

CONVEGNO AIM “GIORNATE NAZIONALI SULLA CORROSIONE E PROTEZIONE”

Napoli 10 – 11 – 12 luglio 2013

Impianti di protezione catodica: criteri generali e manutenzione

Fabio Brugnetti

APCE – Ufficio Corrosioni Elettrolitiche (MI)

Sommario

La protezione catodica “PC” è la tecnica elettrochimica di prevenzione della corrosione che si può applicare ai materiali metallici posti a contatto con ambienti aventi un’ apprezzabile conducibilità elettrica.

Le applicazioni più comuni della PC riguardano le strutture metalliche poste in ambienti naturali tra le quali troviamo le reti di trasporto, distribuzione e stoccaggio del gas, gli oleodotti, gli acquedotti, gli ossigenodotti, i serbatoi metallici, le strutture in cemento armato, quelle portuali e offshore.

La protezione catodica è regolata a livello europeo attraverso norme tecniche armonizzate, mentre in Italia la sua applicazione per il trasporto distribuzione e stoccaggio del gas naturale è resa obbligatoria da Decreti Ministeriali e regolata dall’Autorità per l’Energia Elettrica ed il Gas (AEEG).

Il rispetto delle leggi e normative vigenti nel settore, consentono di raggiungere adeguati livelli di sicurezza, di garantire l’integrità delle strutture e, non ultimo, rispettare l’ambiente circostante.

In questa memoria si riassumono i criteri di manutenzione per la PC dei gasdotti di trasporto e distribuzione e per le flow line di collegamento dei giacimenti di stoccaggio del gas naturale, ai sensi delle norme tecniche europee e nazionali vigenti in materia.

Sono descritti gli obiettivi della futura normativa europea e come questi si rifletteranno sulla normativa nazionale nel settore della protezione catodica.

La PC secondo le norme

Le strutture metalliche interrate o immerse sono soggette a corrosione, ovvero al degrado chimico-fisico del metallo a contatto con l’ambiente di posa. Per assicurare la loro integrità le norme prescrivono l’applicazione di un rivestimento e l’attuazione della protezione catodica (PC). Il rivestimento ha lo scopo di evitare che parti metalliche della struttura siano in contatto diretto con l’ambiente di posa, per evitare il contatto con parti (strutture) metalliche estranee intersecanti o posate in vicinanza e per ridurre l’influenza di campi elettrici presenti nell’ambiente [fig.1].



[fig.1] – Fase di applicazione del rivestimento per giunti di saldatura

La PC può essere attuata con anodi galvanici o a corrente impressa e ha lo scopo di ridurre il tasso di corrosione a valori minori 0,01 mm/anno.

Per le strutture metalliche interrate convoglianti gas naturali la protezione catodica è resa obbligatoria ai sensi del D.M. 16 aprile 2008 e D.M. 17 aprile 2008 [1].

La verifica dell'efficacia della PC è regolamentata, per la distribuzione, trasporto e stoccaggio del gas naturale dalle delibere emesse da AEEG rispettivamente n. ARG/gas 120/08, n. ARG/gas 141/09, n° ARG/gas 204/10 [14] nelle quali è stato dato mandato "all'Associazione per la Protezione dalle Corrosioni Elettrolitiche APCE" di emettere specifiche linee guida per la PC, strettamente legate ai criteri tecnici delle norme europee e nazionali.

Le linee guida contengono regole comuni e criteri univoci e comparabili relativi all'attuazione, alle misurazioni, alle verifiche e ai controlli della PC, le indicazioni per predisporre il "Rapporto annuale dello stato Elettrico" e una metodologia di calcolo che consente di stabilire se le strutture siano o meno in protezione catodica ai sensi della normativa vigente.

