

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

PROGETTO PRELIMINARE
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO
OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA

Relazione elettrica



Progetto

Dott. Ing. Luigi Severini

Elaborazioni

iLStudio.

Engineering & Consulting **Studio**

Concept & Innovations:

NiceTechnology®

R10

F0119E.R10.RELELE.00.h

00	24/07/2019	EMESSO PER APPROVAZIONE	G.Bezati	L.Severini
REV	DATA	DESCRIZIONE	DESIGNER	PLANNER

Codice:

F	0	1	1	9	E	R	0	1	0	R	E	L	E	L	E	0	0	h
NUM.COMM.		ANNO		COD.SET	NUM.ELAB.			DESCRIZIONE ELABORATO					REV.	R.I.				

 SEAS med	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
		Data Luglio 2019	
 Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 3	Di 88

1	PREMESSA.....	6
2	DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	6
	2.1 Inquadramento elettrico	6
	2.2 Sistema di protezione delle apparecchiature elettriche	9
	2.3 Cavi elettrici di collegamento	12
	2.4 Aerogeneratori	17
	2.5 Protezione contro i fulmini della torre eolica.....	19
	2.6 Sistema antincendio	19
	2.7 Illuminazione della piattaforma offshore	19
	2.8 Protezione dalla corrosione.....	19
	2.9 Campi Elettromagnetici	20
	2.10Stazione di trasformazione offshore (FOSS).....	23
3	STAZIONE ELETTRICA DI TRASFORMAZIONE OFFSHORE 66/220KV (FOSS).....	24
	3.1 Opere Elettriche Principali.....	33
	3.2 Dati ambientali	36
	3.3 Impianto di cabina di trasformazione MT/AT	37
	3.4 Opere impiantistiche	37
	3.5 Trasformatore di potenza 160 MVA.....	38
	3.6 Protezione del trasformatore dalle sovratensioni.....	40
	3.7 Impianti elettrici di servizio	40
	3.8 Collaudi e montaggi.....	40
4	CABINA DI CONSEGNA E MISURA IN ALTA TENSIONE	41
	4.1 Norme e disposizioni di legge.....	43
	4.2 Dati ambientali	44
	4.3 Opere elettriche primarie per la consegna a 220 kV.....	44
	4.4 Opere primarie della connessione elettrica	45
	4.5 Opere impiantistiche accessorie	46
	4.6 Caratteristiche dell'intervento	47
	4.7 Impianto della cabina di consegna	48
	4.8 Collegamenti, strutture metalliche, rete di terra e cavi BT/MT	54

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	
RELAZIONE ELETTRICA		Pagina 4	Di 88

4.9	Impianti ausiliari della cabina di consegna	55
4.10	Impianto di Terra	58
4.11	Impianti tecnologici della cabina di consegna a 220 kV	59
4.12	Impianto di protezione contro le scariche atmosferiche	60
4.13	Opere civili	60
4.14	Compensazione della potenza reattiva	62
4.15	Collaudi, montaggi e documentazione	65
5	LOAD FLOW	66
5.1	Modello di calcolo	66
6	BIBLIOGRAFIA	87

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE		Data Luglio 2019
RELAZIONE ELETTRICA		Pagina 5	Di 88

INDICE DELLE FIGURE

Figura 2.1 - Schema logico di collegamento	7
Figura 2.2 - Schema elettrico di funzionamento	8
Figura 2.3 - Schema d'interconnessione turbine.....	13
Figura 2.4 – Configurazione cavo dinamico (lazy wave)	13
Figura 2.5 – Cavo marino 66 kV	15
Figura 2.6 - Tipologie di cavi 66 kV	16
Figura 2.7 – Rif. CEI 106-11 “Posa a trifoglio cavi”	21
Figura 3.8 - Sottostazione elettrica offshore galleggiante (FOSS)	26
Figura 3.9 – Predisposizione della sottostazione elettrica offshore (FOSS)	27
Figura 3.10 – Pianta del piano dei trasformatori.....	28
Figura 3.11 – Vista laterale del trasformatore.....	28
Figura 3.12 – Pianta del livello dei moduli AT.....	29
Figura 3.13 – Vista frontale dei moduli AT	29
Figura 3.14 – Pianta del livello dei servizi Aux.	30
Figura 3.15 - Area di manutenzione della FOSS.....	30
Figura 3.16 - Area di atterraggio elicotteri sul tetto della FOSS	31
Figura 3.17 – Schema di sezione della FOSS.....	32
Figura 4.18 - Cabina di consegna Onshore	42
Figura 4.19 – locali dei servizi ausiliari della cabina di consegna	43
Figura 4.20 – Compensazione del reattivo - cabina di consegna	64

 	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	Pagina 6
RELAZIONE ELETTRICA			

1 PREMESSA

La presente relazione riguarda la progettazione preliminare di un impianto di produzione elettrica da fonte eolica di tipo offshore, avente una potenza complessiva di 250 MW, da installare nel Canale di Sicilia.

2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

2.1 Inquadramento elettrico

Il parco eolico offshore in progetto prevede l'installazione di 25 aerogeneratori su fondazione galleggiante della potenza unitaria di 10 MW. La potenza ai fini della connessione coincide con quella nominale dell'impianto, pari a 250 MW, valore inteso come picco di prestazione dei generatori e variabile, in diminuzione, a seconda delle condizioni meteo-marine. L'energia elettrica prodotta in bassa tensione da ciascuna turbina eolica, viene elevata alla tensione di 66 kV dal trasformatore presente all'interno della torre o nella navicella.

L'interconnessione tra le turbine sarà effettuata mediante cavo elettrico dinamico sottomarino, i cui nodi sono posizionati internamente alle torri eoliche. All'interno delle stesse sono collocati i quadri elettrici in media tensione (MT) con funzioni di sezionamento e protezione individuale di tutti gli apparati presenti a bordo.

Dal punto di vista elettrico il parco eolico è raggruppato in tre sottocampi. Le turbine di ogni sottocampo sono interconnesse tra loro con cavi in media tensione (66 kV); i tre sottocampi saranno connessi elettricamente ad un'unica sottostazione elettrica off shore (Floating Offshore Sub-Station-FOSS) anch'essa su fondazione galleggiante.

In tale sottostazione la media tensione MT viene convertita in alta tensione AT tramite una coppia di trasformatori, all'uscita dei quali ha origine un collegamento marino che raggiungerà il punto di sbarco a terra.

La linea del cavidotto di collegamento in AT può essere distinta in due tratti:

- il cavidotto marino, dalla sottostazione off-shore fino alla costa;
- il cavidotto terrestre, dal punto di sbarco sulla costa al punto di connessione alla rete elettrica (stallo AT).

L'energia prodotta dal parco eolico dovrà essere gestita in base alle esigenze della Rete Elettrica Nazionale. Le turbine eoliche saranno comandate da un sistema di controllo della velocità di cut-in e di cut-off. La gestione del parco eolico avverrà a distanza, mediante un sistema di comunicazione per il controllo remoto (SCADA System).

Il parco eolico in progetto può essere sinteticamente suddiviso in:

a) **parte offshore comprendente:**

- n. 25 aerogeneratori;
- 40.000 m circa di cavidotto di interconnessione tra aerogeneratori;
- n.1 sottostazione elettrica ove confluiscono i collegamenti tra i sottocampi per la trasformazione da MT in AT;

 ilStudio. Engineering & Consulting Studio	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Luglio 2019
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina	7 Di 88

- 41.000 m circa di cavidotto marino in corrente alternata, tra la sottostazione offshore e il punto di giunzione a terra;

b) **una parte onshore comprendente:**

- n.1 punto di giunzione cavidotto marino – cavidotto terrestre;
- 30.000 m circa di cavidotto interrato in corrente alternata, dal punto di sbarco del cavo alla cabina di consegna;
- n.1 cabina di consegna e misura;
- 200 m circa di cavidotto interrato in corrente alternata, che collega la cabina di consegna e misura alla stazione elettrica della RTN.

Nelle figure a seguire vengono illustrate lo schema logico e di funzionamento elettrico del parco.

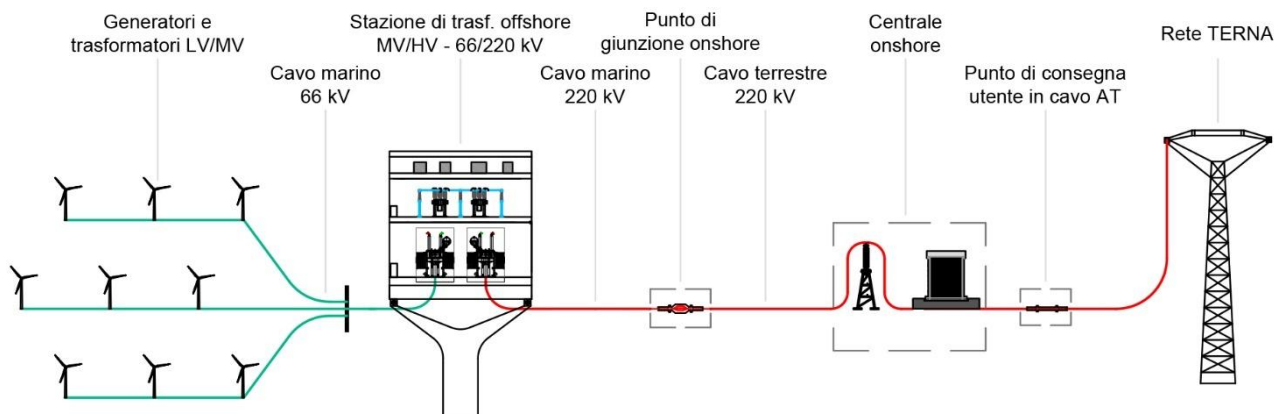


Figura 2.1 - Schema logico di collegamento

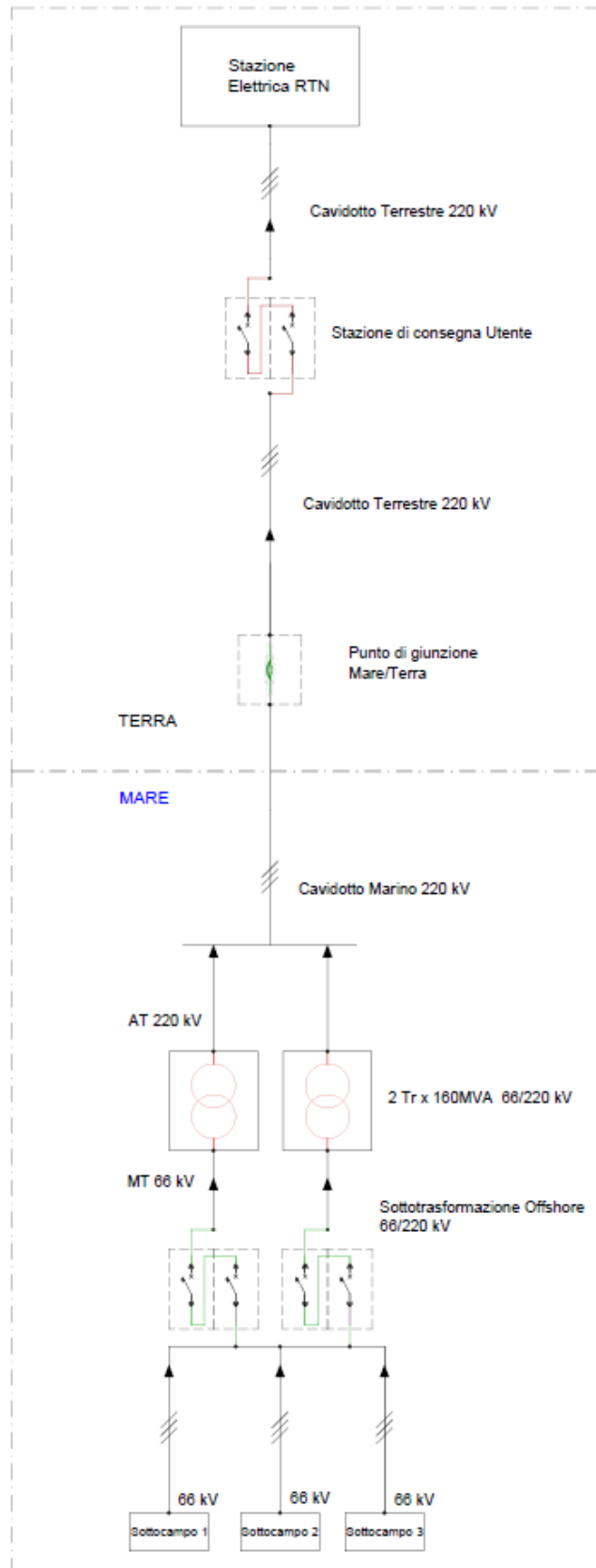


Figura 2.2 - Schema elettrico di funzionamento

 ilStudio. <small>Engineering & Consulting Studio</small>	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	Pagina 9 Di 88
RELAZIONE ELETTRICA			

2.2 Sistema di protezione delle apparecchiature elettriche

2.2.1 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 MT (Media 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 sottostazione offshore e la cabina 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.

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 MT 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)).

A) 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;

 ilStudio. <small>Engineering & Consulting Studio</small>	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Luglio 2019
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina	10 Di 88

- 59, massima tensione storica (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 rinalzo quali:
 - 27, 51, 21 - minima tensione, massima corrente e loro combinazione (min. impedenza);
 - 81G – protezione di minima e massima frequenza.

B) Scomparti arrivo linea e partenza in torre

Gli scomparti di arrivo linea e partenza torre saranno dotati di tutte le apparecchiature di protezione quali protezioni differenziali di sbarra 87, direzionale di corrente 67, massima corrente istantanea 50 e a tempo inverso 51, massima corrente omopolare di fase 51N e protezioni di massima tensione e corrente guasto a terra (per sistema a neutro isolato) 64.

C) Protezioni della cabina 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: controllo temperatura olio 26T, relè termico 49, relè di massima corrente istantanea 50, relè di massima corrente a tempo inverso 51, protezione di massima corrente omopolare 51N, protezione di minima e massima pressione fluidi 63, relè guasti a terra 64, relè differenziale 87T, relè di Buchholz 97VSC, livello olio variatore sotto carico 99VSC;
- per le linee 220 kV: protezione differenziale 87L.

I segnali di protezione della linea, gestiti secondo il C.d.R. (Codice di Rete) 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.

2.2.2 Impianto elettrico BT di servizio a bordo torre

All'interno di ciascuna torre saranno installate tutte le apparecchiature e quadri elettrici necessari alla interconnessione della torre con l'intera rete di raccolta dell'energia. In particolare essa conterrà:

- trasformatore con alimentazioni ausiliarie in BT e tensione logica aux., nonché circuiterie di emergenza e segnalazione ottica notturna;

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	
RELAZIONE ELETTRICA		Pagina 11	Di 88

- quadro BT protetto in entrata ed in uscita con 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.

2.2.3 Trasformatori di Torre

Ogni generatore sarà connesso alla rete collettiva mediante un trasformatore elevatore trifase, di potenza nominale 13 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.

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).

2.2.4 Quadri Media Tensione di torre

Le torri ospiteranno quadri a Media Tensione (66 kV), le cui sbarre costituiranno anche il sistema di transito della potenza verso la sottostazione offshore.

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 e 1000 A per tutti gli altri.

 ilStudio. Engineering & Consulting Studio	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 12	Di 88

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 media 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.

2.3 Cavi elettrici di collegamento

In relazione allo schema logico di collegamento (Figura 2.1), si adotteranno tre tipologie distinte di cavi:

- cavo marino da 66 kV per interconnessione tra le turbine;
- cavo marino da 220 kV per connessione tra la sottostazione di trasformazione offshore ed il punto di giunzione a terra;
- cavo terrestre da 220 kV per la connessione tra il punto di giunzione e la cabina di consegna e misura;
- cavo terrestre da 220 kV per la connessione dalla cabina di consegna e misura alla rete Terna.

La Figura 2.3 mostra lo schema di connessione interna del parco.

La lunghezza del tratto di collegamento tra i terminali dei tre sottocampi e la stazione di trasformazione offshore è pari a 2900 m per le linee blu e verde e 1700 m per la linea arancione.

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 13	Di 88

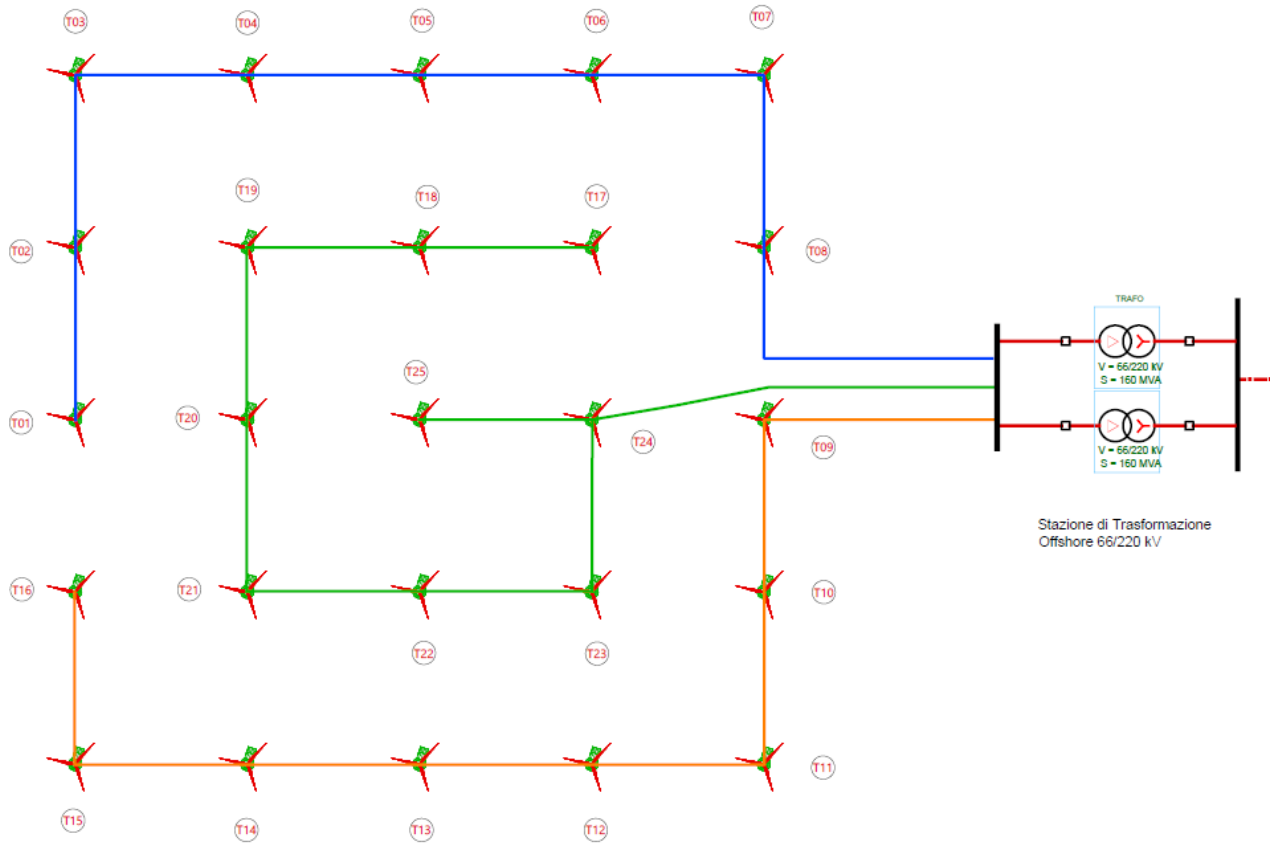


Figura 2.3 - Schema d'interconnessione turbine

A fronte di una interdistanza tra le turbine pari a 1250 m, considerando la reale geometria di installazione del cavo dinamico (Figura 2.4), è ragionevole stimare una lunghezza di interconnessione tra le turbine attorno a 1500 m.

