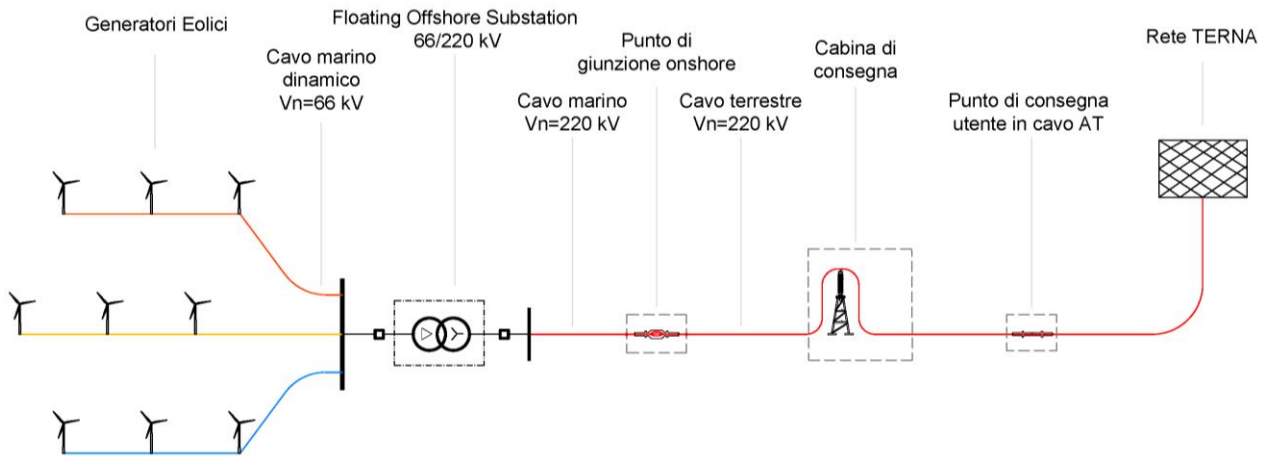


Figura 2.4 - Schema logico del parco



Ichnusa wind power srl

PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE

Documento
F0219E.R010.RELELE.00.b

iLStudio.
Engineering & Consulting Studio

PROGETTO PRELIMINARE

Data **Marzo 2020**

RELAZIONE ELETTRICA

Pagina **11** Di **57**

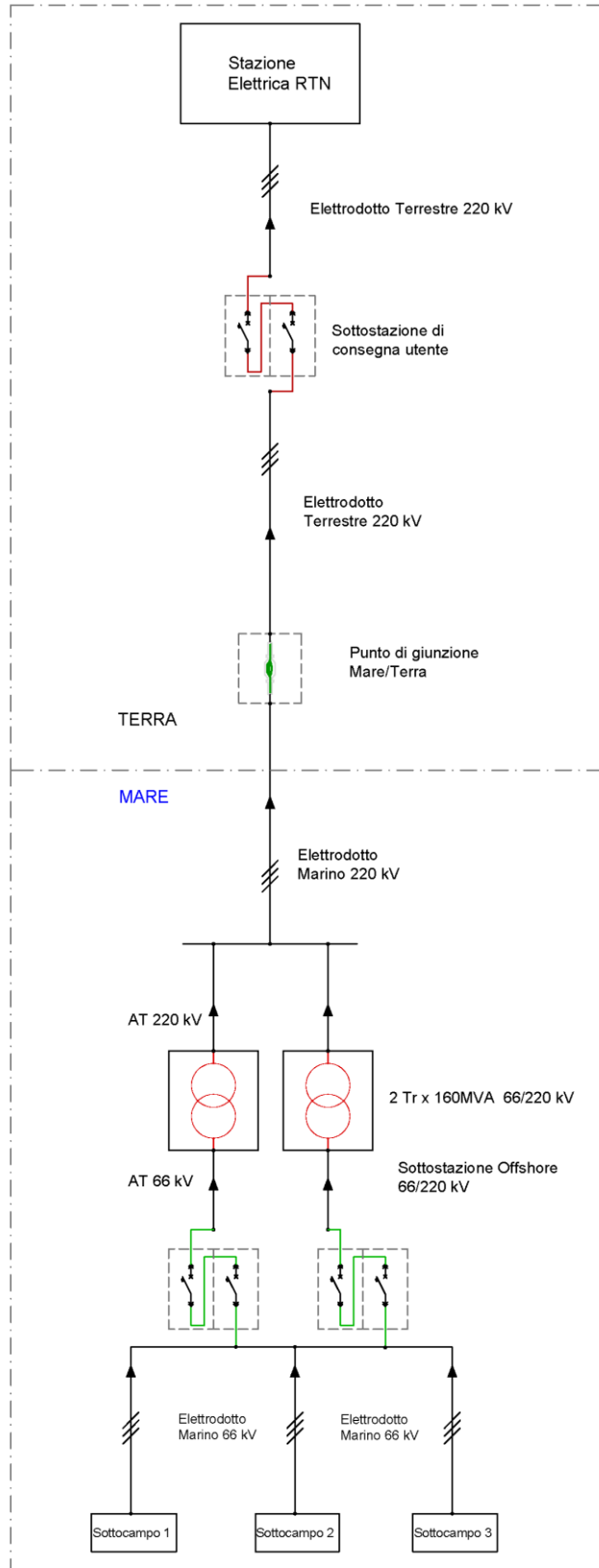


Figura 2.5 - Schema elettrico di funzionamento del sottoparco.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 12	Di 57

2.3 Dati ambientali

Nella selezione di apparecchiature e materiali per opere a mare sono stati considerati i seguenti dati d'installazione:

- Altitudine clima: 0 m s.l.m.;
- Temperatura ambiente: -10 ÷ +50°C;
- Umidità relativa: 20 ÷ 90%;
- Velocità del vento max esterna: 40 m/s.

Nella selezione di apparecchiature e materiali per opere a terra sono stati considerati i seguenti dati d'installazione:

- altitudine clima: ≤ 1000 m s.l.m.;
- temperatura ambiente: -10 ÷ +45°C;
- umidità relativa: 10 ÷ 90%;
- velocità del vento max: 30 m/s.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 13	Di 57

3 DESCRIZIONE DELLE OPERE ELETTRICHE

3.1 Aerogeneratori

Le macchine di generazione individuate per il presente intervento hanno una potenza nominale di 12 MW. Ogni generatore, posto all'interno della navicella, è dotato dal costruttore delle protezioni elettriche per prevenire l'alimentazione della rete in caso di disservizio a valle e per proteggerlo dalla risalita di potenza di corto proveniente dalla rete in caso di guasto elettrico interno.

Nella navicella, trovano posto anche gli asservimenti oleodinamici ed elettrici per l'eccitazione del rotore sincrono, il telecontrollo, l'ottimizzazione della produzione e la sicurezza generale della macchina.

3.1.1 Rotore

Il rotore, composto da 3 pale, avrà un diametro compreso tra 220 e 265 m.

I motori elettrici del "sistema pitch" consentono la regolazione dell'inclinazione della pala e dunque la variazione della velocità di rotazione del rotore.

3.1.2 Navicella

La navicella contiene tutte i componenti elettrici e meccanici necessari al funzionamento dell'aerogeneratore.

L'accesso alla sala macchine dalla torre avviene attraverso un'apertura alla base del telaio della navicella. Tutti i componenti, come il sistema di controllo dell'orientamento o i circuiti idraulici, possono essere azionati dal sistema di controllo posto all'interno della navicella.

Ai fini della sicurezza sono presenti appositi pulsanti per operare l'eventuale arresto di emergenza durante le operazioni di manutenzione.

3.1.3 Sistema elettronico generatore - inverter

La turbina è equipaggiata con un sistema generatore - inverter a velocità variabile. Un convertitore di frequenza (inverter) viene acceso nel circuito del rotore ed impone una tensione con frequenza regolabile sul rotore. Ciò consente una regolazione della velocità entro un range di $\pm 35\%$ (+40% nel caso di raffiche di vento) rispetto alla velocità sincrona.

I componenti interni all'aerogeneratore hanno generalmente una classe di protezione IP54.

È prevista la messa a terra dell'alloggiamento del generatore per la compensazione del potenziale. Il generatore è supportato da elementi, posti sulla base del telaio, che disaccoppiano rumore e vibrazioni, per un'ottimale insonorizzazione e riduzione delle vibrazioni.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 14	Di 57

3.1.4 Sistema di controllo

Tutte le funzioni dell'aerogeneratore sono monitorate da un sistema di controllo a microprocessore. Per poter gestire le turbine costituenti il parco eolico esse dovranno essere controllate da un sistema centralizzato di tipo *SCADA System*.

Questa tipologia di impianti necessita di un elevato livello di affidabilità e disponibilità. Infatti, tutte le funzioni critiche sono dotate di controllo ridondante; ad esempio il sistema di arresto di emergenza è azionato sia da un circuito di sicurezza cablato sia dal software gestionale operativo (SCADA System). Ciò permette alla turbina di portarsi in condizioni di sicurezza in caso di guasto di uno dei due sistemi.

L'uso di fibre ottiche garantisce un elevato valore del baud rate e al tempo stesso costituisce una protezione contro eventuali interferenze elettromagnetiche di natura atmosferica. Le turbine offshore sono dotate anche di un sistema radio point to point.

3.1.5 Impianti elettrici di servizio

Per l'alimentazione dei servizi dell'aerogeneratore sarà previsto un sistema di alimentazione BT 0.4 kV, derivato dal generatore, configurato in accordo e conformità alle specifiche CEI. Per tutti i servizi sarà previsto un quadro BT 0,4 kV del tipo ad armadio a pannelli metallici chiusi, con comandi e segnalazioni accessibili.

Saranno quindi realizzati i seguenti impianti tecnologici:

- impianto illuminazione;
- impianti forza motrice;
- impianti alimentazione privilegiata e UPS (gruppo di continuità);
- impianti di climatizzazione e ventilazione;
- sistema di rilevazione, telesegnalazione ed estinzione incendi;

3.1.5.1 Illuminazione della torre eolica

Per l'illuminazione esterna della piattaforma offshore a servizio della torre eolica, si farà riferimento alla Norma UNI EN 12464-2. Tale Norma prescrive un illuminamento medio (E_m) di 300 lux per le piattaforme elevate dove, in caso di necessità, saranno svolti lavori di riparazione e manutenzione.

Tutte le aree interne della turbina eolica saranno dotate di illuminazione, composta da lampade LED da 50 W ad alto rendimento con plafoniere a tenuta stagna (grado di protezione IP 65), per un illuminamento minimo di 200 lux; tali lampade consentiranno anche la funzione "illuminazione emergenza".

3.1.5.2 Impianto forza motrice

La torre eolica sarà dotata di prese industriali (400 Vca) e di prese civili (230 Vca) in grado di soddisfare tutte le utenze interne.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 15	Di 57

3.1.5.3 Sistema di rilevazione, telesegnalazione ed estinzione incendi

È previsto un sistema antincendio, che consiste in rilevatori di fumo e CO, i quali rivelano gli incendi e attivano un sistema di spegnimento ad acqua atomizzata ad alta pressione nel caso di incendi dei componenti meccanici e a gas inerte (azoto) nel caso di incendi dei componenti elettrici (cabine elettriche e trasformatore).

In aggiunta a ciò e in accordo con la normativa vigente, i materiali impiegati saranno del tipo autoestinguenti.

3.1.5.4 Impianti alimentazione privilegiata e UPS (gruppo di continuità)

Tra le utenze alimentate dal quadro BT ve ne saranno alcune prioritarie asservite da gruppi UPS 110 Vcc, UPS 400 Vca trifase e generatore ausiliari, i cui allarmi e segnali di stato confluiranno nel sistema di supervisione di rete.

Sarà previsto un apposito generatore diesel di taglia compatibile con il fabbisogno dei servizi privilegiati, compreso il sistema antincendio.

3.1.6 Sistemi di protezione

3.1.6.1 Protezioni delle apparecchiature utilizzate

Il sistema delle protezioni sarà conforme alla norma CEI 11-32 per sistemi elettrici di III categoria e relativa variante V1 per gli impianti di produzione eolica, con i livelli di affidabilità che competono ad un sistema non presidiato ed ubicato in località poco accessibili.

Allo scopo sarà previsto un doppio livello di protezione: un sistema di gestione rete digitale interconnesso in fibra ottica per la selettività logica, ed una serie di protezioni tradizionali a relais elettronico quale back-up in caso di disservizio del sistema centrale.

Le protezioni sono interfacciate con la rete mediante una serie di sensori di tipo tradizionale, quindi costituite da TA (trasformatore di corrente), TV (trasformatore di tensione) di tipo induttivo e/o capacitivo secondo necessità e sonde termometriche per trasformatori e macchine soggette a riscaldamento.

Tali segnali saranno inviati sia a relais elettronici, installati in appositi scomparti del quadro AT (Alta Tensione), che alle unità terminali del sistema di gestione rete tramite fibra ottica.

Dette unità periferiche, in grado di accogliere segnali digitali, analogici (4-20 mA), ottici e contatti puliti, saranno ubicate in ogni locale dotato di elementi sensibili del sistema, quali le cabine elettriche a bordo torre, la FOS e la sottostazione di consegna e misura onshore.

I TA del sistema di protezione saranno distinti da quelli di misura (con prestazioni differenti) per i quali saranno preferibilmente utilizzati toroidi a nucleo intero.

L'adozione di un sistema digitale di gestione della rete applica concetti di selettività logica ai sensori distribuiti, per cui il PLC del sistema gestirà dati e comandi in modo integrato e coordinato secondo i propri algoritmi di valutazione degli stati di rete e priorità degli interventi.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 16	Di 57

All'eventuale stato di avaria del gestore di rete (realizzato con ampia ridondanza) sono chiamati a rispondere in logica di selettività tradizionale alcuni relais tradizionali che saranno comunque installati sugli scomparti AT a protezione delle funzioni più significative, quali:

- interruttori a corrente differenziale,
- sezionatori a corrente verso terra,
- sezionatori a primo guasto a terra per le parti esercite a neutro isolato, etc.

Si esaminano in dettaglio le protezioni previste per ogni singola unità (codici standard secondo (IEEE, 2008) e (CEI, 1999)).

Generatore

La protezione del generatore è garantita dal costruttore e comprenderà le protezioni preventive, atte a mantenere l'isolamento, quali:

- 40, mancanza di eccitazione al rotore;
- 32, ritorno di energia attiva dalla rete verso il generatore;
- 59, massima tensione statorica (si noti che la combinazione di 40 e 32 evolve naturalmente in 59, quindi andrà valutata col costruttore la scelta migliore);
- 49, protezione termica per sovraccarico rotorica e/o statorica;
- 46, squilibrio, ovvero circolazione di sequenza inversa.

Contro il guasto di dispersione sono previste misure classiche dirette, quali:

- 87, differenziale di corrente;
- 64, circolazione di corrente verso terra.

Sono infine previste protezioni di ricalzo quali:

- 27, 51, 21, minima tensione, massima corrente e loro combinazione (min. impedenza);
- 81G protezione di minima e massima frequenza.

Scomparti arrivo linea e partenza in torre

Gli scomparti di arrivo linea e partenza torre saranno dotati di tutte le apparecchiature di protezione quali:

- 87, protezioni differenziali di sbarra,
- 67, direzionale di corrente,
- 50, massima corrente istantanea,
- 51, massima corrente tempo inverso,
- 51N, massima corrente omopolare di fase
- 64, protezioni di massima tensione e corrente guasto a terra (per sistema a neutro isolato).

