



Green Power

Engineering & Construction



GRE CODE

GRE.EEC.R.24.IT.W.14670.00.036.00

PAGE

1 di/of 9

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

IMPIANTO EOLICO DI CERIGNOLA

Relazione di calcolo preliminare degli impianti



File: GRE.EEC.R.24.IT.W.14670.00.036.00 - Relazione di calcolo preliminare degli impianti

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	30/11/2020	Prima emissione	D. Stangalino	N. Novati	D. Stangalino

GRE VALIDATION

<i>Luzi</i>	<i>Pansini</i>	<i>Restaino</i>
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT Cerignola	GRE CODE																		
	GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT				SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION						
	GRE	EEC	R	2	4	I	T	W	1	4	6	7	0	0	0	0	3	6	0
CLASSIFICATION	PUBLIC				UTILIZATION SCOPE	BASIC DESIGN													

This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power S.p.A.

INDEX

1. INTRODUZIONE	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3. IMPIANTO EOLICO	3
4. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI DI MEDIA TENSIONE.....	4
4.1. LINEE IN CAVO MT INTERNE AL PARCO EOLICO.....	4
4.2. LINEE IN CAVO MT DI COLLEGATO AI TRASFORMATORI ELEVATORI.....	5
5. DIMENSIONAMENTO DEL TRASFORMATORE ELEVATORE.....	5
6. DIMENSIONAMENTO DEL QUADRO DI MEDIA TENSIONE DI RACCOLTA	6
7. VALUTAZIONE DELLA CADUTA DI TENSIONE	6
8. VALUTAZIONE DELLE PERDITE.....	7
8.1. PERDITE SULLE LINEE IN CAVO MT INTERNE AL PARCO EOLICO.....	7
8.2. PERDITE SUL TRASFORMATORE ELEVATORE.....	8
9. LOAD FLOW.....	8
10. CORTO CIRCUITO DI FASE	8
11. GUASTI A TERRA	9
12. ALLEGATI	9

1. INTRODUZIONE

Lo scopo della presente relazione tecnica è quello di descrivere i criteri di dimensionamento ed esporre i risultati sullo studio di rete per le opere di connessione del nuovo impianto eolico di Cerignola alla rete in alta tensione di RTN presso la Stazione AT Camerelle di Terna. Si tratta della costruzione ex-novo di un impianto eolico che prevede l'installazione di n.10 nuove torri di generazione per una potenza complessiva di 60 MW. Per la connessione in alta tensione sarà costruita una nuova sottostazione che sarà condivisa sul lato alta tensione con altri produttori.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nella stesura della presente relazione tecnica, sono state seguite le prescrizioni indicate e applicabili al caso specifico dalle seguenti norme:

- ✓ Guida CEI 0-2 II Ed. 2002, "Guida per la definizione della documentazione di progetto per gli Impianti Elettrici".
- ✓ Norma CEI EN 61936-1, "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a.
- ✓ Parte 1: Prescrizioni comuni".
- ✓ Norma CEI EN 50522, "Messa a terra degli impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a".
- ✓ Norma CEI 11-17, "Linee in cavo".
- ✓ Norma IEC 62271-200, "A.C. metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV".
- ✓ Norma CEI 64-8, "Impianti elettrici utilizzatori".
- ✓ Norma CEI EN 60076, "Trasformatori di potenza".
- ✓ Norma 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".
- ✓ Codice di rete Terna

3. IMPIANTO EOLICO

Il progetto di costruzione dell'impianto eolico consiste nell'installazione di n. 10 torri di generazione eolica di nuova costruzione ciascuna equipaggiata con generatore asincrono DIFG in bassa tensione 690 V da 6 MW, convertitore di frequenza per la regolazione della corrente di rotore, interruttore principale, servizi ausiliari, trasformatore elevatore a 33 kV e quadro di media tensione (36 kV isolamento) per la connessione esterna. Tutte le suddette apparecchiature sono installate sulla navicella in quota sulla torre di generazione.

