

## Trasformatori di corrente ad alta tensione ad affidabilità incrementata

**Storia delle revisioni**

## ISC - Uso INTERNO / INTERNAL Use

Rev. 00	del 18/05/2010	Prima emissione. (P. Borsani, A. Di Giulio, D. Falorni, A. Freddo)
Rev. 01	del 26/08/2010	Par. 5.2.1 modificata salinità di tenuta. Par. 6.5 modificata sequenza prove. Par 8.5 modificato numero misure da effettuare. Par. 8.7 aggiunto metodo alternativo di prova. (P. Borsani, A. Di Giulio, D. Falorni, A. Freddo)
Rev. 02	del 28/12/2015	Aggiornamento normativo. Modifiche editoriali. Aggiunto tipo T32. (P. Avagnina, A. Mazza, G. Pelliccione, F. Sembiente)
Rev. 03	del 01/06/2016	Aggiornamento normativo. Modifiche editoriali. Aggiunti Allegati A, B, C. Aggiunti tipi T39, T40, T41, T42. (M. Marzinotto, G. Pelliccione, F. Sembiente)
Rev. 04	del 05/10/2016	Modifiche editoriali all'Allegato D. (M. Marzinotto, G. Pelliccione, F. Sembiente)
Rev. 05	del 01/06/2019	Modifiche editoriali. Previsto monitoraggio della densità del gas SF <sub>6</sub> . Prevista connessione di prova e valvola di intercettazione sul dispositivo di visualizzazione, controllo e monitoraggio del gas. Aggiunte prescrizioni su analisi agli elementi finiti per definizione dei provini di isolatore e per il calcolo del campo elettrico superficiale massimo. Revisione e aggiornamento delle prove di tipo e individuali. (G. Pelliccione, G. Campopiano, S. Caiazzo, M. Marzinotto)
Rev. 06	del 18/11/2022	Aggiornamento normativo. Modifiche editoriali. Aggiornati §6, §6.2.3, §6.6, §6.12, §7.1.1, §7.2.6, §7.3.5, §7.6.3, §7.7.2, §7.8.3. Introdotti manodensostati ibridi con valvola di intercettazione e connessione di prova integrata. Modificati i tempi di stabilizzazione e di attesa § 7.3.7 "Prova di tenuta dell'involucro alla temperatura ambiente". Aggiunta prova di tipo integrativa §7.6.4 "Verifica dei rivestimenti protettivi". Modificati i limiti di temperatura per la prova DSC. Integrati i criteri di accettazione per la prova di invecchiamento accelerato elettrico – ambientale

**ISC – Uso INTERNO**

Elaborato	Collaborazioni	Verificato	Approvato
<b>Pelliccione Giuseppe</b> <b>Campopiano Giuliano</b> <b>Frezza Matteo</b>  <b>RIT-TEC-SMO-APAT</b>	<b>Marzinotto Massimo</b>  <b>GPI-PRHM-PTI HVDC</b>	<b>Valant Andrea</b>  <b>RIT-TEC-SMO</b>  <b>Portoghese Pierluigi</b> <b>RIT-TEC-SMO-APAT</b>	<b>Spezie Roberto</b>  <b>RIT-TEC</b>

## SOMMARIO

<b>1. CAMPO DI APPLICAZIONE .....</b>	<b>5</b>
<b>2. RIFERIMENTI NORMATIVI .....</b>	<b>5</b>
<b>3. TERMINI E DEFINIZIONI.....</b>	<b>8</b>
<b>4. CONDIZIONI DI SERVIZIO NORMALI E SPECIALI.....</b>	<b>8</b>
4.1. Generalità.....	8
4.2. Condizioni di servizio normali .....	8
4.3. Condizioni di servizio speciali.....	8
4.4. Sistema di messa a terra.....	8
<b>5. GRANDEZZE NOMINALI.....</b>	<b>8</b>
<b>6. PROGETTO E COSTRUZIONE.....</b>	<b>9</b>
6.2. Prescrizioni per i liquidi utilizzati nell'apparecchiatura .....	11
6.3. Prescrizioni per i gas impiegati nell'apparecchiatura .....	11
6.2.1. Generalità .....	11
6.2.2. Qualità dei gas .....	11
6.2.3. Dispositivo di monitoraggio del gas .....	11
6.2.4. Tenuta del gas .....	12
6.2.5. Dispositivo di controllo della pressione .....	12
6.4. Prescrizioni relative ai materiali solidi impiegati nell'apparecchiatura.....	13
6.5. Prescrizioni relative alla sovratemperatura di parti e di componenti.....	13
6.6. Prescrizioni per la messa a terra dell'apparecchiatura .....	13
6.7. Prescrizioni relative all'isolamento esterno .....	13
6.8. Prescrizioni meccaniche.....	14
6.9. Impulsi multipli con onda tronca sui terminali primari.....	15
6.10. Prescrizioni relative alla protezione per i guasti da arco interno.....	15
6.11. Gradi di protezione dell'involucro .....	15
6.12. Compatibilità elettromagnetica (EMC) .....	15

<b>6.13.</b>	<b>Corrosione .....</b>	<b>15</b>
<b>6.14.</b>	<b>Marcature.....</b>	<b>16</b>
<b>6.15.</b>	<b>Pericolo d'incendio.....</b>	<b>17</b>
<b>7.</b>	<b>PROVE .....</b>	<b>17</b>
<b>7.1.</b>	<b>Generalità.....</b>	<b>17</b>
7.1.1.	Classificazione delle prove .....	17
7.1.2.	Elenco delle prove.....	17
7.1.3.	Sequenza delle prove.....	18
<b>7.2.</b>	<b>Prove di tipo .....</b>	<b>19</b>
7.2.1.	Generalità .....	19
7.2.2.	Prova di riscaldamento .....	19
7.2.3.	Prova di tenuta all'impulso sui terminali primari.....	19
7.2.4.	Prova sotto pioggia per trasformatori per esterno.....	19
7.2.6.	Prova di compatibilità elettromagnetica (EMC).....	20
7.2.7.	Prova per la verifica della precisione .....	20
7.2.8.	Verifica del grado di protezione degli involucri .....	20
7.2.9.	Prova di tenuta dell'involucro a temperatura ambiente .....	20
7.2.10.	Prova di pressione per l'involucro .....	20
7.2.202.	Prove di correnti di breve durata.....	20
<b>7.3.</b>	<b>Prove individuali .....</b>	<b>20</b>
7.3.1.	Prove di tenuta di tensione a frequenza industriale sui terminali primari .....	20
7.3.3.	Misura delle scariche parziali.....	21
7.3.4.	Prove di tenuta di tensione a frequenza industriale tra le sezioni .....	21
7.3.5.	Prova di tenuta di tensione a frequenza industriale sui terminali secondari .....	21
7.3.6.	Prova per la verifica della precisione .....	21
7.3.7.	Verifica delle marcature.....	22
7.3.8.	Prova di tenuta dell'involucro alla temperatura ambiente .....	22
7.3.9.	Prova di pressione per l'involucro .....	22
7.3.202.	Determinazione della resistenza dell'avvolgimento secondario ( $R_{ct}$ ) .....	22
7.3.204.	Determinazione della costante di tempo del circuito secondario ( $T_s$ ).....	23
7.3.205.	Prova della f.e.m. nominale del punto di ginocchio ( $E_k$ ) e della corrente di eccitazione a $E_k$ .....	23
7.3.206.	Prova di sovratensione tra le spire .....	23
<b>7.4.</b>	<b>Prove speciali.....</b>	<b>23</b>
7.4.1.	Prova di tenuta di tensione ad impulso ad onda tronca sui terminali primari .....	23
7.4.2.	Prova di impulsi multipli con onda tronca sui terminali primari.....	23
7.4.3.	Misura della capacità e del fattore di dissipazione dielettrica .....	23
7.4.4.	Prova di sovratensione trasmessa .....	23
7.4.5.	Prove meccaniche .....	23
7.4.6.	Prova di guasto per arco interno .....	23
7.4.7.	Prove di tenuta dell'involucro a temperature alte e basse.....	24
7.4.9.	Prova del punto di rugiada del gas.....	25
7.4.10.	Prova di corrosione .....	25
7.4.11.	Prova di pericolo di incendio .....	25

<b>7.5.</b>	<b>Prove a campione.....</b>	<b>25</b>
7.5.1.	Prova ad impulso atmosferico sui terminali primari.....	25
7.5.2.	Determinazione del fattore di sicurezza per gli strumenti di misura (FS) dei trasformatori di corrente di misura .....	25
7.5.3.	Fingerprint del materiale di rivestimento degli isolatori polimerici .....	25
<b>7.6.</b>	<b>Prove di tipo integrative .....</b>	<b>25</b>
7.6.1.	Prova del dispositivo di sicurezza.....	25
7.6.2.	Prova di tenuta in assenza di gas .....	26
7.6.3.	Qualificazione sismica .....	26
7.6.4.	Verifica dei rivestimenti protettivi .....	27
<b>7.7.</b>	<b>Prove individuali integrative .....</b>	<b>27</b>
7.7.1.	Esame a vista e verifica della corrispondenza costruttiva al prototipo certificato .....	27
7.7.3.	Verifica dei rivestimenti protettivi .....	28
<b>7.8.</b>	<b>Prove relative agli isolatori .....</b>	<b>28</b>
7.8.1.	Prove relative al materiale di rivestimento .....	28
7.8.2.	Prova di invecchiamento accelerato elettrico-ambientale .....	28
7.8.3.	Prova di verifica in ambiente contaminato.....	28
<b>9.</b>	<b>REGOLE PER IL TRASPORTO, L'IMMAGAZZINAMENTO, LA MESSA IN OPERA, IL FUNZIONAMENTO E LA MANUTENZIONE .....</b>	<b>30</b>
<b>10.</b>	<b>SICUREZZA.....</b>	<b>30</b>
<b>11.</b>	<b>INFLUENZA DEI PRODOTTI SULL'AMBIENTE NATURALE.....</b>	<b>30</b>
<b>13.</b>	<b>CERTIFICAZIONE DI PRODOTTO .....</b>	<b>31</b>
<b>APPENDICE A – PRESCRIZIONI PER LA PROVA DI FINGERPRINT DELL'ISOLAMENTO ESTERNO.....</b>		<b>43</b>
<b>APPENDICE B – PRESCRIZIONI PER LA PROVA DI TRACKING ED EROSIONE</b>		<b>45</b>
<b>APPENDICE C – PRESCRIZIONI PER LA PROVA DI INVECCHIAMENTO ACCELERATO ELETTRICO – AMBIENTALE .....</b>		<b>47</b>
<b>APPENDICE D – PRESCRIZIONI TECNICHE ED INFORMAZIONI DA FORNIRE .</b>		<b>52</b>
D.1.	Trasformatori di corrente 420 kV .....	52
D.2.	Trasformatori di corrente 245 kV .....	55
D.3.	Trasformatori di corrente 170 kV .....	58
D.4.	Trasformatori di corrente 145 kV .....	61
D.5.	Trasformatori di corrente 72,5 kV .....	64

## 1. CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente specifica si applica ai trasformatori di corrente, nel seguito sinteticamente indicati TA, con isolamento in gas SF<sub>6</sub>, per tensioni nominali uguali o superiori a 72,5 kV, frequenza a 50 Hz, per installazione all'esterno, destinati alle stazioni di interconnessione della rete di trasmissione Terna.

I paragrafi della presente Specifica seguono sia la numerazione che la denominazione di quelli contenuti nelle Norme CEI EN 61869-1:2010 "Trasformatori di misura – Parte 1: Prescrizioni generali" e CEI EN 61869-2:2014 "Trasformatori di misura – Parte 2: Prescrizioni aggiuntive per trasformatori di corrente".

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Nei paragrafi che seguono sono richiamate le seguenti Norme:

- CEI 20-13:2011 "Cavi per energia isolati con mescola elastomerica con e senza particolari caratteristiche di reazione al fuoco rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR) - Tensioni nominali da U0/U 0,6/1 a U0/U 18/30 kV in c.a.";
- CEI 20-38:2022 "Cavi per energia a basso sviluppo di fumi opachi e gas acidi isolati con mescola elastomerica con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR) con tensioni nominali U0/U non superiori a 0,6/1 kV in c.a.";
- CEI 20-67:2022 "Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV";
- CEI EN 60060-1:2015 "Tecnica di prova in alta tensione – Parte 1: Definizioni generali e prescrizioni di prova";
- CEI EN 60068-2-17:1997 "Prove ambientali. Parte 2: Prove – Prova Q: Tenuta";
- CEI EN 60068-2-57:2014 "Prove ambientali – Parte 2-57: Prove – Prova Ff: Vibrazioni – Metodo con oscillogrammi e con sinusoidi modulate";
- CEI EN IEC 60068-3-3:2020 "Prove ambientali. Parte 3-3: Documenti di supporto e guida - Metodi di prova sismica per apparecchiature";
- CEI EN IEC 60068-2-5:2018 "Prove ambientali Parte 2-5: Prove - Prova S: Irraggiamento solare simulato al livello del suolo e guida per le prove di irraggiamento solare e di invecchiamento atmosferico";
- CEI EN 60376:2006 "Specifiche di qualità tecnica per esafluoruro di zolfo (SF<sub>6</sub>) per utilizzo in apparecchiature elettrotecniche";
- CEI EN 60507:2014 "Prove di contaminazione artificiale degli isolatori in ceramica e vetro per alta tensione in sistemi a corrente alternata";
- CEI EN 60529:1997 "Grado di protezione degli involucri (Codice IP)";
- CEI EN 60587:2008 "Materiali isolanti elettrici impiegati in condizioni ambientali severe – Metodi di prova per la valutazione della resistenza alla traccia ed erosione";
- CEI EN 60695-11-10:2014 "Fiamme di prova – Metodi di prova con fiamma verticale ed orizzontale da 50 W";
- IEC TS 60815-1:2008 "Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles";
- IEC TS 60815-3:2008 "Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 3: Polymer insulators for a.c. systems";

- CEI EN 60947-5-1:2019 “Apparecchiature a bassa tensione – Parte 5-1: Dispositivi per circuiti di comando ed elementi di manovra – Dispositivi elettromeccanici per circuiti di comando”;
- CEI EN 60947-7-1:2010 “Apparecchiature a bassa tensione – Parte 7-1: Apparecchiature ausiliarie – Morsetti componibili per conduttori di rame”;
- CEI EN 60947-7-2:2010 “Apparecchiature a bassa tensione – Parte 7-2: Apparecchiature ausiliarie – Morsetti componibili per conduttori di protezione in rame”;
- CEI EN 61006:2005 “Materiali isolanti elettrici - Metodi di prova per determinare la temperatura di transizione vetrosa”;
- CEI EN 61462:2008 “Involucri isolanti compositi - Involucri pressurizzati e non pressurizzati per apparecchiature elettriche con tensione nominale superiore a 1000 V – Definizioni, metodi di prova, criteri di accettazione e raccomandazioni per il progetto”;
- CEI EN 61869-1:2010 “Trasformatori di misura – Parte 1: Prescrizioni generali”;
- CEI EN 61869-2:2014 “Trasformatori di misura – Parte 2: Prescrizioni aggiuntive per trasformatori di corrente”;
- CEI EN 62217:2013 “Isolatori polimerici per interno ed esterno utilizzati per tensioni nominali superiori a 1000 V – Definizioni generali, metodi di prova e criteri di accettazione”;
- CEI EN 62271-1:2019 “Apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione – Parte 1: Prescrizioni comuni per apparecchiatura di manovra e di comando in corrente alternata”;
- CEI EN 62271-4:2014 “Apparecchiatura ad alta tensione – Parte 4: Procedure per la manipolazione del gas esafluoruro di zolfo (SF6) e delle sue miscele”;
- CEI EN 62271-203:2013 “Apparecchiatura ad alta tensione – Parte 203: Apparecchiatura di manovra con involucro metallico con isolamento in gas per tensioni nominali superiori a 52 kV”;
- CEI EN 62271-207:2014 “Apparecchiatura ad alta tensione – Parte 207: Qualificazione sismica per assiemi di apparecchi con isolamento in gas per tensioni nominali superiori a 52 kV”;
- CEI-UNEL 35310:2017 “Cavi per energia isolati in gomma elastomerica di qualità G17, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR) Cavi unipolari senza guaina con conduttori flessibili - Tensione nominale Uo/U 450/750 V - Classe di reazione al fuoco: Cca-s1b,d1,a1”;
- CEI-UNEL 35324:2017 “Cavi per energia isolati in gomma etilenpropilenica, ad alto modulo di qualità G16 sotto guaina termoplastica di qualità M16, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR) Cavi unipolari e multipolari con conduttori flessibili per posa fissa con o senza schermo (treccia o nastro) - Tensione nominale Uo/U 0,6/1kV - Classe di reazione al fuoco: Cca-s1b,d1,a1”;
- CEI-UNEL 35328:2017 “Cavi per comando e segnalamento in gomma etilenpropilenica, ad alto modulo di qualità G16 sotto guaina termoplastica di qualità M16, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR) Cavi multipolari con conduttori flessibili per posa fissa, con o senza schermo (treccia o nastro) - Tensione nominale Uo/U 0,6/1kV - Classe di reazione al fuoco: Cca-s1b,d1,a1”;
- UNI EN ISO 1461:2009 “Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio – Specificazioni e metodi di prova”;

- UNI EN ISO 10684:2005 “Elementi di collegamento - Rivestimenti di zinco per immersione a caldo”;
- UNI EN ISO 2064:2000 “Rivestimenti metallici ed altri rivestimenti inorganici – Definizioni e convenzioni relative alla misurazione dello spessore”;
- UNI EN ISO 2081:2009 “Rivestimenti metallici e altri rivestimenti inorganici – Rivestimenti elettrolitici di zinco con trattamenti supplementari su ferro o acciaio”;
- UNI EN ISO 2178:1998 “Rivestimenti metallici non magnetici su substrati magnetici – Misurazione dello spessore del rivestimento – Metodo magnetico”;
- UNI ISO 2781:2018 “Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of density”;
- UNI ISO 4520:1987 “*Rivestimenti di conversione a base di cromati su rivestimenti elettrolitici di zinco e cadmio*”;
- UNI EN ISO 11358-1:2014 “Thermogravimetry (TG) of polymers – Part 1: General principles”;
- UNI EN ISO 2064:2000 “Rivestimenti metallici ed altri rivestimenti inorganici - Definizioni e convenzioni relative alla misurazione dello spessore”;
- UNI EN ISO 2178:2016 “Rivestimenti metallici non magnetici su substrati magnetici - Misurazione dello spessore del rivestimento - Metodo magnetico”;
- UNI EN ISO 2409:2020 “*Pitture e vernici - Prova di quadrettatura*”;
- UNI EN ISO 2808:2019 “Pitture e vernici - Determinazione dello spessore del film”;
- UNI CEI EN ISO/IEC 17020:2012 “Valutazione della conformità - Requisiti per il funzionamento di vari tipi di organismi che eseguono ispezioni”;
- UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018 “Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura”;
- ISO/IEC 17065:2012 “Conformity assessment requirements for bodies certifying products, processes and services”.

I TA ad affidabilità incrementata dovranno inoltre soddisfare:

- la Prescrizione Tecnica Terna PT500ST Rev. 03 del 15/12/2021 “Prescrizioni tecniche per la verifica della conformità dei prodotti approvvigionati”;
- le disposizioni dettate dalla legislazione italiana vigente, nonché i requisiti della normativa nazionale vigente in materia di “Disciplina dei contenitori a pressione di gas con membrane miste di materiale isolante e di materiale metallico, contenenti parti attive di apparecchiature elettriche” (D.M. 1° dicembre 1980 come integrato dal D.M. del 10 settembre 1981, e successive modifiche);
- le disposizioni dettate dai Regolamenti Comunitari (CE) applicabili in materia di gas fluorurati e, specificatamente, in merito alla etichettatura delle “Apparecchiature contenenti gas fluorurati ad effetto serra”.



### **3. TERMINI E DEFINIZIONI**

Si applica la Norma CEI EN 61869-2, con la precisazione che nel testo verranno richiamate le seguenti abbreviazioni:

TA        trasformatore di corrente

SPCC    sistema di protezione comando e controllo di stazione.

### **4. CONDIZIONI DI SERVIZIO NORMALI E SPECIALI**

#### **4.1. Generalità**

Si applica la Norma CEI EN 61869-1.

#### **4.2. Condizioni di servizio normali**

Si applica il § 4.2.5 della Norma CEI EN 61869-1 con le integrazioni riportate al § 4.3 della presente Specifica.

#### **4.3. Condizioni di servizio speciali**

I TA ad affidabilità incrementata devono soddisfare i requisiti previsti per le condizioni di servizio normali per apparecchiature installate all'esterno, con categoria di temperatura -25°C / +50°C.