Protezioni della sottostazione di trasformazione

Queste saranno conformi alle prescrizioni TERNA per le parti riguardanti il lato AT (Alta Tensione) ed il coordinamento delle protezioni elettriche.

Si prevedono per il trasformatore:

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 17	Di 57

- 26T, controllo temperatura olio,
- 49, relè termico,
- 50, relè di massima corrente istantanea,
- 51, relè di massima corrente a tempo inverso,
- 51N, protezione di massima corrente omopolare,
- 63, protezione di minima e massima pressione fluidi,
- 64, relè guasti a terra,
- 87T, relè differenziale,
- 97VSC, relè di Buchholz,
- 99VSC, livello olio variatore sotto carico;

Per le linee 220 kV:

- 87L, protezione differenziale

I segnali di protezione della linea, gestiti secondo il Codice di Rete (C.d.R.) TERNA, viaggeranno in fibra ottica interrata parallelamente ai cavi.

In ogni caso l'intera area delle cabine a 66 e 220 kV sarà resa equipotenziale e adeguatamente protetta.

3.1.6.2 Impianto elettrico BT di servizio a bordo torre

All'interno di ciascuna torre eolica saranno installate tutte le apparecchiature e quadri elettrici necessari alla interconnessione dell'aerogeneratore con la rete di raccolta dell'energia. Ogni installazione prevede:

- Trasformatore con alimentazioni ausiliarie in BT e tensione logica aux., circuiterie di emergenza e segnalazione ottica notturna;
- Quadro BT protetto in entrata ed in uscita da interruttori adeguati, con quadro utenze privilegiate UPS in BT per l'alimentazione della logica di macchina, le utenze privilegiate di sicurezza quali illuminazione, sensoristica di presenza persone ed allarmi vari, sistema di supervisione alla distribuzione, comunicazioni e illuminazione segnaletica per la navigazione;
- PLC di supervisione alla marcia del singolo generatore interfacciato con il sistema supervisore di rete;
- Unità locale del sistema centrale supervisore di rete, protezione e sincronizzazione generatore;
- Unità di climatizzazione e ventilazione.

3.1.6.3 Trasformatore di Torre

Ogni generatore sarà connesso alla rete collettiva mediante un trasformatore elevatore trifase, di potenza nominale 16 MVA, con isolamento in resina ed avvolgimento in alluminio o rame che eleverà la tensione da 0,7 kV a 66 kV.

Le protezioni del trasformatore di torre saranno coordinate in modo da consentire l'interruzione monte/valle con differenziale di corrente 87 e protezione termica per sovraccarico 49, protezioni dal corto circuito 50, 51 e 51N.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data Marzo 2020	Pagina 18

Gli interruttori a monte e valle saranno quindi chiamati ad isolarlo sia in caso di guasto interno che in caso di guasto esterno (sul generatore o sul quadro).

3.1.6.4 Quadri Alta Tensione di Torre

Ogni generatore avrà quadri di Alta Tensione (66 kV), le cui sbarre costituiranno anche il sistema di transito della potenza verso la FOS.

I quadri saranno di due tipi:

- Quadri d'estremità (o terminali);
- Quadri di transito.

Le protezioni tra tutte le apparecchiature saranno opportunamente coordinate e automatizzate per garantire la sicurezza dell'impianto.

In particolare, le protezioni dell'isolamento dell'impianto, la tenuta dielettrica di tutte le apparecchiature installate nei confronti delle sovratensioni e la tensione nominale di tenuta ad impulso di un apparecchio dovranno essere compatibili con i valori specificati per le sovratensioni transitorie ragionevolmente prevedibili.

In relazione agli ambienti di installazione, caratterizzati da forte umidità salina, si dovranno prevedere adeguati sistemi di protezione dalla corrosione e di isolamento elettrico ed inoltre, per garantire la corretta funzionalità delle apparecchiature (interruttori, sganciatori, etc...) saranno utilizzati quadri e blindosbarre isolati in SF₆ (esafluoruro di zolfo) a tenuta d'arco.

Per uniformare le taglie dei sistemi di sbarre rispetto alle diverse correnti d'impiego si adotteranno interruttori da 630 A per gli aerogeneratori terminali di sottocampo e 1000 A per tutti gli altri.

Essendo gli aerogeneratori equipaggiati con inverter in configurazione *back - to - back*, il contributo alla corrente di cortocircuito (I_{cc}) nella rete di distribuzione coincide con il limite di corrente delle apparecchiature statiche ovvero la corrente nominale (I_n) maggiorata del 20%.

Pertanto, per l'intera area a 66 kV, la protezione dal corto circuito sarà dimensionata considerando la combinazione della I_{cc} della stazione di trasformazione offshore e la somma delle correnti nominali I_n delle singole macchine valutata sulla linea a maggior carico.

Il valore esatto della I_{cc} in alta tensione sarà calcolato in base all'impedenza di corto circuito Z_{cc} e alla corrente nominale I_n fornite dai costruttori/fornitori delle apparecchiature (generatori, trasformatori, e cavi).

Su ogni scomparto saranno chiaramente leggibili i parametri elettrici, le segnalazioni e gli allarmi la cui visualizzazione sarà anche consentita in regime di telecontrollo.

Saranno infine previste protezioni per impedire incaute manomissioni dei settaggi di taratura, attraverso chiavi di accesso concordate con i gestori della rete.

3.1.6.5 Protezione della torre eolica contro le scariche atmosferiche

La turbina eolica è dotata di un sistema di protezione contro i fulmini in grado di proteggere da danni diretti ed indiretti sia la struttura che gli eventuali operatori presenti.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 19	Di 57

Tutte le apparecchiature installate sulla torre eolica sono dotate di un sistema di messa a terra e scaricatori di sovratensione.

I dispositivi antifulmine dovranno essere conformi agli standard della più elevata classe di protezione (Classe I) e conformi alla classe di protezione 1 richiesta dallo standard internazionale IEC 61400-24 Edit.1 "Wind turbine - sezione 24: protezione antifulmine" e IEC 62305-1 "Protezione parafulmine - paragrafo 1: generale".

3.1.6.6 Protezione dalla corrosione

Le parti esterne della turbina sono protette dalla corrosione e dagli agenti atmosferici grazie a uno speciale rivestimento multistrato, che soddisfa i requisiti della norma DIN EN ISO 12944.

Per proteggere le strutture di sostegno dell'impianto eolico dalla corrosione in ambiente con presenza di acqua marina, si effettuerà una protezione catodica a corrente impressa - Impressed Current Cathodic Protection (ICCP).

Norme di riferimento

Gli standard di progettazione della ICCP sono stati integrati con i dati della NACE International che forniscono delle linee guida a livello internazionale per materiali, pratiche e metodi di controllo della corrosione per strutture fisse e mobili offshore.

Inoltre, per il dimensionamento dei sistemi di protezione, saranno adoperate le seguenti norme:

- Norme europee "Cathodic protection for fixed steel offshore structures" ISO 12495 e EN12495 per le strutture offshore fisse e mobili,
- Linee guida della Det Norske Veritas (DNV) "DNVGL-RP-B101 - Protezione catodica con rivestimenti".

Il dimensionamento permetterà l'adeguata protezione delle strutture per una vita utile di 30 anni.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data Marzo 2020	Pagina 20 Di 57

3.2 Cavi elettrici di collegamento

In relazione allo schema logico di collegamento (Figura 2.4), si adotteranno tre tipologie distinte di cavi:

- cavo marino dinamico a 66 kV per interconnessione tra le turbine;
- cavo marino a 220 kV per connessione tra la FOS ed il punto di giunzione a terra (TJB);
- cavo terrestre a 220 kV per la connessione tra il punto di giunzione a terra e la sottostazione di consegna e misura;
- cavo terrestre a 220 kV per la connessione dalla sottostazione di consegna e misura alla stazione TERNA Sulcis S/E.

La lunghezza del tratto di collegamento tra i terminali di sottocampo e la stazione di trasformazione offshore è pari a circa 3200 m. Infine, per i tratti in alta tensione, ovvero:

- dalla sottostazione offshore (FOS) al punto di giunzione a terra;
- dal punto di giunzione a terra fino alla sottostazione di consegna e misura;
- dalla sottostazione di consegna e misura alla rete Terna;

si prevedono lunghezze indicate nella tabella seguente.

Tabella 3.1 – Lunghezza cavi del sottoparco eolico

Tratta	Lunghezza [m]	Sezione cavo [mm ²]	Tensione [kV]
G01 – G02	2800	1x3x240 - Cu(Al)	66
G02 – G03	2800	1x3x300 - Cu(Al)	66
G03 – G04	2800	1x3x300 - Cu(Al)	66
G04 – G05	2800	1x3x400 - Cu(Al)	66
G05 – G06	2800	1x3x500 - Cu(Al)	66
G06 – G07	2800	1x3x630 - Cu(Al)	66
G07 – Sottostazione offshore	3200	1x3x800 - Cu(Al)	66
G08 – G09	2800	1x3x240 - Cu(Al)	66
G09 – G10	2800	1x3x300 - Cu(Al)	66
G10 - G11	2800	1x3x300 - Cu(Al)	66
G11 - G12	2800	1x3x400 - Cu(Al)	66
G12 - G13	2800	1x3x500 - Cu(Al)	66
G13 - G14	2800	1x3x630 - Cu(Al)	66
G14 – Sottostazione offshore	3200	1x3x800 - Cu(Al)	66
G15 - G16	2800	1x3x240 - Cu(Al)	66
G16 - G17	2800	1x3x300 - Cu(Al)	66
G17 – G18	2800	1x3x300 - Cu(Al)	66
G18 – G19	2800	1x3x400 - Cu(Al)	66
G19 – G20	2800	1x3x500 - Cu(Al)	66
G20 – G21	2800	1x3x630 - Cu(Al)	66
G21 – Sottostazione offshore	3200	1x3x800 - Cu(Al)	66
Sottostazione offshore AT – Punto di giunzione a Terra	46.000	1x3x1000 - Cu(Al)	220
Punto di giunzione – Sottostazione di consegna e misure	3.000	3x1x1600 - Al	220
Sottostazione di consegna e misure – RTN Terna	300	3x1x1600 - Al	220

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data	Marzo 2020
iLStudio. Engineering & Consulting Studio		Pagina	21
		Di	57

3.2.1 Calcolo preliminare delle correnti

La corrente erogata in alta tensione dal generatore k -esimo è stimabile tramite la seguente relazione:

$$I_{n,gen,k} = \frac{P_{n,gen}}{\sqrt{3}V_n \cos \varphi_{gen}} = \frac{12 \times 10^6}{\sqrt{3} \times (66 \times 10^3) \times 0.99} \cong 106 \text{ A} \quad \text{eq. (1)}$$

con $P_{n,gen}$ la potenza attiva erogata dal singolo generatore e V_n il livello di tensione di uscita dalla torre (AT, 66 kV). La massima corrente nominale $I_{n,sc,m}$ relativa al sottocampo m vale quindi:

$$I_{n,sc,m} = \sum_{k=1}^K I_{n,gen,k} = 7 \times 106 = 742 \text{ A} \quad \text{eq. (2)}$$

in cui K è il numero di generatori sul sottocampo m -esimo. La corrente totale di sottoparco $I_{n,sp}$, al livello di tensione 66 kV, vale, sommando sui sottocampi:

$$I_{n,sp} = \sum_{m=1}^M I_{n,sc,m} = 21 \times 106 = 2226 \text{ A} \quad \text{eq. (3)}$$

Per il calcolo della corrente $I_{n,FOS}$ uscente dalla FOS al livello di tensione 220 kV, vale invece la seguente:

$$I_{n,FOS} = \frac{P_{n,tot}}{\sqrt{3}V_n \cos \varphi} = \frac{252 \times 10^6}{\sqrt{3} \times (220 \times 10^3) \times 0.99} \cong 668 \text{ A} \quad \text{eq. (4)}$$

3.2.2 Caratteristiche del cavo dinamico marino a 66 kV

In relazione al calcolo delle correnti nominali, il cavo dinamico marino in alta tensione sarà del tipo tripolare con conduttori in rame con sezione elettrica nominale pari a 800 mm², isolamento in EPR o XLPE e doppia schermatura longitudinale/radiale a tenuta stagna del tipo "Water Resistant". Potrà esser presa in considerazione l'ipotesi di cavi dinamici con conduttori in alluminio.

Caratteristiche del cavo dinamico marino a 66 kV:

- Conduttore: conduttori in rame (o eventualmente in alluminio) sigillati longitudinalmente;
- Schermo conduttore: composto semiconduttivo estruso;
- Isolamento: EPR o XLPE;
- Schermo isolante: composto estruso;
- Schermo: schermatura individuale del nastro in rame su ciascuna fase;
- Unità a fibra ottica: fino a 3 unità FO con tubo metallico;
- Lay up: tre nuclei di potenza con riempimento estruso;
- Armatura di estensione: filati in polipropilene;
- Armatura: uno strato di fili di acciaio zincato, lavato con bitume;
- Protezione esterna: filati in polipropilene in colori personalizzabili.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data Marzo 2020	Pagina 22 Di 57



Figura 3.1 – Cavo marino 66 kV con conduttori in rame

Design	Weight (kg/m)	Overall diameter (mm)	Transmission power (MVA)
Dry	57,9	183	90
Semi-wet	39,4	175	90
Wet	36,2	163	90

Figura 3.2 – Specifiche per diverse tipologie di cavi 66 kV

3.2.3 Caratteristiche del cavo marino a 220 kV

Il cavo marino a 220 kV è di tipo tripolare con conduttori in rame con sezione elettrica nominale pari a 1000 mm² (adeguata alla corrente nominale di esercizio), isolato in EPR o XLPE, con schermatura longitudinale / radiale a tenuta stagna del tipo “Water Resistant”.

Potrà esser presa in considerazione l'ipotesi di cavi dinamici con conduttori in alluminio. Il cavo sarà del tipo dinamico per il tratto di discesa dalla FOS fino al fondale e statico tradizionale sul percorso fino a terra.

Caratteristiche del cavo marino a 220 kV:

- Conduttore: fili di rame solidi (sigillati longitudinalmente);
- Guaina conduttiva: estrusa semiconduttiva;
- Isolamento: EPR o XLPE;
- Schermo metallico: nastri di rame;
- Riempitivi: corde in PP e / o riempitivi in plastica sagomati;
- Fasciatura: foglio sintetico + strisce di rame;
- Imbottitura dell'armatura: filato PP;
- Armatura: singolo strato di fili di acciaio zincato;
- Protezione tessile: singolo strato di PP;
- Unità a fibra ottica: fibra ottica interstiziale;
- Portata in corrente: 968 A;
- Tensione di progetto fase-fase (U): 220 kV;
- Numero di core di potenza: 3;
- Sezione trasversale conduttore: 1000 mm²;
- Sezione schermo: 50 mm²;

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 23	Di 57

- Diametro esterno: 180 mm;
- Standard di riferimento: IEC 60228.

3.2.4 Caratteristiche del cavo terrestre a 220 kV

I cavi terrestri saranno di tipo unipolare con conduttori in alluminio e sezione elettrica nominale pari a 1600 mm², con isolamento in XLPE e doppia schermatura longitudinale / radiale a tenuta stagna.

