

**REQUISITI E CARATTERISTICHE DI RIFERIMENTO  
DI STAZIONI E LINEE ELETTRICHE DELLA RTN**

**Storia delle revisioni**

Rev.00	20/04/2006	Prima emissione
Rev.01	30/10/2006	Seconda emissione
Rev. 02	26/05/2015	Revisione della parte relativa alle Stazioni, ed integrazioni con i requisiti per le Linee aeree ed in cavo.

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>SCOPO .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>CAMPO DI APPLICAZIONE .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI E DI LEGGE.....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>RIFERIMENTI TECNICI TERNA .....</b>	<b>13</b>
<b>4.1</b>	<b>Progetto Unificato .....</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>DEFINIZIONI.....</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>CONDIZIONI AMBIENTALI DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>13</b>
<b>6.1</b>	<b>Stazioni elettriche.....</b>	<b>13</b>
<b>6.2</b>	<b>Linee elettriche.....</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>STANDARD TECNICI DELLE STAZIONI ELETTRICHE.....</b>	<b>14</b>
<b>7.1</b>	<b>Generalità.....</b>	<b>14</b>
<b>7.2</b>	<b>Riferimenti particolari .....</b>	<b>15</b>
<b>7.2.1</b>	<b><i>Classificazione sismica.....</i></b>	<b>15</b>
<b>7.2.2</b>	<b><i>Rumore.....</i></b>	<b>15</b>
<b>7.2.3</b>	<b><i>Effetto corona e compatibilità elettromagnetica.....</i></b>	<b>15</b>
<b>7.2.4</b>	<b><i>Campi elettrici e magnetici, radiofrequenze .....</i></b>	<b>15</b>
<b>7.3</b>	<b>CLASSIFICAZIONE DELLE STAZIONI ELETTRICHE TERNA.....</b>	<b>15</b>
<b>7.4</b>	<b>Criteri di coordinamento dell'isolamento .....</b>	<b>16</b>
<b>7.5</b>	<b>Livelli di corto circuito e correnti di guasto a terra.....</b>	<b>16</b>
<b>7.6</b>	<b>Correnti termiche nominali.....</b>	<b>17</b>
<b>7.7</b>	<b>Apparecchiature AT, macchinario e componenti di stazione .....</b>	<b>17</b>
<b>7.7.1</b>	<b><i>Interruttori .....</i></b>	<b>17</b>
<b>7.7.2</b>	<b><i>Sezionatori .....</i></b>	<b>17</b>
<b>7.7.3</b>	<b><i>Macchinario.....</i></b>	<b>17</b>
<b>7.7.4</b>	<b><i>Isolatori passanti .....</i></b>	<b>17</b>
<b>7.7.5</b>	<b><i>Trasformatori di corrente (TA) .....</i></b>	<b>18</b>
<b>7.7.6</b>	<b><i>Trasformatori di tensione (TV).....</i></b>	<b>18</b>
<b>7.7.7</b>	<b><i>Scaricatori.....</i></b>	<b>18</b>
<b>7.7.8</b>	<b><i>Batterie di condensatori di rifasamento.....</i></b>	<b>18</b>
<b>7.7.9</b>	<b><i>Bobine di sbarramento e dispositivi di accoppiamento.....</i></b>	<b>18</b>
<b>7.8</b>	<b>Sostegni per apparecchiature di stazione e sostegni portale.....</b>	<b>19</b>

<b>7.9</b>	<b>Isolatori portanti e di manovra .....</b>	<b>20</b>
<b>7.10</b>	<b>Morsetteria AT di stazione .....</b>	<b>20</b>
<b>7.11</b>	<b>Sistema di sbarre e conduttori di collegamento .....</b>	<b>20</b>
<b>7.12</b>	<b>Cavi AT.....</b>	<b>21</b>
<b>7.13</b>	<b>Impianto di terra .....</b>	<b>22</b>
<b>7.14</b>	<b>Opere Civili ed Edifici.....</b>	<b>23</b>
<b>7.14.1</b>	<b><i>Dimensionamento delle opere .....</i></b>	<b>24</b>
<b>7.14.2</b>	<b><i>Caratteristiche antisismiche .....</i></b>	<b>24</b>
<b>7.14.3</b>	<b><i>Edifici Servizi Ausiliari e Sala Quadri.....</i></b>	<b>25</b>
<b>7.14.4</b>	<b><i>Edificio di consegna MT.....</i></b>	<b>26</b>
<b>7.14.5</b>	<b><i>Chioschi .....</i></b>	<b>26</b>
<b>7.15</b>	<b>Servizi ausiliari .....</b>	<b>27</b>
<b>7.15.1</b>	<b><i>Prescrizioni generali di sicurezza.....</i></b>	<b>27</b>
<b>7.15.2</b>	<b><i>Servizi generali .....</i></b>	<b>27</b>
<b>7.15.3</b>	<b><i>Servizi ausiliari (SA) .....</i></b>	<b>28</b>
<b>7.15.4</b>	<b><i>Composizione dello schema di alimentazione dei S.A. in c.a.....</i></b>	<b>28</b>
<b>7.15.5</b>	<b><i>Composizione dello schema di alimentazione dei S.A. in c.c.....</i></b>	<b>29</b>
<b>7.15.6</b>	<b><i>Criteri generali per il dimensionamento del sistema di alimentazione in c.c. ....</i></b>	<b>30</b>
<b>7.15.7</b>	<b><i>Composizione dello schema di alimentazione dei S.A. di impianti di minor consistenza. ....</i></b>	<b>31</b>
<b>7.15.8</b>	<b><i>Composizione dello schema di alimentazione dei S.A. di stazioni elettriche di maggiore consistenza .....</i></b>	<b>31</b>
<b>7.15.9</b>	<b><i>Disposizioni di sicurezza.....</i></b>	<b>32</b>
<b>7.15.9.1</b>	<b><i>Disposizioni di sicurezza per i locali gruppo elettrogeno.....</i></b>	<b>32</b>
<b>7.16</b>	<b>Collegamenti MT/BT .....</b>	<b>33</b>
<b>7.17</b>	<b>Sistema di Protezione Comando e Controllo (cfr. SPCC).....</b>	<b>33</b>
<b>7.17.1</b>	<b><i>Sala controllo locale.....</i></b>	<b>34</b>
<b>7.17.2</b>	<b><i>Teleconduzione e automatismo di impianto.....</i></b>	<b>34</b>
<b>7.17.3</b>	<b><i>Telecontrollo .....</i></b>	<b>35</b>
<b>7.17.4</b>	<b><i>Protezioni .....</i></b>	<b>35</b>
<b>7.17.5</b>	<b><i>Apparecchiatura di monitoraggio.....</i></b>	<b>35</b>
<b>7.18</b>	<b>Disposizione elettromeccanica .....</b>	<b>35</b>
<b>7.18.1</b>	<b><i>Tipologia stalli.....</i></b>	<b>41</b>
<b>8</b>	<b>STANDARD TECNICI DELLE LINEE ELETTRICHE.....</b>	<b>43</b>

<b>8.1</b>	<b>Generalità.....</b>	<b>43</b>
8.1.1	<i>Elettrodotti aerei a 380 kV .....</i>	<i>44</i>
8.1.2	<i>Elettrodotti aerei a 220 kV .....</i>	<i>45</i>
8.1.3	<i>Elettrodotti aerei a 132-150 kV .....</i>	<i>46</i>
8.1.4	<i>Aree impegnate.....</i>	<i>47</i>
<b>8.2</b>	<b>Componenti linee aeree .....</b>	<b>48</b>
8.2.1	<i>Sostegni .....</i>	<i>48</i>
8.2.2	<i>Fondazioni.....</i>	<i>48</i>
8.2.3	<i>Conduttori .....</i>	<i>49</i>
8.2.4	<i>Funi di guardia .....</i>	<i>50</i>
8.2.5	<i>Morsetteria ed isolatori .....</i>	<i>51</i>
8.2.6	<i>Segnalazioni ostacoli al volo .....</i>	<i>54</i>
<b>8.3</b>	<b>Componenti di linee in cavo .....</b>	<b>54</b>
8.3.1	<i>Caratteristiche generali dei cavi XLPE di impiego prevalente.....</i>	<i>54</i>
8.3.2	<i>Cavi 380 kV.....</i>	<i>54</i>
8.3.3	<i>Cavi 220 kV.....</i>	<i>56</i>
8.3.4	<i>Cavi 150 kV.....</i>	<i>58</i>
8.3.5	<i>Profondità e modalità di posa del cavo.....</i>	<i>60</i>
8.3.6	<i>Compensazione reattiva.....</i>	<i>61</i>
<b>8.4</b>	<b>Rumore .....</b>	<b>62</b>
<b>8.5</b>	<b>Principali riferimenti normativi in materia di campi elettromagnetici e limiti di riferimento generati da linee elettriche in corrente alternata.....</b>	<b>62</b>
8.5.1	<i>Limiti di riferimento .....</i>	<i>64</i>
8.5.2	<i>Obiettivo di qualità, Fascia di rispetto e Dpa .....</i>	<i>66</i>
<b>9</b>	<b>TABELLE APPARECCHIATURE AT, MACCHINARIO E BATTERIE DI CONDENSATORI.....</b>	<b>68</b>
<b>9.1</b>	<b>INTERRUTTORI.....</b>	<b>69</b>
9.1.1	<i>Interruttori a tensione nominale 380 kV .....</i>	<i>69</i>
9.1.2	<i>Interruttori a tensione nominale 220 kV .....</i>	<i>70</i>
9.1.3	<i>Interruttori a tensione nominale 132 kV .....</i>	<i>71</i>
9.1.4	<i>Interruttori a tensione nominale 150 kV .....</i>	<i>72</i>
9.1.5	<i>Linee di fuga isolatori degli interruttori.....</i>	<i>73</i>
<b>9.2</b>	<b>SEZIONATORI.....</b>	<b>74</b>
9.2.1	<i>Sezionatori orizzontali a tensione nominale 420 kV con lame di messa a terra.....</i>	<i>74</i>
9.2.2	<i>Sezionatori verticali a tensione nominale 420 kV.....</i>	<i>75</i>

9.2.3	<b>Sezionatori terra sbarre a tensione nominale 420 kV.....</b>	<b>76</b>
9.2.4	<b>Sezionatori orizzontali a tensione nominale 420 kV senza lame di terra .....</b>	<b>77</b>
9.2.5	<b>Sezionatori orizzontali a tensione 245 kV con lame di messa a terra .....</b>	<b>78</b>
9.2.6	<b>Sezionatori verticali a tensione nominale 245 kV.....</b>	<b>79</b>
9.2.7	<b>Sezionatori terra sbarre a tensione nominale 245 kV.....</b>	<b>80</b>
9.2.8	<b>Sezionatori orizzontali a tensione nominale 245 kV senza lame di terra .....</b>	<b>81</b>
9.2.9	<b>Sezionatori orizzontali a tensione nominale 145-170 kV con lame di terra .....</b>	<b>82</b>
9.2.10	<b>Sezionatori verticali a tensione nominale 145-170 kV.....</b>	<b>83</b>
9.2.11	<b>Sezionatori terra sbarre a tensione nominale 145-170 kV.....</b>	<b>84</b>
9.2.12	<b>Sezionatori orizzontali a tensione nominale 145-170 kV senza lame di terra .....</b>	<b>85</b>
9.3	<b>TRASFORMATORI DI CORRENTE.....</b>	<b>86</b>
9.3.1	<b>Trasformatori di corrente a tensione di esercizio 380 kV .....</b>	<b>86</b>
9.3.2	<b>Trasformatori di corrente a tensione di esercizio 220 kV .....</b>	<b>87</b>
9.3.3	<b>Trasformatori di corrente a tensione di esercizio 150 kV .....</b>	<b>88</b>
9.3.4	<b>Trasformatori di corrente a tensione di esercizio 132 kV .....</b>	<b>89</b>
9.4	<b>TRASFORMATORI DI TENSIONE CAPACITIVI .....</b>	<b>90</b>
9.5	<b>TRASFORMATORI DI TENSIONE INDUTTIVI .....</b>	<b>91</b>
9.5.1	<b>Trasformatori di tensione induttivi con un avvolgimento secondario .....</b>	<b>91</b>
9.5.2	<b>Trasformatori di tensione induttivi con due avvolgimenti secondari .....</b>	<b>92</b>
9.6	<b>SCARICATORI .....</b>	<b>93</b>
9.6.1	<b>Valori nominali .....</b>	<b>93</b>
9.7	<b>AUTOTRASFORMATORI CON E SENZA CSC .....</b>	<b>94</b>
9.7.1	<b>Caratteristiche nominali di riferimento.....</b>	<b>94</b>
9.7.2	<b>Numero delle fasi.....</b>	<b>94</b>
9.7.3	<b>Numero degli avvolgimenti .....</b>	<b>94</b>
9.7.4	<b>Frequenza nominale .....</b>	<b>94</b>
9.7.5	<b>Potenza nominale .....</b>	<b>94</b>
9.7.6	<b>Tensioni nominali .....</b>	<b>94</b>
9.7.7	<b>Livello di isolamento .....</b>	<b>95</b>
9.7.8	<b>Perdite ed impedenze di corto circuito .....</b>	<b>96</b>
9.7.9	<b>Corrente a vuoto .....</b>	<b>96</b>
9.7.10	<b>Tenuta al corto circuito .....</b>	<b>96</b>
9.7.11	<b>Regolazione della tensione .....</b>	<b>97</b>

<b>9.7.12</b>	<b><i>Isolatori passanti</i></b> .....	<b>97</b>
<b>9.7.13</b>	<b><i>Tensioni nominali isolatori passanti</i></b> .....	<b>98</b>
<b>9.8</b>	<b>BATTERIE DI CONDENSATORI PER RIFASAMENTO</b> .....	<b>99</b>
<b>9.8.1</b>	<b><i>Caratteristiche Tecniche</i></b> .....	<b>99</b>

## 1 SCOPO

La presente specifica tecnica ha lo scopo di fornire una descrizione generale delle caratteristiche tecniche degli impianti (Stazioni e Linee) facenti parte della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) e di quelli direttamente connessi alla stessa.

Nel documento sono altresì definite le caratteristiche tecniche e funzionali delle apparecchiature, dei macchinari e dei componenti da installare negli impianti suddetti.

## 2 CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente specifica si applica agli impianti, con isolamento in aria, della Rete di Trasmissione Nazionale e a quelli direttamente connessi alla stessa, con tensione nominale uguale o superiore a 132 kV.

## 3 RIFERIMENTI NORMATIVI E DI LEGGE

Tutte le opere, se non diversamente specificato nel presente documento, dovranno essere realizzate in osservanza alla legislazione vigente e alle Norme CEI, IEC, CENELEC, ISO, UNI in vigore al momento della realizzazione dell'impianto. Si riporta nel seguito un elenco, esemplificativo e non esaustivo, delle principali norme e leggi di riferimento. S'intendono comprese nello stesso tutte le varianti, le errata corrige, le modifiche ed integrazioni alle Norme elencate, successivamente pubblicate.

Norma CEI 11-27	Lavori su impianti elettrici
Norma CEI EN 50110-1-2	Esercizio degli impianti elettrici
CIGRE'	General guidelines for the design of outdoor AC substations – Working Group 23.03
Norma CEI EN 61936-1	Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. Parte 1: Prescrizioni comuni

CEI EN 60865-1	Correnti di corto circuito - Calcolo degli effetti. Parte1: Definizioni e metodi di calcolo
Norma CEI EN 50522	Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.
Norma CEI 11-37	Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV
Norma CEI 11-17	Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo
Norma CEI EN 60721-3-3	Classificazioni delle condizioni ambientali.
Norma CEI EN 60721-3-4	Classificazioni delle condizioni ambientali
Norma CEI EN 60068-3-3	Prove climatiche e meccaniche fondamentali Parte 3: Guida – Metodi di prova sismica per apparecchiature
Norma CEI 64-2	Impianti elettrici in luoghi con pericolo di esplosione
Norma CEI 64-8	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua
Norma CEI EN 62271-100	Apparecchiatura ad alta tensione – Parte 100: Interruttori a corrente alternata
Norma CEI EN 62271-102	Apparecchiatura ad alta tensione – Parte 102: Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata
Norma CEI EN 61009-1	Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari
Norma CEI EN 60898-1	Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari
Norma CEI 33-2	Condensatori di accoppiamento e divisori capacitivi

Norma CEI 36-12	Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V
Norma CEI EN 61896-1	Trasformatori di misura - Parte 1: Prescrizioni generali
Norma CEI EN 61896-2	Trasformatori di misura – Parte 2: prescrizioni aggiuntive per trasformatori di corrente.
Norma CEI EN 61896-3	Trasformatori di misura – Parte 3: prescrizioni aggiuntive per trasformatori di tensione induttivi.
Norma CEI EN 61896-5	Trasformatori di misura – Parte 5: prescrizioni aggiuntive per trasformatori di tensione capacitivi
Norma CEI 57-2	Bobine di sbarramento per sistemi a corrente alternata
Norma CEI 57-3	Dispositivi di accoppiamento per impianti ad onde convogliate
Norma CEI EN 60076-1	Trasformatori di potenza
Norma CEI EN 60137	Isolatori passanti per tensioni alternate superiori a 1 kV
Norma CEI EN 60099-4	Scaricatori ad ossido di zinco senza spinterometri per reti a corrente alternata
Norma CEI EN 60099-5	Scaricatori – Raccomandazioni per la scelta e l'applicazione
Norma CEI EN 60507	Prove di contaminazione artificiale degli isolatori per alta tensione in sistemi a corrente alternata
Norma CEI EN 62271-1	Apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione – Parte1: Prescrizioni comuni
Norma CEI EN 60529	Gradi di protezione degli involucri (Codice IP)
Norma CEI EN 60168	Prove di isolatori portanti per interno ed esterno di ceramica o di vetro, per impianti con tensione nominale

superiore a 1000 V

Norma IEC TS 60815-2	Selection and dimensioning of high-voltage insulators for polluted conditions - Part 2: Ceramic and glass insulators for a.c. systems
Norma CEI EN 60383-1	Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V – Parte 1 Isolatori in materiale ceramico o in vetro per sistemi in corrente alternata
Norma CEI EN 60383-2	Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V – Parte 2 Catene di isolatori e equipaggiamenti completi per reti in corrente alternata
Norme CEI EN 61284	Linee aeree – Prescrizioni e prove per la morsetteria
Norma CEI EN 61000-6-2	Immunità per gli ambienti industriali
Norma CEI EN 61000-6-4	Emissione per gli ambienti industriali
Norma CEI 20-22	Prove d'incendio su cavi elettrici
Norma CEI 20-37	Metodi di prova comuni per cavi in condizione di incendio
Norma CEI 7-2	Conduttori di alluminio, alluminio-acciaio, lega d'alluminio e lega di alluminio-acciaio per linee elettriche aeree” ed. quarta, 1997
Norma CEI 7-11	Conduttori di acciaio rivestito di alluminio a filo unico o a corda per linee elettriche aeree” ed. prima, 1997;
Norma CEI 103-6	Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto”, ed. terza, 1997
Norma CEI 11-4	Esecuzione delle linee elettriche esterne”, quinta edizione, 1998-09
Norma CEI EN 60383-1	Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V. Parte 1: Isolatori in materiale ceramico o in

	vetro per sistemi in corrente alternata. Definizioni, metodi di prova e criteri di accettazione”, ed. prima, 1998
Norma CEI EN 61284	Linee aeree. Prescrizioni e prove per la morsetteria”, ed. seconda, 1999
Norma CEI 11-60	Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne, seconda edizione, 2002-06
CEI 11-61	Guida all’inserimento ambientale delle linee aeree esterne e delle stazioni
Norma CEI 304-1	Interferenza elettromagnetica prodotta da linee elettriche su tubazioni metalliche” ed. prima, 2005
Norma CEI 106-11	Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo” Prima edizione, 2006
Norma CEI 211-4	Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche” Seconda edizione, 2008
EN 62271-100	High-voltage alternating-current circuit-breakers
CEI EN 60071-1 e 1-2	Coordinamento dell’isolamento – Parte 1 e Parte 2
Decreto Interministeriale 21 marzo 1988 n. 449	Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l’esecuzione e l’esercizio delle linee aeree esterne
Decreto Interministeriale 16 gennaio 1991 n. 1260	ornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell’esercizio di linee elettriche aeree esterne
D.P.C.M. 14 Novembre 1997	Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore
Legge 22 febbraio 2001,	Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi

n. 36	elettrici, magnetici ed elettromagnetici
DPCM 8 luglio 2003	Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti
Decreto 29 maggio 2008	Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti
DPR 8 giugno 2001 n°327	Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di "Pubblica Utilità" e ss.mm.ii.
Legge 23 agosto 2004, n. 239 e ss.mm.ii	Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia".
D.M. 14 gennaio 2008 e ss.mm.ii.	Norme tecniche per le Costruzioni - NTC 2008
D.P.R. 1 agosto 2011, n. 151 e ss.mm.ii.	Regolamento recante semplificazione della disciplina dei pro-cedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'articolo 49 comma 4-quater, decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122
D.M. 15 luglio 2014	Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, l'installazione e l'esercizio delle macchine elettriche fisse con presenza di liquidi isolanti combustibili in quantità superiore a 1 m <sup>3</sup> .
D.lgs. 9 aprile 2008 n° 81 e ss-mm.ii.	Testo Unico sulla sicurezza sul lavoro

## 4 RIFERIMENTI TECNICI TERNA

### 4.1 Progetto Unificato

Il Progetto Unificato Terna (PU) rappresenta lo standard tecnico di riferimento per la progettazione e la realizzazione degli impianti appartenenti alla RTN. Gli elaborati progettuali, le Specifiche Tecniche e le Linee Guida in esso contenute rappresentano il riferimento per l'ingegnerizzazione delle stazioni e linee elettriche. Eventuali impianti speciali, sulla scorta di quanto previsto nel PU, sono ingegnerizzati ad hoc a seconda della specifica esigenza di Rete.

