



**Regione Puglia**

**Comune di Stornara (FG)**

**PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE UNICA**

Titolo

**RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA**  
**Impianto di Connessione alla RTN**

<p>Progettazione</p>	<p>Proponente</p>	<p>Visti</p>
<p>STUDIO DI INGEGNERIA</p> <p>Ing. MARSEGLIA Mariano via N. Sacco 19, 71045 Orta Nova (FG). Tel. 338-8600146 E-mail: ing.marianomarseglia</p> 	<p><b>INERGIA S.p.A.</b></p> <p>Sede Operativa: Via Cola D'Amatrice n° 1 - 63100 ASCOLI PICENO Tel.: 0736/342490 Fax: 0736/341243</p> <p>Sede legale: Via Arno, 21 - 00198 ROMA Tel.: 06/97746380 Fax: 06/97746381</p> <p><a href="http://www.inergia.it">www.inergia.it</a> e-mail: <a href="mailto:info@inergia.it">info@inergia.it</a></p> 	<p><b>REGIONE PUGLIA</b> PARTIMENTO SVILUPPO ECONOMICO - INNOVAZIONE - ISTRUZIONE - FORMAZIONE E LAVORO - SEZIONE INFRASTRUTTURE ENERGETICHE E DIGITALI</p> <p>La presente copia, composta da n° 26 fasciate, è conforme all'originale, depositato presso la Sezione Infrastrutture Energetiche e Digitali.</p> <p>Bari, li. 12-12-2018</p>  <p>L'INCARICATO</p> <p>Questo elaborato, parte integrante del progetto definitivo, è allegato all'atto Dirigenziale della Sezione Infrastrutture Energetiche e Digitali.</p> <p>n. 202 del 12-12-2018</p>

Tipo	Progetto	Fase	Categoria	Cont.	Rev.
E O	T C 2	P D	O E L	1 0	b

Rev.	Data	Descrizione revisione:	Redatto:	Controllato	Approvato:
a	04-07.2013	Prima Emissione	Tazzoli	Corradetti	Cairolì
b	Mag-2018	Adeguamento Conferenza Servizi	Marseglia	Corradetti	Cairolì

**INDICE**

<b>1</b>	<b>OGGETTO .....</b>	<b>3</b>
1.1	CARATTERISTICHE GENERALI DEL PARCO EOLICO .....	4
1.2	CARATTERISTICHE AEROGENERATORE .....	4
1.3	PRINCIPALI SCELTE PROGETTUALI RELATIVE ALL'IMPIANTO ELETTRICO .....	5
<b>2</b>	<b>NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>RETE MT DI RACCOLTA E VETTORIAMENTO.....</b>	<b>10</b>
3.1	DESCRIZIONE .....	10
3.2	CAVI ELETTRICI .....	10
<b>4</b>	<b>SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE E CONSEGNA .....</b>	<b>12</b>
4.1	GENERALITÀ.....	12
4.2	DIMENSIONAMENTO DELLA SOTTOSTAZIONE LATO AT .....	13
4.2.1	<i>Scaricatori di sovratensione .....</i>	<i>14</i>
4.2.2	<i>Interruttore tripolare AT.....</i>	<i>14</i>
4.2.3	<i>Sezionatori AT.....</i>	<i>15</i>
4.2.4	<i>Trasformatori di corrente .....</i>	<i>16</i>
4.2.5	<i>Trasformatori di tensione .....</i>	<i>16</i>
4.2.6	<i>Trasformatore AT/MT .....</i>	<i>17</i>
4.2.7	<i>Conduttori, morse e collegamenti AT.....</i>	<i>17</i>
4.2.8	<i>Strutture metalliche di sostegno.....</i>	<i>17</i>
4.3	DIMENSIONAMENTO DELLA SOTTOSTAZIONE LATO MT.....	17
4.3.1	<i>Quadro generale MT di sottostazione .....</i>	<i>18</i>
4.3.2	<i>Trasformatore servizi ausiliari.....</i>	<i>18</i>
4.3.3	<i>Servizi ausiliari essenziali.....</i>	<i>18</i>
4.3.4	<i>Apparato per la connessione ai morsetti del trasformatore AT/MT.....</i>	<i>18</i>
4.4	RETE DI TERRA.....	19
4.5	ILLUMINAZIONE ESTERNA ED IMPIANTO FM .....	19
4.6	IMPIANTI SPECIALI.....	19
4.7	PROTEZIONE APPARECCHIATURE SOTTOSTAZIONE - PROTEZIONE LATO MT.....	20
4.7.1	<i>Protezione apparecchiature sottostazione - Protezione di interfaccia .....</i>	<i>20</i>
4.7.2	<i>Protezione apparecchiature sottostazione - Protezione del trasformatore MT/AT .....</i>	<i>20</i>
<b>5</b>	<b>SISTEMA DI PROTEZIONE E CONTROLLO SCADA .....</b>	<b>21</b>
5.1	RTU DELLA SOTTOSTAZIONE .....	21
5.2	UNITÀ DI CONTROLLO DELLO STALLO AT.....	22
5.3	SCADA.....	22
<b>6</b>	<b>APPARECCHIATURE DI MISURA DELL'ENERGIA.....</b>	<b>24</b>
6.1	SPECIFICHE GENERALI .....	24
6.2	ADM SU CONSEGNA AT.....	25
6.3	ADM SU LATO MT .....	25
6.4	ADM SU SERVIZI AUSILIARI .....	26



## 1 OGGETTO

Oggetto della presente è la descrizione delle opere elettriche connesse alla realizzazione del parco eolico sito nel Comune di Stornara (FG) denominato "Posticciola Ampliamento".