Caratteristiche del cavo terrestre a 220 kV:

- Materiale del conduttore: alluminio;
- Schermo: filo di rame.
- Sezione del conduttore: 1600 mm²;
- Sezione schermo: 60 mm²;
- Diametro esterno, D: 110 mm;
- Peso approssimativo: 8 kg/m;
- Tensione operativa: 230 kV;
- Capacità nominale: 0,167 µF/km;
- Portata in corrente con posa interrata: 977 A.
- Massimo sforzo di tiro posa fissa: 19 kN;
- Fattore di curvatura durante l'installazione: 30D;
- Fattore di curvatura durante l'esercizio 15D;
- Tenuta d'acqua longitudinale: si;
- Temperatura massima di servizio del conduttore: 90 °C.



3.3 Sottostazione elettrica offshore (FOS)

La FOS (acronimo di Floating Offshore Substation) fungerà da nodo di interconnessione comune per gli aerogeneratori di ciascun sottocampo.

Questi sono mutuamente connessi tramite un sistema di cavi sottomarini a 66 kV e collegati agli interruttori e ai trasformatori ubicati all'interno della FOS.

La trasmissione dell'energia alla terraferma avverrà mediante cavo tripolare in corrente alternata a 220 kV. A tal fine nella stazione elettrica saranno installati due trasformatori in grado di elevare la tensione da 66 a 220 kV.

Ogni FOS alloggerà gli arrivi dei cavi tripolari elicoidali AT provenienti dai sottocampi ed i relativi interruttori di protezione. Tali saranno interni ai quadri AT e connessi alla semisbarra.

Ai tre quadri AT si affiancheranno ulteriori due quadri di partenza ai due trasformatori elevatori 66/220 kV.

Le uscite in AT dai trasformatori saranno protette attraverso due moduli ibridi PASS 250 kV agganciati allo stallo in AT, da cui partirà la linea 1 x (3 x 1000 mm²) verso terra.

Oltre alle apparecchiature elettriche, ciascuna FOS includerà le protezioni antincendio, i generatori di emergenza e altri sistemi ausiliari, quali:

- sistemi di ventilazione;

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 24	Di 57

- sistemi di sicurezza;
- sistemi di comunicazione;
- gli alloggi temporanei per il personale e relativi servizi.

Le operazioni di gestione del parco saranno automatizzate e controllate da remoto tramite l'unità elettronica di supervisione, controllo e acquisizione dati SCADA.

Tutte le apparecchiature saranno ubicate all'interno di una zona protetta dalle intemperie.

L'accesso alla sottostazione (per le finalità di manutenzione), sarà normalmente effettuato tramite imbarcazione di servizio con attracco alla struttura in apposita zona servita da scale per permettere al personale il raggiungimento della sede di lavoro.

Al fine di consentire il raggiungimento e l'evacuazione della piattaforma in condizioni di emergenza anche in condizione di mare avverso, è previsto l'utilizzo di una piattaforma di atterraggio per elicotteri.

Ciascuna FOS ospiterà i seguenti elementi (dettagliati nel seguito):

- n.3 quadri AT di arrivo dai sottocampi a 66 kV;
- n.2 quadri di partenza trafo a 66 kV;
- n.2 trasformatori elevatori 66/220 kV;
- n.3 moduli ibridi PASS, (2 di uscita trasformatori e 1 di partenza linea);
- n.1 stallo di connessione trasformatori;
- n.6 scaricatori di sovratensione;
- n.1 stallo di connessione gruppo di compensazione;
- n.1 blocco congiuntore e relativi interruttori in SF₆ a doppia uscita, completi di sezionatori in ingresso e sulle due uscite verso le due sbarre e sezionatori di terra per le partenze verso terra;
- sistema supervisore di rete;
- impianti accessori;
- gruppi di batterie a litio;
- una sala di controllo;
- un'area di servizio.

Inoltre, ciascuna FOS sarà completata con le seguenti apparecchiature:

- Sistema Cavo AT;
- Apparecchiature AT;
- Trasformatore di potenza AT/AT;
- Strutture metalliche di sostegno delle apparecchiature e del sistema sbarre AT;
- Conduttori in tubo in lega di alluminio per i collegamenti AT;
- Morsettiera per le connessioni AT;
- Locale misure;
- Quadro generale 66 kV;
- Sistema di automazione di sottostazione SAS + UPDM;
- Cavi AT e BT interni alla sottostazione;
- Gruppo elettrogeno da 100 kVA;
- Trasformatore dei servizi aux. da 250-400 kVA;
- Rete di terra secondaria;

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 25	Di 57

- Impianti tecnologici;
- Sistema servizi ausiliari in corrente alternata;
- Sistema servizi ausiliari in corrente continua;
- Tele gestione e controllo;
- Accessori di Sottostazione.

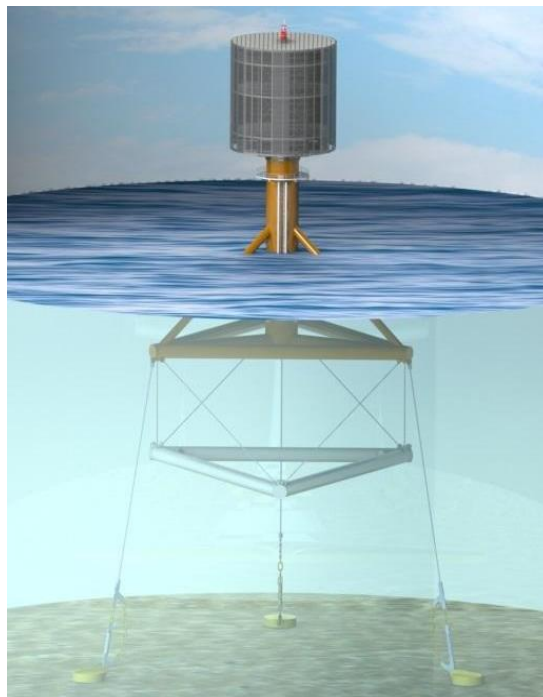


Figura 3.3 – Simulazione della sottostazione elettrica offshore (FOS)

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data Marzo 2020	Pagina 26 Di 57

Di seguito si riporta una schematizzazione planimetrica dei vari livelli di cui è composta la FOS e del Lay-Out delle apparecchiature elettromeccaniche.

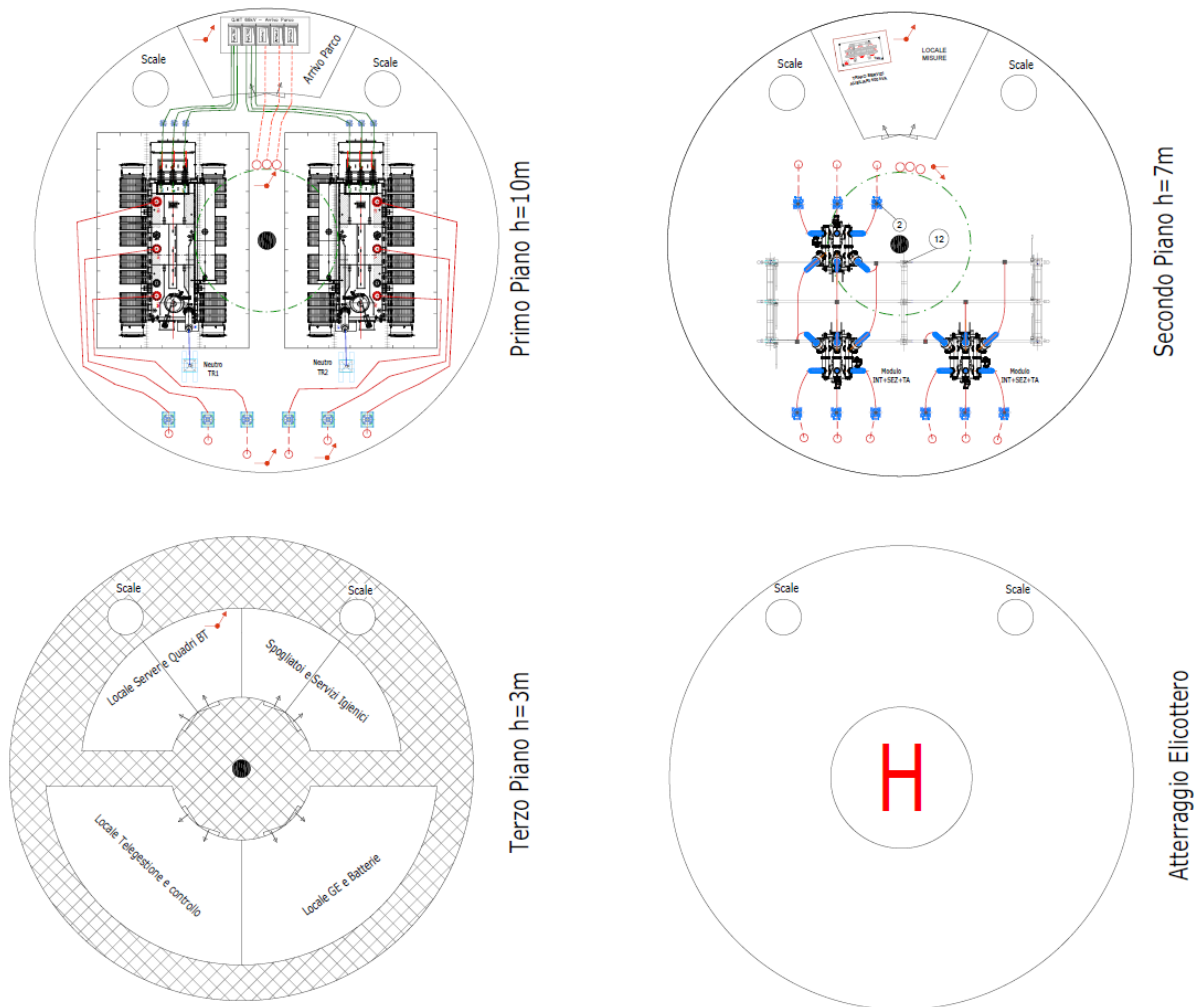


Figura 3.4 – Predisposizione della sottostazione elettrica offshore (FOS)

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data Marzo 2020 Pagina 27 Di 57

Il piano della FOS con altezza utile di 10 m ospiterà i quadri di arrivo dal parco e i trasformatori elevatori:

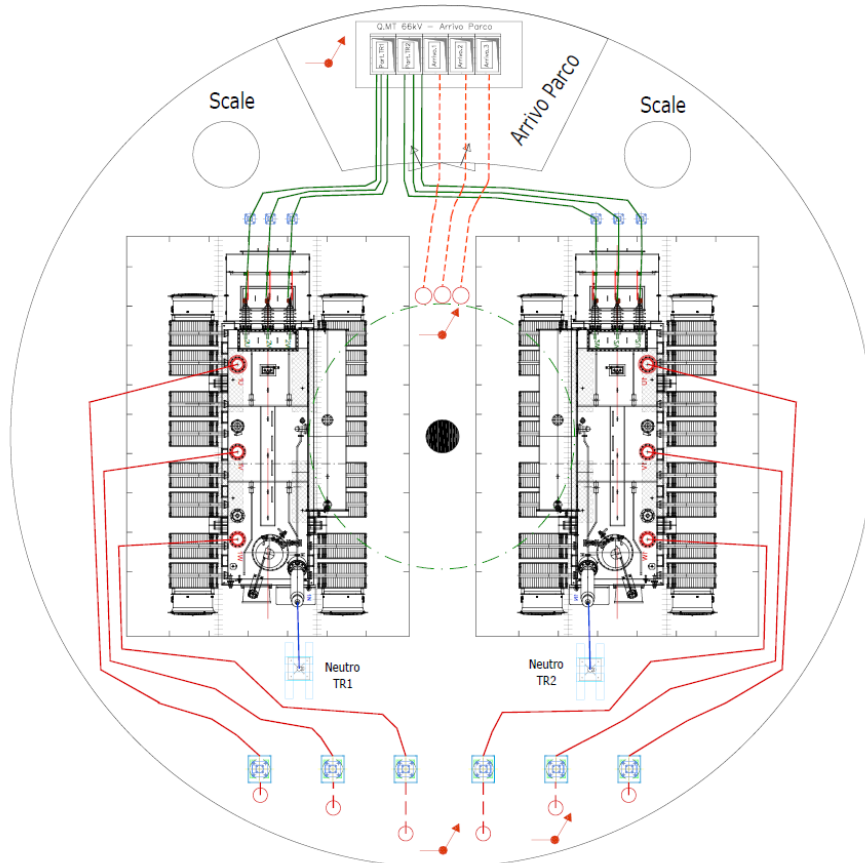


Figura 3.5 – Pianta del piano dei trasformatori

Vista frontale di collegamento dei trasformatori:

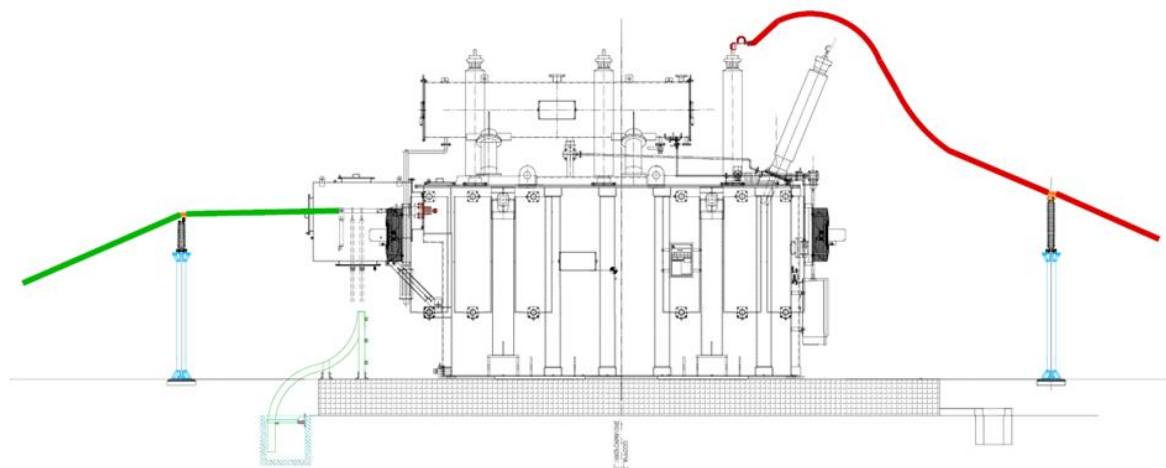


Figura 3.6 – Vista laterale del trasformatore

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data Marzo 2020	Pagina 28 Di 57

Il livello superiore ospiterà gli stalli in AT e i moduli ibridi PASS:

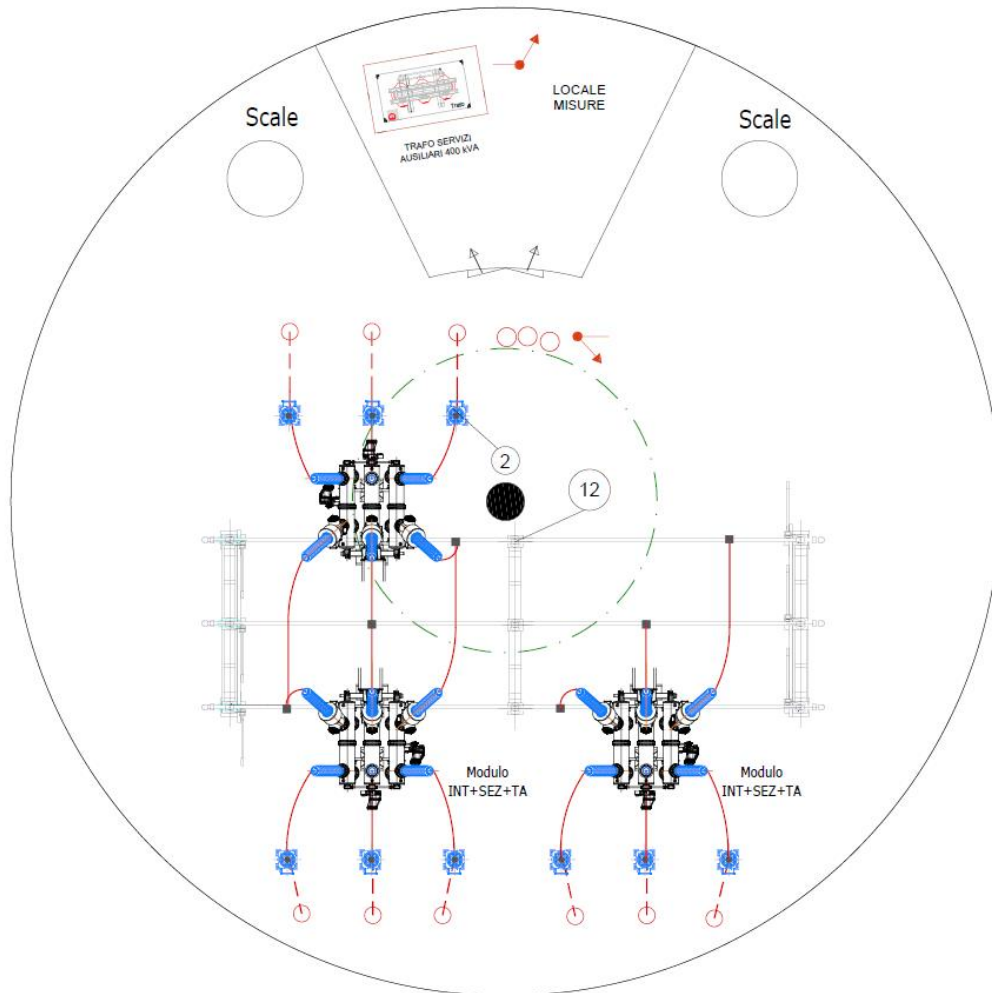


Figura 3.7 – Pianta del livello dei moduli AT

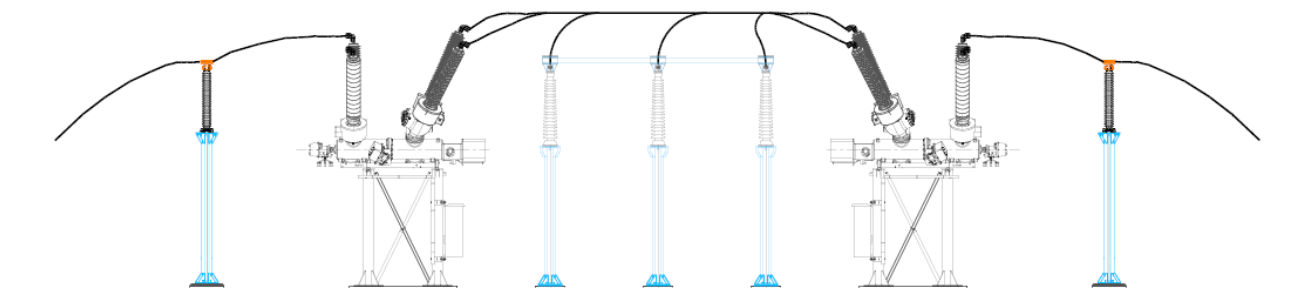


Figura 3.8 – Vista frontale dei moduli AT

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data Marzo 2020	Pagina 29 Di 57

L'ultimo livello prima della copertura sarà dedicato ai servizi ausiliari:

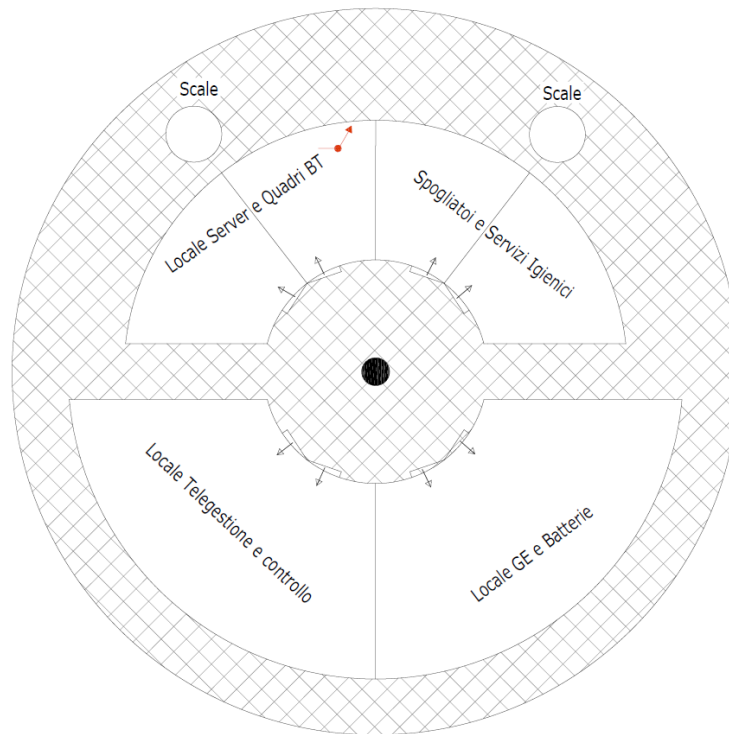


Figura 3.9 – Pianta del livello dei servizi Aux.

L'area di manutenzione ospiterà un gruppo di compensazione della potenza reattiva.

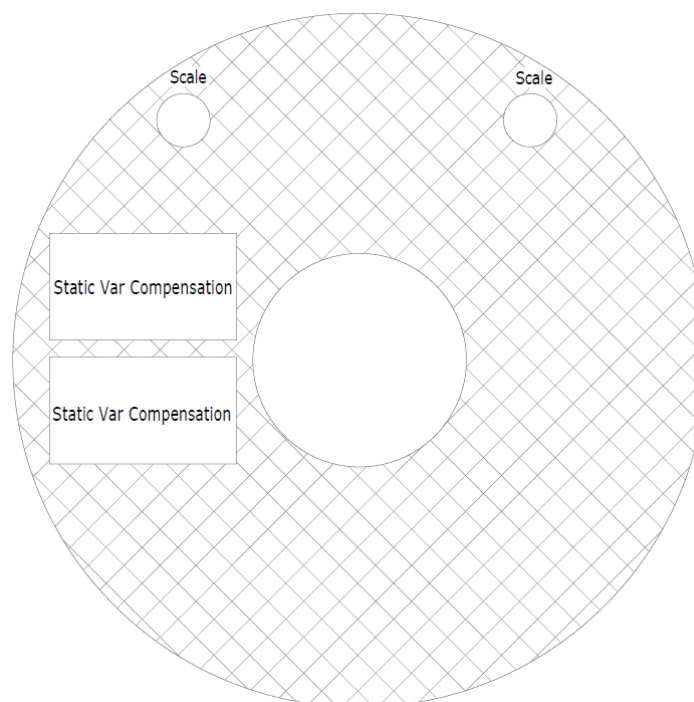


Figura 3.10 – Area di manutenzione della FOS

La copertura sarà destinata all'atterraggio degli elicotteri.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE		Data Marzo 2020
RELAZIONE ELETTRICA		Pagina 30	Di 57

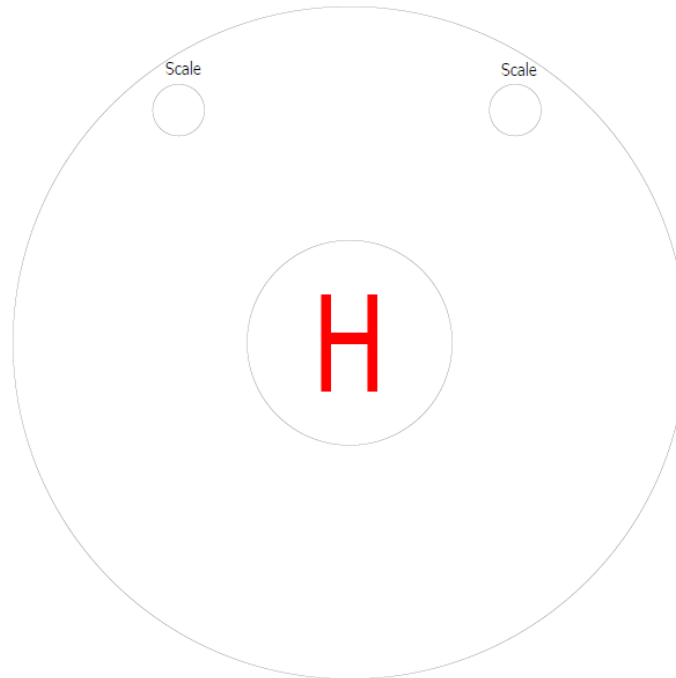


Figura 3.11 – Area di atterraggio elicotteri sul tetto della FOS

Nella seguente figura viene riportata uno schema in sezione della FOS.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data Marzo 2020	Pagina 31 Di 57

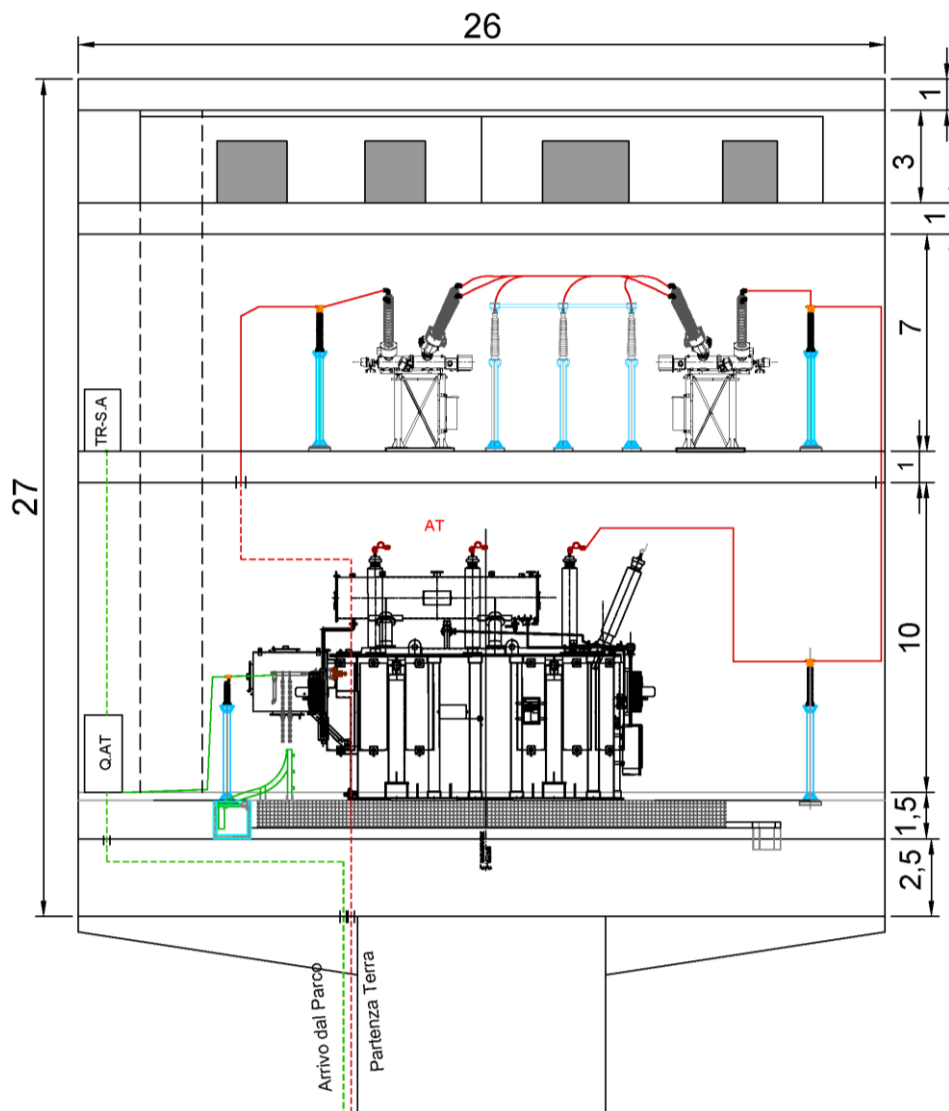


Figura 3.12 – Schema in sezione della FOS

Inoltre la piattaforma offshore sarà dotata di un piano di servizio collocato al di sotto del piano dei trasformatori, disponibile durante le operazioni di manutenzione.

3.3.1 Opere elettriche principali

Le opere elettriche principali previste per ciascuna FOS sono sintetizzabili in:

- montante e quadri di arrivo linea 66 kV dotato di scomparto misure e protezioni, interruttore arrivo linea ed interruttore di partenza trasformatore;
- due trasformatori elevatori 66/220 kV;
- un gruppo di compensazione della potenza reattiva;
- montante 220 kV di uscita dal trasformatore e partenza verso stazione di arrivo a terra tramite i moduli PASS;
- alimentazioni privilegiate;
- servizi ausiliari.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data Marzo 2020	Pagina 32 Di 57

Tutte le apparecchiature sono interamente isolate in SF₆.

3.3.1.1 Montante a 66 kV

Le linee di sottocampo a 66 kV sono collegate mediante adeguati supporti ad una montante di arrivo, equipaggiata con:

- n.3 interruttori tripolari AT in SF₆ (1250 A) con comando motorizzato e sezionatore con contatto di terra a monte e valle;
- n.3 terne di TV, per le misure e le protezioni;
- n.3 TA con n.1 primario da 1250 A e n.1 secondario (5 A) per le protezioni;
- relè di protezione multifunzione;
- dispositivo di interfacciamento per trasmissione dati ad onde convogliate, quale rinalzo alle fibre ottiche per la sola trasmissione dei coordinamenti delle protezioni di linea.

Specifiche:

- Tensione d'esercizio: 66 kV;
- Tensione massima: 76 kV;
- Frequenza: 50 Hz;
- Tensioni di tenuta:
 - a frequenza industriale: 90 kV eff.;
 - ad impulso atmosferico: 250 kV picco;
- Corrente ammissibile di breve durata: 40 kA x 1 sec;
- Stato del neutro: a terra tramite impedenza.

Le protezioni previste per il relè multifunzione saranno in accordo alle norme CEI 0-16, CEI 99-2 e CEI 99-3 in materia d'impianti di produzione; saranno individuate "protezioni di massima corrente, istantanea e ritardata, massima corrente di guasto a terra, minima e massima tensione, massima tensione omopolare, minima e massima frequenza e soglia direzionale di potenza attiva" (cod. IEEE: 50, 51, 51N, 27, 32, 59, 59N, 81,87).