La documentazione di cui sopra è da ritenersi come confidenziale.

## 5 DEFINIZIONI

Trovano applicazione le definizioni indicate al par. 3 della Norma CEI EN 61936-1 e della norma CEI 11-4 (1998).

Per le apparecchiature, i componenti di linee e stazioni e del macchinario valgono anche le definizioni delle corrispondenti Norme CEI, CEI EN ed UNI di riferimento.

## 6 CONDIZIONI AMBIENTALI DI RIFERIMENTO

### 6.1 Stazioni elettriche

Il par. 4.4 della Norma CEI EN 61936-1 suggerisce alcune gamme di valori inerenti le condizioni ambientali, di seguito quelle a cui riferirsi per gli impianti appartenenti alla RTN:

- Altitudine	≤ 1000 m s.l.m.
- Clima	inquinato
- Temperatura ambiente	- 25 °C, + 40 °C
- Spessore del ghiaccio	10 mm
- Umidità relativa massima	100 %
- Gradi di salinità	14-40-56 kg/m <sup>3</sup>

La scelta dei parametri di riferimento dovrà tenere conto delle reali condizioni climatiche ed ambientali del sito di installazione, pertanto i documenti a cui attenersi per una classificazione più dettagliata sono la Norma CEI EN 60721-3-4 per le installazioni all'esterno e la Norma CEI EN 60721-3-3 per le installazioni all'interno.

## 6.2 Linee elettriche

Le condizioni ambientali di riferimento per la progettazione delle linee elettriche sono definite nella norma CEI 11-4 (1998) - par. 1.2.08 che individua due zone di sovraccarico:

- **Zona A:** comprendente le località ad altitudine non superiore agli 800 m s.l.m. dell'Italia centrale, meridionale ed insulare;
- **Zona B** comprendente tutte le località dell'Italia settentrionale e le località ad altitudine superiore a 800 m s.l.m. dell'Italia centrale, meridionale ed insulare.

Le ipotesi di calcolo per le linee nelle suddette zone sono definite al par. 2.2.04 della suddetta norma e sono:

Linee in zona (1.2.08)	Temperatura °C	Vento orizzontale agente in direzione normale alla linea km/h	Manicotto di ghiaccio (densità 0,92) dello spessore di mm
A	-5	130	-
B	-20	65	12

La stessa norma riporta tutti i valori di riferimento per la verifica di stabilità dei sostegni (par. 2.4.04) nelle due zone ambientali.

Per le zone di tenuta alla salinità minima degli isolamenti, suddivise per livello di inquinamento, si faccia riferimento alla tabella di cui al par. 8.2.5.

## 7 STANDARD TECNICI DELLE STAZIONI ELETTRICHE

### 7.1 Generalità

Le stazioni elettriche (cfr. SE), ove non diversamente specificato nel presente documento, dovranno essere realizzate conformemente alla Norma CEI EN 61936-1.

L'impianto non potrà essere realizzato su diversi livelli e/o terrazzamenti. Qualora vincoli insormontabili (legati alla corografia del sito) impediscano l'esecuzione dell'impianto su un unico livello, la soluzione impiantistica dovrà essere preventivamente studiata e concordata con TERNA. In questo caso sono comunque ammessi dislivelli solo tra la zona edifici, piazzali etc. e la zona delle apparecchiature AT; queste ultime dovranno essere su un unico livello.

## **7.2 Riferimenti particolari**

### **7.2.1 Classificazione sismica**

Le prove sismiche, le modalità di prova, la scelta delle assegnate severità delle apparecchiature, dei componenti di impianto e del macchinario di stazione devono essere rispondenti alla Norma CEI EN 60068-3-3 "Prove climatiche e meccaniche fondamentali Parte 3: Guida- Metodi di prova sismica per apparecchiature".

### **7.2.2 Rumore**

In merito alla emissione di rumore, vanno rispettati i limiti più severi tra quelli riportati al DPCM del 1 marzo 1991, al DPCM del 14.11.1997 e secondo le indicazioni della legge quadro sull'inquinamento acustico (legge n.447 del 26/10/1995).

### **7.2.3 Effetto corona e compatibilità elettromagnetica**

Si applicano il par. 4.2.6. ed il par. 9.6 della Norma CEI EN 61936-1, nonché gli ulteriori suggerimenti illustrati all'art. 13.6 della Guida CEI 11-37.

### **7.2.4 Campi elettrici e magnetici, radiofrequenze**

Per le linee in ingresso alle stazioni elettriche devono essere rispettati i limiti di campo magnetico ed elettrico indicati dal DPCM del 8/07/03 e successive modifiche ed integrazioni.

## **7.3 CLASSIFICAZIONE DELLE STAZIONI ELETTRICHE TERNA**

Le Stazioni Elettriche Terna sono classificate nelle seguenti tipologie:

- **Stazione di Trasformazione:**

Stazione AT di trasformazione con due o più livelli di tensione

- **Stazione di Smistamento:**

Stazione con unico livello di tensione

#### 7.4 Criteri di coordinamento dell'isolamento

I criteri di coordinamento dell'isolamento sono riportati nell'allegato A1 al Codice di Rete "*Criteri di coordinamento degli isolamenti nelle reti a tensione uguale o superiore a 120 kV*". Sono inoltre riportati nelle tabelle allegate al presente documento, i valori di prova (kV) per le apparecchiature e il macchinario di stazione.

#### 7.5 Livelli di corto circuito e correnti di guasto a terra

Gli impianti devono essere progettati, costruiti ed installati in modo da sopportare in sicurezza le sollecitazioni meccaniche e termiche derivanti da correnti di corto circuito in conformità a quanto indicato nei paragrafi 4.2.4 e 4.3.7 della Norma CEI EN 61936-1.

La durata nominale di corto circuito trifase prevista è di 1 s.

Per il dimensionamento degli isolatori passanti degli autotrasformatori, si deve tenere presente che la durata nominale di corto circuito prevista è di 2 s. (ved. tabelle allegate e art. 4.3 Norma CEI EN 60137).

Di seguito si riportano i valori previsti, per le diverse sezioni di impianto, delle correnti nominali di corto circuito trifase, in base ai quali saranno dimensionati i componenti ed il macchinario AT:

Valore efficace della corrente di corto circuito trifase	Tensione nominale 380 kV	Tensione nominale 220 kV	Tensione nominale 132-150 kV
<b>I<sub>cc</sub> (kA)</b>	63-50	50-40	40-31,5

In considerazione delle definizioni della Norma CEI EN 61936-1 e in funzione del tempo di eliminazione di un ipotetico guasto a terra pari a 0,5 s, si riportano di seguito i valori previsti per le suddette correnti di guasto a terra:

Valore efficace della corrente di guasto a terra	Tensione nominale 380 kV	Tensione nominale 220 kV	Tensione nominale 132-150 kV
<b>I<sub>g</sub> (kA)</b>	63-50	50-40	40-31,5

## 7.6 Correnti termiche nominali

Le stazioni elettriche devono essere dimensionate almeno per i seguenti valori di correnti termiche nominali:

	<b>380 kV</b>	<b>220 kV</b>	<b>132-150 kV</b>
<b>Stallo linea</b>	3150 A	2000 A	1250 A
<b>Sbarre</b>	4000 A	3150 A	2000 A
<b>Stallo di parallelo sbarre</b>	3150 A	2000 A	2000 A
<b>Stallo Trasformatore</b>	2000 A	1450 A	2000 A

Per alcune stazioni elettriche, ai fini del transito dell'energia elettrica, potranno essere richiesti da TERNA valori superiori di correnti termiche nominali.

## 7.7 Apparecchiature AT, macchinario e componenti di stazione

Le apparecchiature AT, il macchinario ed i componenti di stazione dovranno essere conformi a quanto indicato nei paragrafi che seguono.

### 7.7.1 Interruttori

Gli interruttori dovranno essere conformi alle tabelle di cui al paragrafo 9.1.

### 7.7.2 Sezionatori

I sezionatori dovranno essere conformi alle tabelle di cui al paragrafo 9.2.

### 7.7.3 Macchinario

Il macchinario dovrà essere conforme alle tabelle di cui al paragrafo 9.7. Macchinari contenenti un quantitativo di olio isolante superiore a 1 m<sup>3</sup> dovranno essere soggetti a prevenzioni incendi secondo il DPR 1 agosto 2011 nelle modalità prescritte dal DM 15 luglio 2014.

### 7.7.4 Isolatori passanti

Gli isolatori passanti dovranno essere conformi alle tabelle di cui ai paragrafi 9.7.12 e 9.7.13.

### **7.7.5 Trasformatori di corrente (TA)**

I trasformatori di corrente dovranno essere conformi alle tabelle di cui al paragrafo 9.3.

L'eventuale utilizzo di TA combinati con trasformatori di tensione (TV) deve essere preventivamente concordato con TERNA.

Non sono al momento ammessi TA/TV combinati destinati alle misure fiscali e/o commerciali.

### **7.7.6 Trasformatori di tensione (TV)**

I trasformatori di tensione dovranno essere conformi alle tabelle di cui al paragrafo 9.4 (trasformatori di tensione capacitivi) e 9.5 (trasformatori di tensione induttivi).

L'eventuale utilizzo di TV combinati con TA deve essere preventivamente concordato con TERNA.

Non sono al momento ammessi TV/TA combinati destinati alle misure fiscali e/o commerciali.

### **7.7.7 Scaricatori**

Gli scaricatori dovranno essere conformi alle tabelle di cui al paragrafo 9.6.

### **7.7.8 Batterie di condensatori di rifasamento**

I condensatori di rifasamento dovranno essere conformi alla tabella di cui al paragrafo 9.8.

### **7.7.9 Bobine di sbarramento e dispositivi di accoppiamento**

Il dispositivo di accoppiamento e gli organi di sbarramento, laddove necessari, dovranno consentire l'iniezione nella linea elettrica di segnali ad alta frequenza provenienti dall'apparato ad onde convogliate, senza che ciò possa indurre rischi per il personale e per gli stessi apparati, nonché con le minime perdite possibili.

Gli apparati ad onde convogliate per la realizzazione delle comunicazioni ad alta frequenza, installati nell'edificio comando e controllo, dovranno essere due, uno di riserva all'altro.

L'organo di sbarramento da installare dovrà essere fornito completo di dispositivi di protezione e di dispositivi di accordo.

E' opportuno dotare il suddetto organo (se di tipo aperto) di barriere di protezione antivolatile.

L'organo di sbarramento potrà essere installato sospeso (in amarro su traliccio) o su sostegno portante (trasformatore di tensione o isolatore dedicato).

L'organo di sbarramento dovrà essere rispondente alla Norma CEI 57-2.

Le bobine dovranno essere dimensionate in maniera tale da sopportare senza danni il passaggio della corrente permanente, della corrente transitoria e della corrente di corto circuito prevista nel nodo.

Le caratteristiche tecniche e funzionali dei dispositivi di accoppiamento dovranno essere rispondenti alla Norma CEI 57-3.

Il condensatore che si utilizzerà per l'accoppiamento (che può far parte del trasformatore capacitivo dello stallo linea) dovrà essere adeguatamente dimensionato in funzione della tensione di esercizio della linea elettrica (ved. tab. allegate).

Il contenitore del dispositivo di accoppiamento dovrà essere di tipo metallico reso resistente alla corrosione ed avere un grado di protezione non inferiore a IP 54 secondo la Norma CEI EN 60529.

## **7.8 Sostegni per apparecchiature di stazione e sostegni portale**

I sostegni saranno del tipo tubolare per le apparecchiature e del tipo tralicciato per il sostegno portale (o traliccio di arrivo linea).

I sostegni delle apparecchiature di stazione sono verificati a corto circuito in accordo alle norme CEI EN 60865-1, CEI EN 61938-1 e CEI 11-4, e sono verificate al carico sismico in base alle NTC del 14/01/2008. Si è tenuto conto anche dell'Eurocodice 3 per le formulazioni di dettaglio riguardanti strutture di acciaio.

Le condizioni ambientali considerate per il dimensionamento sono quelle riportate nel paragrafo 6.1 .

L'altezza dei sostegni dovrà essere determinata in base a quanto indicato al paragrafo 7.18 "Disposizione elettromeccanica" del presente documento.

## **7.9 Isolatori portanti e di manovra**

Gli isolatori utilizzati per le sbarre, per i sezionatori (isolatori portanti e di manovra) e per i colonnini portanti rompitratta dovranno essere realizzati in porcellana in modo conforme alle Norme CEI 36-12 e IEC TS 60815-2. Gli isolatori dovranno essere provati in accordo alla norma CEI EN 60168.

Tutti gli isolatori, nel loro dimensionamento, dovranno comunque rispettare quanto indicato nell'Allegato A1 al Codice di Rete "*Criteria per il coordinamento degli isolamenti nelle reti a tensione uguale o superiore a 120 kV*".

L'altezza degli isolatori da terra dovrà essere determinata in base a quanto prescritto al paragrafo 7.18 "Disposizione elettromeccanica di stazione" del presente documento.

Per gli isolamenti superficiali degli isolatori portanti, delle apparecchiature e degli isolatori passanti dei trasformatori si raccomanda un valore di salinità di tenuta pari a:

- 14 g/l e 40 g/l rispettivamente per installazioni in atmosfera normale e inquinata (per i livelli di tensione 380 kV e 220 kV);
- 14 g/l e 56 g/l rispettivamente per installazioni in atmosfera normale e inquinata (per i livelli di tensione 150 kV e 132 kV).

Valori di salinità diversi dovranno essere concordati con Terna.

## **7.10 Morsetteria AT di stazione**

La morsetteria AT di stazione comprende tutti i pezzi adottati per le connessioni delle sbarre, tra le apparecchiature e tra apparecchiature e sbarre.

La morsetteria comprende anche i giunti di dilatazione termica per consentire la dilatazione delle sbarre.

Le prove saranno eseguite in accordo alla norma CEI EN 61284.

## **7.11 Sistema di sbarre e conduttori di collegamento**

Il sistema di sbarre è realizzato di norma con profilo tubolare in lega di alluminio.

I collegamenti al di sotto delle sbarre sono di norma realizzati in profilo tubolare, mentre i collegamenti tra le apparecchiature sono realizzati in corda.

Le giunzioni lungo il sistema di sbarre dovranno consentire le normali espansioni e contrazioni dei tubi, previste con il variare della temperatura; i morsetti destinati allo scopo non dovranno trasmettere, durante le oscillazioni dei tubi, alcun momento sugli isolatori portanti del sistema di sbarre.

Nella tabella a seguire sono elencati i diametri normalmente usati per le sbarre ed i collegamenti delle stazioni elettriche:

<b>SBARRE</b>		
<b>TENSIONE</b>	<b>DIAMETRO INTERNO</b>	<b>DIAMETRO ESTERNO</b>
<b>132-150 kV</b>	86 mm	100 mm
<b>220 kV</b>	140 mm	150 mm
<b>380 kV</b>	207 mm	220 mm
<b>COLLEGAMENTI SOTTO LE SBARRE</b>		
<b>132-150 kV</b>	86 mm	100 mm
<b>220 kV</b>	86 mm	100 mm
<b>380 kV</b>	80mm	100 mm
<b>COLLEGAMENTI DI STALLO TRA LE APPARECCHIATURE</b>		
<b>132-150 kV</b>	1 corda di alluminio di diametro $\varnothing$ 36 mm per lo stallo linea, lo stallo batterie di condensatori e trasformatore AT/MT, 2 corde di alluminio da $\varnothing$ 36 mm per lo stallo parallelo, lo stallo congiuntore sbarre e lo stallo trasformatore AAT/AT	
<b>220 kV</b>	1 corda di alluminio di diametro $\varnothing$ 36 mm per lo stallo trasformatore, lo stallo reattore e lo stallo batterie di condensatori, 2 corde di alluminio $\varnothing$ 36 mm per lo stallo linea e 3 corde di alluminio $\varnothing$ 36 mm per lo stallo parallelo.	
<b>380 kV</b>	2 corde di alluminio di diametro $\varnothing$ 41,1 mm per lo stallo linea, lo stallo trasformatore e lo stallo parallelo sbarre, 1 corda di alluminio di diametro $\varnothing$ 41,1 mm per stallo reattore di rifasamento.	

## 7.12 Cavi AT

Si fa riferimento al par 8.3 del presente documento. ed al par. 6.2.9 della Norma CEI EN 61936-1.

### 7.13 Impianto di terra

L'impianto di terra deve essere rispondente alle prescrizioni del Cap. 10 della Norma CEI EN 61936-1, alla Norma CEI EN 50522 ed alle prescrizioni della Guida CEI 11-37. Nel seguito sono illustrati alcuni aspetti generici di riferimento.

La maglia di terra delle stazioni elettriche esistenti della RTN è di norma realizzata con conduttori di rame nudi di adeguata sezione, interrati ad una profondità di almeno 0,70 metri.

La maglia è realizzata con conduttori di rame nudo da  $63 \text{ mm}^2$  e si collega alle apparecchiature mediante almeno due conduttori da  $125 \text{ mm}^2$ . Intorno agli edifici di stazione è prevista la posa di un anello perimetrale costituito da conduttore da  $125 \text{ mm}^2$ . Al di sotto degli edifici ed all'interno del suddetto anello perimetrale viene realizzata una maglia più fitta ( $3 \times 3 \text{ m}$ ) con conduttore da  $63 \text{ mm}^2$ .

Nei punti sottoposti ad un maggiore gradiente di potenziale (portali, TA, TV, scaricatori) le dimensioni della maglia di terra devono essere opportunamente diminuite.

Precauzioni particolari devono essere prese in presenza di tubazioni metalliche, cavi MT o AT schermati ed ogni altra struttura metallica interrata in vicinanza o interferente con l'area di stazione. Inoltre si dovrà ricomprendere nella maglia di terra il cancello di ingresso e gli edifici di consegna MT posti al confine dell'impianto, vicino al cancello e si dovrà fare in modo che le tensioni di passo e contatto siano al di sotto di quanto prescritto dalle norme sia all'interno che all'esterno della recinzione di stazione.

Nei casi in cui la presenza di terreno con elevata resistività induca al collegamento delle funi di guardia delle linee in ingresso alla maglia di terra della stazione, bisognerà attenersi a quanto riportato alla CEI 11-37.

Qualora, per la realizzazione della stazione elettrica siano previste opere di riempimento per il raggiungimento della quota di imposta, la maglia di terra dovrà essere comunque posata su un letto di terreno vegetale.

Nel caso in cui la stazione elettrica risulti essere realizzata nelle immediate vicinanze dell'impianto/i di un nuovo Utente ad essa collegato (come accade, per esempio, se

la stazione elettrica e il suddetto impianto/i risultano essere confinanti, separati da opportune delimitazioni), i rispettivi impianti di terra devono essere tra loro collegati galvanicamente mediante collegamenti ispezionabili e sezionabili (in pozzetti).

Se dovessero esserci aree con tensione di passo e contatto superiori a quanto previsto dalla norma, si potranno effettuare modifiche al progetto, quali:

- infittimento locale della maglia di terra;
- utilizzo di dispersori orizzontali e/o verticali per il controllo del potenziale;
- realizzazione di superfici ad elevata resistenza (stesura di ghiaia o asfalto);
- segregazione delle aree critiche.

