




# REGIONE SICILIANA

## PARCO EOLICO OFFSHORE GOLFO DI GELA



|                                 |             |                    |                  |                   |                   |
|---------------------------------|-------------|--------------------|------------------|-------------------|-------------------|
|                                 |             |                    | <i>Barbera</i>   | <i>Violi</i>      | <i>Sammartano</i> |
| 00                              | 15/06/2007  | Prima emissione    | BARBERA          | VIOLI             | SAMMARTANO        |
| <b>REV</b>                      | <b>Data</b> | <b>Descrizione</b> | <b>Preparato</b> | <b>Verificato</b> | <b>Approvato</b>  |
| <b>Autorizzazione Emissione</b> |             |                    |                  |                   |                   |

|   |            |           |              |      |
|---|------------|-----------|--------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento    | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001 | 00   |
|   |            |           | Pag. 2 di 46 |      |

## PREMESSA

Il Parco Eolico Off-shore di Gela sarà costituito da n°38 turbine eoliche la cui energia elettrica prodotta, pari a 136.8MW, sarà immessa nella Rete Nazionale.

La struttura della rete del parco eolico sarà di tipo "Radiale", con linee radiali che collegano insieme più macchine come più precisamente di seguito indicato.

In considerazione della potenza prodotta e della volontà di garantire la maggiore flessibilità di funzionamento possibile, è stato deciso di suddividere ciascuna sezione in due gruppi di generatori.

La scelta sopra indicata consente pertanto di limitare la sezione delle linee MT di collegamento tra il parco eolico e la sottostazione Mare e, al tempo stesso, consentire un maggiore livello di produzione durante i periodi di manutenzione o eventuali avarie di una parte del sistema.

Il parco eolico è quindi diviso in quattro gruppi come di seguito indicato:

Gruppo 1: costituito da n°9 generatori per una potenza complessiva pari a 32.4MW.

Gruppo 2: costituito da n°8 generatori per una potenza complessiva pari a 28.8MW.

Gruppo 3: costituito da n°11 generatori per una potenza complessiva pari a 39.6MW.

Gruppo 4: costituito da n°10 generatori per una potenza complessiva pari a 36MW.

Infine per fare in modo che il percorso cavo per il collegamento tra un generatore e l'altro sia il più breve e semplice possibile, ciascun Gruppo è a sua volta costituito da n°2 sottogruppi di generatori eolici.

Di seguito è riportata la descrizione di tutto il sistema elettrico a partire dalla Sottostazione di Consegna (connessione alla Rete Nazionale) al singolo generatore eolico.

*Bhena*

*Wiolè*

*Di Stefano*

**DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**


- Schema unifilare Alta Tensione: 97758.TMEE.001
- Schema unifilare Media Tensione: 97758.TMEE.002
- Unifilare di massima dei collegamenti elettrici: 97758.TMED.005
- Sottostazione Mare – Layout: 97758.TMEE.100
- Sottostazione Consegna – Layout: 97758.TMEE.110
- Layout percorso cavi: 97758.TMEE.200



## DESCRIZIONE IMPIANTO

Sostanzialmente il sistema elettrico è costituito da:

- n°1 Sottostazione di Consegna, ubicata in prossimità della linea Alta Tensione della Rete Nazionale,
- n°1 linea Alta Tensione interrata, per il collegamento tra le due sottostazioni,
- n°1 Sottostazione Mare, ubicata in prossimità della costa, per la trasformazione del livello di tensione (comprensiva di n°1 quadro di Media Tensione di Distribuzione Generale,
- n°4 linee Media Tensione Principali interrate e sottomarine, per il collegamento tra la Sottostazione Mare e i n°4 quadri MT Principali Off-shore,
- n°4 quadri di Media Tensione Principali Off-shore, destinati ciascuno a ricevere l'energia prodotta dai rispettivi gruppi di generatori eolici,
- n°34 quadri di Media Tensione di torre (off-shore), destinati alla protezione e sezionamento di ciascun generatore eolico, (la differenza tra il numero dei quadri in oggetto ed il numero complessivo dei generatori eolici deriva dal fatto che i quattro quadri citati al precedente punto svolgono anche la funzione di protezione e sezionamento per quattro generatori),
- n°34 linee Media Tensione sottomarine per l'intercollegamento tra i vari generatori eolici,
- n°38 generatori eolici completi di tutte le apparecchiature necessarie al funzionamento, protezione e connessione in rete dei generatori stessi.
- Sistema di Controllo (SCADA)

|   |            |           |              |      |
|---|------------|-----------|--------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento    | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001 | 00   |
|   |            |           | Pag. 5 di 46 |      |

## Punto di Consegna e Sottostazione Consegna

Il punto di Consegna dell'energia elettrica alla Rete Nazionale è stato individuato sulla linea a doppia terna a 220kV "Favara-Chiaramonte Gulfi".

L'inserimento sulla suddetta linea, del tipo "Entra-Esce", verrà eseguito su una sola terna; sulla base del tipo di inserimento, la sottostazione Consegna sarà come di seguito realizzata (vedere disegno n° 97758.TMEE.001):


- n°2 montanti di arrivo
- n°1 montante di consegna
- opere accessorie
- quadri elettrici

### Montanti di arrivo

Ciascun montante di arrivo sarà costituito da:

- un adeguato sistema di ammarro della linea aerea.
- n°3 trasformatori di tensione, di tipo capacitivo, aventi ciascuno n°3 secondari di cui il primo sarà utilizzato per la misura delle grandezze elettriche di montante, il secondo per le protezioni di montante mentre il terzo verrà lasciato disponibile.
- n°2 sezionatori tripolari A.T. (2000A), con comando motorizzato di cui uno posizionato a monte e l'altro a valle dell'interruttore.
- n°3 trasformatori di corrente aventi ciascuno n°1 primario da 600A e n°3 secondari (5A) di cui il primo sarà utilizzato per la misura delle grandezze elettriche di montante, il secondo per le protezioni di montante mentre il terzo verrà lasciato disponibile.
- n°1 interruttore tripolare A.T. in SF6 (2000A), con comando motorizzato.

I due montanti di arrivo saranno tra loro collegati da un adeguato sistema sbarre, da detto sistema si deriverà il montante di consegna. Detto sistema sbarre sarà ampliabile per consentire la connessione di eventuali n. di consegna.

|   |            |           |              |      |
|---|------------|-----------|--------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento    | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001 | 00   |
|   |            |           | Pag. 6 di 46 |      |

impianti “Utente” in conformità alla richiesta espressa da TERNA. Conseguentemente sono state previste a progetto anche le aree per la realizzazione dei suddetti ampliamenti.

#### Montante di consegna

Il montante di consegna sarà costituito da:

- n°1 sezionatore tripolare A.T. (2000A), con comando motorizzato.
- n°3 trasformatori di tensione, di tipo induttivo, aventi ciascuno n°1 secondario che sarà utilizzato per le misure delle grandezze elettriche fiscali.
- n°3 trasformatori di corrente aventi ciascuno n°1 primario da 600A e n°1 secondario (5A) che sarà utilizzato per le misure delle grandezze elettriche fiscali.
- n°3 supporti per la connessione della linea AT interrata proveniente dalla Sottostazione Mare.

#### Opere accessorie

La sottostazione Consegna sarà opportunamente recintata e verranno previsti, come indicato in planimetria (N° disegno 97758.TMEE.110), n°2 ingressi carrai adeguatamente collegati al sistema viario più prossimo.

Sarà previsto un adeguato sistema di illuminazione esterna, realizzato con proiettori al sodio da 125W o 250W, installati su palo o altra struttura, secondo necessità. Il sistema di illuminazione esterna sarà gestito da un interruttore crepuscolare.

Tutta la sottostazione sarà provvista di un adeguato impianto di terra che collegherà tutte le apparecchiature elettriche e le strutture metalliche presenti nella sottostazione stessa.


Sarà prodotta una “Relazione di Verifica” allo scopo di accertare se sia necessario o meno adottare idonee misure di protezione, per la salvaguardia delle persone e dei beni esistenti sull’impianto, dai pericoli derivanti dalle scariche atmosferiche.

Per la verifica sarà impiegata la procedura prevista dalle Norme CEI 81-1, CEI 81-4.

*Bhena*

*Wiolè*

*Chilfanti*

|   |            |           |              |      |
|---|------------|-----------|--------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento    | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001 | 00   |
|   |            |           | Pag. 7 di 46 |      |

In seguito ai risultati di detta “Relazione” sarà previsto o meno un adeguato sistema di protezione da scariche atmosferiche.

A corredo della sottostazione verrà realizzato un edificio in muratura per il contenimento dei quadri di controllo ed ausiliari della sottostazione. Detto edificio sarà diviso, secondo le prescrizioni GRTN, in quattro locali con le seguenti funzioni.

- Locale contatori, destinato al contenimento dei contatori fiscali per il computo dell'energia attiva e reattiva.
- Locale quadri, destinato al contenimento dei quadri di potenza e controllo della sottostazione.
- Locale batterie, destinato al contenimento dell'armadio batterie relative al sistema di alimentazione 110Vcc ed UPS.
- Locale telecontrollo, destinato al contenimento di eventuali quadri ed apparecchiature GRTN, relativi al telecontrollo della sottostazione.