Nel dettaglio le linee guida APCE comprendono gli aspetti progettuali e i criteri di protezione catodica per strutture metalliche interrate UNI EN 12954 [7] - UNI 11094 [9] e per strutture metalliche complesse UNI EN 14505 [5] (esempio: porzioni di rete elettricamente connesse con impianti di messa a terra), gli aspetti legati alla presenza di interferenze elettriche con sistemi elettrici coesistenti eserciti in corrente continua EN 50162 [9] o in corrente alternata CEN TS 15280 [11], gli aspetti legati al monitoraggio UNI EN 13509 [13] e all'impiego della telesorveglianza UNI 10950 [14]. [fig.2]

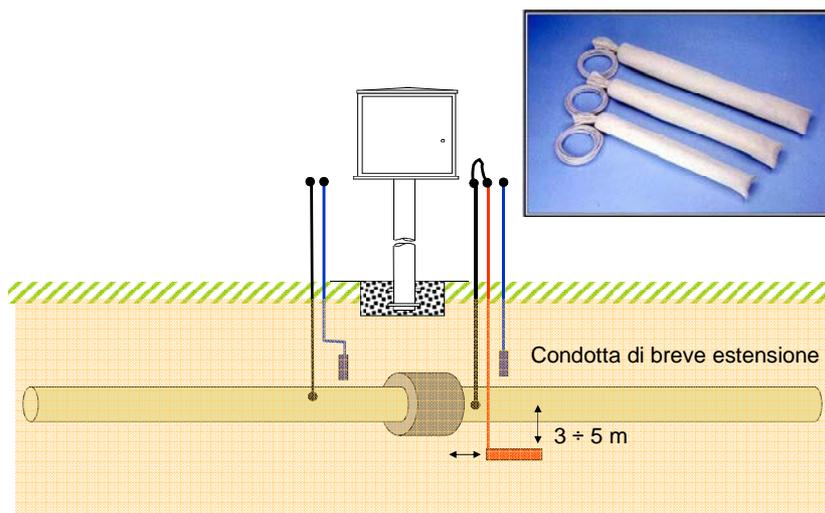


[fig.2] Sito www.apce.it

Attuazione della protezione catodica con anodi galvanici

La PC con anodi galvanici sfrutta l'accoppiamento elettrochimico tra metalli di natura diversa quindi tra l'acciaio che deve essere protetto catodicamente e l'anodo elettrochimicamente più negativo. La PC con anodi galvanici è consigliata per strutture di limitata estensione posate in terreni a bassa resistività con valori non superiori a $50 \Omega\text{m}$ e con un buon materiale isolante che limita il fabbisogno di corrente di PC. È consigliata l'installazione degli anodi galvanici a una distanza non maggiore di 2 – 3 m dalla struttura da proteggere con spaziatura non maggiore di 20 – 30 m.

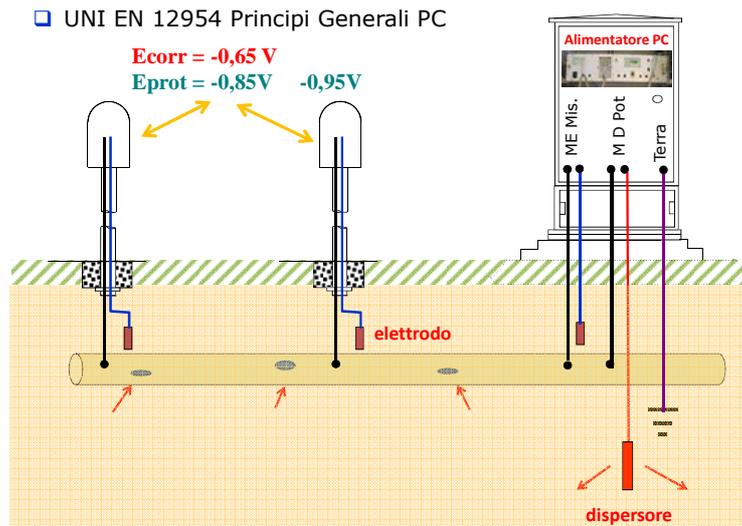
La norma prEN 12496 [2] (prossima emissione) prescrive le caratteristiche elettrochimiche dei materiali anodici e i criteri di scelta in funzione dell'ambiente di posa. [fig.3].



[fig.3] Esempio PC con anodi galvanici

Attuazione della protezione catodica a corrente impressa

La PC a corrente impressa è basata sull'impiego di alimentatori di protezione catodica che generano corrente continua opportunamente regolata secondo UNI EN 12954 [7] e UNI CEI 8 [3], [fig.4].