Sulle stesse, saranno disponibili le indicazioni relative a tutte le grandezze elettriche di interesse: tensione, corrente, frequenza, fattore di potenza, potenza attiva e reattiva, energia attiva e reattiva.

Ciascuno scomparto dei quadri, sarà provvisto di apposita cella estraibile per il contenimento dei fusibili AT, dei trasformatori primari di tensione ed un solo secondario utilizzato per il relè di protezione.

Il montante di partenza del trasformatore lato 66 kV è costituito da:

- n.2 sezionatori tripolari AT (2000 A) a comando motorizzato;
- n.2 interruttori tripolari AT (2000 A) in SF₆, con comando motorizzato;
- n.1 congiuntore con comando motorizzato;
- n.3 TV induttivi a doppio secondario uno per la misura, uno per le protezioni di montante;
- n.3 TA di cui, n.1 primario da 2000 A e n.2 secondari (5 A), uno per la misura, uno per le protezioni di montante;

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 33	Di 57

- n.3 scaricatori di sovratensione.

3.3.1.2 Trasformatore elevatore

I due trasformatori saranno del tipo ONAN (Ventilazione naturale), utilizzabile anche in modalità ONAF (Ventilazione forzata), adatto per installazione all'esterno ed avrà potenza nominale pari a 160 MVA in ventilazione naturale (fino a 180 MVA in ventilazione forzata).

Il trasformatore avrà in dotazione sonde termometriche PT100 installate sugli avvolgimenti secondari per le misure di temperatura e dispositivi per la rilevazione della pressione dell'olio isolante. I segnali delle protezioni sopra descritte saranno inviati al quadro di controllo e utilizzati per segnalazioni di allarme e blocco.

A) Caratteristiche tecniche

- Tipo di servizio: continuo;
- Temperatura ambiente: 50°C;
- Frequenza: 50;
- Classe di isolamento: A;
- Metodo di raffreddamento: ONAN/ONAF;
- Tipo d'olio: minerale Nynas Nytro 10XN;
- Aumento della temperatura dell'olio agli avvolgimenti: max 5%;
- Potenza nominale: 160 MVA;
- Tensioni nominali (a vuoto):
 - AT: 220 kV;
 - AT: 66 kV;
- Tensioni nominali massimi (a carico):
 - AT: 245 kV;
 - AT: 72,5 kV;
- Regolazione sotto carico su AT: +/-12 x 1.25%;
- Collegamento fasi:
 - avvolgimento 220 kV: stella;
 - avvolgimento 66 kV: triangolo;
- Gruppo di collegamento: YNd11;
- Classe d'isolamento:
 - AT: LI 1050;
 - AT: 325;
- Tensione di tenuta a frequenza industriale per 1 min:
 - AT: 325 kV;
 - AT: 90 kV;
- Tensione di tenuta ad impulso con onda 1/50 micros:
 - lato 220 kV: 650 kV;
 - lato 66 kV: 170 kV;
- Sovratemperature ammesse:
 - olio avvolgimenti: 60/65 °C;

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data Marzo 2020	Pagina 34

- Perdite a vuoto: 90 kW;
- Perdite alla corrente nominale a 75°C, 220/66 kV: 400 kW;
- Norme: IEC 60076, IEC 62695, EN 50329.

B) Stallo Trasformatore

Lo stallo in AT del trasformatore sarà dotato di 3 scaricatori di sovratensione unipolari ad ossido metallico, un sezionatore tripolare a tre isolatori per polo e a doppia apertura laterale, un interruttore tripolare isolamento in gas, tre trasformatori di tensione induttivi unipolari per misure e protezione – isolamento in olio, tre trasformatori di corrente unipolari per misura e protezioni – isolamento in olio, tre scaricatori di sovratensione unipolari ad ossido metallico, due trasformatori trifase di potenza – isolamento in olio.

C) Protezione del trasformatore dalle sovratensioni

La sottostazione di trasformazione sarà protetta da scaricatori di sovratensione, in particolar modo le linee di collegamento ed il trasformatore di alta tensione.

Il trasformatore da 160 MVA sarà protetto sia sul lato 66 kV che sul lato 220 kV tramite:

- isolatori in AT;
- sistema di messa a terra;
- terminali in AT;
- scaricatori di sovratensione.

3.3.1.3 Gruppo di compensazione della potenza reattiva

Vedere sezione 4.

3.3.1.4 Montante 220 kV e moduli PASS

La sezione AT della sottostazione prevede l'installazione di un montante di connessione dal parco eolico al sistema sbarre del modulo PASS a 220 kV. È prevista l'installazione di tre moduli ibridi PASS 245 kV comprendenti:

Sezionatori combinati di linea e di terra (uno in ingresso, due in uscita)

- Tensione nominale: 252 kV;
- Corrente nominale: 4000 A;
- Corrente nominale di breve durata (1s): 50 kA;
- Corrente di picco massima: 125 kA;
- Tensione di prova ad impulso atmosferico:
 - verso massa: 1050 kV;
 - sulla distanza di sezionamento: 980 kV;
- Tensione di tenuta a frequenza industriale per 1min:
 - verso massa: 460 kV;
 - sulla distanza di sezionamento: 425 kV;
- Operazione delle lame di linea: motorizzato;
- Contatti ausiliari disponibili: 3NA + 3NC;
- Tensioni di comando: comando motorizzato 110 Vcc.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 35	Di 57

Interruttore

- Numero dei poli: 3;
- Mezzo di estinzione dell'arco: SF₆;
- Tensione nominale: 230 kV;
- Livello d'isolamento nominale: 250 kV;
- Tensione di tenuta a frequenza industriale per 1 min: 460 kV;
- Tensione di tenuta ad impulso con onda 1/50 ns: 1050 kV;
- Corrente nominale: 4000 A;
- Corrente di breve durata ammissibile per 1s: 50 kA;
- Ciclo di operazione nominale: 0-t-CO-t'-CO;
- Tempo di attesa t: 0,3s;
- Tempo di attesa t': 3 min;
- Corrente di stabilimento (picco fino a): 120 kA;
- Tipo di comando: BLK222 mecc. a molla;
- Comando manovra: tripolare;
- Tensioni di alimentazione ausiliaria:
 - Motore: 230 Vca;
 - Bobine di apertura / chiusura: 110 Vcc;
 - Relè ausiliari: 110 Vcc;
- Contatti ausiliari: 5 NA + 5 NC.

Trasformatori di corrente

- Isolamento: resina;
- Tensione nominale: 220 kV;
- Tensione di tenuta a frequenza industriale per 1 min: 400 kV;
- Tensione di tenuta ad impulso: 750 kV;
- Corrente nominale primaria: 200-400 A;
- Corrente nominale secondaria: 1-1-1 A;
- Numero nuclei: 3;
- Prestazioni e classi di precisione:
 - Nucleo misure: 20VA-0,5;
 - Nucleo protezioni: 20VA-5P20;
 - Nucleo UTF: 20VA-0,2.

Trasformatori di Tensione

Una terna di Trasformatori di tensione induttivi con rapporto di trasformazione 220.000:√3/100:√3 20 VA cl. 0,2 (certificato UTF per misure fiscali) con le seguenti caratteristiche:

- Tensione massima di riferimento per l'isolamento: 250 kV;
- Prestazioni nominali e classe di precisione: 20VA-0,2;
- Fattore di tensione (funzionamento per 8 h): 1,9 Un;
- Tensione di tenuta a frequenza industriale per 1 min: 400 kV;
- Tensione di tenuta ad impulso atmosferico: 750 kV.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data Marzo 2020	Pagina 36

N. 2 Sistema di sbarre

Sistema di sbarre completo di carpenteria e isolatori di supporto oltre a una terna di trasformatori di tensione capacitivi con rapporto $220.000:\sqrt{3}/100:\sqrt{3}$ 20VA cl. 0,5, 100VA cl. 3p.

- Tensione massima di riferimento per l'isolamento: 250 kV;
- Prestazioni nominali e classe di precisione:
 - Nucleo misure: 20VA 0,5;
 - Nucleo protezioni: 100VA 3p;
 - Fattore di tensione (funzionamento per 8 h): 1,9;
 - Tensione di tenuta a frequenza industriale per 1 min: 400 kV;
 - Tensione di tenuta ad impulso atmosferico: 750 kV.

3.3.2 Impianto sottostazione di trasformazione

3.3.2.1 Caratteristiche tecniche generali

Tensione nominale	220 kV;
Tensione massima del sistema	250 kV;
Frequenza nominale	50 Hz;
Tensione di tenuta a frequenza industriale	400 kV;
Tensione di tenuta ad impulso atmosferico	750 kV;
Corrente nominale di breve durata	50 kA x 1s;
Linea di fuga per gli isolatori	25 mm/kV.

Le apparecchiature AT saranno posizionate in accordo con la Norma CEI 99-2 e CEI 99-33.

Tutti gli interruttori da 220 kV saranno conformi alla specifica tecnica TERNA: "Guida Tecnica per la progettazione esecutiva, realizzazione, collaudo ed accettazione di Stazioni Elettriche di smistamento della RTN a tensione nominale 200-250 kV di tipo AIS, MTS e GIS Rev. 00 del 22/02/12".

3.3.2.2 Quadro di comando, protezione e controllo dei servizi

Nella sala BT verrà installato il quadro di comando, protezione e controllo dei servizi (QPCS) dal quale sarà possibile effettuare tutti i comandi e controlli nonché tramite opportuna centralina sarà possibile vedere la situazione allarmi.

3.3.3 Impianti elettrici di servizio

Per l'alimentazione dei servizi della centrale elettrica offshore sarà previsto un sistema di alimentazione BT 0.4 kV, in derivazione dal parco eolico, configurato in accordo e conformità alle specifiche CEI. Per tutti i servizi della sottostazione di trasformazione sarà previsto un quadro BT 0,4 kV del tipo ad armadio a pannelli metallici chiusi, con comandi e segnalazioni accessibili.

Saranno quindi realizzati i seguenti impianti tecnologici:

- impianto illuminazione;

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 37	Di 57

- impianti forza motrice;
- impianti alimentazione privilegiata e UPS (gruppo di continuità);
- impianti di climatizzazione e ventilazione;
- sistema di rilevazione, telesegnalazione ed estinzione incendi;

3.3.3.1 Illuminazione della sottostazione offshore

Per l'illuminazione esterna della piattaforma offshore a servizio della sottostazione, si farà riferimento alla Norma UNI EN 12464-2. Tale Norma prescrive un illuminamento medio (Em) di 300 lux per le piattaforme elevate dove, in caso di necessità, saranno svolti lavori di riparazione e manutenzione.

Tutte le aree interne della stazione elettrica offshore saranno dotate di un'illuminazione, composta da lampade LED da 50 W ad alto rendimento con plafoniere a tenuta stagna (grado di protezione IP 65), per un illuminamento minimo di 200 lux; tali lampade consentiranno anche la funzione "illuminazione emergenza".

3.3.3.2 Impianto forza motrice

L'intera sottostazione offshore sarà dotata di prese industriali (400 Vca) e di prese civili (230 Vca) in grado di soddisfare tutte le utenze interne.

3.3.3.3 Sistema di rilevazione, telesegnalazione ed estinzione incendi

La sottostazione è dotata di un sistema antincendio, che consiste in rilevatori di fumo e CO, i quali rivelano gli incendi e attivano un sistema di spegnimento ad acqua atomizzata ad alta pressione nel caso di incendi dei componenti meccanici e a gas inerte (azoto) nel caso di incendi dei componenti elettrici (cabine elettriche e trasformatore).

In aggiunta a ciò e in accordo con la normativa vigente, i materiali impiegati saranno del tipo autoestinguenti.

3.3.3.4 Impianti alimentazione privilegiata e UPS (gruppo di continuità)

Tra le utenze alimentate dal quadro BT ve ne saranno alcune prioritarie asservite da gruppi UPS 110 Vcc, UPS 400 Vca trifase e generatore ausiliari, i cui allarmi e segnali di stato confluiranno nel sistema di supervisione di rete.

Sarà previsto un apposito generatore diesel di taglia compatibile con il fabbisogno dei servizi privilegiati, compreso il sistema antincendio.

3.3.4 Sistemi di protezione

3.3.4.1 Impianto di Terra (Earthing System)

L'impianto della messa a terra sarà unico per l'intera sottostazione offshore e curerà il contenimento delle tensioni di passo e contatto. L'impianto di terra sarà interconnesso in punti scollegabili per effettuare misurazioni delle tensioni di contatto e di passo della FOS.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 38	Di 57

3.3.4.2 Protezione contro i fulmini della FOS

Anche la sottostazione di trasformazione offshore sarà protetta fisicamente dalle scariche atmosferiche tramite un sistema di protezione LPS (Lightning Protection System) che dissiperà le sovratensioni di origine atmosferica. Per il dimensionamento della protezione si farà riferimento alla Norma CEI EN 62305 e alla DNVGL-ST-0145 (Offshore substations).

3.3.4.3 Scaricatore di sovratensione

L'intera area AT sarà protetta da sovratensione mediante scaricatori di sovratensione in grado di disperdere la corrente verso il collettore principale di terra secondo le norme di riferimento CEI EN 60099 e IEC 99-5/1996. Gli scaricatori in alta tensione evitano gli effetti causati da sovratensioni con ampiezze inammissibili.

3.3.4.4 Protezione dalla corrosione

Valgono le stesse considerazioni del paragrafo 3.1.6.6 "Protezione dalla corrosione".

3.3.5 Collaudi e montaggi

I lavori saranno tutti quelli necessari per allineare le sottostazioni elettriche offshore (FOS) ai criteri dettati dalle norme CEI e IEC.

Sulle apparecchiature saranno eseguite tutte le prove e le verifiche previste nel piano controllo/qualità, in accordo alle normative vigenti:

- CEI 42-4 prescrizioni generali e modalità di prova per l'alta tensione;
- CEI 42-5 dispositivi di misura e guida d'applicazione per le prove ad alta tensione.

Le attività del collaudo in opera si collocano al termine dei lavori di ogni singola unità funzionale. Verranno pertanto provate contemporaneamente tutte le apparecchiature, le circuiterie e gli elementi AT di ogni unità funzionale per la successiva messa in servizio.

3.4 Sottostazione elettrica onshore di consegna e misura in alta tensione

La connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale dell'energia elettrica è prevista in configurazione *consegna lungo la linea a 220 kV esistente* presso la stazione elettrica TERNA Sulcis S/E.

La configurazione, le distanze minime, gli impianti e i servizi della sottostazione saranno progettati in accordo a quanto previsto dal C.d.R. TERNA all.3.