I locali saranno illuminati con plafoniere stagne, contenenti uno o due lampade fluorescenti da 18/36/58W secondo necessità.

Sarà inoltre previsto un adeguato numero di plafoniere stagne dotate di batterie tampone, per l'illuminazione di emergenza.

### Quadri elettrici

La tipologia e la quantità dei quadri elettrici relativi alla sottostazione sarà concordata con il GRTN, in ogni caso di seguito sono indicati i principali armadi necessari per il corretto funzionamento della sottostazione.

- Quadro di controllo  
 Destinato al comando e controllo della sottostazione, detto quadro sarà completo di un sinottico operativo riportante le apparecchiature della sottostazione ed i relativi pulsanti e lampade di segnalazione per il comando degli interruttori e sezionatori.

*Bhena*

*Wiol*

*Philipp*



Il quadro di controllo conterrà inoltre il relè multifunzione per le protezioni elettriche; oltre a quanto eventualmente richiesto da GRTN, saranno previste le protezioni di massima corrente, istantanea e ritardata (50 e 51).

Sul quadro di controllo saranno inoltre previsti dei convertitori di segnale per la ritrasmissione (segnale  $4\div 20\text{mA}$ ) a SCADA e GRTN delle principali grandezze elettriche quali:

- Tensione
- Potenza attiva
- Potenza reattiva
- Fattore di potenza
- Corrente

A seguito di quanto verrà concordato con GRTN, verranno resi disponibili a morsettiera dei contatti liberi da tensione per la ripetizione a GRTN dello stato delle apparecchiature della sottostazione e dell'intervento protezioni ed allarmi.


Saranno inoltre previsti a morsettiera ulteriori contatti liberi da tensione per la ripetizione a SCADA dello stato delle apparecchiature della sottostazione e dell'intervento protezioni ed allarmi.

➤ Quadro media tensione

La sottostazione Consegna riceverà, oltre alla connessione a 220kV di cui sopra, anche una alimentazione ausiliaria (20kV o altro livello di tensione da concordare con GRTN); a tale scopo sarà previsto un quadro di media tensione di tipo protetto costituito da n°3 scomparti (vedere disegno n° 97758.TMEE.002):

- n°1 scomparto di arrivo e risalita: dotato di un sezionatore generale da 630A.
- n°1 scomparto interruttore da 630A: dotato di interruttore MT in SF6 e del relativo relè di protezione multifunzione.



|   |            |           |              |      |
|---|------------|-----------|--------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento    | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001 | 00   |
|   |            |           | Pag. 9 di 46 |      |

Detto relè avrà impostate almeno le protezioni di massima corrente, istantanea e ritardata, massima corrente di guasto a terra, massima corrente direzionale (50, 51, 51N e 67).

Inoltre, su detta apparecchiatura, saranno visualizzabili le seguenti grandezze elettriche: tensione, corrente, fattore di potenza, potenza attiva e reattiva, energia attiva e reattiva, frequenza.

- n°1 scomparto misure: dotato di sezionatore da 400A, fusibili MT e trasformatori di tensione ad un solo secondario utilizzato per il relè di protezione.

➤ **Trasformatore MT/BT**


Detto trasformatore, alimentato dal quadro di media tensione sopra descritto, sarà di tipo con isolamento in resina e di potenza pari a 63KVA; esso sarà utilizzato per trasformare la media tensione (20kV o altro livello di tensione da concordare con GRTN) in bassa tensione (400V).

Il trasformatore sarà dotato di una centralina termometrica che riceverà i segnali provenienti dalle sonde termometriche (PT100) installate sugli avvolgimenti secondari del trasformatore stesso e provvederà, in caso di sovratemperature, a dare una segnalazione di allarme. Nel caso in cui la temperatura dovesse ulteriormente salire la centralina comanderà l'apertura dell'interruttore MT ad esso relativo.

Il trasformatore verrà installato in un adeguato box metallico di contenimento ubicato in prossimità del quadro di distribuzione BT.

➤ **Quadro di distribuzione BT**

Detto quadro riceverà alimentazione dal trasformatore sopra descritto e provvederà a distribuire l'alimentazione BT, tramite adeguati interruttori, a tutte le utenze elettriche (compresi gli impianti di illuminazione interna ed esterna) presenti nella sottostazione. Sarà inoltre previsto, sull'interruttore generale, un comando di "trascinamento" proveniente dall'interruttore

|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 10 di 46 |      |

quadro di media tensione, che determinerà (in caso di apertura di quest'ultimo) la conseguente apertura dell'interruttore generale BT.

➤ Quadro UPS e distribuzione 400/230Vca

Detto quadro riceverà alimentazione dal quadro di distribuzione e sarà del tipo a due "rami" ovvero adatto all'alimentazione dei carichi privilegiati 400/230Vca ed alla contemporanea carica (normalmente in tampone e periodicamente a fondo) di una batteria di accumulatori. Detti accumulatori saranno installati in un quadro dedicato e distinto dal quadro UPS e ubicato, come già indicato, in un apposito locale. Sul quadro sarà inoltre prevista una sezione di distribuzione contenente tutti gli interruttori necessari per le alimentazioni di tutte le utenze privilegiate a 400/230Vca presenti nella sottostazione.

➤ Quadro raddrizzatore e distribuzione 110Vcc

Detto quadro riceverà alimentazione dal quadro di distribuzione e sarà del tipo a due "rami" ovvero adatto all'alimentazione dei carichi in corrente continua ed alla contemporanea carica (normalmente in tampone e periodicamente a fondo) di una batteria di accumulatori.

Detti accumulatori saranno installati in un quadro dedicato e distinto dal quadro 110Vcc e posizionato, come già indicato, in un apposito locale. Sul quadro sarà inoltre prevista una sezione di distribuzione contenente tutti gli interruttori necessari per le alimentazioni di tutte le utenze a 110Vcc presenti nella sottostazione.

➤ Contatori fiscali


I contatori fiscali saranno installati in un locale ad essi dedicato e consentiranno il computo dell'energia attiva e reattiva.

A corredo di detti contatori sarà previsto un modem GSM per la ritrasmissione a GRTN dei dati acqu

*Bhena*

*Wiole*

*Philipp*

|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 11 di 46 |      |

### Linea Alta Tensione interrata

Al fine di realizzare il collegamento tra la sottostazione Consega e la sottostazione Mare, sarà prevista una linea in alta tensione interrata per un percorso di circa 9400 metri.

La massima potenza erogabile dal parco eolico è di 136.8MW, che alla tensione di 220kV con un fattore di potenza pari a 0.9, corrispondono ad una corrente pari a circa 400A; sulla base di detto valore si è scelto di realizzare una linea elettrica costituita con cavi unipolari (n°1 per ciascuna fase) della sezione pari a 400mm<sup>2</sup>.

La linea in oggetto oltre ad essere adeguatamente dimensionata per la portata di corrente consente di limitare la caduta di tensione entro valori accettabili.

Per realizzare la linea in oggetto saranno utilizzati cavi con conduttore in rame o in alluminio e materiale isolante in XLPE, armatura in fili di acciaio zincato e protezione esterna in polipropilene.

I cavi saranno posati in piano ad una distanza, uno dall'altro, pari almeno ad un diametro del cavo stesso.

Il percorso sarà realizzato principalmente a bordo strada, i cavi verranno posati in un letto di sabbia e successivamente protetti da un "tegolo" prefabbricato. Detto "tegolo" verrà a sua volta ricoperto con terreno di riempimento compattato.


Il percorso del cavo sarà inoltre segnalato (in caso di attività di scavo successive alla posa stessa) da una rete di plastica forata di colore rosso-arancione e da un nastro di segnalazione in PVC opportunamente interrati.

All'interno di detto percorso verrà posato un cavo in fibra ottica a più fibre, per la trasmissione dei dati al sistema SCADA.

*Bhena*

*Wiole*

*Paul*

|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 12 di 46 |      |

L'estremità dei cavi saranno connesse, sia sulla sottostazione Consegna sia sulla sottostazione Mare, su appositi supporti che consentiranno il passaggio da linea interrata a linea aerea.

### **Sottostazione Mare**

La sottostazione Mare sarà realizzata come di seguito indicato (vedere disegno n° 97758.TMEE.001):

- n°1 montante di arrivo
- n°2 montanti trasformatori
- opere accessorie
- quadri elettrici

#### Montante di arrivo


Il montante di arrivo sarà costituito da:


- n°3 supporti per la connessione della linea AT interrata proveniente dalla Sottostazione Consegna.
- n°1 sezionatore tripolare A.T. (1250A), con comando motorizzato.
- n°3 trasformatori di tensione, di tipo induttivo, con n°1 secondario che sarà utilizzato per le misure fiscali.
- n°3 trasformatori di corrente con n°1 primario da 600A e n°1 secondario (5A) che sarà utilizzato per le misure fiscali.