Infine, nel progetto dell'impianto di terra si dovrà considerare l'estensione della maglia di terra anche nelle aree destinate alle eventuali future espansioni d'impianto, qualora previste.

#### **7.14 Opere Civili ed Edifici**

La progettazione e realizzazione delle opere civili degli impianti appartenenti alla RTN, ed in particolare alle stazioni elettriche, dovranno essere eseguite conformemente a quanto prescritto dalla legislazione di riferimento, quali le Norme tecniche per la costruzione (NTC 2008 e ss.mm.ii.) e nel pieno rispetto della Normativa in materia di sicurezza sul lavoro (D.lgs. 81/08 e ss.mm.ii.) vigenti al momento della costruzione dell'impianto.

Nel seguito, a titolo esemplificativo e non esaustivo, vengono indicate le principali opere civili:

- Fondazioni di apparecchiature AT, fondazioni macchinario, fondazioni edifici e chioschi ed eventuali relative sottofondazioni;
- Cunicoli e vie cavo;
- Edificio Comandi, Edificio S.A., Edificio Integrato, Edificio Consegna MT e TLC e Magazzino;
- Chioschi per apparecchiature;
- Recinzione di stazione;
- Piazzali di stazione;
- Vasche olio e acqua;
- Rete idrica e fognaria;

	Codifica:	
	<b>ALLEGATO A.3</b>	
	Rev. 02 Del 26/05/2015	Pag. 24 di 99

- Opere varie di sistemazione area ed opere di contenimento;
- altre opere di completamento.

#### **7.14.1 Dimensionamento delle opere**

Il dimensionamento di tutte le opere dovrà essere effettuato con i metodi prescritti dalle Norme Tecniche delle per le Costruzioni e in accordo alla norme e leggi vigenti all'Atto della realizzazione. Il progetto dovrà essere adeguato in funzione della sismicità del sito definita ai sensi del D.M. del 14/01/08. Le strutture e le fondazioni dovranno essere calcolate in ottemperanza alle "Norme tecniche per le costruzioni D.M. del 14/01/08".

#### **7.14.2 Caratteristiche antisismiche**

La verifica sismica andrà eseguita in accordo con quanto descritto nelle NTC 2008. La verifica andrà condotta calcolando lo Spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale e di quella orizzontale (Spettro di progetto elastico SLE).

Parametri di calcolo:

- Stato limite: SLO;
- Fattore di struttura per la componente verticale: 1.5;
- Vita nominale della struttura:  $\geq 100$  anni;
- Classe d'uso: IV;
- Categoria del suolo: D;
- Fattore per smorzamenti viscosi: 5%;
- Caratteristiche della superficie topografica: T1;
- TR: 2475;
- 

I parametri di seguito riportati dovranno essere scelti in modo da consentire l'installazione sull'intero territorio nazionale:

- Accelerazione orizzontale massima  $A_g$ ;
- Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale  $F_0$ ;
- Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale  $T_c^*$ .

### **7.14.3 Edifici Servizi Ausiliari e Sala Quadri**

Gli edifici Servizi Ausiliari (cfr. SA) e Sala Quadri (cfr. SQ) le cui strutture di norma, sono del tipo prefabbricato, dovranno avere dimensioni sufficienti, rispettivamente per l'alloggiamento di tutte le apparecchiature necessarie all'alimentazione ausiliaria delle apparecchiature e quanto altro necessario a garantire il corretto e sicuro funzionamento dell'impianto e al comando e controllo della SE, compresi gli eventuali stalli futuri.

La realizzazione di entrambi gli edifici (SA e SQ) è prevista qualora nella stazione elettrica siano previsti un numero di stalli dedicati alla trasformazione superiore a due, diversamente, per le SE di Smistamento o per le SE di trasformazione con al massimo due trasformatori, potranno essere riuniti in un unico edificio integrato comprendente indicativamente:

- ✓ sala quadri per il comando e controllo dell'impianto;
- ✓ sala controllo con parete vetrata verso la sala quadri;
- ✓ locale teletrasmissioni (batteria TLC e apparati TLC);
- ✓ due locali quadri MT;
- ✓ due locali quadri BT in c.a. e c.c. e batterie di tipo ermetico (locali Servizi Ausiliari);
- ✓ Servizi igienici;
- ✓ Ufficio;
- ✓ deposito

Di seguito, a titolo esemplificativo si riportano le principali dimensioni degli edifici di Stazione:

- Edificio SA
- Edificio SQ
- Edificio integrato per SE di Trasformazione
- Edificio integrato per SE di Smistamento

Il posizionamento in pianta degli edifici deve essere fatto tenendo conto dell'esigenza che l'edificio SQ (o se del caso integrato) deve essere sempre posizionato nei pressi dell'ingresso alla SE, mentre nel caso di presenza dell'edificio SA questo dovrà essere ubicato in posizione baricentrica alla SE.

Per tutti gli ambienti dove saranno installati i quadri elettrici, tranne per i locali MT, dovrà essere previsto il pavimento modulare sopraelevato.

Nei locali nei quali sono previsti quadri o componenti elettrici devono essere opportunamente segregati tramite muri e porte resistenti al fuoco

#### **7.14.4 Edificio di consegna MT**

L'edificio di consegna MT è diviso in locali di consegna, locale misure, locali DG e locale TLC. Nella configurazione più versatile, il locali di consegna MT ed i locali misure sono raggruppati in due cabine di consegna che permettono al distributore locale di installare anche un proprio trasformatore MT/BT.

I locali DG ed il locale TLC sono posti in un corpo centrale.

Gli ingombri in pianta sono:

- cabina di consegna del distributore locale: 6.70 x 2.50 m;
- edificio DG/TLC: 7.58 x 2.54 m.

Gli edifici sono collegati tra loro e con l'edificio servizi ausiliari mediante tubiere per il passaggio dei cavi MT.

L'edificio dovrà essere posizionato lungo la recinzione esterna della stazione, in vicinanza dell'ingresso ed in modo da minimizzare la distanza tra il suddetto locale e l'edificio servizi ausiliari.

#### **7.14.5 Chioschi**

I chioschi sono degli elementi prefabbricati a struttura portante metallica, per l'alloggiamento delle apparecchiature dei sistemi di protezione, comando e controllo (SPCC) delle SE.

Di seguito vengono richiamate le dimensioni vincolanti ai fini del dimensionamento del chiosco; in particolare si precisa che le dimensioni esterne dovranno consentire:

- L'installazione dei telai e pannelli nella massima configurazione del sistema SPCC;
- Il rispetto delle distanze, dalle parti attive AT della stazione, previste dal PU;
- Il trasporto su strada con modalità ordinarie (trasporto non "eccezionale").

Dimensioni interne:

- Larghezza minima netta pari a 2200 mm,
- Lunghezza minima netta pari a 4600 mm;
- Altezza minima netta pari a 2450 mm.

## **7.15 Servizi ausiliari**

In generale, per i circuiti di alimentazione in c.c. e c.a., per i raddrizzatori e le batterie valgono i requisiti specificati al par. 9.2 della Norma CEI EN 61936-1.

### **7.15.1 Prescrizioni generali di sicurezza**

Il sistema di messa a terra generale deve essere TN-S con neutro franco a terra.

Ogni cavo di alimentazione dei diversi impianti tecnologici, dei servizi generali etc. e/o di alimentazione di parte di essi deve essere protetto con un interruttore magnetotermico ed un interruttore differenziale (rispettivamente conformi alle Norme CEI EN 60898-1 e 61009-1).

### **7.15.2 Servizi generali**

#### Impianto luce e forza motrice (f.m.) di stazione

L'impianto di illuminazione sarà realizzato conformemente a quanto indicato nel par. 7.1.5 della Norma CEI EN 61936-1 e dovrà garantire:

- livelli di illuminazione medi tali da consentire operazioni di esercizio, pronto - intervento e messa in sicurezza anche di notte;
- l'illuminazione dell'ingresso e delle aree esterne agli edifici (piazzale);
- illuminazione interna degli edifici di stazione;
- l'illuminazione di sicurezza delle strade interne e periferiche della stazione, nonché per i locali degli edifici dove è prevista la presenza di personale.

Ai fini della sicurezza, oltre all'illuminazione privilegiata indicata al successivo paragrafo 7.15.3, deve essere prevista un'illuminazione di emergenza per gli edifici comandi e servizi ausiliari e per le strade principali.

L'illuminazione di emergenza dovrà entrare in funzione automaticamente al mancare dell'alimentazione normale.

### **7.15.3 Servizi ausiliari (SA)**

Al fine di garantire la continuità dell'alimentazione dei servizi ausiliari anche in condizioni di funzionamento anomalo della stazione (black out), il sistema dovrà sempre assicurare almeno il funzionamento dei dispositivi di protezione, degli automatismi e la manovra degli organi di sezionamento e di interruzione.

L'alimentazione in corrente continua dovrà essere realizzata mediante gruppi raddrizzatori-carica batteria.

In caso di mancanza della sorgente alternata, la capacità della batteria/e dovrà essere tale da assicurare il corretto funzionamento dei circuiti alimentati almeno per il tempo necessario affinché il personale possa intervenire.

Si riporta di seguito un elenco generale delle principali utenze privilegiate di una stazione elettrica; queste dovranno essere alimentate, in caso di black-out totale, tramite il gruppo elettrogeno (commutato automaticamente, con disinserzione delle utenze non essenziali per il funzionamento dell'impianto).

#### Corrente alternata (c.a.)

- raddrizzatori;
- illuminazione e f.m. privilegiata (sia in campo che nell'edificio SA/SQ);
- motori di manovra dei sezionatori (se alimentati in c.a.);
- motori per il comando degli interruttori;
- motori degli aerotermini degli autotrasformatori (se presenti);
- raddrizzatori delle teletrasmissioni.

#### Corrente continua (c.c.)

- protezioni elettriche;
- comando e controllo delle apparecchiature e macchinario principale, misure;
- motori di manovra dei sezionatori;
- pannelli vari (in sala retroquadro, sala controllo, chioschi ecc);

### **7.15.4 Composizione dello schema di alimentazione dei S.A. in c.a.**

Lo schema di alimentazione dei S.A. in c.a. sarà composto da:

- n. 2 linee MT di alimentazione ridondanti al 100%, allacciate a fonti indipendenti, sempre disponibili, rialimentabili (almeno una delle due) in caso di black-out entro 4 ore ed escluse dal piano d'alleggerimento di carico;
- n. 2 trasformatori MT/BT con potenza nominale che dovrà essere definita in funzione delle dimensioni dell'impianto, più un trasformatore MT/BT per il trattamento olio dei trasformatori AAT/AT o AT/MT (ove presenti);
- n. 1 quadro MT (costituito da due semiquadri) di distribuzione opportunamente dimensionato;
- n. 1 gruppo elettrogeno (cfr. G.E.) di potenza adeguata e con un'autonomia non inferiore a 10 ore, munito di serbatoio di servizio e di stoccaggio, il GE dovrà essere del tipo per esterno provvisto di adeguata cofanatura;
- n. 1 quadro BT (costituito da due semiquadri) di distribuzione opportunamente dimensionato ed equipaggiato con dispositivo di scambio automatico delle fonti d'alimentazione. Di norma è prevista l'alimentazione ad "anello" per i motori degli interruttori e per i motori dei sezionatori (se previsti in c.a.), mentre le restanti utenze vengono alimentate in modo tradizionale ("radiale").

#### **7.15.5 Composizione dello schema di alimentazione dei S.A. in c.c.**

L'alimentazione dei S.A. in c.c. è, di norma, 110 V con il campo di variazione compreso tra +10%,-15%.

Lo schema di alimentazione dei S.A. in c.c. sarà composto da:

- n. 2 complessi raddrizzatore/batteria in tampone, dimensionati in modo tale da poter svolgere ognuno funzione di riserva in caso di avaria di un complesso (previo commutazione automatica). Ogni raddrizzatore dovrà avere la capacità di erogare complessivamente la corrente permanente richiesta dall'impianto e la corrente della batteria in fase di ricarica (sia di conservazione che rapida). La batteria dovrà assicurare la manovrabilità dell'impianto, in assenza d'alimentazione in c.a., per un'autonomia di 4 ore e dovrà essere in grado di erogare eventuali picchi di corrente richiesti dal carico c.c. durante il normale funzionamento dei raddrizzatori. Le batterie dovranno essere del tipo ermetico.

- n. 1 quadro BT (suddiviso in due semiquadri) di distribuzione opportunamente dimensionato ed equipaggiato di dispositivo di scambio automatico delle fonti di alimentazione.

Si precisa che le protezioni elettriche “principali” e le protezioni elettriche “di riserva” devono essere alimentate da circuiti di alimentazione distinti; deve essere prevista per tutte le utenze in c.c. l'alimentazione di tipo radiale con la possibilità (a livello di singolo chiosco) di un interruttore di “soccorso alimentazioni” lucchettabile.

#### **7.15.6 Criteri generali per il dimensionamento del sistema di alimentazione in c.c.**

Ai fini del dimensionamento del sistema c.c. si dovrà ipotizzare il verificarsi contemporaneo delle seguenti condizioni:

- a) guasto su una batteria, resta quindi una sola batteria in servizio che alimenta l'intero impianto;
- b) mancanza dell'alimentazione in c.a. per 4 ore;
- c) apertura contemporanea di tutti gli interruttori di una sezione, considerando la peggiore delle seguenti ipotesi:
  1. Sezione 132 kV, si considera tutta la sezione riferita ad una sbarra e l'intervento della mancata apertura dell'interruttore (MAI): in questo caso la protezione MAI aprirà tutti gli interruttori della sezione (escluso l'interruttore di parallelo); nel caso di doppia sezione 132 kV con congiuntore va considerata solo la sezione più consistente;
  2. Sezione 380 kV e 220 kV, si considera tutta la sezione riferita ad una sbarra e l'intervento della protezione differenziale di sbarra (PDS). In questo caso la protezione di sbarra aprirà tutti gli interruttori della sezione (escluso l'interruttore di parallelo) e gli interruttori relativi all'altro avvolgimento degli autotrasformatori.

Durante la fase di scarica, le batterie dovranno essere in grado di fornire la corrente permanente richiesta dal sistema in c.c. per la durata di 4 ore, nonché di fornire, per la durata convenzionale di trenta secondi e dopo le assunte quattro ore, la corrente transitoria richiesta dal sistema in c.c., relativa alla peggiore delle ipotesi di cui sopra. Durante il funzionamento delle batterie è opportuno che la tensione misurata ai morsetti non scenda mai al di sotto di 99 V.

	Codifica: <b>ALLEGATO A.3</b>	
	Rev. 02 Del 26/05/2015	Pag. 31 di 99

### **7.15.7 Composizione dello schema di alimentazione dei S.A. di impianti di minor consistenza.**

Per le stazioni elettriche del tipo 220 kV/MT, 132-150 kV/MT o 132-150 kV (di puro smistamento) con un ridotto numero di stalli sono di solito sufficienti soluzioni impiantistiche e schemi di impianto più semplici, quali ad esempio:

#### Servizi Ausiliari (S.A.) in c.a.:

- n. 2 trasformatore MT/BT con potenza nominale che dovrà essere definita in funzione delle dimensioni dell'impianto;
- n. 1 quadro MT di distribuzione opportunamente dimensionato;
- n. 1 quadro BT di distribuzione opportunamente dimensionato.

#### Servizi Ausiliari (S.A.) in c.c.:

- n. 2 raddrizzatori, dimensionati in modo tale da poter svolgere ognuno funzione di riserva in caso di avaria di un complesso (previo commutazione automatica). Il raddrizzatore con la batteria in tampone dovrà avere la capacità di erogare la corrente permanente richiesta dall'impianto e dalla batteria in fase di ricarica (sia di conservazione che rapida).
- n. 2 batterie di accumulatori alimentate dai gruppi raddrizzatori di cui sopra. In caso di mancanza della sorgente alternata la capacità di una singola batteria dovrà essere tale da assicurare il corretto funzionamento dei circuiti alimentati per un tempo almeno pari ad 4 ore. La batteria dovrà essere in grado di erogare eventuali picchi di corrente richiesti dal carico c.c. durante il normale funzionamento del raddrizzatore.

### **7.15.8 Composizione dello schema di alimentazione dei S.A. di stazioni elettriche di maggiore consistenza**

Per stazioni elettriche di maggiore consistenza, per la configurazione da adottare può essere richiesto il raddoppio dei S.A.

La soluzione in oggetto potrebbe prevedere, rispetto a quella illustrata nei paragrafi precedenti:

- l'incremento della quantità delle celle MT;
- il raddoppio dei gruppi elettrogeni;

- il raddoppio dei quadri BT (denominati semiquadri);
- il raddoppio dei quadri c.c. (denominati semiquadri).

Al fine di assicurare la continuità di alimentazione dei semiquadri BT, può essere richiesta, per ognuno di essi, la doppia alimentazione MT (e pertanto l'utilizzo di quattro trasformatori MT/BT più uno per il trattamento olio dei trasformatori AAT/AT o AT/MT).

L'alimentazione usualmente prevista per alcune utenze in c.a. in campo (motori degli interruttori e dei sezionatori) è quella ad anello (con i circuiti normalmente aperti a metà) al fine di realizzare la funzione di "soccorso alimentazioni"; le restanti utenze in c.a. possono essere alimentate in modo radiale.

Deve essere prevista per tutte le utenze in c.c. l'alimentazione di tipo radiale; per i chioschi in campo deve essere possibile realizzare (sia a livello di singolo chiosco che tra chioschi stessi) la funzione di "soccorso alimentazioni" lucchettabile.

Si precisa che, ai fini della ridondanza, le due protezioni devono essere alimentate da semiquadri 110 Vcc distinti.

Gli apparati di teletrasmissioni sono alimentati con due distinti sistemi raddrizzatore-batteria-inverter posti nelle sale SA ed alimentati dai semiquadri ca.

#### **7.15.9 Disposizioni di sicurezza**

La stazione elettrica deve essere dotata dell'impianto di rilevazione incendio, realizzato secondo la normative e le leggi vigenti, nelle aree di presidio o comunque a maggior rischio d'incendio, quali:

- edificio/i SA/SQ;
- cunicoli cavi;
- locale gruppo elettrogeno;
- chioschi e locali con particolare macchinario elettrico.

##### **7.15.9.1 Disposizioni di sicurezza per i locali gruppo elettrogeno**

Gli impianti elettrici e di ventilazione devono avere grado di protezione non inferiore a IP65 secondo le prescrizioni della Norma CEI EN 60529.

Si ricorda che il locale del gruppo, ove presente, dovrà essere sottoposto ai controlli ed alla certificazione prevista dai Vigili del Fuoco, ai sensi delle leggi vigenti.

### **7.16 Collegamenti MT/BT**

Le caratteristiche tecniche, i materiali ed i metodi di prova relativi a tutti i cavi BT per circuiti di potenza e controllo, cavi unipolari per cablaggi interni dei quadri, cavi MT e per impianti luce e f.m. dovranno essere rispondenti alle Norme CEI e alle tabelle CEI UNEL di riferimento in materia. Tutti i cavi dovranno essere del tipo non propaganti l'incendio secondo quanto indicato dalla Norma CEI 20-22; i cavi per i collegamenti interni agli edifici dovranno essere rispondenti anche alle Norme CEI 20-37. I cavi di comando e controllo dovranno essere di tipo schermato, con lo schermo opportunamente collegato a terra. I cavi di comando e controllo ed i cavi di potenza, durante i loro percorsi, dovranno essere sempre tra loro segregati. Ulteriori suggerimenti inerenti la posa, la possibilità di installare impianti antincendio nelle gallerie dei cavi ecc. sono illustrati al par. 8.7.3 della Norma CEI EN 61936-1.

### **7.17 Sistema di Protezione Comando e Controllo (cfr. SPCC)**

L'impianto dovrà essere dotato di una sala quadri locale e di un adeguato automatismo, tali da poter governare l'impianto stesso sia "in locale" che "in remoto".

La conduzione locale dovrà essere sia manuale che automatizzata e inoltre, dovrà prevedere la manovrabilità degli organi sul campo.

Per sistema di protezione comando e controllo si intende il complesso degli apparati e circuiti predisposti ai fini di:

- comando degli organi di protezione,
- registrazione eventi locale e remota,
- misura,
- rilevazione di segnali di stato,
- segnali di anomalia,
- registrazione di perturbazione,
- segnali di sintesi degli allarmi,
- segnalazione sui quadri locali di comando,
- interfacciamento con gli apparati di teleoperazioni.

Al par. 9 della Norma CEI EN 61936-1 sono indicati alcuni requisiti generali del sistema di protezione, comando e controllo.

