

Regione Calabria



Comune di Torre di Ruggiero



Comune di Chiaravalle Centrale



Comune di Petrizzi



Provincia di Catanzaro



**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 10 AEROGENERATORI DA REALIZZARE NEI COMUNI DI TORRE DI RUGGIERO (CZ) E CHIARAVALLE CENTRALE (CZ) E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N. RICADENTI NEL COMUNE DI PETRIZZI (CZ)**

**Relazione tecnica Impianto Elettrico  
Calcoli correnti di corto circuito**

ELABORATO

**A.9.1**

**PROPONENTE:**



**SKI WA1 s.r.l.**  
via Caradosso n.9  
Milano 20123  
P.Iva 11412940964

**PROGETTO E SIA:**



**ATECH srl**  
Via Caduti di Nassirya, 55  
70124- Bari (BA)  
pec: atechsrl@legalmail.it  
Ing. Alessandro Antezza

**CONSULENZA:**

**wwwire** Electro Technical Engineering  
Consultancy & Projects  
Via Corsica, 169 - 86039 Termoli (Cb) - Italy  
T. +39 0875751452 - M. +393294130607 - E-Mail wirestudiosrls@gmail.com



**SOLARITES s.r.l.**  
Piazza V. Emanuele II n.14  
12073 - Ceva (CN)



*[Handwritten signature]*

0	Marzo 2023	LP	LP	LP	Progetto Definitivo
REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DESCRIZIONE



## Indice

<b>1.INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO .....</b>	<b>6</b>
<b>2.NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>7</b>
<b>3.FONTI DI ALIMENTAZIONE .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1. LINEA ALIMENTAZIONE PRIMARIA</b>	<b>8</b>
<b>4.DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI DI TRASFORMAZIONE E DISTRIBUZIONE ENERGIA ELETTRICA .....</b>	<b>9</b>
<b>4.1. SOTTOSTAZIONE</b>	<b>9</b>
<b>4.2. CAMPO EOLICO</b>	<b>9</b>
<b>4.3. SISTEMA DI PROTEZIONE</b>	<b>9</b>
<b>4.4. VALORI DI TARATURA DA IMPOSTARE SUL RELÈ DI MINIMA E MASSIMA TENSIONE E DI MINIMA E MASSIMA FREQUENZA RILEVATI DALL'ALLEGATO A17 DEL CODICE DI RETE I DI PROTEZIONE</b>	<b>10</b>
<b>4.5. ELENCO RELÈ</b>	<b>11</b>
<b>5.STUDIO SELETTIVITA' E COORDINAMENTI.....</b>	<b>12</b>
<b>5.1. INTRODUZIONE</b>	<b>12</b>
<b>5.2. IMPOSTAZIONE DELLO STUDIO</b>	<b>13</b>
<b>5.3. CALCOLI DELLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO</b>	<b>13</b>
<b>5.4. FILOSOFIA DI REGOLAZIONE: SELETTIVITA' CRONOMETRICA.</b>	<b>14</b>
<b>5.5. PROTEZIONI SOTTO STAZIONE</b>	<b>15</b>
5.5.1. <i>PROTEZIONE DIFFERENZIALE .....</i>	<i>15</i>
5.5.2. <i>PROTEZIONI DI MASSIMA CORRENTE LATO AT 36 KV.....</i>	<i>16</i>
5.5.3. <i>PROTEZIONI DI MASSIMA CORRENTE LATO AT 30 KV.....</i>	<i>17</i>
5.5.4. <i>PROTEZIONI DIREZIONALI DI MASSIMA CORRENTE TERRA 67N .....</i>	<i>18</i>
5.5.5. <i>PROTEZIONI DI MASSIMA TENSIONE OMOPOLARE (59Vo).....</i>	<i>19</i>
<b>6.SELETTIVITÀ .....</b>	<b>20</b>
<b>6.1. GRAFICI SELETTIVITÀ</b>	<b>24</b>
<b>7.CALCOLO CORRENTI DI CORTO CIRCUITO .....</b>	<b>25</b>
<b>7.1. CORRENTI DA MONTE (CONTRIBUTO SU RETE MT)</b>	<b>25</b>

Progetto relativo alla realizzazione di un impianto eolico costituito da 10 aerogeneratori da realizzare nei comuni di Torre di Ruggiero (CZ) e Chiaravalle Centrale (CZ) e relative opere di connessione alla R.T.N. ricadenti nel comune di Petrizzi (CZ)

<b>7.2. CORRENTI DA MONTE (CONTRIBUTO SU RETE MT)</b>	<b>34</b>
<b>7.3. LEGENDA SIMBOLI UTILIZZATI COME DA NORMA CEI</b>	<b>37</b>
<b>7.4. SCHEMA UNIFILARE SEMPLIFICATO CON VALORI MIN</b>	<b>39</b>
<b>7.5. SCHEMA UNIFILARE SEMPLIFICATO CON VALORI MAX</b>	<b>40</b>

Progetto relativo alla realizzazione di un impianto eolico costituito da 10 aerogeneratori da realizzare nei comuni di Torre di Ruggiero (CZ) e Chiaravalle Centrale (CZ) e relative opere di connessione alla R.T.N. ricadenti nel comune di Petrizzi (CZ)

Regione	<i>Calabria</i>				
Comune	<i>Torre di Ruggiero – Chiaravalle Centrale - Petrizzi</i>				
Proponente	<i>SKI W A1 S.R.L. via Caradosso n.9 Milano 20123 P.Iva 11412940964</i>				
Redazione Progetto elettrico	<i>Wire Studio Srls Via Corsica, 169 86039 – Termoli (Cb)</i>				
Documento	<b>Relazione tecnica</b>				
Revisione	<i>00</i>				
Emissione	<i>Marzo 2023</i>				
Redatto	<i>Lino Pistilli</i>	Verificato	<i>A.A.</i>	Approvato	<i>O.T.</i>

Redatto: Gruppo di lavoro	<i>Wire Studio Srls</i>
Verificato:	<i>Lino Pistilli</i>
Approvato:	<i>Lino Pistilli</i>

Elaborato: **Relazione tecnica Impianto Elettrico e Calcoli correnti di corto circuito**

Redazione:

**Wire Studio Srls**

Proponente: *SKI W A1 s.r.l.*

Rev. 0 – Marzo 2023

Pagina 5 di 40

## 1. INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO

La presente relazione tecnica ha lo scopo di indicare le impostazioni dei relè di protezione relativi all'impianto eolico identificato come "Eolico Torre di Ruggiero 7,2 MW"

Il parco eolico è situato in agro di TORRE DI RUGGIERO E CHIARAVALLE CENTRALE

Il seguente studio definisce le tarature dei relè a 36 kV e 30 kV delle cabine presenti nell'impianto in oggetto, con lo scopo di coordinarne l'intervento.

Nello specifico i relè presi in esame riguarderanno:

- Sottostazione 36 / 30 kV;
- La cabina utente in sottostazione
- La cabina di smistamento;
- Le partenze per i gruppi aereo generatori derivate dalla cabina di smistamento.

Per la realizzazione dello studio si è avvalsi della documentazione tecnica inoltrata dal cliente

## 2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Gli interventi in progetto saranno effettuati nel rispetto della legislazione e delle normative vigenti di seguito elencate:

### Elenco Normative Tecniche

La progettazione sarà eseguita in conformità alle seguenti normative tecniche:

- CEI-EN (CENELEC) Norme Europee Armonizzate
  - Norma CEI 3-15(CEI EN 60617-3)  
Segni grafici per schemi  
Parte 3 conduttori e dispositivi di connessione
  - Norma CEI 3-16(CEI EN 60617-4)  
Segni grafici per schemi  
Parte 4 componenti passivi
  - Norma CEI 3-18(CEI EN 60617-6)  
Segni grafici per schemi  
Parte 6 Produzione, trasformazione e conversione dell'energia elettrica
  - Norma CEI 3-19(CEI EN 60617-7)  
Segni grafici per schemi  
Parte 7 Apparecchiature e dispositivi di comando e protezione
  - Norma CEI 3-20(CEI EN 60617-8)  
Segni grafici per schemi  
Parte 8 Strumenti di misura, lampade e dispositivi di segnalazione
  - Norma CEI 11-25(CEI EN 60909-0)  
Correnti di corto circuito nei sistemi trifasi in corrente alternata  
Parte 0 Calcolo delle correnti.

### 3. FONTI DI ALIMENTAZIONE

Le fonti di alimentazione dell'area impianto sono le seguenti:

- Da stazione Terne con tensione primaria (36kV).
- Dai Generatori eolici da 7.2 MVA in singolo radiale

#### 3.1. Linea alimentazione primaria

La sottostazione è alimentata da TERNA con una linea derivata dalla propria rete per la quale ci sono stati inoltrati i seguenti dati:

DATI RETE A.T.				
S''kq	1250	MVA	Tempo di eliminazione del guasto	
Unq	36	kV		
I''k3 max	20	kA	1	sec
I''k1 max	17,32	kA	1	sec
I''k3 min	11	kA	1	sec
I''k1 min	9,5	kA	1	sec

## **4. DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI DI TRASFORMAZIONE E DISTRIBUZIONE ENERGIA ELETTRICA**

### **4.1. Sottostazione**

La sottostazione sarà connessa alla rete nazionale (RTN) a 36 kV in corrispondenza del nodo denominato da TERNA (SE di nuova costruzione), la potenza del trasformatore installato sarà pari a 40 MVA

### **4.2. Campo eolico**

Il campo eolico è composto da 2 gruppi comprendenti uno n° 5 aerogeneratori e l'altro n° 5 aerogeneratori, che saranno derivati dalla cabina di raccolta denominata "CS" che a sua volta è connessa con il quadro di distribuzione sito in sottostazione. Sia in sottostazione che in cabina "CS" è presente un trasformatore MT/BT per l'alimentazione dei servizi ausiliari.