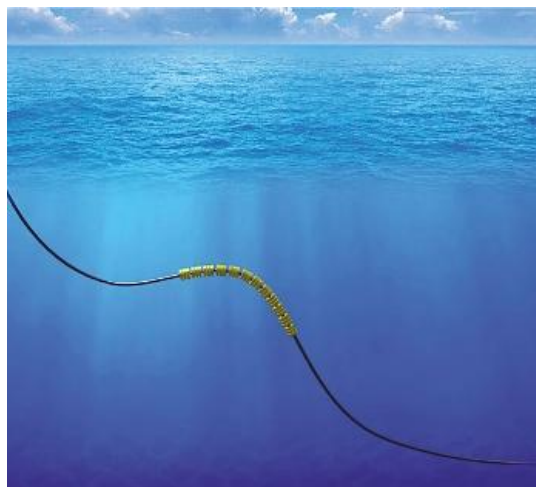


Figura 2.4 – Configurazione cavo dinamico (lazy wave)

 ilStudio. <small>Engineering & Consulting Studio</small>	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Luglio 2019
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina	14
		Di	88

Infine, per i tratti in alta tensione, ovvero:

- dalla sottostazione offshore (FOSS) al punto di giunzione a terra,
- dal punto di giunzione a terra fino alla cabina di consegna e misura,
- dalla cabina di consegna e misura alla rete Terna,
- si prevedono lunghezze rispettivamente pari a 41, 30 e 0,2 km.

Di seguito si riporta una tabella di consuntivo delle lunghezze dei cavi utilizzati per il collegamento del parco eolico alla rete elettrica Nazionale.

Tabella 1.1 – Lunghezza cavi del parco eolico

Tratta	Lunghezza [m]	Sezione cavo [mm ²]	Tensione [kV]
G01 – G02	1500	1x3x800 - Cu(Al)	66
G02 – G03	1500	1x3x800 - Cu(Al)	66
G03 – G04	1500	1x3x800 - Cu(Al)	66
G04 – G05	1500	1x3x800 - Cu(Al)	66
G05 – G06	1500	1x3x800 - Cu(Al)	66
G06 – G07	1500	1x3x800 - Cu(Al)	66
G07 – G08	1500	1x3x800 - Cu(Al)	66
G08 – Sottostazione offshore	2900	1x3x800 - Cu(Al)	66
G16 – G15	1500	1x3x800 - Cu(Al)	66
G15 – G14	1500	1x3x800 - Cu(Al)	66
G14 - G13	1500	1x3x800 - Cu(Al)	66
G13 - G12	1500	1x3x800 - Cu(Al)	66
G12 - G11	1500	1x3x800 - Cu(Al)	66
G11 - G10	1500	1x3x800 - Cu(Al)	66
G10 – G09	1500	1x3x800 - Cu(Al)	66
G09 – Sottostazione offshore	2900	1x3x800 - Cu(Al)	66
G17 - G18	1500	1x3x800 - Cu(Al)	66
G18 - G19	1500	1x3x800 - Cu(Al)	66
G19 – G20	1500	1x3x800 - Cu(Al)	66
G20 – G21	1500	1x3x800 - Cu(Al)	66
G21 – G22	1500	1x3x800 - Cu(Al)	66
G22 – G23	1500	1x3x800 - Cu(Al)	66
G23 – G24	1500	1x3x800 - Cu(Al)	66
G25 – G24	1500	1x3x800 - Cu(Al)	66
G24 – Sottostazione offshore	1700	1x3x800 - Cu(Al)	66
Sottostazione offshore AT – Punto di giunzione a Terra	41.000	1x3x1000 - Cu(Al)	220
Punto di giunzione – Cabina di consegna e misure	30.000	3x1x1600 - Al	220
Cabina di consegna e misure – RTN Terna	200	3x1x1600 - Al	220

2.3.1 Calcolo preliminare delle correnti

La corrente erogata in media tensione dal singolo generatore è stimabile tramite la seguente relazione:

$$I_{n,gen} = \frac{P_{n,gen}}{\sqrt{3}V_{n,MT} \cos \varphi_{gen}} = \frac{10^7}{\sqrt{3} \times 66 \times 10^3 \times \cos(0,99)} \cong 87,5 \text{ A} \quad \text{eq. (1)}$$

con $P_{n,gen}$ la potenza attiva erogata dal singolo generatore e $V_{n,MT}$ il livello di tensione di uscita dalla torre (in MT). La massima corrente nominale di sottocampo $I_{n,sc}$ (calcolata per la linea a maggior carico) vale quindi:

 ilStudio. Engineering & Consulting Studio	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	Pagina 15
RELAZIONE ELETTRICA			

$$I_{n,sc} = \sum_{n=1}^N I_{n,gen} = 9 \times 87,5 = 787,5 A \quad \text{eq. (1)}$$

in cui N è il numero di generatori sulla linea più carica.

Infine, la corrente totale $I_{n,tot}$ (di parco) in media tensione vale, sommando sulle singole turbine:

$$I_{n,tot} = \sum I_{n,gen} = 25 \times 87,5 = 2187,5 A \quad \text{eq. (3)}$$

Per il calcolo della corrente $I_{n,AT}$ in alta tensione, uscente dalla FOSS, vale invece la seguente:

$$I_{n,AT} = \frac{P_{n,tot}}{\sqrt{3}V_{n,AT} \cos \varphi} = \frac{250 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 220 \times 10^3 \times \cos(0,99)} \cong 658 A \quad \text{eq. (4)}$$

2.3.2 Caratteristiche del cavo dinamico marino da 66 kV

In relazione al calcolo delle correnti nominali, il cavo dinamico marino in media tensione sarà del tipo tripolare con conduttori in rame o alluminio bloccati longitudinalmente; attualmente dimensionata di 800 mm², isolamento in EPR o XLPE e doppia schermatura longitudinale/radiale a tenuta stagna del tipo "Water Resistant".

Caratteristiche del cavo dinamico marino:

- Conduttore - Conduttori di rame o alluminio bloccati longitudinalmente;
- Schermo conduttore: composto semiconduttivo estruso;
- Isolamento – EPR o XLPE;
- Schermo isolante - Composto semiconduttivo estruso;
- Schermo - Schermata 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.



Figura 2.5 – Cavo marino 66 kV

 SEAS med	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Luglio 2019
 iLStudio. Engineering & Consulting Studio	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina	16 Di 88

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 2.6 - Tipologie di cavi 66 kV

2.3.3 Caratteristiche del cavo dinamico marino da 220 kV

Il cavo dinamico marino attualmente ipotizzato in alta tensione è di tipo tripolare con conduttori in rame o alluminio, isolato in EPR o XLPE con sezione elettrica nominale pari a 1000 mm² (adeguata alla corrente nominale di esercizio) e schermatura longitudinale / radiale a tenuta stagna.

Caratteristiche:

- Conduttore: fili di rame solidi (sigillati longitudinalmente);
- Guaina conduttiva: estrusa semiconduttiva;
- Isolamento: EPR o XLPE;
- Guaina isolante: estrusa semiconduttiva;
- 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;
- fibra ottica interstiziale;
- Flusso di corrente - 968 A;
- Tensione di progetto fase-fase (U) - 220 kV;
- Numero di core di potenza n° 3;
- Sezione trasversale - 1000 mm²;
- Sezione schermo - 60 mm²;
- Diametro esterno - 100 mm;
- Standard di riferimento IEC 60228.

2.3.4 Caratteristiche del cavo terrestre da 220 kV

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

 ilStudio. <small>Engineering & Consulting Studio</small>	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	Pagina 17 Di 88
RELAZIONE ELETTRICA			

Caratteristiche meccaniche:

- Caratteristiche di costruzione
- Materiale del conduttore – Alluminio;
- Schermo - Filo di rame.
- Caratteristiche dimensionali:
- Sezione del conduttore - 1600 mm²;
- Sezione schermo - 60 mm²;
- Diametro esterno - 110 mm;
- Peso approssimativo - 8 kg / m.
- Caratteristiche elettriche:
- Tensione operativa - 230 kV;
- Capacità nominale - 0,167 µF/km;
- Portata di corrente interrato - 977 A.
- Caratteristiche meccaniche:
- Massimo sforzo di tiro posa fissa 19 kN;
- Caratteristiche d'utilizzo:
- Fattore di curvatura durante l'installazione 30 (xD);
- Tenuta d'acqua longitudinale – Si;
- Temperatura massima di servizio del conduttore 90 °C.



2.4 Aerogeneratori

Le macchine di generazione individuate per il presente intervento hanno una potenza nominale da 10 MW. Ogni generatore, posto all'interno della navicella, è dotato dal costruttore delle sue protezioni elettriche, sia per non alimentare la rete in caso di disservizio a valle, che per proteggerlo da risalita di potenza di corto proveniente dalla rete in caso di guasto elettrico interno.

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

2.4.1 Il rotore

Il rotore è composto da 3 pale di 93-96 m di lunghezza. Le pale del rotore possono essere regolate lungo il loro asse grazie ai motori elettrici del "sistema pitch" (sistema per la regolazione dell'inclinazione della pala e della velocità di rotazione del rotore), che ruotano in maniera solidale con le pale.

2.4.2 Sistema elettrico

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 ± 35% (+40% nel caso di raffiche di vento) rispetto alla velocità sincrona.

La turbina opera nei seguenti range di funzionamento a seconda della velocità del vento:

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Luglio 2019
RELAZIONE ELETTRICA		Pagina	18 Di 88

- nel range sub-sincrono (in condizioni di carico parziale) lo statore del generatore fornisce il 100 % di energia elettrica alla rete. La potenza di slittamento è inoltre fornita al rotore dal convertitore attraverso i collettori ad anelli del generatore.
- nel range sopra-sincrono (in condizioni di carico nominale) lo statore del generatore fornisce circa l'80% dell'energia elettrica direttamente nella rete senza passare attraverso il convertitore. Il restante 20% di energia è immessa nella rete dal rotore passando per il convertitore.

I componenti interni all'aerogeneratore hanno generalmente una classe di protezione IP54; sono raffreddati attraverso uno scambiatore di calore aria-aria e pertanto all'interno della navicella non viene aspirata aria contenente sale o umidità. Le termocoppie installate nei cuscinetti e negli avvolgimenti monitorano la temperatura della macchina.

L'inverter e il trasformatore installati nella navicella; il loro raffreddamento è effettuato, rispettivamente, per mezzo di uno scambiatore di calore aria/acqua e direttamente con l'aria dell'ambiente. L'inverter è localizzato accanto al generatore, mentre il trasformatore è installato in uno scompartimento separato nella parte posteriore della navicella. La disponibilità del sistema è in tal modo molto elevata, come richiesto per applicazioni offshore.

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. Tra la trasmissione e il generatore è interposto un accoppiamento in vetroresina (GRP) per l'isolamento statico e come protezione antifulmine per il sistema elettrico.

2.4.3 Navicella

La navicella contiene tutte le componenti elettriche e meccaniche necessarie 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.

2.4.4 Sistema di controllo

Tutte le funzioni dell'aerogeneratore sono monitorate da un sistema di controllo a microprocessore. Per poter gestire le 25 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 un software gestionale operativo (SCADA System). Ciò permette alla turbina di portarsi in condizioni di sicurezza in caso di guasto di uno dei due sistemi.

 SEAS med	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento	
		F0119E.R10.RELELE.00.h	
 ilStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Luglio 2019
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina	19 Di 88

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, inoltre, le turbine offshore sono dotate anche di un sistema radio point to point.

2.5 Protezione contro i fulmini della torre eolica

La turbina eolica da 10 MW 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. La sovratenzione viene "catturata" per mezzo di un sistema di conduttori integrati nelle pale del rotore, disposti circa ogni 6 metri per tutta la lunghezza della pala.

Da questi, la corrente è incanalata attraverso un sistema di conduttori a bassa impedenza fino al sistema di messa a terra posto internamente alla torre eolica.

Tutte le apparecchiature installate sulla torre eolica sono dotate di un sistema di messa a terra che convoglierà la corrente in un collettore di terra. Tale collettore a sua volta sarà collegato alla torre eolica, la quale potrà drenare la corrente verso la fondazione attraverso gli scaricatori di sovratenzione.

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 61024-1 e IEC 61400-24 Edit.1 "Wind turbine - sezione 24: protezione antifulmine" e IEC 62305-1 "Protezione parafulmine - paragrafo 1: generale".

2.6 Sistema antincendio

La navicella 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, in accordo con la normativa vigente, il rivestimento della navicella contiene materiali autoestinguenti.

2.7 Illuminazione della piattaforma offshore

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 (Em) di 300 lux per le piattaforme elevate dove, in caso di necessità, saranno svolti lavori di riparazione e manutenzione.

Per l'illuminazione di emergenza, saranno previste delle lampade LED da 40 W (3h di autonomia e grado di protezione IP67 e IK07).

2.8 Protezione dalla corrosione

Tutte le parti 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.

 SEAS med	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
		Data Luglio 2019	
 ilStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Pagina 20 Di 88	
	RELAZIONE ELETTRICA		

Per proteggere la struttura di sostegno (turbine eoliche e stazione elettrica offshore) dell'impianto eolico dalla corrosione in un ambiente in presenza di acqua marina, si effettuerà una protezione catodica a corrente impressa - Impressed Current Cathodic Protection (ICCP).

2.8.1 Norme di riferimento corrosione

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 delle stesse, 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 25-30 anni.

2.9 Campi Elettromagnetici

L'analisi delle emissioni elettromagnetiche, potenzialmente generabili dal cavidotto di collegamento del parco eolico off-shore, è stata effettuata considerando le seguenti tipologie di posa:

- posa del cavidotto marino in MT sul fondale e protezione con materiali compatibili con il fondale marino;
- posa del cavidotto marino in AT sul fondale e protezione con materiali compatibili con il fondale marino;
- posa del cavidotto terrestre in AT mediante interrimento a circa 1,5 m di profondità.

Il calcolo preliminare dell'emissione dei campi magnetici è stato effettuato ai sensi della Norma CEI 106-11, di cui si riporta uno stralcio per riferimento della modalità di calcolo utilizzata, per il cavo interrato terrestre in AT posato a trifoglio.

Per quanto riguarda la tipologia dei cavi marini, questi prevedono una cordatura elicoidale (l'intrecciamento dei conduttori elettrici) tale da annullare internamente i campi elettromagnetici.

Sia per linee AT che MT, la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di $3\mu\text{T}$ sia raggiunto già entro 1 m.

 SEAS med	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
		Data Luglio 2019	
 ilStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Pagina	21
	RELAZIONE ELETTRICA	Di	88

b) Cavi unipolari posati a trifoglio

Lo schema di posa in questo caso è illustrato nella Figura 12. Si può quindi ricorrere alle relazioni approssimate viste per e linee aeree con conduttori a triangolo

$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} \quad [\mu T] \quad R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m] \quad (20)$$

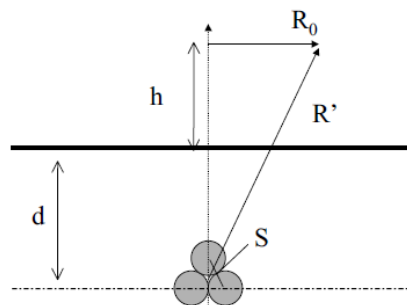


Figura 12 – Schema di principio per il calcolo delle distanze da terne di cavi interrati con posa a trifoglio oltre le quali l'induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità (d è la profondità del centro del conduttore)

In questo caso, la formula semplificata per il calcolo diretto della distanza R_0 dall'asse della linea al livello del suolo ($h=0$) oltre la quale l'induzione magnetica scende al di sotto del valore di $3 \mu T$ è la seguente:

$$R_0 = \sqrt{0,082 \cdot S \cdot I - d^2} \quad [m] \quad (21)$$

Figura 2.7 – Rif. CEI 106-11 "Posa a trifoglio cavi"

2.9.1 Procedura di calcolo

Di seguito si riportano i calcoli della posa del cavo terrestre in AT.

Considerando il diametro massimo esterno del cavo terrestre di 110 mm ($S = 110 \text{ mm}$), la portata massima del cavo pari a 660 A a 220 kV, che è la corrente massima generata dal parco eolico si ha che:

$$R' = 0.286 \cdot \sqrt{S \cdot I} = 0.286 \cdot \sqrt{0.110 \cdot 660} = 2.33 \text{ m.}$$

$$B = 0.1 \cdot \sqrt{6} \cdot [S \cdot I / R'^2] = 0.1 \cdot \sqrt{6} \cdot [0.11 \cdot 660 / 2.332] = 3 \mu T.$$

Ciò dimostra che la posa a trifoglio del cavo unipolare considerato fornisce un valore di $3 \mu T$ alla distanza di **2.33** m. La Norma impone che il modulo del campo magnetico all'altezza del cuore umano (1.5 m dal livello del suolo) sia inferiore o uguale al valore $3 \mu T$.

Considerando che la profondità di posa del cavo è circa 1.5 m sotto il livello del suolo, la distanza dalla sorgente del campo e il cuore è pari a 3 m, dunque superiore al valore minimo calcolato.

La stima è comunque conservativa poiché non è stato considerato l'ulteriore effetto di smorzamento del campo elettromagnetico da parte del terreno di copertura e dell'isolamento del cavo.

 SEAS med	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
		Data Luglio 2019	
 ilStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Pagina 22 Di 88	
	RELAZIONE ELETTRICA		

Limiti di riferimento:

Per il calcolo si è tenuto conto delle seguenti disposizioni normative di soglie accettabili per la salute umana delle emissioni elettromagnetiche.

La protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici è regolamentata dalla legge 22/2/01 n° 36 (legge quadro), completata a regime con l'emanazione del D.P.C.M. 8.7.2003.

Nel DPCM 8 Luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", vengono fissati i limiti di esposizione e i valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti.