Il sistema di protezione comando e controllo dovrà utilizzare apparati di protezione certificati Terna.

#### **7.17.1 Sala controllo locale**

La sala di controllo locale dovrà consentire di operare in autonomia per la messa in sicurezza dell'impianto, di attuare manovre opportune in situazioni di emergenza nonché di completare le azioni delle protezioni.

A tale proposito la prevista interfaccia MMI (Man Machine Interface) della sala controllo dovrà consentire una visione schematica generale dell'impianto, nonché consentirne la manovrabilità; dovrà inoltre presentare in maniera riassuntiva le informazioni relative alle principali anomalie d'impianto e grandezze elettriche quali tensioni, frequenza di sbarra, correnti dei singoli stalli, ecc. I requisiti richiesti per l'interfaccia MMI dovranno essere gli stessi elencati successivamente per la teleconduzione.

Per quanto concerne la protezione dei circuiti di comando contro l'interferenza elettromagnetica si applica il par. 9.6 della Norma CEI EN 61936-1.

#### **7.17.2 Teleconduzione e automatismo di impianto**

L'automatismo di impianto e le interfacce con la postazione dell'operatore remoto dovranno essere tali da garantire un'elevata efficienza della teleconduzione.

Pertanto sono richieste:

- semplicità nei sistemi di automazione;
- omogeneità del tipo di informazione/comandi da inviare in remoto con quelli inviati dagli altri impianti telecondotti;
- capacità di avvertire in maniera precisa ed inequivocabile l'operatore in remoto della presenza di anomalie al fine di ottimizzare le attività di pronto intervento e di manutenzione;
- facilità di comprensione delle segnalazioni tramite segnali di sintesi che facciano particolare riferimento alle azioni che l'operatore deve conseguentemente intraprendere;

- numero delle misure ridotto a quelle indispensabili;
- ridondanza delle misure e segnalazioni (ove necessaria);
- affidabilità delle misure;
- possibilità di utilizzare contemporaneamente due tipi di conduzione (ad esempio uno stallo in conduzione manuale in locale e tutti gli altri in conduzione centralizzata automatizzata);
- condizionamento delle manovre da parte di interblocchi che impediscano l'attuazione di comandi non compatibili con lo stato degli organi di manovra e di sezionamento;
- per i soli sezionatori di linea-terra deve essere previsto il "Dispositivo di Blocco Sezionatori" (DBS), al fine di lucchettare da remoto il "sezionatore di terra";
- utilizzazione di dispositivi di parallelo automatici (escludibili a richiesta dell'operatore) per la chiusura volontaria degli interruttori AT.

#### **7.17.3 Telecontrollo**

Il tipo di comandi attualmente usato per gli impianti TERNA adeguati all'esigenza della Teleconduzione è "sintetico" (cioè comandi di sequenze) ed applicato sia al controllo remoto che quello della sala controllo locale di impianto.

Le segnalazioni di stato e le misure riportate presso i centri di conduzione Terna assicurano l'osservabilità in remoto della stazione elettrica.

#### **7.17.4 Protezioni**

La parte del sistema di controllo riguardante le protezioni dovrà essere conforme all'allegato A4 al Codice di Rete "*Criteria generali di protezione delle reti a tensione uguale o superiore a 120 kV*".

#### **7.17.5 Apparecchiatura di monitoraggio**

Il documento di riferimento è l'allegato A7 al Codice di Rete "*Specifiche funzionali per sistemi di monitoraggio per le reti a tensione uguale o superiore a 120 kV*".

### **7.18 Disposizione elettromeccanica**

Vengono di seguito elencati alcuni criteri generali circa la disposizione elettromeccanica dell'impianto, in aggiunta a quanto previsto dalla Norma CEI EN 61936-1.

Nel caso di stazioni elettriche deve essere evitata per quanto possibile la presenza di edifici, componenti e macchinario al di sotto dei conduttori aerei AT. Applicazioni non standard devono essere validate da TERNA.

Ove i vincoli di terreno lo consentano, dovranno essere evitati i sovrappassi sulle sbarre dei conduttori attivi AT. Pertanto, gli interruttori e le altre apparecchiature AT (sezionatori, trasformatori di misura, ecc.) dovranno sempre essere disposti dallo stesso lato del rispettivo arrivo linea e/o di installazione degli autotrasformatori (soluzione ad interruttori sfalsati).

Genericamente, per connessioni di impianto di utenza, la soluzione impiantistica prevede lo stallo utente da un lato delle sbarre e gli stalli linea RTN dall'altro lato delle sbarre.

Allo stesso modo, per stazioni di trasformazione, lo stallo autotrasformatore è posizionato normalmente da un lato delle sbarre, mentre gli altri stalli linea sono posizionati dall'altro lato delle sbarre.

La soluzione da adottare per il parallelo sbarre dovrà essere quella ad "U" (senza sovrappasso delle sbarre); tale soluzione consente inoltre la disposizione generica dei conduttori solamente su due livelli.

Qualora per vincoli specifici legati al sito, di cui dovrà esserne comprovata la fondatezza, non risulti possibile rispettare le disposizioni impiantistiche di cui sopra, è consentita la soluzione ad interruttori allineati da un solo lato delle sbarre, quindi l'eventuale sovrappasso delle sbarre con conduttori in corda anche per l'interruttore di parallelo.

Negli impianti facenti parte della RTN, non è ammessa la soluzione impiantistica a stalli contrapposti.

La tipologia dei sezionatori di sbarra da utilizzare è, a meno di vincoli particolari, quella verticale per i seguenti motivi:

- sicurezza durante le operazioni di manutenzione;
- chiara visibilità dello stato dell'impianto (visibilità dei sezionatori aperti e/o chiusi);
- risparmio di spazi in senso longitudinale.

Negli impianti con doppio sistema di sbarre la distanza tra una terna e l'altra di sbarre (ved. successiva tabella) è determinata dalla possibilità di operare manutenzione alle apparecchiature afferenti ad un sistema di sbarre, con l'altro in tensione.

Per i conduttori di stallo al di sotto del sistema di sbarre, è da ritenersi sempre preferibile la soluzione con profilo tubolare, anziché in corda.

L'impianto deve essere dotato di strade interne e perimetrali, larghe quattro metri (sette metri per la strada di fronte agli ATR) e con raggio di curvatura di almeno cinque metri, opportunamente delimitate al fine di evitare il transito e/o la sosta di mezzi di trasporto nelle immediate vicinanze delle parti in tensione. Le strade devono a loro volta essere opportunamente distanziate dalle parti in tensione, al fine di rispettare le distanze che limitano la zona pericolosa ( $D_L$ ), la zona prossima ( $D_V$ ), l'altezza minima delle parti attive sopra le aree accessibili ( $H$ ) e la distanza minima di protezione per i veicoli ( $T$ ), di cui alla Norma CEI EN 61936-1.

La viabilità interna deve comunque essere realizzata al fine di consentire tutte le normali operazioni di esercizio e manutenzione dell'impianto.

E' richiesta la presenza di almeno una strada che passi lungo lo spazio previsto tra gli interruttori ed i trasformatori di corrente dei diversi stalli, in modo da rendere più semplice l'accesso alle apparecchiature AT per la manutenzione.

Per l'ingresso in stazione dovranno essere previsti un cancello carrabile di 7 metri di tipo scorrevole ed un cancello pedonale.

Non è consentita la soluzione impiantistica su diversi livelli e/o terrazzamenti, a meno di vincoli particolari, secondo le indicazioni di cui al precedente paragrafo 7.1; l'impianto dovrà inoltre essere orientato in modo da ottimizzare l'ingresso delle linee afferenti la stazione.

Ogni sistema di sbarre deve essere dotato di due terne di sezionatori di terra sbarre, disposte sulle estremità terminali delle sbarre stesse.

Per quanto possibile, a meno di vincoli particolari, l'edificio comando/controllo deve essere collocato in prossimità dell'ingresso principale in modo da evitare che in caso di emergenza il personale autorizzato sia costretto a passare in vicinanza della zona apparecchiature e macchinario. Tale accorgimento è previsto anche per l'edificio

integrato SA/SQ. E' opportuno posizionare l'edificio servizi ausiliari a non meno di 10 metri da qualsiasi parte in tensione.

In merito al posizionamento dell'edificio/i servizi ausiliari e comando/controllo, dei trasformatori MT/BT e del locale di cui al precedente paragrafo 7.14, la soluzione impiantistica prescelta deve essere tale da minimizzare i percorsi delle vie cavi tra di essi.

Dovrà essere sempre preventivamente consultata TERNA in merito agli spazi da riservare per l'ampliabilità futura della stazione elettrica.

L'impianto dovrà essere opportunamente recintato. Per le dimensioni della recinzione, il tipo (parete piena o rete metallica), nonché per le distanze d'isolamento di confine si rimanda a quanto indicato agli art. 7.2.3 e 7.2.6. della Norma CEI EN 61936-1.

Il progetto dovrà già dare informazioni di massima circa l'eventualità di realizzare strade di accesso opportunamente dedicate di collegamento alla viabilità ordinaria.

Si ricorda che, nel caso specifico in cui l'impianto dell'Utente sia previsto a ridosso della stazione elettrica, deve essere sempre prevista una separazione fisica (di solito una recinzione) tra la proprietà RTN e la proprietà dell'Utente; nel caso in cui venga concesso il collegamento dell'Utente tramite l'utilizzo di uno stallo di tipo ridotto senza interruttore, il sezionatore di sbarra dello stallo di Utente appartiene comunque alla RTN, mentre gli ultimi colonnini di sostegno verso l'esterno dell'impianto rappresentano il limite di proprietà funzionale tra RTN e l'Utente stesso. Il tratto di recinzione al di sotto delle parti attive del suddetto stallo uscente, di proprietà dell'Utente, deve essere opportunamente realizzato in materiale isolante (provvedimento M 2.1 Allegato E Norma CEI EN 50522).

Vale inoltre quanto segue:

- al fine di ridurre il rischio d'estensione dei danni causati da incendio od esplosione, la disposizione dei trasformatori di potenza richiede la realizzazione di muri tagliafiamma sui lati corti dei trasformatori e comunque si devono rispettare i valori di riferimento delle distanze indicati nella Tabella 3 della Norma CEI EN 61936-1 e le ulteriori prescrizioni aggiuntive indicate nel par. 8.7 della Norma CEI EN 61936-1;

		Codifica: <b>ALLEGATO A.3</b>	
		Rev. 02 Del 26/05/2015	Pag. 39 di 99

- la disposizione dei chioschi (se previsti) dovrà essere nelle immediate vicinanze dei trasformatori di corrente e degli interruttori.

Di seguito sono riportate le distanze minime di progetto consigliate, anche al fine di ridurre al minimo le indisponibilità per manutenzione. Ove sussistano problematiche relative allo spazio, si può prendere in esame, previo accordo con Terna, la possibilità di ridurre alcune distanze, pur nel rispetto delle distanze di sicurezza e di quelle strettamente necessarie previste per le operazioni di manutenzione (CEI EN 50110).

<b>PRINCIPALI DISTANZE DI PROGETTO</b>	<b>Sez.380 kV (m)</b>	<b>Sez.220 kV (m)</b>	<b>Sez.132-150 kV (m)</b>
Distanza tra le fasi per le sbarre e le apparecchiature	5,50	3,20	2,20
Distanza tra le fasi nei conduttori in sorpasso alle sbarre (se del caso)	5,50	3,50	3,00
Distanza tra le fasi per l'amarro linee	6,25	3,50	3,00
Larghezza degli stalli	22,00	14,00	11,00
Larghezza complessiva dello stallo parallelo (del tipo ad U senza sorpasso sbarre)	44,00	28,00	22,00
Distanza tra le fasi adiacenti di due sistemi di sbarre	11,00	7,60	6,00
Altezza dei conduttori di stallo (asse morsetti sezionatori di sbarra)	6,50	5,30	4,50
Quota asse sbarre	11,80	9,30	7,50
Quota amarro linee (ad interruttori "sfalsati")	14,00 (21,00)	16,00 (12,00)	15,00
Sbalzo sbarre per i TV di sbarra <sup>(3)</sup>	5,50	4,00	3,30
Sbalzo senza TV di sbarra	4,00	3,00	2,00
Distanza tra l'asse del TV di sbarra ed l'asse strada (larghezza strada 4 metri)	6,70	5,00	4,00
<b>DISTANZE LONGITUDINALI TRA LE PRINCIPALI APPARECCHIATURE AT DI STALLO</b>			
Distanza tra le sbarre e l'interruttore	10,00	7,00	6,50
Distanza tra l'interruttore ed il TA <sup>(1)</sup>	10,00	8,00	7,50
Distanza tra il TA ed il sezionatore di linea <sup>(1)</sup>	5,10	5,00	3,50
Distanze tra il sezionatore di linea ed il TV <sup>(1)</sup>	5,90 (9,90)	5,00	3,00
Distanza tra il TV ed il traliccio/portale di amarro <sup>(2)(5)</sup> (caso di stallo senza scaricatore di arrivo linea)	-	-	4,50
Distanza tra TV e scaricatore di arrivo linea <sup>(4)(6)</sup>	2,50	2,50	1,50
<p>(1): le distanze sono da intendersi tra le mezzerie della apparecchiature.</p> <p>(2): il TV ed il traliccio possono anche essere allineati.</p> <p>(3): distanza da intendersi tra l'asse dell'ultimo sostegno e l'asse del TV di sbarra.</p> <p>(4) Si veda il paragrafo 7.18.1</p> <p>(5) Nel caso di stallo linea 380 kV con portale H21 senza scaricatori di arrivo linea, la BOC è posta su sostegno dedicato a 5,90 m dal sezionatore orizzontale ed a 4,00 m dal TV</p> <p>(6) Nel caso di stallo linea 380 kV con portale H21 con scaricatori di arrivo linea, la BOC è posta su sostegno dedicato a 5,40 m dal sezionatore orizzontale ed a 3,50 m dal TV</p>			

		Codifica: <b>ALLEGATO A.3</b>	
		Rev. 02 Del 26/05/2015	Pag. 41 di 99

### **7.18.1 Tipologia stalli**

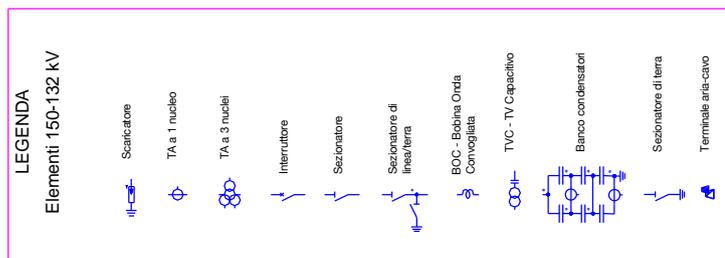
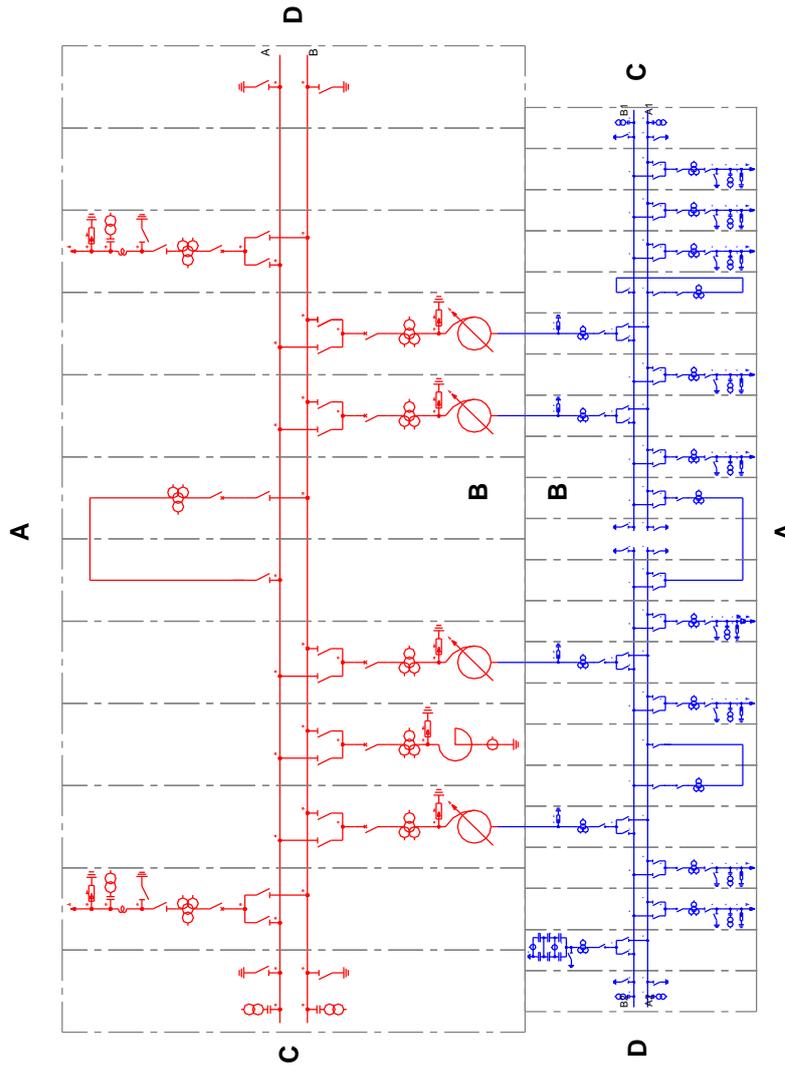
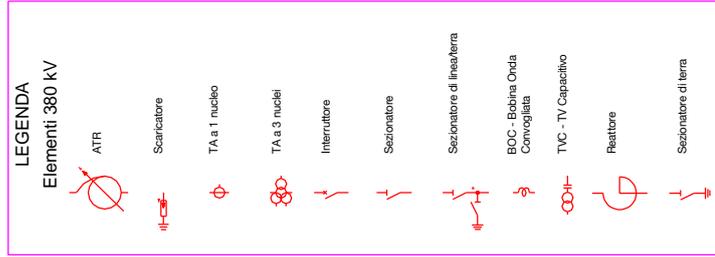
Di seguito è riportato lo schema elettrico unifilare di una generica stazione elettrica costituita da una sezione a 380 kV e da due sezioni a 150 kV, del tipo a doppia sbarra con isolamento in aria. Nello schema sono evidenziate le apparecchiature AT da adottare nelle seguenti tipologie di stallo:

- stallo tipo “linea”;
- stallo tipo “ATR”;
- stallo reattore di rifasamento;
- stallo tipo “parallelo sbarre”;
- stallo tipo “congiuntore sbarre”;
- stallo tipo “condensatore di rifasamento”.

Si evidenzia la presenza dei sezionatori di terra sbarre da entrambi i lati delle sbarre stesse.

Nello schema unifilare riportato alla pagina seguente, sono presenti gli scaricatori in arrivo linea, ridondanti rispetto agli scaricatori macchina già installati. L'utilizzo di tali apparecchiature in arrivo linea consente di proteggere le apparecchiature ed il macchinario da fulminazioni in prossimità della stazione elettrica dirette sulle fasi di linea AT entranti nella stazione stessa.

Di seguito, a scopo esemplificativo e non esaustivo, si riporta uno schema unifilare di una stazione elettrica di trasformazione.



	Codifica:	
	<b>ALLEGATO A.3</b>	
	Rev. 02 Del 26/05/2015	Pag. 43 di 99

## 8 STANDARD TECNICI DELLE LINEE ELETTRICHE

### 8.1 Generalità

Ai sensi della Norma CEI 11-4 (1998-09) - "Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne" - si definiscono linee elettriche aeree esterne le *"..linee installate all'aperto, al di sopra del suolo e costituite dai conduttori nudi con i relativi isolatori, dai sostegni ed accessori"*. Esse sono costituite da una o due terne (si parla rispettivamente di semplice e doppia terna) sempre su palificazione unica.

Le linee elettriche aeree di proprietà Terna, relative ai livelli di tensione di 380, 220, 132-150 kV, vengono progettate e realizzate in conformità alla Legge n. 339 del 28/06/1986 ed alle norme contenute nei Decreti n.449 del 21/03/1988 e n.1260 del 16/01/1991 con particolare riguardo agli elettrodotti di classe terza, così come definiti dall'art. 1.2.07 del Decreto del 21/03/1988 suddetto che ha recepito la norma CEI 11-4 (quinta edizione, 1998-09).

