



ASSOCIAZIONE PER LA PROTEZIONE DALLE CORROSIONI ELETTROLITICHE

LINEA GUIDA

PROTEZIONE CATODICA DELLA RETE IN ACCIAIO DI DISTRIBUZIONE DEL GAS

EDIZIONE 6 Rev.0 - 2024

Pubblicata 03/10/2024

PERIODO DI APPLICAZIONE ANNO RIF.TO 2025-2030

Autore:

APCE - Associazione per la Protezione dalle Corrosioni Elettrolitiche

SEDE LEGALE

Via Maastricht 1
20097 San Donato Milanese
c/o Snam Rete Gas S.P.A.

Questa pubblicazione non è un documento normativo.

La responsabilità dei concetti espressi è unicamente degli autori.

TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI

Il documento è sottoposto alla tutela del diritto d'autore secondo la legislazione vigente. APCE intende avvalersi di tutti gli strumenti per tutelare il copyright.

La licenza d'uso del documento vieta (senza il consenso scritto di APCE):

- la modifica, l'adattamento e la riduzione;
- la traduzione;
- il noleggio/affitto;
- la vendita.

APCE mette a disposizione nel proprio sito web, www.apce.it, il download gratuito del documento.

ATTUAZIONE PROTEZIONE CATODICA PER IL PERIODO DI RIFERIMENTO 2025 - 2030

Nel 2015, a livello ISO è stata emessa la norma ISO 15589-1:2015 relativamente alla progettazione e ai criteri di monitoraggio della protezione catodica per condotte convoglianti gas naturale.

La norma è stata recepita a livello nazionale nel 2017 assumendo il riferimento UNI EN ISO 15589-1; il testo aggiorna e sostituisce la storica norma EN 12954.

Come conseguenza, UNI si è attivato per aggiornare nel 2019 la norma UNI 11094; norma di riferimento per le linee guida APCE.

La nuova edizione della norma UNI 11094 introduce un radicale aggiornamento rispetto alla precedente edizione del 2004:

- l'uso delle sonde di potenziale nei punti di misura caratteristici;
- classificazione dei punti di misura in riferimento alla norma UNI EN ISO 15589-1;
- classificazione delle interferenze elettriche.

L'adeguamento della telesorveglianza ai criteri UNI 10950 (norma aggiornata nel 2021) permette di acquisire in modo automatico anche il potenziale E_{OFF} su sonda; questo tipo di acquisizione, ancora oggetto di discussioni tecniche a livello normativo, sarà valutato da APCE nel corso dei prossimi anni per definirne l'appropriato utilizzo.

Considerando che l'adeguamento disposto dalla UNI 11094:2019 richiederà dei tempi tecnici di attuazione per la predisposizione impiantistica (installazione sonde) e di monitoraggio, la Linea Guida APCE recepirà totalmente le indicazioni UNI nei propri parametri di valutazione solo a partire dall'anno di riferimento 2025).

Gli obiettivi da perseguire, per allineare la gestione dei sistemi di protezione catodica alla normativa vigente, sono:

- 1) anno riferimento 2025: aggiornamento completo alla UNI 11094:2019 dei sistemi di protezione catodica:
 - i. obbligo aggiornamento classificazione dei punti di misura;
 - ii. obbligo valutazione interferenza elettrica e definizione/aggiornamento del numero minimo dei punti di misura caratteristici;

- iii. obbligo avvio messa in esercizio del numero minimo punti di misura caratteristici con relativo monitoraggio;
- 2) anno riferimento 2030: completare l'installazione delle sonde di potenziale nei punti di misura caratteristici;
- 3) anno riferimento 2030: completare l'aggiornamento degli apparati di telesorveglianza ai criteri UNI 10950;
- 4) esecuzione del collaudo dello stato elettrico dei sistemi di protezione catodica secondo i criteri UNI EN ISO 15589-1.

La gestione della protezione catodica contempla l'impiego di elettrodi di riferimento con dispositivo coupon che si prestano alla misura del potenziale E_{OFF} con apparati di acquisizione dei dati conformi alla UNI 10950; tali elettrodi con coupon, però, possono non soddisfare pienamente i requisiti dimensionali della norma UNI 11094 se progettati in un periodo antecedente.

La Linea Guida APCE accetta qualsiasi dispositivo sia stato installato per la misura del potenziale E_{OFF} in accordo alle norme tecniche vigenti; quindi, tali dispositivi verranno sostituiti al termine della loro vita utile con sonde di potenziale UNI 11094.

A partire dall'anno di riferimento 2025 i gestori delle reti gas saranno tenuti ad approvvigionare sonde di potenziale UNI 11094.

Sommario

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | Introduzione..... | 7 |
| 2. | Scopo e campo di applicazione..... | 7 |
| 3. | Riferimenti normativi..... | 8 |
| 4. | Termini e definizioni..... | 9 |
| 5. | Organizzazione funzionale dell'attività di protezione catodica..... | 10 |
| 5.1 | Risorse umane..... | 11 |
| 5.2 | Responsabile della protezione catodica..... | 11 |
| 5.3 | Progettazione e gestione della protezione catodica..... | 11 |
| 5.3.1. | Numero di sistemi di protezione catodica in cui è stata suddivisa la rete..... | 11 |
| 5.3.2. | Punti di misura dei parametri elettrici di protezione catodica..... | 12 |
| 5.3.3. | Documentazione periodica..... | 12 |
| 5.3.4. | Criterio compilazione tabella "O"..... | 12 |
| 5.3.5. | Archivio dei risultati delle misurazioni e verifiche di protezione catodica..... | 13 |
| 5.3.6. | Manuale di manutenzione e programma di controllo..... | 13 |
| 5.3.7. | Cartografia e anagrafica dei vari elementi dei sistemi di protezione catodica..... | 13 |
| 5.3.8 | Documentazione minima da produrre in caso di subentro di altro distributore nella concessione. | 14 |
| 6. | Misurazioni e monitoraggio dei sistemi di protezione catodica..... | 14 |
| 6.1 | Tipologia di misurazione e grandezze elettriche..... | 14 |
| 6.2 | Tipologia di monitoraggio dei sistemi di protezione catodica..... | 15 |
| 6.2.1 | Sistema di protezione catodica gestito con telesorveglianza o con operatore..... | 15 |
| 6.3 | Organizzazione delle misurazioni di protezione catodica..... | 15 |
| 7. | Conformità della misura del potenziale di protezione catodica..... | 15 |
| 7.1 | Criterio di protezione catodica..... | 15 |
| 7.2 | Conformità della misura breve durata del potenziale..... | 16 |
| 7.3 | Conformità della misura registrata del potenziale..... | 16 |
| 7.4 | Conformità della telesorveglianza..... | 16 |
| 7.4.1 | Registrazioni equivalenti..... | 17 |
| 7.5 | Valutazione della variabilità del campo elettrico..... | 17 |
| 8. | Condizione di protezione della rete in acciaio..... | 17 |
| 8.1 | Protezione catodica efficace per sistemi a corrente impressa..... | 17 |
| 8.2 | Protezione catodica non efficace per sistemi a corrente impressa..... | 18 |
| 8.3 | Conformità sistemi con anodi galvanici..... | 19 |
| 8.3.1 | Conformità sistemi con anodi galvanici gestiti con operatore..... | 19 |
| 8.3.2 | Conformità sistemi con anodi galvanici gestiti con telesorveglianza..... | 19 |
| 8.4 | Acciaio non protetto catodicamente..... | 19 |

| | | |
|----------|--|----|
| 8.5 | Acciaio aereo | 19 |
| 9. | Frequenze misurazioni per sistemi di protezione catodica | 20 |
| 10. | Modulo “KT” sistemi a corrente impressa monitorati con operatore | 22 |
| 11. | Modulo “KT” sistemi a corrente impressa telesorvegliati | 23 |
| 12. | Compilazione rapporto annuale dello stato elettrico dell’impianto | 24 |
| 12.1 | Guida alla compilazione del rapporto annuale..... | 24 |
| 12.1.1 | “Sezione 1” Dati e informazioni generali dell’impianto di distribuzione..... | 24 |
| 12.1.2 | “Sezione 2” Sistemi di protezione catodica protetti con anodi galvanici..... | 26 |
| 12.1.2.1 | “Sezione 2” Settori da compilare per sistemi non conformi | 26 |
| 12.1.3 | “Sezione 3” Sistemi di protezione catodica protetti a corrente impressa..... | 28 |
| 12.1.3.1 | “Sezione 3” Settori da compilare per sistemi non conformi | 28 |
| 12.2 | Modulo rapporto annuale dello stato elettrico dell’impianto | 30 |
| 13. | Indicatore dell’efficacia della protezione catodica KT | 32 |
| 13.1 | Caratteristiche dell’indicatore di protezione catodica..... | 32 |
| 13.2 | Parametri di calcolo e attestato del valore KT | 32 |
| 13.3 | Struttura dell’indicatore KT di protezione catodica..... | 34 |
| 13.4 | Coefficiente K1 inerente alla progettazione del sistema di protezione catodica | 34 |
| 13.5 | Coefficiente K11 inerente al sezionamento elettrico del sistema di protezione catodica.... | 35 |
| 13.6 | Coefficiente K12 inerente ai punti di misura del sistema di protezione catodica | 36 |
| 13.7 | Coefficiente K2 inerente alla gestione dei sistemi di protezione catodica..... | 37 |
| 13.8 | Coefficiente di gestione K2OP inerente ai controlli con operatore in campo | 38 |
| 13.9 | Coefficiente K21OP inerente alle misure di breve durata..... | 38 |
| 13.10 | Coefficiente K22OP inerente alle misure registrate..... | 40 |
| 13.11 | Coefficiente di gestione K2TLS inerente ai sistemi di protezione catodica dotati di telesorveglianza | 43 |

1. Introduzione

La presente Linea Guida è stata elaborata dall'APCE (Associazione per la Protezione dalle Corrosioni Elettrolitiche - Sede legale c/o Snam Spa Via Maastricht 1 – 20097 S. Donato Milanese).

APCE è stata riconosciuta dall'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA) come organismo tecnico competente per la definizione delle linee guida nel campo della protezione catodica di condotte metalliche adibite alla:

- DELIBERAZIONE 27 DICEMBRE 2019 569/2019/R/GAS e aggiornamenti successivi (distribuzione gas);
- DELIBERAZIONE 12 DICEMBRE 2023 589/2023/R/GAS e aggiornamenti successivi (trasporto gas);
- DELIBERAZIONE 23 OTTOBRE 2019 419/2019/R/GAS e aggiornamenti successivi (stoccaggio gas).

2. Scopo e campo di applicazione

Il campo di applicazione della presente Linea Guida è la protezione catodica delle strutture metalliche interrate destinate alla distribuzione del gas oggetto della Deliberazione ARERA ultima versione, con esclusione degli aspetti riguardanti la sicurezza generale degli operatori per i quali si rimanda alle specifiche prescrizioni normative e di legge.

Sono, altresì, incluse le strutture metalliche interrate destinate alla distribuzione di gas diversi dal gas naturale.

La presente Linea Guida per la protezione catodica degli impianti di distribuzione del gas contiene:

- raccomandazioni per valutare l'efficacia della protezione catodica;
- la procedura di calcolo dell'“indicatore numerico” denominato “KT”;
- le istruzioni per compilare il “Rapporto annuale dello stato elettrico dell'impianto di distribuzione”, in riferimento alle deliberazioni dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente.

I dettagli del “Rapporto annuale dello stato elettrico dell'impianto di distribuzione” con i criteri di stesura e i parametri per il calcolo dell'indicatore di efficacia della protezione catodica “KT” sono riportati nei paragrafi 12 e 13.

Le raccomandazioni della Linea Guida si basano sul contenuto tecnico delle normative e delle regole tecniche citate nel paragrafo 3.

In caso di contrasto fra una raccomandazione della presente Linea Guida e una prescrizione contenuta in una regola tecnica o in una norma tecnica, la prescrizione

è prevalente sulla raccomandazione.

La presente Linea Guida deve essere applicata per la compilazione del Rapporto annuale dello stato elettrico di ciascun impianto di distribuzione, per l'elaborazione del KT e per la compilazione della Tabella "O". Essa sarà periodicamente aggiornata per tener conto dell'evoluzione tecnica e normativa in ambito protezione catodica.

3. Riferimenti normativi

La presente Linea Guida fa riferimento, nell'ambito della protezione catodica, all'ultima edizione in vigore delle Leggi e delle norme di seguito elencate:

- [1] CEI EN 50162 Protezione contro la corrosione da correnti vaganti causate dai sistemi elettrici a corrente continua
- [2] UNI 10428 Protezione catodica di strutture metalliche interrate - Impianti di drenaggio unidirezionale
- [3] UNI 10950 Protezione catodica di strutture metalliche interrate. Telecontrollo dei sistemi di protezione catodica
- [4] UNI 11094 Protezione catodica di strutture metalliche interrate. Criteri generali per l'attuazione, le verifiche e i controlli ad integrazione della ISO 15589-1 per sistemi di protezione catodica a corrente impressa o anodi galvanici.
- [5] UNI EN ISO 15589-1 Industrie del petrolio, petrolchimiche e del gas – Protezione catodica dei sistemi di condotte – Condotte sulla terraferma
- [6] UNI EN 13509 Tecniche di misurazione per la protezione catodica
- [7] UNI EN 14505 Protezione catodica di strutture complesse
- [8] UNI EN ISO 15257 Protezione catodica - Livelli di competenza nel personale nel campo della protezione catodica – Schema base di certificazione
- [9] UNI 9165 Condotte con pressione massima di esercizio minore o uguale a 5 bar
- [10] D.M. 4/4/14 Norme Tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto
- [11] D.M. 16/4/08 Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e degli impianti di distribuzione di gas naturale con densità non superiore a 0,8

4. Termini e definizioni

Ai fini della presente Linea Guida valgono tutte le definizioni contenute nei documenti citati al punto 3; considerando che l'esperto di protezione catodica, qualificato o certificato UNI EN ISO 15257, deve conoscere il contenuto tecnico delle norme e regole tecniche vigenti in materia, le stesse non sono riproposte nel testo della presente Linea Guida.