[fig.4] Esempio PC a corrente impressa

L'alimentatore di PC, applica tra il dispersore "polo positivo" e la struttura da proteggere catodicamente "polo negativo" una tensione massima continua di 50 V tale per cui, la corrente di PC erogata può proteggere strutture estese in lunghezza.

La realizzazione del dispersore deve tenere in considerazione le prescrizioni sugli aspetti ambientali ai sensi del D.M. 16 aprile 2008 e D.M. 17 aprile 2008 [1], gli aspetti dimensionali per limitare le interferenze elettriche ai sensi della norma UNI EN 12954 [7] e norma UNI 11094 [8], gli aspetti progettuali ai sensi della norma UNI 10835 [4].

L'impianto di PC a corrente impressa si adatta alla protezione di strutture metalliche estese in lunghezza, reti magliate o per la protezione di aree complesse UNI EN 14505 [5] nelle quali, la struttura da proteggere catodicamente, è elettricamente connessa, per motivi di sicurezza, agli impianti di messa a terra.

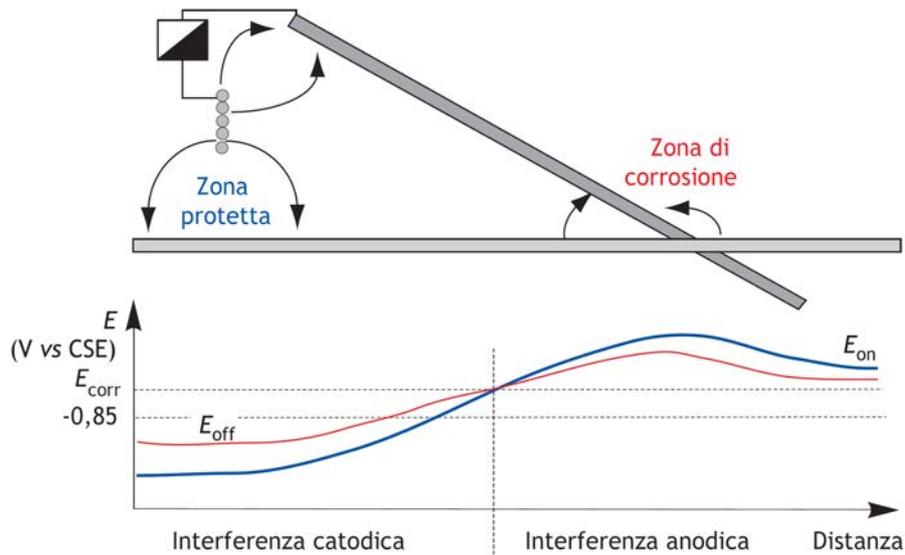
La progettazione, l'attuazione e la manutenzione dei sistemi di PC devono essere eseguite da personale qualificato e certificato secondo la norma UNI EN 15257 [6].

In presenza di interferenze

Le interferenze elettriche più frequenti che si possono presentare su una struttura metallica interrata da proteggere catodicamente, estesa in lunghezza, sono le interferenze provocate da sistemi elettrici coesistenti eserciti in corrente continua per le quali la norma EN 50162 [10] prescrive i limiti di ammissibilità dei parametri elettrici, e le interferenze generate dall'accoppiamento elettrico con sistemi di trasporto dell'energia elettrica, eserciti in corrente alternata.