Trasformatore elevatore singolo generatore eolico

Tensione primaria	33 kV $\pm 2 \times 2,5\%$ a vuoto
Potenza nominale	6 MVA
Gruppo vettoriale	YNd11
Tensione secondaria	0,690 kV
Tensione di corto circuito	8%
Sistema di raffreddamento	AN/AF (resina)
Perdite cc	34,2 kW (valore ipotizzato)

Generatore eolico

Tipologia	asincrono DIFG
Potenza	6 MW
Tensione	690 V
Fattore di potenza	0,9
Contributo alla c.c.	4 In

La massima potenzialità del parco eolico sarà di 60 MW.

Il parco eolico sarà suddiviso in n. 4 sottocampi composti da 2/3 aerogeneratori collegati in entra-esce con linee in cavo e connessi al quadro di media tensione installato all'interno del fabbricato della sottostazione di trasformazione.

Pertanto, saranno previsti n. 4 elettrodotti che convoglieranno l'energia prodotta alla sottostazione di trasformazione:

- Elettrodotto 1: aerogeneratori C01-C04;
- Elettrodotto 2: aerogeneratori C02-C03;
- Elettrodotto 3: aerogeneratori C05-C06-C07;
- Elettrodotto 4: aerogeneratori C09-C10-C08.

4. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI DI MEDIA TENSIONE

4.1. LINEE IN CAVO MT INTERNE AL PARCO EOLICO

Saranno impiegati cavi unipolari con conduttore in alluminio, isolamento in polietilene di tipo XLPE, ridotto spessore di isolamento, schermo in nastro di alluminio e rivestimento esterno in poliolefine tipo DMZ1, aventi sigla ARE4H5E tensione di isolamento 18/30 kV. Le caratteristiche del cavo sono le seguenti:

Sezione	1x300 mm ²	1x630 mm ²
Resistenza a 90°C:	0,129 Ω/km	0,060 Ω/km
Reattanza:	0,103 Ω/km	0,092 Ω/km
Capacità:	0,311 μF/km	0,423 μF/Km
Portata nominale Iz	480 A	606 A
Costante cavo	K = 92	K=92
Energia specifica passante	761,76x10 ⁶ A ² s	3004,136x10 ⁶ A ² s

Le condizioni di posa utilizzate sono le seguenti:

Modalità di posa	interrato a trifoglio distanza da terne vicine 25 cm
Temperatura del terreno	25 °C
Profondità di posa pari	1,2 m (in alcuni tratti 2 m – attraversamento campi)
Resistività del terreno	1,5 m °K/W,

In relazione alle suddette condizioni di posa, sono stati assunti i seguenti coefficienti di derating della portata:

Coefficiente di correzione per la temperatura del terreno	K1=0,96
Coefficiente di correzione per la profondità di posa	K2=0,96 / 0,92
Coefficiente di correzione per resistività del terreno	K3=0,85
Coefficiente di correzione per la vicinanza di altri circuiti	K4= 0,75

Pertanto, la portata effettiva dei cavi risulta essere:

cavo 1x300mm ²	I _{zeff} = I _z *K1*K2*K3*K4 = 282,01 A
	I _{zeff} = I _z *K1*K2*K3*K4 = 270,26 A (2 m)
cavo 1x630mm ²	I _{zeff} = I _z *K1*K2*K3*K4 = 356,04 A

Corrente di impiego massima Ib	117A tratto iniziale alimentato da 1 generatore 233A tratto intermedio alimentato da 2 generatori 350A tratto finale alimentato da 3 generatori (valutazioni con cosφ≥0,9 a piena potenza: 6 MW)
--------------------------------	---

Verifica della portata	I _b <I _{zeff}
------------------------	-----------------------------------

Sul tratto iniziale saranno utilizzati cavi da 300 mm², mentre sul tratto intermedio saranno usati cavi da 300 e 630 mm² mentre su quello finale sarà sempre utilizzato il cavo da 630 mm² (al fine di contenere la caduta di tensione complessiva).