La norma UNI EN ISO 15589-1 prescrive che la verifica dell'efficacia di un sistema di protezione catodica può essere suddivisa convenzionalmente in due aree: controllo dei dispositivi e misurazioni dei parametri elettrici di protezione catodica sulla struttura.

Nella Linea Guida per la parte di verifica dell'efficacia di un sistema di protezione catodica viene trattata la sola parte relativa alle misurazioni dei parametri elettrici di protezione catodica. È demandato al responsabile di protezione catodica stabilire, pianificare ed organizzare i controlli dei dispositivi di protezione catodica secondo le prescrizioni delle norme tecniche vigenti in materia.

Per l'interpretazione del contenuto del presente documento, si riportano le seguenti definizioni (maggiori dettagli sono descritti nei paragrafi del capitolo 8):

- Condizione di PC efficace:

per il sistema di protezione catodica a corrente impressa analizzato, condizione $KT \geq 60$ per l'anno di riferimento. Per i casi di $KT < 60$ nell'anno di riferimento possono essere forzati a $KT = 60$ sotto diretta responsabilità del distributore, nei casi descritti al paragrafo 8.

Per il sistema di protezione catodica con anodi, invece, è sufficiente una misura annuale conforme effettuata su un punto di misura ogni 1.500 metri di rete.

- Condizione di PC non efficace:

per il sistema di protezione catodica a corrente impressa analizzato, $KT < 60$ per l'anno di riferimento.

Per il sistema di protezione catodica con anodi, invece, la condizione di PC non efficace si riscontra quando la misura annuale effettuata su un punto di misura ogni 1.500 metri risulti non conforme.

Le definizioni sopra riportate sono legate a valutazioni aggregate in capo ai singoli sistemi di protezione catodica e non discriminano eventuali non conformità dei singoli punti di misura che devono essere valutati e trattati come previsto dalla normativa vigente.

- Acciaio non protetto catodicamente:

l'acciaio non protetto catodicamente è suddiviso in quattro distinte categorie:

- tratte di rete in acciaio interrato, di lunghezza superiore a 12 m, a cui

non è applicata la protezione catodica (rete non collegata ad alimentatori a corrente impressa o ad anodi galvanici);

- tratte di rete di lunghezza limitata (inferiori o uguali a 12 metri) ai quali non è stata applicata la protezione catodica in accordo alla norma UNI 9165;
 - tratte di rete aeree alle quali non può essere applicata la protezione catodica; rientrano in questo conteggio le tubazioni aeree, elettricamente isolate da quelle interrate. Non devono essere incluse in questo conteggio le tubazioni che risultano aeree ma facenti parte del circuito di ritorno della corrente di protezione catodica;
 - rete sottesa ai sistemi di protezione catodica, per i quali nell'anno di riferimento e in quello precedente, è stata riscontrata la condizione di $KT < 60$, per i sistemi a corrente impressa, e la condizione di non conformità, per i sistemi con anodi galvanici descritta al punto 8.3.
- Sistema di protezione catodica:
ai fini della Linea Guida è una porzione di rete, dell'impianto di distribuzione gas, protetta catodicamente in modo indipendente dalle altre, dalle quali è elettricamente isolata o separata da strutture adiacenti di parti terze o dello stesso gestore attraverso collegamenti debitamente classificati e monitorati.
 - Anno di riferimento:
anno a cui si riferiscono i dati riportati nel rapporto annuale dello stato elettrico di protezione catodica e nel KT.
 - Sistema di protezione catodica telesorvegliato:
sistema di protezione catodica a corrente impressa in cui tutti gli alimentatori, i drenaggi, gli attraversamenti ferroviari, i collegamenti con altre strutture e il numero minimo dei punti caratteristici richiesti dalla norma UNI 11094 sono dotati di dispositivo di telesorveglianza secondo norma UNI 10950.

Un sistema protetto con anodi galvanici è ritenuto telesorvegliato quando almeno un punto di misura ogni 1.500 metri è dotato di dispositivo di telesorveglianza secondo norma UNI 10950.

5. Organizzazione funzionale dell'attività di protezione catodica

Le risorse umane, tecniche e logistiche che costituiscono la struttura operativa del settore protezione catodica possono appartenere all'impresa distributrice, a terzi o in parte all'impresa distributrice e in parte a terzi.

La responsabilità dell'attività di protezione catodica ricade in ogni caso sull'impresa distributrice.

5.1 Risorse umane

L'impresa distributrice per il proprio personale deputato alle operazioni di protezione catodica deve assicurare l'aggiornamento tecnico professionale necessario alla corretta esecuzione delle mansioni, compreso l'addestramento inerente alle metodologie di misurazione, l'uso di dispositivi elettronici, l'analisi e la valutazione dei dati di protezione catodica.

Società terze che concorrono alla gestione della protezione catodica devono possedere personale adeguatamente qualificato e rappresentato/coordinato da figure professionali certificate secondo norma UNI EN ISO 15257.

5.2 Responsabile della protezione catodica

L'impresa distributrice deve designare in forma scritta un responsabile di protezione catodica a cui assegnare la responsabilità, diretta o funzionale, della gestione della protezione catodica e la funzione di convalidare e firmare il "Rapporto annuale di stato elettrico" citato al paragrafo 5.3.3.

La firma della documentazione tecnica da parte del responsabile di protezione catodica può avvenire anche in forma elettronica con idonea procedura di validazione gestita dai sistemi informatici dell'impresa distributrice.

Il responsabile della protezione catodica deve essere una persona interna all'impresa distributrice, ferma restando l'eventuale collaborazione tecnica richiesta a persone terze.

5.3 Progettazione e gestione della protezione catodica

5.3.1. Numero di sistemi di protezione catodica in cui è stata suddivisa la rete

La rete di un impianto di distribuzione deve essere sezionata da giunti isolanti, al fine di creare sistemi di protezione catodica che permettano di gestire le interferenze elettriche secondo norma UNI EN 50162, separare le condotte da non sottoporre a protezione catodica e gestire le aree complesse secondo UNI EN 14505.

Per il calcolo dei parametri della protezione catodica, da un punto di vista pratico, la Linea Guida prende come riferimento una lunghezza indicativa del sistema di protezione catodica di 20.000 metri.

L'impresa distributrice deve determinare il numero dei sistemi di protezione catodica in cui è stato suddiviso l'impianto di distribuzione del gas, assegnando a ciascun sistema un codice di identificazione univoco.

I sistemi possono essere protetti da anodi galvanici o da impianti a corrente impressa.

5.3.2. Punti di misura dei parametri elettrici di protezione catodica

Per monitorare la protezione catodica delle condotte di acciaio interrate, è necessario identificare i punti di misura sui quali effettuare le misurazioni elettriche.

Per quantificare la progettazione, la Linea Guida prende in considerazione una spaziatura indicativa di 1.500 metri tra i punti di misura.

Il “posto di misura” UNI EN ISO 15589-1 rappresenta la custodia/pozzetto dove vengono attestati uno o più cavi saldati alla condotta interrata, definiti come “punti di misura”.

L’impresa distributrice dovrà assegnare ai punti di misura, un codice univoco considerando che l’alimentatore di protezione catodica, l’anodo galvanico, il drenaggio (unidirezionale o misto) e il collegamento con strutture estranee sono considerati “punti di misura”.

5.3.3. Documentazione periodica

L’impresa di distribuzione è tenuta a predisporre la seguente documentazione periodica, ai sensi della Deliberazione ARERA in vigore:

- rapporto annuale dello stato elettrico per ogni impianto di distribuzione gestito, vedi paragrafo 12;
- calcolo “KT” per ogni sistema di protezione catodica a corrente impressa, vedi allegato tecnico paragrafo 10 e 0;
- compilazione della tabella “O” riportata nella Deliberazione;
- resoconto delle misurazioni e relativi allegati (es. diagrammi cartacei o elettronici).

5.3.4. Criterio compilazione tabella “O”

La tabella “O” deve essere compilata con le seguenti informazioni:

- devono essere riportate tutte le misure effettuate con operatore, conformi e non conformi anche se vengono superate le 12 misure all’anno, a prescindere che il punto di misura sia Telesorvegliato o meno. La misura dovrà riportare la modalità di effettuazione OP (Operatore) e l’esito del controllo (1 conforme, 2 non conforme);
- per i punti di misura Telesorvegliati “in continuo e conformi” (almeno 300 giorni/anno conformi) deve essere riportata una sola riga con la modalità di effettuazione TLS (Telesorveglianza), data 31 dicembre dell’anno di riferimento e l’esito del controllo 1 (conforme);
- per i punti Telesorvegliati “non conformi” (almeno 300 giorni/anno di trasmissione ma meno di 300 conformi) o “non in continuo” (meno di 300 giorni/anno di trasmissione) deve essere riportata una misura con modalità TLS (Telesorveglianza), data 31 dicembre dell’anno di riferimento e l’esito del controllo 2 (non conforme). Devono essere riportate, inoltre, eventuali misure registrate equivalenti con la modalità di effettuazione TLS

(Telesorveglianza), la data della prima misura conforme del mese e l'esito del controllo 1 (conforme).

Nota:

Per meglio caratterizzare la tipologia di misurazione, nella tabella "O" il distributore potrebbe aggiungere altre colonne esplicative rispetto a quanto richiesto da ARERA, ad esempio una colonna indicante la dicitura: "1= continuo" oppure "2= non in continuo".

5.3.5. Archivio dei risultati delle misurazioni e verifiche di protezione catodica

L'impresa di distribuzione deve mantenere in archivio in modo rintracciabile i risultati delle misurazioni di protezione catodica in accordo alla norma UNI EN ISO 15589-1.

I resoconti delle misurazioni e i diagrammi dove previsti dalle tecniche di misura UNI EN 13509, eseguiti con operatore o ricavate dal sistema di telesorveglianza, devono essere conservati per un periodo non minore a cinque anni solari.

Tutta la documentazione periodica di cui al capitolo 5.3.3 deve essere archiviata in formato elettronico ed eventualmente in cartaceo e deve essere resa disponibile in occasioni di eventuali audit interni o esterni all'azienda di distribuzione.

5.3.6. Manuale di manutenzione e programma di controllo

L'impresa distributrice deve predisporre il manuale di manutenzione e il programma di monitoraggio dei sistemi di protezione catodica, in conformità alle normative e regole tecniche vigenti.

Il manuale di manutenzione, ai fini della Linea Guida, deve comprendere la pianificazione e le indicazioni tecniche che permettano lo svolgimento delle misurazioni in campo o l'uso/gestione della telesorveglianza UNI 10950.

5.3.7. Cartografia e anagrafica dei vari elementi dei sistemi di protezione catodica

L'impresa di distribuzione deve predisporre una cartografia con evidenza dei sistemi di protezione catodica, come richiesto dalla norma UNI EN ISO 15589-1, UNI 11094 e dalla Deliberazione ARERA in vigore.

Gli elementi minimi che devono essere riportati in cartografia sono:

- linee rete;
- alimentatori, drenaggi, collegamenti con strutture estranee e anodi;
- altri punti di misura;
- giunti dielettrici di linea.

Le linee di rete devono essere discriminate per i seguenti parametri:

- materiale;
- lunghezze;
- diametri;
- tipologia di rivestimento, laddove l'informazione è disponibile;
- sistema elettrico di appartenenza;
- stato di esercizio.

I punti di misura devono essere identificabili sulla scorta di quanto previsto dalla

UNI 11094; preferibilmente, indicando se attrezzati con elettrodo o sonda di potenziale.

5.3.8 Documentazione minima da produrre in caso di subentro di altro distributore nella concessione.

Devono essere rese disponibili al distributore subentrante, nei passaggi di competenza nella gestione dell'impianto, le seguenti informazioni:

- documentazione periodica (rapporto annuale e attestato dell'indicatore KT) riferita ai due anni di esercizio precedenti al subentro;
- report di misure effettuate nel corso dell'anno di subentro, documentazione prevista al paragrafo 5.3.7;
- dichiarazione di conformità degli impianti elettrici associati ai sistemi di protezione catodica.

6. Misurazioni e monitoraggio dei sistemi di protezione catodica

Di seguito, sono riportate le tipologie di misurazioni delle grandezze elettriche e la tipologia di monitoraggio dei sistemi di protezione catodica.

6.1 Tipologia di misurazione e grandezze elettriche

La metodologia di misura dei parametri elettrici di protezione catodica, indipendentemente dal tipo di acquisizione scelto, deve rispettare i criteri riportati nella norma UNI EN 13509.