I TA ad affidabilità incrementata devono essere per ambienti con livello di inquinamento (SPS) di tipo "d" (pesante) secondo la Specifica Tecnica IEC TS 60815-1.

I TA ad affidabilità incrementata devono soddisfare il livello di qualificazione sismica elevato (accelerazione a periodo nullo ZPA pari a 5 m/s<sup>2</sup>) secondo la Norma CEI EN 62271-207, per prova sismica con oscillogramma (time-history).

Terna si riserva di richiedere, in caso di necessità, apparecchiature adatte a condizioni di servizio speciali, quali, ad esempio, installazione ad altezze superiori a 1000 m s.l.m., installazione in ambienti con livello di inquinamento (SPS) di tipo "e" (molto pesante), etc.

#### **4.4. Sistema di messa a terra**

Si applica la Norma CEI EN 61869-1 con la precisazione che i TA ad affidabilità incrementata devono essere idonei all'installazione sia in sistemi con neutro efficacemente a terra che in sistemi con neutro isolato da terra, relativamente al solo livello di tensione 72,5 kV.

### **5. GRANDEZZE NOMINALI**

Si applica la Norma CEI EN 61869-2 con le seguenti precisazioni:

- le caratteristiche nominali dei TA ad affidabilità incrementata sono riportate nelle Tab. 1 ÷ 5 della presente Specifica;
- con riferimento al § 6.4 della Norma CEI EN 61869-1, la classe di isolamento prevista per gli avvolgimenti dei TA ad affidabilità incrementata corrisponde ad una sovratemperatura massima di 50 K (classe A corretta per temperatura ambientale massima superiore a 40°C);
- sovratemperatura per irraggiamento solare pari a 15 °C;



- la condizione standard per il gas di riempimento dell'apparecchiatura corrisponde ad una temperatura convenzionale di 20°C ed una pressione atmosferica di 101,325 kPa (1 atm).

## 6. PROGETTO E COSTRUZIONE

I TA ad affidabilità incrementata devono avere il primario a barra passante ed i secondari a nucleo toroidale. L'isolamento interno deve essere realizzato in gas SF<sub>6</sub> o SF<sub>6</sub> / solido.

Le dimensioni d'ingombro per ciascuna tipologia di TA sono riportate in Fig. 1 della presente Specifica. Le dimensioni delle piastre di supporto dei sostegni unificati Terna sono riportate in Fig. 2. Le dimensioni delle interfacce AT sono riportate in Fig. 3.

Il cambio dei rapporti deve essere effettuato preferibilmente tramite prese poste sugli avvolgimenti secondari.

Alla base del TA deve essere previsto un bullone M12, in acciaio inossidabile (compreso nella fornitura), per il collegamento alla maglia di terra di stazione.

La cassetta morsetti secondari deve essere facilmente accessibile e avere dimensioni adeguate, al fine di consentire l'agevole realizzazione dei collegamenti. Deve avere un grado di protezione non inferiore a IP44, come definito dalla Norma CEI EN 60529, e deve essere provvista di un idoneo sistema di aerazione, dotato di dispositivo anti-insetti, allo scopo di evitare la formazione di condensa.

Devono essere previste N. 3 morsettiere distinte:

- per le connessioni ai terminali dei nuclei di misura e protezione del TA;
- per le connessioni ai contatti ausiliari per il controllo della densità del gas;
- per la connessione al trasmettitore 4...20 mA (sistema a due fili) del dispositivo di monitoraggio del gas di cui al § 6.2.3 della presente Specifica.

Le morsettiere devono essere posizionate in comparti separati ricavati nella medesima cassetta terminali secondari tramite opportuni diaframmi metallici. Le dimensioni dei comparti devono consentire l'agevole esecuzione dei collegamenti.

In ciascun comparto della cassetta terminali secondari deve essere previsto un collettore di terra, provvisto di fori e relativi bulloni M6 per il collegamento degli schermi dei cavi. I collettori di terra devono essere elettricamente connessi tra loro e al bullone M12 per il collegamento dell'apparecchiatura alla maglia di terra di stazione, mediante conduttori di rame di sezione non inferiore a 16 mm<sup>2</sup> ed isolati con guaina bicolore giallo-verde.

Le morsettiere devono essere idonee per il collegamento di conduttori aventi sezione:

- 4 ÷ 16 mm<sup>2</sup> per la connessione ai terminali dei nuclei di misura e protezione del TA;
- fino a 6 mm<sup>2</sup> per le connessioni ai contatti ausiliari per il controllo della densità del gas e al trasmettitore 4...20 mA (sistema a due fili) del dispositivo di monitoraggio del gas.

Per il cablaggio alle morsettiere interne alla cassetta terminali secondari, in caso di utilizzo di cavi unipolari, gli stessi devono avere le seguenti caratteristiche particolari:

- sigla di designazione: FG17;
- tensione nominale d'isolamento: 450/750 V;
- isolante in gomma elastomerica di qualità G17;
- conduttori a corda flessibile di rame rosso ricotto;
- norme di riferimento: CEI 20-38, CEI-UNEL 35310;

- classe di reazione al fuoco (CPR 305/11): Cca – s1b,d1,a1.

In alternativa, in caso di utilizzo di cavi multipolari, gli stessi devono avere le seguenti caratteristiche particolari.

- sigla di designazione: FG16OM16;
- tensione nominale d'isolamento: 0,6/1 kV;
- isolante in gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G16;
- conduttori a corda flessibile di rame rosso ricotto;
- guaina termoplastica di qualità M16;
- norme di riferimento: CEI 20-13, CEI 20-67, CEI-UNEL 35324, CEI-UNEL 35328;
- classe di reazione al fuoco (CPR 305/11): Cca – s1b,d1,a1.

Il collegamento dei conduttori in morsettiera deve essere realizzato mediante viti, terminazioni filettate dotate di dadi o morsetti conformi alle Norme CEI EN 60947-7-1 e CEI EN 60947-7-2.

Il corpo isolante dei morsetti deve essere in melamina (resina termoindurente) o poliammide di tipo autoestinguente (resina termoplastica). La parte conduttrice dei morsetti deve essere di ottone nichelato, ad alto tenore di rame, oppure di lega pregiata di rame che garantisca un'elevata resistenza alla corrosione. Il serraggio dei conduttori al morsetto deve essere di tipo indiretto, con connessioni a vite antiallentanti.

Nella parte inferiore della cassetta devono essere previsti:

- N. 3 pressacavi in metallo Ø 12 ÷ 16 mm per i cavi di collegamento al SPCC di Stazione, alloggiati nel comparto della morsettiera terminali secondari;
- N. 2 pressacavi in metallo Ø 12 ÷ 16 mm per i cavi di collegamento al dispositivo di controllo della densità del gas e al SPCC di Stazione, alloggiati nel comparto della morsettiera per il controllo della densità del gas;
- N. 2 pressacavi in metallo Ø 12 ÷ 16 mm per i cavi di collegamento al dispositivo di monitoraggio del gas e al SPCC di Stazione, alloggiati nel comparto della morsettiera per il monitoraggio del gas.

I pressacavi devono essere posizionati come indicato in Fig. 1 in modo tale che i relativi cavi non interferiscano con la struttura del sostegno metallico del TA.

In alternativa è consentito collocare le morsettiere per il collegamento al dispositivo di monitoraggio del gas di cui al § 6.2.3 della presente Specifica in altre cassette, separate da quella contenente i terminali secondari, avente caratteristiche analoghe a quest'ultima, corredate anch'esse del collettore di terra e dei pressacavi in precedenza citati. Le cassette devono essere posizionate sullo stesso lato di quella per i terminali degli avvolgimenti secondari del TA.

I morsetti del nucleo di misura posti all'interno della cassetta morsetti secondari devono poter essere sigillati tramite apposito carter di copertura, non metallico e non asportabile con la morsettiera stessa, per permettere l'utilizzo di tale nucleo per misure fiscali. Anche il cambio rapporti primario, se presente, deve essere sigillabile.

A corredo dei TA devono essere forniti anche i bulloni necessari al fissaggio degli stessi sui rispettivi sostegni metallici.

Gli attacchi di sollevamento devono essere idonei alla movimentazione del TA con i normali mezzi di sollevamento.

## **6.2. Prescrizioni per i liquidi utilizzati nell'apparecchiatura**

Non applicabile.

## **6.3. Prescrizioni per i gas impiegati nell'apparecchiatura**

### **6.2.1. Generalità**

Si applica la Norma CEI EN 61869-1.

### **6.2.2. Qualità dei gas**

Si applica la Norma CEI EN 61869-1 con la precisazione che si applica la Norma CEI EN 60376 per il gas SF<sub>6</sub> di primo riempimento e la Norma CEI EN 62271-4 per l'utilizzazione e la manipolazione del gas SF<sub>6</sub> nelle apparecchiature.

### **6.2.3. Dispositivo di monitoraggio del gas**

Si applica la Norma CEI EN 61869-1 con le precisazioni riportate nel seguito.

Il TA deve essere munito di un dispositivo a settori colorati per la visualizzazione, il controllo ed il monitoraggio da remoto della densità del gas SF<sub>6</sub>, posto in posizione ben visibile da terra e non interferente con il sostegno metallico.

Il dispositivo deve consentire il monitoraggio da remoto della densità del gas mediante trasmettitore integrato 4 ... 20 mA (sistema a due fili). Lo stesso deve consentire il controllo della densità del gas mediante due livelli di intervento da utilizzare, tramite appositi contatti ausiliari elettricamente distinti fra loro, per le seguenti funzioni:

- 1° livello gas: allarme (rabbocco);
- 2° livello gas: allarme (messa in sicurezza).

La soglia di allarme per 1° livello gas deve essere fissata ad un valore che differisca di almeno 0,05 MPa rispetto alla pressione nominale di riempimento; quella di allarme per 2° livello gas deve essere fissata ad un valore che differisca di almeno 0,05 MPa rispetto alla pressione corrispondente alla soglia di allarme per 1° livello gas.

I dispositivi di controllo della densità del gas SF<sub>6</sub> devono essere visibili dal più vicino piano di calpestio, dotati di valvola di intercettazione e connessione di prova integrata per verificarne la funzionalità, senza necessità di rimuoverli e mantenendo in pressione l'apparecchiatura.

Deve essere altresì possibile effettuare la sostituzione dei medesimi mantenendo in pressione l'apparecchiatura, tramite l'interposizione di apposite valvole di non ritorno.

La classe di precisione del dispositivo deve essere del 2% e deve essere garantita in tutto il campo di temperatura di funzionamento prevista per l'apparecchiatura (-25°C / +40°C). La classe di precisione per valori di densità prossimi a quelli di allarme/scatto deve essere almeno pari all'1%.

Il dispositivo deve essere ermeticamente chiuso; l'ermeticità della cassa deve essere provata su ogni pezzo di produzione, tramite gas elio. Devono essere adottate le stesse soluzioni tecniche elencate al § 6.2.4 della presente Specifica, per garantire il tasso di perdita previsto.

La parte trasparente deve essere realizzata con materiale che non opacizzi a causa dei raggi UV (ad esempio polycarbonato o vetro antinfortunistico).

Il dispositivo deve essere dotato di idonea copertura (calotta) atta a minimizzare gli effetti transitori dell'irraggiamento solare.

I contatti di allarme per minima pressione gas devono essere conformi alla Norma CEI EN 60947-5-1 ed avere le seguenti caratteristiche nominali:

<b>Caratteristiche nominali contatti di allarme per minima pressione gas</b>	
Tensione operativa nominale, $U_e$	110 V <sub>cc</sub>
Corrente operativa nominale, $I_e$	$\geq 1$ A
Tensione nominale di isolamento, $U_i$	2 kV <sub>ca</sub> per 60 s
Potere di interruzione	0,2 A con L/R < 20 ms
Numero minimo di manovre	10.000

Le connessioni al dispositivo devono essere realizzate mediante cavi con conduttori flessibili. Le loro caratteristiche sono riportate al § 6 della presente Specifica.

#### **6.2.4.    *Tenuta del gas***

Si applica la Norma CEI EN 61869-1 con le precisazioni riportate nel seguito.

Il sistema da considerare è quello a *pressione chiuso*, secondo quanto previsto dalla Norma CEI EN 62271-1, con la precisazione che il Costruttore deve dichiarare un tasso annuo di perdita non superiore allo 0,1%.

Per garantire tale tasso di perdita dovranno essere adottate le soluzioni di seguito riportate:

- doppia guarnizione per ogni accoppiamento in pressione;
- guarnizioni di tipo O-ring realizzate in idoneo materiale adatto al campo di temperatura di esercizio specificato e resistente agli agenti corrosivi presenti normalmente in sito;
- adeguata protezione anticorrosiva per le superfici delle flange a tenuta gas e per le cave delle guarnizioni di tipo O-ring;
- finitura superficiale degli accoppiamenti con rugosità non superiore a 0,8  $\mu$ m;
- ingrassaggio di ogni accoppiamento.

Durante i collaudi di accettazione dei sub-componenti devono essere sottoposte a prove di tenuta con elio (con campionamento al 100%) i seguenti componenti:

- le fusioni, prima di qualsiasi trattamento superficiale;
- il dispositivo controllo gas ed i relativi raccordi;
- le morsettiere degli avvolgimenti secondari.

Il TA deve essere corredato di un sistema di riempimento e rabbocco gas costituito da due attacchi DILO DN8 maschi (per il livello di tensione 420 kV uno dei due attacchi può essere DILO DN20, maschio), dotati di valvola di non ritorno con tappo di chiusura reso imperdibile, posto alla base del TA in posizione tale da consentire il riempimento / rabbocco senza l'utilizzo di accessori a gomito e senza interferire con il sostegno metallico. Deve essere possibile effettuare il rabbocco con l'apparecchiatura in servizio in accordo alle distanze di sicurezza previste dalla Norma CEI EN 61936-1.

#### **6.2.5.    *Dispositivo di controllo della pressione***

Si applica la Norma CEI EN 61869-1.

## **6.4. Prescrizioni relative ai materiali solidi impiegati nell'apparecchiatura**

Si applica la Norma CEI EN 61869-1.

## **6.5. Prescrizioni relative alla sovratemperatura di parti e di componenti**

Si applica la Norma CEI EN 61869-2 con la precisazione che la classe di isolamento prevista per gli avvolgimenti dei TA corrisponde ad una sovratemperatura massima di 50 K.

## **6.6. Prescrizioni per la messa a terra dell'apparecchiatura**

Si applica la Norma CEI EN 61869-1.

## **6.7. Prescrizioni relative all'isolamento esterno**

Si applica la Norma CEI EN 61869-1 con le precisazioni riportate nel seguito.

Le tensioni di tenuta dell'isolamento sono riportate nelle Tab. 1 ÷ 5 della presente Specifica.

I TA ad affidabilità incrementata devono essere equipaggiati con isolatori di tipo composito, conformi alle Norme CEI EN 62217 e CEI EN 61462.

Per il rivestimento esterno è ammesso esclusivamente l'utilizzo di gomma siliconica del tipo:

- HTV (High Temperature Vulcanized) con un contenuto di ATH (allumina tri-idrata) non inferiore al 45% in peso;
- LSR (Liquid Silicon Rubber), per il quale il Fornitore dovrà specificare, in fase di certificazione, le precauzioni prese al fine di garantire una adeguata protezione contro il tracking e l'erosione, e darne evidenza a Terna.

Il campo elettrico massimo totale, con apparecchiatura sottoposta alla tensione massima fase-terra, non deve superare il valore di 0,42 kV<sub>RMS</sub>/mm per più di 10 mm lungo tutta la superficie della gomma siliconica (lato aria).

La verifica dei campi elettrici massimi totali sulla superficie della gomma siliconica deve essere effettuata tramite analisi agli elementi finiti. Il Costruttore dovrà fornire a Terna, in fase di certificazione di prodotto, un elaborato nel quale sono riportati i risultati dell'analisi agli elementi finiti contenente, per ciascuna apparecchiatura sottoposta a verifica, anche le seguenti informazioni significative ai fini della verifica:

- caratteristiche dimensionali del tubo in vetroresina, del rivestimento in gomma siliconica e delle flange metalliche (diametri, spessori, angoli, raggi di curvatura, etc.);
- caratteristiche elettriche del tubo in vetroresina e del materiale di rivestimento in gomma siliconica (permittività elettrica relativa  $\epsilon_r$  a 50 Hz e 20°C, fattore di dissipazione  $\tan\delta$  a 50 Hz e 20°C, resistività elettrica specifica di massa in corrente continua  $\rho$  a 20°C, etc.);
- dimensioni massime e minime e ordine della mesh utilizzata per il modello agli elementi finiti; a tal proposito, la mesh deve essere raffinata aumentando il numero e/o l'ordine degli elementi, fino alla convergenza della soluzione.

I TA devono avere una SSCD (service specific creepage distance) calcolata con la procedura riportata di seguito. Il rispetto della SSCD non solleva comunque il Fornitore dall'eseguire la prova di verifica in ambiente contaminato riportata al paragrafo 7.8.3 della presente Specifica. Il Fornitore potrà scegliere un valore di linea di fuga specifica più adatto per l'isolatore purché questo sia superiore al valore di SSCD calcolato, corrispondente ad una salinità di tenuta di 56 kg/m<sup>3</sup>.

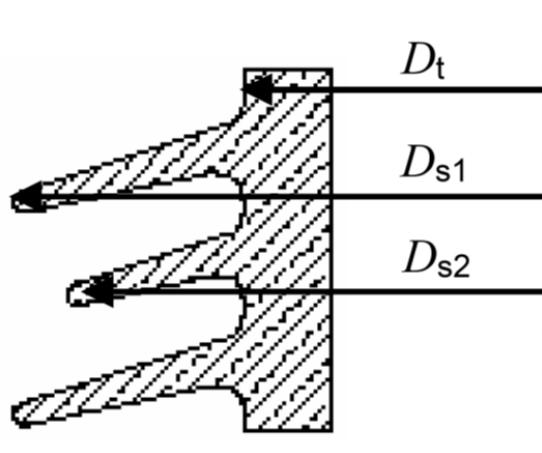
$$SSCD = 35,35 \cdot \left( \frac{CF^{3,524}}{597} + 0,974 \right) \cdot \left( \frac{D_m}{250} \right)^{0,4} \quad [mm/kV]$$

CF rappresenta il creepage factor dell'isolatore inteso come il rapporto tra la linea di fuga dell'isolatore e l'altezza dell'isolatore escluse le parti metalliche.

$D_m$  è il diametro medio dell'isolatore in mm, calcolato come di seguito riportato:

$$D_m = \frac{2 \cdot D_t + D_{s1} + D_{s2}}{4}$$

$D_{s1} = D_{s2}$  quando si è in presenza di profili non alternati.



La lunghezza minima della linea di fuga si ottiene moltiplicando la SSCD per la tensione massima di esercizio fase-terra.

Il valore di salinità di tenuta deve essere pari a 56 kg/m<sup>3</sup> per tutti i livelli di tensione e deve essere verificato in accordo al § 7.8.3 della presente Specifica. Terna si riserva di chiedere valori diversi di linea di fuga e/o di salinità di tenuta.

## 6.8. Prescrizioni meccaniche

Si applica la Norma CEI EN 61869-1 con le seguenti precisazioni:

- i TA devono essere provvisti di piastre di attacco orizzontali in alluminio o rame nichelato, per l'interfacciamento con l'impianto, conformi a quanto riportato in Fig. 3.
- i carichi statici da applicare in prova a ciascun terminale sono riportati nella seguente tabella:

Livello di tensione [kV]	Codifica Terna	F <sub>R</sub> (longitudinale) [daN]	F <sub>R</sub> (trasversale) [daN]	F <sub>R</sub> (verticale) [daN]
420	T31 – T32	1330	840	600
245	T33	1210	400	490
145 – 170	T35 – T36 – T37 – T38	1010	320	410
72,5	T39 – T40 – T41 – T42	100	100	80



## **6.9. Impulsi multipli con onda tronca sui terminali primari**

Non applicabile.

## **6.10. Prescrizioni relative alla protezione per i guasti da arco interno**

Si applica la Norma CEI EN 61869-1 con le precisazioni riportate di seguito.

I TA ad affidabilità incrementata devono essere dotati di apposita valvola di sicurezza atta ad impedire la fessurazione / rottura degli involucri isolanti in caso di guasto interno. La valvola di sicurezza deve essere opportunamente protetta contro urti, danneggiamenti accidentali e fenomeni di corrosione superficiale.

La stessa deve essere posta nella parte più alta del TA e deve essere protetta da apposita copertura atta a garantire, in caso di rottura accidentale con fuoriuscita lenta del gas, un grado di protezione pari almeno a IP23, secondo la Norma CEI EN 60529.

Eventuali fuoriuscite di gas incandescenti, non devono investire le persone presenti nei luoghi normalmente accessibili dell'impianto e non devono provocare danni alle apparecchiature circostanti.

