



Agosto 2022

GRUPPO NOVELLO S.r.l.

IMPIANTO EOLICO TORCELLO

PROVINCIA DI VITERBO

COMUNE DI BAGNOREGIO E LUBRIANO

Montana

CALCOLI ELETTRICI PRELIMINARI

Coordinamento

Corrado Pluchino

Codice elaborato

2799_4680_R06_Rev0_Calcoli elettrici preliminari.docx



Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2799_4680_R06_Rev0_Calcoli elettrici preliminari.docx	08/2022	Prima emissione	MP	C. Pluchino	L. Conti



Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Laura Conti	Direttore Tecnico - Progettista	Ord. Ing. Prov. PV n. 1726
Corrado Pluchino	Coordinamento Progettazione	Ord. Ing. Prov. MI n. A27174
Daniele Crespi	Coordinamento SIA	
Riccardo Festante	Tecnico competente in acustica	ENTECA n. 3965
Mauro Aires	Ingegnere Civile – Progettazione Strutture	Ord. Ing. Prov. Torino – n. 9583J
Matteo Lana	Ingegnere Ambientale	
Giuseppe Ferranti	Architetto – Progettazione Civile	Ord. Arch. Prov. Palermo – Sez. A Pianificatore Territoriale n. 6328
Sergio Alifano	Architetto	
Fabio Lassini	Ingegnere Civile Ambientale – Progettazione Civile	Ord. Ing. Prov. MI n. A29719
Vincenzo Gionti	Ingegnere Civile Ambientale – Progettazione Civile	
Andrea Fronteddu	Ingegnere Elettrico – Progettazione Elettrica	Ord. Ing. Cagliari n. 8788 – Sez. A
Matthew Piscedda	Esperto in Discipline Elettriche	
Davide Lo Conte	Geologo	Ordine Geologi Umbria n.445

Parco Eolico Torcello – Comune di Bagnoregio e Lubriano (VT)

Calcoli elettrici preliminari



Riccardo Baecker	Ingegnere Ambientale	
Elena Comi	Biologa – Esperto GIS – Esperto Ambientale	Ord. Nazionale Biologi n. 060746 Sez. A
Matteo Cuda	Naturalista	
Marco Corrà	Architetto	
Francesca Jaspardo	Esperto Ambientale	
Fabrizio Columbro	Ingegnere Ambientale	
Luca Morelli	Ingegnere Ambientale	

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano

Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com





INDICE

1. PREMESSA GENERALE	5
1.1 PRESENTAZIONE DEL PROGETTO.....	5
1.2 LOCALIZZAZIONE AREA DI INTERVENTO.....	5
1.3 DATI GENERALI DEL PROGETTO	6
1.4 SCOPO DEL DOCUMENTO.....	7
2. CARATTERISTICHE TECNICHE GENERALI DELL’OPERA	9
2.1 COMPONENTI MECCANICHE.....	9
2.1.1 AEROGENERATORE SIEMENS GAMESA SG 6.0-170 – 6MW	9
3. SOLUZIONE DI CONNESSIONE PREVISTA PER L’ IMPIANTO	14
3.1 DESCRIZIONE SINTETICA DELLA SE	14
4. RIFERIMENTI NORMATIVI	16
4.1 NORME DI RIFERIMENTO	16
5. CALCOLO PRELIMINARE ELETTRICO	18
5.1 ELEMENTI RELATIVI ALLA CONNESSIONE.....	18
5.2 CALCOLO DELLE CORRENTI DI IMPIEGO	18
5.3 ARMONICHE.....	19
5.4 DIMENSIONAMENTO CAVI	20
5.5 INTEGRALE DI JOULE.....	21
5.6 DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI NEUTRO	22
5.7 DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI PROTEZIONE	22
5.8 CALCOLO DELLA TEMPERATURA DEI CAVI	23
5.9 CADUTE DI TENSIONE	23
5.10 LINEE ELETTRICHE DI IMPIANTO.....	24
5.11 TRASFORMATORI.....	28
6. STUDIO DI CORTOCIRCUITO	29
6.1 STATO DEL NEUTRO DI IMPIANTO	29
6.2 CALCOLO DEI GUASTI.....	29
6.2.1 Calcolo delle correnti massime di cortocircuito.....	29
6.2.2 Calcolo delle correnti minime di cortocircuito.....	32
6.2.3 Calcolo guasti bifase-neutro e bifase-terra	33
6.3 SCELTA DELLE PROTEZIONI	33
6.3.1 Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture	33
7. CALCOLO PRELIMINARE RETE EQUIPOTENZIALE	35
7.1.1 Risoluzione Guasto 30 kV	36
7.1.2 Protezione contro i contatti diretti ed indiretti.....	36
8. FASCICOLO DI CALCOLO PRELIMINARE	37



1. PREMESSA GENERALE

1.1 Presentazione del progetto

Il presente documento costituisce parte integrante del progetto definitivo per la realizzazione di un nuovo parco eolico della potenza complessiva di 42 MW, che prevede l'installazione di 7 aerogeneratori della potenza nominale di 6.0 MW ciascuno, in parte nel territorio comunale di Lubriano (torre B01 e torre B02) e in parte nel territorio del comune di Bagnoregio (torre B03÷B07), la realizzazione delle relative opere di connessione, nonché la predisposizione della viabilità, delle opere di regimentazione delle acque meteoriche e delle reti tecnologiche a servizio del parco. Nella tabella 1.1, in forma sintetica, vengono riportate le principali caratteristiche tecniche dell'impianto in progetto e le relative coordinate geografiche.

La Società proponente è la "Torcello Wind S.r.l. - GRUPPO NOVELLO S.r.l." con sede legale in Planiga (VE), Via Friuli Venezia Giulia 75.

1.2 Localizzazione AREA DI INTERVENTO

Le opere necessarie per la realizzazione del parco eolico, si collocano oltre che nei territori di Bagnoregio e Lubriano (aerogeneratori, primo tratto di cavidotto, tratti di viabilità di accesso al sito), nei territori di Montefiascone, Celleno e Viterbo dove ricade il restante tratto di cavidotto e di viabilità di accesso alla stazione elettrica di connessione.



Figura 1.1 - Carta geografica del Lazio con ubicazione dell'impianto

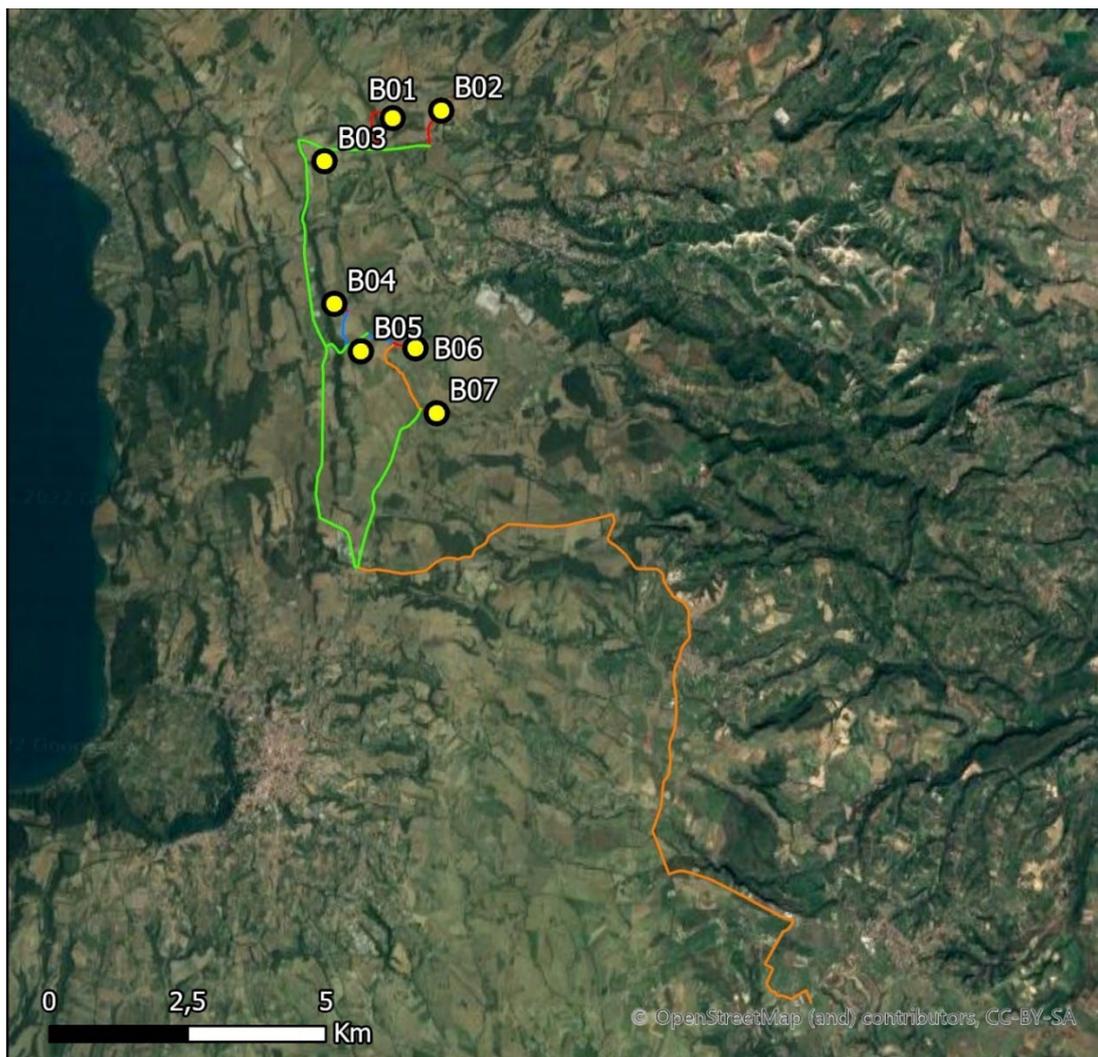


Figura 1-2: Inquadramento generale dell'area di progetto

L'impianto in esame sarà collegato in rete e funzionerà quindi in parallelo alla rete elettrica nazionale.

La connessione alla linea elettrica nazionale è stata prevista, come da STMG 202002709 rilasciata da TERNA, in prossimità di una nuova stazione elettrica di futura realizzazione e già autorizzata, sita nel comune di Viterbo.

Nello specifico la STMG prevede che la Stazione MT/AT Utente venga collegata in antenna alla Rete Elettrica Nazionale mediante connessione con uno stallo a 150 kV nella costruenda Stazione Elettrica di trasformazione (SE) 380/150 kV ubicata all'interno del Comune di Viterbo in località Piscinale, da inserire in entra – esce sull' elettrodotto RTN a 380 kV della RTN "Roma Nord - Pian della Speranza".

La connessione alla suddetta sottostazione elettrica sarà realizzata mediante una linea di connessione in cavo interrato in MT di lunghezza pari a circa 30 km.

1.3 Dati generali del progetto

Nella



Tabella 1.1 sono riepilogati i dati principali del progetto, mentre in Tabella 1-2, in forma sintetica le principali caratteristiche tecniche dell’impianto e delle singole WTG che si prevede di installare.

Tabella 1.1: Dati di progetto

PARAMETRO	DESCRIZIONE
Richiedente	Torcello Wind S.r.l. - GRUPPO NOVELLO S.r.l.
Luogo installazione	Territorio comunale di Bagnoregio e di Lubriano
Denominazione impianto	Torcello
Potenza nominale parco eolico	42 MW
Numero aerogeneratori	7
Connessione	Interfacciamento alla rete mediante connessione in MT con uno stallo a 150 kV nella costruenda Stazione Elettrica di trasformazione (SE) 380/150 kV ubicata all’interno del Comune di Viterbo in località Piscinale (STMG prot. N. GRUPPO TERNA/P202002709-05/04/2022)

Tabella 1-2: Coordinate WTGs proposte (sistema di coordinate Monte Mario – fuso est – EPSG 3004) e principali caratteristiche degli aerogeneratori

WTG	COORDINATE GEOGRAFICHE		TIPOLOGIA E CARATTERISTICHE AEROGENERATORE				
	ID	Latitudine N	Longitudine E	Modello	Potenza nominale [MW]	Altezza al mozzo [m]	Diametro rotore [m]
B01	2278557,78	4725918,27	SIEMENS SG 6.0-170	6	115	170	200
B02	2279428,36	4726058,39	SIEMENS SG 6.0-170	6	115	170	200
B03	2277324,78	4725134,03	SIEMENS SG 6.0-170	6	115	170	200
B04	2277491,99	4722543,17	SIEMENS SG 6.0-170	6	115	170	200
B05	2277976,22	4721682,58	SIEMENS SG 6.0-170	6	115	170	200
B06	2278961,08	4721732,84	SIEMENS SG 6.0-170	6	115	170	200
B07	2279342,74	4720553,04	SIEMENS SG 6.0-170	6	115	170	200

1.4 SCOPO DEL DOCUMENTO

Lo scopo di questa relazione tecnica è presentare un calcolo preliminare degli impianti elettrici, lo studio di cortocircuito e il calcolo preliminare della rete equipotenziale relativo al parco eolico in progetto



La Società “Torcello Wind S.r.l. - GRUPPO NOVELLO S.r.l.” ha presentato richiesta di preventivo di connessione a TERNA il 06/08/2021, ricevuto in data 23/12/2021 (prot. GRUPPO TERNA/P20210104707-23/12/2021) ed accettato in data 13/04/2022 (codice pratica è 202101942).

Il parco in esame sarà costituito da N° 7 aerogeneratori e sarà collegato alla rete elettrica nazionale. La connessione sarà garantita da un cavidotto interrato in media tensione (MT 30 kV) che si allaccerà alla stazione elettrica di condivisione MT/AT per poi essere immessa nella RTN.

Il calcolo è stato sviluppato considerando la massima potenza erogabile da ogni singola turbina a fattore di potenza 0,85; in questo modo si tiene in considerazione la massima potenza erogabile dal convertitore interno alla turbina pari a 7059 kVA.

Al report verrà allegato il fascicolo tecnico con riportati i calcoli preliminari elettrici dalla stazione elettrica di condivisione MT/AT fino alle singole WTG. Tali calcoli sono stati sviluppati con il software Electrographics “Ampère”.



2. CARATTERISTICHE TECNICHE GENERALI DELL'OPERA

I principali componenti dell'impianto risultano essere:

- i generatori eolici;
- le linee elettriche 30 kV in cavo interrato, che collegano gli aerogeneratori tra loro e con la stazione elettrica di condivisione MT/AT.

Ogni aerogeneratore produrrà energia elettrica rinnovabile alla tensione di 690 V ca. (tensione di uscita del convertitore statico).

All'interno di ciascuna torre è installato un trasformatore 0.69/30 kV che provvederà all'innalzamento della tensione a 30 kV. L'energia sarà quindi immessa in una rete in cavo interrato a 30 kV per il trasporto alla Stazione di condivisione MT/AT.

Nel suo complesso, l'opera in oggetto si inserisce nel contesto nazionale ed internazionale come uno dei mezzi per contribuire a ridurre le emissioni atmosferiche nocive come previsto dal Protocollo di Kyoto del 1997 che anche l'Italia, come tutti i paesi della Comunità Europea, ha ratificato.

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

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

Per il progetto in oggetto si prevede di utilizzare la seguente tipologia di turbina:

- SIEMENS GAMESA SG 6.0-170

a tre pale con un passo sopravvento delle stesse ad imbardata regolata.

Le turbine utilizzano un sistema di potenza basato su di un generatore a magneti permanenti del convertitore. Con queste caratteristiche la turbina eolica è in grado di lavorare anche a velocità variabile mantenendo una potenza in prossimità di quella nominale anche in caso di vento forte. Alle basse velocità del vento, il sistema consente di lavorare massimizzando la potenza erogata alla velocità ottimale del rotore e l'opportuno angolo di inclinazione delle pale.

2.1 Componenti meccaniche

2.1.1 AEROGENERATORE SIEMENS GAMESA SG 6.0-170 – 6MW

L'aerogeneratore SIEMENS GAMESA SG 6.0-170 o similare è equipaggiato con un rotore di 170 m circa di diametro costituito di tre pale ed un mozzo. Le pale sono controllate per mezzo di un microprocessore nel sistema del controllo del passo. Basandosi sulle prevalenti condizioni del vento, le pale sono continuamente posizionate per ottimizzare l'angolo di passo.

MODELLO AEROGENERATORE	SIEMENS GAMESA SG 6.0-170
Potenza Nominale Aerogeneratore	6 MW
Diametro massimo rotore	170 m
Altezza totale	200 m
Area spazzata	22698 mq
Altezza al mozzo	115 m
Numero di pale	3

Tabella 2.1: Caratteristiche WTG

Gli aerogeneratori sono costituiti da tre elementi principali:

- una torre di sostegno;
- un rotore a tre pale;
- una navicella con gli organi meccanici di trasmissione.