Per quanto concerne il rispetto delle norme sui campi elettrici e magnetici, le linee sono progettate nel pieno rispetto delle norme vigenti e in particolare del dettato congiunto del D.Lgs 36/2001 e del D.P.C.M. 08/07/2003, nonché successivo Decreto del 29 Maggio 2008, con riferimento ai valori di portata in corrente in servizio normale indicati nella tab. 1 della norma CEI 11-60.

Per quanto riguarda, invece, le interferenze con le linee di telecomunicazione si fa riferimento alla norma CEI 103-6, mentre per le interferenze con tubazioni metalliche alla CEI 304-1.

Rispondendo all'esigenza di utilizzare componenti e materiali industriali da produrre, per la generalità dei casi, in serie, Terna negli anni, per la realizzazione dei propri componenti di linee elettriche aeree, ha elaborato progetti standard unificati relativi a tutti i livelli di tensione (132-150-220-380 kV) e per tutte le tipologie di linee (semplice e doppia terna) che rispondono ai requisiti delle norme sopra citate. Ciò ha consentito una tipizzazione dei componenti che ha permesso a Terna di progettare e costruire queste infrastrutture in modo efficiente ed efficace su tutto il territorio nazionale.

In funzione di esigenze particolari, Terna provvede in ogni caso a progettare componenti speciali.

I materiali delle linee sia aeree che in cavo sono prodotti adottando un sistema di qualità conforme alla Norma UNI EN ISO 9001.

### **8.1.1 Elettrodotti aerei a 380 kV**

Nelle linee a 380 kV, la palificazione è usualmente realizzata con sostegni tradizionali tubolari e/o a traliccio, ovvero di altre tipologie anche innovative ed ambientalmente sostenibili.

Ogni fase è costituita da n. 3 o n. 2 conduttori di energia collegati fra loro da distanziatori, con spacing di norma 400 mm. Ciascun conduttore di energia è costituito da una corda di alluminio-acciaio con un diametro complessivo di 31,50 mm (40,5 mm per fascio binato).

Le principali caratteristiche elettriche sono le seguenti:

- Tensione nominale 380 kV c.a.
- Frequenza nominale 50 Hz
- Intensità di corrente nominale 1500 A (per fase)
- Potenza nominale 1000 MVA (per terna)

Ai fini della distribuzione dei sostegni, si considera che il franco minimo in massima freccia deve essere rispondente a quanto previsto dal D.M. 21/03/1988 e ss.mm.ii e in ogni caso compatibile con quanto richiesto ai fini della vigente normativa sui campi elettrici e magnetici. Le distanze di rispetto orizzontali minime per i sostegni sono quelle di cui allo stesso D.M. 21/03/1988 e ss.mm.ii.

In dipendenza della tipologia di palo in progetto, si può utilizzare sia fune di guardia d'acciaio (o acciaio rivestito di alluminio) che fune di guardia con fibre ottiche. Qualora venga scelto l'impiego di fune di guardia con fibre ottiche, questa generalmente è del tipo con 48 fibre secondo il prospetto di seguito riportato:

Tipologia	Fune di guardia (Ø - mm)	OPGW nominale (Ø - mm) con 48 f.o.	Conduttore (Ø - mm) - EDS1
Semplice e doppia terna, sostegni a traliccio o tubolari	11,5	17,9	31,5 (EDS 21% zona A EDS 20% zona B)

In particolare, dovrà essere impiegata una OPGW (Optical Ground Wire) a 48 fibre in caso di sostegni con unica fune di guardia, mentre, nel caso siano impiegati sostegni con due funi, si dovrà utilizzare una OPGW 48 fibre ed una in acciaio rivestito di alluminio (alumoweld).

### 8.1.2 Elettrodotti aerei a 220 kV

Nelle linee a 220 kV, la palificazione è usualmente realizzata con sostegni tradizionali tubolari e/o a traliccio, ovvero di altre tipologie anche innovative ed ambientalmente sostenibili.

Ogni fase è costituita generalmente da n.1 conduttore di energia costituito da una corda di alluminio-acciaio con un diametro di 31,50 mm.

Le principali caratteristiche elettriche sono le seguenti:

- Tensione nominale 220 kV c.a.
- Frequenza nominale 50 Hz
- Intensità di corrente nominale 500 A (per fase)
- Potenza nominale 200 MVA (per terna)

<sup>1</sup> Il tiro dei conduttori e delle corde di guardia viene fissato in modo che risulti costante, in funzione della campata equivalente, nella condizione "normale" di esercizio linea, cioè alla temperatura di 15°C ed in assenza di sovraccarichi (EDS - "every day stress"). Ciò assicura una uniformità di comportamento nei riguardi delle sollecitazioni prodotte dal fenomeno delle vibrazioni.

Ai fini della distribuzione dei sostegni, si considera che il franco minimo in massima freccia deve essere rispondente a quanto previsto dal D.M. 21/03/1988 e ss.mm.ii e in ogni caso compatibile con quanto richiesto ai fini della vigente normativa sui campi elettrici e magnetici. Le distanze di rispetto orizzontali minime per i sostegni sono quelle di cui allo stesso D.M. 21/03/1988 e ss.mm.ii.

In dipendenza della tipologia di palo in progetto, si può utilizzare sia fune di guardia d'acciaio (o acciaio rivestito di alluminio) che fune di guardia con fibre ottiche. Qualora venga scelto l'impiego di fune di guardia con fibre ottiche, questa generalmente è del tipo con 48 fibre secondo il prospetto di seguito riportato:

Tipologia	Fune di guardia ( $\varnothing$ - mm)	OPGW nominale ( $\varnothing$ mm) con 48 f.o.	Conduttore ( $\varnothing$ - mm) - EDS
220 kV Tiro Pieno semplice e doppia terna	11,5	17,9	31,5 (EDS 21% zona A EDS 18% zona B)

### **8.1.3 Elettrodotti aerei a 132-150 kV**

Nelle linee a 132-150 kV, la palificazione è usualmente realizzata con sostegni tradizionali tubolari e/o a traliccio, ovvero di altre tipologie anche innovative ed ambientalmente sostenibili.

Ogni fase è costituita da n.1 conduttore di energia costituito da una corda di alluminio-acciaio con un diametro di 31,50 mm.

Le principali caratteristiche elettriche sono le seguenti:

- Tensione nominale 132-150 kV c.a.
- Frequenza nominale 50 Hz
- Intensità di corrente nominale 500 A (per fase)
- Potenza nominale 120-130 MVA (per terna)

Ai fini della distribuzione dei sostegni, si considera che il franco minimo in massima freccia deve essere rispondente a quanto previsto dal D.M. 21/03/1988 e ss.mm.ii e in ogni caso compatibile con quanto richiesto ai fini della vigente normativa sui campi elettrici e magnetici. Le distanze di rispetto orizzontali minime per i sostegni sono quelle di cui allo stesso D.M. 21/03/1988 e ss.mm.ii.

In dipendenza della tipologia di palo in progetto, si può utilizzare sia fune di guardia d'acciaio (o acciaio rivestito di alluminio) che fune di guardia con fibre ottiche. Qualora venga scelto l'impiego di fune di guardia con fibre ottiche, questa generalmente è del tipo con 48 fibre secondo il prospetto di seguito riportato:

Tipologia	Fune di guardia (Ø - mm)	OPGW nominale (Ø - mm) con 48 f.o.	Conduttore (Ø - mm) - EDS
132-150 kV Tiro Pieno semplice e doppia terna	11,5	17,9	31,5 (EDS 21% zona A EDS 18% zona B)

#### 8.1.4 Aree impegnate

Nel corso della progettazione, il vincolo preordinato all'esproprio viene di norma apposto sulle “**aree potenzialmente impegnate**” (previste dalla L. 239/04).

L'estensione dell'area potenzialmente impegnata sarà usualmente di circa:

- 50 m dall'asse linea per parte per elettrodotti aerei a 380 kV;
- 40 m dall'asse linea per parte per elettrodotti aerei a 220 kV;
- 30 m dall'asse linea per parte per elettrodotti aerei a 132-150 kV.

In fase esecutiva/realizzativa, con riferimento al Testo Unico 327/01, si individuano invece le **aree impegnate**, necessarie per la sicurezza dell'esercizio e manutenzione dell'elettrodotto, che sono usualmente pari a circa:

- 25 m dall'asse linea per parte per elettrodotti aerei a 380 kV in semplice e doppia terna;

- 20 m dall'asse linea per parte per elettrodotti aerei a 220 kV in semplice e doppia terna;
- 16 m dall'asse linea per parte per elettrodotti aerei a 132-150 kV in semplice e doppia terna.

## 8.2 Componenti linee aeree

### 8.2.1 Sostegni

Il sostegno è l'elemento deputato a sostenere i conduttori, esso è costituito da più elementi strutturali, di cui uno deputato al collegamento con le fondazioni. La struttura del sostegno ospita le mensole, cui sono ancorati gli armamenti, cioè l'insieme di elementi di morsetteria che consente di ancorare meccanicamente i conduttori al sostegno pur mantenendoli elettricamente isolati da esso, che possono essere di sospensione o di amarro. In cima vi sono i cimini, atti a sorreggere le funi di guardia.

In ordine alle loro prestazioni meccaniche esistono diversi gruppi di sostegni di diverse altezze utili (usualmente da 9 metri a 42 metri con passo di 3 metri).

I sostegni utilizzati da Terna, tubolari e/o a traliccio ovvero di altre tipologie innovative ed ambientalmente sostenibili, vengono progettati in conformità alle norme tecniche vigenti (D.M. 21/03/1988 e CEI 11-4). Detti progetti sono validati da prove di carico eseguite presso stazioni sperimentali su prototipi in scala reale. Dette prove sono eseguite in conformità alla norma IEC 60652-2002.

### 8.2.2 Fondazioni

La fondazione è la struttura interrata atta a trasferire i carichi strutturali (compressione, trazione e taglio) dal sostegno al sottosuolo.

Le fondazioni standard Terna di tipo unificato sono utilizzabili su terreni normali, di buona o media consistenza, mentre su terreni con scarse caratteristiche geomeccaniche, su terreni instabili o su terreni allagabili le fondazioni vengono, di volta in volta, progettate *ad hoc*.

Nel caso dei sostegni di tipo tubolare la fondazione è costituita da un blocco unico in cemento armato, eventualmente con utilizzo di pali trivellati.

Nel caso, invece, di sostegni a traliccio, ciascun piedino di fondazione è composto da un blocco di calcestruzzo armato, un colonnino a sezione circolare, inclinato secondo la pendenza del montante del sostegno, un "moncone" annegato nel calcestruzzo al momento del getto, collegato al montante del "piede" del sostegno.

Per il calcolo di dimensionamento delle fondazioni si osservano le prescrizioni della normativa specifica per elettrodotti, costituita dal D.M. 21/3/1988.

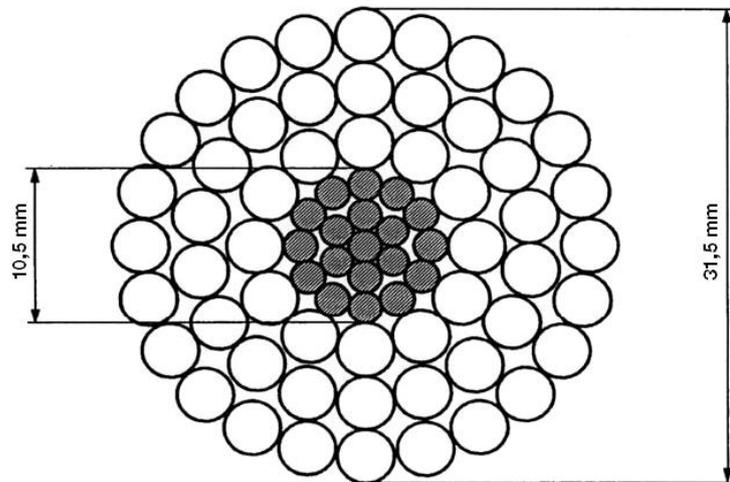
L'articolo 2.5.08 dello stesso D.M. 21/3/1988, precisa che le fondazioni verificate sulla base degli articoli sopramenzionati, sono idonee ad essere impiegate anche nelle zone sismiche per qualunque grado di sismicità.

### **8.2.3 Conduttori**

I conduttori sono gli elementi preposti al trasporto dell'energia. Nelle linee elettriche in alta e altissima tensione vengono adoperati conduttori nudi, opportunamente distanziati tra loro.

Per elettrodotti a 132-150 e 220 kV usualmente si utilizza per ciascuna fase elettrica n.1 conduttore, mentre per elettrodotti a 380 KV si usa preferenzialmente per ciascuna fase elettrica un fascio di n.3 conduttori (trinato) collegati fra loro da distanziatori o in alternativa un fascio di n.2 conduttori (binato).

In questo caso ciascun conduttore di energia è costituito da una corda di alluminio-acciaio della sezione complessiva di 585,3 mm<sup>2</sup> composta da n. 19 fili di acciaio del diametro 2,10 mm e da n. 54 fili di alluminio del diametro di 3,50 mm, con un diametro complessivo di 31,50 mm (nel caso del binato il diametro complessivo è di 40,5 mm).



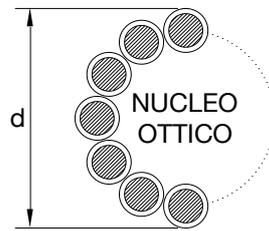
Materiale	Sezione (mm <sup>2</sup> )	Massa teorica (kg/m)	Resistenza a 20° C (Ω/km)	Carico di rottura (daN)
Alluminio-Acciaio	585	1,953	0,05564	16852

Per zone ad alto inquinamento salino può essere impiegato in alternativa il conduttore con l'anima a "zincatura maggiorata" ed ingrassato fino al secondo mantello di alluminio.

I conduttori e le funi di guardia in acciaio sono rispondenti alle norme CEI 7-2.

#### 8.2.4 Funi di guardia

L'elettrodotto è equipaggiato con una fune di guardia destinata, oltre che a proteggere l'elettrodotto stesso dalle scariche atmosferiche, a migliorare la messa a terra dei sostegni. La fune di guardia è in acciaio o in acciaio rivestito di alluminio. In alternativa è possibile l'impiego di una fune di guardia con fibre ottiche.



Le funi di guardia in acciaio rivestito di alluminio sono rispondenti alle norme CEI 7-11.

In aggiunta a quanto previsto dalle norme, in fase di collaudo, Terna richiede, ai fini della sicurezza, prove integrative di carattere elettrico e meccanico.

#### **8.2.5 Morsetteria ed isolatori**

Gli elementi di morsetteria hanno lo scopo di collegare i conduttori nudi e le funi di guardia alle strutture di sostegno.

La morsetteria delle linee elettriche aeree risponde alle CEI EN 61284.

Gli elementi di morsetteria per linee sono scelti in modo da poter sopportare gli sforzi massimi trasmessi dai conduttori al sostegno.

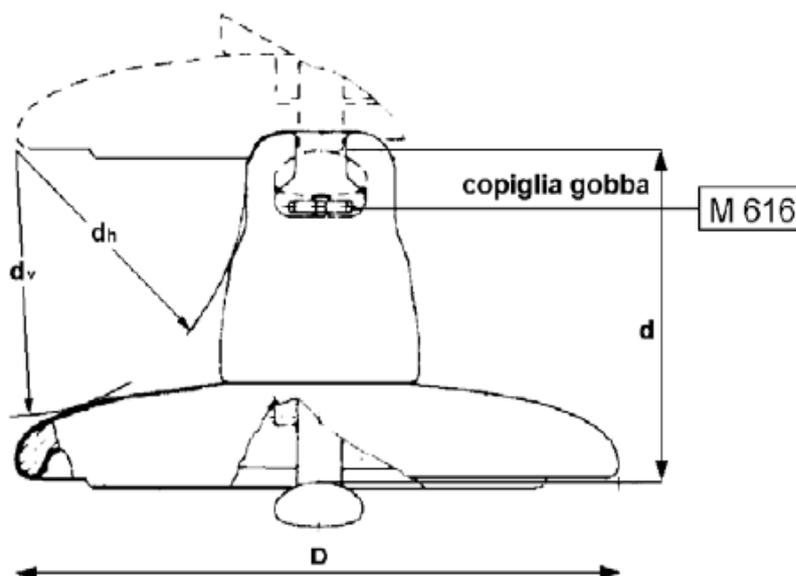
A seconda dell'impiego previsto sono individuati diversi carichi di rottura per gli elementi di morsetteria che compongono gli armamenti in sospensione.

Le morse di amarro sono invece dimensionate in base al carico di rottura del conduttore.

Per equipaggiamento si intende il complesso degli elementi di morsetteria che collegano le morse di sospensione o di amarro agli isolatori e questi ultimi al sostegno.

La scelta degli equipaggiamenti viene effettuata, per ogni singolo sostegno, fra quelli disponibili nello standard progettuale Terna, in funzione delle azioni (trasversale, verticale e longitudinale) determinate dal tiro dei conduttori e dalle caratteristiche di impiego del sostegno esaminato (campata media, dislivello a monte e a valle, ed angolo di deviazione).

L'isolamento degli elettrodotti viene realizzato con isolatori a cappa e perno in vetro temprato, nei due tipi "normale" e "antisale", connessi tra loro a formare catene di almeno n.18 elementi per elettrodotti a 380 kV, n.14 elementi per elettrodotti a 220 kV e n. 9 elementi per elettrodotti a 132-150 kV.



Il criterio di scelta degli isolatori si basa sulle condizioni in termini di inquinamento salino e caratteristiche di tenuta. La tabella sotto riportata mette in relazione la tenuta degli isolatori con i livelli di inquinamento.

LIVELLO DI INQUINAMENTO	DEFINIZIONE	MINIMA SALINITA' DI TENUTA (kg/m <sup>2</sup> )
I – Nullo o leggero (1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone prive di industrie e con scarsa densità di abitazioni dotate di impianto di riscaldamento</li> <li>• Zone con scarsa densità di industrie e abitazioni, ma frequentemente soggette a piogge e/o venti.</li> <li>• Zone agricole (2)</li> <li>• Zone montagnose</li> </ul> Occorre che tali zone distino almeno 10-	10

	20 km dal mare e non siano direttamente esposte a venti marini (3)	
II – Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone con industrie non particolarmente inquinanti e con media densità di abitazioni dotate di impianto di riscaldamento</li> <li>• Zone ad alta densità di industrie e/o abitazioni, ma frequentemente soggette a piogge e/o venti.</li> <li>• Zone esposte ai venti marini, ma non troppo vicine alla costa (distanti almeno alcuni chilometri) (3)</li> </ul>	40
III - Pesante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone ad alta densità industriale e periferie di grandi agglomerati urbani ad alta densità di impianti di riscaldamento produttori sostanze inquinanti</li> <li>• Zone prossime al mare e comunque esposte a venti marini di entità relativamente forte</li> </ul>	160
IV – Eccezionale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone di estensione relativamente modesta, soggette a polveri o fumi industriali che causano depositi particolarmente conduttivi</li> <li>• Zone di estensione relativamente modesta molto vicine a coste marine e battute da venti inquinanti molto forti</li> <li>• Zone desertiche, caratterizzate da assenza di pioggia per lunghi periodi, esposte a tempeste di sabbia e sali, e soggette a intensi fenomeni di condensazione</li> </ul>	(*)

Le caratteristiche degli isolatori corrispondono a quanto previsto dalle norme CEI EN 60383-1.

In aggiunta a quanto previsto dalle norme, in fase di collaudo, Terna richiede, ai fini della sicurezza, prove integrative di carattere elettrico e meccanico.

### 8.2.6 Segnalazioni ostacoli al volo

Le linee elettriche aeree devono rispettare quanto previsto dalla circolare dello Stato Maggiore della Difesa n° 146/2000, dal regolamento costruzione aeroporti ENAC e dalla circolare ENAC n°37030 del 22/03/2012 nonchè le procedure ENAC vigenti per l'invio delle istanze e la verifica di potenziali ostacoli al volo e comunque devono essere realizzate nel rispetto delle direttive impartite dagli enti aeronautici competenti.

## 8.3 Componenti di linee in cavo

### 8.3.1 Caratteristiche generali dei cavi XLPE di impiego prevalente

I cavi sono conformi alle norme IEC 60840 e IEC 62067.

Le portate nominali sono calcolate con il metodo riportato nelle Norme IEC 60287.

Si riportano le caratteristiche minime dei cavi XLPE per le diverse tensioni di riferimento. Valori differenti dai requisiti minimi specificati dovranno essere preventivamente concordati con Terna.