Gli elementi che compongono la sottostazione di consegna, che sorgerà in prossimità della esistente Stazione Elettrica di Sulcis in AT, sono:

- n. 2 terminali cavi a 220 kV e apparecchiature di protezione 220 kV;
- n. 1 trasformatore MT/AT per compensazione potenza reattiva;
- n. 4 montanti linea 220 kV (due di arrivo parco, uno per partenza consegna stazione TERNA Sulcis S/E e uno per partenza trasformatore);
- n. 2 gruppi di compensazione della potenza reattiva;
- n. 2 reattanze di shunt;

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data Marzo 2020	Pagina 39 Di 57

- n. 2 filtri armoniche;
- n. 2 stalli MT;
- n. 1 stallo AT;
- n. 2 interruttori MT;
- n. 15 scaricatori MT;
- n. 15 scaricatori AT;
- chioschi per apparecchiature elettriche;
- n.2 terne di cavi a 220 kV partenza alla RTN - Sulcis;
- strada di accesso all'area della stazione elettrica TERNA Sulcis S/E;
- n. 1 locale "Sala controllo";
- n. 1 locale "Sala telegestione";
- n. 1 "Locale Misure";
- n. 1 "Locale Quadri Aux"

Nella Figura 3.13 sono evidenziate le due opzioni di installazione della sottostazione di consegna utente necessaria per la connessione con la Stazione TERNA Sulcis S/E. La scelta tra le soluzioni A e B sarà effettuata in fase di progettazione definitiva.

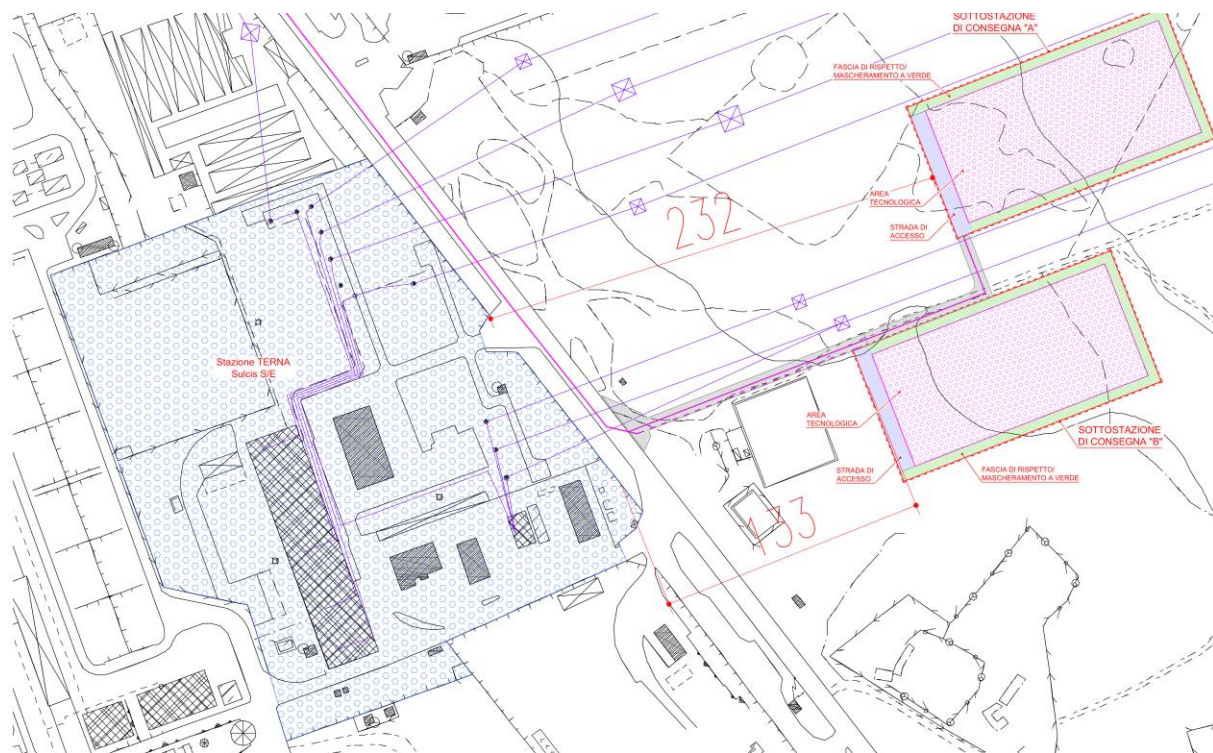


Figura 3.13 - Sottostazione di consegna utente e stazione TERNA Sulcis S/E OPZIONE A, OPZIONE B

La Figura 3.14 mostra lo schema di massima della sottostazione di consegna onshore.

All'interno dell'area della sottostazione sarà realizzato un edificio atto a contenere le apparecchiature di potenza e controllo della sottostazione stessa, le apparecchiature di misura dell'energia elettrica, i quadri di comando e controllo, gli apparati di teleoperazione, i

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
	iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data Marzo 2020

servizi per il personale di manutenzione, le batterie, i quadri BT in c.c. e c.a. per l'alimentazione dei servizi ausiliari ed il gruppo elettrogeno d'emergenza

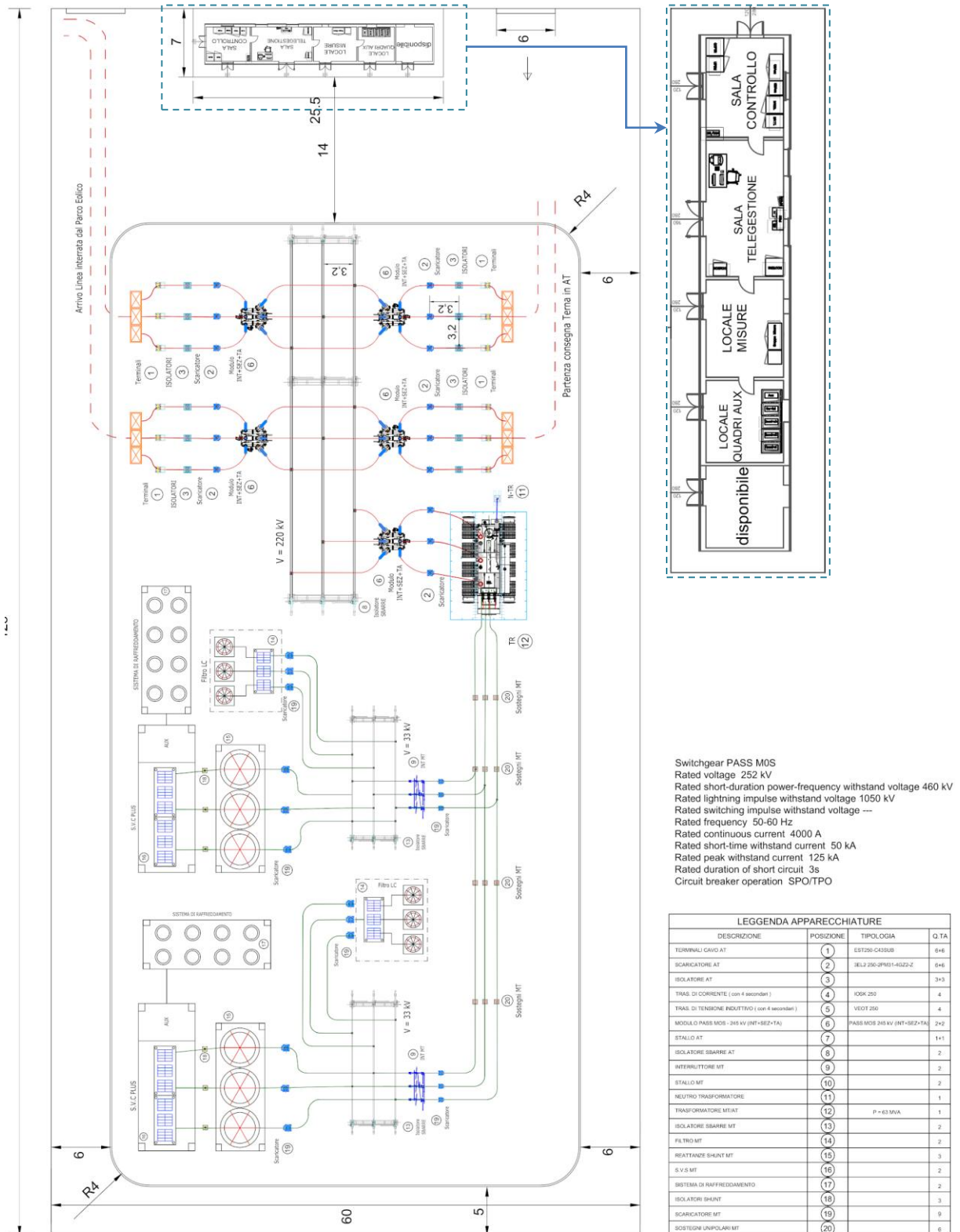


Figura 3.14 - Sottostazione di consegna onshore

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data Marzo 2020	Pagina 41

3.4.1 Norme e disposizioni

Tutte le opere elettriche saranno realizzate in conformità con le seguenti norme e disposizioni di legge:

- Norme IEC / CEI / ENEL;
- Norme ISO;
- Codice di Rete TERNA;
- Guida ENEL per le connessioni;
- DM37 del 22 gennaio 2008, L. 626/94;

Le apparecchiature installate dovranno rispondere per progettazione, fabbricazione e prove alle seguenti norme:

- IEC-60056, HV Alternating current Circuit Breakers
- IEC-60439, LV Switchgear and controlgear assemblies
- IEC-60502, Extruded solid dielectric insulated power cables for rated voltages from 1 kV up to 66kV
- IEC-60947, LV switchgear and control gear
- IEC-60227, Electrical equipment within LV systems
- EN-50164, 61663, Lightning protection system
- IEC-60076, Transformers and reactors
- IEC-60831, Specifications for capacitors
- IEC-60354, Loading guide for oil-immersed power transformers
- IEC-60296, On-Load tap-changers

Tutte le apparecchiature avranno caratteristiche adeguate a un esercizio di lungo periodo nei luoghi previsti dell'installazione.

3.4.2 Opere civili

È prevista la realizzazione di un fabbricato adibito a:

- locale quadri per il comando, il controllo e protezione dell'impianto;
- locale trasformatore servizi ausiliari;
- locale gruppo elettrogeno;
- locale banchi batterie degli UPS 110 Vcc di quadro e 400/230 Vca;
- locale telegestione;
- locale quadri BT;
- locale magazzino/disponibile.

3.4.3 Opere primarie della connessione elettrica (220 kV)

La configurazione di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) prevede l'installazione di 2 montanti AT di arrivo dal parco eolico e 2 di partenza verso la rete TERNA.

I due cavi di arrivo dai parchi a 220 kV entreranno nella sottostazione di consegna utente mediante adeguati pozzetti, distinti e separati per destinazione. L'intera sottostazione di consegna sarà dotata di impianto di terra equipotenziale.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 42	Di 57

Le apparecchiature all'aperto saranno composte da moduli ibridi compatti (PASS) costituiti da interruttori – sezionatori monoblocco con contatto di terra a monte ed a valle, in involucro a tenuta in SF₆.

Salvo diverse esigenze TERNA le sbarre e le apparecchiature sono previste, in aria, con una distanza minima di 3.2 m tra le fasi AT.

Gli isolatori portanti per le parti metalliche esposte a 220 kV saranno tutti in porcellana (CEI 36-12 e CEI-EN60168), ad eccezione di quelli a bordo del traliccio di doppia transizione, che saranno in vetro temperato (CEI-EN 60383-1 e 60383-2).

Le sbarre saranno dotate di LPS reciprocamente indipendenti in configurazione 3+1, e confluenti, attraverso calate isolate, nel dispersore locale.

Le opere principali della sottostazione di consegna rispetteranno distanze e disposizioni elettromeccaniche prescritte da TERNA nel C.d.R.

3.4.3.1 Montanti AT

Ciascun montante arrivo sarà costituito da:

- n.1 sistema di ammarro della linea in cavo;
- n.1 interruttore tripolare AT in SF₆ (I_n = 2000 A), con comando motorizzato;
- n.3 trasformatori di tensione, di tipo capacitivo, ciascuno con 3 secondari, di cui il primo da utilizzare per la misura delle grandezze elettriche di montante, il secondo per le protezioni di montante e il terzo lasciato disponibile;
- n.1 sezionatori tripolari AT con I_n = 2000 A, comando motorizzato di cui uno posizionato a monte e l'altro a valle dell'interruttore;
- n.3 trasformatori di corrente aventi ciascuno 1 primario da 1000 A e 3 secondari (5 A) di cui il primo sarà utilizzato per la misura delle grandezze elettriche di montante, il secondo per le protezioni di montante mentre il terzo verrà lasciato disponibile.

Il montante di arrivo sarà collegato tramite un sistema di sbarre da cui derivare il montante di consegna.

Il montante di partenza sarà invece costituito da:

- n.1 sezionatore tripolare AT (I_n = 2000 A), con comando motorizzato;
- n.3 trasformatori di tensione, di tipo induttivo, aventi ciascuno 1 secondario che utilizzato per le misure fiscali delle grandezze elettriche;
- n.3 trasformatori di corrente aventi ciascuno 1 primario da 1000 A e 3 secondari da 5 A che saranno utilizzati per le misure fiscali delle grandezze elettriche.

Tutte le unità aeree saranno protette da sistema di scaricatori di estinzione a corna, collegati alla terra di sottostazione.

Dai montanti di consegna partono due linee in cavo della lunghezza di circa 300 m, con cavo di sezione 3x(1x1600mm²) in alluminio, che conduce al nuovo punto di inserzione in rete RTN.

Tutte le apparecchiature saranno ubicate all'interno della sottostazione su apposito piazzale il cui perimetro sarà reso inaccessibile da recinzione.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data Marzo 2020	Pagina 43

3.4.3.2 Caratteristiche tecniche generali a 220 kV

- tensione nominale d'esercizio: 220 kV;
- tensione massima del sistema: 250 kV;
- frequenza nominale: 50 Hz;
- tensione di tenuta a frequenza industriale: 315 kV;
- tensione di tenuta ad impulso atmosferico: 750 kV;
- corrente ammissibile di breve durata: 50 kA x 1s;
- valore di cresta della corrente ammissibile di breve durata: 80 kA;
- linea di fuga per gli isolatori: 25 mm/kV;
- stato del neutro: efficacemente a terra.

Le apparecchiature AT saranno posizionate in accordo con la norma CEI 99-2 e CEI 99-3 rispettando in particolare le seguenti prescrizioni:

- altezza minima da terra delle parti in tensione: 4500 mm;
- distanza tra gli assi delle fasi delle apparecchiature: 3200 mm.

Tutti gli interruttori da 220 kV saranno conformi:

- alla specifica tecnica TERNA: "Guida Tecnica per la progettazione esecutiva, realizzazione, collaudo ed accettazione di Stazioni Elettriche di smistamento della RTN a tensione nominale 200÷220 kV di tipo AIS, MTS e GIS Rev. 00 del 22/02/12";
- INGSTMCI01 Rev. 00 15/03/06 "Moduli compatti integrati, con isolamento in gas SF6, per tensioni nominali uguali o superiori a 145 kV";
- INGSTMCI02 Rev. 00 15/09/06 Addendum alla Specifica Tecnica INGSTMCI01 Rev. 00 del 15/03/06 "Moduli compatti integrati, con isolamento in gas SF6, per tensioni nominali uguali o superiori a 145 kV";
- INGSTMCI03 Rev. 00 11/02/08 Addendum alla Specifica Tecnica INGSTMCI01 Rev. 00 del 15/03/06 "Moduli compatti integrati, con isolamento in gas SF6, per tensioni nominali uguali o superiori a 145 kV".