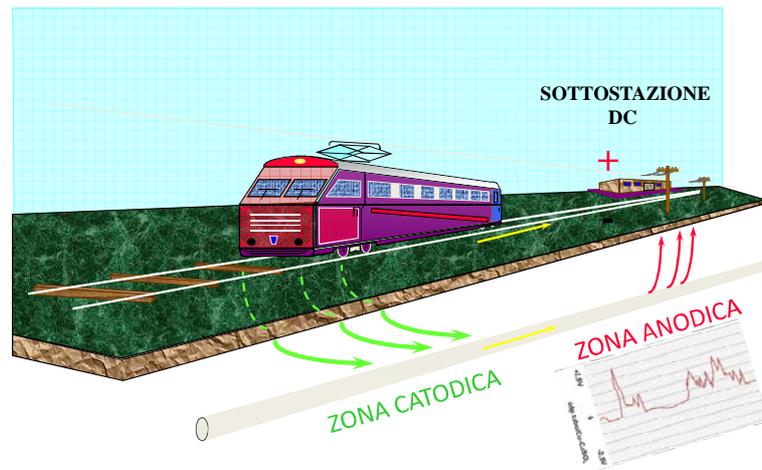
La coesistenza di sistemi elettrici eserciti in corrente continua aventi in comune il sottosuolo, possono provocare:

- interferenza stazionaria; il classico caso è l'interferenza elettrica provocata da un dispersore per impianto di protezione catodica a corrente impressa, [fig.5]



[fig.5] esempio di interferenza stazionaria

- interferenza non stazionaria o da correnti vaganti; classico esempio l'interferenza provocata da una ferrovia elettrificata in corrente continua su una tubazione metallica interrata protetta catodicamente, [fig.6].



[fig.6] Esempio di interferenza non stazionaria

Le interferenze generate dall'accoppiamento elettrico con sistemi di trasporto dell'energia elettrica, eserciti in corrente alternata, possono essere di tipo induttivo, capacitivo o resistivo.

Le opere di protezione per mitigare le interferenze provocate da sistemi eserciti in corrente alternata devono tenere conto sia dell'aspetto sicurezza ai sensi della norma CEI 304-1 [11], sia l'aspetto del rischio di corrosione da corrente alternata ai sensi della specifica tecnica CEN TS 15280 [12]. [fig.7].



[fig.7] Esempio di corrosione da corrente alternata riscontrata su provino

Il D.M. 17 aprile 2008 [1] per le condotte di trasporto del gas naturale, prescrive le distanze che devono essere rispettate tra le condotte e le linee elettriche e, in presenza di linee elettriche aeree con tensione di esercizio maggiore di 30 kV, prescrive anche l'esecuzione di calcoli per verificare l'entità dell'interferenza ai sensi della norma CEI 304-1 [11].

Stato elettrico di riferimento e collaudo

La messa in opera della PC per un gasdotto deve essere basata sulla progettazione che comprende anche il sezionamento della struttura in sistemi di protezione catodica.

Un sistema di PC è definito nella norma UNI EN12954 [7] come: complesso delle installazioni, comprendente gli elementi attivi e passivi, che permette di attuare la PC, deve essere adeguatamente progettato, sottoposto a collaudo elettrico e successivamente a manutenzione con verifiche periodiche.

Il collaudo elettrico di un sistema di PC ha lo scopo di ricavare lo "stato elettrico di riferimento" definito dalla norma UNI 11094 [9] come: rappresentazione esauriente della situazione elettrica, relativa ad un assetto e a condizioni impiantistiche ben definite del sistema di protezione, da utilizzare come quadro di riferimento nei successivi controlli dello stato elettrico della struttura.

Lo stato elettrico di riferimento deve contenere il riepilogo delle informazioni tecniche relative a:

- l'analisi delle interferenze
- il calcolo della resistenza d'isolamento della struttura quindi la valutazione della qualità del rivestimento a posa avvenuta
- presenza e risoluzione di eventuali contatti accidentali con strutture metalliche estranee (es. tubi di protezione metallici)
- l'impostazione dei parametri elettrici di funzionamento degli impianti di PC
- l'attivazione e l'impostazione dei parametri di funzionamento di dispositivi per il controllo delle correnti vaganti (drenaggi unidirezionali, collegamenti unidirezionali con strutture terzi)
- la selezione dei punti caratteristici definiti dalla norma UNI EN 12954 [7] come i punti critici o quelli che risultano essere rappresentativi del sistema di PC
- la verifica dell'efficacia della PC in tutti i punti di misura appartenenti al sistema di PC in esame, comprensiva del periodo soggetto a maggiore disturbo da correnti vaganti
- il confronto del collaudo elettrico con i dati di progetto

Relativamente alle misurazioni dei parametri elettrici di PC, durante il collaudo elettrico e nelle verifiche periodiche di manutenzione, devono essere utilizzate le metodologie di misura riportate nella norma UNI EN 13509 [13].