### **4.3. Sistema di protezione**

Lo studio è stato realizzato in modo tale da garantire la protezione dell'impianto contro tutte le tipologie di guasto che possono verificarsi all'interno del campo eolico, inoltre in caso di guasto o funzionamento anomalo sulla rete AT imputabile alla rete RTN ne permetterà il distacco.

**4.4. Valori di taratura da impostare sul relè di minima e massima tensione e di minima e massima frequenza rilevati dall'allegato A17 del codice di rete i di protezione**

<b>Descrizione protezione</b>	<b>Soglia</b>	<b>Tempo di eliminazione del guasto (s)</b>	<b>Note</b>
27	0.8	2.0 s	
59.S1	1.10	60 s	
59.S2	1.15	1.0 s	
59Vo (soglia 1)	0.1Vo Max	2.0 s	
81<	47.5 Hz	4.0 s	
81<<	46.5 Hz	0.1 s	
81>	51.5 Hz	1.0 s	
81>>	52.5 Hz	0.1 s	

Vedi allegato A17 rev. 03 del Marzo 2023 pag. 29

#### 4.5. Elenco relè

Ubicazione	Elemento protetto	lato	Funzioni ANSI
Sottostazione AT/MT	RTN/ imp. di produzione	AT	27/59/59Vo/81</81>/50/51
Sottostazione AT/MT	Trasformatore AT/MT	AT	87T
S.S. AT/MT (Quadro MT)	Arrivo TR AT/MT	MT	50/51/59
S.S. AT/MT (Quadro MT)	Partenza Linea 1 cabina CS	MT	51/67/67N
S.S. AT/MT (Quadro MT)	Sbarra 30 KV	MT	59N
Cabina CS (Quadro MT)	Arrivo Linea 1 da quadro SS	MT	51/67/67N
Cabina CS (Quadro MT)	Arrivo Linea 2 quadro SS	MT	50/51/67N
Cabina CS (Quadro MT)	Partenza Linea aereo generatori linee 3-4	MT	50/51/67N
Cabina CS (Quadro MT)	Partenza Linea aereo generatori 5-6-7	MT	50/51/67N
Cabina CS (Quadro MT)	Sbarra 30 KV	MT	59N
Cabina CS (Quadro MT)	Arrivo Linea 2 quadro SS	MT	50/51/67N
Cabina CS (Quadro MT)	Partenza Linea aereo generatori linee 8-9	MT	50/51/67N
Cabina CS (Quadro MT)	Partenza Linea aereo generatori 10-11-12	MT	50/51/67N
Cabina CS (Quadro MT)	Sbarra 30 KV	MT	59N

## 5. STUDIO SELETTIVITA' E COORDINAMENTI

### 5.1. INTRODUZIONE

Il presente studio definisce la selettività delle protezioni elettriche di alta e media tensione dell'impianto eolico "Torre di Ruggiero" sito in agro di Torre di Ruggiero e Chiaravalle Centrale.

Scopo del lavoro è la definizione delle regolazioni delle protezioni per assicurare una corretta protezione della rete e realizzare la selettività di intervento, ovvero fare in modo che sia sempre e solo la protezione più vicina al guasto ad intervenire.

La filosofia dell'utilizzo delle protezioni è basata sulla conoscenza che le condizioni anomale di funzionamento o di guasto possono essere suddivise come segue:

- Sovraccarichi;
- guasti a terra;
- guasti fase-fase e trifase.

L'individuazione delle condizioni anomale menzionate è effettuata dai relé di protezione che operano per separare la parte di rete guasta dal resto dell'impianto. La regolazione dei relé di protezione è selezionata per dare la maggiore continuità di servizio evitando danneggiamenti ai componenti della rete. I valori di regolazione sono scelti al di sopra delle condizioni transitorie che si possono verificare in rete. I tempi d'intervento devono consentire il ripristino dei parametri transitori all'interno dei loro valori normali.

#### Nota

*Le regolazioni indicate rappresentano la migliore soluzione tecnica possibile sulla base delle nostre conoscenze. Tutte le regolazioni devono essere verificate e controllate (riviste ove necessario) durante la messa in servizio in campo. Le regolazioni dei relè calcolate e riportate in questo documento sono basate sui dati delle macchine e della rete disponibili. Se, durante la fase di avviamento dell'impianto, nuovi, più dettagliati o differenti dati saranno disponibili rispetto a quanto riportato, il presente documento dovrà essere revisionato.*

## **5.2. IMPOSTAZIONE DELLO STUDIO**

Al fine di facilitarne la consultazione, lo studio è stato suddiviso in più allegati. Ogni allegato contiene i dati utilizzati e i risultati (regolazioni delle protezioni) ottenuti nello sviluppo dello studio. In dettaglio per quanto afferisce al lavoro di nostra competenza sono riportati:

- calcolo delle correnti di cortocircuito riportante: schema unifilare semplificato, dati della rete relativi ai vari livelli di tensione (36 - 30 kV), dati delle linee MT di collegamento, dati dei TR in alta e media tensione e dei aereo generatori. I dati riportati sono quelli su cui è basato lo studio di coordinamento delle protezioni;
- schema unifilare semplificato che riporta le protezioni utilizzate e i trasformatori di misura (TA e TV) con il loro rapporto (fornito dal committente);
- tabelle di regolazione delle protezioni con indicazione del costruttore e del tipo della protezione, i valori primari e i valori secondari di regolazione sia per la grandezza di misura (ad es. corrente o tensione) che per il tempo di ritardo;

## **5.3. CALCOLI DELLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO**

Il calcolo delle correnti di corto circuito è stato realizzato in conformità alle norme CEI 11-25 IEC 60909-2001 e in particolar modo sono state determinate:

- Correnti di cortocircuito trifase (valori max)
- Correnti di cortocircuito trifase (valori min)
- Correnti di cortocircuito bifase (valori max)
- Correnti di cortocircuito bifase (valori min)
- Correnti di cortocircuito fase terra

I calcoli sono stati realizzati considerando il contemporaneo funzionamento di tutti gli aereo generatori, come rappresentato nello schema semplificato.

I punti di calcolo presi in esame sono identificati con la lettera "F" (Fault), i risultati ottenuti sono stati in parte riportati per maggiore comprensione sullo schema unifilare semplificato, i valori sono affiancati da una freccia che indica il senso del contributo al corto circuito (monte o valle). Per quanto riguarda i calcoli delle correnti di cortocircuito da monte sono stati determinati i valori massimi e minimi, assumendo il coefficiente "C" come indicato dalla norma CEI 11-25 (val. max e min riferiti ai diversi livelli di tensione) e assumendo i valori massimi e minimi della potenza di cortocircuito sulla rete AT indicati al paragrafo 3.1.

Per quanto riguarda le correnti di inserzione ("in rush") sono state determinate con l'equazione  $I_{magn} = I_n \times K \times e^{(-t/T)/1f^2}$ , i parametri K e T sono stati desunti dalle norme CEI 11-35 allegato F:

#### **5.4. FILOSOFIA DI REGOLAZIONE: SELETTIVITA' CRONOMETRICA.**

Il criterio seguito per il coordinamento delle protezioni di massima corrente è stato quello di isolare in caso di guasto nel più breve tempo possibile (selettività) la più piccola area di impianto e poi assicurare una riserva (rincalzo) in caso di fallimento della protezione primaria.

La selettività di tipo cronometrico, è ottenuta graduando i tempi di intervento delle protezioni (discriminazione in tempo o selettività cronometrica) o, dove possibile, graduando la soglia di intervento (discriminazione in corrente o selettività amperometrica) in modo che il relè più vicino al guasto intervenga in un tempo inferiore o per una corrente inferiore rispetto a quelli più lontani.

Le regolazioni delle protezioni sono calcolate assegnando tempi man mano crescenti a partire dai relè destinati alla protezione degli aereo generatori fino ad arrivare alle sorgenti di energia (trasformatore AT/MT fino al punto di consegna TERNA). Con questo criterio si elimina solo la parte di impianto affetta dal guasto. Questo criterio ha il grave svantaggio che i tempi di eliminazione del guasto non possono essere comunque troppo lunghi perché:

- i materiali non sopportano guasti per tempi elevati;
- associato ad un corto circuito vi è un abbassamento di tensione;
- più il corto circuito rimane alimentato, più i danni che si creano nel punto di guasto possono essere notevoli (anche con conseguenze gravi quali incendi, etc.).

Per quanto riguarda la graduazione in tempo questa deve tenere conto delle caratteristiche delle apparecchiature presenti nell'impianto, e nel caso specifico:

- tempo di apertura degli interruttori MT:  $X \approx 60$  ms;
- tempo di inerzia delle protezioni:  $X \approx 20$  ms;
- massimo errore dell'intervento temporizzato:  $X \approx 60$  ms;
- margine di sicurezza:  $X \approx 100$  ms;

da cui risulta necessaria una graduazione di circa 250-300 ms tra due protezioni in serie.

## **5.5. PROTEZIONI SOTTO STAZIONE**

### **5.5.1. PROTEZIONE DIFFERENZIALE**

Per la taratura della protezione differenziale del trasformatore 36 / 30 kV sono stati considerati:

- i casi di guasto interni ed esterni alla zona protetta, al fine di valutare in quale punto del grafico Id-IR questi si collochino, confrontando tale posizione con la curva di scatto
- la corrente di inserzione del trasformatore
- la corrente di magnetizzazione del trasformatore
- gli errori dovuti al rapporto dei TA e alla precisione degli stessi
- gli estremi coperti dal trasformatore in quanto dotato di variatore sotto carico.