3.4.3.3 Specifiche del modulo ibrido GIS PASS M0S 245 kV

Al fine di ridurre gli ingombri delle apparecchiature elettromeccaniche in AT sarà installato un modulo ibrido GIS PASS M0S 245 kV costituito dai seguenti dispositivi:

Sezionatori combinati di linea e di terra (1 in ingresso, 1 in uscita)

- Tensione nominale: 220 kV;
- Corrente nominale: 1600 A;
- Corrente nominale di breve durata (1s): 50 kA;
- Tensione di prova ad impulso atmosferico:
 - Verso massa: 750 kV;
 - Sulla distanza di sezionamento: 860 kV;
- Tensione di tenuta a frequenza industriale per 1min:
 - Verso massa: 325 kV;
 - Sulla distanza di sezionamento: 375 kV;
- Operazione delle lame di linea: motorizzato

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 44	Di 57

- Contatti ausiliari disponibili: 3NA + 3NC;
- Tensioni di comando: comando motorizzato 110 Vcc.

Interruttore

- Tipo: B250–BLK222;
- Numero dei poli: 3;
- Mezzo di estinzione dell'arco: SF₆;
- Tensione nominale: 220 kV;
- Livello di isolamento nominale: 250 kV;
- Tensione di tenuta a frequenza industriale per 1 min: 325 kV;
- Tensione di tenuta ad impulso con onda 1/50ns: 750 kV;
- Corrente nominale: 1600 A;
- Corrente di breve durata ammissibile per 1s: 50 kA;
- Ciclo di operazione nominale: 0-t-CO-t'-CO;
- Tempo di attesa t: 0,3 s;
- Tempo di attesa t': 3 min;
- Corrente di stabilimento (picco fino a): 100 kA;
- Tipo di comando: BLK222 mecc. a molla;
- Comando manovra: tripolare;
- Tensioni di alimentazione ausiliaria
 - Motore: 220 Vca;
 - Bobine di apertura / chiusura: 110 Vcc;
 - Relè ausiliari: 110 Vcc;
- Contatti ausiliari: 5 NA + 5 NC.

Trasformatori di corrente

- Tipo: TAT;
- Isolamento: Resina;
- Tensione nominale: 220 kV;
- Tensione di tenuta a frequenza industriale per 1 min: 325 kV;
- Tensione di tenuta ad impulso: 750 kV;
- Corrente nominale primaria: 200-400A;
- Corrente nominale secondaria: 1-1-1 A;
- Numero nuclei: 3;
- Prestazioni e classi di precisione:
 - Nucleo misure: 20VA-0,5;
 - Nucleo protezioni: 20VA-5P20;
 - Nucleo UTF: 20VA-0,2;

Trasformatori di Tensione

Una terna di trasformatori di tensione induttivi, con rapporto di trasformazione 220.000:√3/100:√3 20 VA cl. 0,2 (certificato UTF per misure fiscali):

- Tensione massima di riferimento per l'isolamento: 250 kV;
- Rapporto di trasformazione: 220:√3/0,1:√3 kV;

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 45	Di 57

- Prestazioni nominali e classe di precisione: 20VA-0,2;
- Fattore di tensione (funzionamento per 8 h): 1,9 Un;
- Tensione di tenuta a frequenza industriale per 1 min: 325 kV;
- Tensione di tenuta ad impulso atmosferico: 750 kV;

Sistemi di sbarre AT

- Carpenteria e isolatori di supporto;
- Tensione massima di riferimento per l'isolamento: 250 kV;
- Rapporto di trasformazione: $220:\sqrt{3}/0.1:\sqrt{3}$ kV;
- Prestazioni nominali e classe di precisione:
 - Nucleo misure: 20VA 0,5;
 - Nucleo protezioni: 100VA 3p;
- Fattore di tensione (funzionamento per 8 h): 1,9;
- Tensione di tenuta a frequenza industriale per 1 min: 325 kV;
- Tensione di tenuta ad impulso atmosferico: 750 kV.

3.4.4 Cavi AT, MT e BT

3.4.4.1 Cavi AT e MT

Saranno forniti e posati cavi AT e MT per i seguenti collegamenti:

- Sistema di connessione alle apparecchiature in MT per la compensazione della potenza reattiva;
- Sistema di sbarre – Tralicci o linea in cavo di connessione con la linea TERNA: cavo $3x(1x1600 \text{ mm}^2 \text{ Al})$ (IEC60840 - $200\div 250$ kV).

3.4.4.2 Cavi BT

I cavi BT, per il collegamento delle apparecchiature fornite nell'area sottostazione e i quadri BT, saranno del tipo FG7OR 0,6 /1 kV - "non propagante l'incendio" secondo CEI 20-22.

3.4.4.3 Fibre ottiche

F/O necessarie per il collegamento tra la RTU (Remote Terminal Unit) ed il PC server.

3.4.5 Impianti ausiliari a servizio della sottostazione

3.4.5.1 Sistema di telegestione e controllo

Il sistema di supervisione della sottostazione di consegna prevede che i segnali di stato per tutte le apparecchiature siano concentrati in una RTU (Remote Terminal Unit) attraverso una rete di trasmissione locale dei dati in fibra ottica. I dati elaborati dalla RTU sono trasmessi ad un centro remoto di controllo.

Il quadro di comando, protezione e controllo, installato nel locale "Sala controllo", consentirà le operazioni di comando e controllo della sottostazione con la possibilità di visualizzare e monitorare gli allarmi tramite centralina. Il quadro sarà dotato di sinottico includendo anche le protezioni.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 46	Di 57

La connessione con il sistema TERNA avverrà in base a quanto previsto dal C.d.R.

3.4.5.2 Quadro Principale Bassa Tensione

Sarà installato un quadro elettrico tipo *Power Center*, conforme per configurazione, composizione e prestazioni, alle prescrizioni del C.d.R. TERNA All. 3.

Lo scomparto avrà grado di protezione IP3x, costruito e collaudato in conformità alle norme CEI 17-13/1 fasc.1433 ed alle prescrizioni antinfortunistiche (D.P.R. 547/55).

3.4.5.3 Quadro di distribuzione in Bassa Tensione

Per tutti i servizi di sottostazione sarà previsto un quadro BT 0,4 kV del tipo ad armadio, con comandi e segnalazioni accessibili a pannelli metallici chiusi, portella con maniglia e serratura trasparente IPW 41 con guarnizione.

La barratura potrà essere alimentata da un generatore diesel da 100 kVA ad avviamento automatico per black-out prolungato.

3.4.5.4 Alimentazioni privilegiate

Tra le utenze alimentate dal quadro BT ve ne saranno alcune prioritarie asservite da gruppi UPS 110 Vcc, UPS 400 Vca trifase e generatore ausiliari, i cui allarmi e segnali di stato confluiranno nel sistema di supervisione di rete.

Sarà previsto un apposito generatore diesel di taglia compatibile con il fabbisogno dei servizi privilegiati, compreso il sistema antincendio.

3.4.5.5 Sistema di distribuzione CA/CC della sottostazione di consegna:

Il sistema di distribuzione sarà così composto:

- Raddrizzatore/Caricabatteria:
 - n.2 raddrizzatori a doppio ramo (uno di back up);
 - n.1 batteria di accumulatori,
 - alimentatore in CA o CC;
 - segnalazioni.
- Pannello di distribuzione CA e CC:
 - interruttore generale;
 - sezionatore per alimentazione da GE;
 - interruttori quadripolari e bipolari:
 - Alimentazione ausiliari TR;
 - Illuminazione esterna;
 - Raddrizzatore;
 - prese F.M.;
 - condizionatori;
 - illuminazione interna locali;
 - UPS e proprie utenze;
 - illuminazione locali;

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 47	Di 57

- Batterie di accumulo ermetiche al litio;
- UPS;
- Gruppo elettrogeno diesel.

3.4.5.6 Sistema di antintrusione per la sottostazione di consegna:

La sottostazione di consegna sarà dotata di un sistema antintrusione.

3.4.5.7 Impianti elettrici di servizio

La sottostazione di consegna sarà dotata degli impianti di servizio di seguito descritti:

- illuminazione area stalli AT e area manutenzione con illuminamento minimo di 300 lux;
- illuminazione esterna sottostazione di consegna con illuminamento minimo di 50 lux;
- illuminazione e forza motrice locali servizi;
- impianti di climatizzazione e ventilazione;
- sistema di rilevazione, telesegnalazione ed estinzione incendi;
- sistema antintrusione.

3.4.5.8 Illuminazione area stalli AT e area manutenzione

Per l'illuminazione dell'area stalli AT e dell'area manutenzione della sottostazione, si farà riferimento alla Norma UNI EN 12464-2. Tale Norma prescrive un illuminamento medio (Em) di 300 lux per le aree in cui saranno svolti lavori di riparazione e manutenzione.

3.4.5.9 Illuminazione esterna sottostazione

Per l'illuminazione esterna della sottostazione sarà garantito un illuminamento medio (Em) di 50 lux.

3.4.5.10 Illuminazione e forza motrice locali servizi

Tutte le aree interne della sottostazione elettrica, adibite a servizi, saranno dotate di illuminazione, composta da lampade LED da 50 W ad alto rendimento con plafoniere a tenuta stagna (grado di protezione IP 65), per un illuminamento minimo di 200 lux; tali lampade consentiranno anche la funzione "illuminazione emergenza".

I locali servizi saranno dotati di prese industriali (400 Vca) e di prese civili (230 Vca) in grado di soddisfare tutte le utenze interne.

3.4.5.11 Sistema di rilevazione, telesegnalazione ed estinzione incendi

La sottostazione è dotata di un sistema antincendio, che consiste in rilevatori di fumo e CO, i quali rivelano gli incendi e attivano un sistema di spegnimento a gas inerte (azoto) nel caso di incendi dei componenti elettrici.

In aggiunta a ciò e in accordo con la normativa vigente, i materiali impiegati saranno del tipo autoestinguenti.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 48	Di 57

3.4.5.12 Impianti alimentazione privilegiata e UPS (gruppo di continuità)

Tra le utenze alimentate dal quadro BT ve ne saranno alcune prioritarie asservite da gruppi UPS 110 Vcc, UPS 400 Vca trifase e generatore ausiliari, i cui allarmi e segnali di stato confluiranno nel sistema di supervisione di rete.

Sarà previsto un apposito generatore diesel di taglia compatibile con il fabbisogno dei servizi privilegiati, compreso il sistema antincendio.

3.4.6 Sistemi di protezione

3.4.6.1 Protezioni della sottostazione di consegna

Le protezioni e i comandi delle apparecchiature elettriche saranno cablate e convogliate in un quadro che realizzerà uno schema sinottico dei sistemi dal quale sarà possibile controllare la sottostazione attraverso display.

Le protezioni della sottostazione di consegna saranno conformi alle prescrizioni della norma CEI 0-16. In linea di massima si prevede:

- Per ogni montante 220 kV:
 - 27, protezione minima tensione;
 - 50, massima corrente istantanea;
 - 51, massima corrente tempo inverso;
 - 51N, massima corrente omopolare di fase;
 - 59, massima tensione statorica;
 - 64, relè di corrente verso terra (guasto di dispersione);
 - 81<, regolazione di minima frequenza;
 - 81>, regolazione di massima frequenza;
 - 87T, protezione del differenziale del trasformatore;
- Per la linea 220 kV:
 - 27, protezione minima tensione;
 - 59, massima tensione statorica;
 - 59N, protezione della tensione omopolare;
 - 67, relè direzionale di massima corrente;
 - 81<, regolazione di minima frequenza;
 - 81>, regolazione di massima frequenza;
 - 67N, protezione di guasto a terra direzionale;
 - 87L, protezione differenziale di linea.

Per tutte le misure saranno adottati componenti secondo specifiche TERNA.

Tutte le protezioni saranno considerate per tutte le apparecchiature, oltre che su sistema di supervisione, anche su relè multifunzione.

3.4.6.2 Impianto di terra sottostazione di consegna utente

L'area destinata alla recinzione della sottostazione di consegna utente sarà servita da un impianto di terra unico, i cui dispersori saranno uniti a costituire un unico dispersore

 <p>Ichnusa wind power srl</p>	<p>PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE</p>	<p>Documento F0219E.R010.RELELE.00.b</p>	
<p>iLStudio. Engineering & Consulting Studio</p>	<p>PROGETTO PRELIMINARE</p>	<p>Data Marzo 2020</p>	
	<p>RELAZIONE ELETTRICA</p>	<p>Pagina 49</p>	<p>Di 57</p>

mediante giunti galvanicamente protetti, ispezionabili e sezionabili per misura e manutenzione. Il piano di calpestio del piazzale sarà reso equipotenziale tramite una rete elettrosaldata annegata nel calcestruzzo, ciascuna posta in intimo contatto col proprio dispersore, ed isolata con un manto di bitume di spessore superiore a 8 cm.

Il valore della resistenza di terra sarà dimensionato in relazione alle correnti di terra dichiarate da TERNA per il punto di connessione. Tale valore sarà in grado di garantire una equipotenzialità interna al sistema ed un gradiente di potenziale ai margini tale da assicurare la sicurezza delle persone e degli impianti secondo quanto previsto dalla CEI EN 50522-CEI 99 – 3 “Messa a terra degli impianti elettrici a tensione > 1 kV c.a.”.

Sarà particolarmente curato il contenimento delle tensioni di passo e contatto. L'impianto di terra sarà interconnesso in punti scollegabili per effettuare misurazioni con la rete di terra della sottostazione di consegna onshore.

I TA, i TV, gli scaricatori ed i portali di ammarro verranno collegati alla rete di terra mediante quattro conduttori di rame di diametro 15 mm allo scopo di ridurre i disturbi elettromagnetici nelle apparecchiature di protezione e di controllo.

I conduttori di rame vengono collegati tra loro con dei morsetti a compressione in rame e il collegamento ai sostegni è realizzato mediante capocorda e bullone.

La messa a terra degli edifici sarà realizzata mediante un anello perimetrale di corda di rame da 150 mm² dal quale partiranno le cime emergenti portate nei vari locali, invece i collegamenti interni verranno effettuati con una corda di rame da 120 mm². Alla rete di terra saranno anche collegati i ferri di armatura di ciascun edificio, delle fondazioni, dei portali, dei chioschi e dei cunicoli. Inoltre sarà realizzata una rete magliata per rendere equipotenziale l'area.

L'impianto di terra della sottostazione sarà unico per l'intero intervento e dimensionato per contenere le tensioni di passo e contatto al di sotto di limiti potenzialmente pericolosi per la sicurezza delle persone. Tali valori di tensione sono dipendenti dalla corrente di guasto a terra permanente comunicata dal distributore, non nota.

All'impianto di terra globale verranno connessi i pilastri della struttura in acciaio, i ferri di armatura della centrale antincendio nonché i ferri di armatura della struttura prefabbricata e tutte le parti metalliche facenti parte dell'intera opera.

Dopo aver realizzato la rete magliata della sottostazione elettrica sarà realizzata un'altra maglia esterna ad essa con i dispersori di terra che verranno connessi all'impianto di terra globale.

3.4.6.3 Impianto di protezione contro le scariche atmosferiche

La normativa di riferimento per l'impianto contro le scariche atmosferiche è così articolata:

- EN 62305-1: "Protezione contro i fulmini. Principi generali".
- EN 62305-2: "Protezione contro i fulmini. Valutazione del rischio".
- EN62305-3: "Protezione contro i fulmini. Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone".