In particolare negli articoli 3 e 4 vengono indicate le seguenti 3 soglie di rispetto per l'induzione magnetica:

- *“Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico intesi come valori efficaci” [art. 3, comma 1];*
- *“A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.” [art. 3, comma 2];*
- *“Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio”. [art. 4]*

Per l'analisi delle emissioni elettromagnetiche si fa inoltre riferimento ai seguenti documenti:

- Decreto 29 maggio 2008 – Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare- “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”;
- CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica – Linee in cavo”;
- 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 I”;
- CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee e da stazioni elettriche”;

 	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Luglio 2019
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina	23 Di 88

- ENEL – Linea guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato a DM 29/05/08 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche.

Preventivazione delle postazioni di lavoro:

All'interno delle aree di lavoro destinate a normale stazionamento del personale di servizio, nelle cabine elettriche e relativi piazzali, saranno osservate le distanze di rispetto per il transito e stazionamento.

I luoghi di permanenza del personale potranno, a seguito di opportune misurazioni, essere protette da schermature metalliche, qualora necessario. Per queste aree la valutazione dei campi residui si attesterà all'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$, come previsto dal citato Decreto.

Approfondimenti successivi

In fase esecutiva del progetto verrà effettuata una simulazione tramite un opportuno software dedicato all'analisi EM, per meglio definire l'entità delle emissioni elettromagnetiche.

2.10 Stazione di trasformazione offshore (FOSS)

La FOSS farà da nodo di interconnessione comune per tutti gli aerogeneratori dell'impianto, connessi tra loro tramite un sistema di cavi sottomarini a 66 kV a loro volta collegati agli interruttori e ai trasformatori ubicati nella stessa. La trasmissione dell'energia alla terraferma avverrà tramite una terna di cavi 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.

 SEAS med	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento		
		F0119E.R10.RELELE.00.h		
 ilStudio. <small>Engineering & Consulting Studio</small>	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Luglio 2019	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina	24	Di

3 STAZIONE ELETTRICA DI TRASFORMAZIONE OFFSHORE 66/220kV (FOSS)

La FOSS alloggerà gli arrivi dei cavi tripolari elicoidali MT provenienti dai 3 sottocampi ed i relativi interruttori di protezione. Tali interruttori, interni ai quadri MT sono connessi alla semisbarra.

Ai 3 quadri MT si affiancano ulteriori 2 quadri di partenza ai 2 trasformatori elevatori a 66/220 kV (MT/AT).

Le uscite in AT dai 2 trasformatori saranno protette attraverso 2 moduli ibridi Pass 250 kV agganciati allo stallo in AT, da cui partirà una linea 1x(3x1000 mmq) verso terra ferma.

Oltre alle apparecchiature elettriche, la stazione elettrica offshore includerà le protezioni antincendio, i generatori di emergenza e altri sistemi ausiliari, quali:

- sistemi di ventilazione;
- 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.

La manutenzione ed in generale l'accesso ad essa, sarà normalmente effettuata tramite un'imbarcazione di servizio che potrà attraccare alla struttura in una zona apposita servita da scale per permettere al personale di raggiungere la sede di lavoro.

Al fine di consentire in caso di emergenza il raggiungimento e l'evacuazione della piattaforma anche quando le condizioni del mare non lo consentono, è previsto l'uso di una piattaforma di atterraggio per gli elicotteri.

Riepilogando, la FOSS dovrà ospitare:

- n.3 quadri MT di arrivo dal parco 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.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;
 - sezionatori di terra per le partenze verso terra;
- sistema supervisore di rete;
- impianti accessori;
- gruppi di batterie a litio;

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
ilStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	
RELAZIONE ELETTRICA		Pagina 25	Di 88

- una sala di controllo;
- un'area di servizio.

Inoltre la FOSS sarà completata con le seguenti apparecchiature:

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

Di seguito viene riportato la sottostazione elettrica offshore:

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
ilStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Luglio 2019
RELAZIONE ELETTRICA		Pagina 26	Di 88

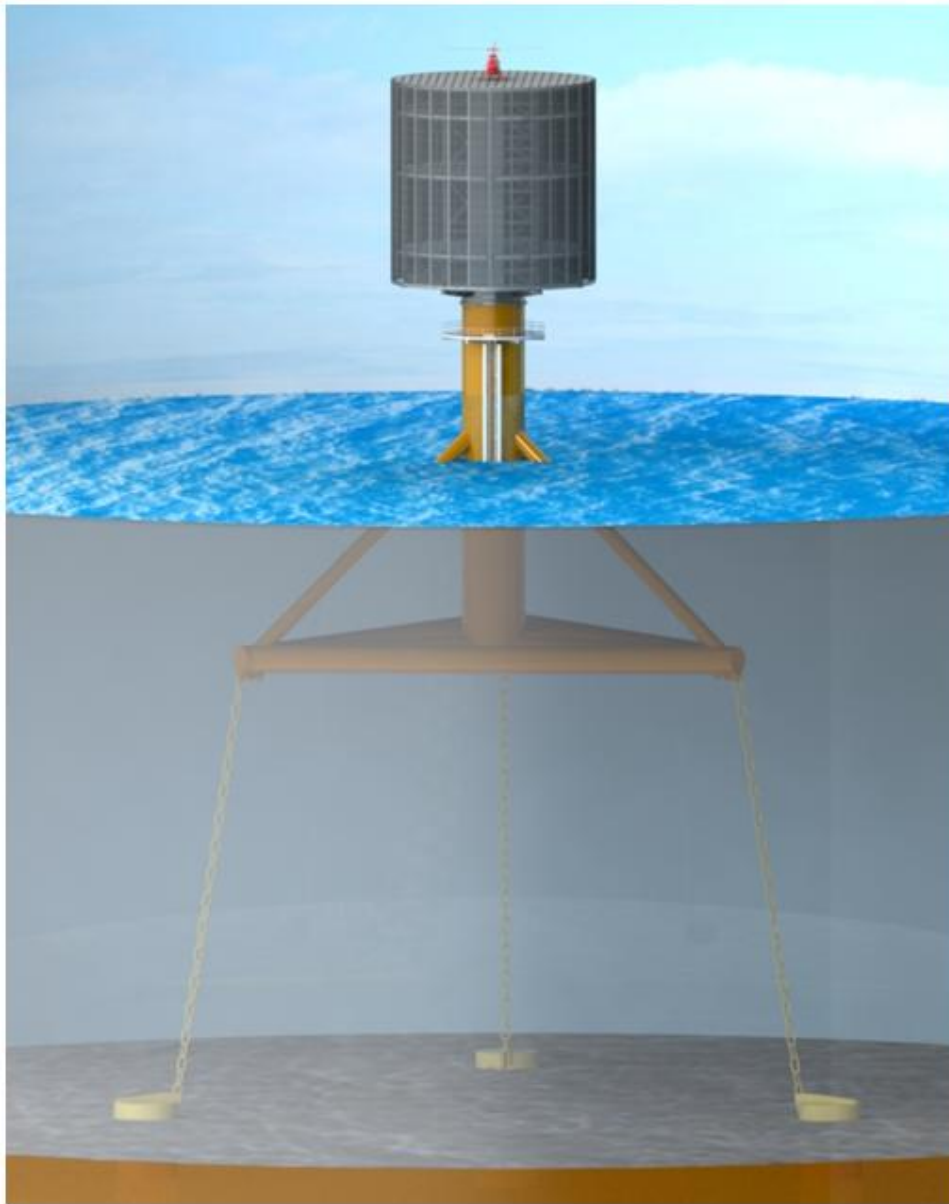


Figura 3.8 - Sottostazione elettrica offshore galleggiante (FOSS)

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

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 27	Di 88

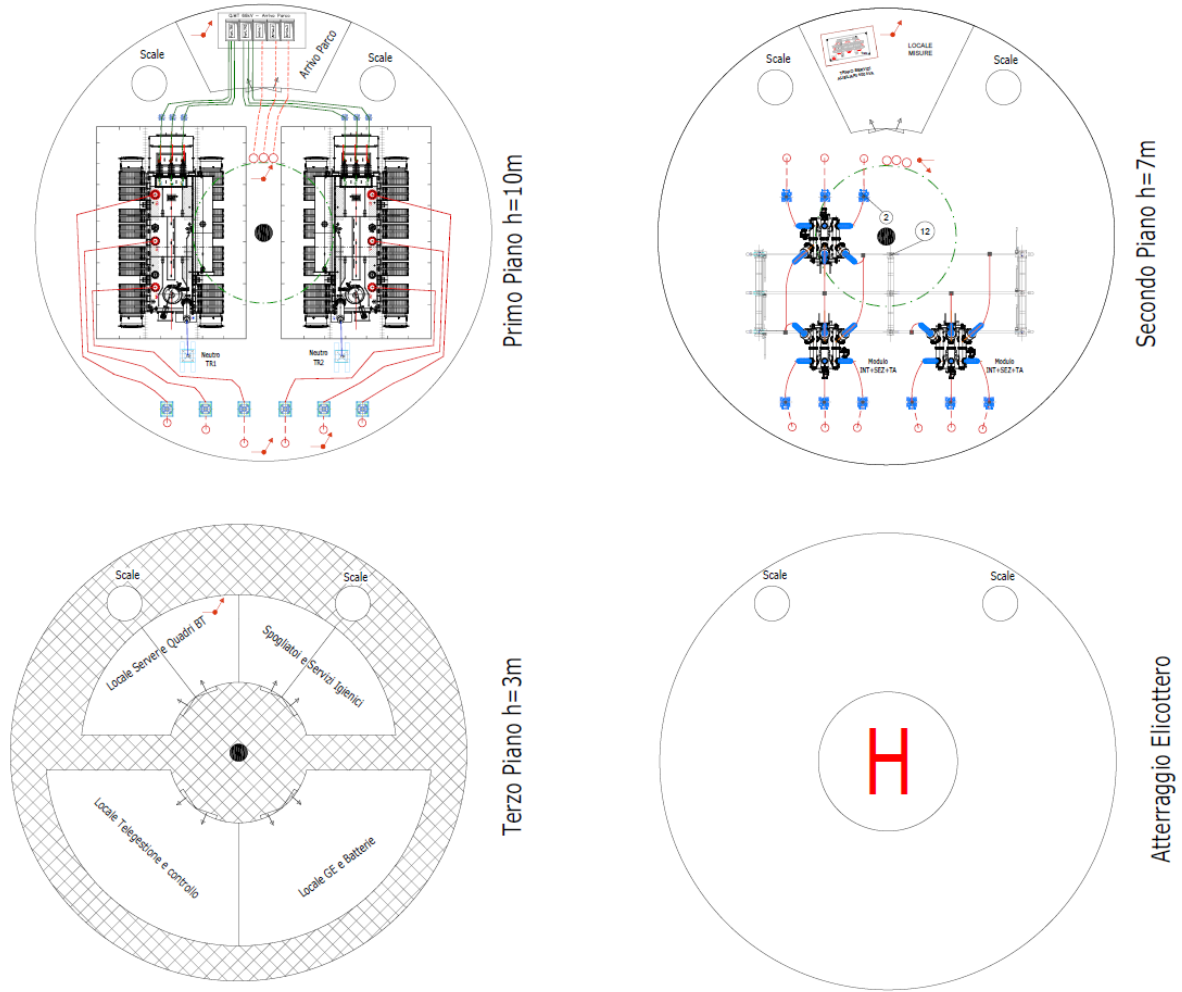


Figura 3.9 – Predisposizione della sottostazione elettrica offshore (FOSS)

 ilStudio. Engineering & Consulting Studio	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data Luglio 2019	Pagina 28 Di 88

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

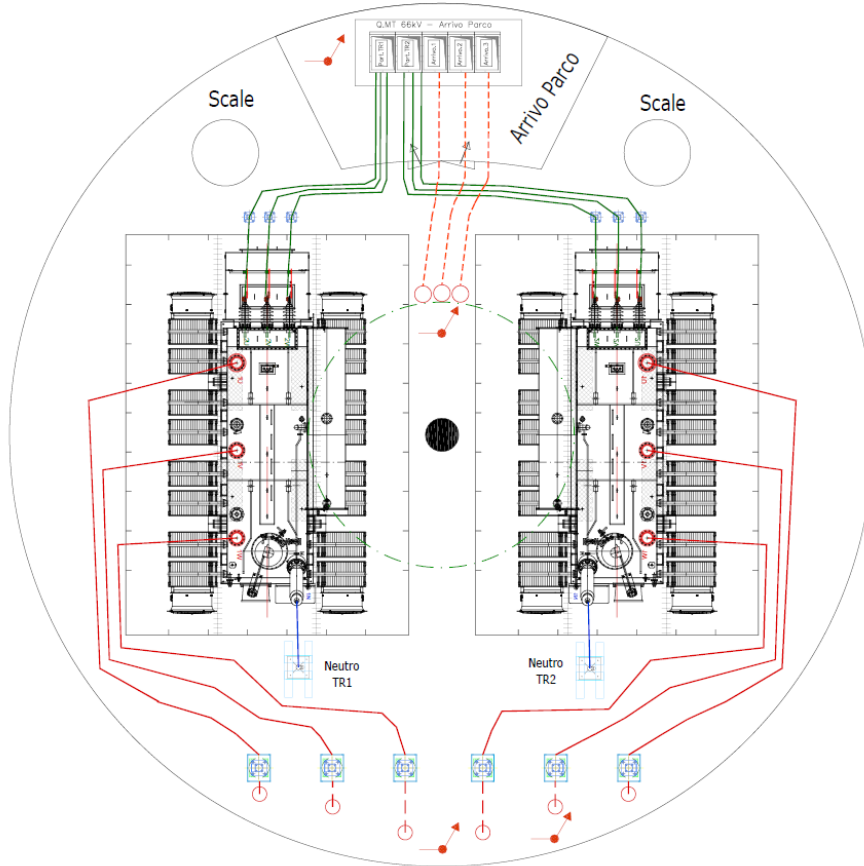


Figura 3.10 – Pianta del piano dei trasformatori

Vista frontale di collegamento dei trasformatori:

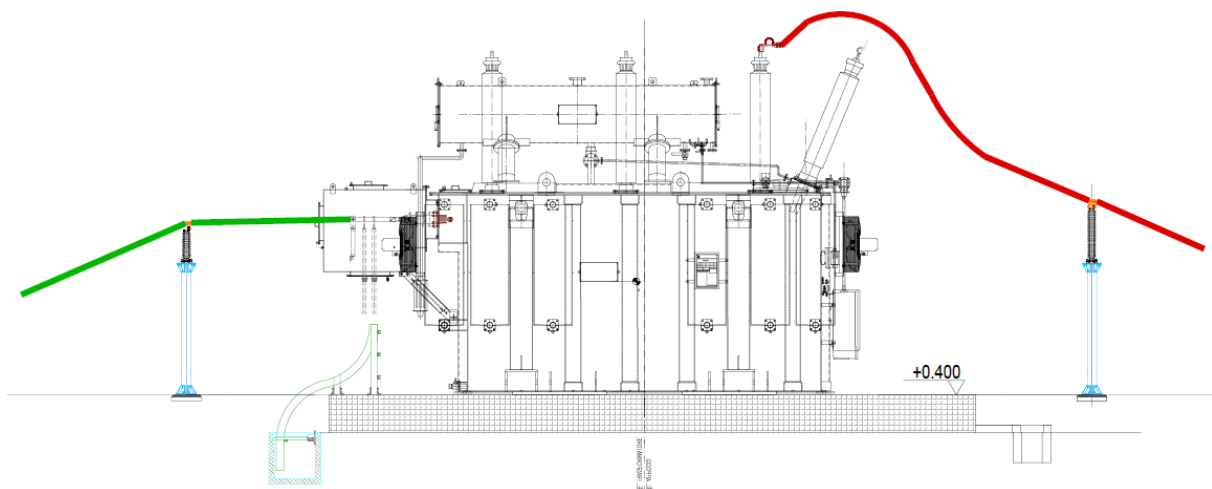


Figura 3.11 – Vista laterale del trasformatore

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 29	Di 88

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

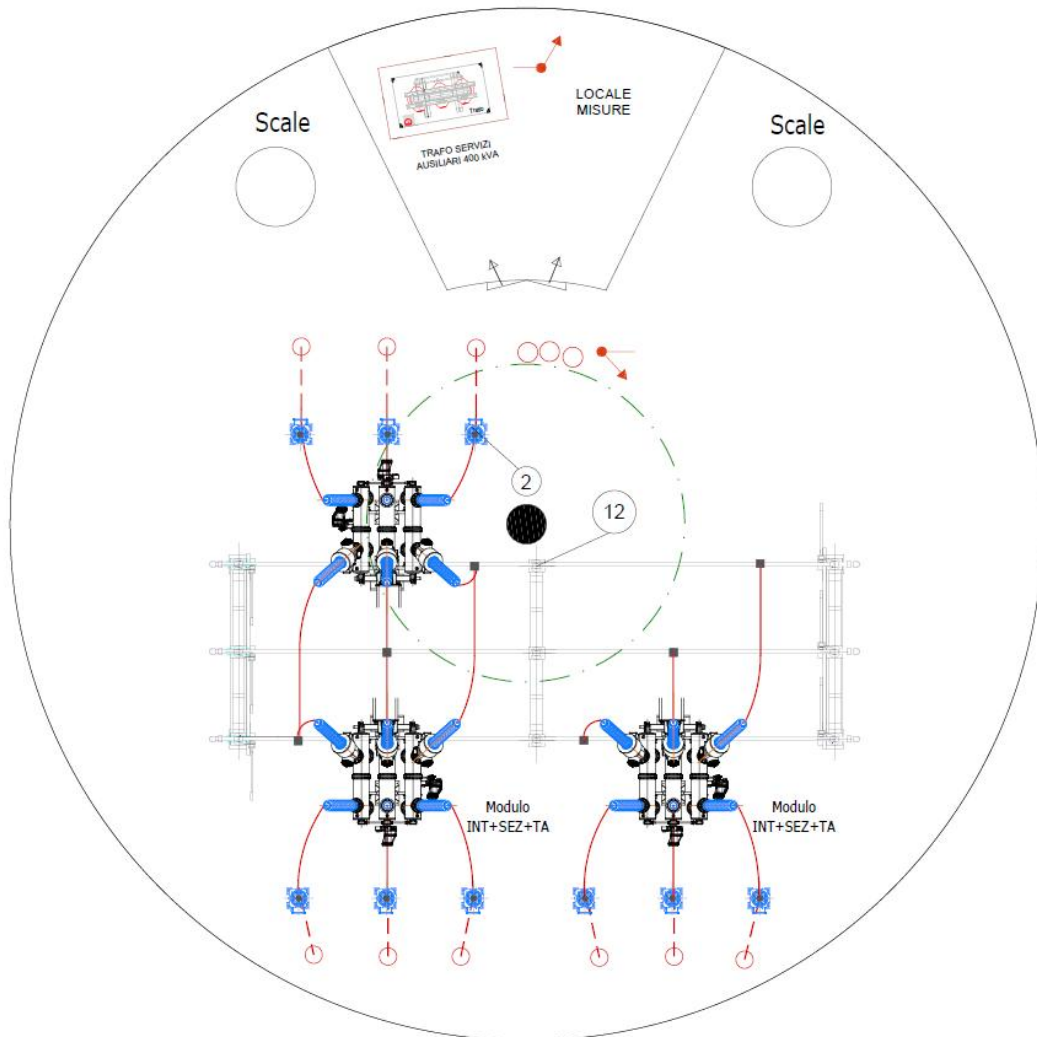


Figura 3.12 – Pianta del livello dei moduli AT

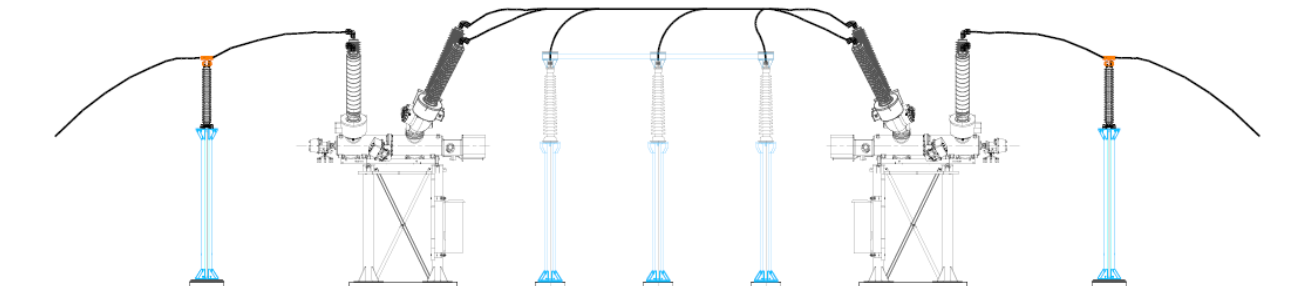


Figura 3.13 – Vista frontale dei moduli AT

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Luglio 2019
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina	30
		Di	88

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



Figura 3.14 – Pianta del livello dei servizi Aux.