La corrente di impiego è sempre inferiore alla portata dei cavi utilizzati.

Tempo di intervento protezioni	0,35 s soglia di corto circuito ritardato (51)
Massima c.c. sopportabile	$I = KS/\sqrt{t} = 46,65 \text{ kA}$ cavo 1x300 m ²
Massima c.c. sopportabile	$I = KS/\sqrt{t} = 62,2 \text{ kA}$ cavo 1x400 m ²

4.2. LINEE IN CAVO MT DI COLLEGATO AI TRASFORMATORI ELEVATORI

Saranno impiegati cavi con conduttore in rame, isolamento HEPR di qualità G7, schermo in di rame e rivestimento esterno in PVC qualità Rz, aventi sigla RG7H1R tensione di isolamento 18/30 kV.

Le caratteristiche del cavo sono le seguenti:

Tipo di cavo:	unipolare – 18/30 kV
Isolamento:	HEPR di qualità G7
Sezione:	1x240 mm ² / 5 conduttori in parallelo per fase
Resistenza:	0,0985 Ω/km
Reattanza:	0,11 Ω/km
Capacità:	0,24 Ω/km

Portata nominale Iz	525 A
Costante cavo	K = 143
Energia specifica passante	1177,86x10 ⁶ A2s

Condizioni di posa	in cunicolo in passerella
Temperatura del terreno	25 °C
Profondità di posa pari	1,2 m,
Resistività del terreno	1,5 m °K/W,

Coefficiente di correzione per la temperatura del terreno	K1=0,96
Coefficiente di correzione per la profondità di posa	K2=0,96
Coefficiente di correzione per resistività del terreno	K3=0,85
Coefficiente di correzione per la vicinanza di altri circuiti	K4= 0,85

Portata effettiva del cavo Izeff	$Iz * K1 * K2 * K3 * K4 = 349,57 \text{ A}$
----------------------------------	---

Corrente di impiego Ib	1226,13 A (corrente nominale trasformatore)
------------------------	---

Verifica della portata	$Ib < Izeff \rightarrow 1400 \text{ A} < 5 * 349,57 = 1747,87 \text{ A}$
------------------------	--

Tempo di intervento protezioni	0,5 s soglia di corto circuito ritardato (51)
--------------------------------	---

Massima c.c. sopportabile	$I = KS/\sqrt{t} = 48,54 \text{ kA}$
---------------------------	--------------------------------------

5. DIMENSIONAMENTO DEL TRASFORMATORE ELEVATORE

Il trasformatore elevatore della sottostazione elettrica sarà dimensionato per poter evacuare la seguente potenza:

- Impianto eolico Cerignola 60 MW

Considerando un margine di riserva del 15%, sarà previsto un trasformatore di potenza 60/70 MVA con sistema di ventilazione ONAN/ONAF.

Il trasformatore sarà dotato di variatore sottocarico sul lato primario per la regolazione di tensione con ±10x1,25% posizioni.

Pertanto le caratteristiche principali del trasformatore elevatore sono:

Tensione primaria	150 kV
Variatore primario	±10x1,25%
Potenza nominale	60/70 MVA
Gruppo vettoriale	YNd11
Tensione secondaria	33 kV

Tensione di corto circuito	13%
Sistema di raffreddamento	ONAN-ONAF
Perdite cc	262,5 kW a potenza nominale (valore ipotizzato 0,375%)

6. DIMENSIONAMENTO DEL QUADRO DI MEDIA TENSIONE DI RACCOLTA

Il quadro di media tensione della sottostazione sarà dimensionato per consentire la connessione delle seguenti linee:

- Sottocampi dall'impianto eolico (4 linee)
- Linea di connessione a futuro shunt reactor da 5 MVA
- Linea di connessione a futuro bank capacitor da 5 MVAR
- Linea di alimentazione del trasformatore dei servizi ausiliari
- Linea di collegamento al trasformatore elevatore

Tenendo conto di:

- massima potenza da evacuare,
- contributo alla presunta corrente di corto circuito da parte della rete in AT, attraverso il trasformatore, e dei generatori eolici,

il quadro sarà dimensionato per i seguenti valori di riferimento:

- Tensione di isolamento 36 kV
- Corrente nominale 1600 A
- Corrente simmetrica di c.c. 25 kA
- Corrente di picco 63 kA

7. VALUTAZIONE DELLA CADUTA DI TENSIONE

Per la valutazione della caduta di tensione sui singoli elettrodotti sono stati considerati i parametri riportati nella seguente tabella:

Elettrodotto 1

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm ²]	Corrente transitante	Cdt%
C-01	C-04	2481	1x300	117	0,244
C-04	SST	12275	1x630	350	1,413
					1,657

Elettrodotto 2

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm ²]	Corrente transitante	Cdt%
C-02	C-03	1735	1x300	117	0,171
C-03	SST	13172	1x630	350	1,516
					1,687

Elettrodotto 3

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm ²]	Corrente transitante	Cdt%
C-05	C-07	3093	1x300	117	0,305
C-07	C06	1108	1x630	233	0,128
C-06	SST	11070	1x630	350	1,911
					2,343

Elettrodotto 4

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm ²]	Corrente transitante	Cdt%
C-09	C-10	945	1x300	117	0,093
C-10	C-08	4196	1x630	233	0,483
C-08	SST	8425	1x630	350	1,454
					2,030

Occorre evidenziare che le suddette cadute di tensione sono state calcolate considerando come potenza erogabile, la massima potenza dei generatori (6 MW), trascurando l'assorbimento degli ausiliari e le perdite sul trasformatore elevatore di ciascuna torre. Le reali cadute di tensione saranno inferiori ai valori indicati.

8. VALUTAZIONE DELLE PERDITE

8.1. PERDITE SULLE LINEE IN CAVO MT INTERNE AL PARCO EOLICO

Per la valutazione delle perdite di trasporto (perdite per effetto Joule) sui singoli elettrodotti sono stati considerati i seguenti parametri:

Lunghezze:

vedere capitolo 7

Resistenza dei cavi:

vedere paragrafo 4.1

Corrente di impiego delle condutture:

corrispondente alla massima potenza erogabile (6 MW) con fattore di potenza 0,9, quindi trascurando la potenza assorbita dagli ausiliari di ogni singolo generatore e le perdite sul trasformatore elevatore di ogni singola torre eolica.

Elettrodotto 1

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm ²]	Perdite in linea [kW]	Perdite %
C-01	C-04	2481	1x300	13,063	
C-04	SST	12275	1x630	120,24	
				133,302	1,11

Elettrodotto 2

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm ²]	Perdite in linea [kW]	Perdite %
C-02	C-03	1735	1x300	9,135	
C-03	SST	13172	1x630	129,026	
				138,161	1,15

Elettrodotto 3

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm ²]	Perdite in linea [kW]	Perdite %
C-05	C-07	3093	1x300	16,285	
C-07	C06	1108	1x630	10,853	
C-06	SST	11070	1x630	243,981	
				271,12	1,51

Elettrodotto 4

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm ²]	Perdite in linea [kW]	Perdite %
C-09	C-10	945	1x300	4,975	
C-10	C-08	4196	1x630	41,102	
C-08	SST	8425	1x400	185,686	
				231,763	1,29

8.2. PERDITE SUL TRASFORMATORE ELEVATORE

Per la valutazione delle perdite di trasporto sul trasformatore elevatore sono stati considerati i seguenti parametri:

Dati del trasformatore elevatore
vedere capitolo 5

Potenza transitante

Massima potenza erogabile dall'impianto dedotta delle perdite di trasmissione.