La pressione di intervento  $P_{Int}$  del dispositivo di sicurezza deve essere:

$$P_{Int} \geq 1,2 \cdot P_{prog} + P_{\Delta Disp}$$

con  $P_{\Delta Disp}$  tolleranza della pressione di intervento del dispositivo di sicurezza, indicata dal Costruttore dello stesso e compresa tra zero e +10%, e  $P_{prog}$  pressione di progetto, ossia la massima pressione che il gas può raggiungere nelle seguenti condizioni estreme di esercizio a regime termico:

- corrente pari alla corrente termica permanente ( $1,2 \cdot I_p$ );
- temperatura ambiente pari alla temperatura massima di esercizio di (+50°C);
- sovratemperatura per irraggiamento solare pari a 15 °C.

La pressione di intervento del dispositivo deve essere tale da evitare interventi intempestivi dello stesso.

## **6.11. Gradi di protezione dell'involucro**

Si applica la Norma CEI EN 61869-1.

## **6.12. Compatibilità elettromagnetica (EMC)**

Si applica la Norma CEI EN 61869-1.

## **6.13. Corrosione**

Si applica la Norma CEI EN 61869-1 con le precisazioni riportate nel seguito.

Le parti metalliche a contatto con l'atmosfera devono essere realizzate in acciaio inossidabile, in lega di alluminio o protette con rivestimenti di zincatura per immersione a caldo, conformi alla Norma UNI EN ISO 1461. Lo spessore del rivestimento non deve risultare inferiore a 85 µm, corrispondente ad una massa di zinco pari a 600 g/m<sup>2</sup>.

Eventuali parti ferrose poste all'interno della scatola morsetti secondari devono essere verniciate o protette con zincatura elettrolitica avente codice di classificazione Fe/Zn 12, conforme alla Norma UNI EN ISO 2081 e UNI ISO 4520.



La bulloneria con diametro minore di 12 mm e le altre minuterie per il fissaggio dei componenti elettrici e meccanici devono essere in acciaio inossidabile. La bulloneria con diametro maggiore o uguale a 12 mm può essere in acciaio inossidabile o in acciaio protetto con rivestimenti di zincatura per immersione a caldo, conformi alla Norma UNI EN ISO 10684.

Tutte le lavorazioni meccaniche devono essere completamente eseguite prima dei trattamenti protettivi.

Deve essere evitata la formazione di coppie galvaniche fra i materiali diversi a contatto tra loro.

Le fusioni di testa dovranno essere protette mediante verniciatura con polvere elettrostatica di tipo epossipoliestere di colore bianco RAL 9010, con spessore minimo 60 µm ( $\pm 10\%$ ).

In alternativa, può essere applicato un rivestimento protettivo ottenuto con una mano di fondo, eventuali mani intermedie e una mano a finire. La mano di fondo deve essere costituita da pitture di tipo epossidico catalizzato o non catalizzato, contenenti pigmenti anticorrosivi. La mano a finire deve avere colore bianco RAL 9010 e deve essere costituita da pitture classificabili nelle seguenti categorie:

- alchidico-siliconiche (copolimero al 30% di silicone);
- epossidiche;
- poliuretaniche;
- viniliche modificate.

Lo spessore totale del rivestimento, misurato dopo 24 ore dall'applicazione della mano a finire, deve essere almeno pari a 60 µm ( $\pm 10\%$ ). Fra i diversi strati costituenti il rivestimento protettivo deve esistere un contrasto cromatico tale da permettere facilmente la loro identificazione.

Potranno essere proposti a Terna cicli di verniciatura alternativi, purché non inferiori per qualità e durata. I cicli di pittura alternativi saranno presi in considerazione solo se il loro comportamento potrà essere suffragato da un'adeguata esperienza di esercizio.

## **6.14. Marcature**

Si applica la Norma CEI EN 61869-2 con le precisazioni riportate nel seguito.

Ogni TA deve essere dotato di una targa, posizionata sulla parte metallica di base o all'esterno della cassetta dei terminali secondari, riportante, oltre ai dati previsti al § 6.13 delle Norme CEI EN 61869-1 e CEI EN 61869-2, anche le seguenti informazioni:

- la codifica Terna riportata nelle Tab. 1 ÷ 5 della presente Specifica;
- la matricola e l'anno di costruzione;
- la pressione relativa del gas corrispondente alla densità nominale, a 20°C;
- la massa del gas;
- altri dati previsti dai Regolamenti Comunitari (CE) in merito alla etichettatura degli apparecchi contenenti gas fluorurati.

Sulla parte esterna dello sportello della cassetta terminali secondari deve essere prevista una targa, indelebile e resistente agli agenti atmosferici, riportante le seguenti informazioni:

- gli schemi di collegamento degli avvolgimenti secondari e quelli delle eventuali sezioni primarie, in relazione ai rispettivi rapporti di trasformazione;

- lo schema di collegamento del dispositivo per il controllo della densità del gas, con indicazione delle densità relative del gas corrispondenti ai due livelli di intervento.

## **6.15. Pericolo d'incendio**

Si applica la Norma CEI EN 61869-1.

## **7. PROVE**

### **7.1. Generalità**

#### **7.1.1. Classificazione delle prove**

Si applica la Norma CEI EN 61869-1 con la precisazione che alla classificazione delle prove vanno aggiunte le *prove di tipo integrative*, le *prove individuali integrative* e le *prove relative agli isolatori*.

Le prove di tipo devono essere eseguite presso laboratori accreditati secondo la Norma ISO/IEC 17025, da parte di un Ente Nazionale di Accreditamento di uno Stato membro della UE, in applicazione del Regolamento europeo n. 765/2008. Qualora le prove di tipo vengano effettuate presso laboratori non accreditati, le stesse dovranno essere presenziate da un Organismo di Ispezione accreditato secondo la Norma ISO/IEC 17020, da parte di un Ente Nazionale di Accreditamento di uno Stato membro della UE. L'Organismo di Ispezione deve essere approvato da Terna.

Gli accreditamenti sopra citati non possono essere estesi mediante accordi di mutuo riconoscimento tra Enti Nazionali di Accreditamento UE ed Extra UE.

Qualora alcune o tutte le prove di tipo siano già state eseguite presso laboratori accreditati secondo la Norma ISO/IEC 17025, su TA della stessa tipologia di quelli oggetto di certificazione, la relativa documentazione potrà essere presentata all'Organismo di Certificazione e a Terna, per la validazione (vedasi § 11 della presente Specifica).

Le prove individuali devono essere eseguite presso lo stabilimento del Fornitore, in accordo a quanto riportato sui Piani di Controllo Qualità (PCQ), specifici di prodotto. Il piano di campionamento è indicato sui Piani di Controllo Qualità (PCQ). I risultati delle prove eseguite devono essere riportati in appositi rapporti redatti dal Fornitore stesso, con riportati i relativi valori di riferimento e le eventuali tolleranze.

#### **7.1.2. Elenco delle prove**

Nella seguente tabella sono elencate tutte le prove da effettuarsi con indicazione del relativo paragrafo della presente Specifica dove le stesse sono descritte.

Le *prove speciali* e le *prove relative agli isolatori* sono da intendersi come prove di tipo.

<b>Prove</b>	<b>Paragrafo</b>
<b>Prove di tipo</b>	<b>7.2</b>
Prova di riscaldamento	7.2.2
Prova di tenuta all'impulso sui terminali primari	7.2.3
Prova sotto pioggia per trasformatori per esterno	7.2.4
Prova di compatibilità elettromagnetica (EMC)	7.2.5
Prova per la verifica della precisione	7.2.6

Verifica del grado di protezione fornita dagli involucri	7.2.7
Prova di pressione per l'involucro	7.2.9
Prove di correnti di breve durata	7.2.201
<b>Prove di tipo integrative</b>	<b>7.6</b>
Prova del dispositivo di sicurezza	7.6.1
Prova di tenuta in assenza di gas	7.6.2
Qualificazione sismica	7.6.3
Verifica dei rivestimenti protettivi	7.6.4
<b>Prove speciali</b>	<b>7.4</b>
Misura della capacità e del fattore di dissipazione dielettrica	7.4.3
Prova di sovratensione trasmessa	7.4.4
Prove meccaniche	7.4.5
Prova di guasto per arco interno	7.4.6
Prove di tenuta dell'involucro a temperature alte e basse	7.4.7
<b>Prove relative agli isolatori</b>	<b>7.7</b>
Prove relative al materiale di rivestimento	7.8.1
Prova di invecchiamento accelerato elettrico-ambientale	7.8.2
Prova di verifica in ambiente contaminato	7.8.3
<b>Prove individuali</b>	<b>7.3</b>
Prove di tenuta a frequenza industriale sui terminali primari	7.3.1
Misura delle scariche parziali	7.3.2
Prova di tenuta di tensione a frequenza industriale tra le sezioni	7.3.3
Prova di tenuta a frequenza industriale sui terminali secondari	7.3.4
Prova per la verifica della precisione	7.3.5
Verifica delle marcature	7.3.6
Prova di tenuta dell'involucro alla temperatura ambiente	7.3.7
Prova di pressione per l'involucro	7.3.8
Determinazione della resistenza dell'avvolgimento secondario ( $R_{\alpha}$ )	7.3.201
Determinazione della costante di tempo del circuito secondario $T_s$	7.3.202
Prova della f.e.m. nominale del punto di ginocchio ( $E_k$ ) e della corrente di eccitazione a $E_k$	7.3.203
Prova di sovratensione tra le spire	7.3.204
<b>Prove individuali integrative</b>	<b>7.7</b>
Esame a vista e verifica della corrispondenza costruttiva al prototipo certificato	7.7.1
Verifica dei rivestimenti protettivi	7.7.2
<b>Prove a campione</b>	<b>7.5</b>

### **7.1.3. Sequenza delle prove**

Si applica la Norma CEI EN 61869-1.

## **7.2. Prove di tipo**

### **7.2.1. Generalità**

Si applica la Norma CEI EN 61869-1.

### **7.2.2. Prova di riscaldamento**

Si applica la Norma CEI EN 61869-2 con la precisazione che i TA devono essere sottoposti a due distinte prove di riscaldamento, da effettuarsi nella sequenza indicata senza interruzioni, sull'apparecchiatura riempita con gas SF<sub>6</sub> alla densità minima di esercizio, corrispondente al 2° livello gas:

- a. *prova alla corrente termica nominale permanente*: la prova deve essere eseguita applicando una corrente pari alla corrente termica nominale permanente ( $1,2 \cdot I_p$ ) al TA, per il tempo necessario al raggiungimento della stabilità termica (variazione di temperatura inferiore a 1 K all'ora);
- b. *prova alla corrente termica nominale di emergenza*: al raggiungimento della stabilità termica il TA deve, senza soluzione di continuità, essere sottoposto per 1 h alla corrente termica di emergenza pari ( $1,5 \cdot I_p$ ).

Gli avvolgimenti in condizioni di sovraccarico devono rispettare i limiti di sovratemperatura indicati al § 6.4 della presente Specifica.

### **7.2.3. Prova di tenuta all'impulso sui terminali primari**

Si applica la Norma CEI EN 61869-2 con le seguenti precisazioni:

- la prova deve essere eseguita con gas SF<sub>6</sub> alla densità minima di esercizio, corrispondente al 2° livello gas;
- per la prova di tenuta ad impulso atmosferico sui terminali primari devono essere applicate 3 serie di 15 impulsi consecutivi di polarità positiva e 15 impulsi di polarità negativa, con intervallo massimo di 1 h tra una serie e la successiva; i valori di tenuta ad impulso atmosferico sono indicati nelle Tab. 1 ÷ 5 della presente Specifica;
- il TA supera la prova di tenuta ad impulso atmosferico sui terminali primari se sono verificate le condizioni prescritte per il caso  $U_m < 300$  kV;
- il § 7.2.3.3 della suddetta Norma non è applicabile in quanto la prova ad impulso di manovra deve essere effettuata sotto pioggia, in conformità al § 7.2.4 della presente Specifica.

### **7.2.4. Prova sotto pioggia per trasformatori per esterno**

Si applica la Norma CEI EN 61869-1 con le seguenti precisazioni:

- la prova deve essere eseguita con gas SF<sub>6</sub> alla densità minima di esercizio corrispondente al 2° livello gas;
- ove nelle Tab. 1 ÷ 5 della presente Specifica sia indicato un valore di tenuta ad impulso di manovra, la prova va effettuata applicando tale impulso; diversamente, la prova va effettuata applicando la tensione di tenuta a frequenza industriale per 60 s.

### **7.2.6.    *Prova di compatibilità elettromagnetica (EMC)***

Si applica la Norma CEI EN 61869-1 con la precisazione che il livello di radiodisturbi non deve superare i 2500  $\mu$ V con una tensione di prova pari al 110% della tensione nominale fase-terra dell'apparecchiatura.

### **7.2.7.    *Prova per la verifica della precisione***

Si applica la Norma CEI EN 61869-2 con le seguenti precisazioni:

- la misura dell'errore di rapporto e dell'errore d'angolo alla frequenza nominale per i nuclei di misura del TA deve essere effettuata facendo circolare attraverso l'avvolgimento primario una corrente sostanzialmente sinusoidale di valore pari rispettivamente al 5%, 20%, 100%, 120% e 150% della corrente primaria nominale, per ciascun rapporto di trasformazione, e con prestazione compresa tra il 25% ed il 100% della prestazione nominale;
- il fattore di sicurezza per gli strumenti di misura (FS) deve essere determinato utilizzando il metodo di prova indiretto di cui al § 7.2.6.202 della Norma CEI EN 61869-2;
- la misura dell'errore composto alla frequenza nominale per i nuclei di protezione del trasformatore di corrente, di cui al § 7.2.6.203 della Norma CEI EN 61869-2, deve essere effettuata alla prestazione nominale con fattore di potenza induttivo pari a 0,8, per ciascun rapporto di trasformazione.

### **7.2.8.    *Verifica del grado di protezione degli involucri***

Si applica la Norma CEI EN 61869-1.

### **7.2.9.    *Prova di tenuta dell'involucro a temperatura ambiente***

Non richiesta.

### **7.2.10.   *Prova di pressione per l'involucro***

Si applica la Norma CEI EN 61869-1.

#### **7.2.202.   *Prove di correnti di breve durata***

Si applica la Norma CEI EN 61869-2 con le seguenti precisazioni:

- la prova deve essere eseguita con gas a pressione relativa nulla, utilizzando aria secca o azoto al posto del gas SF<sub>6</sub>;
- il corto circuito deve essere realizzato sul rapporto di trasformazione minimo.

## **7.3.    Prove individuali**

### **7.3.1.    *Prove di tenuta di tensione a frequenza industriale sui terminali primari***

Si applica la Norma CEI EN 61869-2.

### **7.3.3.    *Misura delle scariche parziali***

Si applica la Norma CEI EN 61869-1 con le seguenti precisazioni:

- la misura del livello delle scariche parziali deve essere eseguita con il gas SF<sub>6</sub> alla densità minima di esercizio, corrispondente al 2° livello gas;
- la prova deve essere eseguita anche in assenza di elementi con isolamento solido;
- per il solo livello di tensione 72,5 kV le tensioni di prova ed i massimi livelli ammissibili per le scariche parziali da considerare sono quelli per sistemi a neutro isolato;
- si riportano di seguito le tensioni di prova ed i massimi livelli ammissibili per le scariche parziali, coincidenti con quelli in Tab. 3 della Norma CEI EN 61869-1:

Livello di tensione [kV]	Tensione di prova [kV <sub>eff</sub> ]	Livello ammissibile delle scariche parziali [pC]
420 – 245 – 170 – 145	U <sub>m</sub>	10
	1,2 · U <sub>m</sub> / √3	5
72,5	1,2 · U <sub>m</sub>	10
	1,2 · U <sub>m</sub> / √3	5

### **7.3.4.    *Prove di tenuta di tensione a frequenza industriale tra le sezioni***

Si applica la Norma CEI EN 61869-1 applicando la tensione di 3 kV per 60 s in successione tra i terminali cortocircuitati di ciascuna sezione.

### **7.3.5.    *Prova di tenuta di tensione a frequenza industriale sui terminali secondari***

Si applica la Norma CEI EN 61869-1 con la precisazione che la prova va effettuata applicando la tensione di 3 kV per 60 s in successione tra i terminali cortocircuitati di ciascun avvolgimento e la terra.

Sono previste anche prove di tensione a frequenza industriale sui circuiti di controllo e monitoraggio gas. Le prove devono essere eseguite alla tensione di 2 kV per la durata di 60 s, applicata tra:

- ogni circuito indipendente e tutti gli altri collegati a massa;
- ciascun terminale di ogni circuito interrotto da contatti aperti e tutti gli altri terminali collegati a massa.

L'esito delle prove è considerato favorevole se non si verificano scariche interne o esterne e se, dopo l'esecuzione delle prove, il dispositivo funziona correttamente.

### **7.3.6.    *Prova per la verifica della precisione***

Si applica la Norma CEI EN 61869-2 con le seguenti precisazioni:

- la misura dell'errore di rapporto e dell'errore d'angolo alla frequenza nominale per i nuclei di misura del TA deve essere effettuata facendo circolare attraverso l'avvolgimento primario una corrente sostanzialmente sinusoidale di valore pari rispettivamente al 5%,

20%, 100%, 120% e 150% della corrente primaria nominale, per ciascun rapporto di trasformazione, e con prestazione compresa tra il 25% ed il 100% della prestazione nominale;

- la misura dell'errore composto alla frequenza nominale per i nuclei di protezione del trasformatore di corrente, di cui al § 7.2.6.203 della Norma CEI EN 61869-2, deve essere effettuata alla prestazione nominale con fattore di potenza induttivo pari a 0,8, per ciascun rapporto di trasformazione;
- sono accettati metodi di prova alternativi a quelli prescritti dalla sopra citata norma, previa validazione. Deve pertanto essere prodotto un report di prove condotte in un laboratorio accreditato ISO/IEC 17025 che diano evidenza che il metodo alternativo proposto conduce agli stessi risultati su tutte le tipologie di TA Terna riportate in Tab. 1-5 della presente Specifica per nuclei di misura e protezione. La validazione deve essere effettuata, per i nuclei di misura, al 5%, 20%, 100%, 120% e 150% della corrente primaria nominale, per ciascun rapporto di trasformazione, e con prestazione compresa tra il 25% ed il 100% della prestazione nominale; per quanto riguarda i nuclei di protezione l'avvolgimento secondario deve essere collegato ad una prestazione pari a quella nominale con fattore di potenza induttivo pari a 0,8.

### **7.3.7.    *Verifica delle marcature***

Si applica la Norma CEI EN 61869-1 con la precisazione che devono essere verificati anche i requisiti indicati nella parte generale del § 6 della presente Specifica e le caratteristiche dimensionali indicate in Fig. 1.

### **7.3.8.    *Prova di tenuta dell'involucro alla temperatura ambiente***

Si applica la Norma CEI EN 61869-1 con le seguenti precisazioni:

- la prova deve essere effettuata a temperatura ambiente su tutti i TA riempiti alla densità nominale con gas SF<sub>6</sub> o opportuno gas tracciante, secondo il metodo di prova 1 (metodo cumulativo) della prova Qm della Norma CEI EN 60068-2-17, con la precisazione che il tempo di stabilizzazione non deve essere inferiore a 2 ore, e il tempo di attesa fra la misura iniziale e quella finale non deve essere inferiore a 8 ore;
- le prove si ritengono superate se il tasso di perdita rilevato non è superiore allo 0,1 % annuo;
- il Costruttore può utilizzare metodi diversi per il rilievo del tasso di perdita, che devono avere comunque analoga precisione rispetto a quello sopra citato.

### **7.3.9.    *Prova di pressione per l'involucro***

Si applica la Norma CEI EN 61869-1 eventualmente integrata con le disposizioni di legge cogenti applicabili (D.M. 1° dicembre 1980 come integrato dal D.M. del 10 settembre 1981, e s.m.i.).

#### **7.3.202.    *Determinazione della resistenza dell'avvolgimento secondario (R<sub>ct</sub>)***

Si applica la Norma CEI EN 61869-2 con la precisazione che il valore misurato della resistenza dell'avvolgimento secondario (R<sub>ct</sub>) di ciascun nucleo deve essere conforme ai valori riportati nelle Tab. 1 ÷ 5 della presente Specifica.



**7.3.204. Determinazione della costante di tempo del circuito secondario ( $T_s$ )**

Non richiesta.

**7.3.205. Prova della f.e.m. nominale del punto di ginocchio ( $E_k$ ) e della corrente di eccitazione a  $E_k$** 

Si applica la Norma CEI EN 61869-2 con la precisazione che deve essere rilevata la curva di magnetizzazione di ciascun nucleo applicando una tensione di eccitazione sinusoidale adeguata, alla frequenza nominale di 50 Hz, ai terminali secondari di tutti gli avvolgimenti del trasformatore, mentre i restanti terminali sono in condizione di circuito aperto, e misurando la corrente di eccitazione.