I valori proposti sono i seguenti:

- corrente differenziale di prima soglia ( $I_{DIFF >}$ ) = 30 % della corrente nominale dell'oggetto protetto;
- corrente differenziale di seconda soglia ( $I_{DIFF >>}$ ) = 7 In
- il tempo di intervento delle due soglie differenziali è fissato al valore base;
- pendenza del primo tratto di compensazione = 25%;
- pendenza del secondo tratto di compensazione = 70 %

L'intervento della protezione differenziale provoca il blocco alla richiusura dell'interruttore posto a protezione del TR lato AT e dell'interruttore generale posto sul quadro in media tensione tramite l'attivazione del relè di blocco relè 86T.

#### 5.5.2. **PROTEZIONI DI MASSIMA CORRENTE LATO AT 36 KV**

La protezione di massima corrente di fase (50-51) lavora come riserva della protezione differenziale di trasformatore in caso di guasto trifase o fase-terra nella zona comprese tra i TA di alta e quelli di media tensione.

Le soglie di intervento impostate presentano una con caratteristica a tempo indipendente per l'intervento in caso di corto circuito trifase sul lato 36 kV e 30 kV, consentendo un margine di selettività cronometrica per guasto passante.

- La prima soglia (F= 51) sarà tarata a 1500 A, che è pari a 1.16 volte la corrente nominale del trasformatore, pertanto l'intervento è assicurato solo nel caso in cui si verificano sovraccarichi. Il tempo di intervento impostato è pari a 1 s per poter realizzare la selettività cronometrica con le protezioni poste a valle.
- La seconda soglia (F= 51) sarà tarata a 6000 A (4 In del trasformatore), con un tempo di intervento pari a 0,1 s, in modo da intervenire per corrente di guasto alimentate da rete RTN

**L'intervento della protezione di massima corrente provoca il blocco alla richiusura dell'interruttore posto a protezione del TR lato AT tramite l'attivazione del relè di blocco relè 86T**

### 5.5.3. **PROTEZIONI DI MASSIMA CORRENTE LATO AT 30 KV**

Le protezioni di massima corrente (50-51) posta sul lato MT del trasformatore in sottostazione (protezione generale) e protezioni sulle partenze linea verso la cabina di raccolta CS (linee 1 e 2 cabina CS) sono state impostate nel seguente modo:

- protezione generale:
  - F 51 = 1560 Amp che rappresentano circa il 10% in più della corrente nominale del trasformatore con una caratteristica a tempo inverso ( $K = 0,3$ ).
  - F 50 = 7000 Amp pari a 3.5 In del TA con una caratteristica a tempo definito pari a 750 ms in selettività cronometrica con le protezioni in partenza verso la cabina di raccolta CS e con la protezione di AT
- protezione linea L1 verso cabina CS:
  - F 51= 699 Amp con una soglia di sovraccarico a tempo inverso ( $K = 0,2$ )
  - F 67 = direzione di intervento verso cabina CS angolo  $90^\circ \pm 90^\circ$  6000 Amp pari a 7,5 In del TA con una caratteristica a tempo definito pari a 500 ms (direzione del guasto verso CS)
- protezione linea L1 da cabina CS:
  - F 51= 699 Amp con una soglia di sovraccarico a tempo inverso ( $K = 0,2$ )
  - F 67 = direzione di intervento verso cabina SS angolo  $90^\circ \pm 90^\circ$  6000 Amp pari a 7,5 In del TA con una caratteristica a tempo definito pari a 500 ms (direzione del guasto verso SS)
- protezione linee L3-L4, in partenza da quadro di raccolta CS:
  - F 51 = 280 Amp con una soglia di sovraccarico a tempo inverso ( $K = 0,2$ ).
  - F 67 = direzione di intervento verso cabina Generatori angolo  $90^\circ \pm 90^\circ$  3400 Amp pari a 8,5 In del TA con una caratteristica a tempo definito pari a 100 ms. (direzione del guasto verso generatori)

La contemporanea corrente di inserzione di n° 2 TR da 8000 KVA non provoca l'intervento della protezione ( $I_{rush\ totale} = 1900\ Amp$ )

- protezione linee L5-L6L7, in partenza da quadro di raccolta CS:
  - F 51 = 420 Amp con una soglia di sovraccarico a tempo inverso ( $K = 0,2$ ).

- F 67 = direzione di intervento verso cabina Generatori angolo  $90^{\circ} \pm 90^{\circ}$ - 4800 Amp pari a 8 In del TA con una caratteristica a tempo definito pari a 100 ms. (direzione del guasto verso generatori)

La contemporanea corrente di inserzione di n° 2 TR da 8000 KVA non provoca l'intervento della protezione (I rush totale = 2800 Amp)

Le impostazioni dei relè presenti sulla seconda semi sbarra sono identiche.

#### 5.5.4. **PROTEZIONI DIREZIONALI DI MASSIMA CORRENTE TERRA 67N**

Per quanto afferisce le soglie di massima corrente direzionale di terra si è considerato un ritardo di 300 ms tra le protezioni in cascata, con un valore minimo impostato sulle protezioni più a valle sulle partenze delle linee verso gli aerogeneratori pari a 100 ms e valore massimo di 700 ms sulle protezioni della partenza in sottostazione;

Tale impostazione garantisce una selettività cronometrica tra le protezioni installate nella cabina di raccolta e le protezioni in cabina di sottostazione.

Il valore di corrente impostato  $I_0$  è pari a 2 Amp, notevolmente più basso del valore minimo calcolato nelle varie ipotesi di guasto, inoltre tale valore garantisce l'intervento delle protezioni anche con impedenza di guasto elevata (guasto non franco a terra).

Il valore di tensione impostato  $U_0$  è pari 5% l'angolo caratteristico trovandoci di fronte ad una rete con neutro isolato è pari a  $90^{\circ} \pm 30^{\circ}$

La corrente di corto circuito monofase calcolata nell'impianto con una sola linea in esercizio dalla sottostazione è superiore a i 100 Amp.

Tutte le protezioni direzionali di terra proteggeranno i tratti di linea poste a valle delle stesse

#### 5.5.5. **PROTEZIONI DI MASSIMA TENSIONE OMOPOLARE (59V<sub>0</sub>)**

Sia sul quadro di media tensione di sottostazione che in quello in cabine di raccolta CS, si imposterà su ciascuna protezione generale una soglia di massima tensione omopolare che interverrà in rinalzo alle protezioni per guasto a terra 67N. La protezione 59V<sub>0</sub> che sarà impostata ad un valore del 5 % U<sub>0</sub> con un tempo di intervento di 1”;

## 6. SELETTIVITÀ

Project Title:	Selettività			Location:	Parco Eolico Torre di Ruggiero	
Setting Line	Protezione generale lato 30 kV					
Current Transformer	Current Primary	2000	Current Secondary	1	Ratio	2000
IEC	ANSI	Operation Mode	Start Current	Current Transformer	Current	Operate Time Time Multiplier
3>	51-1	Inverse	0,78	2000	1560	0,3
3>>	51-2	Definite Time	3,50	2000	7000	0,75
3>>>	51-3	Definite Time	3,50	2000	7000	0,75
Setting Line	Linea 1 SS da e Verso CS					
Current Transformer	Current Primary	800	Current Secondary	1	Ratio	800
IEC	ANSI	Operation Mode	Start Current	Current Transformer	Current	Operate Time Time Multiplier
3>	51-1	Inverse	0,87	800	699	0,2
3>>	67-1	Definite Time	7,50	800	6000	0,5
3>>>	67-2	Definite Time	7,50	800	6000	0,5
Setting Line	linee L3-L4 Aerogeneratori					
Current Transformer	Current Primary	400	Current Secondary	1	Ratio	400
IEC	ANSI	Operation Mode	Start Current	Current Transformer	Current	Operate Time Time Multiplier
3>	51-1	Inverse	0,70	400	280	0,2
3>>	67-1	Definite Time	8,50	400	3400	0,25
3>>>	67-2	Definite Time	8,50	400	3400	0,25

Setting Line	linee L5-L6-L7 Aereogeneratori					
Current Transformer	Current Primary	600	Current Secondary	1	Ratio	600
IEC	ANSI	Operation Mode	Start Current	Current Transformer	Current	Operate Time Time Multiplier
3>	51-1	Inverse	0,7	600	420	0,2
3>>	67-1	Definite Time	8	600	4800	0,25
3>>>	67-2	Definite Time	8	600	4800	0,25
Corrente In Rush Trafo 80000 kVA						
	Power (kVA)	Voltage (V)	Current (A)	Number of Terminals	Frequency (Hz)	
PRIMARY	80.000	36.000	1.284,52	3F+N	50	
SECONDARY	80.000	30.000	1.541,43	3F	50	
Setting Line						
Current Transformer	Current Primary	1	Current Secondary	1	Ratio	1
IEC	ANSI	Operation Mode	Start Current	Current Transformer	Current	Operate Time Time Multiplier
3>	51-1	Definite Time		1	0	
3>>	51-2	Definite Time		1	0	
3>>>	51-3	Definite Time		1	0	