Il montante di arrivo sarà collegato ad un adeguato sistema sbarre, da detto sistema si deriveranno i montanti trasformatori.

#### Montante trasformatori

Ciascun montante trasformatore sarà costituito da:

- n°1 sezionatore tripolare A.T. (1250A) con comando motorizzato. 

|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 13 di 46 |      |

- n°3 trasformatori di tensione, di tipo induttivo, aventi ciascuno n°2 secondari di cui il primo sarà utilizzato per la misura delle grandezze elettriche di montante mentre il secondo per le protezioni di montante.
- n°3 trasformatori di corrente aventi ciascuno n°1 primario da 300A e n°2 secondari (5A) di cui il primo sarà utilizzato per la misura delle grandezze elettriche di montante mentre il secondo per le protezioni di montante.
- n°1 interruttore tripolare A.T. (1250A) in SF6, con comando motorizzato.
- n°3 scaricatori di tensione
- n°1 trasformatore AT/MT

Il trasformatore AT/MT provvederà ad elevare il livello di tensione della rete del parco eolico (36kV) al livello di tensione della Rete Nazionale (220kV); detto trasformatore sarà di tipo con isolamento in olio e di potenza pari a 90MVA.

Il trasformatore sarà dotato di sonde termometriche (PT100) installate sugli avvolgimenti secondari del trasformatore stesso e di dispositivi per la rilevazione della pressione dell'olio di isolamento; i segnali delle protezioni sopra descritte saranno inviate al quadro di controllo della sottostazione e utilizzate per segnalazioni di allarme e blocco.

#### Opere accessorie

La sottostazione Mare sarà opportunamente recintata e verranno previsti, come indicato in planimetria (N° disegno 97758.TMEE.100), n°2 ingressi carrai adeguatamente collegati al sistema viario più prossimo.


Sarà previsto un adeguato sistema di illuminazione esterna, realizzato con proiettori al sodio da 125W o 250W, installati su palo o altra struttura, secondo necessità. Il sistema di illuminazione esterna sarà gestito da un interruttore crepuscolare.

Tutta la sottostazione sarà provvista di un adeguato impianto di terra che collegherà tutte le apparecchiature elettriche e le strutture metalliche presenti nella sottostazione stessa.

*Bhura*

*Wiolè*

*Amalfitano*

|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 14 di 46 |      |

Sarà prodotta una “Relazione di Verifica” allo scopo di accertare se sia necessario o meno adottare idonee misure di protezione, per la salvaguardia delle persone e dei beni esistenti sull’impianto, dai pericoli derivanti dalle scariche atmosferiche.

Per la verifica sarà impiegata la procedura prevista dalla norma CEI 81-1, CEI 81-4. In seguito ai risultati di detta “Relazione” sarà previsto o meno un adeguato sistema di protezione da scariche atmosferiche.

A corredo della sottostazione verrà realizzato un edificio in muratura per il contenimento dei quadri di controllo ed ausiliari della sottostazione ed anche del Sistema di Controllo di tutto l’impianto (SCADA).

Detto edificio sarà sviluppato su due piani di cui:

- il piano terra che sarà diviso in tre locali con le seguenti funzioni:
  - Locale contatori, destinato al contenimento dei contatori fiscali per il computo dell’energia attiva e reattiva.
  - Locale quadri, destinato al contenimento dei quadri di potenza e controllo della sottostazione.
  - Locale batterie, destinato al contenimento dell’armadio batterie relative al sistema di alimentazione 110Vcc ed UPS.
- il piano primo che sarà diviso indicativamente in tre locali con le seguenti funzioni:
  - Locale SCADA, destinato al contenimento del rack di automazione e della stazione di supervisione di tutto l’impianto. Detto locale sarà provvisto di pavimentazione flottante per la posa dei cavi.
  - Servizi igienici
  - Magazzino / Disponibile


I locali saranno illuminati con le seguenti apparecchiature

- Sale quadri: plafoniere stagne, contenenti uno o due lampade fluorescenti da 18/36/58W secondo necessità,

*Bhena*

*Wiole*

*Philipp*

|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 15 di 46 |      |

- Sala controllo e servizi: plafoniere non stagne, contenenti uno o più lampade fluorescenti da 18/36/58W secondo necessità.

Sarà inoltre previsto un adeguato numero di plafoniere stagne dotate di batterie tampone, per l'illuminazione di emergenza.

### Quadri elettrici

Di seguito sono indicati i principali armadi necessari per il corretto funzionamento della sottostazione.

#### ➤ Quadro di controllo

Destinato al comando e controllo della sottostazione, detto quadro sarà completo di un sinottico operativo riportante le apparecchiature della sottostazione ed i relativi pulsanti e lampade di segnalazione per il comando degli interruttori e sezionatori.

Il quadro di controllo conterrà inoltre il relè multifunzione per le protezioni elettriche; oltre a quanto eventualmente richiesto da GRTN, saranno previste le protezioni di massima corrente, istantanea e ritardata, differenziale trasformatore, temperatura olio trasformatore, sovrappressione olio trasformatore, guasto a terra trasformatore (50, 51, 87T, 26T, 63T e 64T).

Sul quadro di controllo saranno inoltre previsti dei convertitori di segnale per la ritrasmissione (segnale 4÷20mA) a SCADA delle principali grandezze elettriche quali:

- Tensione
- Potenza attiva
- Potenza reattiva
- Fattore di potenza
- Corrente

*Bhena*

*Wiolè*

*Philipp*



A seguito di quanto verrà concordato con GRTN, verranno resi disponibili a morsettiera dei contatti liberi da tensione per la ripetizione a GRTN dell'intervento protezioni.

Saranno inoltre previsti a morsettiera ulteriori contatti liberi da tensione per la ripetizione a SCADA dello stato delle apparecchiature della sottostazione e dell'intervento protezioni ed allarmi.

➤ Quadro media tensione di Distribuzione Generale

Allo scopo di convogliare l'energia prodotta (a 36kV) dai quattro gruppi dei generatori eolici sui due trasformatori AT/MT, sarà previsto un quadro di media tensione di tipo blindato costituito da n°7 scomparti così come di seguito indicato (vedere disegno n° 97758.TMEE.002):

- n°2 scomparti protezione trasformatori AT/MT: ciascuno dotato di interruttore MT in SF6 e del relativo relè di protezione multifunzione. Detto relè avrà impostate almeno le protezioni di massima corrente, istantanea e ritardata e massima corrente di guasto a terra, (50, 51 e 51N).

Inoltre su detta apparecchiatura saranno visualizzabili le seguenti grandezze elettriche: tensione, corrente, fattore di potenza, potenza attiva e reattiva, energia attiva e reattiva, frequenza.

Ciascun scomparto sarà inoltre provvisto di un apposita cella estraibile per il contenimento dei fusibili MT e dei trasformatori di tensione ad un solo secondario utilizzato per il relè di protezione.


- n°4 scomparti di arrivo dai generatori eolici: ciascuno dotato di interruttore MT in SF6 e del relativo relè di protezione multifunzione. Detto relè avrà impostate almeno le protezioni di massima corrente, istantanea e ritardata, massima corrente di guasto a terra, minima e massima tensione, massima tensione omopolare e minima e massima frequenza (50, 51, 51N, 27, 59, 59Vo, 81< e 81>). Le protezioni

*Bhena*

*Wiolè*

*Di Stefano*



|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 17 di 46 |      |

voltmetriche sopra indicate sono quelle prescritte da GRTN per gli impianti produttori (DV601).

Inoltre, su detta apparecchiatura, saranno visualizzabili le seguenti grandezze elettriche: tensione, corrente, fattore di potenza, potenza attiva e reattiva, energia attiva e reattiva, frequenza.

Ciascun scomparto sarà inoltre provvisto di un apposita cella estraibile per il contenimento dei fusibili MT e dei trasformatori di tensione ad un solo secondario utilizzato per il relè di protezione.

- n°1 scomparto protezione trasformatore MT/BT ausiliari: dotato di interruttore MT in SF6 e del relativo relè di protezione multifunzione. Detto relè avrà impostate almeno le protezioni di massima corrente, istantanea e ritardata e massima corrente di guasto a terra, (50, 51 e 51N).

Inoltre, su detta apparecchiatura, saranno visualizzabili le seguenti grandezze elettriche: tensione, corrente, fattore di potenza, potenza attiva e reattiva, energia attiva e reattiva, frequenza.

Lo scomparto sarà inoltre provvisto di un apposita cella estraibile per il contenimento dei fusibili MT e dei trasformatori di tensione ad un solo secondario utilizzato per il relè di protezione.

Il dimensionamento degli interruttori MT del quadro in oggetto è stato eseguito considerando le correnti di ciascuna linea. In particolare:


Per la protezione della linea "L5.1", relativa a 9 generatori con una potenza complessiva erogata pari a 32.4MW che (alla tensione di 36kV con un fattore di potenza pari a 0.9) corrispondono ad una corrente pari a circa 580A, è stato scelto un interruttore di taglia pari a 800A.