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

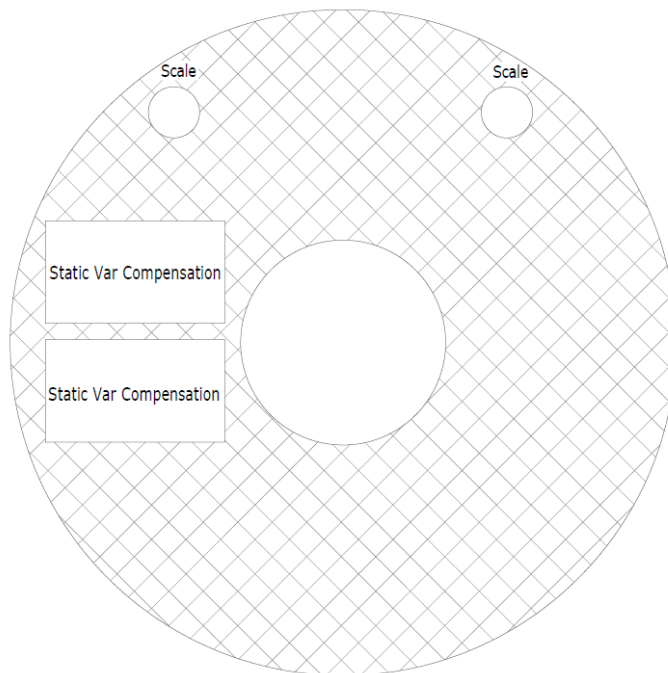


Figura 3.15 - Area di manutenzione della FOSS

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	
RELAZIONE ELETTRICA		Pagina 31	Di 88

La copertura sarà destinata all'atterraggio degli elicotteri.

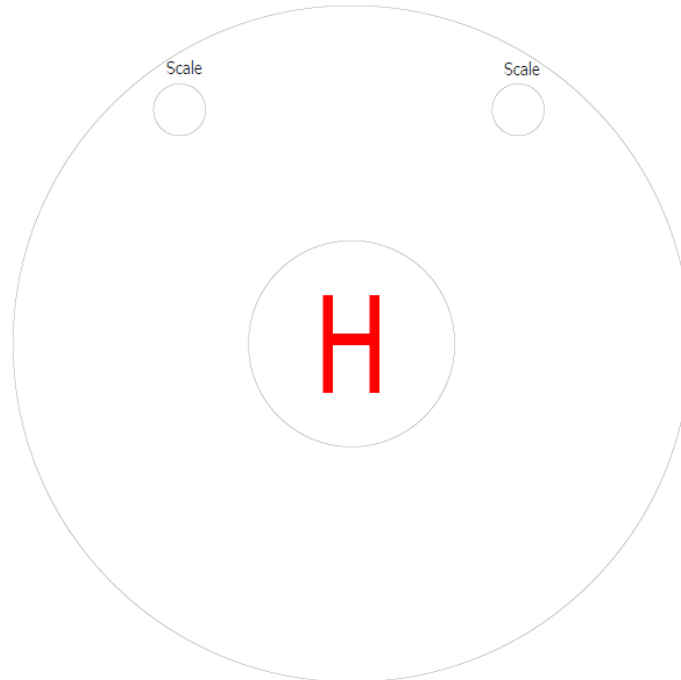


Figura 3.16 - Area di atterraggio elicotteri sul tetto della FOSS

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 32	Di 88

Nella seguente figura viene riportata uno schema di sezione della FOSS.

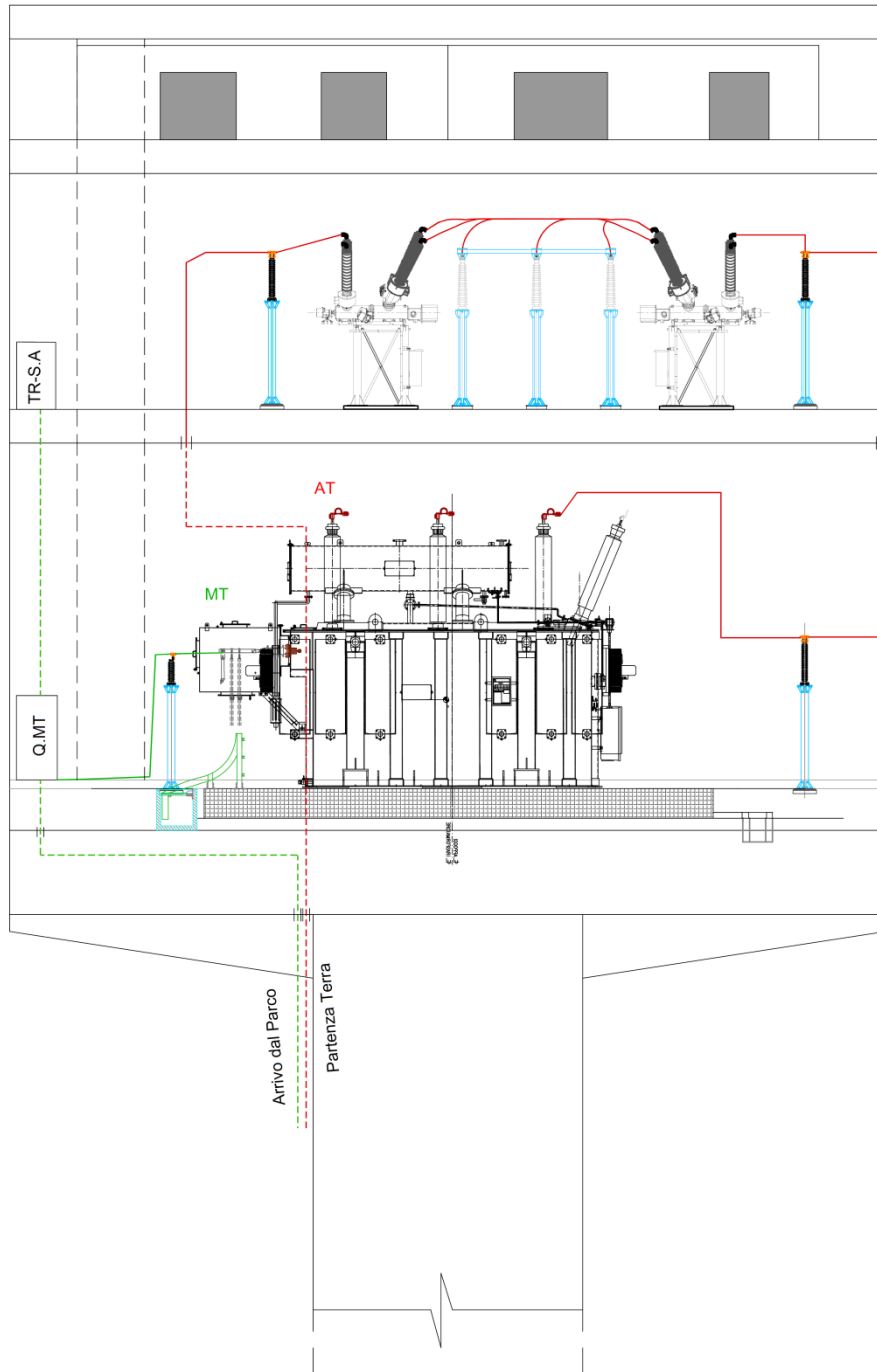


Figura 3.17 – Schema di sezione della FOSS

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.

 ilStudio. <small>Engineering & Consulting Studio</small>	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	Pagina 33
RELAZIONE ELETTRICA			

3.1 Opere Elettriche Principali

Le opere elettriche principali previste 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.

Tutte le apparecchiature sono interamente isolate in SF₆.

3.1.1 Montante a 66 kV

La linea a 66 kV, proveniente dal parco offshore, è collegata mediante adeguati supporti ad una montante di arrivo, equipaggiata con:

- n.3 interruttore tripolare MT 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 ricalzo 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 1sec;
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. ANSI: 50, 51, 51N, 27, 32, 59, 59N, 81,87).

 SEAS med	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
		Data Luglio 2019	
 ilStudio Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Pagina 34 Di 88	
	RELAZIONE ELETTRICA		

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 MT, dei trasformatori primari di tensione ed un solo secondario utilizzato per il relè di protezione.

Il montante partenza 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;
- n.3 scaricatori di sovratensione.

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 e 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.

3.1.3 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, così composto:

- n. 3 Modulo Ibrido PASS 245 kV;

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;

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
ilStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Luglio 2019
RELAZIONE ELETTRICA		Pagina 35	Di 88

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

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 $220.000:\sqrt{3}/100:\sqrt{3}$ 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;

 ilStudio. <small>Engineering & Consulting Studio</small>	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	Pagina 36
RELAZIONE ELETTRICA			

- Tensione di tenuta ad impulso atmosferico 750 kV.

n. 2 Sistema di sbarre completo di:

- Carpenteria e isolatori di supporto;
- n. 1 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.

3.1.4 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.

- UPS 110 Vcc

Sarà costituito da raddrizzatore e batterie poste in ambiente dedicato, destinato all'alimentazione dei soli circuiti funzionali di tutti i quadri di cabina, capaci di erogare una corrente 50 A per 24 h.

Il sistema di alimentazione sarà del tipo a due rami, in modo da poter contemporaneamente alimentare le utenze e mantenere carico il proprio banco batterie. Sul quadro sarà prevista una sezione di distribuzione con gli interruttori necessari per l'alimentazione selettiva di tutte le utenze a 110 Vcc.

- UPS 400/230 Vca

Sarà costituito da inverter, con banco batterie posto in ambiente dedicato, destinato all'illuminazione di emergenza e alle unità di supervisione, capace di erogare una corrente di 40 A per 24h. Il sistema di alimentazione sarà del tipo a due rami, in modo da poter contemporaneamente alimentare le utenze e mantenere carico il banco batterie. Sul quadro sarà prevista una sezione di distribuzione con gli interruttori necessari per l'alimentazione selettiva di tutte le utenze privilegiate a 230/400 Vca.

- Generatore di emergenza

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

3.2 Dati ambientali

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

- Altitudine clima 0 m s.l.m.;
- Temperatura ambiente -10 ÷ +50°C;

 ilStudio. <small>Engineering & Consulting Studio</small>	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	Pagina 37
RELAZIONE ELETTRICA			

- Umidità relativa 20 ÷ 90%;
- Velocità del vento max esterna 40 m/s.

3.3 Impianto di cabina di trasformazione MT/AT

3.3.1 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 Sistema di supervisione della rete di aerogeneratori

Il sistema di supervisione prevede che i segnali di stato per tutte le apparecchiature nelle torri di generazione e/o lungo gli apparati di connessione siano concentrati in una RTU (Remote Terminal Unit) posta nella sala controllo della cabina di trasformazione, attraverso una rete di trasmissione locale dei dati tramite fibra ottica. I dati elaborati dalla RTU possono essere trasmessi attraverso un adeguato collegamento dati ad un centro remoto di controllo.

3.3.3 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 di cabina nonché tramite opportuna centralina sarà possibile vedere la situazione allarmi. Il quadro sarà fornito di sinottico realizzato includendo anche le protezioni AT e MT.

3.4 Opere impiantistiche

Alimentazione elettrica MT servizi della FOSS:

Per l'alimentazione dei servizi della centrale elettrica offshore sarà previsto un sistema di alimentazione di derivazione dal parco eolico, direttamente da esso alla tensione di 66 kV, configurato in accordo e conformità alle specifiche CEI.

Distribuzione in Bassa Tensione:

Per tutti i servizi di cabina sarà previsto un quadro BT 0,4 kV del tipo ad armadio a pannelli metallici chiusi, con comandi e segnalazioni accessibili.

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Luglio 2019
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina	38 Di 88

Circuito luce interno:

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 sono caratterizzate anche da funzione "illuminazione emergenza".

3.5 Trasformatore di potenza 160 MVA

3.5.1 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;
 - MT 66 kV;
- Tensioni nominali massimi (a carico):
 - AT 245 kV;
 - MT 72,5 kV;
- Regolazione sotto carico su AT +/-12 x 1.25%;
- Collegamento fasi:
 - avvolgimento AT stella;
 - avvolgimento MT triangolo;
- Gruppo di collegamento YNd11;
- Classe d'isolamento:
 - AT LI 1050;
 - MT 325;
- Tensione di tenuta a frequenza industriale per 1 min:
 - AT 325 kV;
 - MT 90 kV;
- Tensione di tenuta ad impulso con onda 1/50 micros:
 - lato AT 650 kV;
 - lato MT 170 kV;
- Sovratemperature ammesse:
 - olio avvolgimenti 60/65 °C;
 - Perdite a vuoto 90 kW;
 - Perdite alla corrente nominale a 75 °C, 220/66 kV 400 kW;
- Norme: IEC 60076, IEC 62695, EN 50329.

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 39	Di 88

3.5.2 Caratteristiche costruttive

Il trasformatore sarà provvisto dei seguenti accessori:

- Variatore sottocarico;
- Valvola di sovra-pressione con contatti ausiliari;
- Termometro olio con contatti ausiliari;
- Indicatore di livello olio con contatti ausiliari;
- n.2 filtri Silicagel;
- ventilatori;
- relè Buchholz con contatti ausiliari;
- pannello di controllo motoventilatori;
- targa con indicazione dati nominali;
- valvole di drenaggio;
- cassetta per morsettiere IP55;
- Pt100 3+1;
- n. 2 terminali di terra;
- La cassa sarà rivestita con vernice epossidica-poliuretana con ganci di sollevamento;
- Dimensioni, 10x6x8 metri (LxWxH);
- Peso, 180 tonnellate.

Nyro Libra è un olio per trasformatori non inibito con eccellenti proprietà di invecchiamento secondo IEC 60296, senza zolfo corrosivo e bifenili policlorurati (polychlorinated biphenyls) PCB.

3.5.3 Stallo Trasformatore

Lo stallo in AT del trasformatore sarà dotato di 3 Scaricatore di sovratensione unipolare ad ossido metallico, un Sezionatore tripolare a tre isolatori per polo e a doppia apertura laterale, un Interruttore tripolare isolamento in gas, tre trasformatore di tensione induttivo unipolare per misure e protezione – isolamento in olio, tre trasformatore di corrente unipolare per misura e protezioni – isolamento in olio, tre scaricatore di sovratensione unipolare ad ossido metallico, due Trasformatore trifase di potenza – isolamento in olio.

3.5.4 Fibre ottiche

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

3.5.5 Impianto di Terra (Earthing System)

L'impianto della messa a terra sarà unico per l'intera sottostazione offshore. Il quale avrà particolarmente cura del contenimento delle tensioni di passo e contatto. L'impianto di terra sarà interconnesso in punti scollegabili per effettuare misurazioni le tensioni di contatto e di passo della FOSS.

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 40	Di 88

3.6 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 dal lato di media tensione che in alta tensione tramite:

- Isolatori sia lato MT che AT;
- Sistema di messa a terra;
- Terminali sia lato MT che AT;
- Degli scaricatori di sovratensione.

3.6.1 Scaricatore di sovratensione

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

3.7 Impianti elettrici di servizio

La stazione elettrica offshore sarà dotata dei seguenti impianti tecnologici:

- Circuito luce;
- Sistema di rilevazione incendi per la piattaforma;
- Allarme di segnalazione a distanza.

3.8 Collaudi e montaggi

I lavori saranno tutti quelli necessari per allineare la Sottostazione Elettrica Offshore AT/MT 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 ed MT di ogni unità funzionale e successiva messa in servizio.

 ilStudio. <small>Engineering & Consulting Studio</small>	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Luglio 2019
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina	41 Di 88

4 CABINA 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 esistente a 220 kV che collega la stazione elettrica di Fulgatore. L'intera cabina avrà configurazione, distanze, impianti e servizi, in accordo a quanto previsto dal C.d.R. TERNA all.3. Inoltre il parco eolico sarà conforme alla guida tecnica delle centrali eoliche di Terna come riportato nell'allegato A.17.

Gli interventi previsti che compongono la cabina di consegna che sorgerà accanto alla esistente Stazione Elettrica di Fulgatore in AT sono:

- N. 1 terminali cavi a 220 kV e apparecchiature di protezione 220 kV;
- N. 1 edificio Comandi e servizi ausiliari;
- N. 1 edificio per punti di consegna BT o MT;
- N. 1 trasformatore MT/AT;
- N. 3 montanti linea 220 kV (1 arrivo parco, 1 partenza consegna stazione Fulgatore e uno trasformatore);
- N. 1 gruppo di compensazione della potenza reattiva;
- N. 1 reattanze di shunt;
- N. 1 filtro armoniche;
- N. 1 stallo MT;
- N. 1 stallo AT;
- N. 1 interruttore MT;
- N. 9 scaricatori MT;
- N. 9 scaricatori AT;
- Chioschi per apparecchiature elettriche;
- N.1 terne di cavi a 220 kV partenza alla RTN - Fulgatore;
- Strada di accesso all'area della stazione elettrica di Fulgatore.