### 8.3.2 Cavi 380 kV

CARATTERISTICHE FUNZIONALI DEI CAVI CON CONDUTTORE IN RAME			
Portata di riferimento [A]	Sezione conduttore [mm <sup>2</sup> ]	Corrente termica di corto circuito sullo schermo [kA]	Materiale guaina esterna
1600	2500	50	PE
1400	2000	50	PE
1600	2500	50	PVC / PE AN
1400	2000	50	PVC / PE AN

U<sub>0</sub>/U = 220/380 kV per sistemi con tensione massima U<sub>m</sub> = 420 kV.

### Conduttore

Conduttore a corda rigida rotonda, compatta e tamponata di rame ricotto non stagnato. (Per sezioni superiori a 1000 mm<sup>2</sup> il conduttore deve essere di tipo milliken).

Le sezioni scelte dovranno essere conformi alle prescrizioni IEC 60228.

### Isolante e strati semiconduttivi

Isolante costituito da uno strato di polietilene reticolato estruso insieme ai due strati semiconduttivi (tripla estrusione).

### Schermo e misure di tamponamento longitudinale

Lo schermo metallico in piombo o nastro di alluminio saldato eventualmente in combinazione con fili di rame ricotto non stagnato, deve:

- contribuire ad assicurare la protezione meccanica del cavo
- assicurare la tenuta ermetica radiale
- consentire il passaggio delle correnti di corto circuito

### Guaina esterna

Il rivestimento protettivo esterno sarà costituito da una guaina di PE (tipo ST7) nera e grafitata, ovvero, quando per installazioni in aria si ritiene opportuno evitare il propagarsi della fiamma, guaina in PVC nera non propagante la fiamma o PE opportunamente addizionato.

### Accessori

I manicotti per terminazioni ed i giunti devono essere di tipo prestampato realizzati in un unico pezzo.

Per i terminali in porcellana e composito, non è ammesso che il collegamento del conduttore-cavo al codolo sia realizzato con saldatura di tipo alluminotermica.

Non è inoltre ammesso l'utilizzo di codolo di tipo bimetallico. Il codolo del terminale dovrà essere in rame per collegamenti con cavo in rame. Per cavi in alluminio il codolo dovrà essere in lega di alluminio.

Gli accessori dei cavi non devono limitare la capacità di trasporto dei cavi in servizio normale e in sovraccarico di emergenza.

### 8.3.3 Cavi 220 kV

<b>CARATTERISTICHE FUNZIONALI DEI CAVI CON CONDUTTORE IN RAME</b>			
Portata di riferimento [A]	Sezione conduttore [mm <sup>2</sup> ]	Corrente termica di corto circuito sullo schermo [kA]	Materiale guaina esterna
1000	1000	50	PE
1200	1200	50	PE
1600	2000	50	PE
1750	2500	50	PE
1000	1000	50	PVC
1200	1200	50	PVC
1600	2000	50	PVC
1750	2500	50	PVC
<b>CARATTERISTICHE FUNZIONALI DEI CAVI CON CONDUTTORE IN ALLUMINIO</b>			
Portata di riferimento [A]	Sezione conduttore [mm <sup>2</sup> ]	Corrente termica di corto circuito sullo schermo [kA]	Materiale guaina esterna
1000	1600	50	PE
1000	1600	50	PVC

U<sub>0</sub>/U = 127/220 kV per sistemi con tensione massima U<sub>m</sub> = 245 kV.

#### Anima

Conduttore a corda rigida rotonda, compatta e tamponata di rame ricotto non stagnato o alluminio

Le sezioni normalizzate dovranno essere conformi alle prescrizioni IEC 60228.

### Isolante e strati semiconduttivi

Isolante costituito da uno strato di polietilene reticolato estruso insieme ai due strati semiconduttivi (tripla estrusione).

### Schermo

Lo schermo metallico, in piombo o alluminio, o a fili di rame ricotto o fili di alluminio non stagnati opportunamente tamponati, o in una loro combinazione deve:

- contribuire ad assicurare la protezione meccanica del cavo
- assicurare la tenuta ermetica radiale
- consentire il passaggio delle correnti corto circuito

La tenuta ermetica radiale deve essere assicurata con processi di estrusione o saldatura (di testa) delle parti metalliche.

### Guaina esterna

Il rivestimento protettivo esterno sarà costituito da una guaina di PE e grafitata, ovvero, quando per installazioni in aria si ritiene opportuno evitare il propagarsi della fiamma, guaina in PVC non propagante la fiamma o PE opportunamente addizionata oppure con microguaina aggiuntiva in PE opportunamente addizionata.

### Accessori

I manicotti per terminazioni ed i giunti devono essere di tipo prestampato realizzati in un unico pezzo.

Per i terminali in porcellana e composito, non è ammesso che il collegamento del conduttore-cavo al codolo sia realizzato con saldatura di tipo alluminotermica.

Non è inoltre ammesso l'utilizzo di codolo di tipo bimetallico. Il codolo del terminale dovrà essere in rame per collegamenti con cavo in rame. Per cavi in alluminio il codolo dovrà essere in lega di alluminio.

Gli accessori dei cavi non devono limitare la capacità di trasporto dei cavi in servizio normale e in sovraccarico di emergenza.

### 8.3.4 Cavi 150 kV

<b>CARATTERISTICHE FUNZIONALI DEI CAVI CON CONDUTTORE IN RAME</b>			
Portata di riferimento [A]	Sezione conduttore [mm <sup>2</sup> ]	Corrente termica di corto circuito sullo schermo [kA]	Materiale guaina esterna
500	400	31.5	PE
800	630	31.5	PE
1000	1000	31.5	PE
1200	1200	31.5	PE
500	400	31.5	PVC
800	630	31.5	PVC
1000	1000	31.5	PVC
1200	1200	31.5	PVC
<b>CARATTERISTICHE FUNZIONALI DEI CAVI CON CONDUTTORE IN ALLUMINIO</b>			
Portata di riferimento [A]	Sezione conduttore [mm <sup>2</sup> ]	Corrente termica di corto circuito sullo schermo [kA]	Materiale guaina esterna
500	400	31.5	PE
800	1000	31.5	PE
1000	1600	31.5	PE
500	400	31.5	PVC
800	1000	31.5	PVC
1000	1600	31.5	PVC

$U_0/U = 87/150$  kV per sistemi con tensione massima  $U_m = 170$  kV.

#### Anima

Conduttore a corda rigida rotonda, compatta e tamponata di rame ricotto non stagnato o alluminio

Le sezioni normalizzate dovranno essere conformi alle prescrizioni IEC 60228.

#### Isolante e strati semiconduttivi

Isolante costituito da uno strato di polietilene reticolato estruso insieme ai due strati semiconduttivi (tripla estrusione).

#### Schermo

Lo schermo metallico, in piombo o alluminio, o a fili di rame ricotto o a fili di alluminio non stagnati opportunamente tamponati, o in una loro combinazione deve:

- contribuire ad assicurare la protezione meccanica del cavo
- assicurare la tenuta ermetica radiale
- consentire il passaggio delle correnti corto circuito

#### Guaina esterna

Il rivestimento protettivo esterno sarà costituito da una guaina di PE nera e grafitata, ovvero, quando per installazioni in aria si ritiene opportuno evitare il propagarsi della fiamma, guaina in PVC nera non propagante la fiamma o PE opportunamente addizionato.

#### Accessori

I manicotti per terminazioni ed i giunti devono essere di tipo prestampato realizzati in un unico pezzo.

Per i terminali in porcellana e composito, non è ammesso che il collegamento del conduttore-cavo al codolo sia realizzato con saldatura di tipo alluminotermica.

Non è inoltre ammesso l'utilizzo di codolo di tipo bimetallico. Il codolo del terminale dovrà essere in rame per collegamenti con cavo in rame. Per cavi in alluminio il codolo dovrà essere in lega di alluminio.

Gli accessori dei cavi non devono limitare la capacità di trasporto dei cavi in servizio normale e in sovraccarico di emergenza.

### 8.3.5 Profondità e modalità di posa del cavo

Per i cavi con tensione massima  $U_m \leq 245$  kV la disposizione impiantistica può essere a trifoglio o a trifoglio allargato.

Per i cavi con tensione massima  $U_m > 245$  kV la disposizione impiantistica può essere quella in piano con distanza tra le fasi asse-asse di almeno 350 mm.

La profondità di posa dei cavi è funzione della disposizione impiantistica e fatte salve diverse prescrizioni riferite allo specifico impianto o richieste degli Enti gestori delle sedi viarie (ANAS, Comuni ecc.) deve essere conforme a quanto riportato alla Norma CEI 11-17.

Nella tabella seguente sono riportate le profondità del piano di posa per disposizioni a triangolo in piano.

Profondità di posa dei cavi "d" (m)						
Tipologia di posa	Tensione massima					
	170 kV		245 kV		420 kV	
	in piano	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano	a trifoglio
<b>Posa in terreno agricolo</b>	Non prevista	1,60	1,50	1,60	1,50	Non prevista
<b>Posa su strade urbane ed extraurbane</b>	Non prevista	1,50	1,40	1,50	1,40	Non prevista
<b>Posa in roccia</b>	Non prevista	1,30	1,30	1,30	1,30	Non prevista

### 8.3.6 Compensazione reattiva

Nel dimensionamento della linea, si dovrà tenere in considerazione la compensazione della potenza reattiva del collegamento, in relazione alla sezione nominale del cavo ed anche ai vincoli sulle apparecchiature connesse alla linea, quali ed esempio la corrente di interruzione nominale di cavi a vuoto dell'interruttore di linea. Sono inoltre da tenere in considerazione eventuali vincoli di Rete sullo scambio di potenza reattiva.

I valori di corrente di interruzione nominale di linee a vuoto e la corrente di interruzione nominale di cavi a vuoto sono riportati nella tabella 5 della norma EN 62271-100.

In merito alla procedura per il dimensionamento della compensazione reattiva, si può fare riferimento alla TB Cigre 556 *"Power System Technical Performance Issues Related to the Application of Long HVAC Cables"*.

Il fattore di guasto  $k_1$  può essere stimato dalla fig. B.2 della CEI EN 60071-2.

Si ricorda comunque che, per impianti eolici connessi alla RTN, sono in vigore anche le prescrizioni di cui all'allegato A17 *"Sistemi di controllo e protezione delle centrali eoliche"* :

*"[...] Il fattore di potenza può essere mantenuto fisso ad un valore scelto in accordo tra il Gestore ed il Titolare. Di norma è richiesto di garantire, sul punto di connessione della centrale con la rete, il fattore di potenza pari a 1."*

Per impianti fotovoltaici connessi alla RTN, si faccia invece riferimento all'allegato A68 *"Impianti di produzione fotovoltaica. Requisiti minimi per la connessione e l'esercizio in parallelo con la rete AT"*:

*"[...]L'Utente dovrà inoltre aver cura di verificare, già in fase di progettazione, che non vi siano scambi di potenza reattiva con la rete ad impianto fermo. Qualora non si verificasse ciò, la Centrale dovrà essere dotata di idonei apparati di compensazione necessari a garantire uno scambio di potenza reattiva nel punto di consegna con fattore di potenza pari a 1."*

	Codifica:	
	<b>ALLEGATO A.3</b>	
	Rev. 02 Del 26/05/2015	Pag. 62 di 99

## 8.4 Rumore

In merito alla emissione di rumore, vanno rispettati i limiti riportati al DPCM del 1 marzo 1991, al DPCM del 14.11.1997 e secondo le indicazioni della legge quadro sull'inquinamento acustico (legge n.447 del 26/10/1995).

## 8.5 Principali riferimenti normativi in materia di campi elettromagnetici e limiti di riferimento generati da linee elettriche in corrente alternata

Le linee elettriche aeree di Terna vengono progettate nel pieno rispetto della normativa vigente in tema di campi elettrici e magnetici. Di seguito si riportano i principali riferimenti normativi.

Tra i principali riferimenti normativi in materia di protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati da linee elettriche aeree in corrente alternata è utile ricordare le Linee Guida dell'ICNIRP , in particolare:

- Linee Guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo (1Hz – 100 KHz) (2010), che hanno sostituito le precedenti Linee Guida del 1998<sup>2</sup> introducendo nuovi limiti basati sul campo elettrico indotto e non più sulla corrente elettrica indotta.

Con riferimento all'esposizione della popolazione<sup>3</sup>, è utile menzionare a livello europeo la

- Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 Luglio 1999 relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici fino a 300 GHz (n. 1999/519/CE)

che ha recepito le Linee Guida dell'ICNIRP fino a quel momento emesse, oggi sostituite dalle più recenti, (Linee Guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo del 1998) chiedendo agli Stati membri che le

<sup>2</sup> Linee Guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo e a campi elettromagnetici (fino a 300 GHz) (1998)

<sup>3</sup> Non si fa riferimento, nel presente documento, alla normativa relativa alla protezione dei lavoratori dai campi elettromagnetici, che esula dall'obiettivo della presente trattazione ed è, tra l'altro, attualmente in fase di revisione a livello europeo.

disposizioni nazionali relative alla protezione dall'esposizione ai campi elettromagnetici si uniformassero alle stesse.

Come precisa la stessa Raccomandazione, i limiti derivati sulla base degli effetti a breve termine provati, adottano fattori di sicurezza pari a 50 che implicitamente tutelano anche da possibili effetti a lungo termine, ad oggi non provati.

A livello nazionale il quadro normativo è rappresentato da

- Legge quadro 22 febbraio 2001 n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" [si applica a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz];
- DPCM 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati dagli elettrodotti";
- Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" [si applica alle linee esercite alla frequenza di rete (50Hz)].

I principali riferimenti tecnici per il calcolo dei valori di campo elettrico e magnetico sono rappresentati dalle norme tecniche CEI, in particolare:

- Norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo" Prima edizione, 2006;
- Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche" Seconda edizione, 2008.

Nonché relativamente alla corrente da utilizzare per il calcolo:

- Norma CEI 11-60 "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV" Seconda edizione, 2002;

### 8.5.1 Limiti di riferimento

I livelli di riferimento raccomandati dall'ICNIRP<sup>4</sup> per la popolazione, oggetto di recente revisione, sono, per le linee elettriche esercite alla frequenza di rete (50 Hz):

- campo elettrico: 5 kV/m (valori efficaci)
- campo magnetico: 200  $\mu$ T (valori efficaci)

A livello europeo la Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 Luglio 1999 ha invece recepito i valori indicati dalle precedenti Linee Guida dell'ICNIRP (Linee Guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo del 1998); tali valori sono quindi per le linee elettriche esercite alla frequenza di rete (50 Hz):

- campo elettrico: 5 kV/m (valori efficaci)
- campo magnetico: 100  $\mu$ T (valori efficaci)

In ambito nazionale, ai fini della protezione della popolazione, la legge n. 36 del 22 febbraio 2001 e il successivo D.P.C.M. 8 luglio 2003 hanno introdotto, relativamente alla frequenza di rete di 50 Hz, i seguenti limiti:

#### **Limite di esposizione<sup>5</sup>:**

- 5 kV/m per il campo elettrico
  - 100  $\mu$ T per l'induzione magnetica
- (da intendersi come valori efficaci) (RMS values)

#### **Valore di attenzione<sup>6</sup>:**

- 10  $\mu$ T per l'induzione magnetica,

---

<sup>4</sup> Linee Guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo (1Hz – 100 KHz) (2010)

<sup>5</sup> La legge 36/2001 precisa che "limite di esposizione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori"

<sup>6</sup> La legge 36/2001 precisa che "valore di attenzione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge".

(da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)

### Obiettivo di qualità<sup>7</sup>:

- 3  $\mu$ T per il valore dell'induzione magnetica

(da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)

Mentre i limiti di esposizione si applicano in ogni condizione di esposizione, i valori di attenzione si applicano nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere nel caso di linee esistenti nei confronti di edificato esistente.

Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz si applicano invece gli obiettivi di qualità.

Di seguito un prospetto dei limiti attualmente vigenti:

f (Hz)	ICNIRP (2010)		Racc.Cons.Europeo 12/07/99		D.Lgs 36/01 + DPCM 8/07/2003	
	E (kV/m)	B ( $\mu$ T)	E (kV/m)	B ( $\mu$ T)	E (kV/m)	B ( $\mu$ T)
50	5	200	5	100	5	100 <sup>(1)</sup> 10 <sup>(2)</sup> 3 <sup>(3)</sup>

(1) limite di esposizione (2) valore di attenzione (3) obiettivo di qualità

<sup>7</sup> La legge 36/2001 definisce "obiettivi di qualità":

1) i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite dall'articolo 8;

2) i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), ai fini della progressiva mitizzazione dell'esposizione ai campi medesimi";

### 8.5.2 Obiettivo di qualità, Fascia di rispetto e Dpa

Come già chiarito, l'obiettivo di qualità si applica nel caso di progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di insediamenti esistenti, o nel caso di progettazione di nuovi insediamenti in prossimità di elettrodotti esistenti.

Con riferimento agli elettrodotti eserciti alla frequenza di rete, 50 Hz, e con specifico riferimento all'obiettivo di qualità, sono introdotti i concetti di Fascia di rispetto e di Distanza di prima approssimazione (Dpa).

Come definita dalla norma CEI 106-11, Fascia di rispetto<sup>8</sup> “ *E' lo spazio circostante i conduttori di una linea elettrica aerea, o in cavo interrato, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale ad un valore prefissato, in particolare all'obiettivo di qualità.*”

Come meglio specifica il DPCM 8 luglio 2003 [art.6], “*per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità ... ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla norma CEI 11-60*”

Come previsto dallo stesso art.6 del DPCM 8 luglio 2003, la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto è stata definita dall'APAT, sentite le ARPA, ed approvata dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio con Decreto 29 Maggio 2008 - "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti".

Come specificato al par.3.2, tale metodologia, *...ai sensi dell'art. 6 comma 2 del DPCM 08.07.03, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrate, esistenti e in progetto.*

I riferimenti contenuti nell'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 implicano che le fasce di rispetto debbano attribuirsi ove sia applicabile l'obiettivo di qualità: “*Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori*

---

<sup>8</sup> Il concetto di fascia di rispetto per gli elettrodotti è stato per la prima volta introdotto dalla legge n.36/2001 [art.4, c.1, lettera h] come spazio “*ove non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore*”.

*a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni già presenti nel territorio.” (art. 4 del DM 8 luglio 2003)*

Il concetto di Distanza di prima approssimazione (Dpa) è stato per la prima volta introdotto dal Decreto 29 Maggio 2008 che ne riporta anche la definizione: *“per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto...”*

Tale concetto è stato introdotto al fine di semplificare la gestione territoriale e procedere in prima approssimazione al calcolo delle fasce di rispetto senza dover ricorrere a complessi modelli di calcolo bidimensionale o tridimensionale, il Decreto prevede infatti anche dei metodi semplificati da poter applicare nel caso di parallelismo o incrocio di linee elettriche aeree<sup>9</sup>.

Terna progetta le proprie linee nel pieno rispetto della normativa vigente in tema di campi elettrici e magnetici.

---

<sup>9</sup> Nel caso di parallelismi tra più linee, incroci o cambi di direzione si parla di “Area di Prima Approssimazione (ApA)”

		Codifica:	
		<b>ALLEGATO A.3</b>	
		Rev. 02 Del 26/05/2015	Pag. 68 di 99

## **9 TABELLE APPARECCHIATURE AT, MACCHINARIO E BATTERIE DI CONDENSATORI**

Si precisa che, ove non specificato, il livello di qualificazione sismica delle apparecchiature e del macchinario è AF5.