Per la protezione della linea "L6.1", relativa a 8 generatori con una potenza complessiva erogata pari a 28.8MW che (alla tensione di 36kV con un fattore di potenza pari a 0.9) corrispondono ad una corrente pari a 515A, è stato scelto un interruttore di taglia pari a 630A.

*Bhena*

*Wiolè*

*Abulj...*

|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 18 di 46 |      |

Per la protezione della linea "L7.1", relativa a 10 generatori con una potenza complessiva erogata pari a 36MW che (alla tensione di 36kV con un fattore di potenza pari a 0.9) corrispondono ad una corrente pari a circa 640A, è stato scelto un interruttore di taglia pari a 800A.

Per la protezione della linea "L12.1", relativa a 11 generatori con una potenza complessiva erogata pari a 39.6MW che (alla tensione di 36kV con un fattore di potenza pari a 0.9) corrispondono ad una corrente pari a circa 705A, è stato scelto un interruttore di taglia pari a 1250A.


Per la protezione di ciascuna linea che collega il quadro di distribuzione MT ai trasformatori elevatori della sottostazione, di potenza nominale pari a 90MVA che (alla tensione di 36kV) corrispondono ad una corrente pari a 1445A, è stato scelto un interruttore di taglia pari a 1600A.

Per la protezione della linea relativa all'alimentazione del trasformatore ausiliario è stato scelto un interruttore di taglia pari a 630A.

Per quanto concerne il dimensionamento della barratura del quadro in oggetto è stato considerato il valore cautelativo di 3000A, tuttavia in considerazione della particolarità di realizzazione di un quadro con tali caratteristiche, ci riserviamo di rivedere tale valore in fase di progettazione di dettaglio, dopo lo studio, insieme al costruttore del quadro stesso, di conformazioni tali da consentire la riduzione del valore stesso.

Sul quadro di media tensione saranno previsti i seguenti interblocchi:

- Sistema di "rincalzo" per mancata apertura interruttore MT (152/L2, 152/L3, 152/L4 e 152/L5) per intervento protezioni voltmetriche (DV601): nel caso in cui si verificasse su una o più linee (relative ai suddetti interruttori), una anomalia tale da determinare l'intervento delle protezioni DV601 e, a seguito di detto intervento, non si verificasse l'apertura del relativo interruttore MT, è stato previsto un sistema di "rincalzo" che provoca (con un *Buss*) di 500 *W* di apertura *Shul*

|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 19 di 46 |      |

interruttori AT (252/5 e 252/6). In tal modo viene garantito, con un doppio sistema di interruzione, l'isolamento del parco eolico dalla Rete Nazionale in caso di perturbazione elettrica.

- Sistema di "trascinamento" interruttori AT (252/5 e 252/6) – interruttori MT protezione trasformatori (152/L1 e 152/L7): nel caso in cui si verificasse l'apertura di un interruttore AT è stato previsto un sistema di "trascinamento" che provoca l'apertura del relativo interruttore MT.

La scelta di prevedere le protezioni richieste da GRTN (DV601) per gli impianti produttori, su ciascun interruttore MT relativo a ogni gruppo di generatori, consente una maggiore affidabilità di produzione, in quanto, al verificarsi di una perturbazione elettrica su un gruppo di generatori, l'intervento delle protezioni (DV601) agisce solo sull'interruttore MT relativo al gruppo stesso, consentendo agli altri gruppi di continuare a funzionare e quindi ad immettere energia in Rete.

Al tempo stesso il sistema di "rincalzo" precedentemente descritto assicura che, in ogni caso, la perturbazione elettrica prodotta dal gruppo di generatori, non investa la Rete Nazionale.


➤ **Trasformatore MT/BT**

Detto trasformatore, alimentato dal quadro di media tensione sopra descritto, sarà di tipo in resina e di potenza pari a 63KVA; esso sarà utilizzato per trasformare il livello di tensione della rete del parco eolico (36kV) a 400V per consentire l'alimentazione di tutte le utenze ausiliarie presenti nella sottostazione Mare. Il trasformatore sarà dotato di una centralina termometrica che riceverà i segnali provenienti dalle sonde termometriche (PT100) installate sugli avvolgimenti secondari del trasformatore stesso e provvederà, in caso di sovratemperature, a comandare l'apertura del relativo interruttore MT.

*Bhena*

*Wiol*

*Amalfitano*

|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 20 di 46 |      |

Il trasformatore verrà installato in un adeguato box metallico di contenimento, ubicato in prossimità del quadro di distribuzione BT.

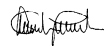
➤ Quadro di distribuzione BT


Detto quadro riceverà alimentazione dal trasformatore sopra descritto e provvederà a distribuire l'alimentazione BT, tramite adeguati interruttori a tutte le utenze elettriche (compresi gli impianti di illuminazione interna ed esterna) presenti nella sottostazione. Sarà inoltre previsto, sull'interruttore generale, un comando di "trascinamento" proveniente dall'interruttore MT destinato alla protezione del trasformatore ausiliari, che determinerà (in caso di apertura di quest'ultimo) la conseguente apertura dell'interruttore generale BT.

➤ Quadro UPS e distribuzione 400/230Vca

Detto quadro riceverà alimentazione dal quadro di distribuzione e sarà del tipo a due "rami" ovvero adatto all'alimentazione dei carichi privilegiati 400/230Vca ed alla contemporanea carica (normalmente in tampone e periodicamente a fondo) di una batteria di accumulatori. Detti accumulatori saranno installati in un quadro dedicato e distinto dal quadro UPS e ubicato, come già indicato, in un apposito locale. Sul quadro sarà inoltre prevista una sezione di distribuzione contenente tutti gli interruttori necessari per le alimentazioni di tutte le utenze privilegiate a 400/230Vca presenti nella sottostazione.

➤ Quadro raddrizzatore e distribuzione 110Vcc

Detto quadro riceverà alimentazione dal quadro di distribuzione e sarà del tipo a due "rami" ovvero adatto all'alimentazione dei carichi in corrente continua ed alla contemporanea carica (normalmente in tampone e periodicamente a fondo) di una batteria di accumulatori. Detti accumulatori saranno installati in un quadro *distinto* *dal* *quadro* *1* 

|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 21 di 46 |      |

ubicato, come già indicato, in un apposito locale. Sul quadro sarà inoltre prevista una sezione di distribuzione contenente tutti gli interruttori necessari per le alimentazione di tutte le utenze a 110Vcc presenti nella sottostazione.

➤ **Contatori fiscali**

I contatori fiscali saranno installati in un locale ad essi dedicato e consentiranno il computo dell'energia attiva e reattiva.

Sarà prevista la ritrasmissione a SCADA dei dati acquisiti.

*Bhena*

*Wiol*

*Di Stefano*



## Linee Media Tensione Principali


Come precedentemente descritto, i 38 generatori eolici sono stati suddivisi in n°4 gruppi facenti capo ciascuno ad un quadro elettrico MT Principale Off-shore installato all'interno della torre che supporta il generatore eolico. Come è desumibile dal Layout percorso cavi" (N° disegno 97758.TMEE.200), la scelta delle quattro torri per il contenimento di detti quadri è stata effettuata in modo tale da conciliare la necessità di collegare, modo più semplice possibile, i generatori di un gruppo e la necessità di ridurre la distanza tra la torre stessa e la costa.

Al fine di collegare il quadro di media tensione, nella sottostazione Mare, con i quattro quadri di media tensione Principale Off-shore, saranno previste pertanto n°4 linee in media tensione interrate a terra per un percorso di circa 1200 metri ed in mare per un percorso distinto per ciascuna torre di raggruppamento (vedere disegno n° 97758.TMEE.200).

In funzione dei valori della corrente circolante su ciascuna linea e soprattutto in relazione alla lunghezza delle linee stesse (allo scopo di limitare il valore della caduta di tensione) le linee in oggetto sono state così dimensionate:

- Linea "L5.1": n°1 cavo tripolare di sezione pari a 630 mm<sup>2</sup> per ciascuna fase.
- Linea "L6.1": n°1 cavo tripolare di sezione pari a 630 mm<sup>2</sup> per ciascuna fase.
- Linea "L7.1": n°1 cavo tripolare di sezione pari a 400 mm<sup>2</sup> per ciascuna fase.
- Linea "L12.1": n°1 cavo tripolare di sezione pari a 400 mm<sup>2</sup> per ciascuna fase.

Per realizzare le linee in oggetto saranno utilizzati cavi, in accordo alle normative IEC 60502-2, con conduttore in rame e materiale isolante in XLPE, armatura in fili di acciaio zincato e protezione esterna in polipropilene.

|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 23 di 46 |      |

All'interno dei cavi in oggetto (inglobato nel materiale isolante) è previsto, per ciascuno, un cavo in fibra ottica a più fibre, per la trasmissione dei dati al sistema SCADA.


I suddetti cavi, nel percorso in terra, saranno posati in piano ad una distanza uno dall'altro pari almeno ad un diametro del cavo stesso.