**7.3.206. Prova di sovratensione tra le spire**

Si applica la Norma CEI EN 61869-2.

**7.4. Prove speciali****7.4.1. Prova di tenuta di tensione ad impulso ad onda tronca sui terminali primari**

Non richiesta.

**7.4.2. Prova di impulsi multipli con onda tronca sui terminali primari**

Non richiesta.

**7.4.3. Misura della capacità e del fattore di dissipazione dielettrica**

Si applica la Norma CEI EN 61869-2.

**7.4.4. Prova di sovratensione trasmessa**

Si applica la Norma CEI EN 61869-1.

**7.4.5. Prove meccaniche**

Si applica la Norma CEI EN 61869-1 con le seguenti precisazioni:

- le prove devono essere eseguite prima della prova di tenuta dell'involucro alla temperatura ambiente di cui al § 7.3.7 e della prova del dispositivo di sicurezza di cui al § 7.6.1, con il TA riempito con gas a pressione  $0,02 \div 0,05$  MPa e posto in posizione verticale;
- i carichi di prova sono quelli indicati al § 6.7 della presente Specifica;
- le prove hanno esito positivo se non si notano danneggiamenti evidenti (deformazioni, rotture o perdite).

**7.4.6. Prova di guasto per arco interno**

Si applica la Norma CEI EN 61869-2 con le seguenti precisazioni:

- i valori della corrente termica di breve durata sono riportati nelle Tab. 1 ÷ 5 della presente Specifica; la durata della corrente di guasto deve essere pari a 0,5 s;
- per l'esecuzione della prova il TA deve essere installato nella stessa posizione nella quale viene installato in impianto; la prova può essere eseguita riempiendo l'apparecchiatura con azoto o aria secca;
- l'arco interno deve essere innescato tramite l'utilizzo di un filo di rame di diametro 2 ÷ 3 mm, posizionato nell'area a campo elettrico più elevato, sia esso nell'involucro o nella testa;
- durante la prova devono essere registrati:
  - la corrente applicata
  - la tensione d'arco
  - la pressione prima, durante e dopo l'intervento della valvola di sicurezza, misurata in un unico punto
  - l'istante dell'intervento della valvola di sicurezza
- al termine della prova deve essere dimostrata la conformità ai requisiti riportati al § 5.102 della Norma CEI EN 62271-203 per il livello di protezione 2; è ammessa la fessurazione dell'isolatore composito, senza proiezione di materiale all'esterno dello stesso.

#### **7.4.7. Prove di tenuta dell'involucro a temperature alte e basse**

Si applica la Norma CEI EN 61869-1 con la precisazione che la prova deve essere eseguita dopo la prova del dispositivo di sicurezza di cui al § 7.6.1, utilizzando il metodo di prova 1 (metodo cumulativo) della prova  $Q_m$  riportata nella Norma CEI EN 60068-2-17:

- il TA, riempito con gas alla densità nominale di funzionamento e posto in posizione verticale, in camera climatica, ad una temperatura ambiente compresa tra 15°C e 35°C, deve essere racchiuso in un involucro stagno;
- il TA deve essere lasciato in questa condizione per un tempo non inferiore alle 4 ore, per consentire la stabilizzazione dell'eventuale perdita;
- dopo tale lasso di tempo deve essere effettuata la misura dell'eventuale contenuto di gas all'interno dell'involucro stagno (misura iniziale);
- successivamente la temperatura dell'aria all'interno della camera climatica deve essere portata a -25°C e mantenuta a questo valore per un intervallo non inferiore alle 24 h;
- si ritorna quindi gradualmente alla temperatura ambiente e si ripete la misura del contenuto del gas all'interno dell'involucro stagno (misura intermedia);
- successivamente la temperatura dell'aria all'interno della camera climatica deve essere portata a +50°C più il  $\Delta T$  misurato durante la prova di riscaldamento di cui al § 7.2.2 della presente Specifica, ed il  $\Delta T$  dovuto all'irraggiamento solare di cui al § 6.9 della presente Specifica; tale temperatura deve essere mantenuta per un intervallo di tempo non inferiore alle 24 h;
- si ritorna gradualmente alla temperatura ambiente e si ripete la misura del contenuto del gas all'interno dell'involucro stagno (misura finale);
- il tasso di perdita annuo deve essere determinato in base alla differenza fra la misura finale e la misura iniziale, rapportata al tempo totale del ciclo di prova;
- la prova ha esito positivo se il tasso di perdita del gas non è superiore allo 0,1% annuo.

#### **7.4.9. Prova del punto di rugiada del gas**

Non richiesta.

#### **7.4.10. Prova di corrosione**

Non richiesta.

#### **7.4.11. Prova di pericolo di incendio**

Non richiesta.

### **7.5. Prove a campione**

Si applica la Norma CEI EN 61869-1 con la precisazione che il programma di prove a campione deve comprendere anche le prove di seguito indicate.

#### **7.5.1. Prova ad impulso atmosferico sui terminali primari**

Si applica la Norma CEI EN 61869-1 con la precisazione che la prova deve essere eseguita in conformità al § 7.2.3 della presente Specifica, limitatamente alla sola prova ad impulso atmosferico sui terminali primari.

#### **7.5.2. Determinazione del fattore di sicurezza per gli strumenti di misura (FS) dei trasformatori di corrente di misura**

Si applica la Norma CEI EN 61869-2 con la precisazione che la prova deve essere eseguita utilizzando il *metodo di prova indiretto* di cui al § 7.2.6.202 della suddetta Norma.

#### **7.5.3. Fingerprint del materiale di rivestimento degli isolatori polimerici**

La prova deve essere eseguita in conformità alle prescrizioni contenute nell'Appendice A della presente Specifica, su un campione di gomma siliconica prelevato da uno degli isolatori forniti, al fine di verificare che il materiale abbia la stessa composizione di quello sottoposto a prova di fingerprint in fase di certificazione di prodotto (vedasi § 7.8.1 della presente Specifica).

### **7.6. Prove di tipo integrative**

#### **7.6.1. Prova del dispositivo di sicurezza**

La prova del dispositivo di sicurezza contro le sovrappressioni conseguenti ad arco interno ha lo scopo di verificare l'idoneità del dispositivo di sicurezza alle condizioni estreme di esercizio indicate al § 6.9 della presente Specifica, al fine di evitare eventuali interventi intempestivi dello stesso.

La prova del dispositivo di sicurezza deve essere eseguita successivamente alle prove meccaniche.

Il trasformatore di corrente, riempito con gas SF<sub>6</sub> alla densità nominale di funzionamento, deve essere installato nella stessa posizione in cui viene installato in impianto all'interno di una camera climatica alla temperatura estrema di esercizio di 50°C, più il  $\Delta T$  misurato durante la prova di riscaldamento di cui al § 7.2.2 della presente Specifica, ed il  $\Delta T$  dovuto all'irraggiamento solare di cui al § 6.9 della presente Specifica.

Durante l'intera prova si deve provvedere alla registrazione della pressione del gas interna rilevandone il valore massimo  $P_{max}$ .

### **7.6.2. Prova di tenuta in assenza di gas**

La prova deve essere eseguita con il TA riempito con gas SF<sub>6</sub> a pressione relativa nulla, alimentando lo stesso con una tensione pari a  $1,1 \cdot U_m / \sqrt{3}$  kV a 50 Hz, mantenuta per 1 h. Il TA supera la prova se non si verificano scariche.

### **7.6.3. Qualificazione sismica**

Si applica la Norma IEC 62271-207 con le seguenti precisazioni:

- La qualificazione deve essere effettuata per il livello sismico elevato (accelerazione a periodo nullo ZPA = 5 m/s<sup>2</sup>). Qualora il rapporto di smorzamento (damping ratio) non sia noto e/o non possa essere determinato, si applicano gli spettri di risposta (RRS) corrispondenti ad un rapporto di smorzamento del 2%. Lo spettro di risposta relativo alla componente verticale di eccitazione è pari all'50% di quelli orizzontali.
- Per la qualificazione sismica deve essere utilizzato il metodo di prova con oscillogramma (time history test method) con eccitazione tri-assiale, conforme alla Norma CEI EN 60068-2- 57; il range di frequenze deve essere compreso tra 1 Hz e 35 Hz in accordo al § 5.3 della suddetta Norma. La durata totale dell'oscillogramma deve essere almeno di 30 s, con una parte forte (strong motion) almeno di 20 s. La ricerca delle frequenze di risonanza deve essere effettuata in accordo al § 15.1 della Norma IEC 60068-3-3 e deve individuare le frequenze di risonanza all'interno dello stesso range di frequenze indicato per la prova con oscillogramma.
- La prova deve essere effettuata sull'intero sistema sostegno metallico e apparecchiatura, nella configurazione più simile a quella di esercizio; Terna fornirà preventivamente le caratteristiche strutturali della carpenteria di sostegno.
- Le misure devono essere effettuate in accordo al § 5.3 della Norma IEC 60068-3-3. Dovranno essere monitorate almeno le seguenti grandezze rappresentative:
  - accelerazioni della tavola vibrante;
  - accelerazioni sui componenti critici dal punto di vista delle deformazioni massime e degli spostamenti relativi attesi;
  - accelerazioni in prossimità del centro di gravità del sistema, ove possibile;
  - deformazioni sugli elementi critici, quali ad esempio isolatore e sostegno metallico.
- Prima e dopo la prova con oscillogramma devono essere effettuati i seguenti controlli funzionali:
  - ispezione visiva;
  - prove individuali.

La variazione di funzionalità dell'apparecchiatura prima e dopo la prova con oscillogramma deve rientrare negli intervalli definiti dal costruttore e sottoposti ad approvazione di Terna prima della qualifica sismica. Nel caso in cui i controlli funzionali non possano essere effettuati nello stesso laboratorio nel quale viene effettuata la prova con oscillogramma, particolare cura dovrà essere posta nelle operazioni di smontaggio, trasporto e assemblaggio dell'apparecchiatura, per gli effetti che queste potrebbero avere sui risultati dei controlli funzionali.

- La procedura di prova deve essere la seguente:
  - controlli funzionali prima della prova con oscillogramma;
  - ricerca delle frequenze di risonanza prima della prova con oscillogramma;

- prova con oscillogramma;
  - ricerca delle frequenze di risonanza dopo la prova con oscillogramma;
  - controlli funzionali dopo la prova con oscillogramma.
- L'esito della prova è positivo se sono soddisfatte le seguenti condizioni:
- le frequenze di risonanza dopo la prova con oscillogramma non differiscono di più del 20% da quelle rilevate prima della prova;
  - non si sono manifestate né incrinature né deformazioni permanenti dei materiali duttili;
  - le variazioni di funzionalità dell'apparecchiatura rientrano negli intervalli di variazione ammessi.

#### **7.6.4.    *Verifica dei rivestimenti protettivi***

Devono essere verificati i rivestimenti protettivi secondo quanto riportato di seguito.

Lo spessore dei rivestimenti protettivi realizzati mediante verniciatura deve essere verificato con un metodo non distruttivo, in accordo alla norma UNI EN ISO 2808. I punti di misura devono essere da 5 a 10, a seconda delle dimensioni dell'oggetto in prova, scelti in modo casuale e uniforme su tutta la superficie. La verifica è positiva se la media delle misure non è inferiore a 60  $\mu\text{m}$ , e nessuna misura è inferiore al valore nominale diminuito della tolleranza ammessa.

L'aderenza dei rivestimenti protettivi realizzati mediante verniciatura deve essere verificata con il metodo di quadrettatura della superficie, secondo la norma UNI EN ISO 2409. I punti di misura devono essere da 5 a 10, a seconda delle dimensioni dell'oggetto in prova, scelti in modo casuale e uniforme su tutta la superficie. La verifica è positiva se, per ogni punto di misura, si ha un distacco di piccole scaglie di rivestimento alle intersezioni dei tagli, su un'area non maggiore del 5% dell'area di quadrettatura (classe 1).

Lo spessore dei rivestimenti protettivi di eventuali parti ferrose interne, realizzati mediante zincatura elettrolitica, deve essere verificato con un metodo non distruttivo, utilizzando apparecchi a flusso magnetico, in conformità alle norme UNI EN ISO 2178 e UNI EN ISO 2064. I punti di misura devono essere da 2 a 5, a seconda delle dimensioni dell'oggetto in prova, scelti in modo casuale e uniforme su tutta la superficie, evitando spigoli o punti singolari.

Lo spessore dei rivestimenti protettivi di eventuali parti metalliche realizzati mediante zincatura a caldo, deve essere verificato con un metodo non distruttivo, utilizzando apparecchi a flusso magnetico, in conformità alle norme UNI EN ISO 2178 e UNI EN ISO 2064. I punti di misura devono essere da 5 a 10, a seconda delle dimensioni dell'oggetto in prova, scelti in modo casuale e uniforme su tutta la superficie, evitando spigoli o punti singolari. Lo spessore ricavato dalla media aritmetica delle misure effettuate su ciascun esemplare non deve risultare inferiore a 85  $\mu\text{m}$ , corrispondente ad una massa di zinco pari a 600  $\text{g/m}^2$ .

### **7.7.    Prove individuali integrative**

#### **7.7.1.    *Esame a vista e verifica della corrispondenza costruttiva al prototipo certificato***

Deve essere effettuato un esame a vista per verificare l'assenza di imperfezioni e difetti esterne. L'esame a vista deve essere eseguito confrontando le caratteristiche costruttive degli apparecchi presentati al collaudo con quelle del prototipo certificato.

### **7.7.3.     *Verifica dei rivestimenti protettivi***

Devono essere verificati i rivestimenti protettivi secondo quanto riportato di seguito.

Lo spessore dei rivestimenti protettivi realizzati mediante verniciatura deve essere verificato con un metodo non distruttivo, in accordo alla norma UNI EN ISO 2808. I punti di misura devono essere da 5 a 10, a seconda delle dimensioni dell'oggetto in prova, scelti in modo casuale e uniforme su tutta la superficie. La verifica è positiva se la media delle misure non è inferiore a 60 µm, e nessuna misura è inferiore al valore nominale diminuito della tolleranza ammessa.

Lo spessore dei rivestimenti protettivi di eventuali parti ferrose interne, realizzati mediante zincatura elettrolitica, deve essere verificato con un metodo non distruttivo, utilizzando apparecchi a flusso magnetico, in conformità alle norme UNI EN ISO 2178 e UNI EN ISO 2064. I punti di misura devono essere da 2 a 5, a seconda delle dimensioni dell'oggetto in prova, scelti in modo casuale e uniforme su tutta la superficie, evitando spigoli o punti singolari.

Lo spessore dei rivestimenti protettivi di eventuali parti metalliche realizzati mediante zincatura a caldo, deve essere verificato con un metodo non distruttivo, utilizzando apparecchi a flusso magnetico, in conformità alle norme UNI EN ISO 2178 e UNI EN ISO 2064. I punti di misura devono essere da 5 a 10, a seconda delle dimensioni dell'oggetto in prova, scelti in modo casuale e uniforme su tutta la superficie, evitando spigoli o punti singolari. Lo spessore ricavato dalla media aritmetica delle misure effettuate su ciascun esemplare non deve risultare inferiore a 85 µm, corrispondente ad una massa di zinco pari a 600 g/m<sup>2</sup>.

## **7.8.     Prove relative agli isolatori**

### **7.8.1.     *Prove relative al materiale di rivestimento***

Sugli isolatori compositi devono essere effettuate le seguenti prove:

- fingerprint dell'isolamento esterno: la prova va eseguita con le modalità indicate nell'Appendice A alla presente Specifica;
- prova di durezza: si applica il § 7.3.1 della Norma CEI EN 61462;
- prova di infiammabilità: si applica il § 7.3.4 della Norma CEI EN 61462 con la precisazione che la prova deve essere eseguita applicando il metodo B (prova di combustione verticale) previsto dalla Norma CEI EN 60695-11-10, per materiale di classe V-0;
- prova di tracking ed erosione: si applica il § 7.3.3 della Norma CEI EN 61462 e le prove descritte nell'Appendice B alla presente Specifica.

### **7.8.2.     *Prova di invecchiamento accelerato elettrico-ambientale***

La prova va eseguita con le modalità indicate nell'Appendice C alla presente Specifica.

### **7.8.3.     *Prova di verifica in ambiente contaminato***

Deve essere eseguita una prova di verifica della tenuta in ambiente contaminato.

La prova deve essere effettuata sull'apparecchiatura completa, con isolatore in scala relae, montata con asse verticale su un cavalletto in modo da riprodurre la disposizione normale di esercizio, e secondo le prescrizioni di prova indicate in Fig. 4 della presente Specifica.

Il fornitore potrà sottoporre a Terna una richiesta di effettuazione della prova di verifica in ambiente contaminato su un'unità rappresentativa di tipologie di apparecchiature similari, ma sarà solo Terna a suo insindacabile giudizio ad accettare o meno la soluzione proposta. A



titolo esemplificativo, ma non esaustivo, possono considerarsi della stessa tipologia le apparecchiature caratterizzate da:

- la stessa linea di fuga specifica o maggiore (tolleranza - 5%);
- la stessa altezza di isolatore o maggiore (tolleranza - 5%);
- lo stesso diametro medio dell'isolatore o minore (tolleranza + 5%);
- lo stesso creepage factor (rapporto linea di fuga/distanza minima d'arco) (tolleranza  $\pm$  5%).

La modalità di effettuazione della prova è il metodo della nebbia salina descritto nella sezione 5 della Norma CEI EN 60507, con le precisazioni ed integrazioni riportate nel seguito.

Prima di iniziare la prova, la superficie in gomma siliconica dell'apparecchiatura deve essere accuratamente pulita con un adeguato solvente e risciacquata con acqua distillata, al fine di eliminare ogni traccia di sporco e grasso.

La tensione di prova deve essere pari alla massima tensione fase-terra di esercizio e con frequenza compresa tra 48 e 52 Hz.

La soluzione salina e l'impianto di nebulizzazione devono essere conformi a quanto prescritto nelle sezioni 5.2 e 5.3 della Norma CEI EN 60507. Il valore di salinità della soluzione è pari a 56 g/l.

L'asse delle colonne dei nebulizzatori deve essere disposto parallelamente all'asse dell'apparecchiatura.

In alternativa alla metodologia di pre-condizionamento riportata nella sezione 5.5. della norma CEI EN 60507, il pre-condizionamento potrà essere effettuato nel seguente modo:

- Applicazione della tensione di prova con una salinità equivalente pari a quella di prova per 3 ore.
- Se alla fine delle 3 ore di cui al punto precedente l'idrofobicità del rivestimento in gomma siliconica dell'apparecchiatura non sarà scesa al disotto di un livello pari a quello della classe 3 o 4 (dove le classi di idrofobicità HC sono quelle indicate nel documento IEC TS 62073 e riportate in Fig. 5 della presente Specifica), si dovrà applicare per un'altra ora la tensione di prova con una salinità pari a quella specificata per la prova. Il tempo intercorrente tra la fine delle prime 3 ore di pre-condizionamento e l'inizio della successiva ora non deve essere superiore a 15 minuti.
- Alla fine del pre-condizionamento, prima dell'avvio delle prove di tenuta (8 tenute su 12 prove da 1 ora) è ammesso che la superficie in gomma siliconica dell'apparecchiatura venga sciacquata con acqua di rubinetto.
- Tra la fine del pre-condizionamento e l'inizio delle prove di tenuta non deve passare un tempo superiore a 15 minuti.

In deroga a quanto riportato nella norma CEI EN 60507, la severità di tenuta specifica per l'involucro in gomma siliconica dell'apparecchiatura (in termini di salinità) alla specifica tensione di prova è verificata quando si registra la tenuta (non si verificano scariche) di 8 prove individuali su un totale di 12 prove. Ogni prova dovrà avere una durata di 1 ora. Tra una prova e la successiva la superficie in gomma siliconica dell'apparecchiatura deve essere sciacquata con acqua di rubinetto. Tra la fine di una prova e l'inizio della successiva non deve passare un tempo superiore a 10 minuti.



## **9. REGOLE PER IL TRASPORTO, L'IMMAGAZZINAMENTO, LA MESSA IN OPERA, IL FUNZIONAMENTO E LA MANUTENZIONE**

I TA devono essere forniti in imballi tali da assicurare una idonea protezione durante i trasporti e le movimentazioni, garantendo il deposito all'esterno per un periodo non inferiore a sei mesi.

All'esterno degli imballi devono essere riportate, con caratteri chiaramente leggibili ed indelebili, le seguenti indicazioni:

- sigla e nome del Costruttore
- codifica Terna, con riferimento a quanto indicato nelle Tab. 1 ÷ 5 della presente Specifica
- matricola del TA
- massa del TA
- pressione del gas in assetto di trasporto
- numero di elementi contenuti nell'imballo

I TA imballati devono essere disposti sugli automezzi per la consegna, in modo tale da consentire lo scarico diretto con mezzi di movimentazione a forche (rialzo di circa 15 cm).