Le misurazioni possono comprendere:

- misure di breve durata eseguite da operatore secondo UNI 11094;
- misure registrate eseguite da operatore $\geq 24h$, secondo UNI 11094;
- misure registrate per la valutazione del potenziale E_{ON} , E_{OFF} , E_{SONDA} UNI 11094;
- misure registrate per la valutazione del criterio "100 mV shift" – UNI EN ISO 15589-1;
- telesorveglianza (misura in continuo) con dispositivo elettronico UNI 10950.

Ogni tipologia di misura deve essere rintracciabile e valutabile nel tempo, associando alle grandezze acquisite le seguenti informazioni minime:

- identificazione del punto di misura;
- data esecuzione misura;
- grandezza misurata;
- tipologia di misura;
- riferimento operatore o del dispositivo di acquisizione automatico.

6.2 Tipologia di monitoraggio dei sistemi di protezione catodica

Le norme di riferimento UNI EN ISO 15589-1, UNI 10950 e UNI 11094, stabiliscono che un sistema di protezione catodica possa essere monitorato con operatore o con telesorveglianza. È possibile avere un sistema monitorato con operatore dotato di punti telesorvegliati in quantità minore rispetto a quanto indicato nella norma UNI 11094.

L'impiego della telesorveglianza, in accordo ai requisiti minimi UNI 10950, ottimizza le misurazioni periodiche eseguite con operatore; se i requisiti minimi non sono sufficienti ad assicurare il monitoraggio della continuità elettrica del sistema di protezione catodica, il tecnico di protezione catodica o tecnico di terzi, certificato secondo UNI EN ISO 15257, deve incrementare il numero di punti dotati di telesorveglianza oppure programmare misurazioni integrative eseguite con operatore.

6.2.1 Sistema di protezione catodica gestito con telesorveglianza o con operatore

Un sistema di protezione catodica si può definire telesorvegliato solo quando il numero minimo di punti di misura indicati nella norma UNI 11094 sono dotati di dispositivo elettronico funzionante con archivio dati secondo i criteri della norma UNI 10950 per un periodo maggiore o uguale a 6 mesi nell'anno di riferimento; diversamente, al sistema deve essere attribuito il monitoraggio con operatore. Variazioni impiantistiche che prevedono l'aggiunta di un dispositivo di telesorveglianza nel secondo semestre dell'anno di riferimento, secondo quanto previsto dalla norma UNI 11094, non pregiudicano la tipologia di gestione del sistema.

6.3 Organizzazione delle misurazioni di protezione catodica

Per la verifica dello stato elettrico di un sistema di protezione catodica, le norme UNI EN ISO 15589-1 e UNI 11094 stabiliscono i criteri di scelta dei punti e delle misurazioni da effettuare.

Nella norma UNI 11094 sono riportati, per i sistemi di protezione catodica a corrente impressa e per i sistemi protetti con anodi galvanici, le frequenze minime e le tipologie di misurazioni periodiche da eseguire con operatore e i criteri di implementazione della telesorveglianza.

7. Conformità della misura del potenziale di protezione catodica

7.1 Criterio di protezione catodica

Le norme UNI EN ISO 15589-1 e UNI EN 14505 riportano il criterio di protezione catodica E_{IRfree} che deve essere rispettato al fine di rendere trascurabile, dal punto di vista ingegneristico, il rateo di corrosione elettrolitica delle strutture metalliche interrate.

La norma UNI EN ISO 15589-1 permette l'utilizzo del criterio di protezione catodica "100 mV shift".

L'applicazione del criterio "100 mV shift" si deve limitare a casi in cui non sia tecnicamente possibile soddisfare i criteri di protezione di riferimento riportati nella stessa UNI EN ISO 15589-1 come nei casi circoscritti a strutture con bassa resistenza di isolamento.

Il criterio "100 mV shift" della norma ISO non è applicabile nei seguenti casi:

- temperature di esercizio della struttura superiore a 40°C;
- presenza di batteri solfato riduttori;
- presenza di correnti vaganti;
- presenza di "stress corrosion cracking";
- presenza di accoppiamenti galvanici, non scollegabili.

È compito del tecnico di protezione catodica, o tecnico di terzi, certificato secondo UNI EN ISO 15257, selezionare il criterio di protezione catodica consono alla struttura che sta gestendo, identificando i parametri elettrici di riferimento che permettano di valutare e validare le misurazioni di protezione catodica.

L'interpretazione delle misurazioni di protezione catodica deve permettere di adottare le soluzioni tecniche idonee per assicurare la protezione catodica efficace nel tempo.

7.2 Conformità della misura breve durata del potenziale

I valori misurati devono essere uguali o più negativi dei parametri di riferimento di cui paragrafo 7.1.

7.3 Conformità della misura registrata del potenziale

Il potenziale registrato deve essere comparato con il criterio di protezione di cui paragrafo 7.1.

Le regole di conformità del potenziale vanno riferite alla norma UNI 11094. In generale, il potenziale registrato non deve contenere valori più positivi rispetto ai parametri di riferimento di cui paragrafo 7.1, per un tempo di permanenza > 3600 (tremilaseicento) secondi nell'arco delle 24h purché non continuativi.

Misure "registrate" E_{ON} , E_{SONDA} , E_{IRfree} della durata inferiore a 24h consecutive, sono da ritenersi misure di breve durata e la cui conformità dovrà essere valutata del tecnico di protezione catodica, secondo quanto riportato nel paragrafo 7.1.

Solo per le misure registrate E_{cor} , E_{OFF} , E_{ON}/E_{OFF} UNI 11094 e "100 mV shift" – UNI EN ISO 15589-1, sono ammesse durate inferiori alle 24h.

7.4 Conformità della telesorveglianza

L'insieme dei dispositivi elettronici e il relativo software di gestione devono

permettere l'elaborazione dei dati acquisiti al giorno (24h) "verifica della conformità giornaliera" secondo norma UNI 10950 e Deliberazione ARERA in vigore.

Un punto di misura telesorvegliato è conforme quando elabora ed acquisisce un numero di "giorni/anno con valori conformi" ≥ 300 .

Un giorno è ritenuto conforme quando la misura di 24h rispetta il criterio di conformità della misura registrata del potenziale, di cui paragrafo 7.3.

Qualora i "giorni/anno conformi" elaborati e/o acquisiti siano minori di 300, possono essere ricavate le registrazioni equivalenti di cui paragrafo 7.4.1.

7.4.1 Registrazioni equivalenti

È ammessa una registrazione equivalente/mese per ogni punto di misura telesorvegliato se nel mese di riferimento sono presenti almeno 15 giorni conformi. Le registrazioni equivalenti sono utilizzabili per valutare l'efficacia della protezione catodica.

7.5 Valutazione della variabilità del campo elettrico

La variabilità del campo elettrico di un sistema di protezione catodica, rilevata secondo norma UNI 11094, deve prevedere la classificazione del sistema in:

- sistema NON INTERFERITO;
- sistema INTERFERITO.

8. Condizione di protezione della rete in acciaio

L'acciaio si definisce protetto catodicamente quando sono applicati e rispettati i criteri della presente Linea Guida e delle norme e regole tecniche vigenti in materia.

8.1 Protezione catodica efficace per sistemi a corrente impressa

Per un sistema di protezione catodica a corrente impressa, l'acciaio è considerato "protetto catodicamente in modo efficace" quando, nell'anno di riferimento, il KT assume valori ≥ 60 .

Particolari condizioni di esercizio degli impianti (anomalie) possono determinare $KT < 60$; per questi sistemi è possibile attribuire nell'anno di riferimento "KT=60 forzato" se i tre seguenti criteri sono rispettati:

- nel periodo antecedente all'anomalia è dimostrabile il rispetto dei criteri di protezione di cui al punto 7.1;
- il valore del KT nei due anni precedenti a quello di riferimento era ≥ 60 o KT=60 forzato per cause di forza maggiore, intese come atti di autorità pubblica, eventi naturali eccezionali per i quali sia stato dichiarato lo stato di calamità dall'autorità competente, a condizione che in ogni anno di forzatura sia dimostrabile il rispetto dei criteri di protezione di cui al punto 7.1;
- il responsabile della protezione catodica è in grado di documentare e giustificare la causa dell'anomalia.

Il “KT=60 forzato” può anche essere attribuito:

- nell’anno di riferimento ai sistemi di prima messa in protezione a condizione che sia dimostrabile il rispetto dei criteri di protezione di cui al punto 7.1;
- nell’anno di riferimento per ulteriori cause di forza maggiore, intese come atti di autorità pubblica, eventi naturali eccezionali per i quali sia stato dichiarato lo stato di calamità dall’autorità competente, a condizione che nello stesso anno di riferimento sia dimostrabile il rispetto dei criteri di protezione di cui al punto 7.1;
- nell’anno di riferimento in caso di subentro nella gestione dell’impianto di distribuzione, nel terzo quadrimestre dell’anno, a condizione che sia dimostrabile il rispetto dei criteri di protezione di cui al punto 7.1.

Nel periodo transitorio caratterizzato dall’implementazione impiantistica e adeguamento dei sistemi di telesorveglianza, dall’anno di riferimento 2025 al 2030, i gestori delle reti potranno aggiungere al valore KT finale, acquisito secondo il criterio di calcolo della presente Linea Guida, una quota massima pari a 5 punti, secondo il seguente criterio:

- sistema dove i punti di misura caratteristici sono attrezzati TUTTI con elettrodi con piastrina o sonde di potenziale non conformi a UNI 11094: **1 PUNTO**

o

- sistema dove i punti misura caratteristici sono TUTTI attrezzati con sonde di potenziale conformi ai criteri di accettabilità UNI 11094: **2 PUNTI**

e

- tutti i punti minimi richiesti per SPC TLS UNI 11094 sono attrezzati con dispositivo aggiornato UNI 10950 e con possibilità acquisizione E_{OFF}/E_{IRfrec} : **3 PUNTI**.

La società di distribuzione, in funzione dei materiali installati “da dichiarare nel campo note del modulo calcolo KT”, può attribuire al singolo SPC il bonus legato all’implementazione impiantistica.

Il bonus da reiterare per ciascun anno di questo periodo transitorio serve a mitigare le situazioni di instabilità che possono incorrere nelle fasi di revamping impiantistici. Al termine di questo periodo il bonus deve essere eliminato.

Il bonus è applicabile ai soli sistemi che hanno avuto nell’anno antecedente a quello di riferimento un $KT \geq 60$ non forzato, al netto di punti bonus precedentemente accreditati.

8.2 Protezione catodica non efficace per sistemi a corrente impressa

Per un sistema di protezione catodica a corrente impressa, l’acciaio è considerato “protetto catodicamente in modo non efficace” quando, nell’anno di riferimento, il KT assume valore <60 .

8.3 Conformità sistemi con anodi galvanici

Il sistema con anodi è stabile per eccellenza fin tanto che l'anodo è attivo ed in grado di erogare corrente; questo fenomeno è caratterizzato da una legge elettrochimica che dipende dall'accoppiamento galvanico tra due metalli con potenziale differente.

Il criterio di conformità di un sistema con anodi si basa sulla presenza di misure conformi; non è applicabile il calcolo KT.

8.3.1 Conformità sistemi con anodi galvanici gestiti con operatore

Un sistema protetto con anodi galvanici con estensione di rete ≤ 1.500 metri è ritenuto conforme, se almeno 1 (uno) punto di misura presente nel sistema assume misurazioni conformi al paragrafo 7.1.

Un sistema protetto con anodi galvanici con estensione di rete $>$ di 1.500 metri è ritenuto conforme, se almeno 1(uno) punto di misura ogni 1.500 metri assume misurazioni conformi al paragrafo 7.1.

8.3.2 Conformità sistemi con anodi galvanici gestiti con telesorveglianza

Analogamente a quanto previsto al paragrafo 8.3.1, per valutare la conformità per questa tipologia di gestione, valgono gli stessi criteri circa il numero minimo di punti di misura presenti nei sistemi con anodi galvanici gestiti con operatore.

Tale tipologia di sistemi è conforme, se è presente almeno una misura registrata equivalente per ogni punto di misura ogni 1.500 metri.

8.4 Acciaio non protetto catodicamente

L'acciaio non protetto catodicamente è suddiviso in quattro distinte categorie:

- tratte di rete in acciaio interrato, di lunghezza superiore a 12 metri, a cui non è applicata la protezione catodica, ovvero rete non collegata ad alimentatori a corrente impressa o ad anodi galvanici (1C del Rapporto Annuale);
- tratte di rete di lunghezza limitata (inferiori o uguali a 12 metri) ai quali non è stata applicata la protezione catodica in accordo alla norma UNI 9165 (1F del Rapporto Annuale);
- rete dei sistemi di protezione catodica a corrente impressa per i quali è stata riscontrata la condizione di $KT < 60$ nell'anno di riferimento e in quello precedente (1D del Rapporto Annuale);
- rete dei sistemi di protezione catodica con anodi galvanici per i quali è stata riscontrata la condizione di non conformità, di cui al punto 8.3, nell'anno di riferimento e in quello precedente (1E del Rapporto Annuale).

8.5 Acciaio aereo

Nell'impianto di distribuzione possono essere presenti:

- condotte aeree in acciaio elettricamente isolate rispetto alle condotte interrato protette catodicamente;
- condotte aeree in acciaio interposte o collegate a tratti di condotta in acciaio non protette catodicamente o a tratti secondo norma UNI 9165 o a tratti di tubazione in polietilene (i tratti UNI 9165 elettricamente collegate dalla condotta aerea non devono superare i 12 metri complessivi).