La seguente figura mostra lo schema di massima della centrale di consegna onshore:

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h
	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data Luglio 2019 Pagina 42 Di 88

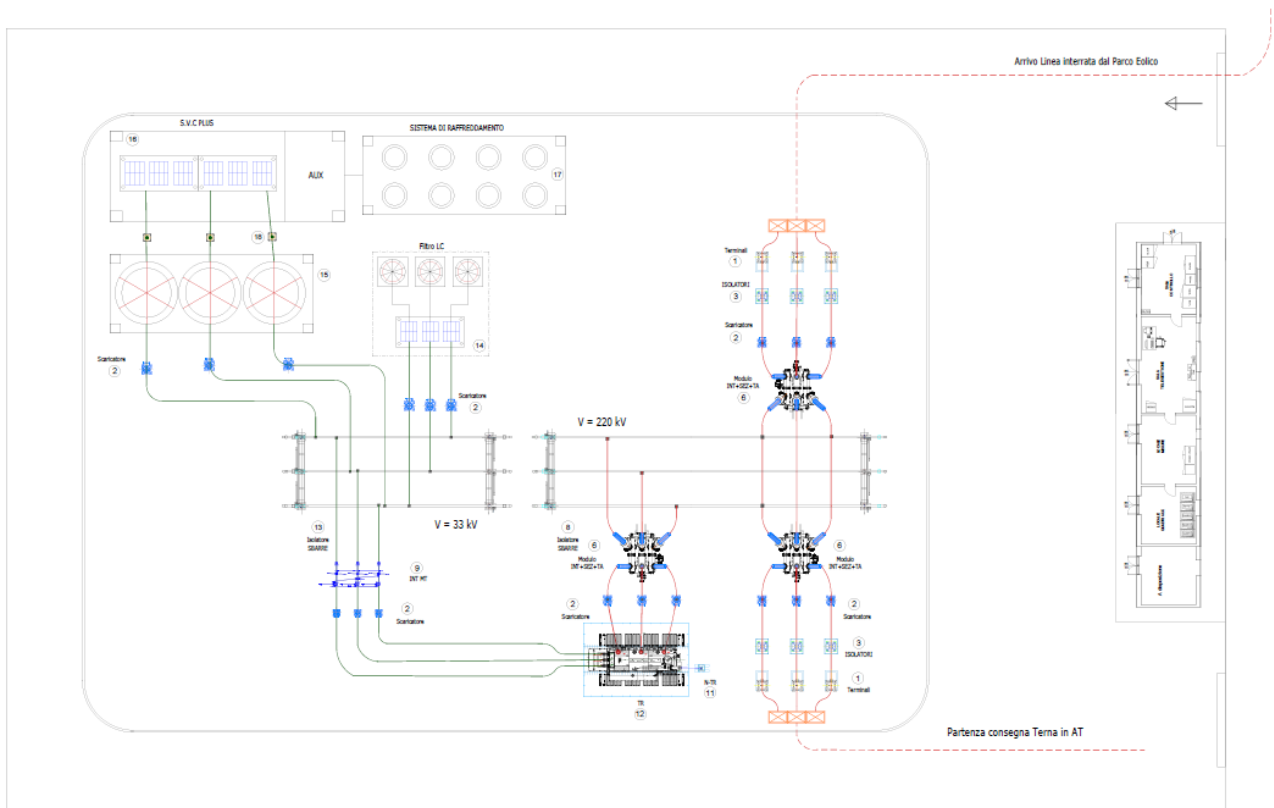


Figura 4.18 - Cabina di consegna Onshore

L'edificio della sala gestione sarà formato da un unico corpo e sarà destinato a contenere i quadri di comando e controllo della cabina di consegna, gli apparati di teleoperazione e i vettori, i servizi per il personale di manutenzione, le batterie, i quadri B.T. in c.c. e c.a. per l'alimentazione dei servizi ausiliari ed il gruppo elettrogeno d'emergenza. L'edificio comandi e servizi ausiliari conterrà anche le apparecchiature per la sincronizzazione della rete elettrica del parco eolico offshore ed i sistemi di telecomunicazione.

La costruzione di tipo prefabbricato (struttura portante costituita da pilastri prefabbricati in c.a.v., pannelli di tamponamento prefabbricati in c.a., finitura esterna con intonaci al quarzo).

La copertura a tetto piano, sarà opportunamente coibentata ed impermeabilizzata. Gli infissi saranno realizzati in alluminio anodizzato naturale.

La seguente figura mostra i locali per i servizi ausiliari della cabina di consegna onshore:

 ilStudio. Engineering & Consulting Studio	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Luglio 2019
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina	43
		Di	88

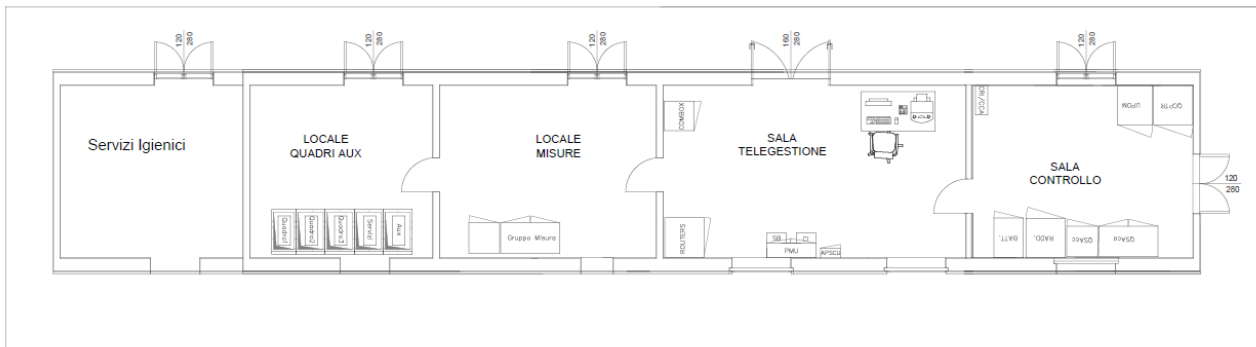


Figura 4.19 – locali dei servizi ausiliari della cabina di consegna

4.1 Norme e disposizioni di legge

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;
- Prescrizioni ISPESL.

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

IEC-60056	HV Alternating currents Circuit Breakers
IEC-60439	LV Switchgear and control gear 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 per un esercizio di lungo periodo nei luoghi previsti dell'installazione.

 ilStudio. <small>Engineering & Consulting Studio</small>	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	Pagina 44
RELAZIONE ELETTRICA			

4.2 Dati ambientali

Nella selezione di apparecchiature e materiali 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.

4.3 Opere elettriche primarie per la consegna a 220 kV

Le opere principali della cabina d'interconnessione saranno in accordo con distanze e disposizioni elettromeccaniche prescritte da TERNA nel C.d.R.. e saranno costituite da:

- n.1 sistema di barrature aereo posto nel piazzale;
- n.1 montante AT arrivo Parco Eolico;
- n.1 montante AT uscita trasformatore;
- n.1 montante AT lato TERNA.

Dal montante di consegna parte una linea in cavo della lunghezza di circa 200 m, con cavo di sezione 3x(1x1600mmq) in Alluminio, che conduce al nuovo punto di inserzione in rete RTN.

Tutte le apparecchiature saranno ubicate all'interno di un'area ad uso esclusivo TERNA, il cui perimetro sarà reso inaccessibile da recinzione e doppio cancello carrabile. In una porzione di tale area, sub-recintata, sarà realizzato un fabbricato monopiano per i servizi.

All'interno della recinzione sarà realizzata una cabina elettrica per servizi ausiliari dotata di una alimentazione indipendente con consegna in MT oppure si potrà optare per una fornitura in bassa tensione, realizzate in conformità alla "Guida ENEL alle interconnessioni" più un locale per l'installazione di un generatore diesel a Bassa Tensione per l'emergenza.

Protezioni della cabina di consegna:

Le protezioni della cabina di consegna saranno conformi alle prescrizioni della norma CEI 0-16.

In linea di massima si prevede:

- per ogni montante - 27, 50, 51, 51N, 59, 64, 81<, 81>, 87T;
- per la linea 220 kV - 27, 59, 59N, 81<, 81>, 87L.

Per tutte le misure saranno adottati componenti secondo specifiche TERNA.

Tutte le protezioni saranno ripetute, oltre che su sistema di supervisione, anche su relè multifunzione.

 SEAS med	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
		Data Luglio 2019	
 ilStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Pagina 45 Di 88	
	RELAZIONE ELETTRICA		

4.4 Opere primarie della connessione elettrica

La configurazione di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) prevede l'installazione di 1 montante AT di arrivo dal parco eolico e 1 di partenza verso Terna.

Ciascun montante è costituito da:

- n.1 sistema di ammarro della linea in cavo;
- n.1 interruttore tripolare A.T. in SF6 (In = 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 A.T. con In = 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 (5A) 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 A.T. In = 2000A, 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 secondario da 5A che sarà utilizzato 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 cabina.

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.

- UPS 110 Vcc

Sarà costituito da raddrizzatore e batterie poste in ambiente dedicato, destinato all'alimentazione dei soli circuiti funzionali di tutti i quadri di cabina, capaci di erogare una corrente 50 A per 24 h.

Il sistema di alimentazione sarà del tipo a due rami, in modo da poter contemporaneamente alimentare le utenze e mantenere carico il proprio banco batterie. Sul quadro sarà prevista una sezione di distribuzione con gli interruttori necessari per l'alimentazione selettiva di tutte le utenze a 110 Vcc.

- UPS 400/230 Vca

Sarà costituito da inverter, con banco batterie posto in ambiente dedicato, destinato all'illuminazione di emergenza e alle unità di supervisione, capace di erogare una corrente di 40 A per 24h. Il sistema di alimentazione sarà del tipo a due rami, in modo da

 ilStudio. <small>Engineering & Consulting Studio</small>	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	Pagina 46 Di 88
RELAZIONE ELETTRICA			

poter contemporaneamente alimentare le utenze e mantenere carico il banco batterie. Sul quadro sarà prevista una sezione di distribuzione con gli interruttori necessari per l'alimentazione selettiva di tutte le utenze privilegiate a 230/400 Vca.

- Generatore di emergenza
Sarà previsto un apposito generatore Diesel di taglia compatibile con il fabbisogno dei servizi privilegiati, compreso il sistema antincendio.

4.5 Opere impiantistiche accessorie

Per i servizi di cabina sarà previsto un sistema B.T. indipendente, alimentato direttamente da ENEL alla tensione di 400 V. I servizi di cabina saranno alloggiati in fabbricato monopiano che prevede:

- n.1 locale consegna, in uso ed accessibilità esclusivi ENEL, equipaggiato con un quadro MT In = 630 A ciascuno dei quali dotato di:
 - scomparto misure;
 - scomparto arrivo linea, protezioni di linea;
 - interruttore estraibile per il trasformatore con sezionatore di terra, equipaggiato con protezioni come da CEI 0-16;
 - scomparto partenza verso il cliente con sezionatore sotto carico, TA e TV, sezionatore di terra;
 - cavo tripolare con isolamento 20 kV, sezione equivalente a 95 mmq Cu;
 - terminale del sistema di supervisione distribuzione elettrica in cui saranno immessi i parametri utili dell'arrivo linea B.T.
- n.1 locale misura, in uso ed accessibilità ad Enel ed a TERNI, equipaggiato per ciascuna linea di alimentazione con un gruppo di misura ed unità di interfacciamento a sistema di supervisione;
- n.1 sala cabina, in cui sarà alloggiata la rimanente parte dell'arrivo M.T.

Ogni linea sarà dotata di:

- Quadro generale M.T., in conformità alla norma CEI 0-16, realizzato in armadio metallico IP>41, accessibilità frontale all'interruttore, previi interblocchi di sicurezza, mediante portella, accessibilità posteriore a cavi e trasformatori di misura con pannello e finestrella di ispezione, schema mimico sul fronte;
- Sistema di Protezione Generale dotato delle protezioni a codice ANSI 49, 50, 51, 51N mediante trasformatori toroidali di corrente su singole fasi, nonché trasformatori di tensione;
- Trasformatore 20/0.4 kV, potenza nominale di 160 kVA, isolato in resina, del tipo DyN, racchiuso in armadio metallico con accessibilità fronte/retro, che alimenterà con linea quadripolare in cavo un quadro di distribuzione in B.T. Il tutto sarà coordinato secondo la CEI 99-4: "Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/Utente finale".

 ilStudio. Engineering & Consulting Studio	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	Pagina 47 Di 88
RELAZIONE ELETTRICA			

Quadro di distribuzione in Bassa Tensione

Per tutti i servizi di cabina sarà previsto un quadro B.T. 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, con le seguenti caratteristiche dei valori di corrente:

- $I_{vera} = 570 \text{ A}$;
- $I_{cc,vera} = 2.5 \text{ kA}$;
- $I_{n,barrature} > 630 \text{ A}$;
- $I_{cc,nominale} > 20 \text{ kA}$ per la barratura e per tutte le utenze.

Il quadro di alimentazioni avrà il proprio sganciatore 50, 51, 51N e 27, riceve un comando di trascinamento in apertura dall'interruttore di M.T.

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

Sistema di antintrusione per cabina di consegna:

Il Sistema di antintrusione sarà composto da:

- n. 1 Centrale completa di modulo alimentazione, scheda base, modulo relè, Targa adesiva serigrafata;
- Contatti magnetici per porte secondo necessità;
- n. 1 Contatto magnetico per cancelli;
- n. 1 Sirena auto protetta.

4.6 Caratteristiche dell'intervento

Nel seguito viene descritta in dettaglio la composizione della cabina di consegna 220 kV:

Cabina di consegna per la connessione AT:

La cabina di consegna onshore di connessione 220 kV sarà del tipo a singola sbarra isolata in aria, così articolata:

- n.1 montante AT (modulo ibrido GIS) a 220 kV per connessione della linea in arrivo dal parco eolico ad una delle terne di sbarre, equipaggiato con sezionatori di terra a monte e valle, costituito da un'apparecchiatura compatta integrata in SF6;
- n.1 sistema a singola sbarra 220 kV, completo di supporti, isolatori, TVC e scaricatori di sovratensione;
- n.1 montanti AT (modulo ibrido GIS) a 220 kV a singola uscita per connessione alle linee di entrata del gestore RTN ad una delle terne di sbarre dell'ingressi;
- n.1 montanti AT (modulo ibrido GIS) a 220 kV a singola uscita per connessione al trasformatore MT/AT;
- n.1 terna di scaricatori di sovratensioni ad ossidi metallici;

Tutti gli interruttori e sezionatori hanno azionamento motorizzato 110 Vcc con distribuzione ad anello chiuso in conformità a quanto prescritto dal C.d.R.

Tutti i sezionatori di sbarra prevedono anche la posizione di connessione a terra lato linea e lato sbarre.

 SEAS med	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
		Data Luglio 2019	
ilStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Pagina	48
	RELAZIONE ELETTRICA	Di	88

I servizi ausiliari di cui sarà dotata la sottostazione comprendono:

- n.1 alimentazioni 400 V provenienti da BT (ENEL);
- distribuzione ausiliaria C.A. e C.C. comprese le batterie ed un sistema UPS;
- distribuzione 110 Vcc agli ausiliari di tutte le apparecchiature di A.T.;
- generatore di emergenza ad avviamento automatico;
- quadri ausiliari bassa tensione;
- impianto di illuminazione interna ed esterna;
- impianto di distribuzione della forza motrice;
- impianto di climatizzazione interno alla sala Quadri;
- impianto antintrusione.

Opere civili:

- fondazioni per le apparecchiature da installare;
- piazzale AT, inclusi cordoli di contenimento, opere di convogliamento pluviale, lastrico stradale ed isolamento superficiale;
- cunicoli cavi;
- edificio supervisione e controllo;
- impianto di terra e protezione scariche atmosferiche per l'intero piazzale ed i fabbricati, inclusa l'area destinata alle postazioni future di ulteriori stalli di linea.

Impianti elettrostrumentali in BT di monitoraggio e protezione:

- BT, tutta inclusa all'interno della sottostazione;
- Sistema di Protezione Comando e Controllo (SPCC), morsettiere, dispositivi di comunicazione inclusi, linee di telecomunicazione escluse;
- Rete di terra primaria;
- Rete di terra secondaria.

Circuiti ausiliari:

Per i circuiti ausiliari sarà prevista una alimentazione indipendente in bassa tensione:

- BT, tutta inclusa all'interno della sottostazione;
- SPCC, morsettiere, dispositivi di comunicazione, linee di telecomunicazione.

4.7 Impianto della cabina di consegna

4.7.1 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.

 SEAS med	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
		Data Luglio 2019	
 ilStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Pagina 49 Di 88	
	RELAZIONE ELETTRICA		

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 2200 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" e,

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".

4.7.2 Configurazione AT lato cabina di consegna

La cabina di consegna AT della Stazione prevede l'installazione di un montante di connessione dal parco eolico al sistema sbarre del gestore RTN a 220 kV per esterno, così composto:

Un modulo Ibrido GIS PASS M0S 245 kV composto da:

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
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;

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Luglio 2019
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina	50
		Di	88

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 <u>220.000:√3/100:√3</u> 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;
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;	
n.1 Terna di trasformatori di tensione capacitivi, con rapporto <u>220.000:√3/100:√3</u> , 20VA cl. 0,5, 100VA cl. 3p;	
Tensione massima di riferimento per l'isolamento	250 kV;

 ilStudio. <small>Engineering & Consulting Studio</small>	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data Luglio 2019	Pagina 51

Rapporto di trasformazione	220:√3/0.1:√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.

Sistema di protezione:

Protezioni e comandi delle apparecchiature saranno cablate e convogliate in un quadro che realizzerà uno schema sinottico dei sistemi a microprocessore dal quale sarà possibile controllare la sottostazione attraverso un display.

Sistema di supervisione della cabina di consegna:

Il sistema di supervisione prevede che i segnali di stato per tutte le apparecchiature AT/MT 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. Per la comunicazione è previsto l'uso del protocollo IEC 61850. Sono previste inoltre:

- RTU e relative schede I/O digitali ed analogiche;
- Rete in fibra ottica locale;
- Modem in trasmissione e ricezione;
- PC per postazione remoto;
- Licenze sw e microscada.

L'interconnessione con il sistema TERNA avverrà attraverso bobine di sbarramento e dispositivi di accoppiamento (2 fasi su 3, con una in back-up) su entrambe le connessioni entra - esci in base a quanto previsto dal C.d.R. All. 3 cap. 11.1.9.

Quadro comando protezione controllo QPCS:

Nella sala BT verrà installato il quadro QPCS dal quale sarà possibile effettuare tutti i comandi e controlli di sottostazione con la possibilità di visualizzazione e monitoraggio degli allarmi tramite centralina. Il quadro sarà dotato di sinottico includendo anche le protezioni AT e MT.

Cassette per ausiliari TA e TV:

Saranno installate opportune cassette per ausiliari TA e TV in acciaio INOX contenenti interruttori di protezione circuito TV, tipologia anticondensa, morsetti di appoggio e sezionabili.