Il carico e lo stivaggio sugli automezzi devono avvenire a cura del Fornitore anche nei casi in cui il trasporto avvenga con mezzi di proprietà Terna.

Ogni apparecchiatura deve essere corredata delle istruzioni di trasporto, di immagazzinamento, di montaggio e di manutenzione, in italiano, sia su supporto informatico in *portable document format* (PDF) che in copia cartacea.

Il gas SF<sub>6</sub> necessario per il primo riempimento dei TA deve essere parte integrante della fornitura. In particolare, si deve tener conto delle prescrizioni della Norma CEI EN 60376 per il gas nuovo e della Norma CEI EN 62271-4 per l'utilizzazione e la manipolazione del gas nelle apparecchiature.

## **10. SICUREZZA**

Si applica la Norma CEI EN 61869-1.

## **11. INFLUENZA DEI PRODOTTI SULL'AMBIENTE NATURALE**

Si applica la Norma CEI EN 61869-1.

## 13. CERTIFICAZIONE DI PRODOTTO

Prima della fornitura, i TA devono essere sottoposti a certificazione di prodotto da parte di un Organismo di Certificazione accreditato secondo la Norma ISO/IEC 17065 e da parte di Terna.

A seguito dell'acquisizione dell'ordine ed a conclusione delle prove di tipo, il Fornitore deve presentare, con riferimento alla Prescrizione Tecnica Terna PT500ST, un *Dossier di Certificazione* costituito dalla seguente documentazione:

- certificato di conformità delle apparecchiature alla presente Specifica ed alla Normativa in essa richiamata, rilasciato dall'Organismo di Certificazione;
- dichiarazione di conformità del prodotto alle Prescrizioni Tecniche Terna, firmato dal legale rappresentante del Fornitore;
- descrizione del processo produttivo, con l'indicazione dei sub-fornitori e dei criteri utilizzati per assicurare la ripetitività del processo. In caso di cambio del sub-fornitore o del processo produttivo, il Fornitore deve chiedere autorizzazione a Terna precisando le modifiche e le azioni che assicurano la rispondenza alla presente Specifica. Terna si riserva di chiedere la ripetizione di prove, a spese del Fornitore e presso laboratori accreditati secondo la Norma ISO/IEC 17025, prima di confermare la certificazione;
- documentazione tecnica generale, consistente almeno in:
  - foto d'assieme
  - disegni di ingombro quotati
  - caratteristiche nominali con relative tolleranze
- elenco completo dei documenti tecnici (disegni, tabelle, ecc.) per l'identificazione del prodotto;
- modello BIM 3D<sup>1</sup> del componente, contenente le seguenti informazioni:
  - layout 3D
  - dimensioni
  - caratteristiche meccaniche
  - caratteristiche dei materiali
- monografia riportante le caratteristiche funzionali e costruttive, le modalità di montaggio e le relative attrezzature, nonché i criteri di manutenzione, con evidenziati eventuali materiali di consumo e quelli di pronto intervento;
- scheda tecnica del materiale di rivestimento in gomma siliconica dell'apparecchiatura, contenente le seguenti informazioni minime: nome del produttore e codice identificativo della gomma siliconica; classe di idrofobicità (HC) con riferimento alla norma IEC TS 62073; permittività elettrica relativa ( $\epsilon_r$ ) a 50 Hz e 20°C; fattore di perdita dielettrica ( $\tan\delta$ ) a 50 Hz e 20°C; contenuto in peso di ATH e relativa granulometria, per gomma siliconica di tipo HTV;
- l'elenco di tutte le prove e le verifiche eseguite ed i relativi certificati di prova;
- quanto ritenuto necessario dal Fornitore ai fini di una corretta e completa identificazione, gestione e manutenzione dell'apparecchiatura;
- eventuali non conformità rispetto alla presente Specifica.

La documentazione citata deve essere prodotta in lingua italiana oppure in lingua inglese, ad eccezione della documentazione necessaria al montaggio, manutenzione, movimentazione e

<sup>1</sup> Formato da definire in accordo con il fornitore

immagazzinamento (manuali di uso e manutenzione), che dovrà essere prodotta anche in lingua italiana.

Tutta la documentazione facente parte del dossier di certificazione deve essere consegnata a Terna esclusivamente su supporto informatico (DVD) in *portable document format* (PDF), e deve essere chiaramente ed univocamente identificata e facilmente rintracciabile. A tal fine la stessa deve essere ordinata in cartelle specifiche per tipologia di documento, con relativo indice generale dei documenti.

Tutta la documentazione, anche quella considerata riservata, deve essere conservata dal Fornitore e resa disponibile a Terna, in occasione, ad esempio, dei collaudi di accettazione. Si precisa che i rapporti di prova non possono essere considerati documentazione riservata.

**Tab. 1 – Trasformatori di corrente 420 kV**

Grandezze nominali			
Codifica Terna		T31	T32
Codice SAP		1012077	11011619
Corrente termica di breve durata, I <sub>th</sub>	kA	63	
Tensione massima per l'apparecchiatura, U <sub>m</sub>	kV	420	
Frequenza nominale	Hz	50	
Rapporto di trasformazione nominale, I <sub>p</sub> / I <sub>s</sub>	A/A	800/5 1600/5 3200/5	2000/5 4000/5
Numero di nuclei	-	3	
Corrente termica nominale permanente	A	1,2 · I <sub>p</sub>	
Corrente termica nominale di emergenza 1 h	A	1,5 · I <sub>p</sub>	
Corrente dinamica nominale, I <sub>dyn</sub>	kA	2,5 · I <sub>th</sub>	
Prestazioni e classi di precisione sui rapporti 800 – 2000 / 5:			
I nucleo	VA/CI	20/0,2 – 40/0,5	30/0,2 – 60/0,5
II e III nucleo		15/5P30	30/5P30
Prestazioni e classi di precisione sui rapporti 1600 – 3200 – 4000 / 5:			
I nucleo	VA/CI	30/0,2 – 60/0,5	
II e III nucleo		30/5P30	
Fattore di sicurezza (I nucleo)	-	≤ 10	
Resistenza secondaria a 75°C (II e III nucleo)	Ω	≤ 0,2 ≤ 0,4 ≤ 0,8	≤ 0,4 ≤ 0,8
Tensione di tenuta a frequenza industriale, U <sub>d</sub>	kV	680	
Tensione di tenuta a impulso atmosferico, U <sub>p</sub> (BIL)	kV	1550	
Tensione di tenuta a impulso di manovra, U <sub>s</sub> (SIL)	kV	1175	

**Tab. 2 – Trasformatori di corrente 245 kV**

Grandezze nominali		
Codifica Terna		T33
Codice SAP		1012079
Corrente termica di breve durata, $I_{th}$	kA	50
Tensione massima per l'apparecchiatura, $U_m$	kV	245
Frequenza nominale	Hz	50
Rapporto di trasformazione nominale, $I_p / I_s$	A/A	400/5 800/5 1600/5
Numero di nuclei	-	3
Corrente termica nominale permanente	A	$1,2 \cdot I_p$
Corrente termica nominale di emergenza 1 h	A	$1,5 \cdot I_p$
Corrente dinamica nominale, $I_{dyn}$	kA	$2,5 \cdot I_{th}$
<i>Prestazioni e classi di precisione:</i>		
I nucleo	VA/CI	30/0,2    50/0,5
II e III nucleo		30/5P30
Fattore di sicurezza (I nucleo)	-	$\leq 10$
Resistenza secondaria a 75°C (II e III nucleo)	$\Omega$	$\leq 0,4$
Tensione di tenuta a frequenza industriale, $U_d$	kV	510
Tensione di tenuta a impulso atmosferico, $U_p$ (BIL)	kV	1175
Tensione di tenuta a impulso di manovra, $U_s$ (SIL)	kV	-

**Tab. 3 – Trasformatori di corrente 170 kV**

Grandezze nominali			
Codifica Terna		T37	T38
Codice SAP		1012083	1012081
Corrente termica di breve durata, I <sub>th</sub>	kA	40	
Tensione massima per l'apparecchiatura, U <sub>m</sub>	kV	170	
Frequenza nominale	Hz	50	
Rapporto di trasformazione nominale, I <sub>p</sub> / I <sub>s</sub>	A/A	200/5 400/5	400/5 800/5 1600/5
Numero di nuclei	-	3	
Corrente termica nominale permanente	A	1,2 · I <sub>p</sub>	
Corrente termica nominale di emergenza 1 h	A	1,5 · I <sub>p</sub>	
Corrente dinamica nominale, I <sub>dyn</sub>	kA	2,5 · I <sub>th</sub>	
<i>Prestazioni e classi di precisione:</i>			
I nucleo	VA/CI	30/0,2 – 50/0,5	
II e III nucleo		30/5P30	
Fattore di sicurezza (I nucleo)	-	≤ 10	
Resistenza secondaria a 75°C (II e III nucleo)	Ω	≤ 0,4	
Tensione di tenuta a frequenza industriale, U <sub>d</sub>	kV	360	
Tensione di tenuta a impulso atmosferico, U <sub>p</sub> (BIL)	kV	850	
Tensione di tenuta a impulso di manovra, U <sub>s</sub> (SIL)	kV	-	

**Tab. 4 – Trasformatori di corrente 145 kV**

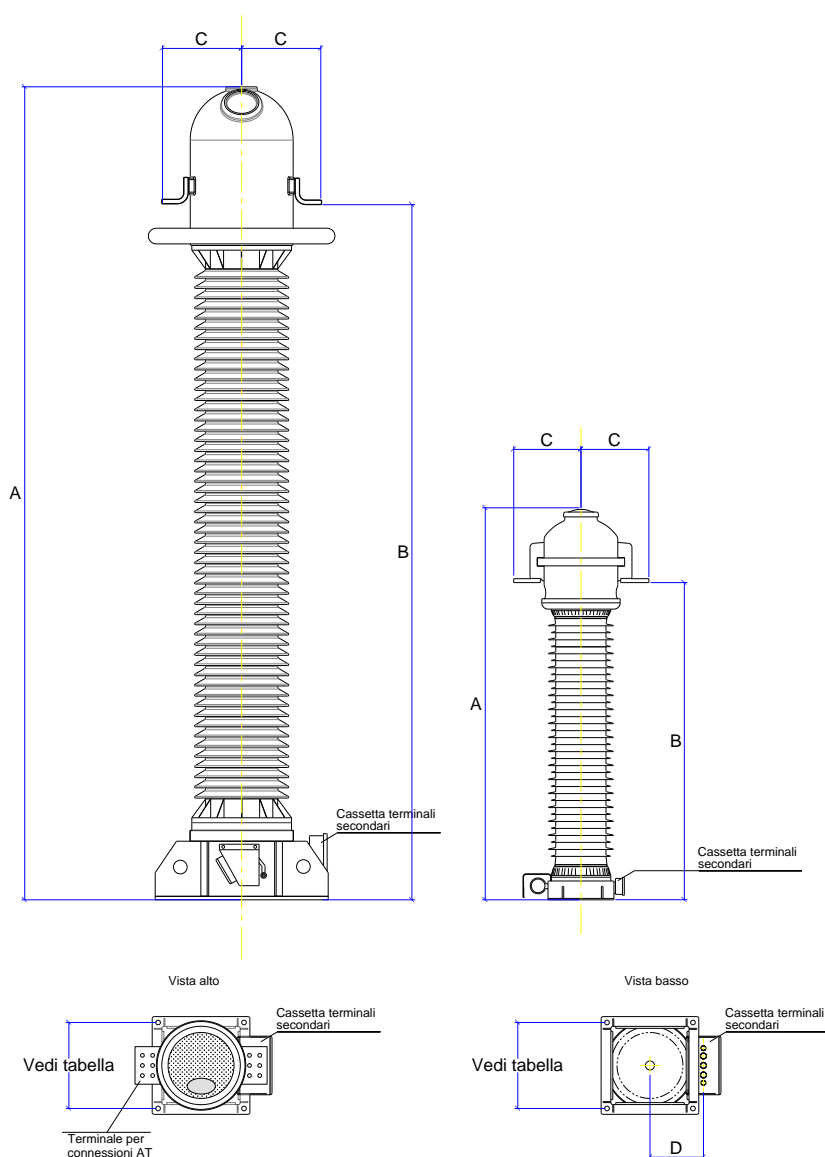
Grandezze nominali			
Codifica Terna		T35	T36
Codice SAP		1012088	1012085
Corrente termica di breve durata, I <sub>th</sub>	kA	40	
Tensione massima per l'apparecchiatura, U <sub>m</sub>	kV	145	
Frequenza nominale	Hz	50	
Rapporto di trasformazione nominale, I <sub>p</sub> / I <sub>s</sub>	A/A	200/5 400/5	400/5 800/5 1600/5
Numero di nuclei	-	3	
Corrente termica nominale permanente	A	1,2 · I <sub>p</sub>	
Corrente termica nominale di emergenza 1 h	A	1,5 · I <sub>p</sub>	
Corrente dinamica nominale, I <sub>dyn</sub>	kA	2,5 · I <sub>th</sub>	
<i>Prestazioni e classi di precisione:</i>			
I nucleo	VA/CI	30/0,2 – 50/0,5	
II e III nucleo		30/5P30	
Fattore di sicurezza (I nucleo)	-	≤ 10	
Resistenza secondaria a 75°C (II e III nucleo)	Ω	≤ 0,4	
Tensione di tenuta a frequenza industriale, U <sub>d</sub>	kV	325	
Tensione di tenuta a impulso atmosferico, U <sub>p</sub> (BIL)	kV	750	
Tensione di tenuta a impulso di manovra, U <sub>s</sub> (SIL)	kV	-	



**Tab. 5 – Trasformatori di corrente 72,5 kV**

Grandezze nominali					
Codifica Terna		T39	T40	T41	T42
Codice SAP		11011641	11011642	11011649	11011650
Corrente termica di breve durata, I <sub>th</sub>	kA	20			
Tensione massima per l'apparecchiatura, U <sub>m</sub>	kV	72,5			
Frequenza nominale	Hz	50			
Rapporto di trasformazione nominale, I <sub>p</sub> / I <sub>s</sub>	A/A	100/5 200/5 400/5	200/5 400/5 800/5		
Numero di nuclei	-	3			
Corrente termica nominale permanente	A	1,2 · I <sub>p</sub>			
Corrente termica nominale di emergenza 1 h	A	1,5 · I <sub>p</sub>			
Corrente dinamica nominale, I <sub>dyn</sub>	kA	2,5 · I <sub>th</sub>			
<i>Prestazioni e classi di precisione:</i>					
I nucleo	VA/CI	15/0,2 – 30/0,5	15/0,2 – 30/0,5	15/0,2 – 30/0,5	15/0,2 – 30/0,5
II nucleo		15/5P15	15/0,2 – 30/0,5	15/5P15	15/0,2 – 30/0,5
III nucleo		15/5P15	15/5P15	15/5P15	15/5P15
Fattore di sicurezza (nuclei di misura)	-	≤ 10			
Resistenza secondaria a 75°C (nuclei di protezione)	Ω	≤ 0,4			
Tensione di tenuta a frequenza industriale, U <sub>d</sub>	kV	140			
Tensione di tenuta a impulso atmosferico, U <sub>p</sub> (BIL)	kV	325			
Tensione di tenuta a impulso di manovra, U <sub>s</sub> (SIL)	kV	-			

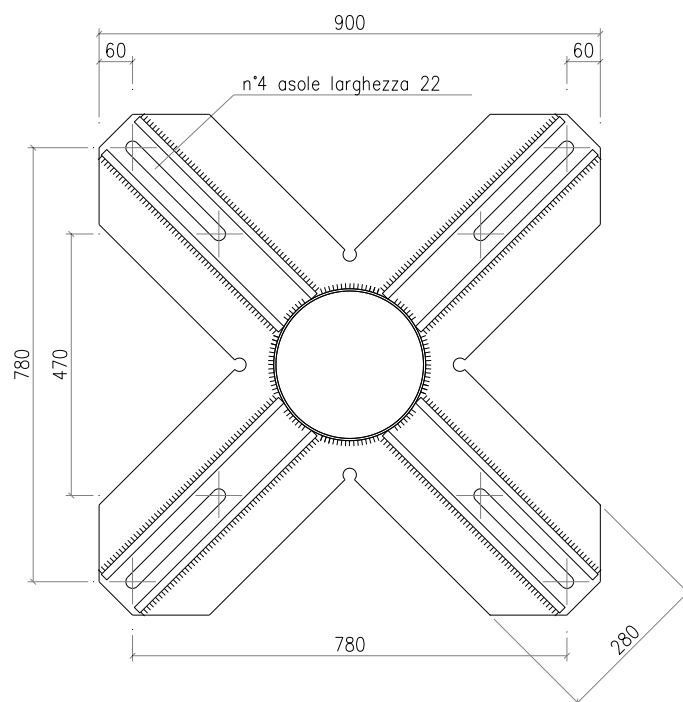
**Fig. 1 – Dimensioni d'ingombro**



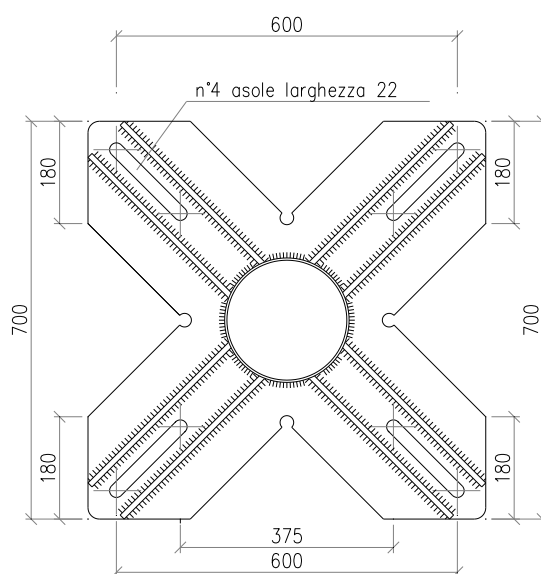
Tipo	Tensione [kV]	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	Piastra di supporto
T31 – T32	420	≥ 5200	≥ 4500	≤ 600	≥ 235	Tipo A
T33	245	≥ 2800	≥ 2400	≤ 500	≥ 190	Tipo B
T37 – T38	170	≥ 2200	≥ 1800	≤ 500	≥ 120	Tipo B
T35 – T36	145	≥ 2000	≥ 1600	≤ 500	≥ 120	Tipo B
T39 – T40 – T41 – T42	72,5	≥ 1500	≥ 1000	≤ 400	≥ 120	Tipo B

**Fig. 2 – Piastre di supporto sostegni unificati Terna**

**Tipo A**



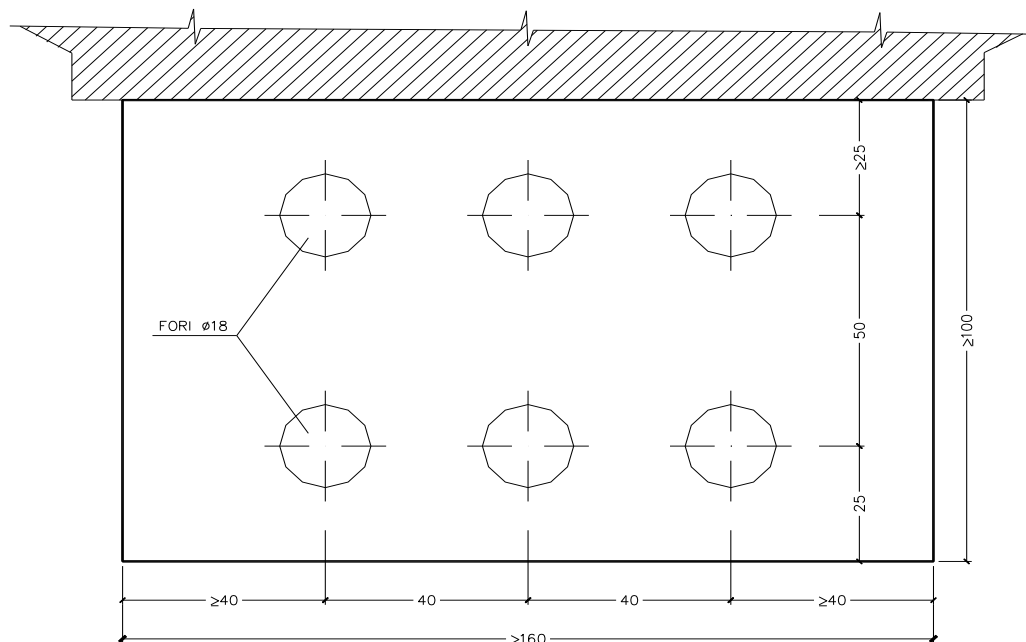
**Tipo B**



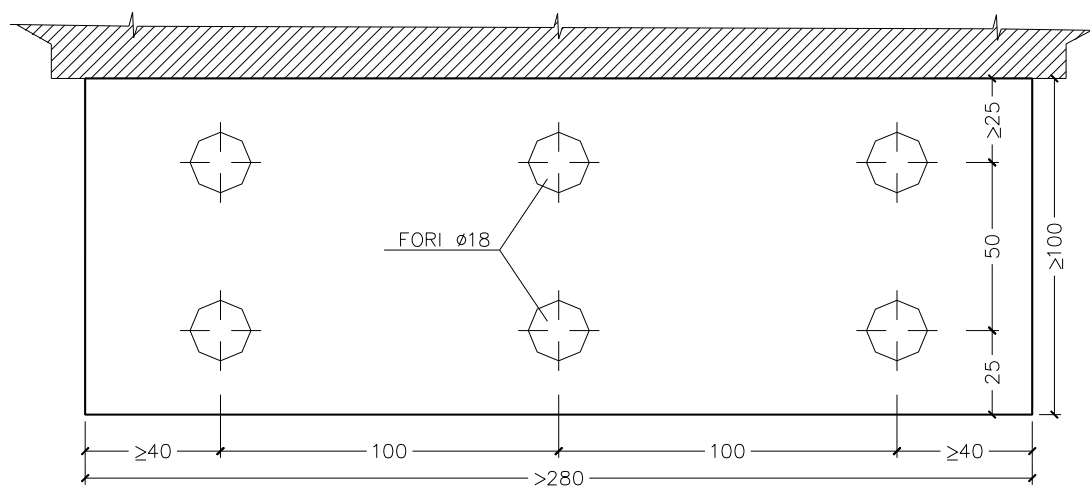
Qualora l'interasse di foratura della base del TA non sia compatibile con le flange unificate di tipo A o B, in fase di fornitura deve essere previsto un opportuno supporto metallico di adattamento completo di bulloneria di fissaggio.