In questi casi la protezione catodica dalla corrosione elettrolitica non può essere applicata. La lunghezza di questa condotta va scorporata dal calcolo percentuale della rete in protezione catodica (vedi paragrafo 12).

- condotte aeree in acciaio elettricamente collegate alle condotte interrato protette catodicamente, facente parte del circuito di ritorno della corrente di protezione catodica.

La lunghezza di queste condotte va inclusa nel conteggio della lunghezza della rete in acciaio protetta catodicamente; quindi, è inclusa nel calcolo percentuale della rete in protezione catodica (vedi paragrafo 12).

9. Frequenze misurazioni per sistemi di protezione catodica

A prescindere dalla tipologia di monitoraggio di un sistema di protezione catodica, vedi paragrafo 6.2, il tecnico di protezione catodica, o tecnico di terzi, certificato secondo UNI EN 15257, deve:

- per ciascun sistema di protezione a corrente impressa:
 - identificare il numero minimo dei punti caratteristici secondo UNI 11094, in funzione della variabilità del campo elettrico. Per un sistema di protezione catodica con estensione, per esempio, di 20.000 m, monitorato con operatore o con telesorveglianza, il numero minimo di punti caratteristici da individuare è il seguente:
 - n. 2 punti di misura caratteristici, sistema NON INTERFERITO;
 - n. 4 punti di misura caratteristici, sistema INTERFERITO;
- per ciascun sistema di protezione con anodi galvanici:
 - per sistemi di protezione catodica con lunghezza rete ≤ 1.500 metri: identificare almeno un punto di misura; il punto di misura può coincidere con l'anodo galvanico o con l'eventuale attraversamento ferroviario;
 - per sistemi di protezione catodica con lunghezza rete > 1.500 metri: identificare almeno un punto di misura ogni 1.500 metri di estensione rete; il punto di misura può coincidere con l'anodo galvanico o con l'eventuale attraversamento ferroviario.

Nei sistemi con lunghezza rete ≤ 1.500 metri, l'anodo galvanico può anche essere l'unico punto di misura presente. Il funzionamento dell'anodo garantisce la protezione catodica efficace (a condizione che i valori delle misure siano conformi al paragrafo 7.1).

I criteri ovvero le frequenze minime delle misurazioni di protezione catodica per sistemi monitorati con operatore o con telesorveglianza, di cui paragrafo 6.2., devono essere ricavati dai prospetti A.1, A.2 e A.3 della norma UNI 11094.

10. Modulo “KT” sistemi a corrente impressa monitorati con operatore

INDICATORE DI PROTEZIONE CATODICA KT

SISTEMA DI PROTEZIONE CATODICA A CORRENTE IMPRESSA MONITORATO CON OPERATORE (OP)

Ragione Sociale _____ Anno di riferimento _____
 Codice Distributore _____ Codice Impianto Distribuzione _____
 Denominazione impianto _____ Codice univoco SPC _____

| Parametri di calcolo del sistema di protezione catodica | | | |
|--|---|------------------|--|
| L_{SPC} | Lunghezza della rete in acciaio del sistema di protezione catodica | [m] | |
| N_{PM} | Numero totale dei punti di misura presenti nel sistema di protezione catodica (punti di misura definiti come “tutti” in UNI 11094) | [n.] | |
| ΔE | Variazione del campo elettrico (Non interferito – Interferito) | NON INT / INT | |
| N_{AF} | Numero dei punti di misura in corrispondenza di attraversamento o parallelismo con linee ferroviarie presenti nel sistema di protezione catodica | [n.] | |
| N_{IPC} | Numero totale degli impianti di protezione catodica a corrente impressa, degli impianti di drenaggio (unidirezionale o misto) e degli impianti di collegamenti con strutture estranee presenti nel sistema di protezione catodica | [n.] | |
| N_{PMC} | Numero punti di misura caratteristici del sistema | [n.] | |
| N_{PMS} | Numero punti di misura selezionati del sistema (esclusi N_{AF} , N_{IPC} , N_{PMC}) | [n.] | |
| Parametri di calcolo dei controlli con Operatore in campo (OP) | | | |
| N_{MBD}^{OP} | Numero di misure di breve durata conformi eseguite sul sistema di protezione catodica | [n.] | |
| N_{MR}^{OP} | Numero di misure registrate conformi, comprensive delle misure registrate equivalenti (escluse quelle eseguite sui punti di misura rimanenti) eseguite sul sistema di protezione catodica | [n.] | |
| N_{MR-T}^{OP} | Numero delle misure registrate triennali (punti di misura rimanenti) conformi attribuite all’anno di riferimento | [n.] | |
| P_{TLC}^{OP} | Numero di punti di misura dotati di tele sorveglianza conformi presenti sul sistema di protezione catodica | [n.] | |

| Bonus applicabile | Punteggio | BONUS |
|--|-----------|-------|
| Sistemi dove TUTTI i punti caratteristici sono dotati di elettrodi con piastrine o sonde | [1] | |
| Sistemi dove TUTTI i punti caratteristici sono dotati di sonde conformi a UNI 11094 | [2] | |
| Sistemi dove TUTTI i punti minimi richiesti dotati di TLS sono conformi alla UNI 10950 | [3] | |

KT=

KT forzato 60= ..No(normalmente scritto)/SI(in caso di forzatura)

Data (gg/mm/aaaa)

NOMINATIVO RESPONSABILE PROTEZIONE CATODICA

11. Modulo “KT” sistemi a corrente impressa telesorvegliati

INDICATORE DI PROTEZIONE CATODICA KT

SISTEMA DI PROTEZIONE CATODICA A CORRENTE IMPRESSA TELESORVEGLIATO (TLS)

Ragione Sociale _____ Anno di riferimento _____
 Codice Distributore _____ Codice Impianto Distribuzione _____
 Denominazione impianto _____ Codice univoco SPC _____

| Parametri di calcolo del sistema di protezione catodica | | | |
|---|--|---------------|--|
| L_{SPC} | Lunghezza della rete in acciaio del sistema di protezione catodica | [m] | |
| N_{PM} | Numero totale dei punti di misura presenti nel sistema di protezione catodica (punti di misura definiti come “tutti” in UNI 11094) | [n.] | |
| ΔE | Variazione del campo elettrico (Non interferito – Interferito) | NON INT / INT | |
| N_{AF} | Numero dei punti di misura in corrispondenza di attraversamento o parallelismo con linee ferroviarie presenti nel sistema di protezione catodica | [n.] | |
| N_{IPC} | Numero totale degli impianti di protezione catodica a corrente impressa, degli impianti di drenaggio (unidirezionale o misto) e degli impianti di collegamenti con strutture estranee presenti nel sistema di protezione catodica | [n.] | |
| N_{PMC} | Numero punti di misura caratteristici del sistema | [n.] | |
| N_{PMS} | Numero punti di misura selezionati del sistema (esclusi N_{AF} , N_{IPC} , N_{PMC}) | [n.] | |
| Parametri di calcolo dei controlli con Telesorveglianza (TLS) | | | |
| N_{PM}^{TLS} | Numero di punti di misura totali dotati di telesorveglianza con misure conformi presenti nel sistema di protezione catodica (impianti, attraversamenti ferroviari, punti caratteristici) | [n.] | |
| N_{MBD}^{TLS} | Numero di misure di breve durata conformi eseguite con operatore nei punti di misura non in continuo del sistema TLS | [n.] | |
| N_{MR}^{TLS} | Sommatoria del numero di misure registrate conformi eseguite con operatore sul sistema di protezione catodica dotato di telesorveglianza e/o ricavate dal sistema di telesorveglianza stesso nel periodo di efficiente ed efficace funzionamento | [n.] | |

| Bonus applicabile | Punteggio | BONUS |
|--|-----------|-------|
| Sistemi dove TUTTI i punti caratteristici sono dotati di elettrodi con piastrine o sonde | [1] | |
| Sistemi dove TUTTI i punti caratteristici sono dotati di sonde conformi a UNI 11094 | [2] | |
| Sistemi dove TUTTI i punti minimi richiesti dotati TLS sono conformi alla UNI 10950 | [3] | |

KT=

KT forzato 60= ..No(normalmente scritto)/SI(in caso di forzatura)

Data (gg/mm/aaaa)

NOMINATIVO RESPONSABILE PROTEZIONE CATODICA

12. Compilazione rapporto annuale dello stato elettrico dell'impianto

Il rapporto annuale dello stato elettrico di protezione catodica dell'impianto di distribuzione deve essere articolato nelle seguenti sezioni:

- Intestazione;
- Sezione 1 - Dati e informazioni generali dell'impianto di distribuzione;
- Sezione 2 - Sistemi di protezione catodica protetti con anodi galvanici;
- Sezione 3 - Sistemi di protezione catodica protetti a corrente impressa.

Le pagine che formano il rapporto annuale dello stato elettrico devono riportare la numerazione progressiva e il numero totale delle pagine; in ogni pagina deve essere riportata l'intestazione.

I termini tecnici necessari per l'esposizione degli argomenti devono essere conformi a quelli delle norme UNI e nella presente Linea Guida, evitando quelli gergali, anche se di uso corrente. Nel caso si faccia uso di sigle, deve essere inclusa l'esposizione del loro significato.

Al termine delle tre sezioni, il rapporto annuale deve prevedere idonee aree per la data e firma di convalida del responsabile di protezione catodica.

Le firme possono essere elettroniche con idonea procedura di validazione gestita dai sistemi informatici dell'impresa distributrice.

Il rapporto annuale, firmato dal responsabile protezione catodica, deve essere archiviato presso il distributore unitamente ai relativi allegati, ai moduli KT compilati per ciascun sistema di protezione catodica a corrente impressa, paragrafo 10 e 0, e ai resoconti delle differenti tipologie di misurazioni.

Tutte le lunghezze delle condotte in acciaio, da indicare nel rapporto annuale dello stato elettrico, sono da riferire al dato consolidato dell'anno di riferimento. Il rapporto annuale dovrà essere completato in accordo alle scadenze indicate annualmente da ARERA.

Sul sito APCE www.apce.it è disponibile il download del modulo in formato Excel.

12.1 Guida alla compilazione del rapporto annuale

L'intestazione del rapporto annuale deve contenere i dati generali del distributore, i riferimenti dell'impianto di distribuzione gas e l'anno di riferimento a cui si riferiscono i dati riportati nella "Sezione 1", "Sezione 2" e "Sezione 3".

12.1.1 "Sezione 1" Dati e informazioni generali dell'impianto di distribuzione

1A Lunghezza totale rete in acciaio (AP-MP-BP).

Lunghezza totale della rete in acciaio, suddivisa in (AP+MP) e BP.

1B Sistemi di protezione catodica.

Numero totale dei sistemi protetti a corrente impressa e/o con anodi galvanici.

1C Lunghezza della rete in acciaio, con estensione maggiore di 12 m, alla quale non è stata applicata la protezione catodica a corrente impressa o con anodi galvanici.

Rete in acciaio, suddivisa in (AP+MP) e BP, alla quale non è stata applicata la protezione catodica.

1D Lunghezza della rete in acciaio dei sistemi protetti con impianti a corrente impressa dove l'indicatore KT ha espresso valori minori di 60 nell'anno di riferimento e in quello precedente.

Rete suddivisa in (AP+MP) e BP con $KT < 60$, sia nell'anno di riferimento sia in quello precedente. Questa rete è rendicontata come rete non protetta catodicamente.

1E Lunghezza della rete in acciaio dei sistemi protetti con anodi galvanici, con valutazione di protezione catodica non conforme (8.3) nell'anno di riferimento e in quello precedente.

Rete suddivisa in (AP+MP) e BP protetta con anodi galvanici, con condizione di protezione catodica non efficace sia nell'anno di riferimento sia in quello precedente. Questa rete è rendicontata come rete non protetta catodicamente.

1F Lunghezza totale tratti di condotta in acciaio ai quali non è stata applicata la protezione catodica in accordo alla UNI 9165.

Rete suddivisa in (AP+MP) e BP costituita da tratti di condotta con estensione limitata (≤ 12 metri) alla quale non è stata applicata la protezione catodica in accordo alla norma UNI 9165.

1G Rete aerea in acciaio alla quale non deve essere applicata la protezione catodica.

Rete aerea suddivisa in (AP+MP) e BP alla quale non può essere applicata la protezione catodica di cui cap. 8.5. Non rientrano in questo conteggio le tubazioni che risultano aeree ma facenti parte del circuito di ritorno della corrente di protezione catodica.

1H Lunghezza della rete in acciaio sottoposto a protezione catodica non efficace, comprensiva della rete dei sistemi di protetti con anodi con misurazioni non conformi nell'anno di riferimento.

Deve essere sommata la lunghezza della rete dove l'indicatore KT ha espresso valori minori di 60 nell'anno di riferimento e la lunghezza della rete in acciaio dei sistemi protetti con anodi con valutazione di protezione catodica non conforme nell'anno di riferimento.

1I Percentuale di rete in acciaio protetta catodicamente in modo efficace, fatto salvo quanto prescritto dalla normativa vigente.

Le percentuali della rete protetta catodicamente in modo efficace di un impianto di distribuzione devono essere calcolate per classe di pressione (AP+MP) e BP. In particolare, i due distinti valori devono essere determinati rapportando la lunghezza della rete in acciaio efficacemente protetta e quella della rete proteggibile.