Parallelamente sul sistema devono essere rilevati i parametri elettrici di tensione e corrente alternata indotta (misure di corrente attraverso coupon) per accertare se sussiste il rischio di corrosione da corrente alternata indotta, ai sensi della specifica tecnica CEN TS 15280 [12].

La manutenzione

Come detto nei capitoli precedenti, ai fini della qualità del servizio e quindi della sicurezza, la gestione della protezione catodica dei gasdotti è regolamentata da AEEG attraverso delibere che impongono di effettuare le regolari operazioni di verifica e manutenzione sui sistemi di protezione catodica con relativa compilazione di un "Rapporto annuale dello stato elettrico" per ciascuna porzione di rete gestita (sistema di protezione catodica) in conformità alle Linee Guida APCE.

I criteri tecnici riportati nelle Linee Guida consentono di stabilire se ogni porzione di rete del gasdotto sia adeguatamente protetta attraverso il calcolo "dell'indicatore di protezione catodica Kt" i cui parametri chiave sono riferiti ai dati tecnici di progettazione, gestione e verifiche dei parametri elettrici di protezione catodica.

L'indicatore di protezione catodica Kt, da calcolare per ogni sistema di protezione catodica a corrente impressa, è misurato sulla base di 100 punti e la sua fattibilità si basa sulla definizione di un sistema di protezione catodica "modello" che è stato possibile individuare per le porzioni di rete estese in lunghezza sia per la distribuzione che per il trasporto del gas naturale.

Sono assegnati un totale di 30 punti alla progettazione, di cui 10 sono associati alla suddivisione della rete in sistemi di protezione catodica (sezionamento elettrico per il controllo delle interferenze elettriche) e 20 punti sono associati al numero di posti di misura previsti sul sistema di protezione catodica (criterio di progettazione e distribuzione previsto nelle norme tecniche vigenti in materia).

I restanti 70 punti sono assegnati alle misurazioni dei parametri di protezione catodica dalle quali si può stabilire l'efficacia della protezione catodica ai sensi della normativa tecnica vigente.

Valori di Kt inferiori a 60 sono indice di una non efficace applicazione della protezione catodica alle condotte.

Valori di Kt maggiori o uguali a 60 fino a 80 sono associati alle condizioni di efficace applicazione della protezione catodica, mentre valori maggiori di 80 corrispondono a situazioni dove le verifiche ed i controlli sono stati intensificati a causa dell'entità e variabilità del campo elettrico interferente o ad una gestione particolarmente accorta da parte del gestore della rete.

L'indicatore Kt è stato progettato per essere applicabile ai sistemi di protezione catodica monitorati sia con operatori che attraverso sistema di tele-sorveglianza, secondo i criteri citati nella norma UNI 10950 e UNI 11094.

Per ciascun sistema di protezione catodica deve essere redatto anche il "Rapporto annuale di stato elettrico" il quale è strutturato in 5 sezioni e per ogni sezione sono descritti i dati e le informazioni tecniche ritenute utili per avere un quadro di quanto attuato in ambito di protezione catodica.

La prima sezione del rapporto annuale contiene i dati e le informazioni di carattere generali della rete o impianto di gas naturale, compreso anche la percentuale della rete in acciaio protetta catodicamente.

La percentuale della rete protetta, riferita quindi all'impianto o alla rete di distribuzione o trasporto del gas, può essere costituita da vari sistemi di protezione catodica, ognuno di essi citato nel rapporto annuale. Nel calcolo percentuale della

rete protetta catodicamente pesa il coefficiente K_t attribuito al singolo sistema di protezione catodica: infatti un dato di input è la lunghezza della rete in acciaio costituita da sistemi di protezione catodica dove l'indicatore K_t ha avuto valori minori di 60 nei due anni precedenti e in quello di riferimento. In questo caso tali sistemi vanno classificati come "non protetti catodicamente".