**Fig. 3 – Interfacce AT**

Piastra orizzontale di interfacciamento AT  
per TA con tensione nominale 245 – 170 – 145 – 72,5 kV<sup>1</sup>

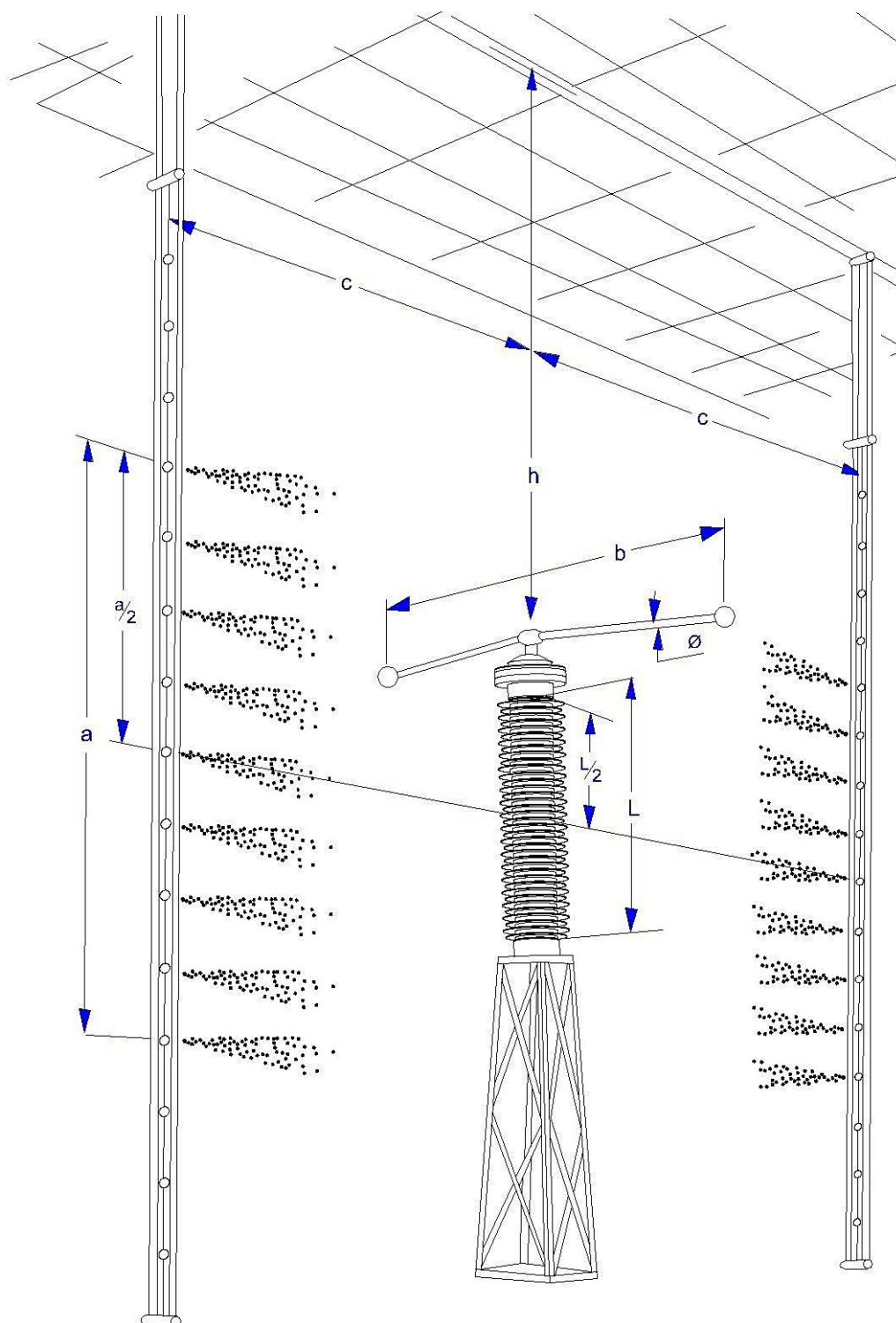


Piastra orizzontale di interfacciamento AT  
per TA con tensione nominale 420 kV



<sup>1</sup> Per la classe 170 – 145 – 72,5 kV dovrà essere prevista su richiesta, la possibilità di installare codolo smontabile in rame stagnato o nichelato Ø 40 x 80 mm

**Fig. 4 – Disposizione di prova per la verifica in ambiente contaminato**



$$a = L + 2 \cdot 0,6 \text{ m}$$

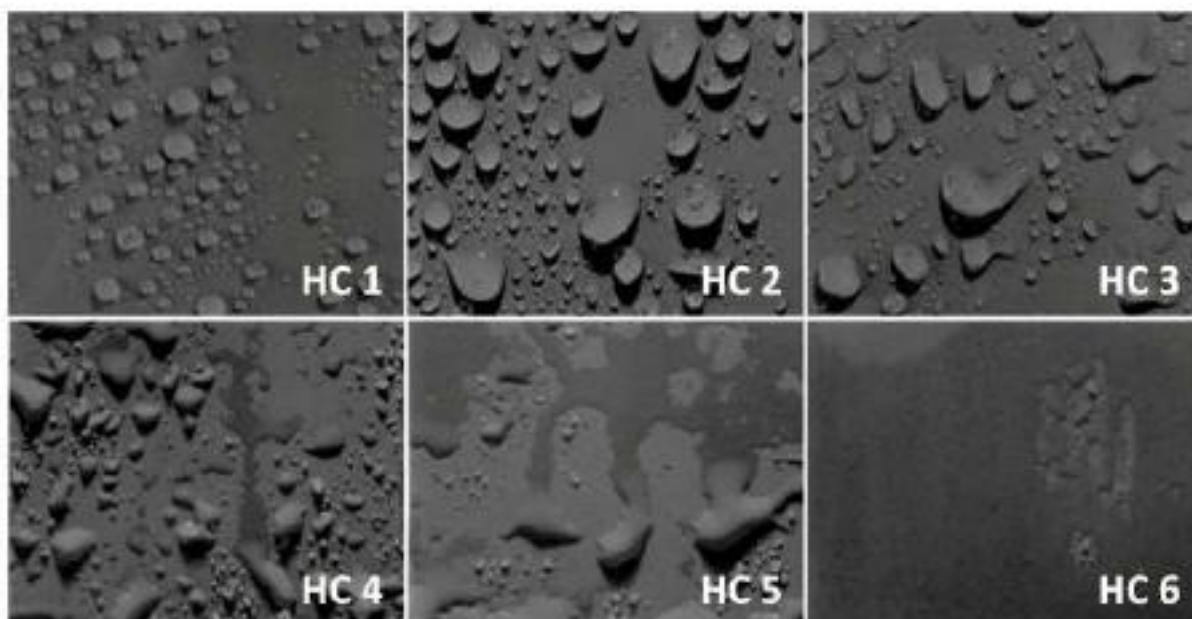
$$b = 1,5 \cdot L (\geq 2 \text{ m})$$

$$c = 3 \text{ m} \pm 5 \text{ cm}$$

$$h \geq 1,5 \text{ m}$$

$$\varnothing = 0,015 \cdot L (\geq 25 \text{ mm})$$

**Fig. 5 – Classi di idrofobicità per gomme siliconiche**



## APPENDICE A – PRESCRIZIONI PER LA PROVA DI FINGERPRINT DELL'ISOLAMENTO ESTERNO

### ▪ Generalità

La prova di fingerprint dell'isolamento esterno ha lo scopo di verificare:

- in fase di certificazione di prodotto, la qualità del materiale di rivestimento degli isolatori compositi e la conformità alle prescrizioni relative all'isolamento esterno;
- come prova a campione, la rispondenza delle caratteristiche del materiale fornito ai risultati della prova di fingerprint effettuata in fase di certificazione di prodotto.

La prova di fingerprint dell'isolamento esterno deve comprendere i seguenti metodi di analisi:

- termogravimetria (TGA)
- calorimetria differenziale a scansione (DSC)
- spettroscopia infrarossa (IR)
- misura della densità

Le prove elencate devono essere eseguite su campioni di materiale prelevati dal rivestimento esterno dell'isolatore composito; le caratteristiche dei provini e i piani di campionamento sono indicati al punto *Metodi di analisi* della presente Appendice.

### ▪ Metodi di analisi

#### Termogravimetria (TGA)

Si applica la Norma ISO 11358-1 con le seguenti precisazioni:

- il metodo da utilizzare è quello della *scansione di temperatura* descritto al § 8.2 della suddetta Norma;
- le condizioni di prova sono quelle indicate nella seguente tabella:

Termogravimetria (TGA) – Condizioni di prova	
Numero di campioni	2
Peso di un campione [mg]	15 ± 5
Atmosfera di test	N <sub>2</sub> (grado di purezza 99,9%) durante tutto il ciclo di riscaldamento
Temperatura iniziale [°C]	23 ± 2 (temperatura ambiente)
Temperatura finale [°C]	700
Incremento di temperatura [K/min]	20

Oltre alla determinazione della stabilità termica, dovranno essere riportati i tipi e le quantità di inerti presenti nella gomma siliconica.



### Calorimetria differenziale a scansione (DSC)

Si applica la Norma CEI EN 61006 con le seguenti precisazioni:

- il metodo da utilizzare è il *metodo A* (calorimetria differenziale a scansione) descritto al § 5 della suddetta Norma;
- le condizioni di prova sono quelle indicate nella seguente tabella:

<b>Calorimetria differenziale a scansione (DSC) – Condizioni di prova</b>	
Numero di campioni	2
Peso di un campione [mg]	15 ± 5
Atmosfera di test	N <sub>2</sub> (grado di purezza 99,9%) durante tutto il ciclo di riscaldamento
Limite inferiore di temperatura [°C]	-150
Limite superiore di temperatura [°C]	+100
Incremento di temperatura [K/min]	20

Durante la prova deve essere adottata la seguente procedura di riscaldamento dei campioni di materiale polimerico, con una temperatura iniziale uguale alla temperatura ambiente, ripetuta per due cicli consecutivi:

- raffreddare il provino fino al limite inferiore di temperatura con un decremento di 20 K/min, in accordo con la Norma CEI EN 61006;
- mantenere il provino al limite inferiore di temperatura per 5 ÷ 10 minuti;
- riscaldare il provino fino alla temperatura limite superiore con un incremento di 20 K/min, in accordo con la Norma CEI EN 61006.

I risultati da prendere in considerazione per la prova sono quelli ottenuti al termine del secondo ciclo di riscaldamento. Per la determinazione della temperatura caratteristica, devono essere considerati il punto iniziale della temperatura di transizione vetrosa  $T_g$ , il punto medio della temperatura di cristallizzazione  $T_c$  e il punto medio della temperatura di fusione  $T_m$ .

### Spettroscopia infrarossa (IR)

L'analisi IR deve essere effettuata in riflettanza almeno da 600 a 4000 cm<sup>-1</sup>, e deve fornire lo spettro di assorbimento del materiale. È possibile utilizzare spettrofotometri a trasformata di Fourier (FT-IR).

Nello spettro di assorbimento, per ogni picco di frequenza, dovrà essere riportato il legame chimico corrispondente.

### Misura della densità

Si applica la Norma ISO 2781 con le seguenti precisazioni:

- la misura di densità può essere effettuata utilizzando indifferentemente uno dei due metodi (*metodo A* o *B*) descritti nella suddetta Norma;
- particolare attenzione deve essere posta al fine di ridurre la tensione superficiale dei liquidi utilizzati per la prova, e garantire così la riproducibilità della prova stessa.

## **APPENDICE B – PRESCRIZIONI PER LA PROVA DI TRACKING ED EROSIONE**

### ▪ **Generalità**

La prova di tracking ed erosione per il materiale di rivestimento degli isolatori compositi è costituita dalle seguenti prove:

- prova del piano inclinato in corrente alternata;
- prova del piano inclinato in corrente continua<sup>1</sup>.

### ▪ **Modalità di esecuzione della prova**

#### Prova del piano inclinato in corrente alternata

Si applica la Norma CEI EN 60587 con le seguenti precisazioni:

- la prova deve essere effettuata, contemporaneamente, su n° 5 campioni di materiale polimerico;
- i provini devono essere conformi a quanto prescritto al § 3.1 della suddetta Norma;
- il metodo di prova da utilizzare è il metodo 1 a *tensione di tracking costante* (vedasi § 5.2 della suddetta Norma), con una tensione di prova pari a 4,5 kV;
- si applica il *criterio di valutazione A*, di cui al § 5.4 della suddetta Norma;
- l'esito della prova è positivo se tutti e cinque i provini, sottoposti alla tensione AC 4,5 kV per 6 ore, soddisfano i requisiti richiesti dal *criterio di valutazione A* (classe del materiale 1A 4,5).

#### Prova del piano inclinato in corrente continua

Si applica la Norma CEI EN 60587 con le seguenti precisazioni e integrazioni:

- la prova deve essere effettuata su n° 10 campioni di materiale polimerico, di cui n° 5 provini per la polarità positiva (+DC) e n° 5 provini per la polarità negativa (-DC);
- i provini devono essere conformi a quanto prescritto al § 3.1 della suddetta Norma;
- la configurazione di prova deve essere conforme a quanto prescritto al § 4 e al § 5.1 della suddetta Norma, con la precisazione che il flusso di contaminante deve essere pari a  $0,3 \pm 10\%$  ml/min e la resistenza serie (vedasi Fig. 2 della suddetta Norma) deve avere un valore di 50 k $\Omega$ ;
- la prova deve essere effettuata secondo il metodo 2 a *tensione di tracking variabile a gradini* (vedasi § 5.3 della suddetta Norma) con tensioni iniziali di prova positiva e negativa pari rispettivamente a  $V_{TRDC+}$  e  $V_{TRDC-}$ ;
- a partire dalle tensioni iniziali di prova  $V_{TRDC+}$  e  $V_{TRDC-}$ , la tensione deve essere incrementata con gradini di 0,25 kV ogni ora per entrambe le polarità, fino al

<sup>1</sup> La prova è obbligatoria anche se il materiale è per utilizzo in corrente alternata.

raggiungimento delle minime tensioni iniziali di tracking  $I_{TVDC+}$  e  $I_{TVDC-}$  per le polarità positiva e negativa rispettivamente;

<b>Piano inclinato in corrente continua – Tensioni di prova</b>	
Tensione iniziale di prova positiva $V_{TRDC+}$ [kV]	+2,15
Minima tensione iniziale di tracking positiva $I_{TVDC+}$ [kV]	+2,65
Tensione iniziale di prova negativa $V_{TRDC-}$ [kV]	-2,90
Minima tensione iniziale di tracking negativa $I_{TVDC-}$ [kV]	-3,40

- l'esito della prova è positivo se è soddisfatto il *criterio di valutazione B*, di cui al § 5.4 della suddetta Norma, dopo un'ora dall'applicazione delle minime tensioni iniziali di tracking  $I_{TVDC+}$  e  $I_{TVDC-}$  per la polarità positiva e negativa rispettivamente;
- se l'esito della prova è positivo si richiede, a scopo conoscitivo, di continuare la prova incrementando la tensione fino al raggiungimento delle condizioni previste dal *criterio di valutazione B* per la polarità positiva e negativa rispettivamente.

## **APPENDICE C – PRESCRIZIONI PER LA PROVA DI INVECCHIAMENTO ACCELERATO ELETTRICO – AMBIENTALE**

### ▪ **Campioni da sottoporre alla prova**

La prova va effettuata sull'apparecchiatura completa, con isolatore in scala reale, montato con asse verticale su un cavalletto in modo da riprodurre la disposizione normale di esercizio, ad una tensione di prova  $U_p$  pari alla massima tensione fase-terra del sistema e con frequenza compresa tra 48 e 52 Hz.

Qualora non sia possibile effettuare la prova sull'apparecchiatura completa, il Costruttore potrà chiedere a Terna di effettuare la prova su un provino costituito dal solo isolatore, o porzione di esso, completo di flange.

La tensione di prova  $U_p$  a frequenza industriale da applicare al provino deve essere di valore tale da produrre, almeno in un punto della superficie della gomma siliconica, lo stesso campo elettrico massimo totale che si ha sulla superficie della gomma siliconica (lato aria) dell'apparecchiatura completa, in scala reale, sottoposta alla massima tensione fase-terra.

La verifica comparativa dei campi elettrici massimi totali sulla superficie della gomma siliconica (lato aria) dell'apparecchiatura completa, in scala reale, e del provino dovrà essere effettuata tramite analisi agli elementi finiti. Il Costruttore dovrà fornire a Terna un elaborato nel quale sono riportati i risultati dell'analisi agli elementi finiti. L'elaborato dovrà essere presentato a Terna per approvazione almeno 60 giorni prima dell'esecuzione della prova stessa.

Il Costruttore potrà decidere di effettuare la prova su un isolatore rappresentativo di una gamma di isolatori, se sono verificate le seguenti condizioni:

- il campo elettrico massimo totale sulla superficie della gomma siliconica (lato aria) è almeno in un punto uguale o maggiore di quello che si ha sugli altri isolatori appartenenti alla stessa gamma;
- l'isolatore ha il diametro maggiore tra quelli degli altri isolatori appartenenti alla stessa gamma;
- il rivestimento in gomma siliconica presenta lo stesso profilo delle alette di quello degli altri isolatori appartenenti alla stessa gamma;
- l'isolatore è realizzato con gli stessi materiali e appartiene alla stessa linea di produzione degli altri isolatori appartenenti alla stessa gamma;
- l'isolatore ha la stessa posizione di installazione in impianto degli altri isolatori appartenenti alla stessa gamma.

Qualora il Costruttore decida di effettuare la prova su un isolatore rappresentativo di una gamma di isolatori, quest'ultimo dovrà fornire a Terna un elaborato nel quale sono verificati tutti i punti elencati in precedenza. Il campo elettrico massimo totale sulla superficie della gomma siliconica deve essere verificato mediante analisi agli elementi finiti. L'elaborato dovrà essere presentato a Terna per approvazione almeno 60 giorni prima dell'esecuzione della prova stessa.

Gli elaborati contenenti i risultati delle analisi agli elementi finiti per la definizione di un eventuale provino e/o per l'individuazione di un isolatore rappresentativo di una gamma di

isolatori, devono contenere, tra le altre, anche le seguenti informazioni significative ai fini della verifica:

- caratteristiche dimensionali del tubo in vetroresina, del rivestimento in gomma siliconica e delle flange (diametri, spessori, angoli, raggi di curvatura, etc.) per ciascuna tipologia di isolatore sottoposto a verifica;
- caratteristiche elettriche del tubo in vetroresina e del materiale di rivestimento in gomma siliconica (permittività elettrica relativa  $\epsilon_r$  a 50 Hz e 20°C, fattore di dissipazione  $\tan\delta$  a 50 Hz e 20°C, resistività elettrica specifica di massa in corrente continua  $\rho$  a 20°C);
- dimensioni massime e minime e ordine della mesh utilizzata per il modello agli elementi finiti; la mesh deve essere raffinata aumentando il numero e/o l'ordine degli elementi fino a convergenza della soluzione.