La lunghezza della rete efficacemente protetta è data dalla sommatoria della rete sottesa ai sistemi a corrente impressa e/o con anodi risultati conformi nell'anno di riferimento ovvero dalla lunghezza totale della rete dell'impianto di distribuzione sottraendo da essa la totalità della rete non protetta catodicamente (1A-1C-1D-1E-1F-1G-1H). La lunghezza della rete proteggibile, invece, è calcolata utilizzando il totale della rete sottraendo da essa la rete ≤ 12 metri e quella aerea (1A-1F-1G).

12.1.2 “Sezione 2” Sistemi di protezione catodica protetti con anodi galvanici

2A Codice sistema di protezione catodica.

Deve essere indicato il codice univoco d'identificazione con cui il distributore ha designato il sistema di protezione catodica in esame.

2B Livello di variabilità del campo elettrico.

Deve essere indicato per il sistema di protezione catodica in esame il livello di variabilità del campo elettrico, NON INTERFERITO (default, data l'estensione limitata), secondo quanto indicato al punto 7.5.

2C Lunghezza della rete in acciaio del sistema di protezione catodica.

Deve essere indicata la lunghezza totale della rete in acciaio, misurata in metri, inerente al sistema di protezione catodica in esame. La lunghezza della rete deve comprendere anche i tratti di condotta aerea che fanno parte del circuito di ritorno della corrente di protezione catodica secondo le distinzioni di cui al capitolo 8.5. La lunghezza deve essere suddivisa in (AP+MP) e BP.

2D Gestione sistema di protezione catodica.

Deve essere indicato se il sistema di protezione catodica in esame, è monitorato con operatore (OP) o mediante sistema di telesorveglianza (TLS).

2E Conformità sistema protetto con anodi galvanici.

Deve essere riportata l'indicazione Sì (conforme) oppure No (non conforme) secondo i criteri descritti al capitolo 8.3.

12.1.2.1 “Sezione 2” Settori da compilare per sistemi non conformi

I successivi campi 2F, 2G, 2H, 2I devono essere compilati solo per i sistemi che nell'anno di riferimento non hanno ottenuto la conformità indicata al punto 2E.

2F Ultimo anno con misure conformi.

Deve essere riportato l'ultimo anno in cui il sistema in esame è risultato conforme, secondo i criteri descritti al capitolo 8.3.

2G Indicazioni delle anomalie.

Deve essere indicata per il sistema in esame la causa/le anomalie che hanno determinato la condizione di non conformità:

- a) GUASTI

anodo galvanico esaurito, danni ai cavi di collegamento.

- b) **CONTATTI/INTERFERENZA CON ALTRE STRUTTURE METALLICHE**
struttura metallica estranea, interferenza elettrica da terzi, giunto isolante di utenza non presente o inefficiente.
- c) **CONDIZIONE DI NON EFFICACE PROTEZIONE**
valori di potenziale non rispondenti ai criteri norme UNI o dovuti a variazioni del campo elettrico.
- d) **CARENZE PROGETTUALI E/O GESTIONALI**
insufficiente sezionamento elettrico/punti di misura, mancata attuazione del programma di controllo, disservizio del sistema di telesorveglianza.
- e) **AUTORIZZAZIONI / INTERVENTI / PROVVEDIMENTI ENTI TERZI**
attesa autorizzazione o interventi o provvedimenti da parte di Enti Terzi.
- f) **CAUSE DI FORZA MAGGIORE**
cause di forza maggiore, intese come atti di autorità pubblica, eventi naturali eccezionali per i quali sia stato dichiarato lo stato di calamità dall'autorità competente, mancato ottenimento di atti autorizzativi.
- g) **PRIMA MESSA IN PROTEZIONE**
si fa riferimento all'anno di prima messa in protezione catodica di un sistema.

2H) *Indicazioni dei tempi di esecuzione dei provvedimenti correttivi.*

Deve essere indicato il mese e l'anno presunto in cui saranno ripristinate le condizioni di conformità della protezione catodica.

Qualora alla data di compilazione del rapporto annuale siano già stati attuati i provvedimenti correttivi, deve essere indicato mese e anno di risoluzione delle anomalie.

2I) *Annotazioni e commenti.*

Deve essere riportato il riferimento dell'allegato tecnico compilato per i sistemi non conformi.

2J) *Totali sistemi con anodi.*

Vengono riportati il numero totale dei sistemi protetti con anodi, il numero di sistemi suddiviso per variabilità di campo elettrico (NON INT-INT), la lunghezza totale dei sistemi protetti con anodi e il numero di sistemi suddiviso per tipologia di gestione (OP / TLS). La lunghezza deve essere suddivisa in (AP+MP) e BP.

2K) *Suddivisione dei sistemi con anodi con misurazioni conformi e non conformi.*

Viene riportata la lunghezza totale dei sistemi protetti con anodi, suddivisa in (AP+MP) e BP per sistemi con misurazioni conformi e sistemi con misurazioni non conformi.

12.1.3 “Sezione 3” Sistemi di protezione catodica protetti a corrente impressa

3A Codice sistema di protezione catodica.

Deve essere indicato il codice univoco d’identificazione con cui il distributore ha designato il sistema di protezione catodica in esame.

3B Livello di variabilità del campo elettrico.

Deve essere indicato per il sistema di protezione catodica in esame il livello di variabilità del campo elettrico: NON INTERFERITO - INTERFERITO (NON INT/INT), secondo quanto indicato al punto 7.5.

3C Lunghezza della rete in acciaio del sistema di protezione catodica.

Deve essere indicata la lunghezza totale della rete in acciaio, misurata in metri, inerente al sistema di protezione catodica in esame. La lunghezza della rete deve comprendere anche i tratti di condotta aerea che fanno parte del circuito di ritorno della corrente di protezione catodica, secondo le distinzioni di cui al capitolo 8.5. La lunghezza deve essere suddivisa in (AP+MP) e BP.

3D Gestione sistema di protezione catodica.

Deve essere indicato se il sistema di protezione catodica in esame, è monitorato con operatore (OP) o mediante sistema di telesorveglianza (TLS).

3E Valore indicatore KT.

Deve essere riportato il valore dell’indicatore di efficacia della protezione catodica derivante dal calcolo.

Nel caso in cui il responsabile di protezione catodica sottoscriva “KT=60 forzato”, deve essere riportato il valore 60. Il calcolo KT deve essere predisposto con i moduli allegati al presente documento.

3F KT forzato.

Deve essere indicato se il valore del KT indicato al punto 3E, è stato forzato o meno, riportando Sì (KT forzato) oppure No (KT non forzato); questa voce deve essere riportata solo se il valore KT riportato in 3E assume il valore =60.

12.1.3.1 “Sezione 3” Settori da compilare per sistemi non conformi

I successivi campi 3G, 3H, 3I, 3J devono essere compilati solo per i sistemi che nell’anno di riferimento hanno ottenuto un valore $KT < 60$ o gli è stato attribuito “KT=60 forzato”.

3G Ultimo anno con $KT \geq 60$ non forzato.

Deve essere riportato l’ultimo anno il cui il sistema in esame ha ottenuto $KT \geq 60$ senza forzatura.

3H Indicazioni delle anomalie.

Deve essere indicata per il sistema in esame la causa / anomalie che hanno determinato la condizione di $KT < 60$ o “KT=60 forzato”:

- a) **GUASTI**

alimentatore/drenaggio, dispersore di corrente esaurito, danni ai cavi di collegamento alimentatore/drenaggio unidirezionale.

- b) **CONTATTI/INTERFERENZA CON ALTRE STRUTTURE METALLICHE**

struttura metallica estranea, interferenza elettrica da terzi, giunto isolante di utenza non presente o inefficiente.

- c) **CONDIZIONE DI NON EFFICACE PROTEZIONE**

valori di potenziale non rispondenti ai criteri norme UNI o dovuti a variazioni del campo elettrico.

- d) **CARENZE PROGETTUALI E/O GESTIONALI**

insufficiente sezionamento elettrico/posti di misura, mancata attuazione del programma di controllo, disservizio del sistema di telesorveglianza.

- e) **AUTORIZZAZIONI / INTERVENTI / PROVVEDIMENTI ENTI TERZI**

attesa autorizzazione o interventi o provvedimenti da parte di Enti Terzi.

- f) **CAUSE DI FORZA MAGGIORE**

cause di forza maggiore, intese come atti di autorità pubblica, eventi naturali eccezionali per i quali sia stato dichiarato lo stato di calamità dall'autorità competente, mancato ottenimento di atti autorizzativi.

- g) **PRIMA MESSA IN PROTEZIONE**

si fa riferimento all'anno di prima messa in protezione catodica di un sistema.

3I) *Indicazioni dei tempi di esecuzione dei provvedimenti correttivi.*

Deve essere indicato il mese e l'anno presunto in cui saranno ripristinate le condizioni che permetteranno il raggiungimento di $KT \geq 60$. Qualora alla data di compilazione del rapporto annuale siano già stati attuati i provvedimenti correttivi, deve essere indicato mese e anno di risoluzione delle anomalie.

3J) *Annotazioni e commenti.*

Deve essere riportato il riferimento dell'allegato tecnico compilato per i sistemi non conformi.

3K) *Totali sistemi a corrente impressa.*

Vengono riportati il numero totale dei sistemi protetti a corrente impressa, il numero di sistemi suddiviso per variabilità di campo elettrico (NON INT/INT), la lunghezza totale dei sistemi, il numero di sistemi suddivisi per tipologia di gestione (OP/TLS).

3L) *Suddivisione dei sistemi per $KT \geq 60$; $KT = 60$ forzato; $KT < 60$.*

Vengono riportati il numero e la lunghezza totale dei sistemi protetti a corrente impressa, suddivisi per $KT \geq 60$; $KT = 60$ forzato; $KT < 60$. La lunghezza deve essere suddivisa in (AP+MP) e BP.

13. Indicatore dell'efficacia della protezione catodica KT

13.1 Caratteristiche dell'indicatore di protezione catodica

L'indicatore KT dell'efficacia della protezione catodica è calcolato sulla base di 100 punti per ogni singolo sistema di protezione catodica, confrontando i criteri di progettazione e di gestione adottati per la protezione catodica delle condotte in acciaio con quanto prescritto dalla legislazione e dalle norme vigenti in materia.

Il peso assegnato alla progettazione è di 30 punti, di cui 10 punti per la suddivisione della rete in sistemi di protezione catodica (sezionamento elettrico) e 20 punti per la dislocazione dei punti di misura. I restanti 70 punti sono assegnati alla gestione e conduzione dei sistemi di protezione catodica.

L'indicatore di protezione catodica KT si può esprimere come:

- **indice insufficiente - valore < 60:** valore assunto dall'indicatore nelle condizioni di non efficace applicazione della protezione catodica alle condotte.
- **indice standard - valore ≥ 60 :** valore assunto dall'indicatore nelle condizioni di efficace applicazione della protezione catodica alle condotte.

I valori dell'indicatore compresi tra 60 e 80 corrispondono a situazioni in cui è assicurata l'efficacia della protezione catodica. L'intervallo di venti punti dell'indicatore, tra 60 e 80, considera le differenti condizioni operative in cui può trovarsi il gestore della protezione catodica.

Il valore dell'indicatore di protezione catodica maggiore di 80 corrisponde a situazione dove le verifiche e i controlli sono stati intensificati a causa dell'entità e variabilità del campo elettrico interferente.

Il valore dell'indicatore di protezione catodica KT, determinato per ciascun sistema di protezione catodica e per ogni anno di riferimento, deve essere riportato nel rapporto annuale dello stato elettrico dell'impianto di distribuzione.

13.2 Parametri di calcolo e attestato del valore KT

Per il calcolo dell'indicatore di protezione catodica KT, è necessario individuare i sistemi di protezione catodica che compongono l'impianto di distribuzione. Per ogni sistema di protezione catodica in esame è necessario disporre dei seguenti parametri:

- lunghezza, misurata in metri, della rete in acciaio del sistema di protezione catodica (L_{SPC}) riferita al dato consolidato dell'anno di riferimento. La lunghezza della rete del sistema di protezione catodica deve comprendere anche eventuali tratti di rete fuori terra facenti parte del circuito di ritorno del sistema;
- numero totale dei punti di misura presenti nel sistema di protezione catodica (N_{PM});

- variazione del campo elettrico: non interferito, interferito (ΔE);
- numero di attraversamenti o parallelismo con linee ferroviarie (D.M. 4 aprile 2014);
- numero degli impianti di protezione catodica a corrente impressa, degli impianti di drenaggio (unidirezionale o misto) e degli impianti di collegamento con strutture estranee presenti nel sistema di protezione catodica (N_{IPC});
- numero punti di misura caratteristici del sistema (N_{PMC}). Nei punti caratteristici non sono da conteggiare: gli attraversamenti o parallelismi con linee ferroviarie, gli alimentatori, i drenaggi e i collegamenti con strutture estranee.