Il percorso sarà realizzato principalmente a bordo strada, i cavi verranno posati in un letto di sabbia e successivamente protetti da un "tegolo" prefabbricato. Detto "tegolo" verrà a sua volta ricoperto con terreno di riempimento compattato. Il percorso del cavo sarà inoltre segnalato (in caso di attività di scavo successive alla posa) da un nastro di segnalazione in PVC opportunamente interrato.

*Bhena*

*Wiolè*

*Chilfanti*

|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 24 di 46 |      |

## Quadri Media Tensione Principali Off-shore

I quadri di media tensione Principali Off-shore oltre a ricevere l'energia prodotta dal generatore relativo alla torre dove sono ubicati, acquisiscono anche quella proveniente dagli altri generatori appartenenti al medesimo gruppo come di seguito indicato:

Gruppo 1: Quadro installato sulla torre 9, riceve energia dai generatori G1÷G9.

Gruppo 2: Quadro installato sulla torre 14, riceve energia dai generatori G10÷G17.

Gruppo 3: Quadro installato sulla torre 38, riceve energia dai generatori G18÷G20, G24, G25, G31, G32, G36÷G38.

Gruppo 4: Quadro installato sulla torre 33, riceve energia dai generatori G21÷G23, G26÷G30, G33÷G35.

Detti quadri saranno di tipo blindato e saranno costituiti a n°4 scomparti

- n°1 scomparto protezione trasformatore di torre: dotato di interruttore MT in SF6 e del relativo relè di protezione multifunzione.

Detto relè avrà impostate almeno le protezioni di massima corrente, istantanea e ritardata e massima corrente di guasto a terra, (50, 51 e 51N). Potranno essere implementate ulteriori protezioni suggerite dal costruttore del generatore.

Inoltre, su detta apparecchiatura, saranno visualizzabili le seguenti grandezze elettriche: tensione, corrente, fattore di potenza, potenza attiva e reattiva, energia attiva e reattiva, frequenza.

Lo scomparto sarà inoltre provvisto di un apposita cella estraibile per il contenimento dei fusibili MT e dei trasformatori di tensione ad un solo secondario utilizzato per il relè di protezione.


- n°2 scomparti protezione linea di arrivo da sottogruppi generatori: ciascuno dotato di interruttore MT in SF6 e del relativo relè di protezione multifunzione.

*Bhena*

*Wiolè*

*Di Stefano*



|  |            |           |               |      |
|--|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo TM.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|  | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|  |            |           | Pag. 25 di 46 |      |

Detto relè avrà impostate almeno le protezioni di massima corrente, istantanea e ritardata e massima corrente di guasto a terra, (50, 51 e 51N). Potranno essere implementate ulteriori protezioni suggerite dal costruttore del generatore.

Inoltre, su detta apparecchiatura, saranno visualizzabili le seguenti grandezze elettriche: tensione, corrente, fattore di potenza, potenza attiva e reattiva, energia attiva e reattiva, frequenza. Ciascun scomparto sarà inoltre provvisto di un apposita cella estraibile per il contenimento dei fusibili MT e dei trasformatori di tensione ad un solo secondario utilizzato per il relè di protezione.

- n°1 scomparto arrivo linea da quadro di distribuzione MT in sottostazione Mare.

Il dimensionamento degli interruttori MT dei quadri in oggetto è stato eseguito considerando le correnti di ciascun quadro conseguentemente al numero di generatori ad essi collegati; in particolare:

Ciascun generatore eroga una potenza massima pari a 3.6MW che (alla tensione di 36kV con un fattore di potenza pari a 0.9) corrispondono ad una corrente pari a circa 64A; pertanto tutti gli interruttori di protezione del trasformatore di torre saranno di taglia pari a 630A.


I sottogruppi di generatori che fanno capo ai quadri di media tensione Principali Off-shore sono costituiti al massimo da n°5 generatori che producono una potenza massima pari a 18MW che (alla tensione di 36kV con un fattore di potenza pari a 0.9) corrispondono ad una corrente pari a circa 320A; pertanto tutti gli interruttori arrivo dai sottogruppi saranno di taglia pari a 630A.

Per quanto concerne il dimensionamento della barratura di ciascun quadro è stato scelto il valore 630A per il quadro relativo al Gruppo 2; 800A per il quadro relativo al Gruppo 1 ed al Gruppo 3; 1250A per il quadro relativo al Gruppo 4.

*Bhena*

*Wiolè*

*Chilfanti*

|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 26 di 46 |      |

La protezione dell'impianto è, come già indicato, ottenuta con protezioni di massima corrente. Al fine di risolvere le problematiche derivanti dall'utilizzo di una selettività di tipo "cronometrico" (che per un impianto come quello in oggetto, ovvero con molti "gradini", comporta un tempo di eliminazione del guasto non conforme ai limiti tecnici dei componenti dell'impianto) si è ipotizzato di utilizzare dispositivi a microprocessore strutturati per realizzare una selettività di tipo "logico" ovvero si fa intervenire, attraverso un'apposita logica, solo la protezione immediatamente a monte del guasto mentre le altre protezioni, pur rilevando il guasto, ricevono un segnale di blocco e pertanto non effettuano l'intervento.

### **Quadri Media Tensione di Torre**

Per quadri di media tensione di Torre si identificano due configurazioni:

- Quadro MT "Entra-Esce": quadri che oltre a collegare il generatore relativo alla torre dove sono ubicati, hanno la funzione di "entra-esce" all'interno della sottogruppo di generatori di cui fanno parte.
- Quadro MT "Inizio Sottogruppo": quadri che oltre a collegare il generatore relativo alla torre dove sono ubicati, hanno la funzione inviare l'energia prodotta al quadro ubicato nella posizione successiva all'interno del sottogruppo stesso ma non ricevono energia da nessun altro generatore.

I quadri MT "Entra-Esce" saranno di tipo blindato, in quantità pari a n°26 e saranno costituiti da n°3 scomparti


- n°1 scomparto protezione trasformatore di torre: dotato di interruttore MT in SF6 e del relativo relè di protezione multifunzione.

Detto relè avrà impostate almeno le protezioni di massima corrente, istantanea e ritardata e massima corrente di guasto a terra, (50, 51 e 51N). Potranno essere implementate ulteriori protezioni suggerite dal costruttore del generatore.

*Bhena*

*Wiole*

*Paul*

|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 27 di 46 |      |

Inoltre, su detta apparecchiatura, saranno visualizzabili le seguenti grandezze elettriche: tensione, corrente, fattore di potenza, potenza attiva e reattiva, energia attiva e reattiva, frequenza.

Lo scomparto sarà inoltre provvisto di un apposita cella estraibile per il contenimento dei fusibili MT e dei trasformatori di tensione ad un solo secondario utilizzato per il relè di protezione.

- n°1 scomparto protezione linea di arrivo da altri generatori: ciascuno dotato di interruttore MT in SF6 e del relativo relè di protezione multifunzione.

Detto relè avrà impostate almeno le protezioni di massima corrente, istantanea e ritardata e massima corrente di guasto a terra, (50, 51 e 51N). Potranno essere implementate ulteriori protezioni suggerite dal costruttore del generatore.

Inoltre, su detta apparecchiatura, saranno visualizzabili le seguenti grandezze elettriche: tensione, corrente, fattore di potenza, potenza attiva e reattiva, energia attiva e reattiva, frequenza.


Lo scomparto sarà inoltre provvisto di un apposita cella estraibile per il contenimento dei fusibili MT e dei trasformatori di tensione ad un solo secondario utilizzato per il relè di protezione.

- n°1 scomparto di invio energia al quadro ubicato nella posizione successiva all'interno del sottogruppo.

Il dimensionamento degli interruttori MT dei quadri in oggetto è stato eseguito considerando quanto segue:

Ciascun generatore eroga una potenza massima pari a 3.6MW che (alla tensione di 36kV con un fattore di potenza pari a 0.9) corrispondono ad una corrente pari a circa 64A; pertanto tutti gli interruttori di protezione del trasformatore di torre saranno di taglia pari a 630A.

I sottogruppi di generatori sono costituiti al massimo da n°5 generatori che producono una potenza massima pari a 18MW che (alla tensione di 36kV con un fattore di potenza pari a 0.9) corrispondono a una corrente pari a circa *360A*

|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 28 di 46 |      |

pertanto tutti gli interruttori arrivo dal generatore precedente all'interno del sottogruppo saranno di taglia pari a 630A.

Per quanto concerne il dimensionamento della barratura di ciascun quadro è stato scelto il valore 630A che è un valore fortemente cautelativo rispetto all'effettiva corrente circolante che, come abbiamo già evidenziato, nel caso più gravoso è pari a circa 320A.

I quadri MT "Inizio Sottogruppo" saranno di tipo blindato, in quantità pari a n°8 e saranno costituiti a n°2 scomparti:

- n°1 scomparto protezione trasformatore di torre: dotato di interruttore MT in SF6 e del relativo relè di protezione multifunzione.

Detto relè avrà impostate almeno le protezioni di massima corrente, istantanea e ritardata e massima corrente di guasto a terra, (50, 51 e 51N). Potranno essere implementate ulteriori protezioni suggerite dal costruttore del generatore.