#### ▪ Alimentazione

La sorgente di alimentazione utilizzata per mettere in tensione l'elemento in prova deve avere una corrente di corto circuito tale da non permettere una variazione di tensione, per tutta la durata della prova, superiore al 5%.

#### ▪ Camera di prova

Le dimensioni della camera di prova devono essere tali da permettere di mantenere, tra le parti in tensione e le pareti, distanze di isolamento pari almeno all'altezza dell'apparecchiatura o all'altezza del provino dell'isolatore.

Si deve avere cura che la dislocazione delle apparecchiature per la produzione degli agenti umidificanti, vapore e nebbia salina (vedasi punto *Modalità di prova* della presente Appendice), sia tale da assicurare una distribuzione il più uniforme possibile degli agenti stessi nella camera di prova.

L'elemento in prova deve essere installato all'interno della camera di prova nella stessa posizione in cui viene installato in impianto.

Dovrà essere rilevata la corrente di fuga superficiale mediante uno shunt.

#### ▪ Modalità di prova

La prova di invecchiamento accelerato elettrico-ambientale consiste nell'applicazione all'elemento in prova di 12 cicli settimanali (per un totale di 2016 ore) di invecchiamento accelerato elettrico-ambientale, così come riportato nella tabella in coda alla presente Appendice.

Ciascun ciclo è realizzato in modo da sottoporre l'elemento in prova, nella sequenza e con le durate riportate nella suddetta tabella, alle sollecitazioni ambientali di contaminazione con nebbia salina, umidificazione, pioggia e simulazione dell'irraggiamento solare.

Alcuni periodi di asciugamento sono previsti tra una applicazione e l'altra delle prime tre sollecitazioni suddette; una pausa di carattere tecnico (ispezione, montaggio e smontaggio lampade) è prevista immediatamente prima e dopo il periodo di simulazione dell'irraggiamento solare. Durante la fase di simulazione dell'irraggiamento solare non è prevista l'applicazione della tensione di prova  $U_p$ , onde evitare possibili scariche verso le lampade.

Ciascun periodo di nebbia salina ha una durata di 9 ore. La preparazione della soluzione salina e la configurazione degli ugelli nebulizzatori devono essere conformi alle indicazioni contenute rispettivamente al § 5.2 e al § 5.3 della Norma CEI EN 60507, ad eccezione di quanto di seguito riportato:

- la salinità deve essere pari a 40 kg/m<sup>3</sup>;
- la quantità di soluzione nebulizzata da immettere nella camera di prova deve essere di 1,33 decilitri all'ora per metro cubo di volume della camera.

I getti della soluzione nebulizzata non devono colpire in modo diretto l'elemento in prova.

Ciascun periodo di umidificazione ha una durata di 6 ore. A titolo informativo, il vapore potrebbe essere prodotto mediante vaporizzazione di acqua, contenuta in uno o più recipienti posti all'interno della camera di prova e muniti di resistenze elettriche di riscaldamento. Qualunque sia il metodo adottato per la generazione, la quantità di vapore da immettere nella camera di prova, deve essere almeno di 33 grammi all'ora per metro cubo di volume della camera. Questa portata deve essere raggiunta in un tempo massimo di 75 minuti dall'inizio di ogni periodo di umidificazione.

Ciascun periodo di pioggia ha una durata di 4 ore ed è suddiviso in due fasi distinte della durata di 2 ore ciascuna. Tra una fase e la successiva è interposta una pausa di asciugamento di un'ora. La pioggia deve essere conforme a quanto indicato nella Norma CEI EN 60060-1 e deve essere diretta sugli oggetti in prova.

La simulazione dell'irraggiamento solare viene effettuata, per ogni ciclo settimanale, in un solo periodo della durata di 44 ore. Essa deve essere ottenuta mediante l'esposizione degli isolatori ad una radiazione solare di intensità<sup>1</sup> pari a 1500 W/m<sup>2</sup> e distribuzione spettrale conforme alla Norma CEI EN 60068-2-5. La radiazione deve incidere sull'intera lunghezza dell'elemento in prova, deve essere perpendicolare all'asse dell'isolatore ed interessare lo stesso settore che durante il periodo di pioggia viene investito direttamente dal getto d'acqua degli ugelli.

Qualora la massima temperatura che si raggiunge sulla superficie dell'esemplare in prova per effetto della componente infrarossa della radiazione superi i 60°C, è consentita una riduzione dell'intensità a valori minori di 1500 W/m<sup>2</sup>, purché la massima temperatura superficiale venga mantenuta al valore di 60°C.

#### ▪ **Gestione delle interruzioni**

Durante la prova si possono avere interruzioni brevi per ispezioni o interruzioni lunghe dovute a cause esterne, che andranno gestite secondo il seguente schema:

- interruzioni brevi di durata inferiore a 1 ora: nessuna azione correttiva, massimo due interruzioni a settimana;
- interruzioni lunghe di durata compresa tra 1 e 24 ore: il ciclo da 24 ore che è stato interrotto deve essere ripetuto per 3 volte;
- interruzioni lunghe di durata compresa tra 24 e 48 ore: i due cicli da 24 ore che sono stati interrotti devono essere ripetuti per 3 volte;
- interruzioni lunghe di durata compresa tra 48 e 72 ore: i tre cicli da 24 ore che sono stati interrotti devono essere ripetuti per 3 volte;
- interruzioni lunghe di durata compresa tra 72 e 168 ore (1 settimana): il ciclo settimanale che è stato interrotto deve essere ripetuto per 3 volte, massimo una interruzione durante tutta la prova;
- interruzioni superiori a 168 ore (1 settimana) non sono consentite e comportano l'annullamento della prova.

<sup>1</sup> Per intensità della radiazione si intende quella che inciderebbe su una superficie fittizia perpendicolare alla direzione di irraggiamento, posta alla stessa distanza che intercorre fra la sorgente ed il punto più vicino dell'isolatore.

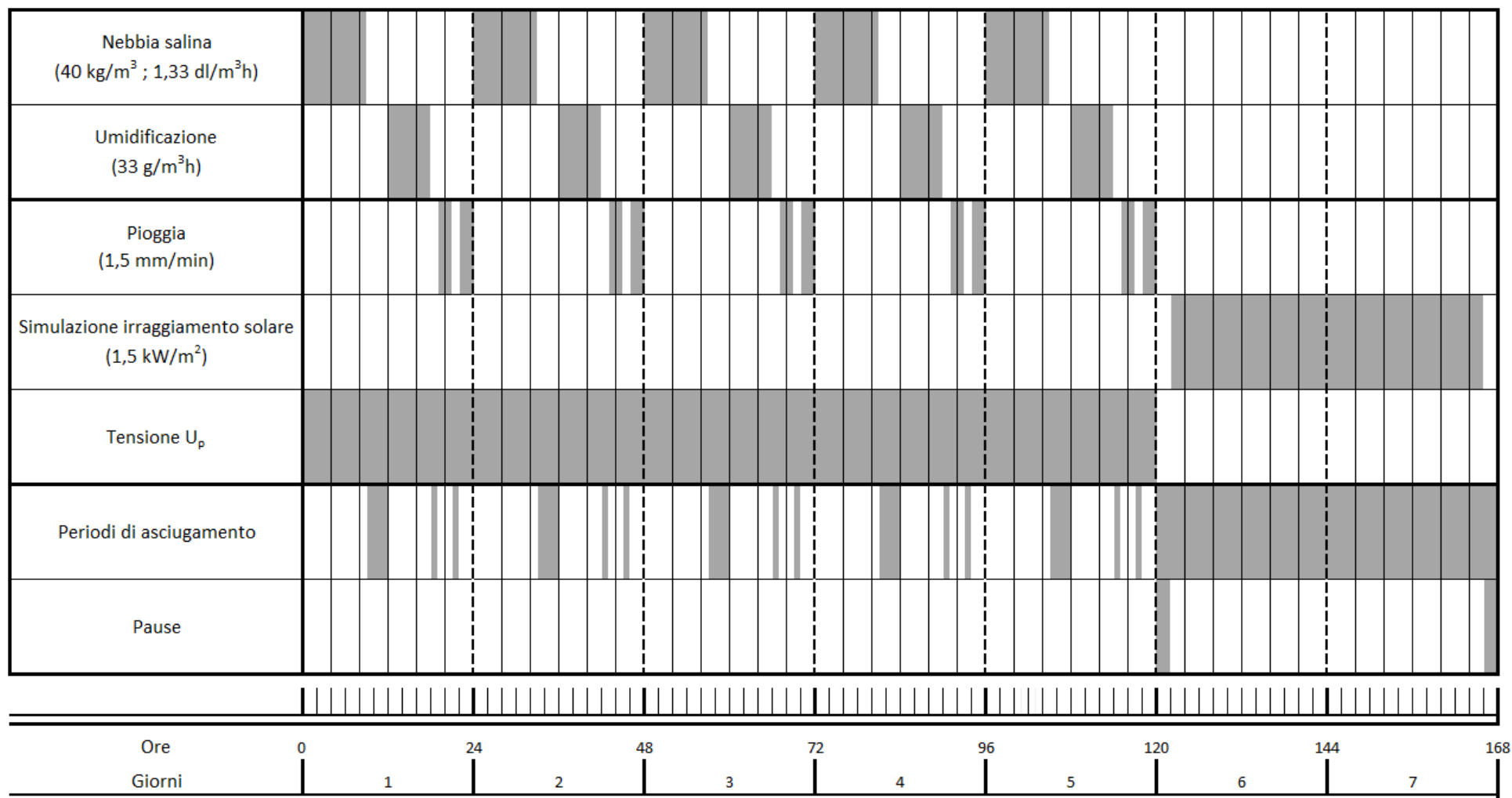
La ripetizione dei cicli sopra riportati dovrà essere effettuata alla ripresa dall'interruzione.

▪ **Criterio di accettazione**

La prova di invecchiamento accelerato elettrico-ambientale viene superata qualora, al termine della stessa, sull'isolamento esterno dell'elemento in prova:

- non si siano verificate più di 3 scariche superficiali totali;
- non si siano prodotte erosioni con residuo conduttivo (tracking);
- non si siano prodotte erosioni, senza residuo conduttivo, di profondità maggiore non superiore al 30% dello spessore locale della gomma.





*Ciclo settimanale della prova di invecchiamento accelerato elettrico-ambientale*

## APPENDICE D – PRESCRIZIONI TECNICHE ED INFORMAZIONI DA FORNIRE

### D.1. Trasformatori di corrente 420 kV

1 CONDIZIONI DI SERVIZIO	Par.	Prescrizioni Terna	Informazioni di prodotto
<b>1-1 Condizioni di servizio</b>			
- Temperatura ambientale minima	4.3	-25°C	
- Temperatura ambientale massima	"	+50°C	
- Altitudine	"	< 1000 m	
- Radiazione solare	"	1000 W/m <sup>2</sup>	
- Livello di qualificazione sismica	"	elevato	
- Sistema di messa a terra	4.4	neutro efficacemente a terra	
2 GRANDEZZE NOMINALI	Par.	Prescrizioni Terna	Informazioni di prodotto
<b>2-1 Caratteristiche dell'apparecchiatura</b>			
- Tensione max per l'apparecchiatura, U <sub>m</sub>	5	420 kV	
- Frequenza nominale	"	50 Hz	
- Corrente termica di breve durata, I <sub>th</sub>	"	63 kA	
- Rapporto di trasformazione, I <sub>p</sub> / I <sub>s</sub>	"	800/5 – 1600/5 – 3200/5 2000/5 – 4000/5	
- Corrente termica permanente	7.2.2	1,2 · I <sub>p</sub>	
- Corrente termica di emergenza	"	1,5 · I <sub>p</sub>	
- Corrente dinamica, I <sub>dyn</sub>	"	2,5 · I <sub>th</sub>	
- Installazione	6	esterno	
- Isolamento	"	gas SF <sub>6</sub> o SF <sub>6</sub> / solido	
- Tipo	"	induttivo	
- Numero di nuclei	"	3	
- Massa dell'apparecchiatura, senza fluidi per isolamento	"	---	
- Massa/volume di fluido di isolamento	"	---	
<b>2-2 Caratteristiche dell'isolamento</b>			
- Tenuta a frequenza industriale, U <sub>d</sub>	5	680 kV	
- Tenuta ad impulso atmosferico, U <sub>p</sub> (BIL)	"	1550 kVp	
- Tenuta ad impulso di manovra, U <sub>s</sub> (SIL)	"	1175 kVp	
<b>2-3 Avvolgimenti secondari</b>			
- Limite di sovratemperatura	6.4	50 K	
- Resistenza secondaria a 75 °C	5	≤ 0,2 Ω – ≤ 0,4 Ω – ≤ 0,8 Ω	
<u>Nucleo No 1 (misura)</u>	5		
- Classe di precisione		0,2      0,5      -	-
- Prestazione nominale		20 VA    40 VA    -	-
- Fattore di sicurezza		≤ 10	
- Classe di precisione		0,2      0,5      -	-
- Prestazione nominale		30 VA    60 VA    -	-
- Fattore di sicurezza		≤ 10	

<u>Nuclei No 2 e 3 (protezione)</u> - Classe di precisione - Prestazione nominale  - Classe di precisione - Prestazione nominale	5	-	-	5P30	-	-	
		-	-	15 VA	-	-	
		-	-	5P30	-	-	
		-	-	30 VA	-	-	
<b>3 PROGETTO E COSTRUZIONE</b>	<b>Par.</b>	<b>Prescrizioni Terna</b>			<b>Informazioni di prodotto</b>		
<b>3-1 Isolatori</b>							
- Materiale dell'isolatore	6.6	composito					
- Tipo di polimero	"	HTV o LSR					
- Contenuto di ATH nell'HTV	"	≥ 45% in peso					
- Tipologia di inerti nell'LSR	"	---					
- Salinità di tenuta	"	56 kg/m <sup>3</sup>					
- Linea di fuga [mm]	"	-					
<b>3-2 Terminale AT</b>							
- Tipo di interfaccia	6	piastra orizzontale					
- Dimensioni dell'interfaccia	"	min. 280 x 100 mm					
- Carichi statici applicabili:	6.7						
- longitudinale		≥ 1330 daN					
- trasversale		≥ 840 daN					
- verticale		≥ 600 daN					
<b>3-3 Cassette morsetti secondari</b>							
- Cambio rapporti primario	6	---					
- Cambio rapporti secondario	"	---					
- Grado di protezione	"	min. IP44					
- Sezione conduttori	"	4 ÷ 16 mm <sup>2</sup>					
- Morsetti sigillabili per misure fiscali	"	SI					
- Aerazione anti-condensa e anti-insetti	"	SI					
<b>3-4 Accessori</b>							
- Sistema di riemp. e rabbocco gas SF <sub>6</sub>	6.2.4	2 x DILO DN8 maschio o DILO DN8 maschio + DILO DN20 maschio					
- Dispositivo di monitoraggio del gas:	6.2.3	SI					
- liquido di riempimento		olio silconico					
- livelli di intervento		2					
- classe di precisione		2%					
- grado di protezione		min. IP54					
- sezione conduttori		fino a 6 mm <sup>2</sup>					
- Dispositivo di sicurezza sovrappressioni:	6.9	SI					
- disposizione		parte alta del TA					
- grado di protezione		min. IP23					
- pressione di intervento		---					
- Bullone M12 per la messa a terra	6.5	SI					
- Attacchi per il sollevamento	6	SI					
- Bulloni per il fissaggio al sostegno	"	SI					
<b>3-5 Pressione del gas</b>							
- Pressione di riempimento nominale	6.2.3	---					
- Soglia allarme 1° livello gas (rabbocco)	"	---					
- Soglia allarme 2° livello gas (sicurezza)	"	---					

**3-6 Tenuta del gas**

- |  |       |              |
|--|-------|--------------|
| - Numero guarnizioni per accoppiamento | 6.2.4 | 2            |
| - Tipo di guarnizioni                  | "     | O-ring       |
| - Tasso di perdita SF <sub>6</sub>     | "     | ≤ 0,1% annuo |

**3-7 Protezione contro la corrosione**

- |   |      |  |
|---|------|--|
| - Materiale parti metalliche scoperte     | 6.12 | lega di alluminio, acciaio inossidabile o acciaio zincato a caldo (85 µm - 600 g/m <sup>2</sup> ) verniciate o con zincatura elettrolitica |
| - Parti ferrose interne                   | "    | acciaio inossidabile   |
| - Materiale bulloneria Ø < 12 mm          | "    | acciaio inossidabile   |
| - Materiale bulloneria Ø ≥ 12 mm          | "    | acciaio inossidabile o acciaio zincato a caldo   |
| - Tipologia verniciatura fusione di testa | "    | -  |
| - Colore verniciatura fusione di testa    | "    | RAL 9010   |
| - Spessore verniciatura fusione di testa  | "    | ≥60 µm   |

**3-8 Marcature**

- |  |      |    |
|--|------|----|
| - Targa delle caratteristiche nominali       | 6.13 | SI |
| - Marcatura con bulino o targhetta rivettata | "    | SI |
| - Targa cassetta terminali secondari         | "    | SI |

**Note**

La tabella deve essere consegnata a Terna timbrata e firmata dal Fornitore.

## D.2. Trasformatori di corrente 245 kV

1	CONDIZIONI DI SERVIZIO	Par.	Prescrizioni Terna	Informazioni di prodotto				
1-1	Condizioni di servizio							
	- Temperatura ambientale minima	4.3	-25°C					
	- Temperatura ambientale massima	"	+50°C					
	- Altitudine	"	< 1000 m					
	- Radiazione solare	"	1000 W/m²					
	- Livello di qualificazione sismica	"	elevato					
	- Sistema di messa a terra	4.4	neutro efficacemente a terra					
2	GRANDEZZE NOMINALI	Par.	Prescrizioni Terna	Informazioni di prodotto				
2-1	Caratteristiche dell'apparecchiatura							
	- Tensione max per l'apparecchiatura, U <sub>m</sub>	5	245 kV					
	- Frequenza nominale	"	50 Hz					
	- Corrente termica di breve durata, I <sub>th</sub>	"	50 kA					
	- Rapporto di trasformazione, I <sub>p</sub> / I <sub>s</sub>	"	400/5 – 800/5 – 1600/5					
	- Corrente termica permanente	7.2.2	1,2 · I <sub>p</sub>					
	- Corrente termica di emergenza	"	1,5 · I <sub>p</sub>					
	- Corrente dinamica, I <sub>dyn</sub>	"	2,5 · I <sub>th</sub>					
	- Installazione	6	esterno					
	- Isolamento	"	gas SF <sub>6</sub> o SF <sub>6</sub> / solido					
	- Tipo	"	induttivo					
	- Numero di nuclei	"	3					
	- Massa dell'apparecchiatura, senza fluidi per isolamento	"	---					
	- Massa/volume di fluido di isolamento	"	---					
	2-2	Caratteristiche dell'isolamento						
		- Tenuta a frequenza industriale, U <sub>d</sub>	5	510 kV				
		- Tenuta ad impulso atmosferico, U <sub>p</sub> (BIL)	"	1175 kVp				
		- Tenuta ad impulso di manovra, U <sub>s</sub> (SIL)	"	-				
	2-3	Avvolgimenti secondari						
		- Limite di sovratemperatura	6.4	50 K				
		- Resistenza secondaria a 75 °C	5	≤ 0,4 Ω				
Nucleo No 1 (misura)		5						
- Classe di precisione			0,2	0,5	-			-
- Prestazione nominale			30 VA	50 VA	-			-
- Fattore di sicurezza			≤ 10					
Nuclei No 2 e 3 (protezione)		5						
- Classe di precisione			-	-	5P30	-	-	
- Prestazione nominale			-	-	30 VA	-	-	
3	PROGETTO E COSTRUZIONE	Par.	Prescrizioni Terna	Informazioni di prodotto				
3-1	Isolatori							
	- Materiale dell'isolatore	6.6	composito					
	- Tipo di polimero	"	HTV o LSR					
	- Contenuto di ATH nell'HTV	"	≥ 45% in peso					
	- Tipologia di inerti nell'LSR	"	---					

- Salinità di tenuta	6.6	56 kg/m <sup>3</sup>	
- Linea di fuga [mm]	"	-	
<b>3-2 Terminale AT</b>			
- Tipo di interfaccia	6	piastra orizzontale	
- Dimensioni dell'interfaccia	"	min. 160 x 100 mm	
- Carichi statici applicabili:	6.7		
- longitudinale		≥ 1210 daN	
- trasversale		≥ 400 daN	
- verticale		≥ 490 daN	
<b>3-3 Cassetta morsetti secondari</b>			
- Cambio rapporti primario	6	---	
- Cambio rapporti secondario	"	---	
- Grado di protezione	"	min. IP44	
- Sezione conduttori	"	4 ÷ 16 mm <sup>2</sup>	
- Morsetti sigillabili per misure fiscali	"	SI	
- Aerazione anti-condensa e anti-insetti	"	SI	
<b>3-4 Accessori</b>			
- Sistema di riemp. e rabbocco gas SF <sub>6</sub>	6.2.4	2 x DILO DN8 maschio	
- Dispositivo di monitoraggio del gas:	6.2.3	SI	
- liquido di riempimento		olio silconico	
- livelli di intervento		2	
- classe di precisione		2%	
- grado di protezione		min. IP54	
- sezione conduttori		fino a 6 mm <sup>2</sup>	
- Dispositivo di sicurezza sovrappressioni:	6.9	SI	
- disposizione		parte alta del TA	
- grado di protezione		min. IP23	
- pressione di intervento		---	
- Bullone M12 per la messa a terra	6.5	SI	
- Attacchi per il sollevamento	6	SI	
- Bulloni per il fissaggio al sostegno	"	SI	
<b>3-5 Pressione del gas</b>			
- Pressione di riempimento nominale	6.2.3	---	
- Soglia allarme 1° livello gas (rabbocco)	"	---	
- Soglia allarme 2° livello gas (sicurezza)	"	---	
<b>3-6 Tenuta del gas</b>			
- Numero guarnizioni per accoppiamento	6.2.4	2	
- Tipo di guarnizioni	"	O-ring	
- Tasso di perdita SF <sub>6</sub>	"	≤ 0,1% annuo	
<b>3-7 Protezione contro la corrosione</b>			
- Materiali parti metalliche scoperte	6.12	lega di alluminio, acciaio inossidabile o acciaio zincato a caldo (85 µm - 600 g/m <sup>2</sup> )	
- Parti ferrose interne	"	verniciate o con zincatura elettrolitica	
- Materiale bulloneria Ø < 12 mm	"	acciaio inossidabile	
- Materiale bulloneria Ø ≥ 12 mm	"	acciaio inossidabile o acciaio zincato a caldo	
- Tipologia verniciatura fusione di testa	"	-	
- Colore verniciatura fusione di testa	"	RAL 9010	
- Spessore verniciatura fusione di testa	"	≥60 µm	

**3-8 Marcature**

- Targa delle caratteristiche nominali	6.13	SI
- Marcatura con bulino o targhetta rivettata	"	SI
- Targa cassetta terminali secondari	"	SI

**Note**

La tabella deve essere consegnata a Terna timbrata e firmata dal Fornitore.