Sistema di distribuzione CA/CC della cabina di consegna:

Il sistema di distribuzione sarà così composto:

- Raddrizzatore/Caricabatteria;
- Pannello di distribuzione CA e CC;

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Luglio 2019
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina	52
		Di	88

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

Il sistema di distribuzione AC previsto è del tipo 3F+N predisposto per l'alimentazione con un gruppo elettrogeno diesel in caso di mancanza di rete, e dimensionato in modo da avere una riserva di circa il 10÷20% per eventuali incrementi futuri del carico.

L'alimentazione del sistema di distribuzione AC sarà possibile sia dal trasformatore servizi ausiliari sia dal gruppo elettrogeno. L'alimentazione dalle batterie sarà realizzata attraverso un sistema di raddrizzatori/caricabatteria che funzioneranno uno di back up all'altro.

4.7.3 Raddrizzatore/Caricabatteria della cabina di consegna

Il sistema sarà essenzialmente composta da:

- n.2 raddrizzatori a doppio ramo (uno di back up);
- n.1 batteria di accumulatori.

Il raddrizzatore/caricabatterie fornirà l'alimentazione con tensione stabilizzata alle utenze 110 Vcc, assicurando contemporaneamente la carica delle batterie. Il gruppo presenta le seguenti caratteristiche principali:

Alimentazione CA:

tensione nominale	3x400V,
variazione alimentazione	+/- 10%,
frequenza	50Hz,
variazione frequenza	+/- 5%,
ICC (corrente di cortocircuito)	10 kA.

Ramo caricabatterie:

tensione carica a fondo	132 V (2,4V/elemento),
tensione carica tampone	121V +/- 1% (2,2 V/elemento),
corrente erogata massima	30 A con avaria ramo utenze,
corrente di carica batteria	15A limitati elettronicamente,
caratteristica di carica	IU (DIN 41773).

Ramo utenze:

tensione utenze stabilizzata	110 V +/-1%,
corrente utenze	30A limitati elettronicamente,
ripple	1 %,
tensione max. uscita	121V avaria ramo caricabatterie.

Tutti i valori di tensione e di corrente in uscita CC sono limitati elettronicamente e regolabili con trimmer su schede elettroniche.

Strumentazione, segnalazioni e allarmi:

- Cl. 1,5 - scala 90°;
- n. 1 voltmetro lato c.c. tensione batteria;
- n. 1 voltmetro lato c.c. tensione utenze;

 ilStudio. <small>Engineering & Consulting Studio</small>	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	Pagina 53
RELAZIONE ELETTRICA			

n. 1 amperometro lato c.c. corrente batteria;
 n. 1 amperometro lato c.c. corrente utenze;
 n. 1 voltmetro lato c.a. + TV + selettore;
 segnalazioni e allarmi luminosi ISA-2A per presenza rete, carica a fondo, carica tampone, polarità a massa, batteria in scarica, batteria scarica, preallarme di fine scarica batteria, interruttori di distribuzione aperti.

4.7.4 Pannello di distribuzione CA e CC della cabina di consegna

Sezione CA:

n. 1 interruttore generale da 400 A;
 n. 1 sezionatore da 45 A per alimentazione da GE;
 n. 20 interruttori quadripolari da 10 ÷ 40 A per asservire:
 Alimentazione ausiliari TR;
 Illuminazione esterna;
 Anticondense;
 Raddrizzatore;
 prese F.M.;
 condizionatori;
 n. 10 interruttori bipolari da 10 ÷ 25 A per asservire:
 illuminazione interna locali;
 UPS e proprie utenze;
 illuminazione quadri;
 disponibili;
 Il pannello sarà dotato di contatore per misure fiscali con certificati UTF.

Sezione CC:

n. 1 interruttore generale da 40 A;
 n. 25 interruttori automatici miniaturizzati (MCB) bipolari da 10 ÷ 25 A per asservire:
 Alimentazione interruttore e sezionatore AT;
 Allarmi;
 Alimentazioni quadri MT e BT;
 Disponibili.

4.7.5 Batterie di accumulo ermetiche al litio

La batteria ermetica al litio (tipo FIAMM - da 10 elementi) avrà capacità a 20°C pari a:
 80 Ah con tempo di scarica di 30 h;
 60 Ah con tempo di scarica di 20 h.

Le batterie verranno alloggiare in un armadio con le stesse caratteristiche di quello previsto per il raddrizzatore/caricabatteria.

4.7.6 UPS

Caratteristiche tecniche generali:
 Tensione di ingresso 220 Vcc,

 SEAS med	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
		Data Luglio 2019	
 ilStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Pagina 54 Di 88	
	RELAZIONE ELETTRICA		

Tensione di uscita 230 Vca,
 Potenza nominale 3000 VA,
 Autonomia 192 min. a 1500 W.

4.7.7 Gruppo elettrogeno Diesel

Sarà installato un gruppo elettrogeno Diesel con le seguenti caratteristiche:

Potenza nominale 50 kVA,
 Motore termico diesel,
 Serbatoio a bordo, 120 litri,
 Tensione nominale 400 V,
 Autonomia 30 h a pieno carico.

Il gruppo elettrogeno sarà provvisto di quadro di comando.

4.7.8 Cassette Forza Motrice

Saranno previste n. 4 prese tipo CEE 16 A monofasi e trifasi da installarsi all'interno dell'edificio nei locali MT e BT.

4.8 Collegamenti, strutture metalliche, rete di terra e cavi BT/MT

4.8.1 Conduttori, morsetti e collegamenti AT

I collegamenti fra le apparecchiature di potenza saranno realizzati in tubo di alluminio di diametro 40/30. I morsetti saranno in materiale monometallico in lega di alluminio a profilo antieffluvio con serraggio a bulloni in acciaio inossidabile.

4.8.2 Strutture metalliche

Le strutture metalliche previste saranno in acciaio di tipo tubolare o in profilato, dimensionate in accordo al DPR 1062 del 21/06/1968 ed alle normative antisismiche per gli impianti tecnologici.

La zincatura a caldo verrà eseguita nel rispetto delle indicazioni della norma CEI 7-6 fasc. 239.

Qualora durante il montaggio, la zincatura fosse asportata o graffiata si provvederà al ripristino della stessa mediante applicazione di vernici zincanti a freddo.

Fanno parte dell'intervento anche i tirafondi di fissaggio delle carpenterie.

4.8.3 Cavi AT e MT

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

- Quadro MT – Trasformatori Servizi Ausiliari: tale collegamento sarà realizzato con 1 cavo per fase della sezione di 120 mm² in Cu;
- Sistema di sbarre – Tralicci o linea in cavo di connessione con la linea TERNA: cavo 3x(1x1600 mm² Al) (IEC60840 - 200-220 (250) kV).

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 55	Di 88

4.8.4 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.

Non è previsto l'utilizzo di cavi armati.

Le sezioni minime dei conduttori dei cavi utilizzati per le interconnessioni fra apparecchiature BT e quadri di potenza e controllo sono:

- per i circuiti di potenza 2,5 mm²;
- per i circuiti amperometrici/voltmetrici 4,0 mm²;
- per i circuiti di comando e segnalazione 1,5 mm².

I cavi BT utilizzati nelle cabine Enel saranno di tipo N1VC7V-K di tipo schermato.

4.8.5 Fibre ottiche

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

4.9 Impianti ausiliari della cabina di consegna

4.9.1 Quadri Media Tensione

I quadri MT sono composti da scomparti unificati compatti per:

- unità di protezione isolate in SF6,
- arrivo e partenza linea con interruttore SF6,
- relè elettronico autoalimentato,
- protezione di massima corrente con relè 50/51 e riduttori amperometrici.
- Il tutto sarà conforme alle norme CEI 17-6 (fasc. 1126), IEC 298, CEI 17-21 (fasc. 795), IEC 694, CEI 17-1 (fasc. 405) IEC 56 e loro evoluzioni vigenti.

I quadri saranno realizzati in:

- carpenteria metallica in lamiera opportunamente rinforzata;
- spessore struttura portante mm 25/10;
- spessore pannelli di chiusura mm 20÷15/10;
- oblò trasparente per ispezione interna;
- esecuzione per interno accesso frontale;
- sbarre omnibus in rame predisposte per consentire futuri ampliamenti;
- carrello scorrevole per facilitare l'inserimento;
- n.1 interruttore estraibile;
- opportuni blocchi meccanici a chiave atti a garantire la sicurezza del personale;
- blocchi ad interdizione a garanzia di manovra errata;
- accesso allo scomparto solo in condizione di fuori tensione;
- sezionatore di terra chiuso.

Saranno inoltre equipaggiati con:

- sistema di sbarre principali;
- attacchi per uscita cavi;
- supporti terminali;

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Luglio 2019
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina	56 Di 88

- targa mimica di sequenza manovra e lo schema elettrico;
- relè elettronici con captatori di corrente;
- comando manuale;
- sganciatori di apertura;
- carrelli supporto per interruttori estraibili;
- connettore B.T.;
- n. 2 contatti NC+NA;
- blocco a chiave sugli interruttori-sezionatori rotativi a vuoto;
- sezionatori di terra;
- blocchi a chiave sui sezionatori;
- blocchi porta;
- allacci alla linea MT e ad altri scomparti.

Equipaggiamento specifico per lo scomparto misure:

n.3 trasformatori di corrente	7,5 W 10 VA cl. 0,5;
n.3 trasformatori di tensione	30 VA, cl. 0,5;
allacci alla linea MT e ad altri scomparti	

Caratteristiche elettriche di tutti gli scomparti:

Tensione nominale	24 kV;
Tensione di esercizio fino	24 kV;
Tensione di prova 1 minuto	50 kV;
Corrente nominale sbarre ed apparecchiatura	630 A;
Corrente di corto circuito per un secondo	12,5 - 16 kA;
Corrente di cresta del 1° semiperiodo	31,5 - 40 kA.

4.9.2 Trasformatori MT/BT dei servizi ausiliari

Standard di riferimento	IEC 76 -CEI14-4;
Tipo di servizio	continuo;
Installazione	interno;
Temperatura ambiente massima	40°C;
Metodo di raffreddamento	AN;
Materiale di isolamento	Resina;
Potenza nominale	160 kVA.
Tensioni nominali (a vuoto):	
MT	30/20 kV;
BT	0.4 kV.
Regolazione a vuoto	+/- 2 x 2.5%.
Collegamento fasi:	
MT	triangolo;
BT	stella.
Gruppo di collegamento	Dyn11.

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 57	Di 88

Classe d'isolamento:

MT	24 kV;
BT	1.1 kV.

Tensione di tenuta a frequenza industriale:

MT	50 kV;
BT	3 kV.

Tensione di tenuta ad impulso atmosferico:

MT	95 kV.
----	--------

Sovratemperature ammesse:

primario	100°C;
secondario	100°C.

Perdite a vuoto

420 W;

Perdite di carico a 75°C

1400 W;

Tensione di c.to c.to

5%.

Sono inoltre inclusi nell'opera i seguenti accessori:

- n.1 centralina termometrica;
- n.3 termosonde Pt 100 cablate in cassetta;
- n.1 carrello con 4 ruote orientabili;
- n.1 targa caratteristiche;
- n.4 golfari di sollevamento;
- n.2 morsetti di terra;
- n.4 attacchi per traino;

Il trasformatore dei servizi ausiliari sarà provvisto di opportuna struttura di protezione metallica completa di blocco AREL.

4.9.3 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), composto da:

- struttura metallica autoportante rigida indeformabile componibile mediante l'impiego di viti e bulloni;
- portelle incernierate munite di serrature con chiavi asportabili e collegamento di terra;
- setti o portelle divisorii;
- ingresso cavi dal basso.

Il quadro sarà equipaggiato con sbarre omnibus di distribuzione, orizzontali e verticali di tipo tetrapolari, sarà dimensionato per la corrente nominale di 630 A e di cortocircuito da 25 kA e con appositi isolatori ad alta resistenza meccanica, cunicoli e sbarra di terra.

Saranno installati interruttori automatici magnetotermici in custodia isolante, con sganciatori standard o con relè a microprocessore, con soglie di sovraccarico e corto circuito regolabili ed estraibili, con potere di interruzione a 380 V pari a 25 kA.

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Luglio 2019
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina	58
		Di	88

4.10 Impianto di Terra

Cabina di consegna utente:

L'area destinata alla recinzione della cabina di consegna utente sarà servita da un impianto di terra unico, i cui dispersori saranno uniti a costituire un unico dispersore mediante giunti galvanicamente protetti, ispezionabili e sezionabili per misura e manutenzione. Il piano di calpestio del piazzale sarà reso equipotenziale tramite una rete elettrosaldada annegata nel calcestruzzo, ciascuna posta in intimo contatto col proprio dispersore, ed isolata con un manto di bitume di spessore superiore a 8 cm.

L'impianto di terra sarà unico per l'intera cabina di consegna utente. 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 cabina 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 è stato realizzata una rete magliata per rendere equipotenziale l'area.

L'impianto di terra dell'intero complesso dell'area della cabina utente, 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 della centrale offshore, i ferri di armatura della centrale antincendio nonché i ferri di armatura della cabina prefabbricata e tutte le parti metalliche facenti parte dell'intera opera.

Dopo aver realizzato la rete magliata della cabina elettrica si effettua un'altra maglia esterna perimetrica ad essa con i dispersori di terra che verranno connessi alla piattaforma alla base della torre. Naturalmente l'impianto di terra della cabina elettrica va connesso all'intero impianto di terra della struttura.

 ilStudio. <small>Engineering & Consulting Studio</small>	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	Pagina 59 Di 88
RELAZIONE ELETTRICA			

Per il dimensionamento del collettore principale di terra che è il nodo principale, il quale viene realizzato mediante una sbarra o morsettiera, al quale fanno capo diverse parti dell'impianto:

- il conduttore di terra CT, il quale collega il collettore principale di terra (o nodo) al dispersore o i dispersori tra di loro;
- il conduttore di protezione principale PE, il quale connette il collettore principale di terra con i PE di collegamento alle masse e con i conduttori equipotenziali di collegamento alle masse estranee;
- una deviazione principale sul PE con collegamento passante senza interruzione del PE montante;
- un conduttore di protezione secondario PE che collega le masse al collettore principale di terra tramite il PE montante;
- i collegamenti equipotenziali principali (EQP), vengono collegate le masse estranee;
- i collegamenti equipotenziali supplementari (EQS).

4.11 Impianti tecnologici della cabina di consegna a 220 kV

La cabina di consegna sarà dotata degli impianti tecnologici di seguito descritti.

Circuito luce area stalli AT:

Verrà installato per le operazioni di manutenzione un palo con dei corpi illuminanti equipaggiati da lampade a basso consumo LED per illuminare l'area di lavoro antistante la cabina di consegna, l'illuminamento medio sarà di 200 lux.

Circuito luce e f.m. cabina (esterno):

Tutte le aree esterne sia della cabina utente che della cabina di consegna Enel saranno dotate di un'illuminazione esterna, composta da lampade LED da 50 W ad alto rendimento con plafoniere a tenuta stagna (grado di protezione IP65), per un illuminamento minimo di 50 lux, tali lampade sono caratterizzate anche da funzione "illuminazione emergenza". L'impianto sarà comandato con interruttore crepuscolare per l'accensione/spegnimento automatico dei corpi illuminanti.

Circuito luce e f.m. cabina (interno):

Tutti i locali saranno illuminati secondo necessità con plafoniere stagne equipaggiate con tubi LED da 50 W. Le lampade saranno comandate da interruttori e deviatori posti sul lato delle porte di accesso ai locali, saranno installate prese bivalenti 10/16 A.

Le zone operative adiacenti ai quadri elettrici saranno asservite da lampade autoalimentate a batteria (durata 2h).

Sistema di Climatizzazione:

La sala di controllo, realizzata nel rispetto delle normative sul contenimento delle dispersioni energetiche, sarà climatizzata caldo/freddo con sistema a pompa di calore ad alta efficienza con tecnologia ad inverter e gas ecologico R410. Sarà garantito il numero di ricambi orari igienico - sanitari per i luoghi di lavoro.

I locali chiusi destinati agli impianti che dissipano calore (quadri, locali batteria e trasformatori) saranno raffreddati con ventilazione forzata di aria ambiente esterna filtrata.

 SEAS med	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
		Data Luglio 2019	
 ilStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Pagina 60 Di 88	
	RELAZIONE ELETTRICA		

Sistema di rilevazione incendi:

Il sistema di rilevazione incendi per ciascun edificio sarà dotato di quadro di controllo equipaggiato con:

- n.1 centrale tipo CF4E o equivalente, completa di modulo alimentazione, scheda base, modulo relè e targa adesiva serigrafata;
- n.15 sensori ottici di fumo convenzionale a 3 terminali, completi di base e cassetta di allaccio posti a protezione dei locali energizzati e critici;
- n.1 Targa luminosa " incendio";
- n.1 Sirena auto protetta;
- n.2 Batterie 12V - 7A/h.

Sistema antintrusione per cabina di consegna:

Il sistema antintrusione sarà dotato di quadro equipaggiato con:

- n.1 Centrale completa di modulo alimentazione, scheda base, modulo relè, Targa adesiva serigrafata;
- Contatti magnetici per porte interne secondo necessità;
- n.2 Contatti magnetici per cancelli;
- n.1 Sirena auto protetta.

4.12 Impianto di protezione contro le scariche atmosferiche

L'individuazione della struttura da proteggere è essenziale per definire le dimensioni e le caratteristiche da utilizzare per la valutazione della cabina di consegna utente. La struttura che si vuole proteggere coincide con una serie di edifici fisicamente separati, ma ai fini della protezione dall'LPS e della rete di terra, formeranno un'intera area. Pertanto, ai sensi dell'art. A.2.2 della norma CEI EN 62305-2, le dimensioni e le caratteristiche della struttura da considerare sono quelle dell'edificio stesso.

La Normativa di Riferimento per l'impianto contro le scariche atmosferiche è costituita dalle seguenti parti:

- 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".
- 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.

4.13 Opere civili

L'area cabina di consegna utente sarà protetta da una recinzione realizzata in materiale isolante, dotata di due ingressi carrabili collegati al sistema viario locale.

Le vie cavi in arrivo saranno interrato a profondità di almeno 1,50 m anche all'interno del piazzale ed entreranno in cabina mediante adeguati pozzetti, distinti e separati per livello di tensione.

 ilStudio. <small>Engineering & Consulting Studio</small>	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	Pagina 61 Di 88
RELAZIONE ELETTRICA			

Si prevedono 2 vie cavi distinte e separate in ingresso al piazzale alta tensione con altrettanti pozzetti distinti e separati, oltre ad eventuale cavo per telefonia e/o segnale.