## 9.1 INTERRUTTORI

### 9.1.1 Interruttori a tensione nominale 380 kV

Tipo TERNA	Corrente di interruzione (kA)			
	Y1/8	Y1/10	Y1/12	Y1/14
Y1/8-C – Y1/12-C	50			
Y1/8-P – Y1/12-P	50			
Y1/10-C – Y1/14-C	63			
Y1/10-P – Y1/14-P	63			
<b>GRANDEZZE NOMINALI</b>				
Tipo	Y1/8	Y1/10	Y1/12	Y1/14
Tensione nominale (kV)	420			
Livello di isolamento nominale:				
Tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico:				
- verso terra (kV)	1425			
- tra i contatti aperti (kV)	1425 (+240)			
Tensione nominale di tenuta a impulso di manovra:				
- verso terra (kV)	1050			
- tra i contatti aperti (kV)	900 (+345)			
Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale:				
- verso terra (kV)	520			
- tra i contatti aperti (kV)	610			
Frequenza nominale (Hz)	50			
Corrente nominale (A)	3150		4000	
Durata nominale di corto circuito (s)	1			
Tensioni nominali di alimentazione dei circuiti ausiliari:				
- corrente continua (V)	110			
- corrente alternata monofase/trifase a quattro fili (V)	230/400			
Potenza massima assorbita da ogni singolo circuito indipendente (CH, AP1, AP2, AP3, motore/i, climatizzazione):				
- corrente continua (W)	1500			
- corrente alternata monofase/trifase (VA)	850/2500			
Corrente di stabilimento nominale di corto circuito (kA)	125	160	125	160
Sequenza di manovra nominale	O-0,3 s-CO-1 min-CO			
Corrente di interruzione nominale di linee a vuoto (A)	400			
Corrente di interruzione nominale di cavi a vuoto (A)	400			
Corrente di interruzione nominale di batteria singola di condensatori (A)	400			
Corrente di interruzione nominale in discordanza di fase (kA)	12,5	16	12,5	16
Durata massima di interruzione (ms)	60			
Durata massima di stabilimento/interruzione (ms)	80			
Durata massima di chiusura (ms)	150			
Forze statiche ai morsetti:				
- orizzontale longitudinale (N)	1750			
- orizzontale trasversale (N)	1250			
- verticale (N)	1500			
Livello di qualificazione sismica	AF5			

**9.1.2 Interruttori a tensione nominale 220 kV**

Y2/6-C	50
Y2/6-P	50
Y2/8-C	40
Y2/8-P	40
<b>GRANDEZZE NOMINALI</b>	
Tipo	Y2/6      Y2/8
Tensione nominale (kV)	245
Livello di isolamento nominale:	
- tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico (kV):	1050
- tensione nominale di tenuta a frequenza industriale (kV):	460
Frequenza nominale (Hz)	50
Corrente nominale (A)	2000
Durata nominale di corto circuito (s)	1
Tensioni nominali di alimentazione dei circuiti ausiliari:	
- corrente continua (V)	110
- corrente alternata monofase/trifase a quattro fili (V)	230/400
Potenza massima assorbita da ogni singolo circuito indipendente (CH, AP1, AP2, AP3, motore/i, climatizzazione):	
- corrente continua (W)	1500
- corrente alternata monofase/trifase (VA)	850/2500
Corrente di stabilimento nominale di corto circuito (kA)	125      100
Sequenza di manovra nominale	O-0,3 s-CO-1 min-CO
Corrente di interruzione nominale di linee a vuoto (A)	125
Corrente di interruzione nominale di cavi a vuoto (A)	250
Corrente di interruzione nominale di batteria singola di condensatori (A)	400
Corrente di interruzione nominale in discordanza di fase (kA)	12,5      10
Durata massima di interruzione (ms)	60
Durata massima di stabilimento/interruzione (ms)	80
Durata massima di chiusura (ms)	150
Forze statiche ai morsetti:	
- orizzontale longitudinale (N)	1250
- orizzontale trasversale (N)	1000
- verticale (N)	1250
Livello di qualificazione sismica	AF5

**9.1.3 Interruttori a tensione nominale 132 kV**

<b>Tipo TERNA</b>	<b>Corrente di interruzione (kA)</b>	
Y4/4-C	31,5	
Y4/4-P	31,5	
Y4/6-C	40	
Y4/6-P	40	
<b>GRANDEZZE NOMINALI</b>		
Tipo	Y4/4	Y4/6
Tensione nominale (kV)	145	
Livello di isolamento nominale:		
- tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico (kV):	650	
- tensione nominale di tenuta a frequenza industriale (kV):	275	
Frequenza nominale (Hz)	50	
Corrente nominale (A)	2000	
Durata nominale di corto circuito (s)	1	
Tensioni nominali di alimentazione dei circuiti ausiliari:		
- corrente continua (V)	110	
- corrente alternata monofase/trifase a quattro fili (V)	230/400	
Potenza massima assorbita da ogni singolo circuito indipendente (CH, AP1, AP2, AP3, motore/i, climatizzazione):		
- corrente continua (W)	1500	
- corrente alternata monofase/trifase (VA)	850/2500	
Corrente di stabilimento nominale di corto circuito (kA)	80	100
Sequenza di manovra nominale	O-0,3 s-CO-1 min-CO	
Corrente di interruzione nominale di linee a vuoto (A)	50	
Corrente di interruzione nominale di cavi a vuoto (A)	160	
Corrente di interruzione nominale di batteria singola di condensatori (A)	400	
Corrente di interruzione nominale in discordanza di fase (kA)	8	10
Durata massima di interruzione (ms)	60	
Durata massima di stabilimento/interruzione (ms) (con bobina a lancio)	80	
Durata massima di stabilimento/interruzione (ms) (con bobina a mancanza)	120	
Durata massima di chiusura (ms)	150	
Forze statiche ai morsetti:		
- orizzontale longitudinale (N)	1250	
- orizzontale trasversale (N)	750	
- verticale (N)	1000	
Livello di qualificazione sismica	AF5	

### 9.1.4 Interruttori a tensione nominale 150 kV

<b>Tipo TERNA</b>	<b>Corrente di interruzione (kA)</b>	
Y3/4-C	31,5	
Y3/4-P	31,5	
Y3/6-C	40	
Y3/6-P	40	
<b>GRANDEZZE NOMINALI</b>		
Tipo	Y3/4	Y3/6
Tensione nominale (kV)	170	
Livello di isolamento nominale:		
- tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico (kV):	750	
- tensione nominale di tenuta a frequenza industriale (kV):	325	
Frequenza nominale (Hz)	50	
Corrente nominale (A)	2000	
Durata nominale di corto circuito (s)	1	
Tensioni nominali di alimentazione dei circuiti ausiliari:		
- corrente continua (V)	110	
- corrente alternata monofase/trifase a quattro fili (V)	230/400	
Potenza massima assorbita da ogni singolo circuito indipendente (CH, AP1, AP2, AP3, motore/i, climatizzazione):		
- corrente continua (W)	1500	
- corrente alternata monofase/trifase (VA)	850/2500	
Corrente di stabilimento nominale di corto circuito (kA)	80	100
Sequenza di manovra nominale	O-0,3 s-CO-1 min-CO	
Corrente di interruzione nominale di linee a vuoto (A)	63	
Corrente di interruzione nominale di cavi a vuoto (A)	160	
Corrente di interruzione nominale di batteria singola di condensatori (A)	400	
Corrente di interruzione nominale in discordanza di fase (kA)	8	10
Durata massima di interruzione (ms)	60	
Durata massima di stabilimento/interruzione (ms) (con bobina a lancio)	80	
Durata massima di stabilimento/interruzione (ms) (con bobina a mancanza)	120	
Durata massima di chiusura (ms)	150	
Forze statiche ai morsetti:		
- orizzontale longitudinale (N)	1250	
- orizzontale trasversale (N)	750	
- verticale (N)	1000	
Livello di qualificazione sismica	AF5	

### 9.1.5 Linee di fuga isolatori degli interruttori

Le linee di fuga minime ed i valori di salinità di tenuta degli isolatori, sono quelli riportati nella tabella seguente:

	Livello di tensione	145 kV	170 kV	245 kV	420 kV
Linea di fuga minima (mm/kV)	Ceramici	Classe di inquinamento "d" (secondo IEC/TS 60815-2)			
	Polimerici	Classe di inquinamento "d" (secondo IEC/TS 60815-3)			
Salinità di tenuta (kg/m <sup>3</sup> )	Ceramici	56 (secondo IEC/TS 60815-2)		40 (secondo IEC/TS 60815-2)	
	Polimerici				

## 9.2 SEZIONATORI

### 9.2.1 Sezionatori orizzontali a tensione nominale 420 kV con lame di messa a terra

Codifica Terna	Y12/2	Y12/4	Y12/6	Y12/8
Classe di corrente indotta del sezionatore di terra	A		B	
Salinità di tenuta a 243 kV (kg/m <sup>3</sup> )	40			
Tensione nominale (kV)	420			
Corrente nominale (A)	3150			
Frequenza nominale (Hz)	50			
Corrente nominale di breve durata:				
- valore efficace (kA)	50	63	50	63
- valore di cresta (kA)	125	160	125	160
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1			
Accoppiamento elettromagnetico (sezionatore di terra)				
- corrente induttiva nominale (A)	80		200	
- tensione induttiva nominale (kV)	2		22	
Accoppiamento elettrostatico (sezionatore di terra)				
- corrente induttiva nominale (A)	1,25		18	
- tensione induttiva nominale (kV)	5		22	
Tensione di prova ad impulso atmosferico:				
- verso massa (kV)	1425			
- sul sezionamento (kV)	1425 (+240)			
Tensione di prova ad impulso di manovra:				
- verso massa (kV)	1050			
- sul sezionamento (kV)	900 (+345)			
Tensione di prova a frequenza di esercizio:				
- verso massa (kV)	520			
- sul sezionamento (kV)	610			
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:				
- orizzontale longitudinale (N)	2000			
- orizzontale trasversale (N)	660			
- verticale (N)	1500			
Tensione nominale di alimentazione:				
- motore e circuiti di comando ed ausiliari (V <sub>cc</sub> )	110			
- resistenza di riscaldamento (V <sub>ca</sub> )	230			
Assorbimento massimo complessivo dei motori di comando di ciascun sezionatore (kW)	2			
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15			

**9.2.2 Sezionatori verticali a tensione nominale 420 kV**

Codifica Terna	Y13/2	Y13/4
Salinità di tenuta a 243 kV (kg/m <sup>3</sup> )	40	
Tensione nominale (kV)	420	
Corrente nominale (A)	3150	
Frequenza nominale (Hz)	50	
Corrente nominale di breve durata:		
- valore efficace (kA)	50	63
- valore di cresta (kA)	125	160
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1	
Corrente nominale commutazione di sbarra (A)	1600	
Tensione nominale commutazione di sbarra (V)	300	
Tensione di prova ad impulso atmosferico:		
- verso massa (kV)	1425	
- sul sezionamento (kV)	1425(+240)	
Tensione di prova ad impulso di manovra:		
- verso massa (kV)	1050	
- sul sezionamento (kV)	900(+345)	
Tensione di prova a frequenza di esercizio:		
- verso massa (kV)	520	
- sul sezionamento (kV)	610	
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:		
- orizzontale longitudinale (N)	4000	
- orizzontale trasversale (N)	1600	
- verticale (N)	1500	
Tensione nominale di alimentazione:		
- motore (V <sub>cc</sub> )	110	
- circuiti di comando ed ausiliari (V <sub>cc</sub> )	110	
- resistenza di riscaldamento (V <sub>ca</sub> )	230	
Assorbimento massimo complessivo motori di comando (kW)	2	
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15	
Zona di contatto X/Y/Z (mm)	150/150/150	

**9.2.3 Sezionatori terra sbarre a tensione nominale 420 kV**

<i>Codifica Terna</i>	Y14/1	Y14/2
Tensione nominale (kV)	420	
Frequenza nominale (Hz)	50	
Corrente nominale di breve durata:		
- valore efficace (kA)	50	63
- valore di cresta (kA)	125	160
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1	
Tensione di prova ad impulso atmosferico verso massa (kV)	1425	
Tensione di prova ad impulso di manovra verso massa (kV)	1050	
Tensione di prova a frequenza di esercizio verso massa (kV)	520	
Sforzo meccanico orizzontale trasversale nom. sui morsetti (N)	3000	
Tensione nominale di alimentazione:		
- motore ( $V_{cc}$ )	110	
- circuiti di comando ed ausiliari ( $V_{cc}$ )	110	
- resistenza di riscaldamento ( $V_{ca}$ )	230	
Assorbimento massimo complessivo dei motori di comando (kW)	2	
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15	

**9.2.4 Sezionatori orizzontali a tensione nominale 420 kV senza lame di terra**

<i>Codifica Terna</i>	Y15/2	Y15/4
Salinità di tenuta a 243 kV (kg/m <sup>3</sup> )	40	
Tensione nominale (kV)	420	
Corrente nominale (A)	3150	
Frequenza nominale (Hz)	50	
Corrente nominale di breve durata:		
- valore efficace (kA)	50	63
- valore di cresta (kA)	125	160
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1	
Corrente nominale commutazione di sbarra (A)	1600	
Tensione nominale commutazione di sbarra (V)	300	
Tensione di prova ad impulso atmosferico:		
- verso massa (kV)	1425	
- sul sezionamento (kV)	1425 (+240)	
Tensione di prova ad impulso di manovra:		
- verso massa (kV)	1050	
- sul sezionamento (kV)	900(+345)	
Tensione di prova a frequenza di esercizio:		
- verso massa (kV)	520	
- sul sezionamento (kV)	610	
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:		
- orizzontale longitudinale (N)	2000	
- orizzontale trasversale (N)	660	
- verticale (N)	1500	
Tensione nominale di alimentazione:		
- motore (V <sub>cc</sub> )	110	
- circuiti di comando ed ausiliari (V <sub>cc</sub> )	110	
- resistenza di riscaldamento (V <sub>ca</sub> )	230	
Assorbimento massimo complessivo dei motori di comando (kW)	2	
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15	

**9.2.5 Sezionatori orizzontali a tensione 245 kV con lame di messa a terra**

Codifica Terna	Y26/2	Y26/4
Classe di corrente indotta del sezionatore di terra	A	B
Salinità di tenuta a 142 kV (kg/m <sup>3</sup> )	40	
Tensione nominale (kV)	245	
Corrente nominale (A)	2000	
Frequenza nominale (Hz)	50	
Corrente nominale di breve durata:		
- valore efficace (kA)	50	
- valore di cresta (kA)	125	
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1	
Accoppiamento elettromagnetico (sezionatore di terra)		
- corrente induttiva nominale (A)	80	160
- tensione induttiva nominale (kV)	1,4	15
Accoppiamento elettrostatico (sezionatore di terra)		
- corrente induttiva nominale (A)	1,25	10
- tensione induttiva nominale (kV)	5	15
Tensione di prova ad impulso atmosferico:		
- verso massa (kV)	1050	
- sul sezionamento (kV)	1200	
Tensione di prova a frequenza di esercizio:		
- verso massa (kV)	460	
- sul sezionamento (kV)	530	
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:		
- orizzontale longitudinale (N)	1000	
- orizzontale trasversale (N)	330	
- verticale (N)	1250	
Tensione nominale di alimentazione:		
- motore (V <sub>cc</sub> )	110	
- circuiti di comando ed ausiliari (V <sub>cc</sub> )	110	
- resistenza di riscaldamento (V <sub>ca</sub> )	230	
Assorbimento massimo complessivo dei motori di comando di ciascun sezionatore (kW)	2	
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15	

**9.2.6 Sezionatori verticali a tensione nominale 245 kV**

Codifica Terna	Y27/2
Salinità di tenuta a 142 kV (kg/m <sup>3</sup> )	40
Tensione nominale (kV)	245
Corrente nominale (A)	2000
Frequenza nominale (Hz)	50
Corrente nominale di breve durata:	
- valore efficace (kA)	50
- valore di cresta (kA)	125
Corrente nominale commutazione di sbarra (A)	1600
Tensione nominale commutazione di sbarra (V)	200
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1
Tensione di prova ad impulso atmosferico:	
- verso massa (kV)	1050
- sul sezionamento (kV)	1200
Tensione di prova a frequenza di esercizio:	
- verso massa (kV)	460
- sul sezionamento (kV)	530
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:	
- orizzontale longitudinale (N)	1600
- orizzontale trasversale (N)	500
- verticale (N)	1250
Tensione nominale di alimentazione:	
- motore (V <sub>cc</sub> )	110
- circuiti di comando e ausiliari (V <sub>cc</sub> )	110
- resistenza di riscaldamento (V <sub>ca</sub> )	230
Assorbimento massimo complessivo dei motori di comando (kW)	2
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15
Zona di contatto X/Y/Z (mm)	150/150/150

**9.2.7 Sezionatori terra sbarre a tensione nominale 245 kV**

Codifica Terna	Y28
Tensione nominale (kV)	245
Frequenza nominale (Hz)	50
Corrente nominale di breve durata:	
- valore efficace (kA)	50
- valore di cresta (kA)	125
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1
Tensione di prova ad impulso atmosferico verso massa (kV)	1050
Tensione di prova a frequenza di esercizio verso massa (kV)	460
Sforzo meccanico orizzontale trasversale nom. sui morsetti (N)	1200
Tensione nominale di alimentazione:	
- motore ( $V_{cc}$ )	110
- circuiti di comando e ausiliari ( $V_{cc}$ )	110
- resistenza di riscaldamento ( $V_{ca}$ )	230
Assorbimento massimo complessivo dei motori di comando (kW)	2
Tempo di apertura/chiusura (s)	$\leq 15$

**9.2.8 Sezionatori orizzontali a tensione nominale 245 kV senza lame di terra**

Codifica Terna	Y29/2
Salinità di tenuta a 142 kV (kg/m <sup>3</sup> )	40
Tensione nominale (kV)	245
Corrente nominale (A)	2000
Frequenza nominale (Hz)	50
Corrente nominale di breve durata:	
- valore efficace (kA)	50
- valore di cresta (kA)	125
Corrente nominale commutazione di sbarra (A)	1600
Tensione nominale commutazione di sbarra (V)	200
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1
Tensione di prova ad impulso atmosferico:	
- verso massa (kV)	1050
- sul sezionamento (kV)	1200
Tensione di prova a frequenza di esercizio:	
- verso massa (kV)	460
- sul sezionamento (kV)	530
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:	
- orizzontale longitudinale (N)	1000
- orizzontale trasversale (N)	330
- verticale (N)	1250
Tensione nominale di alimentazione	
- motore (V <sub>cc</sub> )	110
- circuiti di comando ed ausiliari (V <sub>cc</sub> )	110
- resistenza di riscaldamento (V <sub>ca</sub> )	230
Assorbimento massimo complessivo dei motori di comando (kW)	2
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15

**9.2.9 Sezionatori orizzontali a tensione nominale 145-170 kV con lame di terra**

Codifica Terna	Y21/2	Y21/4	Y21/6	Y21/8
Classe di corrente indotta del sezionatore di terra	A		B	
Salinità di tenuta a 98 kV (kg/m <sup>3</sup> )	56			
Tensione nominale (kV)	170			
Corrente nominale (A)	2000			
Frequenza nominale (Hz)	50			
Corrente nominale di breve durata:				
- valore efficace (kA)	31,5	40	31,5	40
- valore di cresta (kA)	80	100	80	100
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1			
Accoppiamento elettromagnetico (sezionatore di terra)				
- corrente induttiva nominale(A)	50		125	
- tensione induttiva nominale (kV)	1k		10	
Accoppiamento elettrostatico (sezionatore di terra)				
- corrente induttiva nominale (A)	0,4		5	
- tensione induttiva nominale (kV)	3		6	
Tensione di prova ad impulso atmosferico:				
- verso massa (kV)	650			
- sul sezionamento (kV)	750			
Tensione di prova a frequenza di esercizio:				
- verso massa (kV)	275			
- sul sezionamento (kV)	315			
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:				
- orizzontale longitudinale (N)	800			
- orizzontale trasversale (N)	250			
- verticale (N)	1000			
Tensione nominale di alimentazione:				
- motore (V <sub>cc</sub> )	110			
- circuiti di comando ed ausiliari (V <sub>cc</sub> )	110			
- resistenza di riscaldamento (V <sub>ca</sub> )	230			
Assorbimento massimo complessivo dei motori di comando di ciascun sezionatore (kW)	2			
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15			

**9.2.10 Sezionatori verticali a tensione nominale 145-170 kV**

Codifica Terna	Y22/2	Y22/4
Salinità di tenuta a 98 kV (kg/m <sup>3</sup> )	56	
Tensione nominale (kV)	170	
Corrente nominale (A)	2000	
Frequenza nominale (Hz)	50	
Corrente nominale di breve durata:		
- valore efficace (kA)	31,5	40
- valore di cresta (kA)	80	100
Corrente nominale commutazione di sbarra (A)	1600	
Tensione nominale commutazione di sbarra (V)	100	
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1	
Tensione di prova ad impulso atmosferico:		
- verso massa (kV)	650	
- sul sezionamento (kV)	750	
Tensione di prova a frequenza di esercizio:		
- verso massa (kV)	275	
- sul sezionamento (kV)	315	
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:		
- orizzontale longitudinale (N)	1250	
- orizzontale trasversale (N)	400	
- verticale (N)	1000	
Tensione nominale di alimentazione:		
- motore (V <sub>cc</sub> )	110	
- circuiti di comando ed ausiliari (V <sub>cc</sub> )	110	
- resistenza di riscaldamento (V <sub>ca</sub> )	230	
Assorbimento massimo complessivo dei motori di comando (kW)	2	
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15	
Zona di contatto X/Y/Z (mm)	150/150/150	