Inoltre, su detta apparecchiatura, saranno visualizzabili le seguenti grandezze elettriche: tensione, corrente, fattore di potenza, potenza attiva e reattiva, energia attiva e reattiva, frequenza.

Lo scomparto sarà inoltre provvisto di un apposita cella estraibile per il contenimento dei fusibili MT e dei trasformatori di tensione ad un solo secondario utilizzato per il relè di protezione.

- n°1 scomparto di invio energia al quadro ubicato nella posizione successiva all'interno del sottogruppo.


Il dimensionamento degli interruttori MT dei quadri in oggetto è stato eseguito considerando quanto segue:

Ciascun generatore eroga una potenza massima pari a 3.6MW che (alla tensione di 36kV con un fattore di potenza pari a 0.9) corrispondono ad una corrente pari a

*Bhena*

*Wiolè*

*Chilfanti*

|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 29 di 46 |      |


circa 64A; pertanto tutti gli interruttori di protezione del trasformatore di torre saranno di taglia pari a 630A.

Per quanto concerne il dimensionamento della barratura di ciascun quadro è stato scelto il valore 630A che è un valore fortemente cautelativo rispetto all'effettiva corrente circolante che, come abbiamo già evidenziato, è pari a circa 64A.

*Bhena*

*Wiol*

*Di Stefano*

|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 30 di 46 |      |

## Linee Media Tensione di Intercollegamento

I quadri MT Principali Off-shore e i quadri MT di Torre saranno tra di loro collegati con cavi marini di diversa lunghezza e sezione in funzione dell'energia trasportata e della lunghezza del percorso di intercollegamento.

L'elenco dei cavi con le relative lunghezze e sezioni è riportato sul "Layout percorso cavi" (N° disegno 97758.TMEE200).

Dal dimensionamento effettuato emerge quanto segue:

La sezione minima esistente in commercio per cavi sottomarini tripolari, con livello di tensione pari a 36kV, è 70mm<sup>2</sup> per ciascuna fase. Dai calcoli effettuati, al fine di contenere la caduta di tensione entro valori accettabili, è risultato che un cavo da 70mm<sup>2</sup> è adatto a sopportare la corrente relativa a n°3 generatori ovvero circa 193A.

Per i collegamenti a valle di n°4 generatori ovvero per correnti pari a circa 257A, è necessario utilizzare cavi tripolari di sezione pari a 95mm<sup>2</sup>.

Per i collegamenti a valle di n°5 generatori ovvero per correnti pari a circa 320A, è necessario utilizzare cavi tripolari di sezione pari a 150mm<sup>2</sup>.


Per il collegamento dei generatori eolici saranno utilizzati cavi, in accordo alle normative IEC 60502-2, con conduttore in rame e materiale isolante in XLPE, armatura in fili di acciaio zincato e protezione esterna in polipropilene.

All'interno dei cavi in oggetto (inglobato nel materiale isolante) è previsto, per ciascuno, un cavo in fibra ottica a più fibre, per la trasmissione dei dati al sistema SCADA.

*Bhena*

*Wiole*

*Paulina*

|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 31 di 46 |      |

## Generatori eolici

Come indicato in premessa il parco eolico è costituito da n°38 generatori eolici, ognuno dei quali è installato su un propria torre.

All'interno di ciascuna torre saranno installate tutte le apparecchiature e quadri elettrici necessari al funzionamento del generatore ed alla sua connessione alla rete di distribuzione del parco eolico.

Oltre ai quadri di media tensione già descritti saranno previste le seguenti apparecchiature principali:


- Trasformatore di torre (elevatore)
- Trasformatore alimentazioni ausiliarie
- Convertitori AC/DC
- Sistema di controllo, protezione e sincronizzazione generatore

Ciascun generatore avrà potenza pari a 3.6MW ad una tensione di 3.3kV. La tensione sarà elevata, per essere immessa nella rete del parco eolico, a 36kV tramite un adeguato trasformatore elevatore MT/MT.

*Bhena*

*Wiolè*

*Di Stefano*

|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 32 di 46 |      |

## Sistema di Controllo (SCADA)

Per controllare l'intero parco eolico sarà impiegato un sistema SCADA pensato appositamente per il controllo e supervisione di impianti di notevoli dimensioni per poter garantire il più elevato livello di prestazioni ed affidabilità.

Lo scopo del sistema SCADA è quello di massimizzare l'erogazione della centrale eolica, nel rispetto dei suoi limiti operativi, per mezzo di un controllo e di una diagnostica perfetti.

Il compito principale del sistema SCADA consiste nel registrare i dati operativi sulla centrale e nel renderli disponibili non appena richiesto.

I dati saranno resi disponibili nella forma desiderata, alle persone interessate e nel momento giusto.

E' importante avere a disposizione, per esempio, tutti i dati storici relativi allo stato dei segnali di tensione, di corrente, di temperatura, velocità per il personale di intervento in caso di malfunzionamento di qualche apparecchiature o per il personale di manutenzione.

Il responsabile di impianto avrà a disposizione i dati statistici, le tabelle relative alle prestazioni dei generatori, il rendimento dell'impianto ecc.

Sarà quindi possibile avere a disposizione tutte le cause di malfunzionamento, dello stato di tutte le apparecchiature, il rapporto tra erogazione della potenza e velocità del vento, stime ecc.

Il sistema SCADA permette l'elaborazione dei dati trasformandoli in report personalizzati alle esigenze richieste dal responsabile di impianto e tecnici di centrale.


Nel caso di malfunzionamento che causa allarme, sarà immediatamente generato un segnale che sarà inviata a personale preposto al controllo o tramite SMS o E-Mail.

*Bhena*

*Wiol*

*Manfredi*



|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 33 di 46 |      |

Considerato il crescente contributo energetico che le centrali eoliche forniscono ormai ai sistemi di tanti paesi, i sistemi di controllo degli impianti eolici, devono essere il più affidabili possibile, sottostare a regole severe garantire continuità di servizio e rispondere in tempo reale all'insorgere di qualsiasi problema di malfunzionamento allertando il personale tecnico.

Il sistema SCADA sarà configurato per massimizzare la rendita economica della centrale eolica garantendo la qualità dell'energia immessa nella rete di distribuzione.

Il sistema SCADA inoltre sarà configurato per essere interfacciato con unità esterne quali ad esempio il sistema di monitoraggio della qualità energetica, le stazioni meteorologiche, sistemi di previsione meteo ecc.

Il sistema SCADA è costituito essenzialmente da un Personal Computer di tipo industriale che ha la funzione di server della centrale eolica, posizionato nella sala controllo che è accanto alla sottostazione elettrica Mare, collegato alle turbine tramite cavi in fibra ottica.

Sarà realizzata inoltre la connessione in fibra ottica con le sottostazioni elettriche di trasformazione per riportare al Server tutte le informazioni relative allo stato degli interruttori, correnti assorbite, valore di fattore di potenza ecc.


Tutti i dati relativi alle turbine e le sottostazioni sono quindi memorizzati sul Server e saranno utilizzati per creare report personalizzati e messaggi di avviso per gli operatori.

Si possono quindi visualizzare i report e controllare l'impianto eolico da PC in postazioni remote collegate al Server da una rete locale, da una connessione Internet protetta o da un Modem. Il sistema sarà in grado di poter regolare l'energia immessa in rete, controllare il fattore di potenza, controllo della tensione ecc.

*Bhena*

*Wiolè*

*Abulgha*

|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 34 di 46 |      |


L'hardware del sistema SCADA è costituito, come già detto in un server in configurazione ridondante, da N° 2 stazioni operatore di cui utilizzabile anche come stazione di ingegneria, da N° 2 stampanti di cui una a rullo continuo ed una laser a colori, da due linee ridondanti in cavo a fibra ottica che collega ad anello i generatori e le sottostazioni.

La configurazione adottata permette la gestione dell'intero parco eolico offrendo garanzie di altissima affidabilità.

*Bhena*

*Wiol*

*Paulucci*

|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 35 di 46 |      |

## CRITERI DI SCELTA DELLE PROTEZIONI E METODI DI CALCOLO

### Protezione contro il corto circuito


La protezione contro gli effetti del corto circuito sarà realizzata nell'intervento efficace degli organi di protezione, nel dimensionamento corretto delle apparecchiature e materiali ed inoltre nella resistenza agli sforzi elettrodinamici di quadri e quant'altro.

Per garantire l'interruzione automatica dell'alimentazione in Media Tensione (nei valori e tempi previsti dalla norma, coordinati con i dati caratteristici della rete MT), la corrente di intervento della protezione contro il cortocircuito deve essere accuratamente selezionata, tra le varie impostazioni offerte dall'apparecchiatura di protezione.

Le apparecchiature di MT e di BT dovranno resistere senza danneggiarsi, nel caso avvenga un corto-circuito, potendo riprendere il servizio normale (senza risentirne in modo grave) passato ed eliminato il guasto.