Due sezioni del rapporto sono dedicate agli interventi e provvedimenti adottati sul singolo sistema di protezione catodica e alle informazioni che provano l'affidabilità della gestione e conduzione dei tratti di condotta protetti da impianti con anodi galvanici caratterizzati da una estensione di rete limitata e per le aree concentrate quali centrali di compressione e nodi di smistamento gas, per i quali non è possibile ricavare un sistema di protezione catodica modello e di conseguenza non è possibile applicare il relativo calcolo K_T .

L'ultima sezione è dedicata alla descrizione delle eventuali anomalie che, nell'anno di riferimento, hanno causato valori di K_t minori di 60 e la descrizione dei provvedimenti tecnici che sono programmati per ristabilire l'efficacia della protezione catodica.

Ai sensi delle delibere AEEG, il gestore della rete di distribuzione o trasporto del gas naturale è tenuto a conservare il rapporto di stato elettrico e l'attestato K_t associato a ciascun sistema di protezione catodica, e a trasmettere all'Autorità il riassunto dei dati in essi contenuti con i criteri stabiliti nelle delibere di riferimento.

L'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas ha emesso anche le regole della qualità per il servizio di stoccaggio del gas naturale, pubblicando il 22 novembre 2010 la delibera ARG/gas 204/10.

Tale delibera, entrata in vigore il primo gennaio 2011, ha riaffermato l'importanza della protezione catodica sulle flow line di collegamento quale fattore per la sicurezza e la continuità nel servizio di stoccaggio del gas naturale.

La metodologia di valutazione dei sistemi di protezione catodica nelle flow line di stoccaggio ha usato le stesse regole per la valutazione dei sistemi di protezione catodica protetti con anodi galvanici implementando, attraverso una linea guida APCE dedicata, le regole base di progettazione e gestione della protezione catodica per quegli aspetti non coperti o sufficientemente regolati da norme tecniche nazionali ed europee.

I progressi del settore normativo

L'attività normativa europea CEN che si occupa anche del settore "protezione catodica", è sviluppata da gruppi di lavoro i cui membri sono nominati dagli enti normatori nazionali, nel nostro caso da UNI.

In UNI, la Commissione U68 "Protezione dei materiali metallici contro la corrosione" coordina i rappresentanti UNI nominati nel comitato normatore europeo CEN TC 219 e relativi gruppi di lavoro di seguito descritti:

WG1 - Cathodic protection of buried and immersed metallic structures

WG2 - Cathodic protection of steel in concrete

WG3 - Cathodic protection of steel structures in sea-water

WG 4 - Internal cathodic protection of metallic structures

Al momento l'attività di normazione è decisamente limitata in ambito nazionale in quanto non c'è stata nell'ultimo quinquennio la necessità di emettere nuove norme o integrare/revisionare quelle vigenti in questo settore, contrariamente a quanto sta avvenendo in campo europeo.

La delegazione Italiana UNI riporta al CEN la posizione nazionale espressa dai gruppi di lavoro della Commissione UNI U68, che valuta attentamente gli sviluppi dell'attività dei gruppi di lavoro europei definendo gli obiettivi da difendere e/o raggiungere.

La delegazione Italiana UNI è particolarmente attiva nel CEN WG1 nella quale sono in corso attività tecniche per le seguenti norme:

- EN 12954 "Cathodic protection of buried or immersed metallic structures"
- EN 15280 "Evaluation of a.c. corrosion likelihood of buried pipelines - Application to cathodically protected pipelines"
- EN 15257 "Cathodic protection competence level and certification of cathodic protection personnel"

Norma EN 12954 [7]

Nella prima fase di revisione quinquennale la norma è stata scissa in due documenti per allineare il nuovo contenuto tecnico al criterio normativo Internazionale ISO che prevede una parte generale e le parti settoriali; nella fattispecie:

- EN 12954-1 "CP - General Principle"
- EN 12954-2 "CP - Application for pipeline"

La parte EN12954-1 sarà emessa da CEN ma è stato deliberato il suo ritiro quando le future norme europee non faranno più riferimento alla stessa, considerando che il contenuto non contiene criteri tecnici operativi che sono di fatto rimandati / contenuti nella EN 12954-2 "CP - Application for pipeline".