Per accertare l'efficienza e l'efficacia dei sistemi di protezione catodica, i controlli possono essere eseguiti con operatori in campo o mediante telesorveglianza. Pertanto, i parametri per il calcolo dell'indicatore di protezione catodica KT devono essere classificati separatamente:

a) sistemi di protezione catodica con controlli eseguiti con operatore in campo

- numero di misure di breve durata conformi eseguite sul sistema di protezione catodica (N_{MBD}^{OP});
- numero di misure registrate conformi (non triennali) eseguite sul sistema di protezione catodica o misure registrate equivalenti (paragrafo 7.4.1) acquisite da punti di misura telesorvegliati (N_{MR}^{OP});
- numero delle misure registrate triennali conformi attribuite all'anno di riferimento (punti di misura "tutti" da registrare tutti in tre anni) (N_{MR-T}^{OP}). In un sistema di protezione catodica monitorato con operatore devono essere previste misure registrate sui punti di misura "tutti" citati in UNI 11094; tali punti di misura devono essere misurati almeno 1 volta in tre anni; di conseguenza, è logico applicare la regola che in ognuno dei tre anni di riferimento devono essere associati 1/3 di detti punti;
- eventuale numero di punti di misura dotati di telesorveglianza con almeno 300 misure anno conformi presenti sul sistema di protezione catodica (P_{TLC}^{OP}).

Su ogni punto di misura, al fine del calcolo, deve essere conteggiata solo 1 misura al mese.

b) sistemi di protezione catodica dotati di telesorveglianza

- numero di punti di misura dotati di telesorveglianza con misure conformi presenti nel sistema di protezione catodica (N_{PM}^{TLS});
- eventuale numero di misure di breve durata conformi eseguite con operatore nei punti di misura non inseriti nel sistema di telesorveglianza (N_{MBD}^{TLS});
- eventuale numero di misure registrate conformi eseguite con operatore sul sistema di protezione catodica o misure registrate equivalenti ricavate dal sistema di telesorveglianza (N_{MR}^{TLS}).

I moduli OP e TLS mostrano il facsimile dei moduli dell'attestato del valore dell'indicatore di protezione catodica KT, distinti tra sistema di protezione catodica con controlli eseguiti con operatore in campo (OP) e sistema di protezione catodica con telesorveglianza (TLS). Il distributore deve compilare i rispettivi moduli riportando i parametri attribuiti a ciascun sistema di protezione catodica e il valore dell'indicatore di protezione catodica KT calcolato.

I moduli dell'attestato del valore dell'indicatore di protezione catodica KT di ciascun sistema di protezione catodica devono essere archiviati presso il distributore unitamente al rapporto annuale dello stato elettrico di protezione catodica dell'impianto di distribuzione firmato dal responsabile protezione catodica, ai resoconti delle differenti tipologie di misurazioni (punto 6) e agli eventuali allegati del rapporto.

13.3 Struttura dell'indicatore KT di protezione catodica

Per ogni sistema di protezione catodica l'indicatore di protezione catodica KT è calcolato mediante la formula:

$$KT = \left(K_1 \cdot \sqrt{\frac{K_2}{70}} + K_2 \right) \quad (1)$$

dove:

K_1 è il coefficiente di progettazione del sistema di protezione catodica;

K_2 è il coefficiente di gestione del sistema di protezione catodica.

Il coefficiente di gestione del sistema di protezione catodica K_2 ha indirettamente una dipendenza dai parametri di progettazione adottati, poiché il numero delle misurazioni è determinato anche dal numero dei punti di misura presenti nel sistema di protezione catodica. Per correlare il coefficiente di progettazione del sistema di protezione catodica al coefficiente di gestione, è necessario moltiplicare il coefficiente di progettazione K_1 per il termine $\sqrt{\frac{K_2}{70}}$ (con variazione lenta tra 0 e 1, per la presenza della radice quadrata).

L'inserimento di questo termine permette anche di non raggiungere il valore minimo dell'indice standard ($KT = 60$) avendo eseguito una buona progettazione ($K_1 = 30$ punti su 30) associata ad una gestione insufficiente ($K_2 = 30$ punti su 70).

13.4 Coefficiente K_1 inerente alla progettazione del sistema di protezione catodica

Il coefficiente K_1 costituisce il parametro di valutazione delle caratteristiche di progettazione di ciascun sistema di protezione catodica, poiché tiene conto sia dei metri di rete associati al sistema di protezione catodica (K_{11}) sia dei posti di misura (K_{12}) presenti nello stesso sistema di protezione catodica.

Il peso del coefficiente K_1 rispetto l'indicatore KT è valutato in 30 punti percentuali. Esso è calcolato come segue:

$$K_1 = 30 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot K_{11} + \frac{2}{3} \cdot K_{12} \right) \quad (2)$$

dove:

K_{11} coefficiente sezionamento elettrico del sistema di protezione catodica;

K_{12} coefficiente punti di misura del sistema di protezione catodica.

13.5 Coefficiente K_{11} inerente al sezionamento elettrico del sistema di protezione catodica

Il coefficiente K_{11} valuta i metri di rete in acciaio che costituiscono il sistema di protezione catodica e quindi il grado di sezionamento elettrico.

Considerando la lunghezza media di un SPC in circa ventimila metri, punto 5.3.1, il coefficiente K_{11} è calcolato mediante la formula:

$$K_{11} = \begin{cases} -400 \cdot n_{SPC}^2 + 40 \cdot n_{SPC} , & 0 \leq n_{SPC} \leq \frac{1}{20} \\ 1 , & n_{SPC} > \frac{1}{20} \end{cases} \quad (3)$$

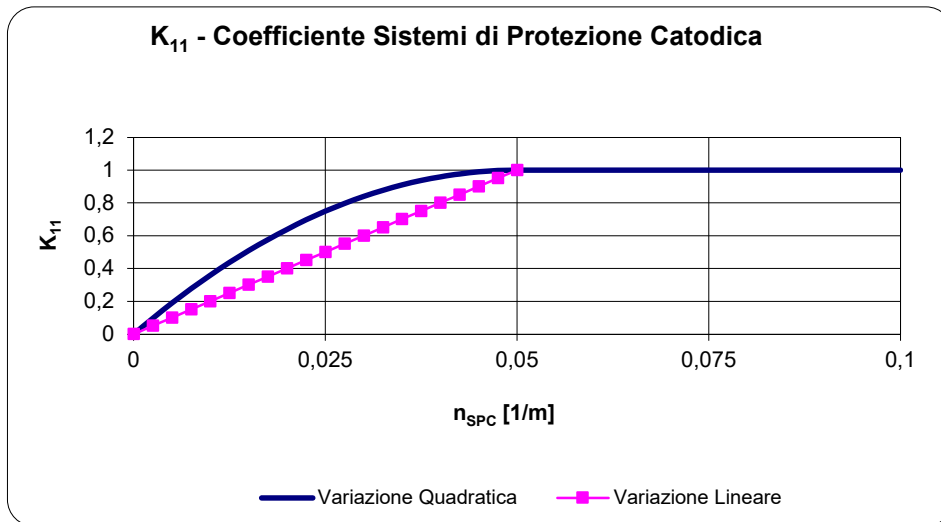
dove n_{SPC} è il parametro del sezionamento elettrico della rete protetta, calcolato come segue:

$n_{SPC} = \frac{1000}{L_{SPC}}$ nel quale L_{SPC} è la lunghezza in metri dell'SPC in esame.

Il criterio adottato per la suddetta legge di variazione di K_{11} in funzione di n_{SPC} è il seguente:

- il coefficiente K_{11} assume il valore massimo di 1 in corrispondenza di una lunghezza di 20.000 metri di rete in acciaio;
- per lunghezze di rete maggiore al suddetto valore, il parametro diminuisce con legge quadratica annullandosi in n_{SPC} uguale a 0.

È stata scelta la legge quadratica, poiché in questo modo la variazione di K_{11} nell'intorno di $n_{SPC} = \frac{1}{20}$ è limitata al diminuire di n_{SPC} (è stata adottata una funzione a derivata nulla in tale punto).



Come raffigurato nell'esempio del grafico sopraindicato, la variazione quadratica dell'equazione (3) nell'intorno di $n_{SPC} = 0,05$ è più lenta rispetto ad una variazione lineare, salvo avere una diminuzione maggiore nell'intorno di 0.

13.6 Coefficiente K_{12} inerente ai punti di misura del sistema di protezione catodica

Il coefficiente K_{12} valuta il numero di punti di misura “tutti” predisposti nel sistema di protezione catodica.

In conformità alle norme UNI in vigore, la spaziatura tra due punti di misura consecutivi deve essere, in ogni caso, compresa entro i 3.000 metri e minore di 1.000 metri in aree urbanizzate.

Per il calcolo del KT, viene richiesta una spaziatura media di 1 punto di misura ogni 1.500 metri.

Il coefficiente K_{12} è stato rappresentato come segue:

$$K_{12} = \begin{cases} -\frac{9}{4} \cdot n_{PM}^2 + 3 \cdot n_{PM}, & 0 \leq n_{PM} \leq \frac{2}{3} \\ 1, & n_{PM} > \frac{2}{3} \end{cases} \quad (4)$$

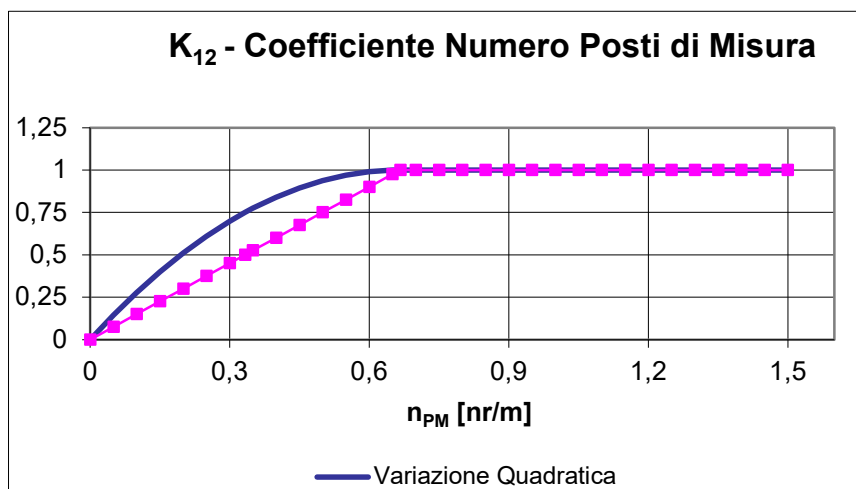
dove il termine n_{PM} è il numero di punti di misura per metro di rete in acciaio del sistema di protezione catodica, calcolato come segue:

$$n_{PM} = \frac{N_{PM} * 1000}{L_{SPC}}$$

nel quale:

- N_{PM} è il numero totale dei punti di misura “tutti” presenti nel sistema di protezione catodica in esame;
- L_{SPC} è la lunghezza in metri della rete in acciaio del sistema di protezione catodica.

Anche per questo coefficiente è stata scelta, nell'intervallo $0 \leq n_{PM} \leq 2/3$, la legge di variazione quadratica per contenere la diminuzione del coefficiente K_{12} almeno fino a $n_{PM} = 1/3$, valore per il quale il coefficiente K_{12} è uguale a 0,75 e, quindi, in ogni modo accettabile.



Il grafico raffigura l'andamento del coefficiente K_{12} comparato con la legge di variazione lineare dello stesso.

13.7 Coefficiente K_2 inerente alla gestione dei sistemi di protezione catodica

Il coefficiente attinente alla gestione del sistema di protezione catodica K_2 deve esprimere la valutazione sulla gestione e conduzione della protezione catodica, intesa come verifica dell'affidabilità e dell'efficacia del sistema di protezione catodica in esame.

Considerata la possibilità che la verifica dell'efficacia di un sistema di protezione catodica può essere assicurata per mezzo di controlli con operatori in campo o con sistemi di telesorveglianza, il calcolo del coefficiente di gestione del sistema di protezione catodica K_2 deve essere eseguito con modalità differenti nei distinti casi:

$$K_2 = \begin{cases} 70 \cdot \sqrt{(K_2^{OP})^3} & \text{sistemi con operatore} \\ 70 \cdot \sqrt{(K_2^{TLS})^3} & \text{sistemi dotati di telesorveglianza} \end{cases} \quad (5)$$

I coefficienti K_2^{OP} e K_2^{TLS} sono calcolati con i criteri descritti nel parag. 13.8 e successivi e parag. 13.9.

Il peso del coefficiente K_2 rispetto l'indicatore di protezione catodica K_T è valutato in circa 70 punti percentuali.

13.8 Coefficiente di gestione K_2^{OP} inerente ai controlli con operatore in campo

Per i sistemi di protezione catodica dove i controlli sono eseguiti con operatore, i parametri di riferimento nella valutazione del coefficiente di gestione K_2^{OP} sono:

- le misure di breve durata, calcolate con il coefficiente K_{21}^{OP} ;
- le misure registrate, calcolate con il coefficiente K_{22}^{OP} .

Il coefficiente di gestione controlli con operatore K_2^{OP} è calcolato come segue:

$$K_2^{OP} = 0.3 \cdot K_{21}^{OP} + 0.7 \cdot K_{22}^{OP} \quad (6)$$

13.9 Coefficiente K_{21}^{OP} inerente alle misure di breve durata

Per un sistema di protezione catodica costituito da una lunghezza di rete di 20.000 metri, la norma UNI 11094 indica il numero minimo dei punti caratteristici da controllare con misure di breve durata, che deve essere pari a:

- n. 2 punti caratteristici nel caso di sistema NON INTERFERITO;
- n. 4 punti caratteristici nel caso di sistema INTERFERITO;

Il numero di punti caratteristici deve essere aumentato o diminuito, con arrotondamento per eccesso, proporzionalmente all'effettiva estensione della rete di ciascun sistema di protezione catodica in esame.