Gli impianti ed opere da eseguire sono quelli sinteticamente sotto raggruppati:

- ✓ rete di distribuzione interna a MT (30 kV) in cavo interrato per la interconnessione degli aerogeneratori costituenti il parco eolico e per la connessione degli stessi alla sottostazione di trasformazione. Il progetto e la fornitura dell'impianto elettrico interno agli aerogeneratori, compreso il trasformatore MT/BT e i quadri a MT in configurazione entra-esce, sono di competenza del fornitore degli aerogeneratori stessi;
- ✓ linea di vettoriamento a MT (30 kV) in cavo interrato dall'ultimo aerogeneratore della serie alla sottostazione di trasformazione e consegna MT/AT;
- ✓ rete in fibra ottica tra le torri eoliche con la sottostazione.
- ✓ Adeguamento della sottostazione di una esistente trasformazione e consegna MT/AT, mediante l'installazione di scomparti MT aggiuntivi, sostituzione e/o adeguamento del trasformatore di potenza AT/MT esistente, adeguamento del sistema di protezione e controllo.
- ✓ Impianti di messa a terra.

La Soluzione Tecnica Minima Generale, allegata al preventivo di connessione fornito dal gestore di rete Terna Spa, prevede il collegamento alla rete mediante la suddetta sottostazione di connessione esistente ed ubicata nel comune di Stornara, previa realizzazione di:

1. Una futura stazione elettrica (SE) RTN a 150 kV in doppia sbarra da inserire in entre-esce alla linea RTN a 150 kV "Cerignola-Ortanova";
2. Una nuova SE RTN a 380/150 kV inserita in entra- esce alla linea RTN a 380 kV "Foggia-Palo del Coll2;
3. Due nuovi collegamenti RTN a 150 kV tra le due citate SE RTN.

Quanto identificato ai punti 1, 2 e 3 è descritto in altri elaborati, specificatamente redatti per la progettazione delle opere RTN e pertanto non costituisce oggetto della presente relazione, in cui sono illustrati le opere elettriche degli impianti-utente.

## 1.1 Caratteristiche generali del parco eolico

Il parco eolico, oggetto della presente relazione, prevede una potenza complessiva di 10,0 MW equivalenti alla installazione di n° 5 aerogeneratori, della potenza unitaria nominale di 2000 kW.

L'impianto eolico per la produzione di energia elettrica avrà le seguenti caratteristiche generali:

- ✓ n° 5 aerogeneratori di potenza unitaria nominale pari a 2000 kW, comprensivi al loro interno di cabine elettriche di trasformazione BT/MT;
- ✓ rete elettrica interna a 30 kV dai singoli aerogeneratori eolici alla sottostazione;
- ✓ rete telematica di monitoraggio in fibra ottica per il controllo dell'impianto eolico mediante trasmissione dati via modem o satellitare.
- ✓ Per la connessione dell'impianto sarà utilizzata la sottostazione esistente dell'impianto eolico ubicato nel Comune di Stornara e denominato "Posticciola", come meglio descritto nel seguito ed in conformità con la STMG allegata al preventivo di connessione fornito dal gestore di rete Terna Spa.

## 1.2 Caratteristiche aerogeneratore

In particolare, trattasi di aerogeneratori trifase con potenza nominale di 2000 kW e tensione nominale di 690 V.

Le pale della macchina sono fissate su un mozzo e nell'insieme costituiscono il rotore che ha diametro di 110 m: il mozzo a sua volta viene collegato ad un primo albero, detto albero lento, che ruota alla stessa velocità angolare del rotore. Le torri tronco-coniche avranno un'altezza, misurata al centro del mozzo di rotazione, di 95 m.

L'albero lento è collegato ad un moltiplicatore di giri da cui si diparte un albero veloce, che ruota con velocità angolare data da quella dell'albero lento per il rapporto di moltiplicazione del moltiplicatore.

Sull'albero veloce è posizionato un freno, a valle del quale si trova il generatore elettrico da cui si dipartono i cavi elettrici di potenza, in bassa tensione verso il trasformatore BT/MT.

Tutti i componenti sopra menzionati, ad eccezione del rotore, sono ubicati in una cabina, detta navicella, la quale a sua volta, è posta su un supporto cuscinetto in modo da essere facilmente orientabile secondo la direzione del vento. L'intera navicella (realizzata in materiale plastico rinforzato con fibra di vetro) viene posta su di una torre tronco-conica.



Per prevenire il diffondersi di rumore è previsto uno strato isolante all'interno dell'involucro. Le dimensioni sono tali da permettere un agevole svolgimento delle operazioni di manutenzione a navicella chiusa (è previsto anche un pulsante di emergenza per il blocco dell'impianto).

Oltre ai componenti prima detti, vi è un sistema di controllo che esegue diverse funzioni:

- ✓ il controllo della potenza, che può essere eseguito ruotando le pale intorno all'asse principale in maniera da aumentare o ridurre la superficie esposta al vento, oppure in termini costruttivi, tramite la scelta di un opportuno profilo delle pale;
- ✓ il controllo della navicella, detto controllo dell'imbardata, che serve ad inseguire la direzione del vento, ma che può essere anche utilizzato per il controllo della potenza;
- ✓ l'avviamento della macchina allorché è presente un vento di velocità sufficiente, la fermata della macchina, quando vi è un vento di velocità superiore a quella massima per la quale la macchina è stata progettata.

L'intera navicella viene posta su di una torre avente forma conica tubolare. La velocità del vento di avviamento è la minima velocità del vento che dà la potenza corrispondente al massimo rendimento aerodinamico del rotore.

Quando la velocità del vento supera il valore corrispondente alla velocità di avviamento la potenza cresce al crescere della velocità del vento.

La potenza cresce fino alla velocità nominale e poi si mantiene costante fino alla velocità di *Cut-out wind speed* (fuori servizio).

Per ragioni di sicurezza a partire dalla velocità nominale la turbina si regola automaticamente e l'aerogeneratore fornirà la potenza nominale servendosi dei suoi meccanismi di controllo.

### **1.3 Principali scelte progettuali relative all'impianto elettrico**

Partendo dalle condizioni al contorno individuate nel paragrafo precedente, si sono studiate le caratteristiche dell'impianto elettrico con l'obiettivo di rendere funzionale e flessibile l'intero parco eolico.

Gli aerogeneratori sono stati collegati con soluzione "entra-esci" raggruppandoli anche in funzione del percorso delle linee in cavo da installare, evitando sprechi di materiale, contenendo le perdite ed ottimizzando la scelta delle sezioni dei cavi stessi.

Dalle sbarre MT dell'ultimo aerogeneratore collegato in serie parte 1 linea di vettoriamento MT verso la sottostazione di trasformazione e consegna.