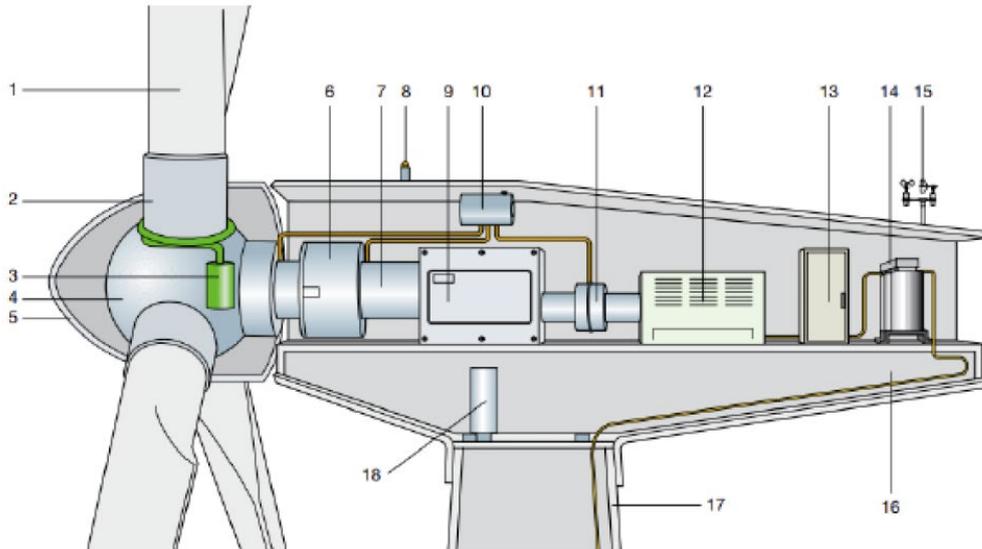


Figura 2.1: schema navicella aerogeneratore

1. Pala
2. Supporto della pala
3. Attuatore dell'angolo di Pitch
4. Mozzo
5. Ogiva
6. Supporto principale
7. Albero principale
8. Luci di segnalazione aerea
9. Moltiplicatore di giri
10. Dispositivi idraulici di raffreddamento.
11. Freni meccanici
12. Generatore
13. Convertitore di potenza e dispositivi elettrici di controllo, di protezione e sezionamento
14. Trasformatore
15. Anemometri
16. Struttura della navicella
17. Torre di sostegno
18. Organo di azionamento dell'imbardata



La pala (rotore) estrae l'energia dal vento e la converte in energia meccanica, mentre il generatore converte l'energia meccanica in energia elettrica.

La potenza in uscita dal generatore è in bassa tensione (690 V) e viene convertita a 30 kV attraverso un trasformatore elevatore; la conversione risulta necessaria per ridurre le perdite sul punto di connessione di impianto.

Il convertitore ed il trasformatore possono essere inseriti direttamente nella navicella oppure essere posizionati alla base della torre.

L'installazione del trasformatore nella navicella consente il bilanciamento del peso del rotore, mentre il posizionamento alla base permette di ridurre le dimensioni ed il peso della navicella.

Di seguito vengono elencate le principali caratteristiche elettriche della turbina eolica:

Rotor	
Type	3-bladed, horizontal axis
Position	Upwind
Diameter	170 m
Swept area	22,698 m ²
Power regulation	Pitch & torque regulation with variable speed
Rotor tilt	6 degrees

Blade	
Type	Self-supporting
Blade length	83,5 m
Max chord	4.5 m
Aerodynamic profile	Siemens Gamesa proprietary airfoils
Material	G (Glassfiber) – CRP (Carbon Reinforced Plastic)
Surface gloss	Semi-gloss, < 30 / ISO 2813
Surface color	Light grey, RAL 7035 or

Aerodynamic Brake	
Type	Full span pitching
Activation	Active, hydraulic

Load-Supporting Parts	
Hub	Nodular cast iron
Main shaft	Nodular cast iron
Nacelle bed frame	Nodular cast iron

Nacelle Cover	
Type	Totally enclosed
Surface gloss	Semi-gloss, <30 / ISO 2813
Color	Light Grey, RAL 7035 or White, RAL 9018

Generator	
Type	Asynchronous, DFIG

Grid Terminals (LV)		
Baseline power	nominal	6.0MW/6.2 MW
Voltage	690 V	
Frequency	50 Hz or 60 Hz	

Yaw System	
Type	Active
Yaw bearing	Externally geared
Yaw drive	Electric gear motors
Yaw brake	Active friction brake

Controller	
Type	Siemens Integrated Control System (SICS)
SCADA system	SGRE SCADA System

Tower	
Type	Tubular steel / Hybrid
Hub height	100m to 165 m and site-specific
Corrosion protection	
Surface gloss	Painted
Color	Semi-gloss, <30 / ISO-2813 Light grey, RAL 7035 or White, RAL 9018

Operational Data	
Cut-in wind speed	3 m/s
Rated wind speed	11.0 m/s (steady wind without turbulence, as defined by IEC61400-1)
Cut-out wind speed	25 m/s
Restart wind speed	22 m/s

Weight	
Modular approach	Different modules depending on restriction

Tabella 2.2: Caratteristiche elettriche della turbina



L'aerogeneratore di progetto scelto per il progetto ha una potenza nominale di 6 MW ed è del tipo SIEMENS GAMESA SG 6.0-170 con altezza al mozzo pari a 115 m. Il rotore è costituito da tre pale e da un mozzo.

Le pale sono controllate dal sistema di ottimizzazione basato sul posizionamento ottimizzato delle stesse in funzione delle varie condizioni del vento. Il diametro del rotore è pari a 170 m con area spazzata pari a 22698 mq e verso di rotazione in senso orario con angolo di tilt pari a 6°.

Le pale sono in fibra di carbonio e di vetro e sono costituite da due gusci di aerazione legato ad un fascio di supporto o con struttura incorporata. Il mozzo è in ghisa e supporta le tre pale e trasferisce le forze reattive ai cuscinetti e la coppia al cambio. L'albero principale di acciaio permette tale trasferimento di carichi. L'accoppiamento rende possibile il trasferimento dalla rotazione a bassa velocità del rotore a quella ad alta velocità del generatore. Il freno a disco è montato sull'albero ad alta velocità. L'altezza della torre tra quelle di produzione possibili sarà di 82 m e sarà formata da più tronchi innestati in verticale.

La navicella ha una struttura esterna in fibra di vetro con porte a livello pavimento per consentire il passaggio delle strutture interne da montare. Sono presenti sensori di misurazione del vento e lucernari che possono essere aperti dall'interno della navicella ma anche dall'esterno. L'aerogeneratore opera a seconda della forza del vento; al di sotto di una certa velocità, detta di cut in, la macchina è incapace di partire; perché ci sia l'avviamento è necessario che la velocità raggiunga tale soglia che nel caso dell'aerogeneratore di progetto è pari a 3 m/s. La velocità del vento "nominale", ovvero la minima velocità che permette alla macchina di fornire la potenza di progetto, è pari a 11 m/s.

Ad elevate velocità (25 m/s) l'aerogeneratore si ferma in modalità fuori servizio per motivi di sicurezza (velocità di cut out). La protezione contro le scariche atmosferiche è assicurata da un captatore metallico posizionato alla punta di ciascuna pala e collegato con la massa a terra attraverso la torre tubolare. Il sistema di protezione contro i fulmini è progettato in accordo con la IEC 62305, IEC 61400-24 e IEC 61024 – "Lightning Protection of Wind Turbine Generators" Livello 1.

Ciascun aerogeneratore è sostenuto da una torre tubolare di forma tronco-conica in acciaio zincato all'alta resistenza, formata da n°5 tronchi/sezioni.

Tabella 2.3: Caratteristiche geometriche e funzionali dell'aerogeneratore di progetto

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E FUNZIONALI AEROGENERATORE DI PROGETTO	
Modello	SIEMENS GAMESA SG 6.0-170 – 6MW
Potenza Nominale	6 MW (6000kW)
N. Pale	3
Tipologia Rotore	Tubolare
Diametro Rotore	170 m
Altezza al mozzo	115 m
Altezza massima dal piano di appoggio (alla punta della pala)	200 m
Area spazzata	22698 mq
Velocità vento di avvio	3,0 m/s
Velocità vento nominale	11 m/s
Velocità vento di stacco	25 m/s
Temperatura di funzionamento	- 40° + 50°

Durante il funzionamento, i sistemi di controllo della velocità e del passo interagiscono per ottenere il rapporto ottimale tra massima resa e minimo carico. Nel caso in cui la velocità del vento sia bassa il generatore eolico opera a passo delle pale costante e velocità del rotore variabile, sfruttando costantemente la miglior aerodinamica possibile al fine di ottenere un'efficienza ottimale. A potenza



nominale e ad alte velocità del vento il sistema di controllo del rotore agisce sull'attuatore del passo delle pale per mantenere una generazione di potenza costante. Le raffiche di vento fanno accelerare il rotore che viene gradualmente rallentato dal controllo del passo. Questo sistema di controllo permette una riduzione significativa del carico sul generatore eolico fornendo contemporaneamente alla rete energia ad alto livello di compatibilità.

La navicella è il corpo centrale dell'aerogeneratore, costituita da una struttura portante in acciaio e rivestita da un guscio in materiale composito (fibra di vetro in matrice epossidica), è vincolata alla testa della torre tramite un cuscinetto a strisciamento che le consente di ruotare sul suo asse di imbardata. La sospensione su tre punti del gruppo di trasmissione con un cuscinetto centrale del rotore e due supporti elastici a sostegno della scatola ingranaggi, nella sua configurazione a cono inclinato, permette di ottenere una costruzione leggera e molto compatta del basamento che, seppure in acciaio saldato, ha tuttavia un alto grado di rigidità.

La migliore condizione di funzionamento di un aerogeneratore si verifica quando il rotore risulta perfettamente allineato alla direzione del vento principale. In questa posizione si evitano infatti carichi aggiuntivi, che gravano sulla macchina, e si sfruttano al massimo grado le capacità produttive ottenendo la migliore produzione attesa. Per assumere la posizione ideale in ogni condizione, l'aerogeneratore è dotato di due banderuole che, attraverso un sensore, rilevano lo scostamento dell'asse dell'aerogeneratore rispetto alla direzione del vento, e azionano un motore che riallinea la navicella. Il basamento del sistema è ancorato alla torre attraverso una ralla a quattro contatti con una dentatura esterna. Il sistema di imbardata della navicella è regolato da un sistema di motoriduttori. Con questo meccanismo, tra un movimento di imbardata e l'altro, gli spostamenti della navicella vengono regolati dal freno d'imbardata, evitando che i sistemi di regolazione di direzione siano sottoposti a forti pressioni causate dal vento. Durante l'imbardata la dentatura potrebbe subire un'inversione di direzione, per evitare ciò e per proteggere il meccanismo, la pressione del freno viene ridotta.

La regolazione dei freni di imbardata avviene attraverso una centralina oleodinamica così come avviene per il freno di sicurezza del sistema di trasmissione.

Per garantire il funzionamento del sistema frenante in ogni condizione, l'impianto idraulico è dotato di accumulatori che consentono di regolare la pressione dei freni anche nel caso in cui venisse a mancare l'alimentazione.

Ogni funzione dell'aerogeneratore viene monitorata e controllata attraverso un sistema a microprocessori connesso, in tempo reale, ad un'architettura multiprocessore. I segnali originati dagli aerogeneratori vengono trasmessi attraverso i sensori di cavi a fibre ottiche. In questo modo il sistema risulta maggiormente protetto contro le correnti vaganti ed i fulmini ed è ottimizzata la velocità di trasferimento del segnale. I dati raccolti dalle macchine vengono registrati e analizzati attraverso un computer, collegato al sistema, da cui è possibile anche regolare i valori di velocità del rotore e del passo delle pale. Questo sistema garantisce quindi anche la supervisione dell'impianto elettrico e del meccanismo di regolazione del passo ubicato nel mozzo. Restituisce tutte le informazioni relative alla velocità del rotore e del generatore, alla tensione di rete, alla frequenza, alla fase, alla pressione dell'olio, alle vibrazioni, alle temperature di funzionamento, allo stato dei freni, ai cavi e perfino alle condizioni meteorologiche. Le apparecchiature e i meccanismi più sensibili vengono monitorati continuamente e, in caso di emergenza, è possibile arrestarne il funzionamento attraverso un circuito cablato, anche senza l'uso di un computer e di un'alimentazione esterna. Con questo tipo di sistema di controllo, è possibile monitorare tutte le componenti l'impianto anche a distanza, attraverso un computer collegato mediante una linea telefonica. In questo modo possono essere attivate in tempo reale le operazioni di manutenzione e si può garantire la continuità di funzionamento dell'impianto. Il sistema di controllo è inoltre strutturato a vari livelli, ognuno protetto da password, che permettono in alcuni casi anche il telecomando dell'aerogeneratore.



3. SOLUZIONE DI CONNESSIONE PREVISTA PER L' IMPIANTO

L'impianto eolico in progetto sarà tecnicamente connesso alla Sotto Stazione Elettrica di trasformazione (SE) 380/150 kV ubicata all'interno del Comune di Viterbo in località Piscinale, da inserire in entra – esce sull' elettrodotto RTN a 380 kV della RTN "Roma Nord - Pian della Speranza".

A tal fine, per permettere la connessione dell'impianto eolico Torcello alla costruendo SE di trasformazione (SE) 380/150 kV ubicata all'interno del Comune di Viterbo in località Piscinale, sono previste opere di adeguamento, consistenti nell'installazione di 1 nuovo trasformatore MT/AT 30/150 kV e relativo stallo. Il trasformatore sarà connesso alla sbarra principale AT della SE per la quale non è prevista alcuna modifica, in quanto risulta già idonea a ricevere la potenza del nuovo impianto eolico. Anche per la linea di connessione esistente in cavo AT 150 kV dalla stazione Utente allo stallo della stazione di Terna non è prevista alcuna modifica in quanto capace di trasportare anche la potenza aggiuntiva prodotta dall'impianto eolico.

3.1 DESCRIZIONE SINTETICA DELLA SE

La costruenda stazione elettrica MT/AT sarà ubicata all'interno del Comune di Viterbo in località Piscinale.

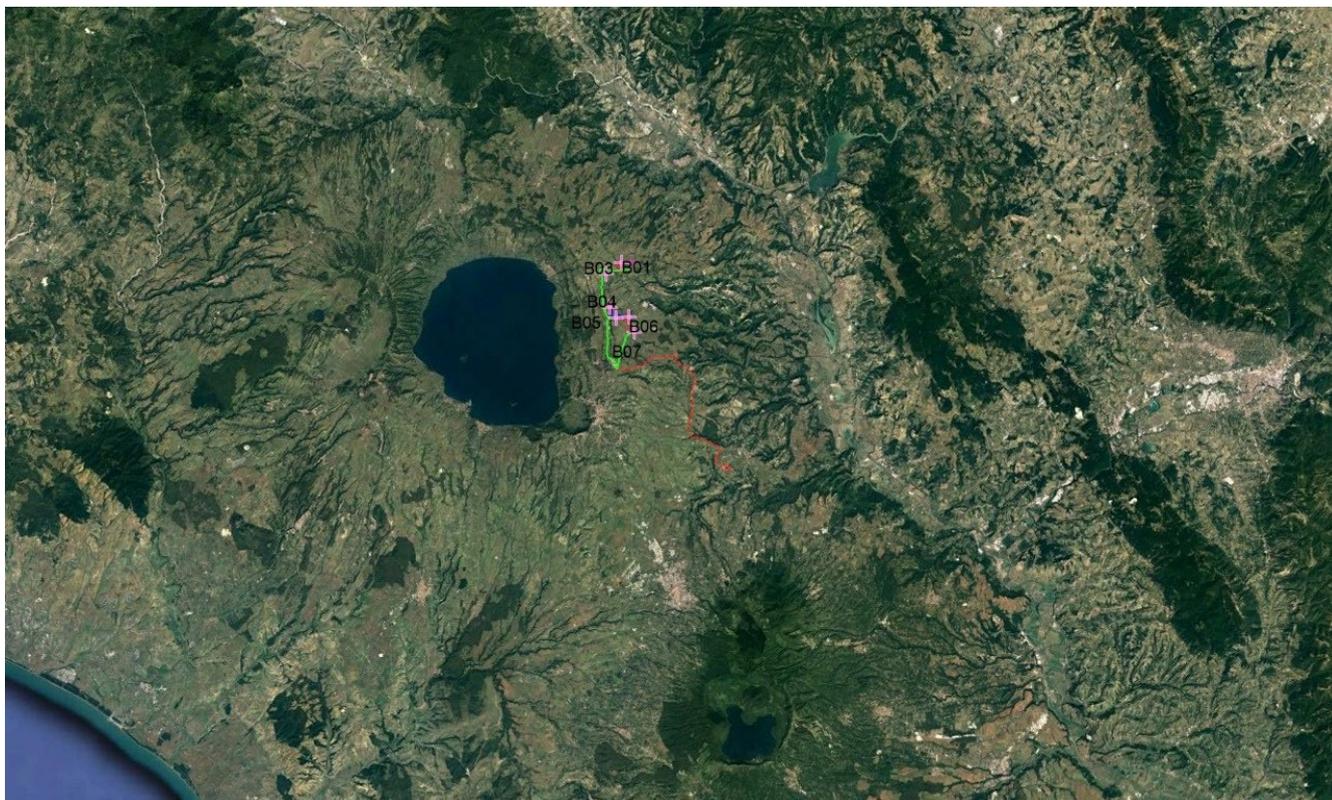


Figura 3-1: Inquadramento area

Nell'area di interesse verranno realizzati:

- N° 1 stallo di connessione e arrivo in AT (evidenziato in giallo) del cavidotto di collegamento con la stazione elettrica Terna Chiricotto e relativa sbarra AT;
- N° 1 stallo AT/MT costituito da n.1 trasformatore elevatore 150/30 kV relativo all'impianto della società Fred Olsen Reewables e relative apparecchiature di protezione, isolamento e misura;
- N° 1 stallo AT/MT (evidenziato in verde) costituito da n.1 trasformatore elevatore 150/30 kV da 50/60 MVA ONAN/ONAF destinato alla connessione dell'impianto eolico "Torcello" e relative apparecchiature di protezione, isolamento e misura;



- n°1 sbarra di collegamento AT (evidenziata in grigio) che collegherà lo stallo di connessione AT verso terna ai singoli stalli AT/MT utente;
- n° 2 stalli AT/MT destinati a future connessioni;
- ogni stallo conterrà inoltre 1 cabina MT (evidenziata in arancione) delle dimensioni di circa 23,2 m x 6 m contenente:
 - Sala quadri BT e controllo;
 - Sala quadri MT e controllo;
 - Trasformatore MT/BT per l'alimentazione degli ausiliari.
- ogni stallo avrà ingresso separato.