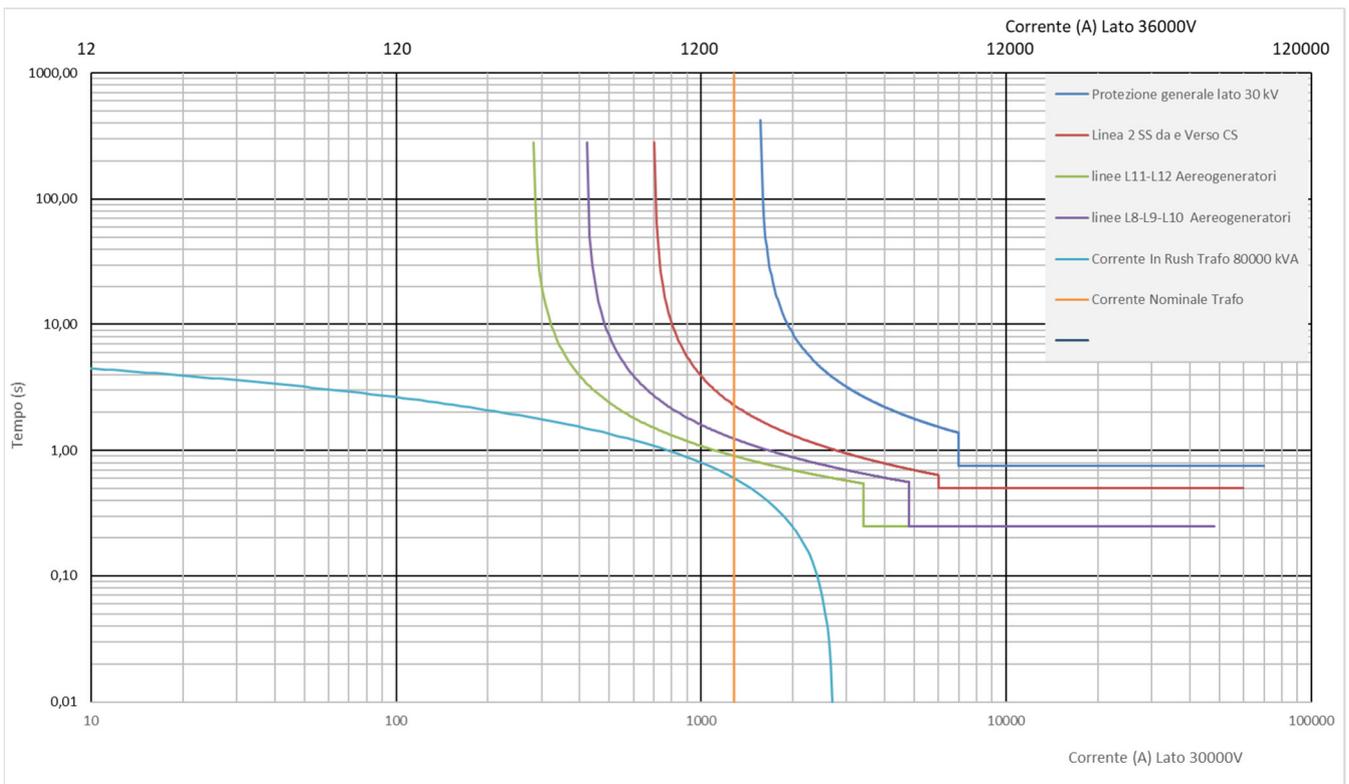
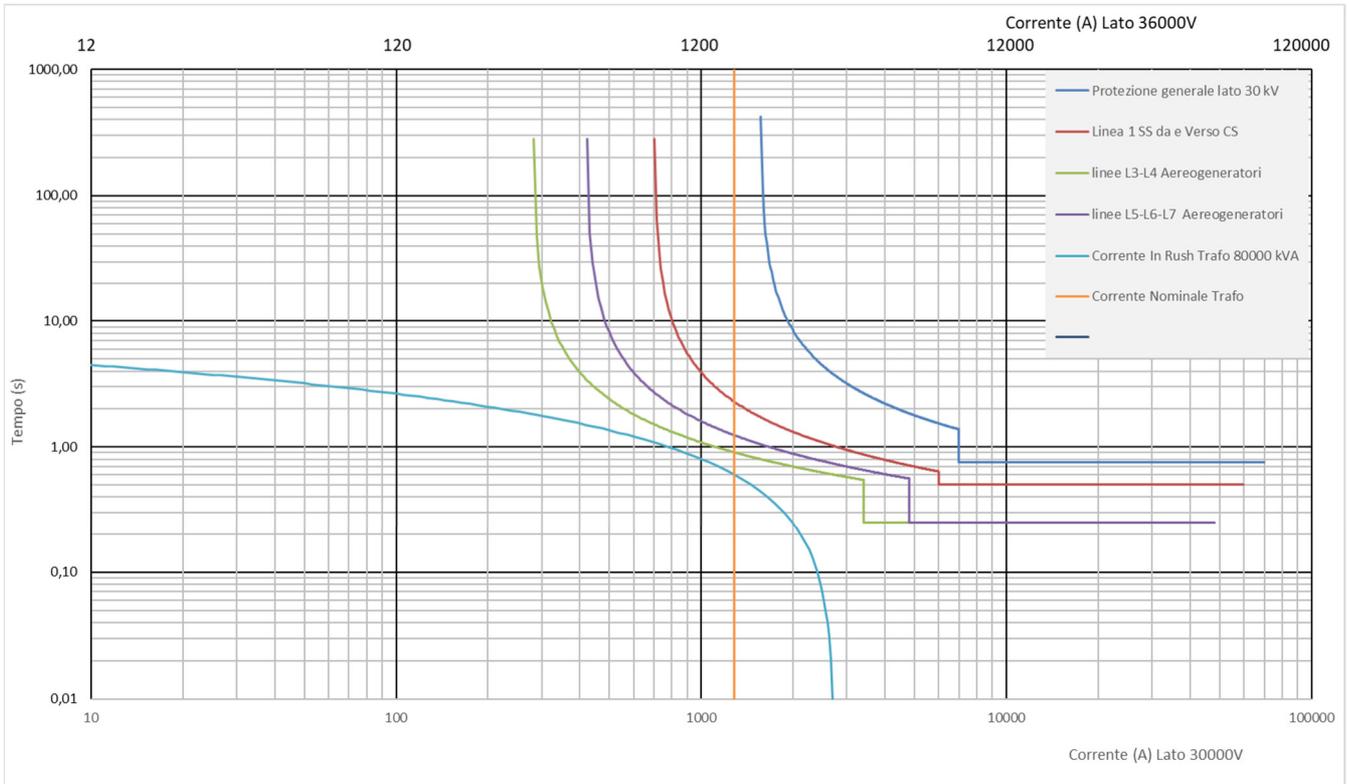
Project Title:	Selettività			Location:	Parco Eolico Torre di Ruggiero	
Setting Line	Protezione generale lato 30 kV					
Current Transformer	Current Primary	2000	Current Secondary	1	Ratio	2000
IEC	ANSI	Operation Mode	Start Current	Current Transformer	Current	Operate Time Time Multiplier
3>	51-1	Inverse	0,78	2000	1560	0,3
3>>	51-2	Definite Time	3,50	2000	7000	0,75
3>>>	51-3	Definite Time	3,50	2000	7000	0,75
Setting Line	Linea 2 SS da e Verso CS					
Current Transformer	Current Primary	800	Current Secondary	1	Ratio	800
IEC	ANSI	Operation Mode	Start Current	Current Transformer	Current	Operate Time Time Multiplier
3>	51-1	Inverse	0,87	800	699	0,2
3>>	67-1	Definite Time	7,50	800	6000	0,5
3>>>	67-2	Definite Time	7,50	800	6000	0,5
Setting Line	linee L11-L12 Aereogeneratori					
Current Transformer	Current Primary	400	Current Secondary	1	Ratio	400
IEC	ANSI	Operation Mode	Start Current	Current Transformer	Current	Operate Time Time Multiplier
3>	51-1	Inverse	0,70	400	280	0,2
3>>	67-1	Definite Time	8,50	400	3400	0,25
3>>>	67-2	Definite Time	8,50	400	3400	0,25

Setting Line	linee L8-L9-L10 Aereogeneratori					
Current Transformer	Current Primary	600	Current Secondary	1	Ratio	600
IEC	ANSI	Operation Mode	Start Current	Current Transformer	Current	Operate Time Multiplier
3>	51-1	Inverse	0,7	600	420	0,2
3>>	67-1	Definite Time	8	600	4800	0,25
3>>>	67-2	Definite Time	8	600	4800	0,25
Corrente In Rush Trafo 80000 kVA						
	Power (kVA)	Voltage (V)	Current (A)	Number of Terminals	Frequency (Hz)	
PRIMARY	80.000	36.000	1.284,52	3F+N	50	
SECONDARY	80.000	30.000	1.541,43	3F	50	
Setting Line						
Current Transformer	Current Primary	1	Current Secondary	1	Ratio	1
IEC	ANSI	Operation Mode	Start Current	Current Transformer	Current	Operate Time Multiplier
3>	51-1	Definite Time		1	0	
3>>	51-2	Definite Time		1	0	
3>>>	51-3	Definite Time		1	0	



Progetto relativo alla realizzazione di un impianto eolico costituito da 10 aerogeneratori da realizzare nei comuni di Torre di Ruggiero (CZ) e Chiaravalle Centrale (CZ) e relative opere di connessione alla R.T.N. ricadenti nel comune di Petrizzi (CZ)

**6.1. Grafici Selettività**



Elaborato: **Relazione tecnica Impianto Elettrico e Calcoli correnti di corto circuito**

Redazione:

**Wire Studio Srls**

Proponente: SKI W A1 s.r.l.