E' prevista la presenza di due fabbricati, il fabbricato principale sarà realizzato in c.a. adibito a:

- Locale quadri per il comando, il controllo e protezione dell'impianto;
- Locale quadro AT 220 kV per l'arrivo dal parco eolico;
- Locale Trasformatore Servizi Ausiliari;
- Locale Gruppo elettrogeno;
- Servizi igienici con tutte le condotte in polietilene o altro materiale non conduttore;
- Locale banchi batterie degli UPS 110 Vcc di quadro e 400/230 Vca;
- Locale BT;
- Locale magazzino/Disponibile.
- L'altro edificio sarà realizzato in c.a.p secondo prescrizioni ed omologazione ENEL per ospitare l'arrivo della linea BT a 0.4 kV di alimentazione dei servizi ausiliari. Tale edificio sarà dotato di:
 - Locale BT con ingresso solo sulla strada;
 - Locale AT e BT con ingresso dall'interno del piazzale.

Entrambe le aree saranno interconnesse.

Nel piazzale recintato è previsto un fabbricato cabina elettrica e servizi, suddiviso in ambienti separati. Per il fabbricato principale sarà utilizzato c.a., mentre per la cabina di alimentazione MT a 20 kV da ENEL, il fabbricato sarà in c.a.p. in esecuzione equipotenziale, omologata ENEL.

In stretta adiacenza sarà realizzato un fabbricato monopiano in c.a suddiviso in un locali per l'installazione del trasformatore dei servizi ausiliari.

La cabina di alimentazione MT sarà ubicata in posizione adiacente alla strada per libero accesso ENEL e comprenderà un locale misure per il computo dell'energia attiva e reattiva a doppio accesso esclusivo (Enel e Terna). Il tutto sarà coordinato secondo CEI 99-4: "Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/Utente finale".

Il fabbricato utente comprenderà:

- sala quadri per il comando e controllo dell'impianto (doppio ingresso, pavimento flottante, compatibile con ampliamento futuro);
- locale retro quadro per la collocazione degli armadi dei sistemi di protezione (doppio ingresso, pavimento flottante, compatibile con ampliamento futuro);
- locale gruppo elettrogeno (REI120);
- locale teletrasmissioni (batterie ed apparati dedicati);
- locale quadri MT (REI 120);
- locale quadri BT (REI 120);
- alloggiamento dei banchi batterie degli UPS 110 Vcc di quadro e 400/230 Vca. (tipo ermetico, estrattore aria);
- Locale generatore diesel di emergenza;
- Servizi igienici;
- Magazzino/deposito.

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	Luglio 2019
RELAZIONE ELETTRICA		Pagina	62 Di 88

Il cavo di arrivo dal parco a 220 kV entrerà in cabina di consegna utente mediante adeguati pozzetti, distinti e separati per destinazione. L'intera cabina di consegna, incluse le aree all'aperto riservate ad espansione futura delle connessioni a 220 kV secondo STMG, saranno dotate di impianto di terra equipotenziale.

Il piano di calpestio del piazzale, già reso equipotenziale mediante rete elettrosaldata annegata in cls. per tutta l'area ed interconnessa al sistema di dispersori dell'impianto generale di terra, sarà isolato mediante un manto di bitume di spessore superiore a 8 cm.

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, per questioni di ingombri, le distanze per le sbarre e le apparecchiature sono previste in aria con una distanza minima di 3,2 m tra le fasi AT.

Tutte le apparecchiature saranno in accordo a quanto previsto dal Codice di Rete, all.3 e relative alla tensione nominale di 220 kV.

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.

4.14 Compensazione della potenza reattiva

L'ente gestore della rete elettrica nazionale (Terna) ha comunicato tramite il piano di avanzamento per lo sviluppo che nell'elettrodotto 220 kV Partinico-Fulgatore (Cod. 607-S e 607-P) dovrà prevedere l'installazione di un condensatore di compensazione della potenza reattiva di 54 MVar (in luogo dell'esistente da 25 MVar), al fine di migliorare la gestione del sistema AAT. L'installazione del condensatore di compensazione consente notevoli benefici in termini di incremento dei livelli di sicurezza e stabilità del sistema elettrico associate alla variazione degli scenari di carico e generazione nell'area occidentale della Sicilia.

Dall'analisi preliminare della rete del parco la potenza reattiva generata dai generatori eolici è di circa 22 MVar, la quale deve essere compensata prima di essere iniettata 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.

4.14.1 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 MT;
- sottostazione di trasformazione offshore;
- cabina di consegna onshore.

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 63	Di 88

Tutto ciò rende la rete (il parco) 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, considerando che l'intera rete funzioni in isola.

Le turbine eoliche devono funzionare in modo simile alle centrali elettriche convenzionali nel punto di connessione alla rete. Ciò significa che devono fornire potenza reattiva induttiva o capacitiva e regolare la tensione staticamente al fine di soddisfare i requisiti dell'operatore di rete. A seconda del tipo di sistema utilizzato e della topologia della rete elettrica del parco eolico, le turbine eoliche da sole non sono spesso in grado di soddisfare tutti questi requisiti.

L'uso dell'elettronica di potenza nei parchi eolici provoca emissioni armoniche. Le moderne turbine eoliche funzionano utilizzando i convertitori di frequenza IGBT che, in una vasta gamma di frequenze, emettono armoniche fino a 9 kHz. Attualmente, queste armoniche provocano sempre più violazioni dei limiti e possono anche causare guasti alla rete.

In molti casi vengono utilizzati cavi lunghi per collegare i parchi eolici alla rete. Un aumento del cablaggio può essere osservato anche nelle reti a media e alta tensione. L'interazione dell'impedenza di rete esistente con la topologia di rete del parco eolico può portare a risonanze significative. Questo a sua volta amplifica le armoniche emesse dal parco eolico e le armoniche preesistenti nella rete. Ciò può provocare situazioni critiche della rete.

In caso di guasto alla rete, le turbine eoliche devono contribuire a mantenere la stabilità della rete. Le moderne turbine eoliche sono in grado di fornire autonomamente il supporto di tensione necessario per garantire questa stabilità. I sistemi tecnicamente obsoleti non sono più in grado di soddisfare i requisiti più recenti. Questo a sua volta mette a rischio la certificazione dell'intero parco eolico.

La potenza fornita da un parco eolico varia a seconda delle condizioni del vento. I conseguenti picchi di prestazioni possono causare un sovraccarico delle reti, che attualmente comporta costose chiusure obbligatorie per gli operatori di rete in conformità con l'ente gestore della rete sulle fonti di energia rinnovabile. D'altro canto, le turbine eoliche devono fornire energia sufficiente su richiesta ai fini della stabilizzazione della frequenza. Le nuove linee guida per le connessioni tecniche includono requisiti di immissione più elevati in caso di caduta della frequenza di rete.

4.14.2 Soluzione tecnica

La quantità della potenza reattiva generata tende a caricare maggiormente la linea in cavo, riducendo la componente attiva di corrente che è possibile trasmettere. La doppia compensazione alle estremità è pertanto necessaria per il rispetto dei vincoli verso la rete, in questo modo si ha la potenza attiva massima trasmissibile. Sulla base delle ipotesi di intervento per limitare la potenza reattiva si è deciso di intervenire installando un banco di compensazione della potenza reattiva. L'installazione di tale banco avverrà nella sottostazione offshore prima della trasformazione dell'energia elettrica in alta tensione.

All'altra estremità della rete (cabina di consegna onshore) verrà installato un altro gruppo di compensazione della potenza reattiva in modo tale da compensare anche la potenza reattiva generata dal cavo di trasporto dell'energia.

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 64	Di 88

4.14.3 Soluzione Offshore

L'installazione di un gruppo di compensazione compatto della potenza reattiva direttamente all'interno della centrale eolica offshore comporta un miglioramento del fattore di potenza vicino alla fonte dell'energia prodotta e ciò permette oltre a ridurre la potenza reattiva generata anche la riduzione delle perdite sulla rete di generazione.

La soluzione sarà progettata per l'uso in applicazioni marine in cui sono richiesti un elevato grado di prefabbricazione e una grande potenza in uno spazio compatto. Il sistema garantirà 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.

4.14.4 Soluzione Onshore

Sarà realizzato un sistema specifico per l'applicazione che combina la capacità di ridurre le armoniche nella potenza di linea e la tensione di alimentazione con elevate dinamiche di regolazione per fornire potenza reattiva nelle reti di distribuzione. Tale sistema svolgerà in modo flessibile i compiti di regolazione come la regolazione della tensione o la riduzione del flusso di potenza reattiva.



Figura 4.20 – Compensazione del reattivo - cabina di consegna

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	
RELAZIONE ELETTRICA		Pagina 65	Di 88

4.15 Collaudi, montaggi e documentazione

4.15.1 Montaggi e collaudi

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.

Le attività di collaudo in opera si collocano al termine dei lavori di ogni singola unità funzionale.

Verranno poi provate contemporaneamente tutte le apparecchiature, le circuiterie e gli elementi AT ed MT di ogni unità funzionale e successiva messa in servizio.

4.15.2 Documentazione tecnica

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

- tabella generale dati della stazione di consegna;
- schema elettrico unifilare cabina di consegna;
- schemi funzionali cabina di consegna;
- progetto rete di terra cabina di consegna;
- progetto rete AT cabina di consegna;
- elenco principale dei materiali;
- planimetria elettromeccanica cabina di consegna;
- sezioni elettromeccaniche della cabina 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.

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	
RELAZIONE ELETTRICA		Pagina 66	Di 88

5 LOAD FLOW

5.1 Modello di calcolo

Lo studio della rete dell'impianto eolico è stato eseguito mediante l'uso del software di simulazione digitale DIGSILENT – Power Factory, il quale utilizza il metodo nodale per i calcoli dei flussi di energia elettrica per simulare la rete reale e caratterizzare la distribuzione dei flussi di energia in tutti i punti della rete elettrica. Tale software permette di calcolare tutti i parametri della rete considerata tramite il metodo Newton – Raphson. Il modello è stato realizzato in base allo schema unifilare del progetto e sono stati inseriti tutti i dati dei dispositivi che compongono la rete elettrica oggetto di simulazione, ad esempio, per l'aerogeneratore sincrono, la potenza massima di generazione (10 MW), l'inerzia, la tensione d'esercizio, la reattanza sincrona diretta e il tipo di sbarra di collegamento (PQ). La sbarra di Slack, in grado di compensare la potenza richiesta dai carichi a valle della rete di generazione, coincide con la rete nazionale gestita da Terna (sbarra a potenza teoricamente infinita). Sono stati inseriti i dati elettrici delle linee di collegamento, ovvero dei cavi, quali lunghezza, portata e impedenza. Infine, per quanto riguarda i trasformatori, sono stati definiti i relativi parametri di progetto come la tensione d'esercizio, l'efficienza elettrica, il gruppo e la potenza d'impiego.

Ogni aerogeneratore ha un'uscita in BT alla tensione di 0,7 kV ed un trasformatore che eleva questa tensione a 66 kV con una corrente di picco 88 A. In seguito ai risultati ottenuti tramite il software è stato possibile rilevare e verificare i flussi di energia confluenti in ogni nodo della rete di osservazione. A tal proposito è altrettanto evidente dalla seguente figura che ogni linea ed ogni sbarra della rete è stata dimensionata per trasportare l'energia prodotta da ogni singolo aerogeneratore fino alla stazione Terna. Dai flussi di energia si evince che le correnti confluenti in tutte le linee, sono adeguatamente dimensionate e le tensioni applicate nei vari nodi della rete non subiscono grandi variazioni.



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA

Documento
F0119E.R10.RELELE.00.h

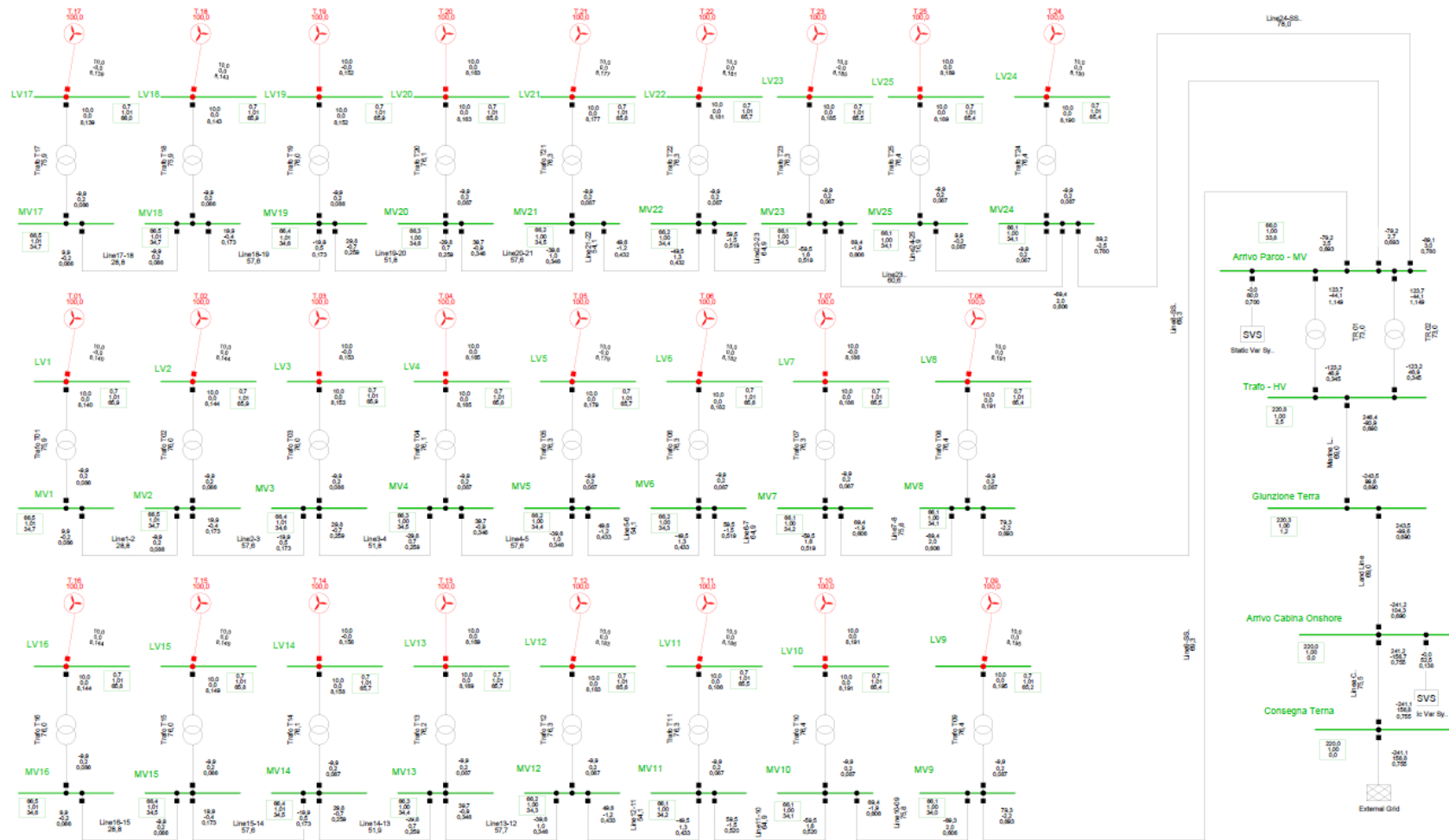
ilStudio.
Engineering & Consulting Studio

PROGETTO PRELIMINARE

Data **Luglio 2019**

RELAZIONE ELETTRICA

Pagina **67** Di **88**



 	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE ELETTRICA	Data Luglio 2019	Pagina 68 Di 88

Si riportano di seguito i risultati ottenuti tramite il software DlgSILENT.

Load Flow Calculation										Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange			
AC Load Flow, balanced, positive sequence					Automatic Model Adaptation for Convergence					No			
Automatic tap adjustment of transformers					Max. Acceptable Load Flow					No			
Consider reactive power limits					Nodes					1,00 kVA			
					Model Equations					0,10 %			
Grid: Grid		System Stage: Grid			Study Case: Study Case				Annex:		/ 1		
rated	Bus-voltage			Active Power		Reactive Power		Factor Current Loading		Additional Data			
[kV]	[p.u.]	[kV]	[deg]	[MW]	[Mvar]	[-]	[kA]	[%]					
Arrivo Cabina Onshore													
220,00	1,00	220,01	0,01										
Cub_5 /Lne	Land Line			-240,97	21,95	-1,00	0,63	63,50	Pv:	1995,82 kW	cLod:	-0,00 Mvar L: 33,00 km	
Cub_6 /Lne	Linea Consegna Ter			240,97	-21,95	1,00	0,63	63,50	Pv:	15,72 kW	cLod:	-0,00 Mvar L: 0,20 km	
Arrivo Parco - MV													
66,00	1,02	67,30	33,41										
Cub_5 /Tr2	TR.02			123,30	-3,88	1,00	1,06	75,61	Tap:	0,00	Min:	0 Max: 0	
Cub_6 /Tr2	TR.01			123,30	-3,88	1,00	1,06	75,61	Tap:	0,00	Min:	0 Max: 0	
Cub_7 /Lne	Line24-SSE Offshor			-88,73	2,85	-1,00	0,76	76,16	Pv:	378,51 kW	cLod:	-0,00 Mvar L: 2,90 km	
Cub_8 /Lne	Line8-SSE Offshore			-78,87	2,54	-1,00	0,68	67,70	Pv:	299,04 kW	cLod:	-0,00 Mvar L: 2,90 km	
Cub_9 /Lne	Line9-SSE Offshore			-78,99	2,38	-1,00	0,68	67,80	Pv:	175,81 kW	cLod:	-0,00 Mvar L: 1,70 km	



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA

Documento
F0119E.R10.RELELE.00.h

iLStudio.
Engineering & Consulting Studio

PROGETTO PRELIMINARE

Data **Luglio 2019**

RELAZIONE ELETTRICA

Pagina **70** Di **88**

	Cub_2	/Tr2	Trafo T12	10,00	0,00	1,00	7,99	74,56	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0	
	LV13														
		0,70	1,03	0,72	65,21										
	Cub_1	/Genstat	T.13	10,00	0,00	1,00	7,98	100,00							
	Cub_2	/Tr2	Trafo T13	10,00	0,00	1,00	7,98	74,46	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0	
	LV14														
		0,70	1,03	0,72	65,28										
	Cub_1	/Genstat	T.14	10,00	-0,00	1,00	7,97	100,00							
	Cub_2	/Tr2	Trafo T14	10,00	0,00	1,00	7,97	74,36	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0	
	LV15														
		0,70	1,04	0,72	65,32										
	Cub_1	/Genstat	T.15	10,00	0,00	1,00	7,96	100,00							
	Cub_2	/Tr2	Trafo T15	10,00	0,00	1,00	7,96	74,28	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0	
	LV16														
		0,70	1,04	0,73	65,35										
	Cub_1	/Genstat	T.16	10,00	-0,00	1,00	7,96	100,00							
	Cub_2	/Tr2	Trafo T16	10,00	0,00	1,00	7,96	74,24	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0	
	LV17														
		0,70	1,04	0,73	65,50										
	Cub_1	/Genstat	T.17	10,00	0,00	1,00	7,94	100,00							
	Cub_2	/Tr2	Trafo T17	10,00	0,00	1,00	7,94	74,10	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0	
	LV18														
		0,70	1,04	0,73	65,48										