Di seguito è riportata una planimetria degli elementi succitati.

Figura 3-2 Futura stazione MT/AT

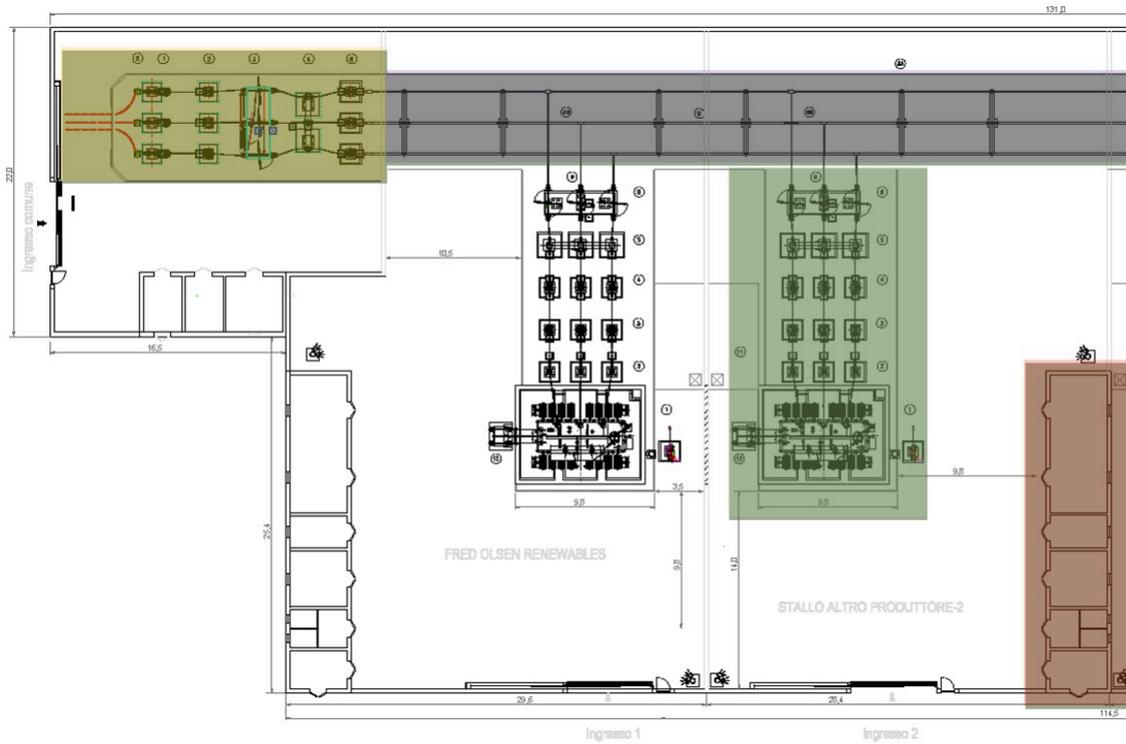


Figura 3-3 Planimetria stato di fatto



4. RIFERIMENTI NORMATIVI

4.1 Norme di riferimento

- CEI 0-21: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 11-20 IVa Ed. 2000-08: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti I e II categoria.
- CEI EN 60909-0 IIIa Ed. (IEC 60909-0:2016-12): Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 0: Calcolo delle correnti.
- IEC 60090-4 First ed. 2000-7: Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 4: Esempi per il calcolo delle correnti di cortocircuito.
- CEI 11-28 1993 Ia Ed. (IEC 781): Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali e bassa tensione.
- CEI EN 60947-2 (CEI 17-5) Ed. 2018-04: Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici.
- CEI 20-91 2010: Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.
- CEI EN 60898-1 (CEI 23-3/1 Ia Ed.) 2004: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.
- CEI EN 60898-2 (CEI 23-3/2) 2007: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari Parte 2: Interruttori per funzionamento in corrente alternata e in corrente continua.
- CEI 64-8 VIIa Ed. 2012: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.
- IEC 60364-5-523: Wiring system. Current-carrying capacities.
- IEC 60364-5-52 IIIa Ed. 2009: Electrical Installations of Buildings - Part 5-52: Selection and Erection of Electrical Equipment - Wiring Systems.
- CEI UNEL 35016 2016: Classe di Reazione al fuoco dei cavi in relazione al Regolamento EU "Prodotti da Costruzione" (305/2011).
- CEI UNEL 35023 2012: Cavi di energia per tensione nominale U uguale ad 1 kV - Cadute di tensione.
- CEI UNEL 35024/1 1997: Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35024/2 1997: Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35026 2000: Cavi elettrici con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.
- CEI EN 61439 2012: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT).
- CEI 17-43 IIa Ed. 2000: Metodo per la determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione, per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) non di serie (ANS).
- CEI 23-51 2016: Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare.
- NF C 15-100 Calcolo di impianti elettrici in bassa tensione e relative tabelle di portata e declassamento dei cavi secondo norme francesi.



- UNE 20460 Calcolo di impianti elettrici in bassa tensione e relative tabelle di portata e declassamento (UNE 20460-5-523) dei cavi secondo regolamento spagnolo.
- British Standard BS 7671:2008: Requirements for Electrical Installations;
- ABNT NBR 5410, Segunda edição 2004: Instalações elétricas de baixa tensão;
- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 99-2 (CEI EN 61936-1) 2011: Impianti con tensione superiore a 1 kV in c.a.
- CEI 11-17 IIIa Ed. 2006: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.
- CEI 17-1 VIIa Ed. (CEI EN 62271-100) 2013: Apparecchiatura ad alta tensione Parte 100: Interruttori a corrente alternata.
- CEI 17-130 (CEI EN 62271-103) 2012: Apparecchiatura ad alta tensione Parte 103: Interruttori di manovra e interruttori di manovra sezionatori per tensioni nominali superiori a 1 kV fino a 52 kV compreso.
- IEC 61892-4 Ia Ed. 2007-06: Mobile and fixed offshore units – Electrical installations. Part 4: Cables.



5. CALCOLO PRELIMINARE ELETTRICO

5.1 Elementi relativi alla connessione

L'impianto eolico sarà connesso in antenna a 30 kV alla Stazione Elettrica di riferimento RTN mediante una linea di connessione interrata a 30 kV. Relativamente alla connessione ed agli impianti interni al parco eolico sono stati previsti i seguenti parametri di dimensionamento:

- Tensione di esercizio: 30 kV;
- Corrente nominale: circa 810 A;
- Frequenza di esercizio: 50 Hz;
- Massima corrente di cortocircuito sulla sbarra: < 25 kA 1s;

A valle del punto di connessione saranno presenti tutti gli elementi di protezione, sezionamento e misura utili alla connessione a regola d'arte e in sicurezza dell'impianto eolico. Inoltre tutti gli elementi dovranno essere dimensionati per la massima corrente di cortocircuito sulla sbarra 30 kV (prevista di valore non superiore a 25 kA).

5.2 Calcolo delle correnti di impiego

Il calcolo delle correnti d'impiego viene eseguito in base alla classica espressione:

$$I_b = \frac{P_d}{k_{ca} \cdot V_n \cdot \cos\varphi}$$

nella quale:

- $k_{ca} = 1$ sistema monofase o bifase, due conduttori attivi e corrente continua;
- $k_{ca} = 1.73$ sistema trifase, tre conduttori attivi.

Se la rete è in corrente continua il fattore di potenza $\cos\varphi$ è pari a 1.

Dal valore massimo (modulo) di I_b vengono calcolate le correnti di fase in notazione vettoriale (parte reale ed immaginaria) con le formule:

$$\begin{aligned} I_1 &= I_b \cdot e^{-j\varphi} = I_b \cdot (\cos\varphi - j\sin\varphi) \\ I_2 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi - \frac{2\pi}{3})} = I_b \cdot (\cos(\varphi - \frac{2\pi}{3}) - j\sin(\varphi - \frac{2\pi}{3})) \\ I_3 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi - \frac{4\pi}{3})} = I_b \cdot (\cos(\varphi - \frac{4\pi}{3}) - j\sin(\varphi - \frac{4\pi}{3})) \end{aligned}$$

Il vettore della tensione V_n è supposto allineato con l'asse dei numeri reali:

$$V_n = V_n + j0$$

La potenza di dimensionamento P_d è data dal prodotto:

$$P_d = P_n \cdot \text{coeff}$$

nella quale coeff è pari al fattore di utilizzo per utenze terminali oppure al fattore di contemporaneità per utenze di distribuzione.

Per le utenze terminali la potenza P_n è la potenza nominale del carico, mentre per le utenze di distribuzione P_n rappresenta la somma vettoriale delle P_d delle utenze a valle ($\sum P_d$ a valle).

La potenza reattiva delle utenze viene calcolata invece secondo la:



$$Q_n = P_n \cdot \tan \varphi$$

per le utenze terminali, mentre per le utenze di distribuzione viene calcolata come somma vettoriale delle potenze reattive nominali a valle ($\sum Q_d$ a valle).

Il fattore di potenza per le utenze di distribuzione viene valutato, di conseguenza, con la:

$$\cos \varphi = \cos \left(\arctan \left(\frac{Q_n}{P_n} \right) \right)$$

5.3 Armoniche

Le utenze terminali e le distribuzioni, come gli UPS e i Convertitori, possono possedere un profilo armonico che descrive le caratteristiche distorcenti di una apparecchiatura elettrica.

Sono gestite le armoniche fino alla 21°, ossia fino alla frequenza di 1050 Hz (per un sistema elettrico a 50Hz).

Le armoniche prodotte da tutte le utenze distorcenti sono propagate da valle a monte come le correnti alla frequenza fondamentale, seguendo il 'cammino' dettato dalle impedenze delle linee, delle forniture, generatori, motori e non meno importanti i carichi capacitivi, che possono assorbire elevate correnti armoniche.

Gestito il passaggio delle armoniche attraverso i trasformatori (in particolare vengono bloccate le terze armoniche (omopolari) nei trasformatori Dyn11). Le armoniche, al pari della fondamentale, sono gestite in formato vettoriale, perciò durante la propagazione sono sommate con altre correnti di pari ordine vettorialmente.

Gestito il passaggio delle armoniche attraverso gli UPS, in particolare per tener conto del By-Pass che, se attivo, lascia passare le armoniche provenienti da valle. Gestite anche le armoniche proprie dell'UPS (tarate in funzione della potenza che sta assorbendo il raddrizzatore).

Vengono calcolate le correnti distorte IbTHD di impiego e InTHD di neutro, oltre al fattore di distorsione THD [%].

La corrente IbTHD è la massima tra le fasi:

$$I_{bTHD} = \max \left(\sqrt{\sum_{h=1}^{21} I_{f,h}^2} \right)_{f=1,2,3}$$

con f il numero delle fasi dell'utenza e h l'ordine di armonica.

Molto importante è la corrente distorta circolante nel neutro, in quanto essa porta le armoniche omopolari multiple di 3, che hanno la caratteristica di sommarsi algebricamente e di diventare facilmente dell'ordine di grandezza delle correnti di fase.

$$I_{nTHD} = \sqrt{\sum_{h=1}^{21} I_{n,h}^2}$$

Il fattore di distorsione fornisce un parametro riassuntivo del grado di distorsione delle correnti che circolano nella linea, e viene calcolato tramite la formula:

$$THD\% = \frac{100 \times \sqrt{I_{bTHD}^2 - I_f^2}}{I_f}$$



I valori delle correnti distorte sono utilizzati per calcolare i seguenti parametri:

- calcolo della sezione del neutro per utenze 3F+N;
- calcolo temperatura cavi alla IbTHD;
- calcolo sovratemperatura quadri alla IbTHD;
- verifica delle portate e delle protezioni in funzione delle correnti distorte.

5.4 Dimensionamento cavi

Il criterio seguito per il dimensionamento dei cavi 30 kV e BT è tale da poter garantire la protezione dei conduttori alle correnti di sovraccarico.

In base alla norma CEI 64-8/4 (par. 433.2), infatti, il dispositivo di protezione deve essere coordinato con la conduttura in modo da verificare le condizioni:

$$a) \quad I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$b) \quad I_f \leq 1.45 \cdot I_z$$

Per la condizione a) è necessario dimensionare il cavo in base alla corrente nominale della protezione a monte. Dalla corrente I_b , pertanto, viene determinata la corrente nominale della protezione (seguendo i valori normalizzati) e con questa si procede alla determinazione della sezione.

Il dimensionamento dei cavi rispetta anche i seguenti casi:

- condutture senza protezione derivate da una conduttura principale protetta contro i sovraccarichi con dispositivo idoneo ed in grado di garantire la protezione anche delle condutture derivate;
- conduttura che alimenta diverse derivazioni singolarmente protette contro i sovraccarichi, quando la somma delle correnti nominali dei dispositivi di protezione delle derivazioni non supera la portata I_z della conduttura principale.

La portata minima del cavo viene calcolata come:

$$I_{z \min} = \frac{I_n}{k}$$

dove il coefficiente k ha lo scopo di declassare il cavo e tiene conto dei seguenti fattori:

- tipo di materiale conduttore;
- tipo di isolamento del cavo;
- numero di conduttori in prossimità compresi eventuali paralleli;
- eventuale declassamento deciso dall'utente.

La sezione viene scelta in modo che la sua portata (moltiplicata per il coefficiente k) sia superiore alla I_z min. Gli eventuali paralleli vengono calcolati nell'ipotesi che abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza e tipo di posa (vedi norma 64.8 par. 433.3), considerando la portata minima come risultante della somma delle singole portate (declassate per il numero di paralleli dal coefficiente di declassamento per prossimità).

La condizione b) non necessita di verifica in quanto gli interruttori che rispondono alla norma CEI 23.3 hanno un rapporto tra corrente convenzionale di funzionamento I_f e corrente nominale I_n minore di 1.45 ed è costante per tutte le tarature inferiori a 125 A. Per le apparecchiature industriali, invece, le norme CEI 17.5 e IEC 947 stabiliscono che tale rapporto può variare in base alla corrente nominale, ma deve comunque rimanere minore o uguale a 1.45.

Risulta pertanto che, in base a tali normative, la condizione b) sarà sempre verificata.



Le condutture dimensionate con questo criterio sono, pertanto, protette contro le sovracorrenti.

5.5 Integrale di Joule

Dalla sezione dei conduttori del cavo deriva il calcolo dell'integrale di Joule, ossia la massima energia specifica ammessa dagli stessi, tramite la:

$$I^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2$$

La costante K viene data dalla norma CEI 64-8/4 (par. 434.3), per i conduttori di fase e neutro e, dal paragrafo 64-8/5 (par. 543.1), per i conduttori di protezione in funzione al materiale conduttore e al materiale isolante. Per i cavi ad isolamento minerale le norme attualmente sono allo studio, i paragrafi sopraccitati riportano però nella parte commento dei valori prudenziali.

I valori di K riportati dalla norma sono per i conduttori di fase (par. 434.3):

- Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 115
- Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 135
- Cavo in rame e isolato in gomma etilenpropilenica G5-G7:	K = 143
- Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
- Cavo in rame serie L nudo:	K = 200
- Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
- Cavo in rame serie H nudo:	K = 200
- Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 74
- Cavo in alluminio e isolato in G, G5-G7:	K = 92

I valori di K per i conduttori di protezione unipolari (par. 543.1) tab. 54B:

- Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 143
- Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 166
- Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7:	K = 176
- Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 143
- Cavo in rame serie L nudo:	K = 228
- Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 143
- Cavo in rame serie H nudo:	K = 228
- Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 95
- Cavo in alluminio e isolato in gomma G:	K = 110
- Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7:	K = 116

I valori di K per i conduttori di protezione in cavi multipolari (par. 543.1) tab. 54C:

- Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 115
- Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 135
- Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7:	K = 143
- Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
- Cavo in rame serie L nudo:	K = 228
- Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
- Cavo in rame serie H nudo:	K = 228
- Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 76
- Cavo in alluminio e isolato in gomma G:	K = 89
- Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7:	K = 94



5.6 Dimensionamento dei conduttori di neutro

La norma CEI 64-8 par. 524.2 e par. 524.3, prevede che la sezione del conduttore di neutro, nel caso di circuiti polifasi, possa avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- il conduttore di fase abbia una sezione maggiore di 16 mm^2 ;
- la massima corrente che può percorrere il conduttore di neutro non sia superiore alla portata dello stesso
- la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale a 16 mm^2 se il conduttore è in rame e a 25 mm^2 se il conduttore è in alluminio.

Nel caso in cui si abbiano circuiti monofasi o polifasi e questi ultimi con sezione del conduttore di fase minore di 16 mm^2 se conduttore in rame e 25 mm^2 se conduttore in alluminio, il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase. In base alle esigenze progettuali, sono gestiti fino a tre metodi di dimensionamento del conduttore di neutro, mediante:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione tramite rapporto tra le portate dei conduttori;
- determinazione in relazione alla portata del neutro.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore in questione secondo i seguenti vincoli dati dalla norma:

$$\begin{aligned} S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f \\ 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_n = 16\text{mm}^2 \\ S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f / 2 \end{aligned}$$

Il secondo criterio consiste nell'impostare il rapporto tra le portate del conduttore di fase e il conduttore di neutro, e il programma determinerà la sezione in base alla portata.