**9.2.11 Sezionatori terra sbarre a tensione nominale 145-170 kV**

Codifica Terna	Y23/1	Y23/2
Tensione nominale (kV)	170	
Frequenza nominale (Hz)	50	
Corrente nominale di breve durata:		
- valore efficace (kA)	31,5	40
- valore di cresta (kA)	80	100
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1	
Tensione di prova ad impulso atmosferico verso massa (kV)	650	
Tensione di prova a frequenza di esercizio verso massa (kV)	275	
Sforzo meccanico orizzontale trasversale nom. sui morsetti (N)	600	
Tensione nominale di alimentazione:		
- motore ( $V_{cc}$ )	110	
- circuiti di comando ed ausiliari ( $V_{cc}$ )	110	
- resistenza di riscaldamento ( $V_{ca}$ )	230	
Assorbimento massimo complessivo dei motori di comando (kW)	2	
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15	

**9.2.12 Sezionatori orizzontali a tensione nominale 145-170 kV senza lame di terra**

Codifica Terna	Y24/2	Y24/4
Salinità di tenuta a 98 kV (kg/m <sup>3</sup> )	56	
Tensione nominale (kV)	170	
Corrente nominale (A)	2000	
Frequenza nominale (Hz)	50	
Corrente nominale commutazione di sbarra (A)	1600	
Tensione nominale commutazione di sbarra (V)	100	
Corrente nominale di breve durata:		
- valore efficace (kA)	31,5	40
- valore di cresta (kA)	80	100
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1	
Tensione di prova ad impulso atmosferico:		
- verso massa (kV)	650	
- sul sezionamento (kV)	750	
Tensione di prova a frequenza di esercizio:		
- verso massa (kV)	275	
- sul sezionamento (kV)	315	
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:		
- orizzontale longitudinale (N)	800	
- orizzontale trasversale (N)	250	
- verticale (N)	1000	
Tensione nominale di alimentazione:		
- motore (V <sub>cc</sub> )	110	
- circuiti di comando ed ausiliari (V <sub>cc</sub> )	110	
- resistenza di riscaldamento (V <sub>ca</sub> )	230	
Assorbimento massimo complessivo dei motori di comando (kW)	2	
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15	

## 9.3 TRASFORMATORI DI CORRENTE

### 9.3.1 Trasformatori di corrente a tensione di esercizio 380 kV

<i>Terna Type</i>	<b>T31</b>
-------------------	------------

<b>GRANDEZZE NOMINALI</b>		
Corrente termica di breve durata ( $I_{th}$ )	(kA)	63
Tensione nominale ( $U_m$ )	(kV)	420
Frequenza nominale	(Hz)	50
Rapporto di trasformazione nominale:	(A/A)	800/5 1600/5 3200/5
Numero di nuclei	(n)	3
Corrente termica nominale permanente	(A)	1,2 $I_p$
Corrente termica nominale di emergenza 1 h	(A)	1,5 $I_p$
Corrente dinamica nominale ( $I_{dyn}$ )	(p.u.)	2,5 $I_{th}$
Resistenza secondaria II e III nucleo a 75°C	( $\Omega$ )	$\leq 0,2$ $\leq 0,4$ $\leq 0,8$
Prestazioni e classi di precisione sul rapporto 800/5:		
I nucleo	(VA/Cl.)	20/0,2    40/0,5
II e III nucleo	(VA/Cl.)	15/5P30
Prestazioni e classi di precisione sul rapporto 1600/5 e 3200/5:		
I nucleo	(VA/Cl.)	30/0,2    60/0,5
II e III nucleo	(VA/Cl.)	30/5P30
Fattore di sicurezza (I nucleo)	-	$\leq 10$
Tensione di tenuta a impulso atmosferico	(kV)	1550
Tensione di tenuta a frequenza industriale	(kV)	680
Tensione di tenuta a impulso di manovra	(kV)	1175

**9.3.2 Trasformatori di corrente a tensione di esercizio 220 kV**

<i>Terna Type</i>	T33
-------------------	-----

<b>GRANDEZZE NOMINALI</b>		
Corrente termica di breve durata ( $I_{th}$ )	(kA)	50
Tensione nominale ( $U_m$ )	(kV)	245
Frequenza nominale	(Hz)	50
Rapporto di trasformazione nominale:	(A/A)	400/5 800/5 1600/5
Numero di nuclei	(n)	3
Corrente termica nominale permanente	(A)	1,2 $I_p$
Corrente termica nominale di emergenza 1 h	(A)	1,5 $I_p$
Corrente dinamica nominale ( $I_{dyn}$ )	(p.u.)	2,5 $I_{th}$
Resistenza secondaria II e III nucleo a 75°C	( $\Omega$ )	$\leq 0,4$
Prestazioni e classi di precisione:		
I nucleo	(VA/Cl.)	30/0,2      50/0,5
II e III nucleo	(VA/Cl.)	30/5P30
Fattore di sicurezza (I nucleo)	-	$\leq 10$
Tensione di tenuta a impulso atmosferico	(kV)	1175
Tensione di tenuta a frequenza industriale	(kV)	510
Tensione di tenuta a impulso di manovra	(kV)	-

**9.3.3 Trasformatori di corrente a tensione di esercizio 150 kV**

<i>Terna Type</i>	<b>T37 - T38</b>
-------------------	------------------

<b>GRANDEZZE NOMINALI</b>		
Corrente termica di breve durata ( $I_{th}$ )	(kA)	40
Tensione nominale ( $U_m$ )	(kV)	170
Frequenza nominale	(Hz)	50
Rapporto di trasformazione nominale: T38	(A/A)	400/5 800/5 1600/5
T37	(A/A)	200/5 400/5
Numero di nuclei	(n)	3
Corrente termica nominale permanente	(A)	1,2 $I_p$
Corrente termica nominale di emergenza 1 h	(A)	1,5 $I_p$
Corrente dinamica nominale ( $I_{dyn}$ )	(p.u.)	2,5 $I_{th}$
Resistenza secondaria II e III nucleo a 75°C	( $\Omega$ )	$\leq 0,4$
Prestazioni e classi di precisione: I nucleo	(VA/Cl.)	30/0,2 50/0,5
II e III nucleo	(VA/Cl.)	30/5P30
Fattore di sicurezza (I nucleo)	-	$\leq 10$
Tensione di tenuta a impulso atmosferico	(kV)	850
Tensione di tenuta a frequenza industriale	(kV)	360
Tensione di tenuta a impulso di manovra	(kV)	-

**9.3.4 Trasformatori di corrente a tensione di esercizio 132 kV**

<i>Terna Type</i>	<b>T35 - T36</b>
-------------------	------------------

<b>GRANDEZZE NOMINALI</b>		
Corrente termica di breve durata ( $I_{th}$ )	(kA)	40
Tensione nominale ( $U_m$ )	(kV)	145
Frequenza nominale	(Hz)	50
Rapporto di trasformazione nominale: T36	(A/A)	400/5 800/5 1600/5
T35	(A/A)	200/5 400/5
Numero di nuclei	(n)	3
Corrente termica nominale permanente	(A)	1,2 $I_p$
Corrente termica nominale di emergenza 1 h	(A)	1,5 $I_p$
Corrente dinamica nominale ( $I_{dyn}$ )	(p.u.)	2,5 $I_{th}$
Resistenza secondaria II e III nucleo a 75°C	( $\Omega$ )	$\leq 0,4$
Prestazioni e classi di precisione: I nucleo	(VA/Cl.)	30/0,2 50/0,5
II e III nucleo	(VA/Cl.)	30/5P30
Fattore di sicurezza (I nucleo)	-	$\leq 10$
Tensione di tenuta a impulso atmosferico	(kV)	750
Tensione di tenuta a frequenza industriale	(kV)	325
Tensione di tenuta a impulso di manovra	(kV)	-

#### 9.4 TRASFORMATORI DI TENSIONE CAPACITIVI

GRANDEZZE NOMINALI				
Codice TERNA	Y41/1	Y43/1	Y46/1	Y44/1
Tensione primaria nominale [kV]	380 $\sqrt{3}$	220 $\sqrt{3}$	150 $\sqrt{3}$	132 $\sqrt{3}$
Tensione secondaria nominale [V]	100 $\sqrt{3}$			
Frequenza nominale [Hz]	50			
Prestazione nominale e classe di precisione [VA/Cl.]	50/0,2 – 75/0,5 – 100/3P			
Capacità nominale [pF]	4000÷10000			
Tensione massima per l'apparecchiatura [kV]	420	245	170	145
Tensione di tenuta a frequenza industriale [kV]	630	460	325	275
Tensione di tenuta ad impulso atmosferico [kV]	1425	1050	750	650
Tensione di tenuta ad impulso di manovra [kV]	1050	-	-	-
Carico di tenuta meccanica sui terminali AT [N]	3000	2500	2000	2000
Carico di tenuta meccanica sulla flangia [N]	-	-	4000	4000

## 9.5 TRASFORMATORI DI TENSIONE INDUTTIVI

### 9.5.1 Trasformatori di tensione induttivi con un avvolgimento secondario

GRANDEZZE NOMINALI				
Codice TERNA	Y41/2	Y43/2	Y46/2	Y44/2
Tensione primaria nominale [kV]	380/ $\sqrt{3}$	220/ $\sqrt{3}$	150/ $\sqrt{3}$	132/ $\sqrt{3}$
Tensione secondaria nominale [V]	100/ $\sqrt{3}$			
Numero avvolgimenti secondari [n]	1			
Frequenza nominale [Hz]	50			
Prestazione nominale e classe di precisione [VA/Cl.]	50/0,2			
Tensione massima per l'apparecchiatura [kV]	420	245	170	145
Tensione di tenuta a frequenza industriale [kV]	630	460	325	275
Tensione di tenuta ad impulso atmosferico [kV]	1425	1050	750	650
Tensione di tenuta ad impulso di manovra [kV]	1050	-	-	-
Carico di tenuta meccanica sui terminali AT [N]	3000	2500	2000	2000

### 9.5.2 Trasformatori di tensione induttivi con due avvolgimenti secondari

GRANDEZZE NOMINALI				
Codice TERNA	Y41/3	Y43/3	Y46/3	Y44/3
Tensione primaria nominale [kV]	380/ $\sqrt{3}$	220/ $\sqrt{3}$	150/ $\sqrt{3}$	132/ $\sqrt{3}$
Tensione secondaria nominale [V]	100/ $\sqrt{3}$			
Numero avvolgimenti secondari [n]	2			
Frequenza nominale [Hz]	50			
Prestazione nominale e classe di precisione secondario di misura [VA/Cl.]	50/0,2			
Prestazione nominale e classe di precisione secondario di misura e protezione [VA/Cl.]	75/0,5 - 100/3P			
Tensione massima per l'apparecchiatura [kV]	420	245	170	145
Tensione di tenuta a frequenza industriale [kV]	630	460	325	275
Tensione di tenuta ad impulso atmosferico [kV]	1425	1050	750	650
Tensione di tenuta ad impulso di manovra [kV]	1050	-	-	-
Carico di tenuta meccanica sui terminali AT [N]	3000	2500	2000	2000

## 9.6 SCARICATORI

### 9.6.1 Valori nominali

Tipo Terna	Y56	Y57	Y58	Y59
Tensione della rete 50Hz (max tensione)	380 kV (420 kV)	220 kV (245 kV)	132 kV (145 kV)	150 kV (170 kV)
Tensione servizio continuo U <sub>c</sub>	265 kV	156 kV	94 kV	108 kV
Max tensione temporanea 1 s	366 kV	219 kV	132 kV	156 kV
Max tensione residua con impulsi atmosferici (20 kA - 8/20 μs)	830 kV	520 kV	-	-
Max tensione residua con impulsi atmosferici (10 kA - 8/20 μs)	-	-	336 kV	396 kV
Max tensione residua con impulsi fronte ripido (20 kA - 1 μs)	955 kV	600 kV	-	-
Max tensione residua con impulsi fronte ripido (10 kA - 1 μs)	-	-	386 kV	455 kV
Max tensione residua con impulsi manovra (30/60 μs)	2000 A: 720 kV	2000 A: 440 kV	1000 A: 270 kV	1000 A: 318 kV
Classe di scarica della linea (IEC)	4	4	3	3
Corrente nominale scarica	20 kA	20 kA	10 kA	10 kA
Valore di cresta impulsi forte corrente	100 kA	100 kA	100 kA	100 kA
Corrente nominale di corto circuito	63 kA	50 kA	40 kA	40 kA

## 9.7 AUTOTRASFORMATORI CON E SENZA CSC

### 9.7.1 Caratteristiche nominali di riferimento

Per quanto non diversamente specificato, gli ATR devono essere conformi alle prescrizioni delle Norme CEI EN 60076; le singole parti devono rispondere alle rispettive Norme di riferimento.

### 9.7.2 Numero delle fasi

Il numero delle fasi è tre.

### 9.7.3 Numero degli avvolgimenti

Il numero degli avvolgimenti è due. Sugli ATR da 400 MVA – 400/230 kV (Codice TERNA A112) è consentita la presenza di un avvolgimento ausiliario con il solo scopo di semplificare l'esecuzione delle prove elettriche.

### 9.7.4 Frequenza nominale

La frequenza nominale è 50 Hz.

### 9.7.5 Potenza nominale

La potenza nominale ( $S_r$ ) è riportata, per ogni tipologia di ATR, nella tabella che segue ed è costante a tutti i rapporti di tensione. La potenza dell'eventuale avvolgimento ausiliario per la taglia 400 MVA 400/230 kV è a scelta del Costruttore.

### 9.7.6 Tensioni nominali

Le tensioni nominali ( $U_r$ ) dell'avvolgimento primario (AT1) e dell'avvolgimento secondario (AT2) sono riportate, per ogni tipologia di ATR, nella seguente tabella:

Potenza nominale (MVA)	Sistema di raffreddamento	Tensione nominale AT1 (kV)	Tensione nominale AT2 (kV)	Codice TERNA
400	OFAF	400	230	A112
400	OFAF	400	155	A113
250	OFAF	400	155	A213
250	OFAF	400	135	A214
250	OFAF	230	155	A223
250	OFAF	230	135	A224

**9.7.7 Livello di isolamento**

Terminale	Tensione nominale	Tensione massima	Tensioni nominali di prova						
			Impulso atmosferico (IA)	Impulso di manovra I(M)	Applicata A f.i.	Indotta di breve durata a f.i. (FIBD)		Indotta di lunga durata a f.i. (FILD)	
						U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>
						fase terra	fase terra	fase terra	fase terra
(kV)	(kV)	(kV)	(kV)	(kV)	(kV)	(kV)	(kV)	(kV)	
AT1	400	420	1300	1050	-	570	365	412	364
AT1	230	245	950	750	-	-	-	240	212
AT2	230	245	950	(*)	-	(*)	(*)	(*)	(*)
AT2	155	170	650	(*)	-	(*)	(*)	(*)	(*)
AT2	135	145	550	(*)	-	(*)	(*)	(*)	(*)
Neutro	-	72,5	-	-	140	-	-	-	-

(\*) Dati presenti dopo le prove di accettazione

### 9.7.8 Perdite ed impedenze di corto circuito

Potenza nominale (MVA)	Tensione nominale AT1 (kV)	Tensione nominale AT2 (kV)	Perdite a vuoto a Ur (kW)	Perdite a carico a 75°C (kW)	Impedenza % di corto circuito (riferita alla potenza nominale) con commutatore sulla presa:		
					minima	principale	massima
400	400	230	85	480		11,5	
	400	155	100	600	12,2	12,5	12,7
250	400	155	78	465	11,5	11,6	11,8
	400	135	83	500	12,5	13,0	13,2
250	230	155	45	450	10,1	10,2	11,0
	230	135	50	485	11,5	11,6	12,5

**Note:**

Ad esclusione dell'ATR da 400/230 kV 400 MVA, le perdite a vuoto ( $P_0$ ) e quelle a carico ( $P_{CC}$ ) sono determinate con la seguente formula:

$$P = [ 2 \times P_1 + P_2 + P_3 ] / 4$$

dove:

$P_1$  = perdite misurate con il CSC sulla presa principale

$P_2$  = perdite misurate con il CSC sulla presa minima dell'area di lavoro

$P_3$  = perdite misurate con il CSC sulla presa massima dell'area di lavoro

### 9.7.9 Corrente a vuoto

Con il CSC (ove presente) sulla presa principale, la corrente a vuoto non deve superare i seguenti valori, riferiti alla corrente nominale:

- 0,1 % a Ur
- 0,3 % a 1,1 x Ur

### 9.7.10 Tenuta al corto circuito

Tensione di rete (kV)	Corrente di corto circuito (kA)
400	63
230	50
155 - 135	40

Tab. 9.7.10- Correnti e potenze di corto circuito delle reti

### 9.7.11 Regolazione della tensione

Gli ATR con tensione secondaria 135 kV o 155 kV devono essere muniti di avvolgimento di regolazione per ottenere la variazione lineare del  $\pm 10\%$  della tensione nominale AT2, mediante il numero di gradini riportati nella seguente Tab. 9.7.11.

La regolazione deve essere realizzata sul centro stella dell'ATR e deve essere del tipo "per inversione".

La commutazione di prese deve essere ottenuta mediante commutatore manovrabile sotto carico.

Numero gradini		Ur AT1	Ur AT2	Potenza nominale
in " + "	in " - "	(kV)	(kV)	(MVA)
5	5	400	135	250
5	5	400	155	250
7	7	400	155	400
9	7	230	135	250
12	8	230	155	250

Tab. 9.7.11 - Numero gradini campo di regolazione

### 9.7.12 Isolatori passanti

Gli isolatori passanti sono conformi alla norma CEI EN 60137 ed hanno le seguenti caratteristiche:

- immersi per esterno (IEV 471-02-08) per connessione olio/aria;
- condizioni ambientali corrispondenti alla classe 1 (rif. tab. 3 CEI EN 60137);
- tenuta meccanica corrispondente al livello 2 (rif. tab. 1 CEI EN 60137);
- isolamento interno del tipo a condensatore (IEV 471-02-03) realizzato con carta impregnata di resina (RIP) ovvero carta impregnata d'olio (OIP);
- isolamento esterno composito.

Tensione massima isolatore (kV)	72,5	145	170	245	420
Tensione nominale tenuta a frequenza industriale (kV)	140	275	325	460	630
Tensione nominale tenuta a impulso atmosferico (kV cresta)	325	650	750	1050	1425
Salinità $kg/m^3$	56				
Linea di fuga (mm/kV)	31				

Tab. 9.7.12- Livelli di isolamento e linee di fuga

**9.7.13 Tensioni nominali isolatori passanti**

<i>Potenza nominale (MVA)</i>	<i>Tensione nominale AT1 (kV)</i>	<i>Tensione nominale AT2 (kV)</i>	<i>Tensione max isolatori AT1 (n. 3)</i>	<i>Tensione max isolatori AT2 (n. 3)</i>	<i>Tensione max isolatore neutro (n. 1)</i>
400	400	230	420 kV	245 kV	72,5 kV
400	400	155		170 kV	
250	400	155		170 kV	
250	400	135		145 kV	
250	230	155	245 kV	170 kV	
250	230	135		145 kV	

## 9.8 BATTERIE DI CONDENSATORI PER RIFASAMENTO

### 9.8.1 Caratteristiche Tecniche

<b>BATTERIA</b>			
Tipo	Per esterno		
Montaggio	- A livello del terreno (con barriere) - Rialzata (con sostegni)		
Connessione	A stella, con neutro francamente a terra		
Frequenza nominale (Hz)	50		
Potenza nominale (MVar)	54		80
Tolleranza sulla potenza nominale (%)	-0 ÷ +5		
Tensione nominale (kV)	132	150	220
Tensione massima per il componente (kV)	145	170	245
Tensione di tenuta ad impulso atmosferico (kV)	650	750	1050
Tensione di breve durata a frequenza nominale (kV)	275	325	460
Codice TERNA	<b>A40</b>	<b>A30</b>	<b>A20</b>

<b>UNITÀ CAPACITIVA</b>	
Tipo	Per esterno, ad uno o due terminali
Dielettrico	A scelta del costruttore
Contenitore	- Metallico - Polimerico
Classe di temperatura	-25/A

<b>SEZIONATORE DI TERRA</b>			
Tipo	Per esterno, a comando manuale		
Frequenza nominale (Hz)	50		
Tensione nominale (kV)	145	170	245
Corrente nominale di breve durata:			
- valore efficace (kA)	40		
- valore di cresta (kA)	100		
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1		
Tensione nominale di alimentazione:			
- circuiti di comando e ausiliari (V c.c.)	110		
- circuiti di anticondensa e riscaldamento (V c.a.)	230		