Rev. 0 – Marzo 2023

Pagina 24 di 40

## 7. CALCOLO CORRENTI DI CORTO CIRCUITO

### 7.1. Correnti da monte (contributo su rete MT)

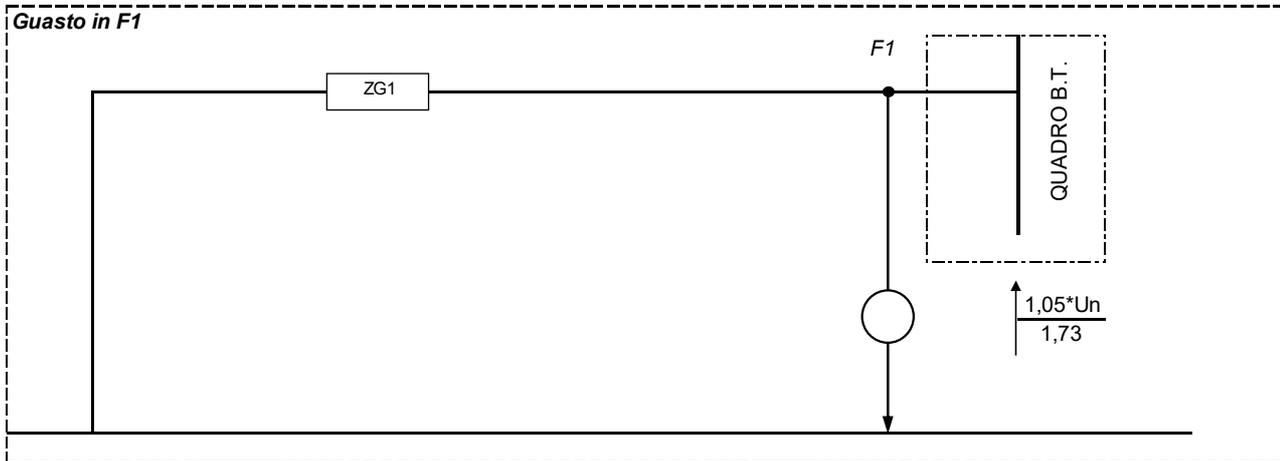
<b>IMPIANTO :</b>	Progetto di un impianto eolico costituito da 10 turbine da realizzarsi nei comuni di Torre di Ruggiero		
<b>OGGETTO :</b>	CALCOLO CORRENTI DI CORTO CIRCUITO $I''_k$ E $I_p$ CORRENTI DA MONTE ( CONTRIBUTO SU RETE MT)		
<b>PROGETTISTA</b>	LINO PISTILLI	N° di iscrizione	227
		Collegio di Campobasso	

RETE AT 36 KV					
DATI RETE			DATI TRASFORMATORE		
			TR		
			Tipo	in olio	
Unq	36	KV	Srt	80.000	KVA
S"kq	1500	MVA	Ukr	12,00	%
Qc	1,1	%	Pkr	289728	Watt
Zqt	0,9504	ohm	Po	49176	Watt
Xqt	0,95	ohm	V2	36.000	Volt
Rqt	0,10	ohm	V1	30000	Volt
			I1r	1284,52	Amp
			I2r	1541,43	Amp

DATI GENERATORI EOLICI IN BASSA TENSIONE								DATI TRASFORMATORE		
<b>G1-G10</b>								<b>TR1-TR5</b>		
<b>Tipo</b>	<b>Aereogeneratore da 7,2 mW</b>							<b>Tipo</b>	<b>in OLIO</b>	
SrG	7200	KVA	cos fi	0,95				Srt	8000,00	KVA
U <sub>IG</sub>	690	Volt						Ukr	9,50	%
I <sub>rm</sub>	<b>6031,67</b>	Amp						Pkr	84.240	Watt
I <sub>lm</sub>	18,09	kA						Po	4800	Watt
I <sub>lm</sub> /I <sub>rm</sub>	3							V2	30.000	Volt
X <sub>m</sub>	0,995	Zm	0,022	ohm				V1	690	Volt
R <sub>m</sub>	0,10	X <sub>m</sub>	0,002	ohm				I <sub>1r</sub>	154,1426	Amp
Z <sub>m</sub>	0,022	ohm						I <sub>2r</sub>	6701,851	Amp

CAVO ARE4H5E 18/30 KV													
I.D	L1	L3	L4	L5	L6	L7	L2	L8	L9	L10	L11	L12	
Sez.	630	300	300	400	300	300	630	400	300	300	300	300	mm <sup>2</sup>
n°//	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	
Lung.	19972	2552	1060	505	724	1036	19972	769	1485	1110	1849	770	mt
R/Km	0,053	0,150	0,111	0,103	0,115	0,111	0,053	0,103	0,115	0,111	0,115	0,111	Ohm/Km
X/Km	0,1	0,111	0,111	0,111	0,111	0,111	0,1	0,111	0,111	0,111	0,111	0,111	Ohm/Km
R	0,5302566	0,3828	0,11766	0,052015	0,08326	0,114996	0,5302566	0,079207	0,170775	0,12321	0,212635	0,08547	Ohm
X	0,9986	0,283272	0,11766	0,056055	0,080364	0,114996	0,9986	0,085359	0,164835	0,12321	0,205239	0,08547	Ohm

Calcolo delle correnti di cortocircuito  $I''_k$  e  $I_p$  in caso di corto circuito simmetrico trifase nel punto di guasto F1, con il contributo di GENERATORI Asincroni connessi alla rete



Calcolo della corrente di corto circuito generatore  
Contributo generatore n°1 in F1( correnti da valle)

$$I''_{KG1} = \frac{c \cdot U_n}{1,73 \cdot Z''_{KG1}} = \begin{matrix} 19,00 & \text{KA} & \text{val. max} \\ 17,191 & \text{KA} & \text{val. min.} \end{matrix}$$

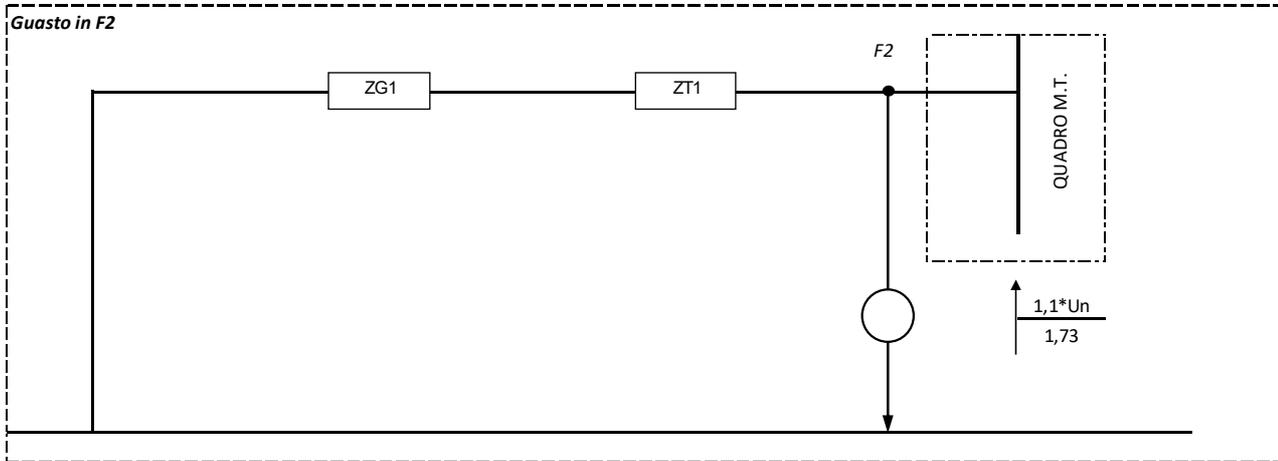
$$Z''_{KG1} = 0,022 \text{ m ohm}$$

Calcolo della corrente di cresta  $I_p.c$

$$K = 1,02 + 0,98 e^{-3 \cdot R/X} \quad R/X = 0,1 \quad K = 1,7460$$

$$I_{PG1} = K \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{KG1} = 46,916 \text{ KA}$$

Per maggiore comprensione vedi schema allegato



**Trasformatore**

La reattanza equivalente riportata al secondario del T1 (30.000 Volt) sarà:

$$Z_{2T1} = \frac{U_{krT1}}{100\%} \times \frac{U^2_{1,AT4}}{S_{rT1}} = 10688 \text{ mohm} \quad X_{2T1} = Z_{2T1}^2 - R_{2T1}^2 \quad X_{2T1} = 10622 \text{ m ohm}$$

$$R_{2T1} = \frac{P_{kr}}{3I^2_r T1 * tr^2} = 1181,82 \text{ mohm}$$

$$tr^2_{Z''G1} = tr^2 (R''_{G1} + X''_{G1}) = 4,15 + j \quad 41 \text{ mohm} \quad t_r^2 = 1890,3592$$

$$Z''_{T1} = (R''_{T1} + X''_{T1}) = 1181,82 + j \quad 10621,96 \text{ mohm}$$

$$Z''_{.G1-T1} = 1185,97 + j \quad 10663 \text{ mohm} \quad Z''_{.G1-T1} = 10729 \text{ mohm}$$

**Calcolo delle correnti di cortocircuito I''k in F2**

$$I''_{KG1(F2)} = \frac{c * Un}{1,73 * Z''_{.G1-T1}} = \begin{matrix} 1,778 & \text{KA} & \text{val. max} \\ 1,455 & \text{KA} & \text{val. min.} \end{matrix}$$