Il terzo criterio consiste nel dimensionare il conduttore tenendo conto della corrente di impiego circolante nel neutro come per un conduttore di fase.

Le sezioni dei neutri possono comunque assumere valori differenti rispetto ai metodi appena citati, comunque sempre calcolati a regola d'arte.

5.7 Dimensionamento dei conduttori di protezione

Le norme CEI 64.8 par. 543.1 prevedono due metodi di dimensionamento dei conduttori di protezione:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione mediante calcolo.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore di protezione seguendo vincoli analoghi a quelli introdotti per il conduttore di neutro:

$$\begin{aligned} S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f \\ 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = 16\text{mm}^2 \\ S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f / 2 \end{aligned}$$

Il secondo criterio determina tale valore con l'integrale di Joule, ovvero la sezione del conduttore di protezione non deve essere inferiore al valore determinato con la seguente formula:



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

dove:

- S_p è la sezione del conduttore di protezione (mm²);
- I è il valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A);
- t è il tempo di intervento del dispositivo di protezione (s);
- k è un fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dell'isolamento e di altre parti.

Se il risultato della formula non è una sezione unificata, viene presa una unificata immediatamente superiore.

In entrambi i casi si deve tener conto, per quanto riguarda la sezione minima, del paragrafo 543.1.3.

Esso afferma che la sezione di ogni conduttore di protezione che non faccia parte della conduttura di alimentazione non deve essere, in ogni caso, inferiore a:

- 2,5 mm² rame o 16 mm² alluminio se è prevista una protezione meccanica;
- 4 mm² o 16 mm² alluminio se non è prevista una protezione meccanica;

È possibile, altresì, determinare la sezione mediante il rapporto tra le portate del conduttore di fase e del conduttore di protezione.

5.8 Calcolo della temperatura dei cavi

La valutazione della temperatura dei cavi si esegue in base alla corrente di impiego e alla corrente nominale tramite le seguenti espressioni:

$$T_{cavo}(I_b) = T_{ambiente} + \left(\alpha_{cavo} \cdot \frac{I_b^2}{I_z^2} \right)$$

$$T_{cavo}(I_n) = T_{ambiente} + \left(\alpha_{cavo} \cdot \frac{I_n^2}{I_z^2} \right)$$

espresse in °C.

Esse derivano dalla considerazione che la sovratemperatura del cavo a regime è proporzionale alla potenza in esso dissipata.

Il coefficiente α_{cavo} è vincolato dal tipo di isolamento del cavo e dal tipo di tabella di posa che si sta usando.

5.9 Cadute di tensione

Le cadute di tensione sono calcolate vettorialmente. Per ogni utenza si calcola la caduta di tensione vettoriale lungo ogni fase e lungo il conduttore di neutro (se distribuito). Tra le fasi si considera la caduta di tensione maggiore che viene riportata in percentuale rispetto alla tensione nominale:

$$c. d. t. (I_b) = \max \left(\left| \sum_{i=1}^k Z f_i \cdot I f_i - Z h_i \cdot I h_i \right| \right)_{f=R,S,T}$$

con f che rappresenta le tre fasi R, S, T;

con n che rappresenta il conduttore di neutro;



con i che rappresenta le k utenze coinvolte nel calcolo;

Il calcolo fornisce, quindi, il valore esatto della formula approssimata:

$$cdt(I_b) = k_{cdt} \cdot I_b \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot (R_{cavo} \cdot \cos\varphi + X_{cavo} \cdot \sin\varphi) \cdot \frac{100}{V_n}$$

con:

- $k_{cdt}=2$ per sistemi monofase;
- $k_{cdt}=1.73$ per sistemi trifase.

I parametri R_{cavo} e X_{cavo} sono ricavati dalla tabella UNEL in funzione del tipo di cavo (unipolare/multipolare) ed alla sezione dei conduttori; di tali parametri il primo è riferito a 70° C per i cavi con isolamento PVC, a 90° C per i cavi con isolamento EPR; mentre il secondo è riferito a 50Hz, ferme restando le unità di misura in Ω/km .

Se la frequenza di esercizio è differente dai 50 Hz si imposta

$$X'_{cavo} = \frac{f}{50} \cdot X_{cavo}$$

La caduta di tensione da monte a valle (totale) di una utenza è determinata come somma delle cadute di tensione vettoriale, riferite ad un solo conduttore, dei rami a monte all'utenza in esame, da cui, viene successivamente determinata la caduta di tensione percentuale riferendola al sistema (trifase o monofase) e alla tensione nominale dell'utenza in esame.

Sono adeguatamente calcolate le cadute di tensione totali nel caso siano presenti trasformatori lungo la linea (per esempio trasformatori 30kV/BT o BT/BT). In tale circostanza, infatti, il calcolo della caduta di tensione totale tiene conto sia della caduta interna nei trasformatori, sia della presenza di spine di regolazione del rapporto spire dei trasformatori stessi.

Se al termine del calcolo delle cadute di tensione alcune utenze abbiano valori superiori a quelli definiti, si ricorre ad un procedimento di ottimizzazione per far rientrare la caduta di tensione entro limiti prestabiliti (limiti dati da CEI 64-8 par. 525). Le sezioni dei cavi vengono forzate a valori superiori cercando di seguire una crescita uniforme fino a portare tutte le cadute di tensione sotto i limiti.

5.10 Linee elettriche di impianto

L'energia prodotta dai singoli aerogeneratori del parco eolico verrà trasportata verso la stazione elettrica di connessione per poi essere immessa nella RTN a livello di tensione 30 kV.

I collegamenti tra il parco eolico e la stazione elettrica di connessione, avverranno tramite linee elettriche interrate esercite a 30 kV, ubicate sfruttando per quanto possibile la rete stradale esistente ovvero lungo la rete viaria da adeguare/realizzare ex novo nell'ambito del presente progetto.

La rete elettrica 30 kV sarà realizzata con posa completamente interrata allo scopo di ridurre l'impatto della stessa sull'ambiente, assicurando il massimo dell'affidabilità e della economia di esercizio.

Il tracciato planimetrico della rete, lo schema unifilare dove sono evidenziate la lunghezza e la sezione corrispondente di ciascuna terna di cavo e la modalità e le caratteristiche di posa interrata sono mostrate nelle tavole del progetto allegate.

Per il collegamento degli aerogeneratori si prevede la realizzazione di linee a 30 kV a mezzo di collegamenti del tipo "entra-esce".



I cavi verranno posati ad una profondità di circa 110 cm, con protezione meccanica supplementare il CLS (magrone) e nastro segnalatore.

I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata che avrà una larghezza variabile tra 80 e 200 cm. La sezione di posa dei cavi sarà variabile a seconda della loro ubicazione in sede stradale o in terreno.

Nella stessa trincea verranno posati i cavi di energia, la fibra ottica necessaria per la comunicazione e la corda di rame della rete equipotenziale.

Dove necessario si dovrà provvedere alla posa indiretta dei cavi in tubi, condotti o cavedi.

La posa dei cavi si articolerà nelle seguenti attività:

- scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità precedentemente menzionate;
- stesura di un primo strato di sabbia (circa 10 cm);
- posa del cavo di potenza e del dispersore di terra;
- posa del tubo contenente il cavo in fibre ottiche;
- stesura di un secondo strato di sabbia vagliata (circa 10 cm);
- posa di protezione meccanica realizzata con strato di magrone dello spessore di 5 cm;
- rinterro parziale con materiale inerte (circa 40 cm) con inframezzato nastri segnalatori;
- riempimento con materiale proveniente dagli scavi;
- posa del pacchetto di rifinitura in funzione della tipologia della superficie;
- apposizione di paletti di segnalazione presenza cavo ove richiesto.

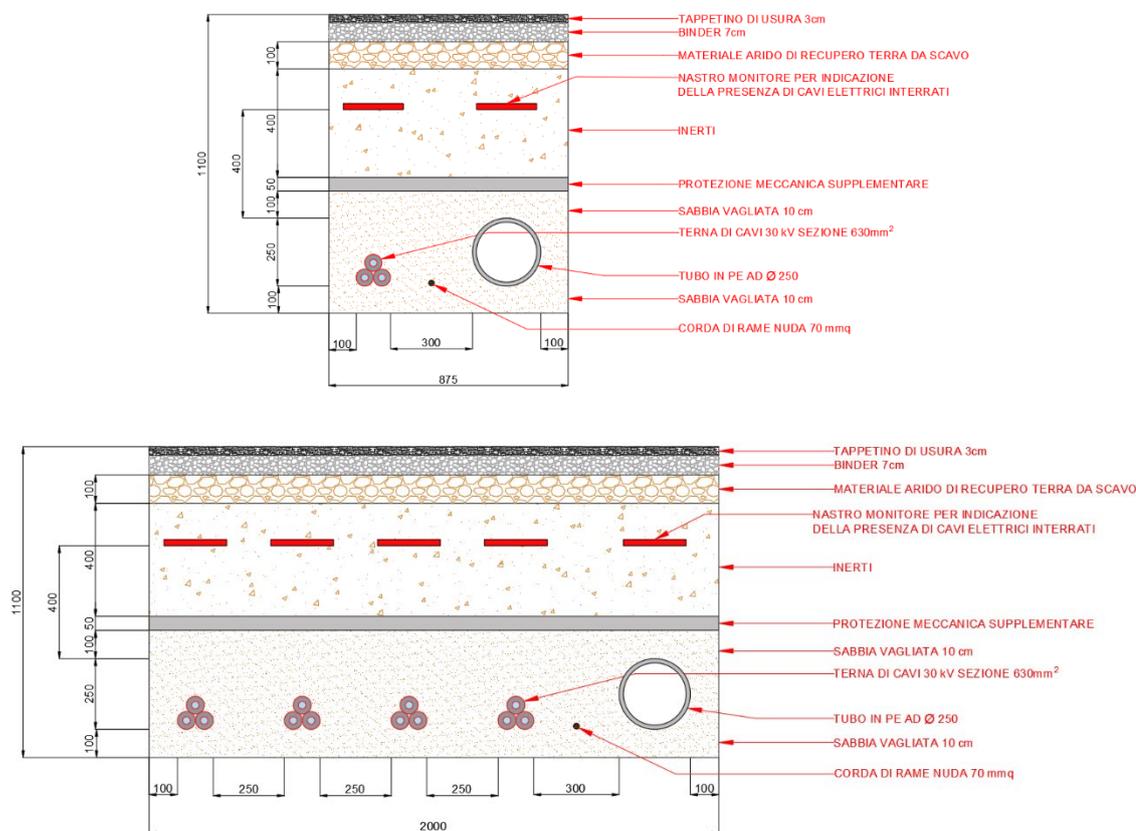


Figura 4.1: Sezione scavi tipo posa cavidotti



Come riportato nello schema unifilare, la distribuzione elettrica prevede la realizzazione di 4 rami di alimentazione in partenza dalla stazione di condivisione MT/AT verso le singole WTG collegate in configurazione entra-esce a formare quattro cluster.

Ogni ramo alimenta delle WTG collegate reciprocamente tra loro in configurazione entra-esce come da seguente tabella:

Tabella 4.2: Configurazione cluster

ID.	WTG	CLUSTER	MODELLO	POTENZA (KW)
1	B02	1	SG 6.0-170	6000
2	B01	2	SG 6.0-170	6000
3	B03	2	SG 6.0-170	6000
4	B04	3	SG 6.0-170	6000
5	B05	3	SG 6.0-170	6000
6	B06	4	SG 6.0-170	6000
7	B07	4	SG 6.0-170	6000

Si rimanda alle tavole di dettaglio per un'ulteriore comprensione ed inquadramento planimetrico delle aree d'impianto. Dalla lettura dello schema unifilare del presente progetto, è possibile riscontrare le informazioni e le caratteristiche impiantistiche dell'impianto eolico nonché dei suoi elementi.

I cluster nel quale è elettricamente suddiviso l'intero impianto saranno connessi alla stazione elettrica di condivisione MT/AT a 30 kV tramite linee interrate costituite da cavi in alluminio tipo ARG7H1RNR (con livello di isolamento fino a 36 kV).

Di seguito si riporta l'elenco delle linee a 30 kV presenti in impianto e i relativi dati di impiego, quali correnti di esercizio, tensione e formazione:



Tabella 5.1: Tabella cavi 30 kV

CLUSTER	RAMO DI ALIMENTAZIONE	COLLEGAMENTO DA:	COLLEGAMENTO A:	POTENZA	FORMAZIONE	LUNGHEZZA LINEA	LIVELLO DI TENSIONE	CORRENTE DI IMPIEGO IB (PF 0,85)	PORTATA IZ DECLASSATA	CADUTA DI TENSIONE TOTALE LATO IMPAINTO (IB)	TIPO DI POSA	ISOLAMENTO	DESIGNAZIONE CAVO	MATERIALE CONDUTTORE	TEMPERATURA DI PROGETTO	FATTORE DI DECLASSAMENTO IN PORTATA
				[kW]	[mm ²]	[m]		[A]	[A]	[%]					[°C]	
1	RAMO 1 CLUSTER 1	STAZIONE ELETTRICA DI CONDIVISIONE MT/AT	WTG B02	6000	3x(1x300)	31000	30 kV	135.85	421,4	2,73	Posa interrata	HEPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30	0,89
2	RAMO 2 CLUSTER 2	STAZIONE ELETTRICA DI CONDIVISIONE MT/AT	WTG B03	12000	3x(1x630)	29600	30 kV	271.70	630,3	2,57	Posa interrata	HEPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30	0,89
3	RAMO 2 CLUSTER 2	WTG B03	WTG B01	6000	3x(1x630)	2300	30 kV	135.85	630,3	2,70	Posa interrata	HEPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30	0,89
4	RAMO 3 CLUSTER 3	STAZIONE ELETTRICA DI CONDIVISIONE MT/AT	WTG B05	12000	3x(1x630)	23400	30 kV	271.70	630,3	2,07	Posa interrata	HEPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30	0,89
5	RAMO CLUSTER 3	WTG B05	WTG B04	6000	3x(1x630)	1500	30 kV	135.85	630,3	2,15	Posa interrata	HEPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30	0,89
6	RAMO CLUSTER 4	STAZIONE ELETTRICA DI CONDIVISIONE MT/AT	WTG B07	12000	3x(1x630)	21200	30 kV	271.70	630,3	1,87	Posa interrata	HEPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30	0,89
7	RAMO CLUSTER 4	WTG B07	WTG B06	6000	3x(1x300)	2300	30 kV	135.85	630,3	1,98	Posa interrata	HEPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30	0,89



5.11 Trasformatori

Tutti i trasformatori all'interno delle WTG di impianto saranno regolati e azionati secondo una logica di avviamento e funzionamento che limiti le correnti di energizzazione e che consenta una corretta regolazione delle protezioni.

All'interno dell'impianto saranno presenti i trasformatori abbinati alle WTG in progetto; saranno inoltre presenti i trasformatori per l'alimentazione dei carichi ausiliari di impianto. Di seguito un elenco dei trasformatori in progetto:

- Trasformatore elevatore 0,69/30 kV 7200 kVA (DYN11) utilizzato nelle WTG;
- Trasformatore 30/0.4 kV 160 kVA (DYN11) per l'alimentazione dei carichi ausiliari BT;
- Trasformatore 30/150 kV (YnD11) con potenza nominale 50/60 MVA.

I trasformatori MT/BT saranno raffreddati a secco con avvolgimenti inglobati in resina epossidica e saranno autoestinguenti, resistenti alle variazioni climatiche e resistenti all'inquinamento atmosferico e all'umidità.



6. STUDIO DI CORTOCIRCUITO

6.1 Stato del neutro di impianto

Come già descritto nei paragrafi precedenti, l'impianto eolico sarà così configurato:

- **Livello tensione 30 kV:** connessione a 30 kV in stazione elettrica di condivisione MT/AT; neutro normalmente compensato con massima corrente di guasto verso terra dichiarata pari a 150 A;

Inoltre all'interno dell'area di impianto:

- **Livello tensione 30 kV:** distribuzione interna a 30 kV a neutro compensato nei tratti compresi tra stazione elettrica di condivisione MT/AT e le singole WTG;
- **Livello BT (690 Vac):** Distribuzione fino a 1000 Vac interna alla WTG con distribuzione trifase + neutro TN-S.

Le informazioni considerate in merito alla corrente di guasto verso terra 30 kV e al relativo tempo di intervento sono (comunicate nell'allegato A17 del codice di rete Terna):

- Massima corrente di guasto trifase (Ik): < 25 kA – 1 s
- Massima corrente di guasto monofase verso terra (IF): < 150 A (corrente resistiva 30 kV comunicata da Terna)
- Tempo di intervento delle protezioni per guasto monofase a terra: > 10 s

In merito alla risoluzione del guasto con il solo impianto di terra andranno verificate le tensioni di contatto per individuare le aree più a rischio dell'impianto.

6.2 Calcolo dei guasti

Con il calcolo dei guasti vengono determinate le correnti di cortocircuito minime e massime immediatamente a valle della protezione dell'utenza (inizio linea) e a valle dell'utenza (fondo linea).

Le condizioni in cui vengono determinate sono:

- guasto trifase (simmetrico);
- guasto bifase (disimmetrico);
- guasto bifase-neutro (disimmetrico);
- guasto bifase-terra (disimmetrico);
- guasto fase-terra (disimmetrico);
- guasto fase-neutro (disimmetrico).

I parametri alle sequenze di ogni utenza vengono inizializzati da quelli corrispondenti dall'utenza a monte che, a loro volta, inizializzano i parametri della linea a valle.