## 2 NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Il progetto elettrico oggetto della presente relazione tecnica è stato realizzato nel rispetto dei più moderni criteri della tecnica impiantistica, nel rispetto della "regola dell'arte", nonché delle leggi, norme e disposizioni vigenti, con particolare riferimento a:

- ✓ Legge sulla prevenzione degli infortuni sul lavoro: D.P.R. 547 del 27/4/1955 ed integrazioni, aggiornamenti e circolari successive;
- ✓ T.U. sulla sicurezza DM 81/2008 e s.m.i.;
- ✓ DL. n. 626/94 "Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro";
- ✓ DM 12/03/1998 Elenco riepilogativo di norme armonizzate adottate ai sensi del comma 2 dell'art. 3 del DPR 24 luglio 1996, n. 459: "Regolamento per l'attuazione delle direttive del Consiglio 89/392/CEE, 91/368/CEE, 93/44/CEE e 93/68/CEE concernenti il riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle macchine.;
- ✓ DM 05/08/1998 Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione ed esercizio delle linee elettriche aeree esterne;

### Norme CEI/UNI

- CEI 11-4, "Esecuzione delle linee elettriche esterne", quinta edizione, 1998-09
- CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne", seconda edizione, 2002-06
- CEI 211-4, "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", seconda edizione, 2008-09
- CEI 211-6, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana", prima edizione, 2001 -01
- CEI 103-6 "Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto", terza edizione, 1997:12
- CEI 106-11, "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti



secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) - Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo", prima edizione, 2006:02

- CEI 304-1 Interferenza elettromagnetica prodotta da linee elettriche su tubazioni metalliche Identificazione dei rischi e limiti di interferenza;
- CEI il-I, "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata", nona edizione, 1999-01
- e CEI 33-2, "Condensatori di accoppiamento e divisori capacitivi" , terza edizione, 1997
- e CEI 36-12, "Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V", prima edizione, 1998
- CEI 57-2 , "Bobine di sbarramento per sistemi a corrente alternata", seconda edizione, 1997
- CEI 57-3, "Dispositivi di accoppiamento per impianti ad onde convogliate", prima edizione, 1998
- CEI 64-2, "Impianti elettrici in luoghi con pericolo di esplosione" quarta edizione", 2001
- CEI 64-8/1, "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua" , sesta edizione, 2007
- CEI EN 50110-1-2, "Esercizio degli impianti elettrici", prima edizione, 1998-01
- CEI EN 60076-1, "Trasformatori di potenza", Parte 1: Generalità, terza edizione, 1998
- CEI EN 60076-2, "Trasformatori di potenza Riscaldamento", Parte 2: Riscaldamento, terza edizione, 1998
- CEI EN 60137, "Isolatori passanti per tensioni alternate superiori a 1000 V", quinta edizione, 2004
- CEI EN 60721-3-4, "Classificazioni delle condizioni ambientali", Parte 3: Classificazione dei gruppi di parametri ambientali e loro severità, Sezione 4: Uso in posizione fissa in luoghi non protetti dalle intemperie, seconda edizione, 1996
- CEI EN 60721-3-3, " Classificazioni delle condizioni ambientali e loro severità", Parte 3: Classificazione dei gruppi di parametri ambientali e loro severità, Sezione 3: Uso in posizione fissa in luoghi protetti dalle intemperie, terza edizione, 1996
- CEI EN 60068-3-3, "Prove climatiche e meccaniche fondamentali", Parte 3: Guida —

Metodi di prova sismica per apparecchiature, prima edizione, 1998

- CEI EN 60099-4, "Scaricatori ad ossido di zinco senza spinterometri per reti a corrente alternata", Parte 4: Scaricatori ad ossido metallico senza spinterometri per reti elettriche a corrente alternata, seconda edizione, 2005
- CEI EN 60129, "Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata a tensione superiore a 1000V", 1998
- CEI EN 60529, "Gradi di protezione degli involucri", seconda edizione, 1997
- CEI EN 62271-100, "Apparecchiatura ad alta tensione", Parte 100: Interruttori a corrente alternata ad alta tensione, sesta edizione, 2005
- CEI EN 62271-102, "Apparecchiatura ad alta tensione", Parte 102 : Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata per alta tensione, prima edizione, 2003
- CEI EN 60044-1, "Trasformatori di misura", Parte 1: Trasformatori di corrente, edizione quarta, 2000
- CEI EN 60044-2, "Trasformatori di misura", Parte 2: Trasformatori di tensione induttivi, edizione quarta, 2001
- CEI EN 60044-5, "Trasformatori di misura", Parte 5: Trasformatori di tensione capacitivi edizione prima, 2001
- e CEI EN 60694, "Prescrizioni comuni per l'apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione", seconda edizione 1997
- CEI EN 61000-6-2, "Compatibilità elettromagnetica (EMC)", Parte 6-2: Norme generiche - Immunità per gli ambienti industriali, terza edizione, 2006
- CEI EN 61000-6-4, "Compatibilità elettromagnetica (EMC)", Parte 6-4: Norme generiche - Emissione per gli ambienti industriali, seconda edizione, 2007
- UNI EN 54, "Sistemi di rivelazione e di segnalazione d'incendio", 1998
- UNI 9795, "Sistemi automatici di rilevazione e di segnalazione manuale d'incendio", 2005

#### Norme tecniche diverse

- Unificazione TERNA, "Linee a 150kV - semplice e doppia terna"

Il rispetto della normativa sopra specificata sarà inteso nel modo più restrittivo, nel senso che non solo la progettazione sarà adeguata a quanto stabilito dai suddetti criteri, ma vi sarà un'analoga rispondenza alle normative da parte di tutti i materiali ed



apparecchiature che saranno impiegati. Con preciso riferimento a quanto prescritto dalle Norme d'installazione degli impianti elettrici, saranno scelti materiali provvisti di marchio CE per tutti i prodotti per i quali il marchio è esistente e ammesso. Saranno, comunque, rispettate le prescrizioni delle presenti specifiche, ove sono previsti dimensionamenti in lieve misura eccedenti i limiti minimi consentiti dalle Norme.