**Calcolo della corrente di cresta Ip.c**

$$K = 1.02 + 0,98 e^{-3 * R/X} \quad R/X = 0,1112183 \quad K = 1,7220$$

$$I_{P(F2)} = K * \sqrt{2 * I''_{KG1-T1}} = 4,330 \text{ KA}$$

**Calcolo delle correnti di cortocircuito I''k in F4 (correnti da valle) contributo del singolo ramo**

	R	J X		R	J X		R	J X		mohm
<b>G4</b>	1185,97	10663	<b>G10</b>	1185,97	10663	<b>G3</b>	1185,97	10663		
L8	79,207	85,359	L8	79,207	85,359	L8	79,207	85,359		
			L9	170,775	164,835	L9	170,775	164,835		
						L10	123,21	123,21		
Z <sub>G4</sub>	<b>10823</b>		Z <sub>G2</sub>	<b>11008</b>		Z <sub>G1</sub>	<b>11146</b>			
I'' <sub>KG4(F3)</sub>	<b>1,7625</b>		I'' <sub>KG2(F3)</sub>	<b>1,7329</b>		I'' <sub>KG1(F3)</sub>	<b>1,7113</b>			kA
I'' <sub>KG4(F3)&lt;</sub>	<b>1,4420</b>		I'' <sub>KG2(F3)&lt;</sub>	<b>1,4178</b>		I'' <sub>KG1(F3)&lt;</sub>	<b>1,4002</b>			
R/X	0,1177		R/X	0,1316		R/X	0,1413			
K	1,7084		K	1,6804		K	1,6615			
	<b>4,2583</b>			<b>4,1181</b>			<b>4,0210</b>			
I <sub>PG4(F3)&lt;</sub>	<b>3,4841</b>		I <sub>PG10(F3)</sub>	<b>3,3694</b>		I <sub>PG3(F3)</sub>	<b>3,2899</b>			kA
I'' <sub>K1(F4)</sub>									<b>5,20669</b>	kA
I'' <sub>KP(F4)</sub>									<b>12,3975</b>	kA
I'' <sub>K1(F4)&lt;</sub>									<b>4,2600</b>	kA
I'' <sub>KP(F4)&lt;</sub>									<b>10,1434</b>	kA

**Calcolo delle correnti di cortocircuito I''k in F4 (correnti da valle) contributo del singolo ramo**

	R	J X		R	J X		R	J X		mohm
<b>G1</b>	1185,97	10663	<b>G2</b>	1185,97	10663					
L11	212,635	205,239	L11	212,635	205,239					
			L12	85,47	85,47					
Z <sub>G4</sub>	<b>10958</b>		Z <sub>G5</sub>	<b>11054</b>						
I'' <sub>KG4(F4)</sub>	<b>1,7407</b>		I'' <sub>KG5(F4)</sub>	<b>1,7256</b>						kA
	<b>1,4242</b>			<b>1,4119</b>						
R/X	0,1287		R/X	0,1355						
K	1,6861		K	1,6727						
	<b>4,1508</b>			<b>4,0820</b>						
I <sub>PG4(F4)</sub>	<b>3,3961</b>		I <sub>PG5(F4)</sub>	<b>3,3398</b>						kA
I'' <sub>K1(F4)</sub>									<b>3,4663</b>	kA
I'' <sub>KP(F4)</sub>									<b>6,7360</b>	kA
I'' <sub>K1(F4)&lt;</sub>									<b>2,8361</b>	kA
I'' <sub>KP(F4)&lt;</sub>									<b>6,7360</b>	kA

**Calcolo delle correnti di cortocircuito I''k in F6 (correnti da valle) contributo di tutti i rami**
**corrente di cortocircuito simmetrica**

$$I''_{Kt(F6)} = I''_{Kt(F3)} + I''_{Kt(F4)} = 8,6730 \text{ kA val. max} \quad 7,0961 \text{ kA val. min.}$$

**corrente di cortocircuito di picco**

$$I''_{Kp(F6)} = I''_{Kp(F3)} + I''_{Kp(F4)} = 19,1334 \text{ kA val. max} \quad 16,8793 \text{ kA val. min.}$$

**Calcolo delle correnti di cortocircuito I''k in F8 (correnti da valle)**

$$S''_{kq(F6)} = 1,73 * U_{nq(F6)} * I''_{kt(F6)} = 450,13 \text{ MVA val. max} \quad 368,29 \text{ MVA val. min.}$$

$$Z_{qt(F6)} = \frac{C * Unq^2}{S''_{kq(F6)}} = 2,20 \text{ ohm} \quad 2,69 \text{ ohm}$$

$$X_{qt(F6)} = 0,995 * Z_{qt} = 2,19 \text{ ohm} \quad 2,67 \text{ ohm}$$

$$R_{qt(F6)} = 0,100 * Z_{qt} = 0,22 \text{ ohm} \quad 0,27 \text{ ohm}$$

**calcolo delle correnti di cortocircuito in F8 da linea L2 in servizio**

$$Z_{t(F7)} = Z_{qt(F6)} + Z_{L1} = 3,27 \text{ ohm max.} \quad 3,76 \text{ ohm max.}$$

$$I''_{Kt(F7)} = \frac{c * Un}{1,73 * Z''_{t(F7)}} = 5,826 \text{ kA val. max} \quad 5,074 \text{ kA val. min.}$$

**Calcolo della corrente di cresta Ip.c**

$$K = \sqrt{\frac{1,02+0,98}{2}} e^{-3 * R/X} \quad R/X = 0,2353937 \quad K = 1,5037$$

$$I_{P(F7)} = K * 2 * I''_{Kt(F7)} = 12,389 \text{ kA val. max} \quad 10,790 \text{ kA val. min.}$$

**Calcolo delle correnti di cortocircuito I''k in F3 (correnti da valle) contributo del singolo ramo**

	R	J X		R	J X		R	J X		mohm
<b>G5</b>	1185,97	10663	<b>G6</b>	1185,97	10663	<b>G7</b>	1185,97	10663		
L5	52,015	56,055	L5	52,015	56,055	L5	52,015	56,055		
			L6	83,26	80,364	L6	83,26	80,364		
						L7	114,996	114,996		
Z <sub>G5</sub>	<b>10791</b>		Z <sub>G6</sub>	<b>10880</b>		Z <sub>G7</sub>	<b>11009</b>			
I'' <sub>KG5(F3)</sub>	<b>1,7677</b>		I'' <sub>KG6(F3)</sub>	<b>1,7532</b>		I'' <sub>KG7(F3)</sub>	<b>1,7327</b>		kA	
I'' <sub>KG5(F3)&lt;</sub>	<b>1,4463</b>		I'' <sub>KG6(F3)&lt;</sub>	<b>1,4344</b>		I'' <sub>KG7(F3)&lt;</sub>	<b>1,4177</b>			
R/X	0,1155		R/X	0,1223		R/X	0,1316			
K	<b>1,7130</b>		K	<b>1,6989</b>		K	<b>1,6804</b>			
	<b>4,2710</b>			<b>4,1663</b>			<b>4,0713</b>			
I <sub>PG5(F3)&lt;</sub>	<b>3,4945</b>		I <sub>PG6(F3)</sub>	<b>3,4088</b>		I <sub>PG7(F3)</sub>	<b>3,3310</b>		kA	
I'' <sub>K1(F3)</sub>	<b>5,25361</b>								kA	
I'' <sub>KP(F3)</sub>	<b>12,5086</b>								kA	
I'' <sub>K1(F3)&lt;</sub>	<b>4,2984</b>								kA	
I'' <sub>KP(F3)&lt;</sub>	<b>10,2343</b>								kA	

**Calcolo delle correnti di cortocircuito I''k in F3 (correnti da valle) contributo del singolo ramo**

	R	J X		R	J X		R	J X		mohm
<b>G8</b>	1185,97	10663	<b>G9</b>	1185,97	10663					
L3	382,8	283,272	L3	382,8	283,272					
			L4	117,66	117,66					
Z <sub>G8</sub>	<b>11059</b>		Z <sub>G9</sub>	<b>11192</b>						
I'' <sub>KG8(F3)</sub>	<b>1,7249</b>		I'' <sub>KG9(F4)</sub>	<b>1,7043</b>					kA	
	<b>1,4113</b>			<b>1,3945</b>						
R/X	0,1433		R/X	0,1524						
K	<b>1,6575</b>		K	<b>1,6404</b>						
	<b>4,1508</b>			<b>4,0820</b>						
I <sub>PG8(F3)</sub>	<b>3,3961</b>		I <sub>PG9(F4)</sub>	<b>3,3398</b>					kA	
I'' <sub>K1(F3)</sub>	<b>3,4293</b>								kA	
I'' <sub>KP(F3)</sub>	<b>6,7360</b>								kA	
I'' <sub>K1(F3)&lt;</sub>	<b>2,8058</b>								kA	
I'' <sub>KP(F3)&lt;</sub>	<b>6,7360</b>								kA	

**Calcolo delle correnti di cortocircuito I''k in F6 (correnti da valle) contributo di tutti i rami**

**corrente di cortocircuito simmetrica**

$$I''_{kt(F6)} = I''_{kt(F3)} + I''_{kt(F4)} = 8,6829 \text{ kA val. max} \quad 7,1042 \text{ kA val. min.}$$

**corrente di cortocircuito di picco**

$$I''_{kp(F6)} = I''_{kp(F3)} + I''_{kp(F4)} = 19,2445 \text{ kA val. max} \quad 16,9703 \text{ kA val. min.}$$