6.2.1 CALCOLO DELLE CORRENTI MASSIME DI CORTOCIRCUITO

Il calcolo delle correnti di cortocircuito massime viene condotto come descritto nella norma CEI EN 60909-0. Sono previste le seguenti condizioni generali:

- guasti con contributo della fornitura e dei generatori in regime di guasto subtransitorio. Eventuale gestione della attenuazione della corrente per il guasto trifase 'vicino' alla sorgente.
- tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione C_{max} ;
- impedenza di guasto minima della rete, calcolata alla temperatura di 20°C.

La resistenza diretta, del conduttore di fase e di quello di protezione, viene riportata a 20 °C, partendo dalla resistenza data dalle tabelle UNEL 35023-2012 che può essere riferita a 70 o 90 °C a seconda dell'isolante, per cui esprimendola in mΩ risulta:



$$R_{dc} = \frac{R_c}{1000} \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot \left(\frac{1}{1 + (\alpha \cdot \Delta T)} \right)$$

dove ΔT è 50 o 70 °C e $\alpha = 0.004$ a 20 °C.

Nota poi dalle stesse tabelle la reattanza a 50 Hz, se f è la frequenza d'esercizio, risulta:

$$X_{dc} = \frac{X_c}{1000} \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

possiamo sommare queste ai parametri diretti dall'utenza a monte ottenendo così la impedenza di guasto minima a fine utenza.

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza diretta sono:

$$R_{db} = \frac{R_b}{1000} \cdot \frac{L_b}{1000}$$

La reattanza è invece:

$$X_{db} = \frac{X_b}{1000} \cdot \frac{L_b}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

Per le utenze con impedenza nota, le componenti della sequenza diretta sono i valori stessi di resistenza e reattanza dell'impedenza.

Per quanto riguarda i parametri alla sequenza omopolare, occorre distinguere tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ottengono da quelli diretti tramite le:

$$\begin{aligned} R_{0cN} &= R_{dc} + 3 \cdot R_{dcN} \\ X_{0cN} &= 3 \cdot X_{dc} \end{aligned}$$

Per il conduttore di protezione, invece, si ottiene:

$$\begin{aligned} R_{0cPE} &= R_{dc} + 3 \cdot R_{dcPE} \\ X_{0cPE} &= 3 \cdot X_{dc} \end{aligned}$$

Dove le resistenze R_{dcN} e R_{dcPE} vengono calcolate come la R_{dc} .

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza omopolare sono distinte tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ha:

$$\begin{aligned} R_{0bN} &= R_{db} + 3 \cdot R_{dbN} \\ X_{0bN} &= 3 \cdot X_{db} \end{aligned}$$

Per il conduttore di protezione viene utilizzato il parametro di reattanza dell'anello di guasto fornito dai costruttori:

$$\begin{aligned} R_{0bPE} &= R_{db} + 3 \cdot R_{dbPE} \\ X_{0bPE} &= X_{db} + 3 \cdot (X_{b-ring} - X_{db}) \end{aligned}$$



I parametri di ogni utenza vengono sommati con i parametri, alla stessa sequenza, dall'utenza a monte, espressi in mΩ:

$$\begin{aligned}R_d &= R_{dc} + R_{d-up} \\X_d &= X_{dc} + X_{d-up} \\R_{0N} &= R_{0cN} + R_{0N-up} \\X_{0N} &= X_{0cN} + X_{0N-up} \\R_{0PE} &= R_{0cPE} + R_{0PE-up} \\X_{0PE} &= X_{0cPE} + X_{0PE-up}\end{aligned}$$

Per le utenze in condotto in sbarre basta sostituire sbarra a cavo.

Ai valori totali vengono sommate anche le impedenze della fornitura.

Noti questi parametri vengono calcolate le impedenze (in mΩ) di guasto trifase:

$$Z_{k \min} = \sqrt{R_d^2 + X_d^2}$$

Fase neutro (se il neutro è distribuito):

$$Z_{k1N \min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0N})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0N})^2}$$

Fase terra:

$$Z_{k1PE \min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0PE})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0PE})^2}$$

Da queste si ricavano le correnti di cortocircuito trifase $I_{k \max}$, fase neutro $I_{k1N \max}$, fase terra $I_{k1PE \max}$ e bifase $I_{k2 \max}$ espresse in kA:

$$\begin{aligned}I_{k \max} &= \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k \min}} \\I_{k1N \max} &= \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1N \min}} \\I_{k1PE \max} &= \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE \min}} \\I_{k2 \max} &= \frac{V_n}{2 \cdot Z_{k \min}}\end{aligned}$$

Infine, dai valori delle correnti massime di guasto si ricavano i valori di cresta delle correnti:

$$\begin{aligned}I_p &= \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k \max} \\I_{p1N} &= \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1N \max} \\I_{p1PE} &= \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1PE \max} \\I_{p2} &= \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2 \max}\end{aligned}$$

dove:



$$\kappa \approx 1.02 + 0.98 \cdot e^{-3 \frac{R_d}{X_d}}$$

Calcolo della corrente di cresta per guasto trifase secondo la norma IEC 61363-1: Electrical installations of ships. Se richiesto, I_p può essere calcolato applicando il metodo semplificato della norma riportato al paragrafo 6.2.5 Neglecting short-circuit current decay. Esso prevede l'utilizzo di un coefficiente $k = 1.8$ che tiene conto della massima asimmetria della corrente dopo il primo semiperiodo di guasto.

6.2.2 CALCOLO DELLE CORRENTI MINIME DI CORTOCIRCUITO

Il calcolo delle correnti di cortocircuito minime viene condotto come descritto nella norma CEI EN 60909-0 par 7.1.2 per quanto riguarda:

- guasti con contributo della fornitura e dei generatori. Il contributo dei generatori è in regime permanente per i guasti trifasi 'vicini', mentre per i guasti 'lontani' o asimmetrici si considera il contributo subtransitorio;
- la tensione nominale viene moltiplicata per il fattore di tensione C_{min} , che può essere 0.95 se $C_{max} = 1.05$, oppure 0.90 se $C_{max} = 1.10$ (Tab. 1 della norma CEI EN 60909-0); in media e alta tensione il fattore C_{min} è pari a 1;

Per la temperatura dei conduttori si può scegliere tra:

- il rapporto Cenelec R064-003, per cui vengono determinate le resistenze alla temperatura limite dell'isolante in servizio ordinario del cavo;
- la norma CEI EN 60909-0, che indica le temperature alla fine del guasto.

Le temperature sono riportate in relazione al tipo di isolamento del cavo, precisamente:

Isolante	Cenelec R064-003 [°C]	CEI EN 60909-0 [°C]
PVC	70	160
G	85	200
G5/G7/G10/EPR	90	250
HEPR	120	250
serie L rivestito	70	160
serie L nudo	105	160
serie H rivestito	70	160
serie H nudo	105	160

Da queste è possibile calcolare le resistenze alla sequenza diretta e omopolare alla temperatura relativa all'isolamento del cavo:

$$R_{d \max} = R_d \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$R_{0N \max} = R_{0N} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$R_{0PE \max} = R_{0PE} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

Queste, sommate alle resistenze a monte, danno le resistenze massime.

Valutate le impedenze mediante le stesse espressioni delle impedenze di guasto massime, si possono calcolare le correnti di cortocircuito trifase I_{k1min} e fase terra, espresse in kA:

$$I_{k \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k \max}}$$



$$I_{k1N \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1N \max}}$$

$$I_{k1PE \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE \max}}$$

$$I_{k2 \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{2 \cdot Z_{k \max}}$$

6.2.3 CALCOLO GUASTI BIFASE-NEUTRO E BIFASE-TERRA

Riportiamo le formule utilizzate per il calcolo dei guasti. Chiamiamo con Z_d la impedenza diretta della rete, con Z_i l'impedenza inversa, e con Z_0 l'impedenza omopolare.

Nelle formule riportate in seguito, Z_0 corrisponde all'impedenza omopolare fase-neutro o fase-terra.

$$I_{k2} = \left| -j \cdot V_n \cdot \frac{Z_0 - \alpha Z_i}{Z_d \cdot Z_i + Z_d \cdot Z_0 + Z_i \cdot Z_0} \right|$$

e la corrente di picco:

$$I_{p2} = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2 \max}$$

6.3 Scelta delle protezioni

La scelta delle protezioni viene effettuata verificando le caratteristiche elettriche nominali delle condutture ed i valori di guasto; in particolare le grandezze che vengono verificate sono:

- corrente nominale, secondo cui si è dimensionata la conduttura;
- numero poli;
- tipo di protezione;
- tensione di impiego, pari alla tensione nominale dall'utenza;
- potere di interruzione, il cui valore dovrà essere superiore alla massima corrente di guasto a monte dell'utenza $I_{km \max}$;
- taratura della corrente di intervento magnetico, il cui valore massimo per garantire la protezione contro i contatti indiretti (in assenza di differenziale) deve essere minore della minima corrente di guasto alla fine della linea ($I_{mag \max}$).

6.3.1 VERIFICA DELLA PROTEZIONE A CORTOCIRCUITO DELLE CONDUTTURE

Secondo la norma CEI 64-8 par.434.3 "Caratteristiche dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti.", le caratteristiche delle apparecchiature di protezione contro i cortocircuiti devono soddisfare a due condizioni:

il potere di interruzione non deve essere inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione (a meno di protezioni adeguate a monte);

la caratteristica di intervento deve essere tale da impedire che la temperatura del cavo non oltrepassi, in condizioni di guasto in un punto qualsiasi, la massima consentita.

La prima condizione viene considerata in fase di scelta delle protezioni. La seconda invece può essere tradotta nella relazione:



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

ossia in caso di guasto l'energia specifica sopportabile dal cavo deve essere maggiore o uguale a quella lasciata passare dalla protezione.

La norma CEI 64_8 al par. 533.3 "Scelta dei dispositivi di protezioni contro i cortocircuiti" prevede pertanto un confronto tra le correnti di guasto minima (a fondo linea) e massima (inizio linea) con i punti di intersezione tra le curve. Le condizioni sono pertanto:

Le intersezioni sono due:

- $I_{ccmin} \geq I_{inters\ min}$ (quest'ultima riportata nella norma come I_a);
- $I_{ccmax} \leq I_{inters\ max}$ (quest'ultima riportata nella norma come I_b).
- L'intersezione è unica o la protezione è costituita da un fusibile:
- $I_{ccmin} \geq I_{inters\ min}$.
- L'intersezione è unica e la protezione comprende un magnetotermico:
- $I_{cc\ max} \leq I_{inters\ max}$.

Sono pertanto verificate le relazioni in corrispondenza del guasto, calcolato, minimo e massimo. Nel caso in cui le correnti di guasto escano dai limiti di esistenza della curva della protezione il controllo non viene eseguito.

Note:

La rappresentazione della curva del cavo è una iperbole con asintoti $K^2 S^2$ e I_z dello stesso.

La verifica della protezione a cortocircuito eseguita dal programma consiste in una verifica qualitativa, in quanto le curve vengono inserite riprendendo i dati dai grafici di catalogo e non direttamente da dati di prova; la precisione con cui vengono rappresentate è relativa.



7. CALCOLO PRELIMINARE RETE EQUIPOTENZIALE

Lo scopo di questa sezione è riportare un calcolo preliminare della rete equipotenziale relativa all'impianto eolico in oggetto connesso alla rete tramite una linea 30 kV dalla cabina di consegna verso lo stallo designato in stazione Terna. Sarà realizzato un nuovo impianto di terra che nel suo complesso dovrà risultare un unico elemento equipotenziale in tutti i suoi punti, perciò tutte le strutture e parti metalliche presenti nel sito dovranno essere connesse ad esso contemporaneamente.

In relazione all'ipotesi di guasto, gli schermi dei cavi 30 kV dovranno essere messi a terra nel rispetto delle norme CEI.

Prima di procedere alla realizzazione dello stesso, occorrerà verificare puntualmente la natura del suolo e la resistività.

Quest'ultima è influenzata da diversi fattori quali:

- Tipo di terreno
- Stratificazione
- Temperatura
- Composizione chimica e concentrazione di sali disciolti
- Presenza di metalli e/o tubazioni in cls
- Umidità del terreno

L'obiettivo ideale è ottenere una rete equipotenziale tale per cui qualsiasi guasto verso terra interno all'impianto non generi tensioni pericolose per le persone.

Il dispersore utilizzato dovrà essere corda di rame nuda con una sezione minima pari a:

$$S_{min} = \sqrt{\frac{I^2 \cdot t}{K_c^2}} = \sqrt{\frac{150^2 \cdot 10}{228^2}} \lll 70 \text{ mm}^2$$

dove:

- I è la massima corrente di guasto verso terra lato 30 kV espressa in Ampère;
- t è il tempo di intervento della protezione 30 kV in secondi
- K_c è il coefficiente per conduttori nudi non in contatto con materiali danneggiabili (per range di temperatura 30-500°C);

Sebbene S_{min} risulti molto piccola, in questa fase di progettazione preliminare, si è scelta una sezione minima 70 mm².

Per la posa dei dispersori verrà sfruttato il passaggio cavi 30 kV e DC interno all'impianto; gli schermi dei cavi dovranno essere collegati all'impianto di terra lungo tutti i tracciati di connessione ogni 500 m. Per la posa dei dispersori relativi alle WTG verranno utilizzati gli scavi relativi alle fondazioni.

Al completamento dell'impianto andrà valutata la resistenza tra le parti e/o strutture metalliche non direttamente connesse a terra e la terra stessa: se tali resistenze sono inferiori ai 1000 Ω allora occorre collegare tali parti e/o strutture all'impianto di terra.



7.1.1 RISOLUZIONE GUASTO 30 kV

La distribuzione a 30 kV essendo a neutro compensato permette di avere correnti di guasto verso terra ridotte rispetto al livello di tensione AT (valore unificato massimo di 150 A, corrente resistiva).

Con queste premesse e assumendo che il guasto sia risolto dall'interruttore in un tempo superiore ai 10 s, al massimo gradiente di tensione interno al sito pari a 50 V (CEI EN 50522, Fig.4) il guasto verso terra lato 30 kV è risolto se la resistenza di terra locale risulta inferiore a:

$$R_T = 50/150 = 0,33 \text{ A}$$

Dove 50 V è la massima tensione ammissibile per un tempo maggiore di 10 s e 150 A è la massima corrente di guasto verso terra a 30 kV.

Rimane confermata la necessità di effettuare la verifica delle tensioni di contatto su tutte le masse presenti in impianto con resistenza verso terra superiore a 1000 Ω.

7.1.2 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI ED INDIRETTI

Le misure di protezione mediante isolamento delle parti attive e mediante involucri o barriere sono intese a fornire una protezione totale contro i contatti diretti.

La protezione del suddetto tipo di contatto sarà quindi assicurata dai provvedimenti seguenti:

- copertura completa delle parti attive a mezzo di isolamento rimovibile solo con la distruzione di quest'ultimo;
- parti attive poste dentro involucri tali da assicurare il grado di protezione adeguato al tipo di ambiente in cui sono installate.

La protezione dai contatti indiretti avrà come principio base l'interruzione automatica dell'alimentazione e, pertanto, il collegamento equipotenziale di tutte le masse metalliche che, per un difetto dell'isolamento primario possano assumere un potenziale pericoloso ($U_T > 50 \text{ V}$), unitamente all'estinzione del guasto tramite apertura del dispositivo di protezione a monte della zona in cui si è manifestato il guasto. A tal fine occorre che il valore della resistenza di terra e l'intervento del dispositivo di protezione siano tra loro coordinati affinché l'estinzione del guasto avvenga entro i limiti previsti dalle norme vigenti in materia.

L'impedenza dell'anello di guasto moltiplicata per la massima corrente di guasto, dovrà essere sempre inferiore alla tensione massima ammissibile U_T .

La protezione contro i contatti indiretti in caso di guasto a terra nei sistemi di distribuzione TN-S è prevista con collegamento a terra delle masse e interruttori differenziali ad alta sensibilità (0,03 A, 0,3 A, 0,5 A), al fine di rispettare le condizioni di sicurezza indicata dalle norme CEI 64-8 in 413.1.4.2.



8. FASCICOLO DI CALCOLO PRELIMINARE

Si riporta di seguito l'estratto di calcolo elettrico preliminare:

Identificazione

Sigla utenza:	+CGDC.QCGDC-GENERALE CABINA
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica	Sistema distribuzione:	Media
Potenza nominale:	42000 kW	Collegamento fasi:	3F
Coefficiente:	1	Frequenza ingresso:	50 Hz
Potenza dimensionamento:	42000 kW	Pot. trasferita a monte:	42000 kVA
Corrente di impiego Ib:	808,3 A	Potenza totale:	31177 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza disponibile:	-10823 kVA
Tensione nominale:	30000 V		

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	27 kA	Ip2:	21,4 kA
Ikv max a valle:	27 kA	Ik2min:	7,87 kA
Imagmax (magnetica massima):	7873 A	Ik1ftmax:	27 kA
Ik max:	10 kA	Ip1ft:	66,6 kA
Ip:	24,7 kA	Ik1ftmin:	24,5 kA
Ik min:	9,09 kA	Zk min:	1905 mohm
Ik2ftmax:	9,81 kA	Zk max:	1905 mohm
Ip2ft:	24,2 kA	Zk1ftmin:	706,5 mohm
Ik2ftmin:	8,91 kA	Zk1ftmax:	706,5 mohm
Ik2max:	8,66 kA		

Protezione

Tipo protezione:	50-51	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Corrente nominale protez.:	600 A	Norma:	n.d.
Numero poli:	3		
Classe d'impiego:	n.d.		