Gli impianti dovranno rispondere ai seguenti requisiti generali:

- ✓ Sicurezza ed affidabilità;
- ✓ Capacità di ampliamento;
- ✓ Accessibilità;
- ✓ Facilità di gestione.

### 3 RETE MT DI RACCOLTA E VETTORIAMENTO

#### 3.1 Descrizione

La rete elettrica a 30 kV interrata assicurerà il collegamento dei trasformatori di torre degli aerogeneratori alla sottostazione. Si possono pertanto identificare due sezioni della rete a MT:

- ✓ La rete di raccolta dell'energia prodotta costituita dalle linee che collegano i quadri MT delle torri con l'ultimo aerogeneratore WTG5;
- ✓ La rete di vettoriamento che collega l'ultimo aerogeneratore con la sottostazione di trasformazione e consegna in alta tensione (SSTC);

Ciascuna delle suddette linee, a partire dall'ultimo aerogeneratore del ramo, provvede, con un percorso interrato, al trasporto dell'energia prodotta dalla relativa sezione del parco fino all'ingresso del quadro elettrico di raccolta, punto di partenza della linea elettrica di vettoriamento alla sottostazione di trasformazione AT/MT.

Il percorso di ciascuna linea della rete di raccolta è stato individuato sulla base dei seguenti criteri:

- ✓ minima distanza;
- ✓ massimo sfruttamento degli scavi delle infrastrutture di collegamento da realizzare;
- ✓ migliore condizione di posa (ossia, in presenza di forti dislivelli tra i due lati della strada, contenendo, comunque, il numero di attraversamenti, si è cercato di evitare la posa dei cavi elettrici dal lato più soggetto a frane e smottamenti).

La rete di vettoriamento, lunga circa 1,6 km, collega l'ultimo aerogeneratore con la sottostazione ed è composta da una linea elettrica, interrata parallelamente nello stesso scavo.

Per le reti non è previsto alcun passaggio aereo.

#### 3.2 Cavi elettrici

I collegamenti elettrici saranno tutti realizzati mediante terna di conduttori unipolari, disposti ad elica visibile, a corda rigida compatta in alluminio, isolati in gomma etilenpropilenica (EPR), per una tensione di 18/30 kV, dotati di schermo metallico. Il cavo sarà del tipo **ARG7H1RX**, o similare.



Le sezioni impiegate, varieranno da 70 a 400 mmq, e saranno dimensionate in modo che la portata del cavo non risulti in alcun caso inferiore alla corrente di impiego del circuito in ottemperanza alle prescrizioni delle norme CEI; saranno calcolate le cadute di tensione sulle linee, verificando che non influenzino il corretto funzionamento dell'impianto e la connesione alla rete elettrica pubblica.

La curvatura dei cavi deve essere tale da non provocare danno agli stessi.

Le condizioni ambientali (temperatura, umidità) durante la posa dei cavi dovranno essere nel range fissato dal fabbricante dei cavi.

Nei tratti in cui si attraverseranno terreni rocciosi o in altre circostanze eccezionali in cui non potranno essere rispettate le profondità minime sopra indicate, dovranno essere predisposte adeguate protezioni.

## 4 SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE E CONSEGNA

### 4.1 Generalità

La sottostazione per la connessione con la rete di trasmissione nazionale RTN è esistente ed è stata realizzata nel Comune di Stornara (FG), per la connessione di un altro impianto eolico ubicato nel comune di Stornara e denominato "Posticciola". Attualmente detta sottostazione è di proprietà della Parco Eolico Stornara Srl, società interamente controllata da Inergia Spa, ed è collegata mediante collegamento rigido in antenna alla sottostazione di smistamento a 150 kV di Terna, realizzata nel 2012 in entra-esce alla linea esistente Orta Nova-Cerignola 150 kV.

In conformità con la STMG allegata al preventivo fornito da Terna, l'impianto eolico "Posticciola Ampliamento", oggetto della presente relazione, sarà collegato alla sottostazione di Terna utilizzando lo stesso stallo di trasformazione utente AT/MT del parco eolico "Posticciola".

Nel seguito sono descritte le opportune modifiche necessarie alla connessione di "Posticciola Ampliamento" che consistono principalmente in:

- Sostituzione o adeguamento trasformatore di potenza AT/MT
- Adeguamento sezione MT
- Adeguamento del sistema di controllo e protezioni

Si sottolinea che ad eccezione del trasformatore di potenza, la sezione AT non subirà modifiche; nel seguito della trattazione sono comunque riportate le principali caratteristiche delle apparecchiature già presenti.

La sottostazione di trasformazione e consegna riceve l'energia prodotta dagli aerogeneratori attraverso la rete di vettoriamento a 30 kV. Nella sottostazione la tensione viene innalzata da 30 kV a 150 kV e consegnata alla RTN.

Le linee di connessione alla rete elettrica, le apparecchiature ed il macchinario AT saranno dimensionati per sopportare la tensione massima nominale a frequenza industriale della rete di 150 kV.

La sottostazione è composta da:

- ✓ un edificio MT utente, come mostrato negli elaborati allegati, con i locali MT e il trasformatore servizi ausiliari, il magazzino, il locale telecontrollo ;
- ✓ la sezione dello stallo di trasformazione utente AT/MT.



## 4.2 Dimensionamento della sottostazione lato AT

La sezione AT della sottostazione è composta da un montante arrivo linea RTN - trasformatore, collegato dal lato AT 150 kV al punto di consegna e dal lato MT (30 kV) ai terminali in uscita dei cavi a 30 kV provenienti dal quadro MT di raccolta, e sarà costituito da:

- ✓ N. 1 terna di trasformatori di tensione capacitivi per esterno (protezioni);
- ✓ N. 1 terna di trasformatori di tensione induttivi per esterno (misure fiscali UTF);
- ✓ N. 1 sezionatore di linea tripolare rotativo, con terna di lame di messa a terra, completo di comando motorizzato;
- ✓ N. 1 interruttore tripolare per esterno in SF<sub>6</sub>;
- ✓ N. 1 terna di trasformatori di corrente unipolari isolati in gas SF<sub>6</sub>;
- ✓ N. 1 terna di scaricatori di sovratensione per esterno ad ossido di zinco;
- ✓ N. 1 trasformatore MT/AT da adeguare o sostituire isolato in olio minerale (attualmente è presente un trasformatore da 25/31,5 MVA);

Tali elementi sono descritti nell'ordine nei paragrafi seguenti.