 <p>Ichnusa wind power srl</p>	<p>PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE</p>	<p>Documento F0219E.R010.RELELE.00.b</p>	
<p>iLStudio. Engineering & Consulting Studio</p>	<p>PROGETTO PRELIMINARE</p>	<p>Data Marzo 2020</p>	
	<p>RELAZIONE ELETTRICA</p>	<p>Pagina 50</p>	<p>Di 57</p>

- EN 62305-4: "Protezione contro i fulmini. Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture". Tratta la protezione degli edifici contenenti sistemi elettrici ed elettronici dagli effetti dei disturbi elettromagnetici (LEMP) prodotti dai fulmini.

3.4.7 Collaudi, montaggi e documentazione

I criteri utilizzati durante i lavori di installazione saranno in accordo con le norme CEI – IEC e Cod. di Rete TERNA.

Sulle apparecchiature saranno eseguite tutte le prove e le verifiche previste nel piano controllo/qualità, in accordo con le normative vigenti:

- CEI 42-4 prescrizioni generali e modalità di prova per l'alta tensione;
- CEI 42-5 dispositivi di misura e guida d'applicazione per le prove ad alta tensione.

L'opera sarà corredata dai seguenti documenti in fase definitiva:

- tabella generale dati della sottostazione di consegna;
- schema elettrico unifilare sottostazione di consegna;
- schemi funzionali sottostazione di consegna;
- progetto rete di terra sottostazione di consegna;
- progetto rete AT sottostazione di consegna;
- elenco principale dei materiali;
- planimetria elettromeccanica sottostazione di consegna;
- sezioni elettromeccaniche della sottostazione di consegna;
- disegno e calcolo delle strutture;
- tabelle carichi statici e dinamici fondazioni;
- disegni d'ingombro delle apparecchiature;
- certificazioni di prova;
- schede tecniche;
- manuali di installazione e manutenzione.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 51	Di 57

4 COMPENSAZIONE DELLA POTENZA REATTIVA

Dall'analisi preliminare della rete di sottoparco la potenza reattiva generata dai generatori eolici è stimata in circa 23 MVAR; tale componente reattiva deve essere compensata prima dell'iniezione in rete. Questa operazione dovrà essere concordata con TERNA per definire la tipologia di intervento e la taglia del gruppo di compensazione della potenza reattiva da installare.

4.1.1 Soluzioni per ridurre la potenza reattiva

La compensazione della potenza reattiva può essere effettuata in tre fasi, prevedendo l'installazione di un gruppo di compensazione all'interno della:

- torre dell'aerogeneratore all'uscita del trasformatore (quindi in AT);
- sottostazione di trasformazione offshore;
- sottostazione di consegna onshore.

Ciò rende la rete (i due sottoparchi) più efficiente sia dal punto di vista elettrico (si ha maggiore produzione della potenza attiva, regolazione della tensione, eliminazione delle terze e quinte armoniche e riduzioni delle fluttuazioni della tensione) che dal punto di vista funzionale.

4.1.2 Soluzione tecnica

La quantità di potenza reattiva generata tende a caricare maggiormente la linea in cavo, riducendo la componente di corrente attiva trasmissibile. La doppia compensazione è pertanto necessaria sia per il rispetto dei vincoli verso la rete sia per massimizzare la trasmissione di potenza attiva. Si è quindi deciso di limitare la potenza reattiva installando un primo banco di compensazione all'interno della sottostazione offshore prima della trasformazione dell'energia elettrica in alta tensione, e un secondo gruppo di compensazione presso la sottostazione di consegna così da compensare anche la componente reattiva generata dal cavo di trasporto dell'energia.

4.1.3 Soluzione Offshore

L'installazione di un gruppo compatto di compensazione della potenza reattiva direttamente all'interno delle sottostazioni elettriche offshore comporta un miglioramento del fattore di potenza nel punto di "generazione dell'energia e ciò permette di ridurre la potenza reattiva generata di conseguenza anche le perdite sulla rete di generazione.

La soluzione sarà progettata per l'esercizio in ambiente marino garantendo la conformità ai più severi requisiti in termini di condizioni ambientali e durata dei componenti e consentirà la compensazione della potenza reattiva induttiva e capacitiva nonché il filtraggio delle armoniche.

4.1.4 Soluzione Onshore

Sarà realizzato un sistema specifico per l'applicazione che combina le capacità:

- di ridurre le armoniche nella corrente di linea,

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 52	Di 57

- regolare la tensione di alimentazione,
- regolare in diminuzione la potenza reattiva immessa nella rete di distribuzione.



Figura 4.1 – Compensazione del reattivo - sottostazione di consegna

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data Marzo 2020	Pagina 53 Di 57

5 CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI DAI CAVI

L'analisi delle emissioni elettromagnetiche generate dagli elettrodotti di collegamento del parco eolico offshore è stata effettuata considerando:

- posa dell'elettrodotto marino in AT sul fondale e protezione con materiali compatibili con le caratteristiche locali del fondale;
- posa dell'elettrodotto terrestre in AT mediante interrimento a circa 1,5 m di profondità.

L'emissione elettromagnetica imputabile al cavo marino è, per le caratteristiche fisiche di arrangiamento dei conduttori elettrici all'interno del corpo del cavo, assai limitata. La disposizione a trifoglio con cordatura elicoidale determina infatti l'annullamento della risultante di campo nel dominio del cavo e il suo rapido decadimento all'esterno dello stesso cosicché, l'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$, è già raggiunto entro un metro di distanza dal cavo.

Per quanto concerne invece il calcolo preliminare dell'emissione magnetica imputabile all'elettrodotto terrestre, la stima è stata effettuata ai sensi della norma CEI 106-11 per la configurazione "cavi unipolari interrati posati a trifoglio".

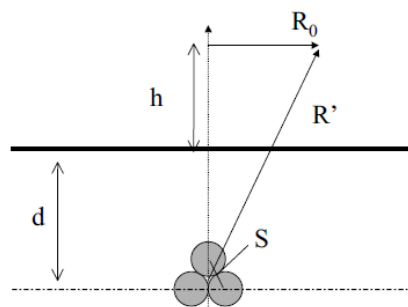


Figura 5.1 – Schema di posa dei cavi elettrici, interrati posati a trifoglio. Riferimento, CEI 106-11.

In riferimento alla notazione di figura, fissando il diametro esterno del cavo unipolare al valore 110 mm e considerando pari a 977 A il limite di portata per il conduttore a sezione maggiore, la minima distanza dall'asse della terna di cavi oltre cui il modulo del campo induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità è pari a:

$$R = 0.286 \times \sqrt{S \times I} = 0.286 \times \sqrt{0.11 \times 977} = 2.97 \text{ [m]} \quad \text{eq. (5)}$$

Poiché nella condizione reale di posa si hanno due terne posate a trifoglio e affiancate con interdistanza tra gli assi pari a 0.7 m, il campo induzione magnetica dipenderà dalla sovrapposizione puntuale dei contributi associati a ciascuna terna. La norma CEI 106-11 riporta il profilo del campo induzione magnetica alla quota 1 metro dal suolo nell'ipotesi di cavi interrati posati a trifoglio alla profondità di 1.2 m con interasse tra le terne pari a 0.5 m e corrente di linea I pari a 1000 A.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data Marzo 2020	Pagina 54 Di 57

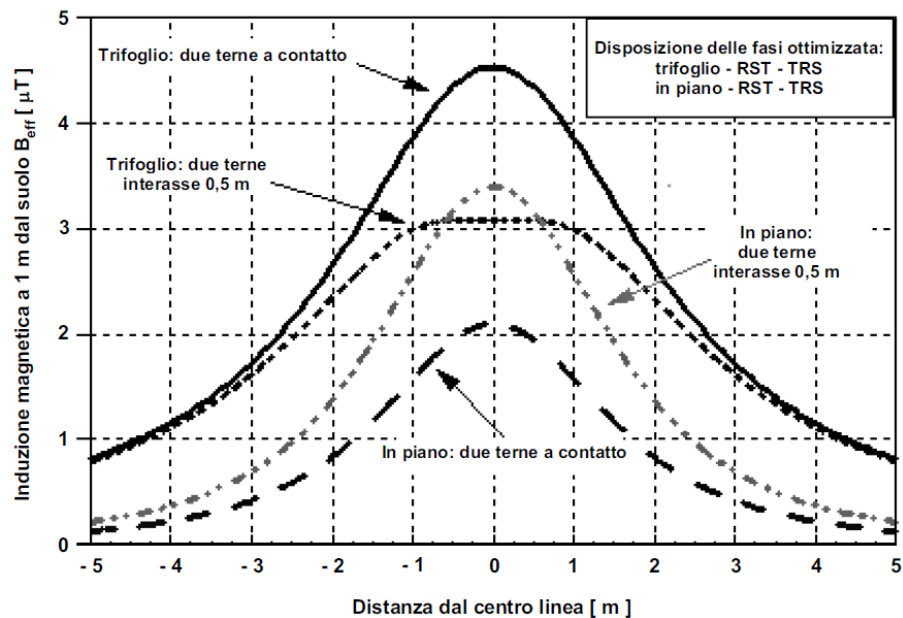


Figura 5.2 – Campo induzione magnetica per differenti condizioni di posa in sistemi a doppia terna. Corrente di linea 1000 A, profondità di posa 1.2 m. Riferimento, CEI 106-11.

L'analisi del diagramma evidenzia che, nel caso di posa a trifoglio con terne affiancate, il valore del campo induzione magnetica viene maggiormente smorzato quanto maggiore è la distanza tra le terne. La condizione esaminata è dunque cautelativa rispetto al caso di progetto poiché caratterizzata da una corrente superiore (1000 A contro 977 A), una minor profondità di posa (1.2 m contro 1.5 m) e un minor interasse tra le terne (0.5 m contro 0.7m).

Si conclude quindi che, in accordo ai risultati di Figura 5.2, l'obiettivo di qualità viene raggiunto entro 1 metro dal suolo.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data Marzo 2020	Pagina 55 Di 57

6 RIFERIMENTI

CEI, s.d. CEI 42-4: "High-voltage test techniques - Part 1: General definitions and test requirements". s.l.:s.n.

CEI, s.d. CEI 0-16: "Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica". s.l.:s.n.

CEI, s.d. 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". s.l.:s.n.

CEI, s.d. CEI 11-32: "Impianti di produzione di energia elettrica connessi a sistemi di III categoria Appendice 6 – Normativa: impianti di produzione eolica". s.l.:s.n.

CEI, s.d. CEI 14-4: "Trasformatori di potenza". s.l.:s.n.

CEI, s.d. CEI 17-1: "Interruttori a corrente alternata a tensione superiore a 1000 V". s.l.:s.n.

CEI, s.d. CEI 17-13: "Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT)". s.l.:s.n.

CEI, s.d. CEI 17-6: "Apparecchiatura prefabbricata con involucro metallico per tensioni da 1 a 52 kV". s.l.:s.n.

CEI, s.d. CEI 20-22 I: "Test di non propagazione dell'incendio riferito al singolo cavo o conduttore". s.l.:s.n.

CEI, s.d. CEI 20-22 II: "Test di non propagazione dell'incendio riferito a cavi in posa orizzontale". s.l.:s.n.

CEI, s.d. CEI 20-22 III: "Test di non propagazione dell'incendio riferito a fascio di cavi in posa verticale". s.l.:s.n.

CEI, s.d. CEI 36-12: "Characteristics of indoor and outdoor post insulators for systems with nominal voltages greater than 1000 V". s.l.:s.n.

CEI, s.d. CEI 42-5: "Prove ad alta tensione - Dispositivi di misura e guida d'applicazione". s.l.:s.n.

CEI, s.d. CEI 99-2: "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata". s.l.:s.n.

CEI, s.d. CEI 99-3: "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in corrente alternata.". s.l.:s.n.

CEI, s.d. CEI EN 50522: "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in corrente alternata.". s.l.:s.n.

CEI, s.d. CEI EN 60099-1: "Scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata". s.l.:s.n.

CEI, s.d. CEI EN 60168: "Tests on indoor and outdoor post insulators of ceramic material or glass for systems with nominal voltages greater than 1 kV". s.l.:s.n.

 <p>Ichnusa wind power srl</p>	<p>PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE</p>	<p>Documento F0219E.R010.RELELE.00.b</p>	
<p>iLStudio. Engineering & Consulting Studio</p>	<p>PROGETTO PRELIMINARE</p>	<p>Data Marzo 2020</p>	
	<p>RELAZIONE ELETTRICA</p>	<p>Pagina 56</p>	<p>Di 57</p>

CEI, s.d. CEI EN 60383-1: "Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1 kv - part 1: ceramic or glass insulator units for a.c. Systems - definitions, test methods and acceptance criteria". s.l.:s.n.

CEI, s.d. CEI EN 60383-2: "Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 v - part 2: insulator strings and insulator sets for a.c. Systems - definitions, test methods and acceptance criteria". s.l.:s.n.

CEI, s.d. CEI EN 62305-1: "Principi generali". s.l.:s.n.

CEI, s.d. CEI EN 62305-2: "Valutazione del rischio". s.l.:s.n.

CEI, s.d. CEI EN 62305-3: "Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone". s.l.:s.n.

CEI, s.d. CEI EN 62305-4: "Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture". s.l.:s.n.

DNV GL, 2016. DNVGL-ST-0145: "Offshore substations". s.l.:s.n.

IEC, s.d. IEC-99-5: "Part 5: Selection & Application Recommendations, Surge Arresters". s.l.:s.n.

IEEE, 2008. IEEE C37.2-2008: "Standard Electrical Power System Device Function Numbers, Acronyms, and Contact Designations.". s.l.:s.n.

TERNA, s.d. - INGSTMCI03 Rev. 00 11/02/08 Addendum alla Specifica Tecnica INGSTMCI01 Rev. 00 del 15/03/06 "Moduli compatti integrati, con isolamento in gas SF6, per tensioni nominali uguali o superiori a 145 kV". s.l.:s.n.

TERNA, s.d. Allegato A.17: "Centrali eoliche: Condizioni generali di connessione alle reti AT, sistemi di protezione, regolazione e controllo.". s.l.:s.n.

TERNA, s.d. Codice di trasmissione dispacciamento, sviluppo e sicurezza della rete.. s.l.:s.n.

TERNA, s.d. INGSTMCI01 Rev. 00 15/03/06 "Moduli compatti integrati, con isolamento in gas SF6, per tensioni nominali uguali o superiori a 145 kV". s.l.:s.n.

TERNA, s.d. INGSTMCI02 Rev. 00 15/09/06 Addendum alla Specifica Tecnica INGSTMCI01 Rev. 00 del 15/03/06 "Moduli compatti integrati, con isolamento in gas SF6, per tensioni nominali uguali o superiori a 145 kV". s.l.:s.n.

TERNA, s.d. TERNA: "Guida Tecnica per la progettazione esecutiva, realizzazione, collaudo ed accettazione di Stazioni Elettriche di smistamento della RTN a tensione nominale 200÷220 kV di tipo AIS, MTS e GIS Rev. 00 del 22/02/12". s.l.:s.n.

 Ichnusa wind power srl	PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE	Documento F0219E.R010.RELELE.00.b	
iLStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Marzo 2020	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 57	Di 57

Il presente documento, composto da n.57 pagine è protetto dalle leggi nazionali e comunitarie in tema di proprietà intellettuali delle opere professionali e non può essere riprodotto o copiato senza specifica autorizzazione.

Taranto, Marzo 2020

Dott. Ing. Luigi Severini