**Calcolo delle correnti di cortocircuito I''k in F8 (correnti da valle)**

$$S''_{kq(F6)} = 1,73 * U_{nq(F6)} * I''_{kt(F6)} = 450,64 \text{ MVA val. max} \quad 368,71 \text{ MVA val. min.}$$

$$Zqt_{(F6)} = \frac{C * Unq^2}{S''_{kq(F6)}} = 2,20 \text{ ohm} \quad 2,69 \text{ ohm}$$

$$Xqt_{(F6)} = 0,995 * Zqt = 2,19 \text{ ohm} \quad 2,67 \text{ ohm}$$

$$Rqt_{(F6)} = 0,100 * Zqt = 0,22 \text{ ohm} \quad 0,27 \text{ ohm}$$

**calcolo delle correnti di cortocircuito in F8 da linea L1 in servizio**

$$Zt_{(F7)} = Zqt_{(F6)} + Z_{L1} = 3,27 \text{ ohm max.} \quad 3,76 \text{ ohm max.}$$

$$I''_{kt(F7)} = \frac{c * Un}{1,73 * Z''_{t(F7)}} = 5,831 \text{ kA val. max} \quad 5,078 \text{ kA val. min.}$$

**Calcolo della corrente di cresta Ip.c**

$$K = 1.02 + 0,98 e^{-3 * R/X} \quad R/X = 0,2354991 \quad K = 1,5035$$

$$I_{p(F7)} = K * \sqrt{2 * I''_{kt(F7)}} = 12,397 \text{ kA val. max} \quad 10,798 \text{ kA val. min.}$$

**calcolo delle correnti di cortocircuito in F10**

**Trasformatore**

La reattanza equivalente del TR (36.000 Volt) sarà:

$$Z_{TR} = \frac{U_{kTR}}{100\%} \times \frac{U^2_{1rTR}}{S_{rTR}} = 1,94 \text{ ohm} \quad X_{2TR} = Z^2_{2TR} - R^2_{2TR} \quad X_{2TR} = 1,94 \text{ ohm}$$

$$R_{2TR} = \frac{P_{kr}}{3I^2_r T_1 * t_r^2} = 0,06 \text{ mohm}$$

$$S''_{kq(F6)} = 1,73 * U_{nq(F6)} * I''_{kt(F6)} = 900,77 \text{ MVA val. max} \quad 736,99 \text{ MVA val. min.}$$

$$Zqt_{(F6)} = \frac{C * Unq^2}{S''_{kq(F6)}} \quad 1,10 \text{ ohm} \quad 1,34 \text{ ohm}$$

$$Xqt_{(F6)} = 0,995 * Zqt \quad 1,09 \text{ ohm} \quad 1,34 \text{ ohm}$$

$$Rqt_{(F6)} = 0,100 * Zqt \quad 0,11 \text{ ohm} \quad 0,13 \text{ ohm}$$

$$tr^2_{ZT(F9)Max} = tr^2 (R_{(F9)} + X_{(F9)}) = 0,54 + j \quad 2,29 \text{ mohm} \quad t_r^2 = 1,44$$

$$Z''_{TR} = (R_{TR} + X_{TR}) = 0,06 + j \quad 1,94 \text{ mohm}$$

$$Z_{(F10)max} = 0,60 + j \quad 4 \text{ ohm} \quad Z''_{.G1-T1} = 4,28 \text{ ohm}$$

$$tr^2_{ZT(F9)Min} = tr^2 (R_{(F9)} + X_{(F9)}) = 0,58 + j \quad 2,64 \text{ mohm}$$

$$Z_{(F10)Minx} = 0,63 + j \quad 5 \text{ ohm} \quad Z''_{.G1-T1} = 4,63 \text{ ohm}$$

**Calcolo delle correnti di cortocircuito I''k in F10**

$$I''_{k(F10)} = \frac{c * Un}{1,73 * Z_{(F10)}} = 5,350 \text{ KA Val Max} \quad 4,943 \text{ KA Val Min}$$

**Calcolo della corrente di cresta Ip.c**

$$K = 1.02 + 0,98 e^{-3 * R/X} \quad R/X = 0,1412798 \quad K = 1,6614$$

$$I_{P(F10)} = K * \sqrt{2 * I''_{k(F10)}} = 12,569 \text{ KA}$$

**7.2. Correnti da monte (contributo su rete MT)**

<b>IMPIANTO :</b>	Progetto di un impianto eolico costituito da 10 turbine da realizzarsi nei comuni di Torre di Ruggiero		
<b>OGGETTO :</b>	CALCOLO CORRENTI DI CORTO CIRCUITO $I''_k$ E $I_p$ CORRENTI DA MONTE ( CONTRIBUTO SU RETE MT)		
<b>PROGETTISTA</b>	LINO PISTILLI	N° di iscrizione	227
		Collegio di Campobasso	

RETE AT 36KV								
DATI RETE VALORI MASSIMI			DATI RETE VALORI MINIMI			DATI TRASFORMATORE		
						TR		
						Tipo	in olio	
Unq	36	KV	Unq	36	KV	Srt	80.000	KVA
S"kg	1500	MVA	S"kg	882	MVA	Ukr	12,00	%
Qc	1,1	%	Qc	1,1	%	Pkr	289728	Watt
Zqt	0,9504	ohm	Zqt	1,616	ohm	Po	49176	Watt
Xqt	0,95	ohm	Xqt	1,61	ohm	V2	36.000	Volt
Rqt	0,10	ohm	Rqt	0,16	ohm	V1	30000	Volt
						I1r	1284,52	Amp
						I2r	1541,43	Amp

DATI GENERATORI EOLICI IN BASSA TENSIONE								DATI TRASFORMATORE		
G1-G10								TR1-TR5		
Tipo	Aerogeneratore da 7,2 mW							Tipo	in OLIO	
SrG	7200	KVA	cos fi	0,95				Srt	8000	KVA
UrG	690	Volt						Ukr	9,5	%
Irm	6031,67	ohm						Pkr	84240	Watt
Ilm	18,09	p.u						Po	4800	Watt
Ilm/Irm	3	p.u						V2	30000	Volt
Xm	0,995	p.u	0,0219315	ohm				V1	690	Volt
Rm	0,1	p.u	0,0021931	ohm				I1r	154,1426	Amp
Zm	0,02	ohm	0	0				I2r	6701,851	Amp

CAVO ARE4H5E 18/30 KV													
I.D	L1	L3	L4	L5	L6	L7	L2	L8	L9	L10	L11	L12	
Sez.	630	300	300	400	300	300	630	400	300	300	300	300	mm <sup>2</sup>
n°//	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	
Lung.	19972	2552	1060	505	724	1036	19972	769	1485	1110	1849	770	mt
R 85°/Km	0,053	0,150	0,111	0,103	0,115	0,111	0,053	0,103	0,115	0,111	0,115	0,111	Ohm/Km
X/Km	0,1	0,111	0,111	0,111	0,111	0,111	0,1	0,111	0,111	0,111	0,111	0,111	Ohm/Km
R	0,5302566	0,3828	0,11766	0,052015	0,08326	0,114996	0,5302566	0,079207	0,170775	0,12321	0,212635	0,08547	Ohm
X	0,9986	0,283272	0,11766	0,056055	0,080364	0,114996	0,9986	0,085359	0,164835	0,12321	0,205239	0,08547	Ohm

**determinazione delle impedenze di sequenza diretta**
**La reattanza equivalente del TR (30.000 Volt) sarà:**

$$Z_{TR} = \frac{U_{kTR}}{100\%} \times \frac{U^2 Z_{rTR}}{S_{rTR}} = 1,35 \text{ ohm} \quad X_{2TR} = Z_{2TR}^2 - R_{2TR}^2 \quad X_{2TR} = 1,35 \text{ ohm}$$

$$R_{2TR} = \frac{P_{kr}}{3I_r^2 T_1 * t_r^2} = 0,04 \text{ mohm}$$

**impedenza della rete di alimentazione riportata lato media tensione ( valori max e min.)**

$$Z_{qt(F9)} = \frac{C * Unq^2}{S''_{kq(F9)}} \times \frac{1}{t^2 r} \quad 0,66 \text{ ohm val max} \quad 1,12 \text{ ohm val min.}$$

$$X_{qt(F9)} = 0,995 * Z_{qt} \quad 0,657 \text{ ohm} \quad X_{qt(F9)} = 0,995 * Z_{qt} \quad 1,117 \text{ ohm}$$

$$R_{qt(F9)} = 0,100 * Z_{qt} \quad 0,066 \text{ ohm} \quad R_{qt(F9)} = 0,100 * Z_{qt} \quad 0,112 \text{ ohm}$$

**calcolo delle correnti di cortocircuito in F9**

$$Z_{t(F9)} = Z_{qt(F9)} + ( Z_{TR} ) \quad 2,01 \text{ ohm val max} \quad 2,47 \text{ ohm val min}$$

$$I''_{Kt(F9)} = \frac{c * Un}{1,73 * Z''_{t(F9)}} = 9,495 \text{ KA val. max} \quad 7,02 \text{ KA val. min.} \quad I''_{K2t(F9)} = 8,213 \text{ KA val. max} \quad 6,069 \text{ KA val. min.}$$

**Calcolo della corrente di cresta Ip.c**

$$K = 1.02 + 0,98 e^{-3 * R/X} \quad R/X = 0,0531615 \quad K = 1,8555$$

$$R/X = 0,0619941 \quad K = 1,8337$$

$$I_{P(F9)} = K * \sqrt{2 * I''_{Kt(F9)}} = 24,917 \text{ KA val. max} \quad 18,195 \text{ KA val. min.}$$

**calcolo delle correnti di cortocircuito in F6**

$$Z_{t(F6)} = Z_{qt(F9)} + Z_{TR} + Z_{L1} \quad 2,53 \text{ ohm val max} \quad 3,00 \text{ ohm val min}$$

$$I''_{Kt(F6)} = \frac{c * Un}{1,73 * Z''_{t(F6)}} = 7,531 \text{ KA val. max} \quad 5,789 \text{ KA val. min.} \quad I''_{K2t(F6)} = 6,514 \text{ KA val. max} \quad 5,008 \text{ KA val. min.}$$