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA

Documento
F0119E.R10.RELELE.00.h

ilStudio.
Engineering & Consulting Studio

PROGETTO PRELIMINARE

Data **Luglio 2019**

RELAZIONE ELETTRICA

Pagina **71** Di **88**

	Cub_1	/Genstat	T.18	10,00	0,00	1,00	7,95	100,00						
	Cub_2	/Tr2	Trafo T18	10,00	0,00	1,00	7,95	74,14	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
	LV19													
		0,70	1,04	0,73	65,43									
	Cub_1	/Genstat	T.19	10,00	0,00	1,00	7,96	100,00						
	Cub_2	/Tr2	Trafo T19	10,00	0,00	1,00	7,96	74,22	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
	LV2													
		0,70	1,04	0,73	65,44									
	Cub_1	/Genstat	T.02	10,00	0,00	1,00	7,95	100,00						
	Cub_2	/Tr2	Trafo T02	10,00	0,00	1,00	7,95	74,18	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
	LV20													
		0,70	1,04	0,72	65,36									
	Cub_1	/Genstat	T.20	10,00	-0,00	1,00	7,97	100,00						
	Cub_2	/Tr2	Trafo T20	10,00	0,00	1,00	7,97	74,32	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
	LV21													
		0,70	1,03	0,72	65,28									
	Cub_1	/Genstat	T.21	10,00	0,00	1,00	7,98	100,00						
	Cub_2	/Tr2	Trafo T21	10,00	0,00	1,00	7,98	74,42	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
	LV22													
		0,70	1,03	0,72	65,19									
	Cub_1	/Genstat	T.22	10,00	0,00	1,00	7,99	100,00						
	Cub_2	/Tr2	Trafo T22	10,00	0,00	1,00	7,99	74,50	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
	LV23													



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA

Documento
F0119E.R10.RELELE.00.h

iLStudio.
Engineering & Consulting Studio

PROGETTO PRELIMINARE

Data **Luglio 2019**

RELAZIONE ELETTRICA

Pagina **73** Di **88**

LV6													
0,70 1,03 0,72 65,16													
Cub_1 /Genstat T.06										10,00 0,00 1,00 7,99 100,00			
Cub_2 /Tr2 Trafo T06										10,00 0,00 1,00 7,99 74,54 Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0			
LV7													
0,70 1,03 0,72 65,05													
Cub_1 /Genstat T.07										10,00 -0,00 1,00 8,00 100,00			
Cub_2 /Tr2 Trafo T07										10,00 0,00 1,00 8,00 74,64 Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0			
LV8													
0,70 1,03 0,72 64,92													
Cub_1 /Genstat T.08										10,00 0,00 1,00 8,02 100,00			
Cub_2 /Tr2 Trafo T08										10,00 0,00 1,00 8,02 74,76 Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0			
LV9													
0,70 1,03 0,72 64,80													
Cub_1 /Genstat T.09										10,00 0,00 1,00 8,03 100,00			
Cub_2 /Tr2 Trafo T09										10,00 0,00 1,00 8,03 74,87 Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0			
MV1													
66,00 1,03 68,12 34,27													
Cub_3 /Tr2 Trafo T01										-9,95 0,21 -1,00 0,08 74,13 Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0			
Cub_4 /Lne Line1-2										9,95 -0,21 1,00 0,08 42,15 Pv: 6,08 kW cLod: -0,00 Mvar L: 1,50 km			
MV10													
66,00 1,02 67,55 33,71													
Cub_2 /Lne Line11-10										-59,40 1,56 -1,00 0,51 63,48 Pv: 87,03 kW cLod: -0,00 Mvar L: 1,50 km			
Cub_3 /Lne Line10-09										69,34 -1,77 1,00 0,59 74,10 Pv: 118,61 kW cLod: -0,00 Mvar L: 1,50 km			



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA

Documento
F0119E.R10.RELELE.00.h

iLStudio.
Engineering & Consulting Studio

PROGETTO PRELIMINARE

Data **Luglio 2019**

RELAZIONE ELETTRICA

Pagina **74** Di **88**

	Cub_4	/Tr2	Trafo T10	-9,94	0,21	-1,00	0,09	74,75	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0	
	MV11														
	66,00	1,02	67,65	33,83											
	Cub_2	/Lne	Line12-11	-49,54	1,24	-1,00	0,42	52,87	Pv:	60,37 kW	cLod:	-0,00	Mvar	L: 1,50	km
	Cub_3	/Lne	Line11-10	59,48	-1,45	1,00	0,51	63,48	Pv:	87,03 kW	cLod:	-0,00	Mvar	L: 1,50	km
	Cub_4	/Tr2	Trafo T11	-9,94	0,21	-1,00	0,08	74,65	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0	
	MV12														
	66,00	1,03	67,73	33,92											
	Cub_3	/Lne	Line12-11	49,60	-1,16	1,00	0,42	52,87	Pv:	60,37 kW	cLod:	-0,00	Mvar	L: 1,50	km
	Cub_4	/Tr2	Trafo T12	-9,94	0,21	-1,00	0,08	74,56	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0	
	Cub_5	/Lne	Line13-12	-39,65	0,95	-1,00	0,34	56,36	Pv:	56,60 kW	cLod:	-0,00	Mvar	L: 1,50	km
	MV13														
	66,00	1,03	67,82	34,01											
	Cub_4	/Tr2	Trafo T13	-9,94	0,21	-1,00	0,08	74,46	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0	
	Cub_5	/Lne	Line13-12	39,71	-0,89	1,00	0,34	56,36	Pv:	56,60 kW	cLod:	-0,00	Mvar	L: 1,50	km
	Cub_6	/Lne	Line14-13	-29,77	0,68	-1,00	0,25	50,69	Pv:	40,47 kW	cLod:	-0,00	Mvar	L: 1,50	km
	MV14														
	66,00	1,03	67,91	34,08											
	Cub_4	/Tr2	Trafo T14	-9,94	0,21	-1,00	0,08	74,36	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0	
	Cub_5	/Lne	Line14-13	29,81	-0,65	1,00	0,25	50,69	Pv:	40,47 kW	cLod:	-0,00	Mvar	L: 1,50	km
	Cub_6	/Lne	Line15-14	-19,86	0,44	-1,00	0,17	56,30	Pv:	21,18 kW	cLod:	-0,00	Mvar	L: 1,50	km
	MV15														
	66,00	1,03	67,98	34,13											
	Cub_4	/Tr2	Trafo T15	-9,94	0,21	-1,00	0,08	74,28	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0	



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA

Documento
F0119E.R10.RELELE.00.h

iLStudio.
Engineering & Consulting Studio

PROGETTO PRELIMINARE

Data **Luglio 2019**

RELAZIONE ELETTRICA

Pagina **75** Di **88**

	Cub_5 /Lne	Line15-14	19,88	-0,42	1,00	0,17	56,30	Pv:	21,18 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	1,50 km	
	Cub_6 /Lne	Line16-15	-9,94	0,21	-1,00	0,08	42,21	Pv:	6,09 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	1,50 km	
	MV16													
	66,00	1,03 68,02	34,15											
	Cub_3 /Tr2	Trafo T16	-9,94	0,21	-1,00	0,08	74,24	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0	
	Cub_4 /Lne	Line16-15	9,94	-0,21	1,00	0,08	42,21	Pv:	6,09 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	1,50 km	
	MV17													
	66,00	1,03 68,15	34,31											
	Cub_3 /Tr2	Trafo T17	-9,95	0,21	-1,00	0,08	74,10	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0	
	Cub_4 /Lne	Line17-18	9,95	-0,21	1,00	0,08	42,13	Pv:	6,07 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	1,50 km	
	MV18													
	66,00	1,03 68,11	34,28											
	Cub_6 /Tr2	Trafo T18	-9,95	0,21	-1,00	0,08	74,14	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0	
	Cub_7 /Lne	Line18-19	19,88	-0,42	1,00	0,17	56,19	Pv:	21,10 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	1,50 km	
	Cub_8 /Lne	Line17-18	-9,94	0,21	-1,00	0,08	42,13	Pv:	6,07 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	1,50 km	
	MV19													
	66,00	1,03 68,04	34,23											
	Cub_4 /Tr2	Trafo T19	-9,94	0,21	-1,00	0,08	74,22	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0	
	Cub_5 /Lne	Line19-20	29,81	-0,64	1,00	0,25	50,60	Pv:	40,32 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	1,50 km	
	Cub_6 /Lne	Line18-19	-19,86	0,43	-1,00	0,17	56,19	Pv:	21,10 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	1,50 km	
	MV2													
	66,00	1,03 68,08	34,25											
	Cub_4 /Tr2	Trafo T02	-9,94	0,21	-1,00	0,08	74,18	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0	
	Cub_5 /Lne	Line2-3	19,88	-0,42	1,00	0,17	56,22	Pv:	21,12 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	1,50 km	



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA

Documento
F0119E.R10.RELELE.00.h

iLStudio.
Engineering & Consulting Studio

PROGETTO PRELIMINARE

Data **Luglio 2019**

RELAZIONE ELETTRICA

Pagina **76** Di **88**

	Cub_6 /Lne	Line1-2	-9,94	0,21	-1,00	0,08	42,15	Pv:	6,08 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	1,50 km	
	MV20													
	66,00	1,03	67,95	34,16										
	Cub_4 /Tr2	Trafo T20	-9,94	0,21	-1,00	0,08	74,32	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0	
	Cub_5 /Lne	Line20-21	39,71	-0,89	1,00	0,34	56,25	Pv:	56,38 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	1,50 km	
	Cub_6 /Lne	Line19-20	-29,77	0,68	-1,00	0,25	50,60	Pv:	40,32 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	1,50 km	
	MV21													
	66,00	1,03	67,86	34,08										
	Cub_3 /Lne	Line21-22	49,60	-1,15	1,00	0,42	52,77	Pv:	60,14 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	1,50 km	
	Cub_4 /Tr2	Trafo T21	-9,94	0,21	-1,00	0,08	74,42	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0	
	Cub_5 /Lne	Line20-21	-39,66	0,94	-1,00	0,34	56,25	Pv:	56,38 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	1,50 km	
	MV22													
	66,00	1,03	67,78	33,99										
	Cub_2 /Lne	Line21-22	-49,54	1,23	-1,00	0,42	52,77	Pv:	60,14 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	1,50 km	
	Cub_3 /Lne	Line22-23	59,48	-1,44	1,00	0,51	63,36	Pv:	86,70 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	1,50 km	
	Cub_4 /Tr2	Trafo T22	-9,94	0,21	-1,00	0,08	74,50	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0	
	MV23													
	66,00	1,03	67,68	33,87										
	Cub_3 /Lne	Line23-24	69,34	-1,77	1,00	0,59	59,17	Pv:	118,16 kW	cLod:	0,00 Mvar	L:	1,50 km	
	Cub_4 /Lne	Line22-23	-59,40	1,56	-1,00	0,51	63,36	Pv:	86,70 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	1,50 km	
	Cub_5 /Tr2	Trafo T23	-9,94	0,21	-1,00	0,08	74,61	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0	
	MV24													
	66,00	1,02	67,57	33,74										
	Cub_4 /Lne	Line23-24	-69,22	1,92	-1,00	0,59	59,17	Pv:	118,16 kW	cLod:	0,00 Mvar	L:	1,50 km	



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA

Documento
F0119E.R10.RELELE.00.h

iLStudio.
Engineering & Consulting Studio

PROGETTO PRELIMINARE

Data **Luglio 2019**

RELAZIONE ELETTRICA

Pagina **80** Di **88**

	0,70	1,032	0,72	65,13	
LV13					
	0,70	1,033	0,72	65,21	
LV14					
	0,70	1,034	0,72	65,28	
LV15					
	0,70	1,036	0,72	65,32	
LV16					
	0,70	1,036	0,73	65,35	
LV17					
	0,70	1,038	0,73	65,50	
LV18					
	0,70	1,038	0,73	65,48	
LV19					
	0,70	1,036	0,73	65,43	
LV2					
	0,70	1,037	0,73	65,44	
LV20					
	0,70	1,035	0,72	65,36	
LV21					
	0,70	1,034	0,72	65,28	
LV22					
	0,70	1,032	0,72	65,19	
LV23					
	0,70	1,031	0,72	65,08	
LV24					
	0,70	1,029	0,72	64,95	
LV25					
	0,70	1,030	0,72	64,97	



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA

Documento
F0119E.R10.RELELE.00.h

ilStudio.
Engineering & Consulting Studio

PROGETTO PRELIMINARE

Data **Luglio 2019**

RELAZIONE ELETTRICA

Pagina **81** Di **88**

LV3						
	0,70	1,036	0,73	65,39		
LV4						
	0,70	1,035	0,72	65,33		
LV5						
	0,70	1,033	0,72	65,25		
LV6						
	0,70	1,032	0,72	65,16		
LV7						
	0,70	1,031	0,72	65,05		
LV8						
	0,70	1,029	0,72	64,92		
LV9						
	0,70	1,027	0,72	64,80		
MV1						
	66,00	1,032	68,12	34,27		
MV10						
	66,00	1,024	67,55	33,71		
MV11						
	66,00	1,025	67,65	33,83		
MV12						
	66,00	1,026	67,73	33,92		
MV13						
	66,00	1,028	67,82	34,01		
MV14						
	66,00	1,029	67,91	34,08		
MV15						
	66,00	1,030	67,98	34,13		
MV16						



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA

Documento
F0119E.R10.RELELE.00.h

iLStudio.
Engineering & Consulting Studio

PROGETTO PRELIMINARE

Data **Luglio 2019**

RELAZIONE ELETTRICA

Pagina **82** Di **88**

	66,00	1,031	68,02	34,15	
MV17					
	66,00	1,033	68,15	34,31	
MV18					
	66,00	1,032	68,11	34,28	
MV19					
	66,00	1,031	68,04	34,23	
MV2					
	66,00	1,032	68,08	34,25	
MV20					
	66,00	1,030	67,95	34,16	
MV21					
	66,00	1,028	67,86	34,08	
MV22					
	66,00	1,027	67,78	33,99	
MV23					
	66,00	1,026	67,68	33,87	
MV24					
	66,00	1,024	67,57	33,74	
MV25					
	66,00	1,024	67,59	33,76	
MV3					
	66,00	1,030	68,01	34,20	
MV4					
	66,00	1,029	67,92	34,13	
MV5					
	66,00	1,028	67,83	34,04	
MV6					
	66,00	1,026	67,75	33,95	



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA

Documento
F0119E.R10.RELELE.00.h

iLStudio.
Engineering & Consulting Studio

PROGETTO PRELIMINARE

Data **Luglio 2019**

RELAZIONE ELETTRICA

Pagina **83** Di **88**

MV7						
	66,00	1,025	67,65	33,84	██████	
MV8						
	66,00	1,023	67,54	33,70	██████	
MV9						
	66,00	1,022	67,44	33,58	██████	
Trafo - HV						
	220,00	1,016	223,44	2,15	████	



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA

Documento
F0119E.R10.RELELE.00.h

iLStudio.
Engineering & Consulting Studio

PROGETTO PRELIMINARE

Data **Luglio 2019**

RELAZIONE ELETTRICA

Pagina **84** Di **88**

| Load Flow Calculation Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange |

AC Load Flow, balanced, positive sequence	Automatic Model Adaptation for Convergence	No	
Automatic tap adjustment of transformers	No	Max. Acceptable Load Flow Error for	
Consider reactive power limits	No	Nodes	1,00 kVA
	Model Equations	0,10 %	

| Grid: Grid System Stage: Grid | Study Case: Study Case | Annex: / 12 |

Volt. Level	Generation	Motor Load	Load	Compen- sation	External Infeed	Interchange to	Power Interchange	Total Losses	Load Losses	No load Losses
[kV]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]		[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]
0,70	250,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00
						66,00 kV	250,00	1,39	1,39	0,00
							0,00	5,22	5,22	0,00
66,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			2,02	2,02	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			2,54	2,54	-0,00
						0,70 kV	-248,61	1,39	1,39	0,00
							5,22	5,22	5,22	0,00
						220,00 kV	246,59	1,20	1,20	0,00
							-7,77	5,36	5,36	0,00
220,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-240,96			4,43	4,43	0,00



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA

Documento
F0119E.R10.RELELE.00.h

iLStudio.
Engineering & Consulting Studio

PROGETTO PRELIMINARE

Data **Luglio 2019**

RELAZIONE ELETTRICA

Pagina **85** Di **88**

	0,00	0,00	0,00	0,00	21,98		8,85	8,85	0,00		
						66,00 kV	-245,39	1,20	1,20	0,00	
							13,12	5,36	5,36	0,00	

Total:	250,00	0,00	0,00	0,00	-240,96		0,00	9,04	9,04	0,00	
	0,00	0,00	0,00	0,00	21,98		0,00	21,98	21,98	-0,00	



PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA

Documento
F0119E.R10.RELELE.00.h

iLStudio.
Engineering & Consulting Studio

PROGETTO PRELIMINARE

Data **Luglio 2019**

RELAZIONE ELETTRICA

Pagina **86** Di **88**

| Load Flow Calculation Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange |

AC Load Flow, balanced, positive sequence		Automatic Model Adaptation for Convergence	No
Automatic tap adjustment of transformers	No	Max. Acceptable Load Flow Error for	
Consider reactive power limits	No	Nodes	1,00 kVA
		Model Equations	0,10 %

| Total System Summary | Study Case: Study Case | Annex: / 13 |

Generation	Motor Load	Load	Compen- sation	External Infeed	Inter Area Flow	Total Losses	Load Losses	No load Losses
[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]

\User\Sicilial\Network Model\Network Data\Grid									
250,00	0,00	0,00	0,00	-240,96	0,00	9,04	9,04	0,00	
0,00	0,00	0,00	0,00	21,98	0,00	21,98	21,98	-0,00	

Total:									
250,00	0,00	0,00	0,00	-240,96		9,04	9,04	0,00	
0,00	0,00	0,00	0,00	21,98		21,98	21,98	-0,00	

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 87	Di 88

6 Bibliografia

CEI, 1999. CEI - 11-32/1 - Impianti di produzione allacciati alla rete pubblica di terza categoria - Parte 1: Impianti che immettono in rete la totale energia prodotta.

IEEE, 2008. IEEE Standard Electrical Power System Device Function Numbers, Acronyms, and Contact Designations. *IEEE Std C37.2-2008 (Revision of IEEE Std C37.2-1996)*, pp. 1-48.

	PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA	Documento F0119E.R10.RELELE.00.h	
ilStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data Luglio 2019	
	RELAZIONE ELETTRICA	Pagina 88	Di 88

Il presente documento, composto da n. 88 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, Luglio 2019

Dott. Ing. Luigi Severini