In linea generale, tutte le apparecchiature ed i componenti AT di sottostazione sono progettati per sopportare la tensione massima nominale a frequenza di rete di 150 kV, cui si collegano e dovranno essere conformi alla specifica tecnica Enel e Terna "Requisiti e caratteristiche di riferimento delle stazioni elettriche della RTN".

Le apparecchiature AT sono posizionate in accordo con la norma CEI 11-1 e con le specifiche Terna, rispettando in particolare i seguenti requisiti:

- ✓ altezza minima da terra delle parti in tensione: 4500 mm
- ✓ distanza minima tra gli assi delle fasi delle apparecchiature: 2500 mm

I dati generali utilizzati per il dimensionamento delle sottostazione sono indicati nel seguente schema:

- ✓ Tensione di esercizio del sistema: 150 kV
- ✓ Tensione massima del sistema: 170 kV
- ✓ Frequenza nominale: 50 Hz
- ✓ Tensione di tenuta a frequenza industriale: 325 kV

- ✓ Tensione di tenuta ad impulso atmosferico: 750 kV
- ✓ Corrente nominale di breve durata: 31.5 KA per 1 s
- ✓ Corrente di guasto monofase a terra 10 kA

#### 4.2.1 Scaricatori di sovratensione

Per ciascun montante AT, la protezione dalle sovratensioni di origine atmosferico viene assicurata facendo ricorso a degli scaricatori ad ossido di zinco. Questi sono essere composti da uno o più elementi collegati in serie, ciascuno di essi costituito da un involucro, contenete una o più colonne di resistori di ossido di zinco collegate in parallelo. I resistori ad ossido di zinco devono essere in grado di garantire i livelli di protezione richiesti, di assorbire l'energia associata alle diverse tipologie di sovratensioni e di sopportare la tensione di servizio continuo, in assenza di fenomeni di fuga termica per la vita stimata dell'apparecchio, anche in presenza di scariche parziali all'interno del dispositivo.

Gli scaricatori sono provvisti di basi isolate e dispositivo contascariche su ciascuna fase.

- ✓ Tipo di isolamento: normale
- ✓ Tipo costruttivo: ad ossido di zinco
- ✓ Tensione nominale: 120 kV
- ✓ Tensione residua con impulsi atmosferici di corrente (alla corrente nominale 8/20 s): 339 kV
- ✓ Tensione residua con impulsi di corrente di manovra (500 A 30/60 S): 277 kV
- ✓ Corrente nominale di scarica: 10 kA
- ✓ Valore di cresta degli impulsi di forte corrente: 100 kA
- ✓ Valore efficace della corrente elevata per la prova del dispositivo di sicurezza contro le esplosioni: 65 kA

#### 4.2.2 Interruttore tripolare AT

Gli interruttori sono dimensionati per una tensione nominale di 150 kV. La tabella seguente ne riassume le principali caratteristiche:

- ✓ Numero di poli: 3
- ✓ Mezzo di estinzione dell'arco: gas SF6



- ✓ Tensione nominale: 150 kV
- ✓ Tensione massima di esercizio: 170 kV
- ✓ Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale per 1 min: 325 kV
- ✓ Tensione nominale di tenuta ad impulso con onda 1/50 micros: 750 kV
- ✓ Corrente nominale: 1250 A
- ✓ Frequenza nominale: 50 Hz
- ✓ Corrente nominale di corto circuito: 31,5 kA
- ✓ Durata di corto circuito nominale: 1s
- ✓ Potere di stabilimento nominale di corto circuito: 50 kA
- ✓ Sequenza nominale di operazioni: O – 0.3" – CO – 1' - CO

#### 4.2.3 Sezionatori AT

Al fine di garantire il massimo livello di sicurezza (durante le operazioni di manutenzione dell'intero stallo), si adottano sezionatori con lame di terra (il cui dettaglio sarà stabilito successivamente dal Regolamento d'esercizio) e dimensionato per le seguenti grandezze:

- ✓ Tensione nominale: 150 kV
- ✓ Tensione massima di esercizio: 170 kV
- ✓ Corrente nominale: 2000 A
- ✓ Frequenza nominale: 50 Hz
- ✓ Numero di poli: 3
- ✓ Corrente nominale di breve durata (valore efficace): 40 kA
- ✓ Corrente nominale di breve durata (valore di cresta): 100 kA
- ✓ Durata ammissibile della corrente di breve durata: 1 s
- ✓ Tensione di prova ad impulso atmosferico verso massa: 650 kV
- ✓ Tensione di prova ad impulso atmosferico sul sezionamento: 750 kV
- ✓ Tensione di prova a frequenza di esercizio verso massa: 275 kV
- ✓ Tensione di prova a frequenza di esercizio sul sezionamento: 315 kV

- ✓ Sforzi meccanici nominali sui morsetti (orizzontale longitudine): 800 N
- ✓ Sforzi meccanici nominali sui morsetti (orizzontale trasversale): 250 N

#### 4.2.4 Trasformatori di corrente

Trasformatori di corrente in SF<sub>6</sub> a più nuclei, per le misure relative alle protezioni e alle misure fiscali di energia UTF, dalle seguenti caratteristiche:

- ✓ Tensione massima: 170 kV
- ✓ Frequenza: 50 Hz
- ✓ Rapporto trasformazione: xxx/5 A
- ✓ Numero nuclei: 3
- ✓ Corrente termica di corto circuito: 31.5 kA
- ✓ Prestazione e classe di precisione 1° nucleo: 40/5P30
- ✓ Prestazione e classe di precisione 2° e 3° nucleo: 10/0,2
- ✓ Tensione di tenuta a frequenza industriale per 1 minuto: 325 kV
- ✓ Tensione di tenuta ad impulso atmosferico: 750 kV

#### 4.2.5 Trasformatori di tensione

Si tratta di trasformatori di tensione capacitivi, le cui caratteristiche sono qui riportate:

- ✓ Tensione massima: 170 kV
- ✓ Rapporto di trasformazione:  $(150000/\sqrt{3})/(100/\sqrt{3})$
- ✓ Frequenza nominale: 50 Hz
- ✓ Capacità nominale: 4000 pF
- ✓ Fattore di tensione nominale con tempo di funzionamento di 30 s: 1.5
- ✓ Tensione di tenuta a frequenza industriale per 1 minuto: 325 kV
- ✓ Tensione di tenuta ad impulso atmosferico: 750 kV
- ✓ Scarti dalla capacità equivalente serie in AF dal valore nominale a frequenza di rete: -5%  
10%



#### 4.2.6 Trasformatore AT/MT

Per la trasformazione 150/30 kV si impiega un trasformatore trifase in olio minerale per installazione all'esterno, con raffreddamento naturale dell'aria e dell'olio (ONAN) e con solo raffreddamento forzato dell'aria (ONAF), con radiatori addossati al cassone, completo di serbatoio dell'olio per il funzionamento e di serbatoio dell'olio di riserva.

#### 4.2.7 Conduttori, morse e collegamenti AT

Le connessioni tra le varie apparecchiature AT a partire dal sezionatore di ingresso zona utente fino al trasformatore di potenza sono realizzate con conduttori in lega di alluminio in tubo P – Al Mg Si UNI 3569-66.

La morsetteria utilizzata è di tipo monometallico in lega di alluminio a profilo antieffluvio con serraggio a bulloni in acciaio inox. Nell'accoppiamento eventuale alluminio-rame si utilizzerà pasta antiossidante per impedire la corrosione galvanica tra i due metalli.

#### 4.2.8 Strutture metalliche di sostegno

Le strutture metalliche previste sono di tipo tubolare dimensionate in accordo al DPR 1062 del 21/06/1968. La zincatura a fuoco è stata eseguita nel rispetto delle indicazioni della norma CEI 7-6 fasc. 239.

### 4.3 Dimensionamento della sottostazione lato MT

La sezione a MT della sottostazione include il montante, ognuno in uscita al proprio quadro elettrico MT di sottostazione così composto:

- ✓ quadro elettrico MT di sottostazione con arrivo linea, una partenza verso il trasformatore AT/MT di SSE, una a protezione dei servizi ausiliari di SSE, una a protezione del TV di sbarra MT;
- ✓ n. 1 terna di scaricatori di sovratensione, per esterno, ad ossido di zinco, completi di dispositivo contascariche, attestati sulle sbarre a MT del trasformatore;
- ✓ n. 1 apparato per la connessione ai morsetti del trasformatore AT/MT, costituito da n. 3 sbarre in rame, sorrette mediante isolatori da un castelletto in acciaio zincato a caldo per la risalita cavi e la connessione alle suddette sbarre.

#### 4.3.1 Quadro generale MT di sottostazione

Il quadro generale MT di sottostazione, del tipo a tenuta d'arco interno, è realizzato in lamiera zincata con unità separate protette con interruttori e sezionatori in SF<sub>6</sub>, sarà composto da:

- ✓ N. 1 unità di protezione del trasformatore AT/MT lato MT;
- ✓ N. 1 unità di alimentazione servizi ausiliari di stazione;
- ✓ unità di arrivo linee MT da centrale eolica con protezione.
- ✓ N. 1 unità di prelievo segnali di tensione di sbarra

#### 4.3.2 Trasformatore servizi ausiliari

Il trasformatore sarà in box di contenimento. La parte frontale del box è apribile a cerniera con chiusura mediante serratura. La porta del box trasformatore sarà interbloccata con il sezionatore di terra dello scomparto a MT di protezione, mediante chiave di blocco. Il trasformatore sarà accessibile al personale solo con il cavo a MT di alimentazione sezionato e a terra.

Il trasformatore è dotato delle necessarie protezioni termiche e di sonde PT 100 con centrali di controllo per l'intervento sul dispositivo generale di bassa tensione.

#### 4.3.3 Servizi ausiliari essenziali

Il sistema di distribuzione è così composto:

- ✓ Raddrizzatore/Caricabatteria;
- ✓ Batteria ermetica di accumulatori al piombo;
- ✓ Quadro BT servizi ausiliari.
- ✓ Il raddrizzatore/caricabatteria svolge la duplice funzione di fornire l'alimentazione stabilizzata alle utenze a 110 V<sub>CC</sub> e contemporaneamente di ricaricare la batteria.

#### 4.3.4 Apparato per la connessione ai morsetti del trasformatore AT/MT

L' apparato per la connessione ai morsetti del trasformatore AT/MT è costituito da n. 3 sbarre in rame, sorrette mediante isolatori da un castelletto in alluminio per la risalita cavi e la connessione alle suddette sbarre.



Il perimetro del castelletto è opportunamente grigliato per impedire l'accesso ai cavi. Inoltre, è stata eseguita una nastratura di isolamento delle sbarre MT mediante guaina termoretraibile al fine di evitare incidenti dovuti alla presenza di animali selvatici sulle sbarre.

#### **4.4 Rete di terra**

La rete di terra è realizzata all'interno del recinto della sottostazione mediante una maglia in corda di rame nuda. L'impianto di terra sarà costituito, conformemente alle prescrizioni del Cap. 9 della Norma CEI 11-1 ed alle prescrizioni della Guida CEI 11-37, da una maglia di terra realizzata con conduttori nudi in rame elettrolitico di sezione pari a 125 mm<sup>2</sup>, interrati ad una profondità di almeno 0.7 m. Per le connessioni agli armadi sono impiegati conduttori di sezione pari a 70 mm<sup>2</sup>.

E' alloggiata nello scavo degli elettrodotti una corda di terra in rame elettrolitico di sezione opportuna per collegare l'impianto di terra della sottostazione con gli impianti di terra della centrale.

#### **4.5 Illuminazione esterna ed impianto FM**

L'impianto di illuminazione esterno è realizzato con corpi illuminanti opportunamente distanziati dalle parti in tensione ed in posizione tale da non ostacolare la circolazione dei mezzi.