Perdite per effetto Joule:

TR1 229 kW

9. LOAD FLOW

I flussi di potenza dell'impianto eolico sono riportati nell'allegato 1.

Essi sono stati calcolati considerando la piena potenza dei generatori eolici (6 MW $\cos\phi=0,9$) decurtata delle perdite sul trasformatore elevatore di ogni torre (33 kV/690V $vcc\%=8\%$ perdite nel rame 0,57%) e del consumo degli ausiliari (41 kW).

La massima potenza netta immessa in rete da ogni generatore risulta essere pari a 5918 kW. Pertanto considerando tutti i generatori in servizio con erogazione massima si ha una potenza complessiva evacuabile sulla rete di 59,180 MW.

La potenza massima evacuabile risulta essere pari a 58,443 MW. Complessivamente le perdite di trasmissione sono 0,737 MW (sulle linee in media tensione).

Il variatore sottocarico del trasformatore elevatore è attestato nella posizione +4 per mantenere la tensione sul quadro di media tensione di raccolta a valori prossimi alla tensione nominale 33 kV (100%).

La massima potenza immessa in rete a livello 150 kV risulta essere 58,213 MW con una potenza persa sul trasformatore pari a 229 kW. Il trasformatore elevatore della sottostazione in tale condizione è caricato al 89,05% (riferito a 70 MVA).

Non si evidenziano criticità sugli elettrodotti di collegamento dei sottocampi.

10. CORTO CIRCUITO DI FASE

Per la valutazione del corto circuito di fase sono stati ipotizzati i seguenti parametri di rete:

Rete alta tensione

Tensione nominale	150	kV
Tensione minima	-10%	
Tensione massima	+10%	
Massima corrente trifase	28	kA (valore ipotizzato)
Rapporto R/X	0,1	
Minima corrente trifase	12	kA (valore ipotizzato)
Massima corrente monofase	25	kA

Tempo di eliminazione del guasto 0,5 s

I risultati dei calcoli di corto circuito sono riportati nell'allegato 2, ipotizzando come punto di guasto le sbarre di alta tensione e i quadri di raccolta dei sottocampi.

La corrente di corto circuito trifase sul quadro di raccolta a 33 kV (13,656 kA) è inferiore al valore di dimensionamento del quadro stesso (25 kA).

Le correnti di corto circuito sui cavi di media tensione sono inferiori alla massima corrente ammissibile da parte dei cavi stessi in funzione del tempo di intervento delle protezioni.

Il contributo dei generatori asincroni alla corrente di corto circuito lato 150 kV risulta essere pari a 625 A.

11. GUASTI A TERRA

La sezione di alta tensione sottostazione è esercita con il neutro connesso direttamente a terra come da prescrizioni del codice di rete di Terna.

La sezione di media tensione dell'impianto eolico è esercita con il neutro isolato. Il contributo alla corrente di guasto monofase è determinato dalle capacità verso terra dei cavi di media tensione.

Utilizzando la formula approssimata delle norme CEI, la corrente di guasto monofase a terra è calcolabile con la seguente formula $I_g = 0,2 * L * V$ [A]

dove

L = lunghezza delle linee della rete elettrica in km

V = tensione di esercizio in kV

Pertanto la corrente di guasto a terra risulta essere pari a 6,6 A/km.