Identificazione

Sigla utenza:	+CGDC.QCGDC-RAMO 1
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica	Sistema distribuzione:	Media
Potenza nominale:	6000 kW	Collegamento fasi:	3F
Coefficiente:	1	Frequenza ingresso:	50 Hz
Potenza dimensionamento:	6000 kW	Pot. trasferita a monte:	6000 kVA
Corrente di impiego Ib:	115,5 A	Potenza totale:	12990 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza disponibile:	6990 kVA
Tensione nominale:	30000 V		

Cavi

Formazione:	3x(1x300)		
Tipo posa:	73(D2) - Sheathed single-core cables direct in the ground with added mechanical protection		
Disposizione posa:	Laid directly in the ground, cable to cable clearance: 0,25 m		
Designazione cavo	ARG7H1RNR 18/30 kV		
Isolante (fase+neutro+PE):	HEPR	Coefficiente di declassamento totale:	0,893
Tabella posa:	IEC 60364-5-52 Ed.3	K ² S ² conduttore fase:	7,618E+08 A²s
Materiale conduttore:	ALLUMINIO	Caduta di tensione parziale a Ib:	2,73 %
Lunghezza linea:	31000 m	Caduta di tensione totale a Ib:	2,73 %
Corrente ammissibile Iz:	421,4 A (Archivio)	Temperatura ambiente:	30 °C
Corrente ammissibile neutro:	n.d.	Temperatura cavo a Ib:	34,5 °C
Coefficiente di prossimità:	0,75 (Numero circuiti: 4)	Temperatura cavo a In:	51,1 °C
Coefficiente di temperatura:	0,93	Coordinamento Ib<=In<=Iz:	115,5<=250<=421,4 A

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	27 kA	Ip2:	21,4 kA
Ikv max a valle:	4,57 kA	Ik2min:	1,81 kA
Imagmax (magnetica massima):	1807 A	Ik1ftmax:	4,25 kA
Ik max:	2,41 kA	Ip1ft:	66,6 kA
Ip:	24,7 kA	Ik1ftmin:	3,34 kA
Ik min:	2,09 kA	Zk min:	7895 mohm
Ik2ftmax:	4,57 kA	Zk max:	8300 mohm
Ip2ft:	24,2 kA	Zk1ftmin:	4487 mohm
Ik2ftmin:	3,64 kA	Zk1ftmax:	5189 mohm
Ik2max:	2,09 kA		

Protezione

Tipo protezione:	50-51-51N-67N	Taratura differenziale:	0 A
Corrente nominale protez.:	250 A	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Numero poli:	3	Norma:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.		

Identificazione

Sigla utenza:	+CGDC.QCGDC-RAMO 2
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica	Sistema distribuzione:	Media
Potenza nominale:	12000 kW	Collegamento fasi:	3F
Coefficiente:	1	Frequenza ingresso:	50 Hz
Potenza dimensionamento:	12000 kW	Pot. trasferita a monte:	12000 kVA
Corrente di impiego Ib:	230,9 A	Potenza totale:	12990 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza disponibile:	990,4 kVA
Tensione nominale:	30000 V		

Cavi

Formazione:	3x(1x630)		
Tipo posa:	73(D2) - Sheathed single-core cables direct in the ground with added mechanical protection		
Disposizione posa:	Laid directly in the ground, cable to cable clearance: 0,25 m		
Designazione cavo	ARG7H1RNR 18/30 kV		
Isolante (fase+neutro+PE):	HEPR	Coefficiente di declassamento totale:	0,893
Tabella posa:	IEC 60364-5-52 Ed.3	K ² S ² conduttore fase:	3,359E+09 A²s
Materiale conduttore:	ALLUMINIO	Caduta di tensione parziale a Ib:	2,57 %
Lunghezza linea:	28600 m	Caduta di tensione totale a Ib:	2,57 %
Corrente ammissibile Iz:	630,3 A (Archivio)	Temperatura ambiente:	30 °C
Corrente ammissibile neutro:	n.d.	Temperatura cavo a Ib:	38,1 °C
Coefficiente di prossimità:	0,75 (Numero circuiti: 4)	Temperatura cavo a In:	39,4 °C
Coefficiente di temperatura:	0,93	Coordinamento Ib<=In<=Iz:	230,9<=250<=630,3 A

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	27 kA	Ip2:	21,4 kA
Ikv max a valle:	6,43 kA	Ik2min:	2,22 kA
Imagmax (magnetica massima):	2217 A	Ik1ftmax:	6,43 kA
Ik max:	2,86 kA	Ip1ft:	66,6 kA
Ip:	24,7 kA	Ik1ftmin:	5,4 kA
Ik min:	2,56 kA	Zk min:	6663 mohm
Ik2ftmax:	6,17 kA	Zk max:	6767 mohm
Ip2ft:	24,2 kA	Zk1ftmin:	2964 mohm
Ik2ftmin:	5,28 kA	Zk1ftmax:	3205 mohm
Ik2max:	2,48 kA		

Protezione

Tipo protezione:	50-51-51N-67N	Taratura differenziale:	0 A
Corrente nominale protez.:	250 A	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Numero poli:	3	Norma:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.		

Identificazione

Sigla utenza: **+CGDC.QCGDC-RAMO 3**
 Denominazione 1:
 Denominazione 2:
 Informazioni aggiuntive/Note 1:
 Informazioni aggiuntive/Note 2:

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica	Sistema distribuzione:	Media
Potenza nominale:	12000 kW	Collegamento fasi:	3F
Coefficiente:	1	Frequenza ingresso:	50 Hz
Potenza dimensionamento:	12000 kW	Pot. trasferita a monte:	12000 kVA
Corrente di impiego Ib:	230,9 A	Potenza totale:	12990 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza disponibile:	990,4 kVA
Tensione nominale:	30000 V		

Cavi

Formazione:	3x(1x630)		
Tipo posa:	73(D2) - Sheathed single-core cables direct in the ground with added mechanical protection		
Disposizione posa:	Laid directly in the ground, cable to cable clearance: 0,25 m		
Designazione cavo	ARG7H1RNR 18/30 kV		
Isolante (fase+neutro+PE):	HEPR	Coefficiente di declassamento totale:	0,893
Tabella posa:	IEC 60364-5-52 Ed.3	K ² S ² conduttore fase:	3,359E+09 A²s
Materiale conduttore:	ALLUMINIO	Caduta di tensione parziale a Ib:	2,07 %
Lunghezza linea:	23400 m	Caduta di tensione totale a Ib:	2,07 %
Corrente ammissibile Iz:	630,3 A (Archivio)	Temperatura ambiente:	30 °C
Corrente ammissibile neutro:	n.d.	Temperatura cavo a Ib:	38,1 °C
Coefficiente di prossimità:	0,75 (Numero circuiti: 4)	Temperatura cavo a In:	39,4 °C
Coefficiente di temperatura:	0,93	Coordinamento Ib<=In<=Iz:	230,9<=250<=630,3 A

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	27 kA	Ip2:	21,4 kA
Ikv max a valle:	8,05 kA	Ik2min:	2,55 kA
Imagmax (magnetica massima):	2552 A	Ik1ftmax:	8,05 kA
Ik max:	3,29 kA	Ip1ft:	66,6 kA
Ip:	24,7 kA	Ik1ftmin:	6,72 kA
Ik min:	2,95 kA	Zk min:	5795 mohm
Ik2ftmax:	6,35 kA	Zk max:	5877 mohm
Ip2ft:	24,2 kA	Zk1ftmin:	2367 mohm
Ik2ftmin:	5,58 kA	Zk1ftmax:	2576 mohm
Ik2max:	2,85 kA		

Protezione

Tipo protezione:	50-51-51N-67N	Taratura differenziale:	0 A
Corrente nominale protez.:	250 A	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Numero poli:	3	Norma:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.		

Identificazione

Sigla utenza:	+CGDC.QCGDC-RAMO 4
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica		
Potenza nominale:	12000 kW	Sistema distribuzione:	Media
Coefficiente:	1	Collegamento fasi:	3F
Potenza dimensionamento:	12000 kW	Frequenza ingresso:	50 Hz
Corrente di impiego Ib:	230,9 A	Pot. trasferita a monte:	12000 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza totale:	12990 kVA
Tensione nominale:	30000 V	Potenza disponibile:	990,4 kVA

Cavi

Formazione:	3x(1x630)		
Tipo posa:	73(D2) - Sheathed single-core cables direct in the ground with added mechanical protection		
Disposizione posa:	Laid directly in the ground, cable to cable clearance: 0,25 m		
Designazione cavo	ARG7H1RNR 18/30 kV		
Isolante (fase+neutro+PE):	HEPR	Coefficiente di declassamento totale:	0,893
Tabella posa:	IEC 60364-5-52 Ed.3	K ² S ² conduttore fase:	3,359E+09 A²s
Materiale conduttore:	ALLUMINIO	Caduta di tensione parziale a Ib:	1,87 %
Lunghezza linea:	21200 m	Caduta di tensione totale a Ib:	1,87 %
Corrente ammissibile Iz:	630,3 A (Archivio)	Temperatura ambiente:	30 °C
Corrente ammissibile neutro:	n.d.	Temperatura cavo a Ib:	38,1 °C
Coefficiente di prossimità:	0,75 (Numero circuiti: 4)	Temperatura cavo a In:	39,4 °C
Coefficiente di temperatura:	0,93	Coordinamento Ib<=In<=Iz:	230,9<=250<=630,3 A

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	27 kA	Ip2:	21,4 kA
Ikv max a valle:	9 kA	Ik2min:	2,73 kA
Imagmax (magnetica massima):	2727 A	Ik1ftmax:	9 kA
Ik max:	3,51 kA	Ip1ft:	66,6 kA
Ip:	24,7 kA	Ik1ftmin:	7,49 kA
Ik min:	3,15 kA	Zk min:	5428 mohm
Ik2ftmax:	6,41 kA	Zk max:	5500 mohm
Ip2ft:	24,2 kA	Zk1ftmin:	2117 mohm
Ik2ftmin:	5,7 kA	Zk1ftmax:	2313 mohm
Ik2max:	3,04 kA		

Protezione

Tipo protezione:	50-51-51N-67N		
Corrente nominale protez.:	250 A	Taratura differenziale:	0 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+CLUSTER 1.WTG B02-ARRIVO
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica		
Potenza nominale:	6000 kW	Sistema distribuzione:	Media
Coefficiente:	1	Collegamento fasi:	3F
Potenza dimensionamento:	6000 kW	Frequenza ingresso:	50 Hz
Corrente di impiego Ib:	115,5 A	Pot. trasferita a monte:	6000 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza totale:	12990 kVA
Tensione nominale:	30000 V	Potenza disponibile:	6990 kVA

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	4,57 kA	Ip2:	3,74 kA
Ikv max a valle:	4,57 kA	Ik2min:	1,81 kA
Imagmax (magnetica massima):	1807 A	Ik1ftmax:	4,25 kA
Ik max:	2,41 kA	Ip1ft:	7,59 kA
Ip:	4,32 kA	Ik1ftmin:	3,34 kA
Ik min:	2,09 kA	Zk min:	7895 mohm
Ik2ftmax:	4,57 kA	Zk max:	8300 mohm
Ip2ft:	8,18 kA	Zk1ftmin:	4487 mohm
Ik2ftmin:	3,64 kA	Zk1ftmax:	5189 mohm
Ik2max:	2,09 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	350 A	Corrente sovraccarico Ins:	250 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+CLUSTER 1.WTG B02-PARTENZA
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:		Distribuzione generica	
Potenza nominale:	0 kW	Sistema distribuzione:	Media
Coefficiente:	1	Collegamento fasi:	3F
Potenza dimensionamento:	0 kW	Frequenza ingresso:	50 Hz
Potenza reattiva:	0 KVAR	Pot. trasferita a monte:	0 KVA
Corrente di impiego Ib:	0 A	Potenza totale:	12990 kVA
Fattore di potenza:	0,9	Potenza disponibile:	12990 kVA
Tensione nominale:	30000 V		

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	4,57 kA	Ip2:	3,74 kA
Ikv max a valle:	4,57 kA	Ik2min:	1,81 kA
Imagmax (magnetica massima):	1807 A	Ik1ftmax:	4,25 kA
Ik max:	2,41 kA	Ip1ft:	7,59 kA
Ip:	4,32 kA	Ik1ftmin:	3,34 kA
Ik min:	2,09 kA	Zk min:	7895 mohm
Ik2ftmax:	4,57 kA	Zk max:	8300 mohm
Ip2ft:	8,18 kA	Zk1ftmin:	4487 mohm
Ik2ftmin:	3,64 kA	Zk1ftmax:	5189 mohm
Ik2max:	2,09 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	250 A	Corrente sovraccarico Ins:	250 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+CLUSTER 1.WTG B02-TRASFORMATORE
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:	Terminale generica	Collegamento fasi:	3F
Potenza nominale:	6000 kW	Frequenza ingresso:	50 Hz
Coefficiente:	1	Pot. trasferita a monte:	6000 kVA
Potenza dimensionamento:	6000 kW	Potenza totale:	6755 kVA
Corrente di impiego Ib:	115,5 A	Potenza disponibile:	755 kVA
Fattore di potenza:	1	Numero carichi utenza:	1
Tensione nominale:	30000 V		
Sistema distribuzione:	Media		

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	4,57 kA	Ip2:	3,74 kA
Ikv max a valle:	4,57 kA	Ik2min:	1,81 kA
Imagmax (magnetica massima):	1807 A	Ik1ftmax:	4,25 kA
Ik max:	2,41 kA	Ip1ft:	7,59 kA
Ip:	4,32 kA	Ik1ftmin:	3,34 kA
Ik min:	2,09 kA	Zk min:	7895 mohm
Ik2ftmax:	4,57 kA	Zk max:	8300 mohm
Ip2ft:	8,18 kA	Zk1ftmin:	4487 mohm
Ik2ftmin:	3,64 kA	Zk1ftmax:	5189 mohm
Ik2max:	2,09 kA		

Protezione

Tipo protezione:	50-51	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Corrente nominale protez.:	130 A	Norma:	n.d.
Numero poli:	3		
Classe d'impiego:	n.d.		

Identificazione

Sigla utenza:	+CLUSTER 2.WTG 03-ARRIVO
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica		
Potenza nominale:	12000 kW	Sistema distribuzione:	Media
Coefficiente:	1	Collegamento fasi:	3F
Potenza dimensionamento:	12000 kW	Frequenza ingresso:	50 Hz
Corrente di impiego Ib:	230,9 A	Pot. trasferita a monte:	12000 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza totale:	12990 kVA
Tensione nominale:	30000 V	Potenza disponibile:	990,4 kVA

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	6,43 kA	Ip2:	5,22 kA
Ikv max a valle:	6,43 kA	Ik2min:	2,22 kA
Imagmax (magnetica massima):	2217 A	Ik1ftmax:	6,43 kA
Ik max:	2,86 kA	Ip1ft:	13,5 kA
Ip:	6,02 kA	Ik1ftmin:	5,4 kA
Ik min:	2,56 kA	Zk min:	6663 mohm
Ik2ftmax:	6,17 kA	Zk max:	6767 mohm
Ip2ft:	13 kA	Zk1ftmin:	2964 mohm
Ik2ftmin:	5,28 kA	Zk1ftmax:	3205 mohm
Ik2max:	2,48 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	350 A	Corrente sovraccarico Ins:	250 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+CLUSTER 2.WTG 03-PARTENZA
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica	Sistema distribuzione:	Media
Potenza nominale:	6000 kW	Collegamento fasi:	3F
Coefficiente:	1	Frequenza ingresso:	50 Hz
Potenza dimensionamento:	6000 kW	Pot. trasferita a monte:	6000 kVA
Corrente di impiego Ib:	115,5 A	Potenza totale:	12990 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza disponibile:	6990 kVA
Tensione nominale:	30000 V		

Cavi

Formazione:	3x(1x630)		
Tipo posa:	73(D2) - Sheathed single-core cables direct in the ground with added mechanical protection		
Disposizione posa:	Laid directly in the ground, cable to cable clearance: 0,25 m		
Designazione cavo	ARG7H1R 18/30 kV		
Isolante (fase+neutro+PE):	HEPR	Coefficiente di declassamento totale:	1,19
Tabella posa:	IEC 60364-5-52 Ed.3	K ² S ² conduttore fase:	3,359E+09 A²s
Materiale conduttore:	ALLUMINIO	Caduta di tensione parziale a Ib:	0,096 %
Lunghezza linea:	2300 m	Caduta di tensione totale a Ib:	2,68 %
Corrente ammissibile Iz:	884,5 A (Archivio)	Temperatura ambiente:	30 °C
Corrente ammissibile neutro:	n.d.	Temperatura cavo a Ib:	31 °C
Coefficiente di prossimità:	1 (Numero circuiti: 1)	Temperatura cavo a In:	34,8 °C
Coefficiente di temperatura:	0,93	Coordinamento Ib<=In<=Iz:	115,5<=250<=884,5 A

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	6,43 kA	Ip2:	5,22 kA
Ikv max a valle:	6,08 kA	Ik2min:	2,09 kA
Imagmax (magnetica massima):	2095 A	Ik1ftmax:	5,9 kA
Ik max:	2,7 kA	Ip1ft:	13,5 kA
Ip:	6,02 kA	Ik1ftmin:	4,97 kA
Ik min:	2,42 kA	Zk min:	7048 mohm
Ik2ftmax:	6,08 kA	Zk max:	7161 mohm
Ip2ft:	13 kA	Zk1ftmin:	3229 mohm
Ik2ftmin:	5,13 kA	Zk1ftmax:	3485 mohm
Ik2max:	2,34 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	250 A	Corrente sovraccarico Ins:	250 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+CLUSTER 2.WTG 03-TRASFORMATORE
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:	Terminale generica	Collegamento fasi:	3F
Potenza nominale:	6000 kW	Frequenza ingresso:	50 Hz
Coefficiente:	1	Pot. trasferita a monte:	6000 kVA
Potenza dimensionamento:	6000 kW	Potenza totale:	6755 kVA
Corrente di impiego Ib:	115,5 A	Potenza disponibile:	755 kVA
Fattore di potenza:	1	Numero carichi utenza:	1
Tensione nominale:	30000 V		
Sistema distribuzione:	Media		

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	6,43 kA	Ip2:	5,22 kA
Ikv max a valle:	6,43 kA	Ik2min:	2,22 kA
Imagmax (magnetica massima):	2217 A	Ik1ftmax:	6,43 kA
Ik max:	2,86 kA	Ip1ft:	13,5 kA
Ip:	6,02 kA	Ik1ftmin:	5,4 kA
Ik min:	2,56 kA	Zk min:	6663 mohm
Ik2ftmax:	6,17 kA	Zk max:	6767 mohm
Ip2ft:	13 kA	Zk1ftmin:	2964 mohm
Ik2ftmin:	5,28 kA	Zk1ftmax:	3205 mohm
Ik2max:	2,48 kA		

Protezione

Tipo protezione:	50-51	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Corrente nominale protez.:	130 A	Norma:	n.d.
Numero poli:	3		
Classe d'impiego:	n.d.		