I proiettori sono del tipo con corpo di alluminio, a tenuta stagna, grado di protezione IP65, con lampade a ioduri metallici da 400 W e verranno montati su pali in vetroresina di altezza adeguata, aventi alla base una casetta di derivazione. Il valore medio di illuminamento minimo in prossimità delle apparecchiature AT sarà di 30/50 lux. Sarà inoltre previsto l'utilizzo di un interruttore crepuscolare per l'accensione/spegnimento automatico dei corpi illuminanti.

L'illuminazione interna dei locali garantisce all'interno un illuminamento medio di 200 lux con organi di comando indipendenti per singoli locali.

Tutte queste utenze sono alimentate da una linea derivata dal quadro BT dei servizi ausiliari della sottostazione, per una potenza nominale di 30 kW.

#### **4.6 Impianti speciali**

L'area di utenze e i fabbricati sono protetti dall'ingresso di non autorizzati tramite un sistema di antintrusione, conforme alla CEI 79-2, composto da:

- ✓ barriere perimetrali sui quattro lati del perimetro dell'area utente;
- ✓ contatti sulle porte di accesso ai locali di utente, con eccezione del locale misure;
- ✓ sirena auto-alimentata antischiuma;
- ✓ centrale elettronica di allarme con almeno 4 zone;
- ✓ trasponder o chiave elettronica con interfaccia presso il cancello di ingresso;
- ✓ compositore GSM;

L'area utente è inoltre dotata di impianto di videosorveglianza.

#### **4.7 Protezione apparecchiature sottostazione - Protezione lato MT**

La sottostazione, come precedentemente descritto, sarà dotata di interruttori automatici MT, sezionatori di terra, lampade di presenza rete ad accoppiamento capacitivo, trasformatori di misura. Gli interruttori MT (con azionamento motorizzato) forniranno tramite relè indiretto la protezione dai corto circuiti, dai sovraccarichi, dai guasti a terra. Sarà presente anche un trasformatore MT/BT per l'alimentazione dei servizi ausiliari di sottostazione.

##### **4.7.1 Protezione apparecchiature sottostazione - Protezione di interfaccia**

Tale protezione ha lo scopo di separare i gruppi di generazione a MT dalla rete di trasmissione ad alta tensione in caso di malfunzionamento della rete.

E' realizzata tramite rilevatori di minima e massima tensione, minima e massima frequenza, minima tensione omopolare. La protezione agirà sugli interruttori delle linee in partenza verso le zone della centrale eolica.

##### **4.7.2 Protezione apparecchiature sottostazione - Protezione del trasformatore MT/AT**

La protezione di macchina è costituita da due interruttori automatici, uno sul lato MT, l'altro sul lato AT, corredati di relativi sezionatori e sezionatori di terra, lampade di presenza tensione ad accoppiamento capacitivo, scaricatori di sovratensione, trasformatori di misura e di rilevazione guasti. Sarà così realizzata sia la protezione dai corto circuiti e dai sovraccarichi che la protezione differenziale.



## 5 SISTEMA DI PROTEZIONE E CONTROLLO SCADA

Il sistema di protezione e controllo deve assicurare affidabilità e continuità di esercizio, contribuendo alla massimizzazione della produzione del parco eolico.

Il sistema svolge principalmente i seguenti compiti:

- ✓ garantisce protezione contro guasti elettrici;
- ✓ supporta l'esercizio locale e da remoto;
- ✓ acquisisce dati utili per l'esercizio, la manutenzione, le analisi e l'ottimizzazione.

La comunicazione avviene attraverso una rete Ethernet con velocità di trasferimento fino a 100 MB/s. Il protocollo impiegato, specificatamente sviluppato per applicazioni di controllo di reti e stazioni elettriche, deve essere conforme alla norma internazionale EN60870-5-104.

### 5.1 RTU della sottostazione

Tale sistema deve rispondere alle specifiche Terna Spa contenute nel documento DRRTX04092 Rev.02.

Le caratteristiche degli apparati periferici RTU devono essere tali da rispondere ai requisiti di affidabilità e disponibilità richiesti e possono variare in funzione della rilevanza dell'impianto:

- ✓ L'apparato RTU dovrà essere equipaggiato con CPU ridondate;
- ✓ Considerando che il Committente deve potere connettere l'apparato RTU anche ai propri sistemi, il firmware in esso installato dovrà poter gestire le connessioni multiple (multisessione IEC104) : quelle del Committente e quelle dedicate ai sistemi Terna, con separazione logica dei dati e dei relativi identificatori IEC 60870-5-104.
- ✓ Se l'apparato RTU è predisposto per gestire il riconoscimento del centro chiamante (master IEC104) attraverso l'indirizzo IP dello stesso, si richiede che ogni sessione dovrà poter gestire almeno 4 indirizzi IP da utilizzare alternativamente in funzione del centro Terna chiamante.
- ✓ La RTU dovrà svolgere i seguenti compiti:
- ✓ Interrogazione delle protezioni della sottostazione per l'acquisizione di segnali e misure attraverso le linee di comunicazione;
- ✓ Comando della sezione AT e MT della sottostazione;

- ✓ Acquisizione di segnali generali di tutta la rete elettrica;
- ✓ Trasmettere a Terna S.p.A i dati richiesti dal Regolamento di Esercizio, secondo i criteri e le specifiche dei documenti Terna DRRTX04092 e DRRTX02034. La fornitura dei collegamenti fisici CDN e Frame relay è di competenza del Committente.

L'unità dovrà consentire di sviluppare logiche di interblocco e di automazione, per soddisfare le esigenze di sicurezza operativa e di risposta automatica ad eventi di impianto. Si evidenzia, p.e, il raggiungimento di condizioni certe in seguito a black-out della rete AT, il ripristino della connessione ed ogni altra automazione che sarà prevista e regolata nel Regolamento di esercizio.

La connessione con le protezioni a MT dovrà avvenire su linee seriali ottiche, passando per un concentratore ottico. Si utilizzerà, pertanto, un canale trasmissivo ottico della rete a fibra ottica che collega la sottostazione con le cabine di sezionamento e di smistamento.

La RTU sarà comandabile in locale dalla sottostazione tramite un quadro sinottico che riporterà lo stato degli organi di manovra di tutta la rete MT e AT, i comandi, gli allarmi, le misure delle grandezze elettriche.