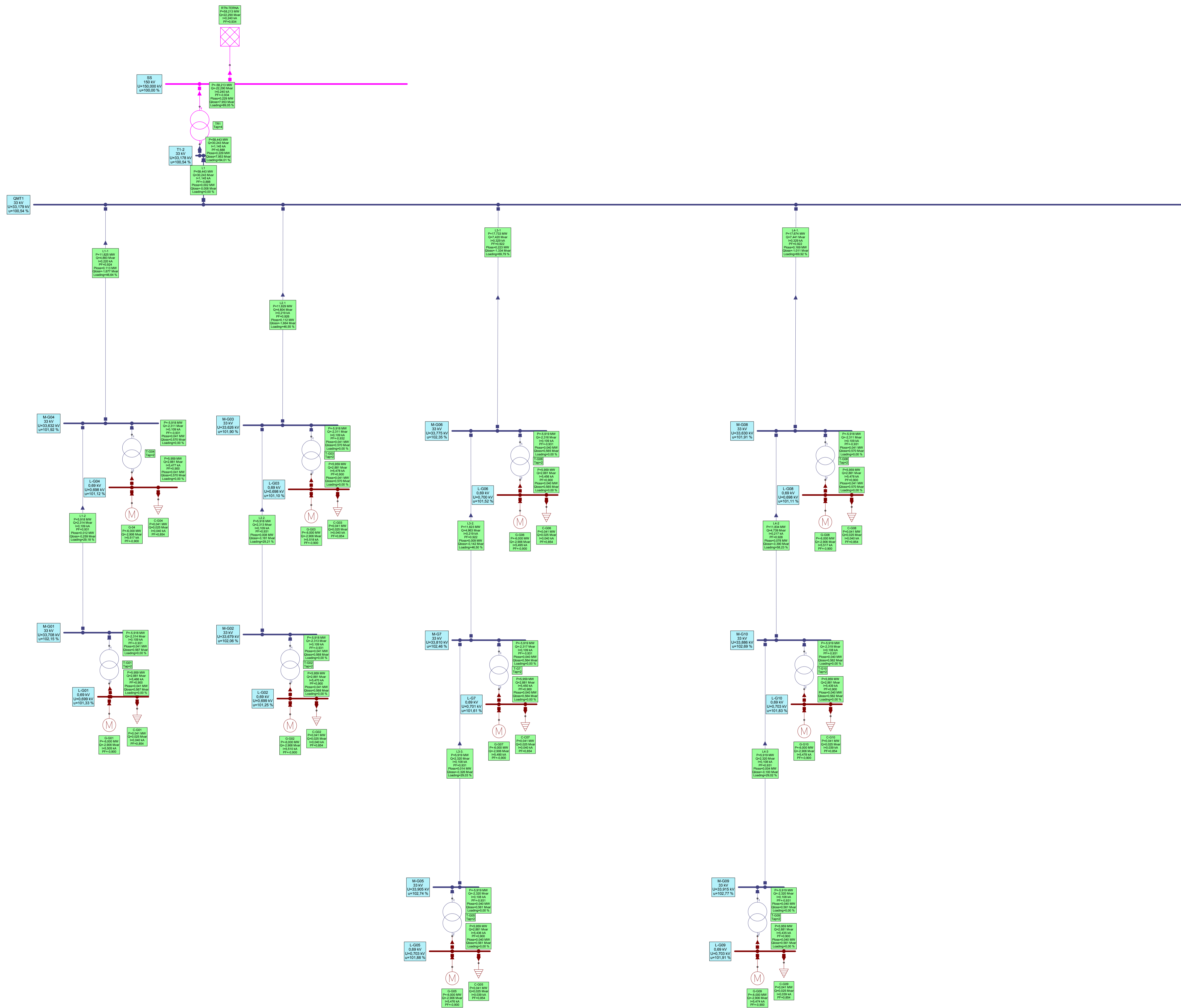
Complessivamente sull'impianto si ha uno sviluppo di cavi di media tensione pari a 58,500 km e pertanto la corrente di guasto a terra massima potrebbe essere pari a 386,1 A.

Tale corrente sarà opportunamente rilevata con protezioni direzionali di guasto a terra (67N).

12. ALLEGATI

ALLEGATO 1 – CALCOLI DI LOAD FLOW

ALLEGATO 2 – CALCOLI DI CORTO CIRCUITO



Project	0000000000	Sheet	001	of 01
Revision		Created		
Author		Checked		
Approved		Released		
NEPLAN				