**Calcolo della corrente di cresta Ip.c**

$$K = 1.02 + 0,98 e^{-3 * R/X} \quad R/X = 0,1483901 \quad K = 1,6479$$

$$R/X = 0,1409598 \quad K = 1,6621$$

$$I_{P(F9)} = K * \sqrt{2 * I''_{Kt(F9)}} = 17,551 \text{ KA val max} \quad 13,607 \text{ KA val min}$$

### 7.3. Legenda simboli utilizzati come da norma cei

#### Simboli

A	Valore iniziale della componente aperiodica
c	Fattore di tensione
$cU_{nI}\sqrt{3}$	Sorgente di tensione equivalente (valore efficace)
$E''$	Tensione subtransitoria di una macchina sincrona
f	Frequenza (50 Hz o 60 Hz)
$I_b$	Corrente di cortocircuito simmetrica d'interruzione (valore efficace)
$I_{b\ asym}$	Corrente di cortocircuito asimmetrica d'interruzione (valore efficace)
$I_k$	Corrente di cortocircuito permanente (valore efficace)
$I_{kP}$	Corrente di cortocircuito permanente ai terminali di un generatore a eccitazione "compound"
$I''_k$ o $I''_{k3}$	Corrente di cortocircuito simmetrica iniziale (valore efficace)
$I_{LR}$	Corrente a rotore bloccato di un motore asincrono
$i_{DC}$	Componente aperiodica decrescente della corrente di cortocircuito
$i_p$	Valore di cresta della corrente di cortocircuito
K	Fattore di correzione delle impedenze
$P_{krT}$	Perdite totali degli avvolgimenti di un trasformatore alla corrente nominale
q	Fattore per il calcolo delle correnti d'interruzione dei motori asincroni
$q_n$	Sezione nominale
R o r	Resistenza, in valore assoluto o relativo
$R_G$	Resistenza fittizia di una macchina sincrona per il calcolo di $I''_k$ e $i_p$
$S''_k$	Potenza di cortocircuito simmetrica iniziale (potenza apparente)
$S_r$	Potenza nominale apparente di un componente elettrico
$t_t$	Rapporto di trasformazione fittizio
$t_{min}$	Tempo minimo di ritardo
$t_r$	Rapporto di trasformazione nominale (commutatore di presa in posizione principale); $t_r \geq 1$
$U_n$	Tensione nominale tra fasi di una rete (valore efficace)
$U_r$	Tensione assegnata o nominale tra fasi di una rete (valore efficace)
$u_{kr}$	Tensione di cortocircuito nominale, in percentuale
$u_{Rr}$	Tensione resistiva nominale, in percentuale
$\underline{U}_{(1)}, \underline{U}_{(2)}, \underline{U}_{(0)}$	Tensioni, di sequenza diretta, inversa e omopolare
X o x	Reattanza, in valore assoluto o relativo
$X_d$ o $X_q$	Reattanza sincrona, in fase o in quadratura
$X_{dP}$	Reattanza fittizia di un alternatore a eccitazione "compound" durante un cortocircuito permanente ai terminali, quando si tenga conto dell'eccitazione
$X''_d$ o $X''_q$	Reattanza subtransitoria di una macchina sincrona (valore alla saturazione), in fase o in quadratura
$X_{d\ sat}$	Reciproco del rapporto di cortocircuito
Z o z	Impedenza, in valore assoluto o relativo
$Z_k$	Impedenza di cortocircuito di un sistema trifase in corrente alternata
$Z_{(1)}$	Impedenza di cortocircuito di sequenza diretta
$Z_{(2)}$	Impedenza di cortocircuito di sequenza inversa
$Z_{(0)}$	Impedenza di cortocircuito di sequenza omopolare
$\eta$	Rendimento dei motori asincroni
$\kappa$	Fattore relativo al calcolo del valore di cresta della corrente di cortocircuito
$\lambda$	Fattore relativo al calcolo della corrente di cortocircuito permanente
$\mu$	Fattore relativo al calcolo delle correnti simmetriche d'interruzione di cortocircuito
$\mu_0$	Permeabilità assoluta del vuoto...
$\rho$	Resistività
$\varphi$	Angolo di fase

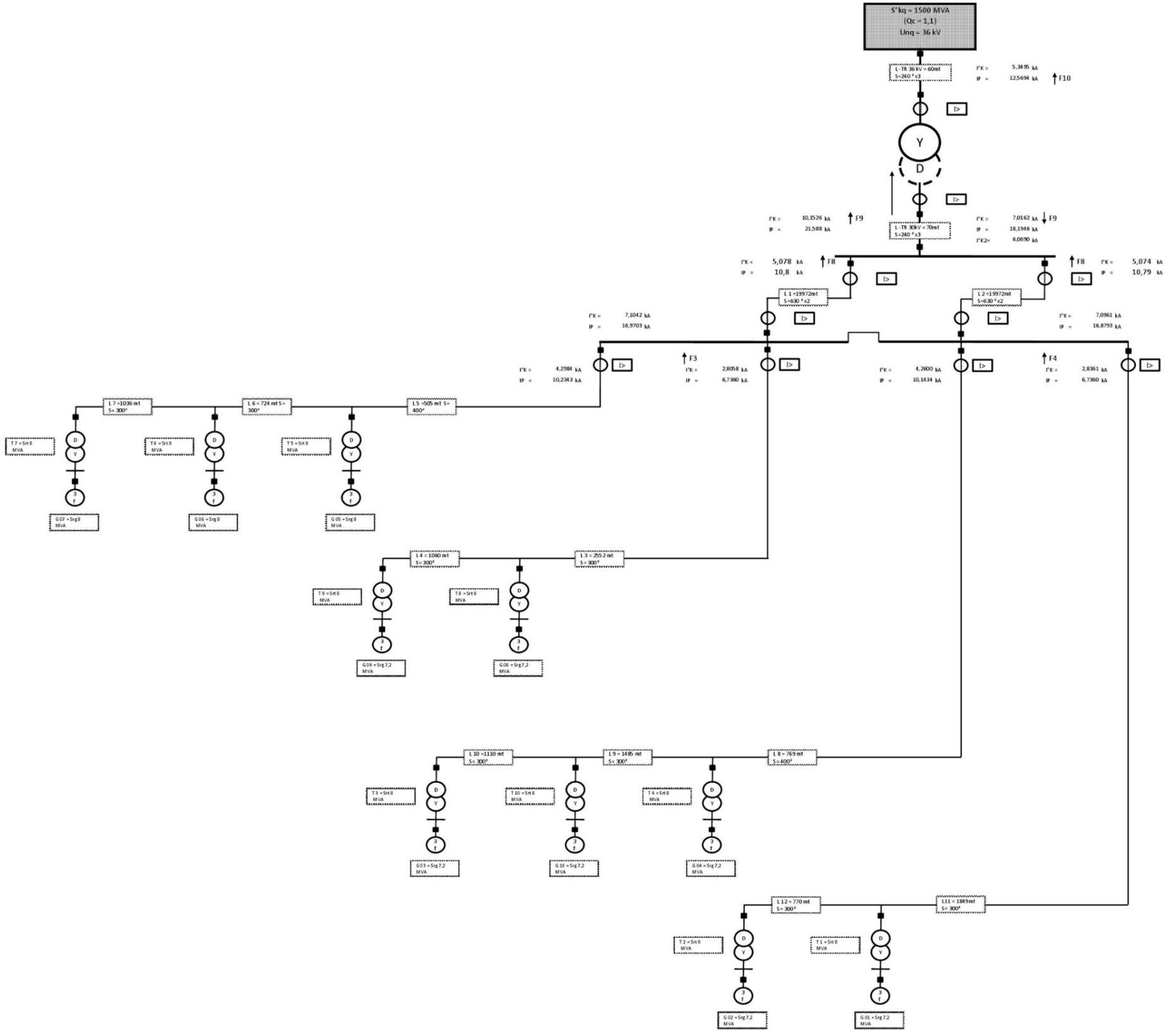
**Indici inferiori**

(1)	Componente di sequenza diretta
(2)	Componente di sequenza inversa
(0)	Componente di sequenza omopolare
f	Fittizio (fittizia)
k o k3	Cortocircuito trifase
k1	Cortocircuito monofase, fase-neutro o fase-terra
k2	Cortocircuito bifase isolato
k2E o kE2E	Cortocircuito bifase a terra, rispettivamente corrente di fase o corrente di terra
max	Massimo
min.	Minimo
n	Valore nominale del sistema (VEI 151-04-01)
r	Valore nominale (di targa) del macchinario e dell'apparecchiatura (VEI 151-04-03)
rsl	Risultante
t	Valore trasformato
AT	Trasformatore ausiliario
B	Sbarre collettrici
E	Terra
F	Guasto, posizione di guasto
G	Generatore (alternatore)
HV	Alta tensione, avvolgimento ad alta tensione di un trasformatore
LV	Bassa tensione, avvolgimento a bassa tensione di un trasformatore
L	Linea (o fase)
LR	Rotore bloccato
L1,L2,L3	Fase 1,2,3 di un sistema trifase
M	Motore o gruppo di motori asincroni
M	Senza motore
MV	Media tensione, avvolgimento a media tensione di un trasformatore
N	Neutro di un sistema trifase in corrente alternata
P	Terminale, polo
PSU	Gruppo di produzione (alternatore e relativo trasformatore)
Q	Punto di connessione ad un'alimentazione
T	Trasformatore

**Indici superiori**

- ” Valore iniziale (subtransitorio)
- ’ Resistenza o reattanza per unità di lunghezza

**7.4. Schema unifilare semplificato con valori Min**



**7.5. Schema unifilare semplificato con valori Max**