## 5.2 Unità di controllo dello stallo AT

Lo stallo AT dovrà essere gestito e protetto da un unico componente dotato di doppia CPU in grado di assicurare sia le funzioni protezione elettrica che quelle di controllo dello stato AT, assicurando la sopravvivenza di una delle due funzioni in caso di guasto hardware.

L'apparato dovrà essere dotato di display grafico per la rappresentazione della posizione degli organi di stallo ed il comando locale, subordinatamente alle opportune abilitazioni. Tra le informazioni gestite si evidenziano le posizioni degli organi AT dello stallo, i relativi comandi ed allarmi, gli allarmi del trasformatore, gli allarmi del Variatore Sotto carico, le misure delle grandezze elettriche.

## 5.3 SCADA

Lo SCADA deve essere modulare e configurabile secondo le necessità e configurazione basata su PC locale con WebServer per l'accesso remoto.

La struttura delle pagine video del sistema SCADA deve includere:

- ✓ Schema generale di impianto;
- ✓ Pagina allarmi con finestra di pre-view;



✓ Schemi dettagliati di stallo.

Lo SCADA dovrà acquisire, gestire e archiviare ogni informazione significativa per l'esercizio e la manutenzione, nonché i tracciati oscillografici generati dalle protezioni.

## 6 APPARECCHIATURE DI MISURA DELL'ENERGIA

### 6.1 Specifiche generali

L'apparecchiatura di misura (AdM) è costituita da:

- ✓ un complesso di misura, composto da:
  - trasformatori di tensione induttivi;
  - trasformatori di corrente;
  - armadi;
  - cablaggi, collegamenti e vie cavi;
  - morsettiere,
  - contatore.
- ✓ un dispositivo di comunicazione.

Tutti i punti di misura previsti sono fiscali e quindi sottoposti al controllo e suggellamento dell'ex Ufficio Tecnico di Finanza (UTF), ora Agenzia delle Dogane.

In particolare dovranno essere suggellabili:

- ✓ gli sportelli di chiusura della scatola degli avvolgimenti secondari dei trasformatori di misura;
- ✓ il selettore per il cambio di rapporto primario del trasformatore di misura, nel caso di primario a prese;
- ✓ lo sportello dell'armadio di smistamento;
- ✓ le morsettiere;
- ✓ parti terminali dei tubi flessibili;
- ✓ i contatori;
- ✓ il dispositivo di comunicazione;
- ✓ su tutto ciò che è accessibile a sportello aperto e la cui modifica può influenzare l'ottenimento dei dati di misura di interesse del Gestore e UTF con la precisione ed i requisiti richiesti.

Per la realizzazione e la prova delle apparecchiature di misura dovranno essere rispettate tutte le normative e circolari dell'UTF, nonché le specifiche tecniche Terna INSPX3, INSPX7 e INSPX9 per la misurazione sulla consegna a 150 kV. A tali documenti tecnici si rimanda per le specifiche delle vie cavi, dei collegamenti, degli armadi di



smistamento, di misura, per i carichi zavorra, i dispositivi di protezione, la messa a terra dei riduttori e degli schermi dei cavi, ecc..

## 6.2 AdM su consegna AT

L'AdM sarà ad utilizzo, oltre che del Committente anche del Gestore Locale, da Terna SpA e dall'UTF.

Le caratteristiche dei riduttori di corrente e tensione sono riportate nel par. 4.2.

Il contatore, conforme a quanto previsto dal par. 13 della specifica Terna INSPX3, sarà statico multifunzione GME teleleggibile, completo di modem PSTN<sup>1</sup>, avente le seguenti caratteristiche generali:

- ✓ misura dell'energia attiva in due direzioni e reattiva in quattro quadranti;
- ✓ classe di precisione energia attiva 0,2s e reattiva 0,5s;
- ✓ periodo di integrazione programmabile per intervalli fino a 15 minuti, programmato per periodi di integrazione di 15 minuti con termine di ciascun periodo coincidente con 00, 15, 30, 45, di ogni ora.
- ✓ accessibilità ed integrazione con il SAPR Terna;

Sarà previsto un armadio di smistamento sigillabile direttamente sotto lo stallo AT, contenente un interruttore tetrapolare automatico per la protezione del TV e le morsettiere del TV e del TA e un armadio di misura all'interno del locale misure contenente la morsettiera sigillabile antisfilamento, il contatore e il dispositivo di comunicazione.

La cavetteria dei circuiti di misura sarà realizzata con cavo schermato e protetta, lungo tutto il percorso, con tubo flessibile da 1 pollice in acciaio zincato rivestito esternamente con guaina in PVC. Ogni tubo dovrà avere alle estremità opportuni raccordi filettati atti ad impedire lo sfilamento dal contenitore a cui è connesso. All'interno del locale misure i tubi devono essere fissati a vista sulle pareti.

## 6.3 AdM su lato MT

Ogni scomparto MT dedicato ad arrivo linea proveniente dal campo eolico sarà provvisto di AdM, ad utilizzo, oltre che del Committente anche del Gestore Locale, da Terna SpA e dall'UTF. Come illustrato sullo schema unifilare allegato, attualmente sono presenti un misuratore sulla linea di arrivo degli aerogeneratori dell'impianto eolico esistente "Posticciola" ed un misuratore generale sul quadro di media. Con l'installazione di

<sup>1</sup> Se indisponibile sul sito l'accesso PSTN si dovrà provvedere a sostituirlo con modem GSM

un AdM per ogni linea in arrivo dagli impianti eolici sarà possibile implementare apposito algoritmo per la contabilizzazione dell'energia di ogni singola Unità Produttiva.

#### **6.4 AdM su servizi ausiliari**

Subito a valle del secondario dei trasformatori dei servizi ausiliari della sottostazione è presente un contatore in inserzione semi-diretta Aron per la contabilizzazione dell'energia assorbita dai servizi ausiliari.

I contatori, a solo uso fiscale UTF, sono unidirezionali e possono essere anche elettromeccanici. Avranno inoltre classe di precisione 1.

I contatori sono ubicati in appositi armadi di misura prossimi ai quadri di bassa tensione.