Identificazione

Sigla utenza:	+CLUSTER 2.WTG B01-ARRIVO
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica	Sistema distribuzione:	Media
Potenza nominale:	6000 kW	Collegamento fasi:	3F
Coefficiente:	1	Frequenza ingresso:	50 Hz
Potenza dimensionamento:	6000 kW	Pot. trasferita a monte:	6000 kVA
Corrente di impiego Ib:	115,5 A	Potenza totale:	12990 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza disponibile:	6990 kVA
Tensione nominale:	30000 V		

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	6,08 kA	Ip2:	4,92 kA
Ikv max a valle:	6,08 kA	Ik2min:	2,09 kA
Imagmax (magnetica massima):	2095 A	Ik1ftmax:	5,9 kA
Ik max:	2,7 kA	Ip1ft:	12,4 kA
Ip:	5,68 kA	Ik1ftmin:	4,97 kA
Ik min:	2,42 kA	Zk min:	7048 mohm
Ik2ftmax:	6,08 kA	Zk max:	7161 mohm
Ip2ft:	12,8 kA	Zk1ftmin:	3229 mohm
Ik2ftmin:	5,13 kA	Zk1ftmax:	3485 mohm
Ik2max:	2,34 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	350 A	Corrente sovraccarico Ins:	250 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza: **+CLUSTER 2.WTG B01-PARTENZA**
 Denominazione 1:
 Denominazione 2:
 Informazioni aggiuntive/Note 1:
 Informazioni aggiuntive/Note 2:

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica	Sistema distribuzione:	Media
Potenza nominale:	0 kW	Collegamento fasi:	3F
Coefficiente:	1	Frequenza ingresso:	50 Hz
Potenza dimensionamento:	0 kW	Pot. trasferita a monte:	0 kVA
Potenza reattiva:	0 kVAR	Potenza totale:	12990 kVA
Corrente di impiego Ib:	0 A	Potenza disponibile:	12990 kVA
Fattore di potenza:	0,9		
Tensione nominale:	30000 V		

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	6,08 kA	Ip2:	4,92 kA
Ikv max a valle:	6,08 kA	Ik2min:	2,09 kA
Imagmax (magnetica massima):	2095 A	Ik1ftmax:	5,9 kA
Ik max:	2,7 kA	Ip1ft:	12,4 kA
Ip:	5,68 kA	Ik1ftmin:	4,97 kA
Ik min:	2,42 kA	Zk min:	7048 mohm
Ik2ftmax:	6,08 kA	Zk max:	7161 mohm
Ip2ft:	12,8 kA	Zk1ftmin:	3229 mohm
Ik2ftmin:	5,13 kA	Zk1ftmax:	3485 mohm
Ik2max:	2,34 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	250 A	Corrente sovraccarico Ins:	250 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+CLUSTER 2.WTG B01-TRASFORMATORE
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:	Terminale generica	Collegamento fasi:	3F
Potenza nominale:	6000 kW	Frequenza ingresso:	50 Hz
Coefficiente:	1	Pot. trasferita a monte:	6000 kVA
Potenza dimensionamento:	6000 kW	Potenza totale:	6755 kVA
Corrente di impiego Ib:	115,5 A	Potenza disponibile:	755 kVA
Fattore di potenza:	1	Numero carichi utenza:	1
Tensione nominale:	30000 V		
Sistema distribuzione:	Media		

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	6,08 kA	Ip2:	4,92 kA
Ikv max a valle:	6,08 kA	Ik2min:	2,09 kA
Imagmax (magnetica massima):	2095 A	Ik1ftmax:	5,9 kA
Ik max:	2,7 kA	Ip1ft:	12,4 kA
Ip:	5,68 kA	Ik1ftmin:	4,97 kA
Ik min:	2,42 kA	Zk min:	7048 mohm
Ik2ftmax:	6,08 kA	Zk max:	7161 mohm
Ip2ft:	12,8 kA	Zk1ftmin:	3229 mohm
Ik2ftmin:	5,13 kA	Zk1ftmax:	3485 mohm
Ik2max:	2,34 kA		

Protezione

Tipo protezione:	50-51	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Corrente nominale protez.:	130 A	Norma:	n.d.
Numero poli:	3		
Classe d'impiego:	n.d.		

Identificazione

Sigla utenza:	+CLUSTER 3.WTG B05-ARRIVO
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica		
Potenza nominale:	12000 kW	Sistema distribuzione:	Media
Coefficiente:	1	Collegamento fasi:	3F
Potenza dimensionamento:	12000 kW	Frequenza ingresso:	50 Hz
Corrente di impiego Ib:	230,9 A	Pot. trasferita a monte:	12000 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza totale:	12990 kVA
Tensione nominale:	30000 V	Potenza disponibile:	990,4 kVA

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	8,05 kA	Ip2:	6,05 kA
Ikv max a valle:	8,05 kA	Ik2min:	2,55 kA
Imagmax (magnetica massima):	2552 A	Ik1ftmax:	8,05 kA
Ik max:	3,29 kA	Ip1ft:	17,1 kA
Ip:	6,99 kA	Ik1ftmin:	6,72 kA
Ik min:	2,95 kA	Zk min:	5795 mohm
Ik2ftmax:	6,35 kA	Zk max:	5877 mohm
Ip2ft:	13,5 kA	Zk1ftmin:	2367 mohm
Ik2ftmin:	5,58 kA	Zk1ftmax:	2576 mohm
Ik2max:	2,85 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	350 A	Corrente sovraccarico Ins:	250 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+CLUSTER 3.WTG B05-PARTENZA
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica	Sistema distribuzione:	Media
Potenza nominale:	6000 kW	Collegamento fasi:	3F
Coefficiente:	1	Frequenza ingresso:	50 Hz
Potenza dimensionamento:	6000 kW	Pot. trasferita a monte:	6000 kVA
Corrente di impiego Ib:	115,5 A	Potenza totale:	12990 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza disponibile:	6990 kVA
Tensione nominale:	30000 V		

Cavi

Formazione:	3x(1x630)		
Tipo posa:	73(D2) - Sheathed single-core cables direct in the ground with added mechanical protection		
Disposizione posa:	Laid directly in the ground, cable to cable clearance: 0,25 m		
Designazione cavo	ARG7H1R 18/30 kV		
Isolante (fase+neutro+PE):	HEPR	Coefficiente di declassamento totale:	1,19
Tabella posa:	IEC 60364-5-52 Ed.3	K ² S ² conduttore fase:	3,359E+09 A²s
Materiale conduttore:	ALLUMINIO	Caduta di tensione parziale a Ib:	0,063 %
Lunghezza linea:	1500 m	Caduta di tensione totale a Ib:	2,15 %
Corrente ammissibile Iz:	884,5 A (Archivio)	Temperatura ambiente:	30 °C
Corrente ammissibile neutro:	n.d.	Temperatura cavo a Ib:	31 °C
Coefficiente di prossimità:	1 (Numero circuiti: 1)	Temperatura cavo a In:	34,8 °C
Coefficiente di temperatura:	0,93	Coordinamento Ib<=In<=Iz:	115,5<=250<=884,5 A

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	8,05 kA	Ip2:	6,05 kA
Ikv max a valle:	7,51 kA	Ik2min:	2,45 kA
Imagmax (magnetica massima):	2446 A	Ik1ftmax:	7,51 kA
Ik max:	3,15 kA	Ip1ft:	17,1 kA
Ip:	6,99 kA	Ik1ftmin:	6,28 kA
Ik min:	2,82 kA	Zk min:	6045 mohm
Ik2ftmax:	6,3 kA	Zk max:	6134 mohm
Ip2ft:	13,5 kA	Zk1ftmin:	2538 mohm
Ik2ftmin:	5,5 kA	Zk1ftmax:	2757 mohm
Ik2max:	2,73 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	250 A	Corrente sovraccarico Ins:	250 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+CLUSTER 3.WTG B05-TRASFORMATORE
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:	Terminale generica	Collegamento fasi:	3F
Potenza nominale:	6000 kW	Frequenza ingresso:	50 Hz
Coefficiente:	1	Pot. trasferita a monte:	6000 kVA
Potenza dimensionamento:	6000 kW	Potenza totale:	6755 kVA
Corrente di impiego Ib:	115,5 A	Potenza disponibile:	755 kVA
Fattore di potenza:	1	Numero carichi utenza:	1
Tensione nominale:	30000 V		
Sistema distribuzione:	Media		

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	8,05 kA	Ip2:	6,05 kA
Ikv max a valle:	8,05 kA	Ik2min:	2,55 kA
Imagmax (magnetica massima):	2552 A	Ik1ftmax:	8,05 kA
Ik max:	3,29 kA	Ip1ft:	17,1 kA
Ip:	6,99 kA	Ik1ftmin:	6,72 kA
Ik min:	2,95 kA	Zk min:	5795 mohm
Ik2ftmax:	6,35 kA	Zk max:	5877 mohm
Ip2ft:	13,5 kA	Zk1ftmin:	2367 mohm
Ik2ftmin:	5,58 kA	Zk1ftmax:	2576 mohm
Ik2max:	2,85 kA		

Protezione

Tipo protezione:	50-51	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Corrente nominale protez.:	130 A	Norma:	n.d.
Numero poli:	3		
Classe d'impiego:	n.d.		

Identificazione

Sigla utenza:	+CLUSTER 3.WTG B04-ARRIVO
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Distribuzione generica		Media	
Tipologia utenza:	6000 kW	Sistema distribuzione:	3F
Potenza nominale:	1	Collegamento fasi:	50 Hz
Coefficiente:	6000 kW	Frequenza ingresso:	6000 kVA
Potenza dimensionamento:	115,5 A	Pot. trasferita a monte:	12990 kVA
Corrente di impiego Ib:	1	Potenza totale:	6990 kVA
Fattore di potenza:	30000 V	Potenza disponibile:	
Tensione nominale:			

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	7,51 kA	Ip2:	5,78 kA
Ikv max a valle:	7,51 kA	Ik2min:	2,45 kA
Imagmax (magnetica massima):	2446 A	Ik1ftmax:	7,51 kA
Ik max:	3,15 kA	Ip1ft:	15,9 kA
Ip:	6,68 kA	Ik1ftmin:	6,28 kA
Ik min:	2,82 kA	Zk min:	6045 mohm
Ik2ftmax:	6,3 kA	Zk max:	6134 mohm
Ip2ft:	13,3 kA	Zk1ftmin:	2538 mohm
Ik2ftmin:	5,5 kA	Zk1ftmax:	2757 mohm
Ik2max:	2,73 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	350 A	Corrente sovraccarico Ins:	250 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza: **+CLUSTER 3.WTG B04-PARTENZA**
 Denominazione 1:
 Denominazione 2:
 Informazioni aggiuntive/Note 1:
 Informazioni aggiuntive/Note 2:

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica	Sistema distribuzione:	Media
Potenza nominale:	0 kW	Collegamento fasi:	3F
Coefficiente:	1	Frequenza ingresso:	50 Hz
Potenza dimensionamento:	0 kW	Pot. trasferita a monte:	0 kVA
Potenza reattiva:	0 kVAR	Potenza totale:	12990 kVA
Corrente di impiego Ib:	0 A	Potenza disponibile:	12990 kVA
Fattore di potenza:	0,9		
Tensione nominale:	30000 V		

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	7,51 kA	Ip2:	5,78 kA
Ikv max a valle:	7,51 kA	Ik2min:	2,45 kA
Imagmax (magnetica massima):	2446 A	Ik1ftmax:	7,51 kA
Ik max:	3,15 kA	Ip1ft:	15,9 kA
Ip:	6,68 kA	Ik1ftmin:	6,28 kA
Ik min:	2,82 kA	Zk min:	6045 mohm
Ik2ftmax:	6,3 kA	Zk max:	6134 mohm
Ip2ft:	13,3 kA	Zk1ftmin:	2538 mohm
Ik2ftmin:	5,5 kA	Zk1ftmax:	2757 mohm
Ik2max:	2,73 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	250 A	Corrente sovraccarico Ins:	250 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+CLUSTER 3.WTG B04-TRASFORMATORE
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:	Terminale generica	Collegamento fasi:	3F
Potenza nominale:	6000 kW	Frequenza ingresso:	50 Hz
Coefficiente:	1	Pot. trasferita a monte:	6000 kVA
Potenza dimensionamento:	6000 kW	Potenza totale:	6755 kVA
Corrente di impiego Ib:	115,5 A	Potenza disponibile:	755 kVA
Fattore di potenza:	1	Numero carichi utenza:	1
Tensione nominale:	30000 V		
Sistema distribuzione:	Media		

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	7,51 kA	Ip2:	5,78 kA
Ikv max a valle:	7,51 kA	Ik2min:	2,45 kA
Imagmax (magnetica massima):	2446 A	Ik1ftmax:	7,51 kA
Ik max:	3,15 kA	Ip1ft:	15,9 kA
Ip:	6,68 kA	Ik1ftmin:	6,28 kA
Ik min:	2,82 kA	Zk min:	6045 mohm
Ik2ftmax:	6,3 kA	Zk max:	6134 mohm
Ip2ft:	13,3 kA	Zk1ftmin:	2538 mohm
Ik2ftmin:	5,5 kA	Zk1ftmax:	2757 mohm
Ik2max:	2,73 kA		

Protezione

Tipo protezione:	50-51	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Corrente nominale protez.:	130 A	Norma:	n.d.
Numero poli:	3		
Classe d'impiego:	n.d.		

Identificazione

Sigla utenza:	+CLUSTER 4.WTG B07-ARRIVO
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica		Sistema distribuzione:	Media
Potenza nominale:	12000 kW		Collegamento fasi:	3F
Coefficiente:	1		Frequenza ingresso:	50 Hz
Potenza dimensionamento:	12000 kW		Pot. trasferita a monte:	12000 kVA
Corrente di impiego Ib:	230,9 A		Potenza totale:	12990 kVA
Fattore di potenza:	1		Potenza disponibile:	990,4 kVA
Tensione nominale:	30000 V			

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	9 kA	Ip2:	6,49 kA
Ikv max a valle:	9 kA	Ik2min:	2,73 kA
Imagmax (magnetica massima):	2727 A	Ik1ftmax:	9 kA
Ik max:	3,51 kA	Ip1ft:	19,2 kA
Ip:	7,49 kA	Ik1ftmin:	7,49 kA
Ik min:	3,15 kA	Zk min:	5428 mohm
Ik2ftmax:	6,41 kA	Zk max:	5500 mohm
Ip2ft:	13,7 kA	Zk1ftmin:	2117 mohm
Ik2ftmin:	5,7 kA	Zk1ftmax:	2313 mohm
Ik2max:	3,04 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	350 A	Corrente sovraccarico Ins:	250 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+CLUSTER 4.WTG B07-PARTENZA
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica	Sistema distribuzione:	Media
Potenza nominale:	6000 kW	Collegamento fasi:	3F
Coefficiente:	1	Frequenza ingresso:	50 Hz
Potenza dimensionamento:	6000 kW	Pot. trasferita a monte:	6000 kVA
Corrente di impiego Ib:	115,5 A	Potenza totale:	12990 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza disponibile:	6990 kVA
Tensione nominale:	30000 V		

Cavi

Formazione:	3x(1x630)		
Tipo posa:	73(D2) - Sheathed single-core cables direct in the ground with added mechanical protection		
Disposizione posa:	Laid directly in the ground, cable to cable clearance: 0,25 m		
Designazione cavo	ARG7H1R 18/30 kV		
Isolante (fase+neutro+PE):	HEPR	Coefficiente di declassamento totale:	1,19
Tabella posa:	IEC 60364-5-52 Ed.3	K ² S ² conduttore fase:	3,359E+09 A²s
Materiale conduttore:	ALLUMINIO	Caduta di tensione parziale a Ib:	0,096 %
Lunghezza linea:	2300 m	Caduta di tensione totale a Ib:	1,98 %
Corrente ammissibile Iz:	884,5 A (Archivio)	Temperatura ambiente:	30 °C
Corrente ammissibile neutro:	n.d.	Temperatura cavo a Ib:	31 °C
Coefficiente di prossimità:	1 (Numero circuiti: 1)	Temperatura cavo a In:	34,8 °C
Coefficiente di temperatura:	0,93	Coordinamento Ib<=In<=Iz:	115,5<=250<=884,5 A

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	9 kA	Ip2:	6,49 kA
Ikv max a valle:	8,01 kA	Ik2min:	2,55 kA
Imagmax (magnetica massima):	2545 A	Ik1ftmax:	8,01 kA
Ik max:	3,28 kA	Ip1ft:	19,2 kA
Ip:	7,49 kA	Ik1ftmin:	6,69 kA
Ik min:	2,94 kA	Zk min:	5812 mohm
Ik2ftmax:	6,34 kA	Zk max:	5894 mohm
Ip2ft:	13,7 kA	Zk1ftmin:	2378 mohm
Ik2ftmin:	5,58 kA	Zk1ftmax:	2588 mohm
Ik2max:	2,84 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	250 A	Corrente sovraccarico Ins:	250 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+CLUSTER 4.WTG B07-TRASFORMATORE
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:	Terminale generica	Collegamento fasi:	3F
Potenza nominale:	6000 kW	Frequenza ingresso:	50 Hz
Coefficiente:	1	Pot. trasferita a monte:	6000 kVA
Potenza dimensionamento:	6000 kW	Potenza totale:	6755 kVA
Corrente di impiego Ib:	115,5 A	Potenza disponibile:	755 kVA
Fattore di potenza:	1	Numero carichi utenza:	1
Tensione nominale:	30000 V		
Sistema distribuzione:	Media		

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	9 kA	Ip2:	6,49 kA
Ikv max a valle:	9 kA	Ik2min:	2,73 kA
Imagmax (magnetica massima):	2727 A	Ik1ftmax:	9 kA
Ik max:	3,51 kA	Ip1ft:	19,2 kA
Ip:	7,49 kA	Ik1ftmin:	7,49 kA
Ik min:	3,15 kA	Zk min:	5428 mohm
Ik2ftmax:	6,41 kA	Zk max:	5500 mohm
Ip2ft:	13,7 kA	Zk1ftmin:	2117 mohm
Ik2ftmin:	5,7 kA	Zk1ftmax:	2313 mohm
Ik2max:	3,04 kA		

Protezione

Tipo protezione:	50-51	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Corrente nominale protez.:	130 A	Norma:	n.d.
Numero poli:	3		
Classe d'impiego:	n.d.		