Con riferimento a un sistema di protezione catodica aggiornato secondo la norma UNI 11094, il seguente prospetto riassume il numero di misure di breve durata da eseguire con operatore in campo sugli apparati e sui punti di misura nel corso di un anno:

| Numero di misure di breve durata/anno (per punto di misura) | | |
|---|-----------------|-------------|
| Tipologia SPC | NON INTERFERITO | INTERFERITO |
| Alimentatori | 11 | 11 |
| Drenaggi (unidirezionale o misto) | 11 | 11 |
| Punti caratteristici | 1 | 2 |
| Attraversamenti o parallelismo ferroviario | 0 | 2 |
| Altri punti di misura selezionati | 1 | 1 |
| Anodi magnesio | 1 | 1 |

I numeri delle misure di breve durata riportati nel prospetto sono stati stabiliti tenendo presente il criterio che se nel corso dell'anno su uno stesso punto di misura deve essere eseguita anche la misura registrata, dal numero di misure di breve durata previsto deve essere sottratto il numero di misure registrate.

Pertanto, per ciascun sistema di protezione catodica in esame deve essere calcolato il numero minimo di misure di breve durata prescritto dalla norma UNI 11094, (M_{BD-UNI}^{OP}).

Tale parametro è calcolato come segue:

$$M_{BD-UNI}^{OP} = \left\{ \begin{array}{l} 11 \cdot N_{IPC} + (1 \cdot 2 + 2) \langle l \rangle_{20} \\ 11 * N_{IPC} + (2 \cdot N_{AF}) + (2 \cdot 4 + 8) \langle l \rangle_{20} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \Delta SPC \text{ Non Interf.} \\ \Delta SPC \text{ Interf.} \end{array} \quad (7)$$

dove:

N_{IPC} è il numero totale degli impianti di protezione catodica a corrente impressa, degli impianti di drenaggio (unidirezionale o misto) e degli impianti di collegamento con strutture estranee presenti nel sistema in esame

N_{AF} è il numero dei punti di misura in corrispondenza di attraversamento o parallelismo con linee ferroviarie presenti nel sistema in esame;

$\langle l \rangle_{20}$ è la lunghezza media dei tratti di condotta rapportata ai 20.000 metri del sistema di protezione catodica in esame, calcolata come segue:

$$\langle l \rangle_{20} = \frac{1}{20000} \cdot L_{SPC}$$

Definito P_{TLC}^{OP} il numero dei punti di misura conformi dotati di telesorveglianza presenti sul sistema di protezione catodica controllato con operatore, il numero di misure di breve durata equivalenti N_{MBD-Eq}^{OP} , che abbiano espresso valori conformi, si calcola come:

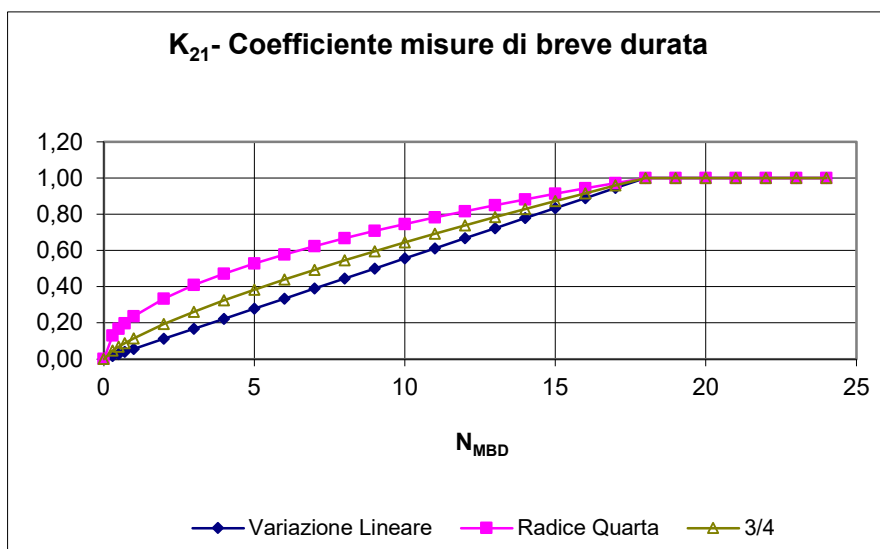
$$N_{MBD-Eq}^{OP} = N_{MBD}^{OP} + 11 \cdot P_{TLC}^{OP}$$

Il numero di misure di breve durata equivalenti N_{MBD-Eq}^{OP} è confrontato con il parametro M_{BD-UNI}^{OP} maggiorato del 15%, dal cui confronto si deduce il coefficiente K_{21}^{OP} .

Il calcolo è operato come segue:

$$K_{21}^{OP} = \sqrt[4]{\left(\frac{N_{MBD-Eq}^{OP}}{1.15 \cdot M_{BD-UNI}^{OP}}\right)^3} \quad (8)$$

in cui si utilizza la radice quarta del cubo del rapporto al fine di limitare la variazione di K_{21}^{OP} al diminuire dell'argomento della radice.



La variazione del coefficiente K_{21}^{OP} è in ogni caso limitato all'intervallo tra 0 e 1, cosicché qualora il rapporto $\frac{N_{MBD}^{OP}}{1.15 \cdot M_{BD}^{OP}}$ superi l'unità, K_{21}^{OP} , assume in ogni caso il valore 1.

Il grafico sopraindicato presenta il confronto tra le diverse relazioni funzionali delle misure di breve durata riferite a un sistema di protezione catodica costituito da una lunghezza di rete di 20.000 metri.

13.10 Coefficiente K_{22}^{OP} inerente alle misure registrate

Per il sistema di protezione catodica costituito da una lunghezza di rete di 20.000 metri (cfr. paragrafo precedente), il numero minimo dei punti caratteristici su cui effettuare misure registrate è uguale a:

- n. 2 nel caso di SPC NON INTERFERITO;
- n. 4 nel caso di SPC INTERFERITO.

Con riferimento ai parametri suddetti, la tabella successiva riassume il numero di misure registrate da eseguire con operatore in campo sugli apparati e sui punti di misura nel corso di un anno:

| Numero di misure registrate/Anno (per punto di misura) | | |
|--|-----------------|-------------|
| Tipologia SPC | NON INTERFERITO | INTERFERITO |
| Alimentatori | 1 | 1 |
| Drenaggi (unidirezionale o misto) | 1 | 1 |
| Punti caratteristici | 1 | 2 |
| Attraversamenti o parallelismi ferroviari | 2 | 2 |

Pertanto, per ciascun sistema di protezione catodica in esame deve essere calcolato il numero di misure registrate annue previste dalla norma UNI 11094, (M_{R-UNI}^{OP}).

Tale parametro è calcolato come segue:

$$M_{R-UNI}^{OP} = \begin{cases} N_{IPC} + 2 \cdot N_{AF} + (1 \cdot 2) \langle l \rangle_{20} \\ N_{IPC} + 2 \cdot N_{AF} + (2 \cdot 4) \langle l \rangle_{20} \end{cases} \begin{matrix} \Delta SPC \text{ Non Interf.} \\ \Delta SPC \text{ Interf.} \end{matrix} \quad (9)$$

dove:

N_{IPC} è il numero totale degli impianti di protezione catodica a corrente impressa, degli impianti di drenaggio (unidirezionale o misto) e degli impianti di collegamento con strutture estranee presenti nel sistema in esame;

N_{AF} è il numero di attraversamenti o parallelismo con linee ferroviarie presenti nel sistema in esame;

$\langle l \rangle_{20}$ è la lunghezza media dei tratti di condotta rapportata ai 20.000 metri del sistema di protezione catodica in esame, calcolata come segue:

$$\langle l \rangle_{20} = \frac{1}{20000} \cdot L_{SPC}$$

Anche in questo caso si considera un'equivalenza tra i dati forniti dai singoli punti di misura dotati di telesorveglianza in numero minore a quanto previsto in UNI 11094 e le misure registrate. È ragionevole che tali dati non solo siano assimilabili a misure registrate, ma abbiano un rilievo maggiore a condizione che sia rispettato il programma di misure registrate previsto dalla norma UNI 11094. Di conseguenza, il criterio da adottare è che ogni punto di misura dotato di telesorveglianza in numero minore a quanto previsto in UNI 11094, sia inizialmente paragonato a una misura registrata annua.

In seguito, se il numero di misure registrate equivalenti è conforme alla UNI 11094, il peso della singola misura telesorvegliata, che abbia espresso valori conformi nell'anno di riferimento, viene portato a due.

Si farà dunque riferimento al termine δ pari a:

$$\delta = N_{MR}^{OP} + P_{TLC}^{OP}$$

dove:

- δ è il parametro di riferimento per il calcolo delle misure registrate equivalenti nel sistema di protezione catodica controllato con operatore;
- N_{MR}^{OP} è il numero di misure registrate conformi e/o registrate equivalenti eseguite sul sistema di protezione catodica in esame;
- P_{TLC}^{OP} è il numero dei punti di misura dotati di telesorveglianza in numero minore a quanto previsto in UNI 11094, con almeno 300 misure che hanno espresso valori conformi (paragrafo 7.4) nell'anno di riferimento, presenti sul sistema di protezione catodica controllato con operatore.

Nel caso in cui il termine δ è minore del numero di misure registrate minimo richiesto dalla norma M_{R-UNI}^{OP} , il numero di misure registrate equivalenti, sarà pari

al termine δ stesso, diversamente se il termine δ è maggiore o uguale ad M_{R-UNI}^{OP} allora, per il calcolo delle misure registrate equivalenti, il peso del numero dei singoli punti dotati di telesorveglianza è aumentato a 2 (numero massimo previsto da UNI 11094 in un singolo punto di misura).

Indicato con N_{MR-Eq}^{OP} il numero di misure registrate equivalenti eseguite sul sistema di protezione catodica, è possibile calcolarlo come segue:

$$N_{MR-Eq}^{OP} = \begin{cases} N_{MR}^{OP} + P_{TLC}^{OP} & \text{se } \delta < M_{R-UNI}^{OP} \\ N_{MR}^{OP} + 2 \cdot P_{TLC}^{OP} & \text{se } \delta \geq M_{R-UNI}^{OP} \end{cases}$$

La componente del coefficiente K_{22}^{OP} riguardante tali misure registrate non triennali sarà indicata come K_{22-R}^{OP} e sarà calcolata come:

$$K_{22-R}^{OP} = \frac{N_{MR-E}^{OP}}{1.15 \cdot M_{R-UNI}^{OP}} \quad (10)$$

ed è, in ogni caso, limitato all'intervallo tra 0 e 1, nel senso che, qualora il numero di misure registrate ecceda il 15% del numero minimo prescritto dalla norma, il coefficiente K_{22-R}^{OP} è, in ogni caso, limitato ad assumere un valore pari all'unità.

È previsto, inoltre, dalla norma che in tutti i punti di misura "tutti" (oltre agli impianti di protezione catodica a corrente impressa, impianti di drenaggio unidirezionale o misto, e impianti di collegamento con strutture estranee) sia effettuata una misura registrata ogni tre anni. In pratica, si può ipotizzare che un terzo di tali punti sono sottoposti annualmente a una misura registrata.

Tali misurazioni saranno denominate misure registrate triennali prescritte dalla norma UNI 11094 e indicate con M_{RT-UNI}^{OP} .

Considerando le prescrizioni della norma, si è ipotizzato che nel sistema di protezione catodica costituito da una lunghezza di rete di 20.000 metri siano presenti in totale 14 punti di misura "tutti" (1 punto di misura ogni 1.500 metri). Di conseguenza, le "misure registrate triennali" da eseguire annualmente sono:

$$M_{RT-UNI}^{OP} = \begin{cases} 1/3 * \{f_1 - [N_{IPC} + N_{AF} + 2\langle l \rangle_{20}]\} & \Delta SPC \text{ Non Interferito} \\ 1/3 * \{f_1 - [N_{IPC} + N_{AF} + 4\langle l \rangle_{20}]\} & \Delta SPC \text{ Interferito} \end{cases} \quad (11)$$

dove:

N_{IPC} è il numero degli impianti di protezione catodica a corrente impressa, degli impianti di drenaggio (unidirezionale o misto) e degli impianti di collegamento con strutture estranee presenti nel sistema di protezione catodica in esame

N_{AF} è il numero dei punti di misura in corrispondenza di attraversamento o parallelismo con linee ferroviarie presenti nel sistema in esame

$\langle l \rangle_{20}$ è la lunghezza media dei tratti di condotta rapportata ai 20.000 metri del sistema di protezione catodica in esame, calcolata come segue:

$$\langle l \rangle_{20} = \frac{1}{20000} \cdot L_{SPC}$$

mentre f_1 è una funzione atta a valutare il numero dei punti di misura “tutti” prescritti dalla norma (l’ipotesi è 1 ogni 1.500 metri) relativi ai sistemi di protezione catodica controllati con operatore e si calcola come segue:

$$f_1 = \frac{1}{1500} \cdot L_{SPC} \quad (12)$$

La componente del coefficiente K_{22}^{OP} concernente le misure registrate triennali sarà indicata come K_{22-RT}^{OP} e sarà calcolata come:

$$K_{22-RT}^{OP} = \left(\frac{N_{MR-T}^{OP}}{1.15 \cdot M_{RT-}^{OP}} \right)^4 \quad (13)$$

dove:

N_{MR-T}^{OP} è numero delle misure registrate triennali conformi attribuite all’anno di riferimento.