L'impianto e le apparecchiature che lo compongono, saranno in grado di resistere a:

- sforzi elettrodinamici che interessano i conduttori vicini, durante il passaggio di un elevato valore di corrente che si verifica durante un guasto;
- sollecitazioni termiche a cui viene sottoposto il conduttore e l'isolante che lo ricopre senza alterare le proprie caratteristiche;
- sollecitazioni dovute ad arco elettrico che interessano apparecchiature come interruttori (che dovranno essere in grado di estinguerlo senza diminuire le proprie prestazioni);
- sollecitazioni determinate dal passaggio di elevati valori di corrente che si verificano, in genere nei vari punti di una installazione, ogni volta che avviene un guasto con conseguente ~~corto circuito~~ *corto circuito*.

|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 36 di 46 |      |

La protezione contro gli effetti del corto circuito su apparecchiature, distributori di energia e sistemi di sbarre sarà garantita dal costruttore delle stesse, a seguito di prove di laboratorio e dimensionamenti accurati, in particolare questi potrà garantire a catalogo le proprie apparecchiature.

Tali considerazioni sono riferite soprattutto agli interruttori automatici, ai quadri di distribuzione che li contengono, ai sistemi prefabbricati di distribuzione dell'energia elettrica all'interno dei quadri elettrici.

Per gli organi di protezione automatici dovrà essere verificata la condizione:

$$I_{CC} \leq P. di I.$$

Dove:

$I_{CC}$  corrente di cortocircuito massima nel punto considerato [kA]

P.di I. potere di interruzione dell'interruttore automatico di protezione [kA]

La protezione contro gli effetti termici del corto circuito sui cavi avviene verificando che l'energia che l'organo di protezione lascia passare nel tempo, sia dissipabile dal cavo senza danneggiarsi secondo la proporzione:

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

Dove:

$I^2t$  integrale di joule, energia sviluppata per la durata del cortocircuito [ $A^2s$ ]

$K^2S^2$  fattore caratteristico del cavo, dipendente dalla sezione e dall'isolante [ $A^2s$ ]

I corrente di cortocircuito [A]

t tempo di durata del cortocircuito [s]


K fattore caratteristico del cavo in PVC tra 115 e 143 se in GOMMA tra 143 e 176

S sezione conduttore [ $mm^2$ ]

*Bhena*

*Wiolè*

*Chilfanti*

|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 37 di 46 |      |

### **Protezione contro i contatti indiretti**

La protezione contro i contatti diretti delle parti in MT, deve essere di tipo totale, da attuarsi mediante isolamento e l'adozione di involucri con grado di protezione idoneo. In particolare, le parti attive sono accessibili solo aprendo alcune portelle dopo sicure operazioni interbloccate, oppure togliendo parti di involucri con l'uso di attrezzi, il tutto conformemente alle norme e leggi in vigore.

Il minimo grado di protezione deve raggiungere almeno IP2X conformemente alle prescrizioni della norma CEI 17-6.

La protezione contro i contatti diretti delle parti in BT, deve essere di tipo totale, da attuarsi mediante isolamento o l'adozione di involucri con grado di protezione almeno: IPXXD, per le superfici orizzontali superiori a portata di mano, e IPXXB per le altre superfici. In particolare, le parti attive sono accessibili solo togliendo parti di involucri con l'uso (almeno) di attrezzi.

Per le linee elettriche in cavo la protezione sarà di tipo totale, costituita dall'isolamento del conduttore, asportabile solo mediante distruzione, pertanto sicura contro i contatti diretti lungo tutto il suo percorso.

### **Protezione contro il sovraccarico**

Per garantire l'interruzione automatica dell'alimentazione per sovraccarico, saranno adottate le protezioni di cui saranno fornite le apparecchiature di Media Tensione. Le tarature di queste saranno dettate dal tipo di apparecchiatura installata a valle. La curva caratteristica di intervento sarà scelta tra le varie opzioni disponibili dal sistema di protezione, cercando quella più adatta allo scopo. Il valore nominale di questi dovranno considerare i carichi a *Basse* i sottop<sup>erfici</sup> rete MT *Alto*



saranno dello stesso tipo sulle tre fasi, senza particolari applicazioni, data la natura ordinaria dell'impianto.

La protezione dal sovraccarico degli impianti di Bassa Tensione, sarà assicurata mediante l'adozione di interruttori automatici magnetotermici coordinati con la portata delle condutture installate a valle di essi.

La verifica della protezione dal sovraccarico avviene assicurando le seguenti relazioni:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \qquad I_f \leq 1,45 \times I_Z$$

Dove:

$I_B$  corrente di impiego del circuito [A]

$I_n$  corrente nominale del dispositivo di protezione [A]

$I_Z$  portata a regime permanente della conduttura elettrica [A]

$I_f$  corrente convenzionale di funzionamento del dispositivo di protezione [A]

La determinazione di  $I_Z$  viene riferita alle recenti tabelle CEI-UNEL 35024/1, per cavi isolati con materiale elastomerico, nei campi di applicazione previsti; per altri tipi di posa o di cavo valgono le normative specifiche. In base a questa normativa, maggiormente restrittiva rispetto alle precedenti edizioni, l'effettiva portata di un cavo è oggetto di diversificate considerazioni; per cui:

$$I_Z = I_0 \times k_1 \times k_2$$

Dove:

$I_Z$  portata a regime permanente della conduttura elettrica [A]

$I_0$  portata alla temperatura ambiente di 30°C relativa al singolo cavo multipolare, o insieme di cavi unipolari che compongono un solo circuito (valori reperibili nelle tabelle della stessa norma) [A]

$k_1$  fattore di correzione per temperatura ambiente diversa da 30 °C (valori reperibili nelle tabelle)

*Bhena*

*Wiolè*

*Abulafia*



$k_2$  fattore di correzione per cavi installati in fascio od in strato

La determinazione del fattore di correzione denominato  $k_2$  è frutto di considerazioni distinte e complesse, riguardanti il concetto secondo cui un cavo, posto in prossimità di altri circuiti, diminuisce la sua portata, in quanto viene riscaldato dagli altri e viceversa.

Per cavi raggruppati in fascio o strato è prevista l'applicazione del fattore quando i cavi considerati hanno sezioni simili (tre sezioni commerciali consecutive)

$$k_2 = 1 / \sqrt{n}$$

intendendo n come numero di circuiti (circuiti cautelativamente considerati percorsi dall'intera corrente di portata), trascurando da n i circuiti percorsi da una corrente:

$$I < 30\% I_z$$

### Dimensionamento contro la caduta di tensione

Il fenomeno di abbassamento di tensione tra due punti, uno a monte e l'altro a valle, in una rete elettrica di distribuzione, viene denominato caduta di tensione. In tutti gli impianti elettrici occorre valutare che la differenza tra la tensione al punto d'origine dell'alimentazione e la tensione all'utilizzatore d'energia sia adeguatamente contenuta, nei limiti normativi e nei limiti di funzionamento dell'apparecchio utilizzatore.

Un'eccessiva differenza tra i due valori nuoce al funzionamento ed al rendimento degli impianti, inoltre elevate differenze di tensione tra monte e valle è sinonimo di perdite sulla linea elettrica, con conseguente cattivo dimensionamento e non ottimizzazione dell'impianto di trasmissione dell'energia.

La caduta di tensione sarà contenuta mediante un corretto calcolo dimensionale delle linee.

Il valore della caduta di tensione può essere determinato mediante la formula:

*Bhena*                      *Wiole*                      *Pauli*



$${}_D U = k \times I \times L \times (r_0 \cos\varphi + x_0 \sin\varphi)$$

Dove:

${}_D U$  caduta di tensione [V]

$I$  corrente efficace della linea [A]

$L$  lunghezza della linea [km]

$r_0$  resistenza della linea (rif. 90 °C) [ $\Omega$ /km]

$x_0$  reattanza della linea [[ $\Omega$ /km]

$V$  tensione inizio linea [V]

$k$  sistema trifase  $\Rightarrow \sqrt{3}$  sistema monofase  $\Rightarrow 2$

la caduta di tensione percentuale sar  quindi:

$${}_D V\% = 100 \bullet {}_D U / V$$





### Determinazione delle correnti di cortocircuito

La presente sezione riporta la descrizione del metodo con cui è stato elaborato il procedimento per il calcolo delle correnti di cortocircuito.

La potenza di cortocircuito della Rete AT ( $P_r$ ) è la potenza, espressa in MVA, che si ottiene dalla corrente di cortocircuito simmetrica ( $I_{cc_s}$ ) alla tensione nominale.