Identificazione

Sigla utenza:	+CLUSTER 4.WTG 06-ARRIVO
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica		
Potenza nominale:	6000 kW	Sistema distribuzione:	Media
Coefficiente:	1	Collegamento fasi:	3F
Potenza dimensionamento:	6000 kW	Frequenza ingresso:	50 Hz
Corrente di impiego Ib:	115,5 A	Pot. trasferita a monte:	6000 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza totale:	12990 kVA
Tensione nominale:	30000 V	Potenza disponibile:	6990 kVA

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	8,01 kA	Ip2:	6,03 kA
Ikv max a valle:	8,01 kA	Ik2min:	2,55 kA
Imagmax (magnetica massima):	2545 A	Ik1ftmax:	8,01 kA
Ik max:	3,28 kA	Ip1ft:	17 kA
Ip:	6,96 kA	Ik1ftmin:	6,69 kA
Ik min:	2,94 kA	Zk min:	5812 mohm
Ik2ftmax:	6,34 kA	Zk max:	5894 mohm
Ip2ft:	13,5 kA	Zk1ftmin:	2378 mohm
Ik2ftmin:	5,58 kA	Zk1ftmax:	2588 mohm
Ik2max:	2,84 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	350 A	Corrente sovraccarico Ins:	250 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+CLUSTER 4.WTG 06-PARTENZA
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:		Distribuzione generica	
Potenza nominale:	0 kW	Sistema distribuzione:	Media
Coefficiente:	1	Collegamento fasi:	3F
Potenza dimensionamento:	0 kW	Frequenza ingresso:	50 Hz
Potenza reattiva:	0 KVAR	Pot. trasferita a monte:	0 KVA
Corrente di impiego Ib:	0 A	Potenza totale:	12990 kVA
Fattore di potenza:	0,9	Potenza disponibile:	12990 kVA
Tensione nominale:	30000 V		

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	8,01 kA	Ip2:	6,03 kA
Ikv max a valle:	8,01 kA	Ik2min:	2,55 kA
Imagmax (magnetica massima):	2545 A	Ik1ftmax:	8,01 kA
Ik max:	3,28 kA	Ip1ft:	17 kA
Ip:	6,96 kA	Ik1ftmin:	6,69 kA
Ik min:	2,94 kA	Zk min:	5812 mohm
Ik2ftmax:	6,34 kA	Zk max:	5894 mohm
Ip2ft:	13,5 kA	Zk1ftmin:	2378 mohm
Ik2ftmin:	5,58 kA	Zk1ftmax:	2588 mohm
Ik2max:	2,84 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	275 A	Corrente sovraccarico Ins:	250 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+CLUSTER 4.WTG 06-TRASFORMATORE
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:	Terminale generica	Collegamento fasi:	3F
Potenza nominale:	6000 kW	Frequenza ingresso:	50 Hz
Coefficiente:	1	Pot. trasferita a monte:	6000 kVA
Potenza dimensionamento:	6000 kW	Potenza totale:	6755 kVA
Corrente di impiego Ib:	115,5 A	Potenza disponibile:	755 kVA
Fattore di potenza:	1	Numero carichi utenza:	1
Tensione nominale:	30000 V		
Sistema distribuzione:	Media		

Condizioni di guasto (CENELEC R064-003)

Ikm max a monte:	8,01 kA	Ip2:	6,03 kA
Ikv max a valle:	8,01 kA	Ik2min:	2,55 kA
Imagmax (magnetica massima):	2545 A	Ik1ftmax:	8,01 kA
Ik max:	3,28 kA	Ip1ft:	17 kA
Ip:	6,96 kA	Ik1ftmin:	6,69 kA
Ik min:	2,94 kA	Zk min:	5812 mohm
Ik2ftmax:	6,34 kA	Zk max:	5894 mohm
Ip2ft:	13,5 kA	Zk1ftmin:	2378 mohm
Ik2ftmin:	5,58 kA	Zk1ftmax:	2588 mohm
Ik2max:	2,84 kA		

Protezione

Tipo protezione:	50-51	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Corrente nominale protez.:	130 A	Norma:	n.d.
Numero poli:	3		
Classe d'impiego:	n.d.		

Tipo di fornitura: **Media tensione**

Tensione di fornitura: **30 kV**

Corrente di cortocircuito trifase massima: **10 kA**

Corrente di cortocircuito monofase a terra massima: **6 kA**

Parametri elettrici

Potenza totale assorbita: **42000 kW**

Fattore di potenza: **1**

Corrente totale di impiego: **808,3 A**

Potenza carichi collegati [kW]: **42000 kW**

Parametri di guasto lato fornitura

Rd a 20°C: **189,6 mohm**

Xd: **1896 mohm**

R0 a 20°C: **568,7 mohm**

X0: **-5687 mohm**

Contributo al guasto monofase franco a terra Igt: **661,8 A**

Utenza	Formazione	Materiale	Lc [m]	Iz [A]	T (Ib) [°C]	Tamb [°C]	CdtT (Ib) [%]	Posa cavo
	Designazione	Isolante	Pross.	k decl.	T (In) [°C]	K ² S ² F [A ² s]	CdtT (In) [%]	
	Tab. posa	Tipo posa						

CGDC QCGDC

RAMO 1	3x(1x300)	ALLUMINIO	31000	421,4	34,5	30	2,73	
	ARG7H1RNR 18/30 kV	HEPR	4	0,893	51,1	7,618*10 ⁸	6,06	
	IEC 60364-5-52 Ed.3	73(D2) - Sheathed single-core cables direct in the ground with added mechanical protection						
RAMO 2	3x(1x630)	ALLUMINIO	28600	630,3	38,1	30	2,57	
	ARG7H1RNR 18/30 kV	HEPR	4	0,893	39,4	3,359*10 ⁹	2,8	
	IEC 60364-5-52 Ed.3	73(D2) - Sheathed single-core cables direct in the ground with added mechanical protection						
RAMO 3	3x(1x630)	ALLUMINIO	23400	630,3	38,1	30	2,07	
	ARG7H1RNR 18/30 kV	HEPR	4	0,893	39,4	3,359*10 ⁹	2,26	
	IEC 60364-5-52 Ed.3	73(D2) - Sheathed single-core cables direct in the ground with added mechanical protection						
RAMO 4	3x(1x630)	ALLUMINIO	21200	630,3	38,1	30	1,87	
	ARG7H1RNR 18/30 kV	HEPR	4	0,893	39,4	3,359*10 ⁹	2,03	
	IEC 60364-5-52 Ed.3	73(D2) - Sheathed single-core cables direct in the ground with added mechanical protection						

CLUSTER 2 WTG 03

PARTENZA	3x(1x630)	ALLUMINIO	2300	884,5	31	30	2,68	
	ARG7H1R 18/30 kV	HEPR	1	1,19	34,8	3,359*10 ⁹	3,01	
	IEC 60364-5-52 Ed.3	73(D2) - Sheathed single-core cables direct in the ground with added mechanical protection						

Utenza	Formazione	Materiale	Lc [m]	Iz [A]	T (Ib) [°C]	Tamb [°C]	CdtT (Ib) [%]	Posa cavo
	Designazione	Isolante	Pross.	k decl.	T (In) [°C]	K ² S ² F [A ² s]	CdtT (In) [%]	
	Tab. posa	Tipo posa						

CLUSTER 3 WTG B05

PARTENZA	3x(1x630)	ALLUMINIO	1500	884,5	31	30	2,15	
	ARG7H1R 18/30 kV	HEPR	1	1,19	34,8	3,359*10 ⁹	2,39	
	IEC 60364-5-52 Ed.3		73(D2) - Sheathed single-core cables direct in the ground with added mechanical protection					

CLUSTER 4 WTG B07

PARTENZA	3x(1x630)	ALLUMINIO	2300	884,5	31	30	1,98	
	ARG7H1R 18/30 kV	HEPR	1	1,19	34,8	3,359*10 ⁹	2,24	
	IEC 60364-5-52 Ed.3		73(D2) - Sheathed single-core cables direct in the ground with added mechanical protection					

Utenza	Ikm max [kA]	/_Ikm max	Ikm max by	DeltaIkm max [kA]	Ikv max [kA]	Ik1ftmax [kA]	Ip1ft [kA]	Ik1ftmin [kA]	Ik2ftmax [kA]	Ip2ft [kA]	Ik2ftmin [kA]
	Imagmax [A]	/_Imagmax	Ik max [kA]	Ip [kA]	Ik min [kA]	Ik1fnmax [kA]	Ip1fn [kA]	Ik1fnmin [kA]	Ik2max [kA]	Ip2 [kA]	Ik2min [kA]

CGDC QCGDC

GENERALE CABINA	27	0,447	n.c.	0	27	27	66,6	24,5	9,81	24,2	8,91
	7873	0,584	10	24,7	9,09				8,66	21,4	7,87
RAMO 1	27	0,447	n.c.	0	4,57	4,25	66,6	3,34	4,57	24,2	3,64
	1807	0,869	2,41	24,7	2,09				2,09	21,4	1,81
RAMO 2	27	0,447	n.c.	0	6,43	6,43	66,6	5,4	6,17	24,2	5,28
	2217	0,731	2,86	24,7	2,56				2,48	21,4	2,22
RAMO 3	27	0,447	n.c.	0	8,05	8,05	66,6	6,72	6,35	24,2	5,58
	2552	0,723	3,29	24,7	2,95				2,85	21,4	2,55
RAMO 4	27	0,447	n.c.	0	9	9	66,6	7,49	6,41	24,2	5,7
	2727	0,719	3,51	24,7	3,15				3,04	21,4	2,73

CLUSTER 1 WTG B02

ARRIVO	4,57	0,799	n.c.	0	4,57	4,25	7,59	3,34	4,57	8,18	3,64
	1807	0,869	2,41	4,32	2,09				2,09	3,74	1,81
PARTENZA	4,57	0,799	n.c.	0	4,57	4,25	7,59	3,34	4,57	8,18	3,64
	1807	0,869	2,41	4,32	2,09				2,09	3,74	1,81
TRASFORMATORE	4,57	0,799	n.c.	0	4,57	4,25	7,59	3,34	4,57	8,18	3,64
	1807	0,869	2,41	4,32	2,09				2,09	3,74	1,81

CLUSTER 2 WTG 03

ARRIVO	6,43	0,578	n.c.	0	6,43	6,43	13,5	5,4	6,17	13	5,28
	2217	0,731	2,86	6,02	2,56				2,48	5,22	2,22

Utenza	Ikm max [kA]	/_Ikm max	Ikm max by	DeltaIkm max [kA]	Ikv max [kA]	Ik1ftmax [kA]	Ip1ft [kA]	Ik1ftmin [kA]	Ik2ftmax [kA]	Ip2ft [kA]	Ik2ftmin [kA]
	Imagmax [A]	/_Imagmax	Ik max [kA]	Ip [kA]	Ik min [kA]	Ik1fnmax [kA]	Ip1fn [kA]	Ik1fnmin [kA]	Ik2max [kA]	Ip2 [kA]	Ik2min [kA]
PARTENZA	6,43	0,578	n.c.	0	6,08	5,9	13,5	4,97	6,08	13	5,13
	2095	0,734	2,7	6,02	2,42				2,34	5,22	2,09
TRASFORMATORE	6,43	0,578	n.c.	0	6,43	6,43	13,5	5,4	6,17	13	5,28
	2217	0,731	2,86	6,02	2,56				2,48	5,22	2,22

CLUSTER 2 WTG B01

ARRIVO	6,08	0,855	n.c.	0	6,08	5,9	12,4	4,97	6,08	12,8	5,13
	2095	0,734	2,7	5,68	2,42				2,34	4,92	2,09
PARTENZA	6,08	0,855	n.c.	0	6,08	5,9	12,4	4,97	6,08	12,8	5,13
	2095	0,734	2,7	5,68	2,42				2,34	4,92	2,09
TRASFORMATORE	6,08	0,855	n.c.	0	6,08	5,9	12,4	4,97	6,08	12,8	5,13
	2095	0,734	2,7	5,68	2,42				2,34	4,92	2,09

CLUSTER 3 WTG B05

ARRIVO	8,05	0,616	n.c.	0	8,05	8,05	17,1	6,72	6,35	13,5	5,58
	2552	0,723	3,29	6,99	2,95				2,85	6,05	2,55
PARTENZA	8,05	0,616	n.c.	0	7,51	7,51	17,1	6,28	6,3	13,5	5,5
	2446	0,726	3,15	6,99	2,82				2,73	6,05	2,45
TRASFORMATORE	8,05	0,616	n.c.	0	8,05	8,05	17,1	6,72	6,35	13,5	5,58
	2552	0,723	3,29	6,99	2,95				2,85	6,05	2,55

CLUSTER 3 WTG B04

ARRIVO	7,51	0,603	n.c.	0	7,51	7,51	15,9	6,28	6,3	13,3	5,5
	2446	0,726	3,15	6,68	2,82				2,73	5,78	2,45

Utenza	Ikm max [kA]	/_Ikm max	Ikm max by	DeltaIkm max [kA]	Ikv max [kA]	Ik1ftmax [kA]	Ip1ft [kA]	Ik1ftmin [kA]	Ik2ftmax [kA]	Ip2ft [kA]	Ik2ftmin [kA]
	Imagmax [A]	/_Imagmax	Ik max [kA]	Ip [kA]	Ik min [kA]	Ik1fnmax [kA]	Ip1fn [kA]	Ik1fnmin [kA]	Ik2max [kA]	Ip2 [kA]	Ik2min [kA]
PARTENZA	7,51	0,603	n.c.	0	7,51	7,51	15,9	6,28	6,3	13,3	5,5
	2446	0,726	3,15	6,68	2,82				2,73	5,78	2,45
TRASFORMATORE	7,51	0,603	n.c.	0	7,51	7,51	15,9	6,28	6,3	13,3	5,5
	2446	0,726	3,15	6,68	2,82				2,73	5,78	2,45

CLUSTER 4 WTG B07

ARRIVO	9	0,638	n.c.	0	9	9	19,2	7,49	6,41	13,7	5,7
	2727	0,719	3,51	7,49	3,15				3,04	6,49	2,73
PARTENZA	9	0,638	n.c.	0	8,01	8,01	19,2	6,69	6,34	13,7	5,58
	2545	0,723	3,28	7,49	2,94				2,84	6,49	2,55
TRASFORMATORE	9	0,638	n.c.	0	9	9	19,2	7,49	6,41	13,7	5,7
	2727	0,719	3,51	7,49	3,15				3,04	6,49	2,73

CLUSTER 4 WTG 06

ARRIVO	8,01	0,615	n.c.	0	8,01	8,01	17	6,69	6,34	13,5	5,58
	2545	0,723	3,28	6,96	2,94				2,84	6,03	2,55
PARTENZA	8,01	0,615	n.c.	0	8,01	8,01	17	6,69	6,34	13,5	5,58
	2545	0,723	3,28	6,96	2,94				2,84	6,03	2,55
TRASFORMATORE	8,01	0,615	n.c.	0	8,01	8,01	17	6,69	6,34	13,5	5,58
	2545	0,723	3,28	6,96	2,94				2,84	6,03	2,55