---

---

---

---

---

---

---

---



### D.3. Trasformatori di corrente 170 kV

1 CONDIZIONI DI SERVIZIO	Par.	Prescrizioni Terna	Informazioni di prodotto
<b>1-1 Condizioni di servizio</b>			
- Temperatura ambientale minima	4.3	-25°C	
- Temperatura ambientale massima	"	+50°C	
- Altitudine	"	< 1000 m	
- Radiazione solare	"	1000 W/m <sup>2</sup>	
- Livello di qualificazione sismica	"	elevato	
- Sistema di messa a terra	4.4	neutro efficacemente a terra	
2 GRANDEZZE NOMINALI	Par.	Prescrizioni Terna	Informazioni di prodotto
<b>2-1 Caratteristiche dell'apparecchiatura</b>			
- Tensione max per l'apparecchiatura, U <sub>m</sub>	5	170 kV	
- Frequenza nominale	"	50 Hz	
- Corrente termica di breve durata, I <sub>th</sub>	"	40 kA	
- Rapporto di trasformazione, I <sub>p</sub> / I <sub>s</sub>	"	200/5 – 400/5 400/5 – 800/5 – 1600/5	
- Corrente termica permanente	7.2.2	1,2 · I <sub>p</sub>	
- Corrente termica di emergenza	"	1,5 · I <sub>p</sub>	
- Corrente dinamica, I <sub>dyn</sub>	"	2,5 · I <sub>th</sub>	
- Installazione	6	esterno	
- Isolamento	"	gas SF <sub>6</sub> o SF <sub>6</sub> / solido	
- Tipo	"	induttivo	
- Numero di nuclei	"	3	
- Massa dell'apparecchiatura, senza fluidi per isolamento	"	---	
- Massa/volume di fluido di isolamento	"	---	
<b>2-2 Caratteristiche dell'isolamento</b>			
- Tenuta a frequenza industriale, U <sub>d</sub>	5	360 kV	
- Tenuta ad impulso atmosferico, U <sub>p</sub> (BIL)	"	850 kVp	
- Tenuta ad impulso di manovra, U <sub>s</sub> (SIL)	"	-	
<b>2-3 Avvolgimenti secondari</b>			
- Limite di sovratemperatura	6.4	50 K	
- Resistenza secondaria a 75 °C	5	≤ 0,4 Ω	
<u>Nucleo No 1 (misura)</u>	5		
- Classe di precisione		0,2    0,5    -	-
- Prestazione nominale		30 VA    50 VA    -	-
- Fattore di sicurezza		≤ 10	
<u>Nuclei No 2 e 3 (protezione)</u>	5		
- Classe di precisione		-    -    5P30	-    -    -
- Prestazione nominale		-    -    30 VA	-    -    -
3 PROGETTO E COSTRUZIONE	Par.	Prescrizioni Terna	Informazioni di prodotto
<b>3-1 Isolatori</b>			
- Materiale dell'isolatore	6.6	composito	
- Tipo di polimero	"	HTV o LSR	
- Contenuto di ATH nell'HTV	"	≥ 45% in peso	
- Tipologia di inerti nell'LSR	"	---	

- Salinità di tenuta	6.6	56 kg/m <sup>3</sup>	
- Linea di fuga [mm]	"	-	
<b>3-2 Terminale AT</b>			
- Tipo di interfaccia	6	piastra orizzontale	
- Dimensioni dell'interfaccia	"	min. 160 x 100 mm	
- Carichi statici applicabili:	6.7		
- longitudinale		≥ 1010 daN	
- trasversale		≥ 320 daN	
- verticale		≥ 410 daN	
<b>3-3 Cassetta morsetti secondari</b>			
- Cambio rapporti primario	6	---	
- Cambio rapporti secondario	"	---	
- Grado di protezione	"	min. IP44	
- Sezione conduttori	"	4 ÷ 16 mm <sup>2</sup>	
- Morsetti sigillabili per misure fiscali	"	SI	
- Aerazione anti-condensa e anti-insetti	"	SI	
<b>3-4 Accessori</b>			
- Sistema di riemp. e rabbocco gas SF <sub>6</sub>	6.2.4	2 x DILO DN8 maschio	
- Dispositivo di monitoraggio del gas:	6.2.3	SI	
- liquido di riempimento		olio siliconico	
- livelli di intervento		2	
- classe di precisione		2%	
- grado di protezione		min. IP54	
- sezione conduttori		fino a 6 mm <sup>2</sup>	
- Dispositivo di sicurezza sovrappressioni:	6.9	SI	
- disposizione		parte alta del TA	
- grado di protezione		min. IP23	
- pressione di intervento		---	
- Bullone M12 per la messa a terra	6.5	SI	
- Attacchi per il sollevamento	6	SI	
- Bulloni per il fissaggio al sostegno	"	SI	
<b>3-5 Pressione del gas</b>			
- Pressione di riempimento nominale	6.2.3	---	
- Soglia allarme 1° livello gas (rabbocco)	"	---	
- Soglia allarme 2° livello gas (sicurezza)	"	---	
<b>3-6 Tenuta del gas</b>			
- Numero guarnizioni per accoppiamento	6.2.4	2	
- Tipo di guarnizioni	"	O-ring	
- Tasso di perdita SF <sub>6</sub>	"	≤ 0,1% annuo	
<b>3-7 Protezione contro la corrosione</b>			
- Materiale parti metalliche scoperte	6.12	lega di alluminio, acciaio inossidabile o acciaio zincato a caldo (85 µm - 600 g/m <sup>2</sup> )	
- Parti ferrose interne	"	verniciate o con zincatura elettrolitica	
- Materiale bulloneria Ø < 12 mm	"	acciaio inossidabile	
- Materiale bulloneria Ø ≥ 12 mm	"	acciaio inossidabile o acciaio zincato a caldo	
- Tipologia verniciatura fusione di testa	"	-	
- Colore verniciatura fusione di testa	"	RAL 9010	
- Spessore verniciatura fusione di testa	"	≥60 µm	

### 3-8 Marcature

- Targa delle caratteristiche nominali	6.13	SI
- Marcatura con bulino o targhetta rivettata	"	SI
- Targa cassetta terminali secondari	"	SI

### Note

La tabella deve essere consegnata a Terna timbrata e firmata dal Fornitore.

---

---

---

---

---

---

## D.4. Trasformatori di corrente 145 kV

1 CONDIZIONI DI SERVIZIO	Par.	Prescrizioni Terna	Informazioni di prodotto
<b>1-1 Condizioni di servizio</b>			
- Temperatura ambientale minima	4.3	-25°C	
- Temperatura ambientale massima	"	+50°C	
- Altitudine	"	< 1000 m	
- Radiazione solare	"	1000 W/m <sup>2</sup>	
- Livello di qualificazione sismica	"	elevato	
- Sistema di messa a terra	4.4	neutro efficacemente a terra	
2 GRANDEZZE NOMINALI	Par.	Prescrizioni Terna	Informazioni di prodotto
<b>2-1 Caratteristiche dell'apparecchiatura</b>			
- Tensione max per l'apparecchiatura, $U_m$	5	145 kV	
- Frequenza nominale	"	50 Hz	
- Corrente termica di breve durata, $I_{th}$	"	40 kA	
- Rapporto di trasformazione, $I_p / I_s$	"	200/5 – 400/5 400/5 – 800/5 – 1600/5	
- Corrente termica permanente	7.2.2	$1,2 \cdot I_p$	
- Corrente termica di emergenza	"	$1,5 \cdot I_p$	
- Corrente dinamica, $I_{dyn}$	"	$2,5 \cdot I_{th}$	
- Installazione	6	esterno	
- Isolamento	"	gas SF <sub>6</sub> o SF <sub>6</sub> / solido	
- Tipo	"	induttivo	
- Numero di nuclei	"	3	
- Massa dell'apparecchiatura, senza fluidi per isolamento	"	---	
- Massa/volume di fluido di isolamento	"	---	
<b>2-2 Caratteristiche dell'isolamento</b>			
- Tenuta a frequenza industriale, $U_d$	5	325 kV	
- Tenuta ad impulso atmosferico, $U_p$ (BIL)	"	750 kVp	
- Tenuta ad impulso di manovra, $U_s$ (SIL)	"	-	
<b>2-3 Avvolgimenti secondari</b>			
- Limite di sovratemperatura	6.4	50 K	
- Resistenza secondaria a 75 °C	5	≤ 0,4 Ω	
<u>Nucleo No 1 (misura)</u>	5		
- Classe di precisione		0,2    0,5    -	-
- Prestazione nominale		30 VA    50 VA    -	-
- Fattore di sicurezza		≤ 10	
<u>Nuclei No 2 e 3 (protezione)</u>	5		
- Classe di precisione		-    -    5P30	-    -    -
- Prestazione nominale		-    -    30 VA	-    -    -
3 PROGETTO E COSTRUZIONE	Par.	Prescrizioni Terna	Informazioni di prodotto
<b>3-1 Isolatori</b>			
- Materiale dell'isolatore	6.6	composito	
- Tipo di polimero	"	HTV o LSR	
- Contenuto di ATH nell'HTV	"	≥ 45% in peso	
- Tipologia di inerti nell'LSR	"	---	

- Salinità di tenuta	6.6	56 kg/m <sup>3</sup>	
- Linea di fuga [mm]	"	-	
<b>3-2 Terminale AT</b>			
- Tipo di interfaccia	6	piastra orizzontale	
- Dimensioni dell'interfaccia	"	min. 160 x 100	
- Carichi statici applicabili:	6.7		
- longitudinale		≥ 1010 daN	
- trasversale		≥ 320 daN	
- verticale		≥ 410 daN	
<b>3-3 Cassetta morsetti secondari</b>			
- Cambio rapporti primario	6	---	
- Cambio rapporti secondario	"	---	
- Grado di protezione	"	min. IP44	
- Sezione conduttori	"	4 ÷ 16 mm <sup>2</sup>	
- Morsetti sigillabili per misure fiscali	"	SI	
- Aerazione anti-condensa e anti-insetti	"	SI	
<b>3-4 Accessori</b>			
- Sistema di riemp. e rabbocco gas SF <sub>6</sub>	6.2.4	2 x DILO DN8 maschio	
- Dispositivo di monitoraggio del gas:	6.2.3	SI	
- liquido di riempimento		olio siliconico	
- livelli di intervento		2	
- classe di precisione		2%	
- grado di protezione		min. IP54	
- sezione conduttori		fino a 6 mm <sup>2</sup>	
- Dispositivo di sicurezza sovrappressioni:	6.9	SI	
- disposizione		parte alta del TA	
- grado di protezione		min. IP23	
- pressione di intervento		---	
- Bullone M12 per la messa a terra	6.5	SI	
- Attacchi per il sollevamento	6	SI	
- Bulloni per il fissaggio al sostegno	"	SI	
<b>3-5 Pressione del gas</b>			
- Pressione di riempimento nominale	6.2.3	---	
- Soglia allarme 1° livello gas (rabbocco)	"	---	
- Soglia allarme 2° livello gas (sicurezza)	"	---	
<b>3-6 Tenuta del gas</b>			
- Numero guarnizioni per accoppiamento	6.2.4	2	
- Tipo di guarnizioni	"	O-ring	
- Tasso di perdita SF <sub>6</sub>	"	≤ 0,1% annuo	
<b>3-7 Protezione contro la corrosione</b>			
- Materiale parti metalliche scoperte	6.12	lega di alluminio, acciaio inossidabile o acciaio zincato a caldo (85 µm - 600 g/m <sup>2</sup> )	
- Parti ferrose interne	"	verniciate o con zincatura elettrolitica	
- Materiale bulloneria Ø < 12 mm	"	acciaio inossidabile	
- Materiale bulloneria Ø ≥ 12 mm	"	acciaio inossidabile o acciaio zincato a caldo	
- Tipologia verniciatura fusione di testa	"	-	
- Colore verniciatura fusione di testa	"	RAL 9010	
- Spessore verniciatura fusione di testa	"	≥60 µm	

### 3-8 Marcature

- Targa delle caratteristiche nominali	6.13	SI
- Marcatura con bulino o targhetta rivettata	"	SI
- Targa cassetta terminali secondari	"	SI

### Note

La tabella deve essere consegnata a Terna timbrata e firmata dal Fornitore.

---

---

---

---

---

---

---

## D.5. Trasformatori di corrente 72,5 kV

1	CONDIZIONI DI SERVIZIO	Par.	Prescrizioni Terna	Informazioni di prodotto
1-1	<b>Condizioni di servizio</b> - Temperatura ambientale minima - Temperatura ambientale massima - Altitudine - Radiazione solare - Livello di qualificazione sismica - Sistema di messa a terra	4.3 " " " " 4.4	-25°C +50°C < 1000 m 1000 W/m <sup>2</sup> elevato neutro efficacemente a terra o neutro isolato da terra	
2	GRANDEZZE NOMINALI	Par.	Prescrizioni Terna	Informazioni di prodotto
2-1	<b>Caratteristiche dell'apparecchiatura</b> - Tensione max per l'apparecchiatura, $U_m$ - Frequenza nominale - Corrente termica di breve durata, $I_{th}$ - Rapporto di trasformazione, $I_p / I_s$ - Corrente termica permanente - Corrente termica di emergenza - Corrente dinamica, $I_{dyn}$ - Installazione - Isolamento - Tipo - Numero di nuclei - Massa dell'apparecchiatura, senza fluidi per isolamento - Massa/volume di fluido di isolamento	5 " " " 7.2.2 " " 6 " " " " "	72,5 kV 50 Hz 20 kA 100/5 – 200/5 – 400/5 1,2 · $I_p$ 1,5 · $I_p$ 2,5 · $I_{th}$ esterno gas SF <sub>6</sub> o SF <sub>6</sub> / solido induttivo 3 --- ---	
2-2	<b>Caratteristiche dell'isolamento</b> - Tenuta a frequenza industriale, $U_d$ - Tenuta ad impulso atmosferico, $U_p$ (BIL) - Tenuta ad impulso di manovra, $U_s$ (SIL)	5 " "	140 kV 325 kVp -	
2-3	<b>Avvolgimenti secondari</b> - Limite di sovratemperatura avvolgimenti - Resistenza secondaria a 75 °C	6.4 5	50 K ≤ 0,4 Ω	
	<u>Nucleo No 1 (misura)</u> - Classe di precisione - Prestazione nominale - Fattore di sicurezza	5	0,2 15 VA 0,5 30 VA - - ≤ 10	- - -
	<u>Nuclei No 2 (misura o protezione)</u> - Classe di precisione - Prestazione nominale - Fattore di sicurezza	5	0,2 15 VA 0,5 30 VA - - ≤ 10	- - -
	- Classe di precisione - Prestazione nominale		- - 5P15 15 VA	- - -



<u>Nuclei No 3 (protezione)</u> - Classe di precisione - Prestazione nominale	5	-	-	5P15	-	-	
		-	-	15 VA	-	-	
<b>3 PROGETTO E COSTRUZIONE</b>	<b>Par.</b>	<b>Prescrizioni Terna</b>			<b>Informazioni di prodotto</b>		
<b>3-1 Isolatori</b>							
- Materiale dell'isolatore	6.6			composito			
- Tipo di polimero	"			HTV o LSR			
- Contenuto di ATH nell'HTV	"			≥ 45% in peso			
- Tipologia di inerti nell'LSR	"			---			
- Salinità di tenuta	"			56 kg/m <sup>3</sup>			
- Linea di fuga [mm]	"			-			
<b>3-2 Terminale AT</b>							
- Tipo di interfaccia	6			piastra orizzontale			
- Dimensioni dell'interfaccia	"			min. 160 x 100 mm			
- Carichi statici applicabili:	6.7						
- longitudinale				≥ 100 daN			
- trasversale				≥ 100 daN			
- verticale				≥ 80 daN			
<b>3-3 Cassetta morsetti secondari</b>							
- Cambio rapporti primario	6			---			
- Cambio rapporti secondario	"			---			
- Grado di protezione	"			min. IP44			
- Sezione conduttori	"			4 ÷ 16 mm <sup>2</sup>			
- Morsetti sigillabili per misure fiscali	"			SI			
- Aerazione anti-condensa e anti-insetti	"			SI			
<b>3-4 Accessori</b>							
- Sistema di riemp. e rabbocco gas SF <sub>6</sub>	6.2.4			2 x DILO DN8 maschio			
- Dispositivo di monitoraggio del gas:	6.2.3			SI			
- liquido di riempimento				olio silconico			
- livelli di intervento				2			
- classe di precisione				2%			
- grado di protezione				min. IP54			
- sezione conduttori				fino a 6 mm <sup>2</sup>			
- Dispositivo di sicurezza sovrappressioni:	6.9			SI			
- disposizione				parte alta del TA			
- grado di protezione				min. IP23			
- pressione di intervento				---			
- Bullone M12 per la messa a terra	6.5			SI			
- Attacchi per il sollevamento	6			SI			
- Bulloni per il fissaggio al sostegno	"			SI			
<b>3-5 Pressione del gas</b>							
- Pressione di riempimento nominale	6.2.3			---			
- Soglia allarme 1° livello gas (rabbocco)	"			---			
- Soglia allarme 2° livello gas (sicurezza)	"			---			
<b>3-6 Tenuta del gas</b>							
- Numero guarnizioni per accoppiamento	6.2.4			---			
- Tipo di guarnizioni	"			O-ring			
- Tasso di perdita SF <sub>6</sub>	"			≤ 0,1% annuo			
<b>3-7 Protezione contro la corrosione</b>							

- Materiale parti metalliche scoperte	6.12	lega di alluminio, acciaio inossidabile o acciaio zincato a caldo (85 µm - 600 g/m <sup>2</sup> )	
- Parti ferrose interne	"	verniciate o con zincatura elettrolitica	
- Materiale bulloneria Ø < 12 mm	"	acciaio inossidabile	
- Materiale bulloneria Ø ≥ 12 mm	6.12	acciaio inossidabile o acciaio zincato a caldo	
- Tipologia verniciatura fusione di testa	"	-	
- Colore verniciatura fusione di testa	"	RAL 9010	
- Spessore verniciatura fusione di testa	"	≥60 µm	
<b>3-8 Marcature</b>			
- Targa delle caratteristiche nominali	6.13	SI	
- Marcatura con bulino o targhetta rivettata	"	SI	
- Targa cassetta terminali secondari	"	SI	
<b>Note</b>			
La tabella deve essere consegnata a Terna timbrata e firmata dal Fornitore.			