Essa si calcola come:

$$P_r = c \times (\sqrt{3}) \times U_n \times I_{cc_s}$$

Dove:

$P_r$  Potenza di corto circuito della Rete [MVA]

$U_n$  Tensione nominale della Rete [kV]

$I_{cc_s}$  Corrente di cortocircuito trifase simmetrica [kA]

$c$  Coefficiente di margine indicato dalla Norma CEI per le reti AT e MT, che tiene conto del possibile aumento della tensione in rete (Valore = 1.1)

Per il computo corretto del contributo della rete AT, riferito alla tensione dei montanti MT, si deve calcolare la reattanza equivalente della Rete ( $X_r$ ), riferita al lato MT dei trasformatori:


$$X_r = (U_{t_2})^2 / P_r$$

Dove:

$X_r$  Reattanza equivalente della Rete riferita all'avvolgimento MT del trasformatore [ $\Omega$ ]

$U_{t_2}$  Tensione riferita all'avvolgimento MT del trasformatore, con la maggiorazione del 10% (condizione limite) [kV]

$P_r$  Potenza di corto circuito della Rete [MVA]

|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 42 di 46 |      |

Per determinare l'impedenza equivalente (e la relativa resistenza e reattanza) del trasformatore riferita all'avvolgimento MT, si sono utilizzate le seguenti formule:

$$Z_{t_2} = [(U_{t_2})^2 / P_{tn}] \times [U_{cc} / 100]$$

$$R_{t_2} = [(U_{t_2})^2 / P_{tn}] \times [P_{p(Cu)} / 100]$$

$$X_{t_2} = \sqrt{[(Z_{t_2})^2 - (R_{t_2})^2]}$$

Dove:

$Z_{t_2}$  Impedenza equivalente riferita all'avvolgimento MT ( $U_{t_2}$ ) del trasformatore [ $\Omega$ ]

$R_{t_2}$  Resistenza equivalente riferita all'avvolgimento MT ( $U_{t_2}$ ) del trasformatore [ $\Omega$ ]

$X_{t_2}$  Reattanza equivalente riferita all'avvolgimento MT ( $U_{t_2}$ ) del trasformatore, calcolata come differenza vettoriale tra l'impedenza e la resistenza [ $\Omega$ ]

$U_{cc}$  Tensione di cortocircuito del trasformatore [%]

$P_{tn}$  Potenza nominale del trasformatore [MVA]

$P_{p(Cu)}$  Perdite nel rame del trasformatore [%]

Per determinare il contributo fornito dai generatori alla corrente di cortocircuito, si è utilizzata la seguente formula:

$$X_{cc(s)g} = (c \times U_g) / [(\sqrt{3}) \times X''d]$$

Dove:

$X_{cc(s)g}$  Corrente simmetrica di cortocircuito (iniziale) prodotta dal Generatore [kA]

$U_g$  Tensione nominale del trasformatore [kV]

$c$  Coefficiente di margine indicato dalla Norma CEI per le reti AT e MT, che tiene conto del possibile aumento della tensione in rete (Valore = 1.1)

$X''d$  Reattanza subtransitoria diretta satura del generatore [ $\Omega$ ]

*Bhena*

*Wiolè*

*Amalfitano*



A sua volta  $X''d$  è calcolato come:

$$X''d = (U_g^2 \times X''d_{pu}) / [(\sqrt{3}) \times I_g \times U_g]$$

Dove:

$X''d_{pu}$  Reattanza subtransitoria diretta satura del generatore espressa in [per unit]

$U_g$  Tensione nominale del trasformatore [kV]

$I_g$  Corrente nominale del trasformatore [kA]

Il prodotto  $(\sqrt{3}) \times I_g \times U_g$  rappresenta la potenza nominale apparente del generatore [MVA]

Le impedenze relative alle sbarre dei quadri e dei componenti di linea non vengono, nel calcolo in oggetto, considerate in quanto si ritengono di valore trascurabile.

Il valore simmetrico della corrente di cortocircuito " $I_{cc(s)_x}$ ", nel punto richiesto (x), viene calcolato come:

$$I_{cc(s)_x} = [c \times (U_{t_x})] / [(\sqrt{3}) \times Z_{xcc}]$$

Dove:

$I_{cc(s)_x}$  Valore simmetrico della corrente di corto circuito al punto di guasto (x) considerato [kA]


c Coefficiente di margine indicato dalla Norma CEI per le reti AT e MT, che tiene conto del possibile aumento della tensione in rete (Valore = 1.1)

$U_{t_x}$  Valore di tensione al punto di guasto (x) considerato [kV]

$Z_{xcc}$  Impedenza totale del circuito al punto di guasto considerato [ $\Omega$ ]

A sua volta  $Z_{xcc}$  è calcolata come:

$$Z_{xcc} = \sqrt{[(R_{xcc})^2 + (X_{xcc})^2]}$$

|   |            |           |               |      |
|---|------------|-----------|---------------|------|
| <b>Gruppo T.M.E.</b><br>Termomeccanica Ecologia  | Preventivo | Emesso da | Documento     | Rev. |
|   | 97758      | PEE       | 97758TMER001  | 00   |
|   |            |           | Pag. 44 di 46 |      |

Dove:

R<sub>xcc</sub> Resistenza totale del circuito come somma delle resistenze delle apparecchiature fino al punto di guasto considerato (comprensivo anche delle resistenze delle linee elettriche) [Ω]

X<sub>xcc</sub> Reattanza totale del circuito come somma delle reattanze delle apparecchiature fino al punto di guasto considerato (comprensivo anche delle reattanze delle linee elettriche) [Ω]

Il valore di cresta della corrente di cortocircuito "I<sub>cc(p)<sub>x</sub></sub>" nel punto richiesto (x), viene calcolato come:

$$I_{cc(p)_x} = k(p) \times I_{cc(s)_x}$$

Dove:

I<sub>cc(p)<sub>x</sub></sub> Valore di cresta della corrente di corto circuito al punto di guasto (x) considerato [kA]

I<sub>cc(s)<sub>x</sub></sub> Valore simmetrico della corrente di corto circuito al punto di guasto (x) considerato [kA]

k(p) fattore di cresta, dipendente dalle caratteristiche del circuito (resistenza e reattanza) ove avviene il cortocircuito, che definiscono l'angolo di sfasamento dato da:

$$\tan\phi = X_{xcc} / R_{xcc}$$

Data una certa sezione del conduttore, deve essere verificato che, nelle condizioni di corto circuito, la corrente passante non sia tale da danneggiare l'isolamento del cavo stesso. La massima corrente di corto circuito I<sub>cc(H)<sub>x</sub></sub>, ammessa nel cavo del circuito (x), è data dalla relazione

$$I_{cc(H)_x} = (S \times C) / \sqrt{T}$$

Dove:

S Sezione del conduttore [mm<sup>2</sup>]

*Bhena*

*Wiolè*

*Philippini*



- T Durata del cortocircuito. Si assume il tempo di intervento delle protezioni che interrompono il cortocircuito [sec]
- C Coefficiente di tipo del cavo che tiene in considerazione il tipo di materiale e d'isolamento, la temperatura iniziale e finale ammessa, come da Norma CEI 11-17, tabella 2.02.02.

Nel caso di collegamento con più conduttori in parallelo per fase, il valore di  $I_{cc}$  di linea deve essere ridotto proporzionalmente per l'ottenimento del valore di  $I_{cc}(H)_x$  del conduttore da inserire nella formula, come:

$$I_{cc} / N_c = I_{cc}(H)_x$$

Dove:

$N_c$  Numero di conduttori in parallelo sulla stessa fase

La verifica della corrente minima di cortocircuito viene effettuata per stabilire la corrente sotto la quale la linea non può considerarsi protetta, ovvero la lunghezza massima protetta per una certa corrente di cortocircuito.

Come corrente di cortocircuito minima si considera quella corrispondente ad un cortocircuito che si produca tra le fasi, nel punto più lontano della linea protetta.

Per la determinazione della corrente di cortocircuito minima saranno utilizzate le seguenti formule:

$$I_{cc}(m)_x = [k\delta U_L \times (U_{c_x})] / \{1.5 \times \rho \times [(2 \times L) / S]\}$$

Dove:

$U_{c_x}$  Tensione concatenata di alimentazione del circuito (x) [V]

$\rho$  Resistività a 20°C del materiale dei conduttori (0.0179 per il rame) [ $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ ]

L Lunghezza della linea protetta [m]

S Sezione del conduttore [ $\text{mm}^2$ ]

$I_{cc}(m)$  Corrente di cortocircuito presunta [A]



$k\delta U_L$  Coefficiente di riduzione della tensione di alimentazione per effetto della corrente di cortocircuito, rispetto alla tensione di alimentazione, dato da:

$$k\delta U_L = 1 - [(\sqrt{3}) \times I_{cc}(p) \times Z_L] / U_{f_x}$$

Dove:

$U_{f_x}$  Tensione di fase di alimentazione del circuito (x) [V]

$I_{cc}(p)$  Corrente di cortocircuito nella situazione di cresta (picco) [A]

$Z_L$  Impedenza di linea [ $\Omega$ ]

Si può ricavare la massima lunghezza protetta di un cavo, con la seguente formula:

$$L = (k\delta U_L \times U_{c_x} \times S) / [1,5 \times \rho \times 2 \times I_{cc}(m)_x]$$

Nel caso di collegamento con più conduttori in parallelo per fase, il valore di  $I_{cc}$  di linea deve essere ridotto proporzionalmente per l'ottenimento del valore di  $I_{cc}(m)$  del conduttore da inserire nella formula, come:

$$I_{cc} / N_c = I_{cc}(m)_x$$

Dove:

$N_c$  Numero di conduttori in parallelo sulla stessa fase.