Tale parametro si calcola sommando le misure registrate triennali conformi eseguite nell’ultimo triennio sul sistema di protezione catodica e dividendo tale somma per il fattore tre.

Il coefficiente K_{22-}^{OP} è limitato all’intervallo tra 0 e 1, nel senso che qualora il numero di misure registrate triennali ecceda il 15% del numero minimo calcolato in base alla norma, il coefficiente K_{22-RT}^{OP} è in ogni caso limitato ad assumere un valore pari all’unità. L’elevamento alla quarta potenza del rapporto è stato previsto al fine di limitare l’influenza delle misure registrate triennali sul coefficiente K_{22}^{OP} (il rapporto è sempre minore di 1 e dunque elevandolo alla quarta potenza diminuisce ulteriormente).

Il coefficiente K_{22}^{OP} riguardante le misure registrate è calcolato come:

$$K_{22}^{OP} = 0.3 \cdot K_{22-RT}^{OP} + 0.7 \cdot K_{22-R}^{OP} \quad (14)$$

dove il peso associato alle misure registrate triennali è pari al 30% del peso totale delle misure registrate.

13.11 Coefficiente di gestione K_2^{TLS} inerente ai sistemi di protezione catodica dotati di telesorveglianza

Nel caso di sistemi di protezione catodica dotati di telesorveglianza, i parametri da tenere in considerazione per la valutazione del coefficiente di gestione K_2^{TLS} sono il numero di punti di misura telesorvegliati presenti nel sistema di protezione catodica e le eventuali misure di breve durata, le misure registrate aggiuntive eseguite con operatore in campo e le misure registrate equivalenti ricavate dal sistema di telesorveglianza stesso in quei punti di misura che hanno espresso valori conformi nel periodo di efficiente ed efficace funzionamento.

Queste ultime misure devono essere tenute in considerazione soltanto nel caso in cui il sistema di protezione catodica abbia almeno il numero minimo dei punti di misura dotati di telesorveglianza previsti dalla norma UNI 11094.

Il Prospetto A.3 della norma UNI 11094 indica il numero minimo di acquisitori del sistema di telesorveglianza da installare sui punti di misura di un sistema di protezione catodica; tale numero è riepilogato nella seguente tabella:

| Numero minimo di punti di misura dotati di telesorveglianza | | |
|---|-----------------|-------------|
| Tipologia SPC | NON INTERFERITO | INTERFERITO |
| Alimentatori | Tutti | Tutti |
| Drenaggi (unidirezionale o misto) | Tutti | Tutti |
| Punti caratteristici | Tutti | Tutti |
| Attraversamenti o parallelismi ferroviari | Tutti | Tutti |

Applicando quanto prevede il prospetto di cui sopra, un sistema di protezione catodica costituito da una lunghezza di rete di 20.000 metri dotato di telesorveglianza deve comprendere almeno n. 2 punti caratteristici per sistemi non interferiti e n. 4 punti caratteristici per sistemi interferiti, purché non coincidenti con gli impianti di protezione catodica a corrente impressa, con gli impianti di drenaggio (unidirezionale o misto) con gli impianti di collegamenti con strutture estranee e con gli attraversamenti o parallelismi con linee ferroviarie.

Anche per i sistemi telesorvegliati il numero di punti caratteristici deve essere aumentato o diminuito, con arrotondamento per eccesso, proporzionalmente all'effettiva estensione della rete di ciascun sistema di protezione catodica in esame.

Pertanto, il numero minimo di punti di misura telesorvegliati per ciascun sistema di protezione catodica può essere calcolato come:

$$PM_{TLS-UNI} = \begin{cases} N_{IPC} + N_{AF} + 2\langle l \rangle_{20} & \Delta SPC \text{ Non Interf.} \\ N_{IPC} + N_{AF} + 4\langle l \rangle_{20} & \Delta SPC \text{ Interf.} \end{cases} \quad (15)$$

dove:

N_{IPC} è il numero totale degli impianti di protezione catodica a corrente impressa, degli impianti di drenaggio (unidirezionale o misto) e degli impianti di collegamento con strutture estranee presenti nel sistema in esame;

N_{AF} è il numero di attraversamenti o parallelismi con linee ferroviarie presenti nel sistema in esame;

$\langle l \rangle_{20}$ è la lunghezza media dei tratti di condotta rapportata ai 20.000 metri del sistema di protezione catodica in esame, calcolata come segue:

$$\langle l \rangle_{20} = \frac{1}{20000} \cdot L_{SPC}$$

Il coefficiente di gestione dei sistemi di protezione catodica dotati di telesorveglianza (K_2^{TLS}), limitato nell'intervallo tra 0 e 1, dovrà essere calcolato operando il confronto tra il numero reale di punti presenti nel sistema e il numero dei punti di misura dotati di telesorveglianza prescritti dalla norma UNI ($PM_{TLS-UNI}$) aumentato del 20% con un semplice rapporto.

Considerata l'eventualità di un guasto al sistema di telesorveglianza, potrebbe essere necessario, per supplire a tale inefficienza, ricorrere a misure registrate conformi con operatore in campo o attingendo a misure ricavate dal sistema di telesorveglianza che hanno espresso valori conformi nel periodo di efficiente ed efficace funzionamento. In quest'ultimo caso, se nel mese sono presenti registrazioni conformi, di cui punto 7, il criterio da adottare è di considerare una misura registrata conforme al mese per punto di misura telesorvegliato. Il peso di tali misure registrate N_{MR}^{TLS} è stato stimato in un dodicesimo del peso di un punto di misura dotato di telesorveglianza, come riportato nell'equazione successiva (16).

$$K_2^{TLS} = \frac{N_{PM}^{TLS} + \frac{1}{12} \cdot N_{MR}^{TLS}}{1.2 \cdot PM_{TLS-UNI}} + f_2 \quad (16)$$

dove:

N_{PM}^{TLS} è il numero di punti di misura dotati di telesorveglianza con misure conformi presenti nel sistema di protezione catodica

N_{MR}^{TLS} è l'eventuale numero di misure registrate conformi eseguite con operatore sul sistema di protezione catodica dotato di telesorveglianza, oppure ricavate dal sistema di telesorveglianza in quei punti di misura che hanno espresso valori conformi nel periodo di efficiente ed efficace funzionamento

$PM_{TLS-UNI}$ è il numero di punti di misura dotati di telesorveglianza prescritti dalla norma UNI 11094 sul sistema di protezione catodica da telesorvegliare

f_2 è una funzione atta a valutare le eventuali misure di breve durata nel sistema di protezione catodica dotato di telesorveglianza

La funzione f_2 può contribuire proporzionalmente fino ad un peso di 0,05 qualora, oltre a quelli telesorvegliati, su tutti i punti di misura "tutti" gestiti con operatore fosse eseguita una misura di breve durata all'anno; tale parametro si calcola come segue:

$$f_2 = 0.05 \cdot \left(\frac{N_{MBD}^{TLS}}{M_{MBD}^{TLS}} \right) \quad (17)$$

Dove:

N_{MBD}^{TLS} è l'eventuale numero di misure di breve durata conformi eseguite con operatore nei punti di misura non in continuo del sistema telesorvegliato

M_{MBD}^{TLS} è il numero di misure di breve durata di riferimento per sistemi di protezione catodica dotati di telesorveglianza

Quest'ultimo parametro è calcolato come segue:

$$M_{\text{MBD}}^{\text{TLS}} = \begin{cases} 1, & \text{se } \left(\frac{1}{1500} \times L_{\text{SPC}} - N_{\text{PM}}^{\text{TLS}} \right) \leq 0 \\ \frac{1}{1500} \times L_{\text{SPC}} - N_{\text{PM}}^{\text{TLS}}, & \text{se } \left(\frac{1}{1500} \times L_{\text{SPC}} - N_{\text{PM}}^{\text{TLS}} \right) > 0 \end{cases} \quad (18)$$

Legenda simboli

| | |
|--------------------|--|
| K_T | Indicatore di protezione catodica |
| K_1 | Coefficiente di progettazione del sistema di protezione catodica |
| K_{11} | Coefficiente sezionamento elettrico del sistema di protezione catodica |
| K_{12} | Coefficiente punti di misura del sistema di protezione catodica |
| K_2 | Coefficiente di gestione del sistema di protezione catodica |
| K_2^{OP} | Coefficiente di gestione inerente ai controlli con operatore in campo |
| K_{21}^{OP} | Coefficiente inerente alle misure di breve durata (sistemi di protezione catodica controllati con operatore) |
| K_{22}^{OP} | Coefficiente inerente alle misure registrate (sistemi di protezione catodica controllati con operatore) |
| K_{22-R}^{OP} | Coefficiente misure registrate non triennali (sistemi di protezione catodica controllati con operatore) |
| K_{22-RT}^{OP} | Coefficiente misure registrate triennali (sistemi di protezione catodica controllati con operatore) |
| K_2^{TLS} | Coefficiente di gestione inerente i sistemi di protezione catodica dotati di telesorveglianza |
| L_{SPC} | Lunghezza espressa in metri della rete in acciaio del sistema di protezione catodica in esame. La lunghezza della rete del sistema di protezione catodica deve comprendere anche i tratti di rete fuori terra se appartenenti al circuito di ritorno della corrente di protezione catodica |
| N_{PM} | Numero totale dei punti di misura “tutti” presenti nel sistema di protezione catodica in esame |
| N_{AF} | Numero dei punti di misura in corrispondenza di attraversamento o parallelismo con linee ferroviarie presenti nel sistema di protezione catodica in esame |

| | |
|-------------------|---|
| N_{IPC} | Numero degli impianti di protezione catodica a corrente impressa, degli impianti di drenaggio (unidirezionale o misto) presenti nel sistema di protezione catodica in esame e degli impianti di collegamento con strutture estranee al sistema in esame |
| N_{MBD}^{OP} | Numero di misure di breve durata conformi eseguite sul sistema di protezione catodica con operatore |
| N_{MBD-Eq}^{OP} | Numero di misure di breve durata equivalenti conformi eseguite sul sistema di protezione catodica con operatore |
| M_{BD-UNI}^{OP} | Numero di misure di breve durata prescritte dalla norma UNI 11094 sul sistema di protezione catodica controllato con operatore |
| N_{MR}^{OP} | Numero di misure registrate conformi (non triennali) eseguite sul sistema di protezione catodica con operatore |
| N_{MR-Eq}^{OP} | Numero di misure registrate equivalenti eseguite sul sistema di protezione catodica con operatore |
| P_{TLC}^{OP} | Eventuali punti di misura conformi dotati di telesorveglianza in numero minore a quanto previsto in UNI 11094, presenti sul sistema di protezione catodica controllato con operatore |
| N_{MR-T}^{OP} | Numero delle misure registrate triennali conformi attribuite all'anno di riferimento eseguite sul sistema di protezione catodica |
| N_{PM}^{TLS} | Numero di punti di misura dotati di telesorveglianza con misure conformi presenti nel sistema di protezione catodica |
| N_{MBD}^{TLS} | Eventuale numero di misure di breve durata conformi eseguite con operatore nei punti di misura non in continuo del sistema telesorvegliato |
| N_{MR}^{TLS} | Eventuale numero di misure registrate conformi eseguite con operatore sul sistema di protezione catodica dotato di telesorveglianza, oppure ricavate dal sistema di telesorveglianza in quei punti di misura che hanno espresso valori conformi nel periodo di efficiente ed efficace funzionamento |
| N_{PMC} | Numero punti di misura caratteristici individuati nel sistema di protezione catodica |
| n_{SPC} | Parametro del sezionamento elettrico della rete protetta |
| n_{PM} | Numero di punti di misura per chilometri di rete del sistema di protezione catodica |
| M_{R-UNI}^{OP} | Numero di misure registrate (non triennali) prescritte dalla norma UNI 11094 sul sistema di protezione catodica controllato con operatore |

| | |
|--------------------------|---|
| M_{RT-UNI}^{OP} | Numero di misure registrate triennali prescritte dalla norma UNI 11094 sul sistema di protezione catodica controllato con operatore |
| $\langle l \rangle_{20}$ | Lunghezza media dei tratti di condotta rapportata a 20.000 metri del sistema di protezione catodica |
| $PM_{TLS-UNI}^{TLS}$ | Numero di punti di misura dotati di telesorveglianza prescritti dalla norma UNI 11094 sul sistema di protezione catodica da telesorvegliare |
| N_{MR}^{TLS} | Numero di misure registrate eseguite con operatore sul sistema di protezione catodica dotato di telesorveglianza |
| M_{MBD}^{TLS} | Misure di breve durata di riferimento per sistemi di protezione catodica dotati di telesorveglianza |
| δ | Parametro di riferimento per il calcolo delle misure registrate equivalenti nel sistema di protezione catodica controllato con operatore |
| f_1 | Funzione atta a valutare il numero dei punti di misura prescritti dalla norma nel sistema di protezione catodica |
| f_2 | Funzione atta a valutare le eventuali misure di breve durata nel sistema di protezione catodica dotato di telesorveglianza |
| ΔE | Variazione del campo elettrico |