Le attività di revisione della EN 12954-2 "CP - Application for pipeline" invece hanno visto un allargamento del gruppo di lavoro CEN verso il gruppo di lavoro Internazionale congiunto "ISO TC 67 SC2 WG 11-1 / CEN TC 219 WG1" che sta procedendo con l'elaborazione della norma "ISO CEN pr15589-1" in sostituzione della norma EN.

Il documento sarà emesso presumibilmente quest'anno.

Si perderà quindi a breve il riferimento alla storica norma EN 12954 recepita in Italia come norma UNI EN 12954 [7] ma nello scopo della futura "ISO CEN pr15589-1" sono stati mantenuti i riferimenti normativi europei attualmente utilizzati nella norma EN12954 in vigore.

Nella futura "ISO CEN pr15589-1" è stato introdotto un importante capitolo sulla certificazione del personale di PC che non rende obbligatorio per le società di trasporto e distribuzione del gas la certificazione del proprio personale interno, ma sensibilizza nello stesso tempo la necessità di avere sul mercato operatori di settore certificati.

Nel futuro testo normativo vengono approfonditi gli aspetti legati alla progettazione e alla scelta dei materiali, la parte manutenzione e verifiche guadagna importanti approfondimenti tecnici ma i concetti base dell'attuale EN 12954 sono confermati.

La norma EN 15257 [6]

Ad aprile 2011 la norma sottoposta a revisione quinquennale è stata confermata per altri 5 anni, ma su questo argomento si segnalano le attività europee che vedono la Francia promotrice di corpose proposte di modifiche degli attuali criteri:

- Inserire il LIV 0 per gli "Operatori/esecutori"
- Emissione di un BOOK per la formazione

- Sistema di Certificazione Europeo comparabile con Certificazione NACE
- Sistema Certificazione Europeo omogeneo attraverso accreditamento "EA European Accreditation"

In ambito Europeo EFC "European Federation of Corrosion" e successivamente CEN, è stata presentata la proposta di un prossimo gruppo di lavoro ISO/CEN che avrà come obiettivo l'emissione di una norma armonizzata sulla certificazione del personale di protezione catodica; viene quindi ulteriormente sottolineata l'importanza di presenziare in modo attivo le attività europee EFC.

Se il nuovo work item sarà accettato, la revisione della norma a livello internazionale ISO partirà prima della prossima scadenza per il rinnovo quinquennale.

La norma TS EN 15280 [11]

Negli ultimi anni sono stati conclusi parecchi studi sul fenomeno del rischio di corrosione da corrente alternata, che hanno permesso di approfondire le conoscenze e quindi di ritenere utile procedere all'aggiornamento della Specifica Tecnica TS EN 15280.

Il WG1 ha concluso l'aggiornamento tecnico della Specifica Tecnica che sarà trasformata nella futura norma EN 15280.

Il documento sarà emesso presumibilmente quest'anno e riporta i limiti di ammissibilità dell'interferenza elettromagnetica su strutture metalliche interrate protette catodicamente.

La corrente alternata nei terreni o quella intercettata da strutture metalliche è rivelata con misure di tensione remota (VCA) con un multimetro che rileva frequenze in un intervallo di 15-100 Hz. Un oscilloscopio mobile può essere utile per verificare il tipo d'onda, la frequenza e l'ampiezza della sinusoide. Per ragioni di sicurezza, generalmente, si richiede che la tensione alternata sia minore di 15 Vrms (rms = root mean square).

Il fattore principale che determina la possibilità di corrosione da CA è invece la densità di corrente alternata, legata al potenziale VCA, alla dimensione dei difetti del rivestimento, alla resistività del terreno e al rivestimento stesso.

Le dimensioni dei difetti sono di estrema importanza, dal momento che la velocità di corrosione cresce all'aumentare della densità di corrente: difetti di elevata superficie sperimentano densità di corrente più basse e quindi sono soggetti a fenomeni di corrosione meno accentuati. Il flusso di corrente attraverso un difetto del rivestimento è determinato sia da fattori fisici, legati alla sua geometria, che chimici, correlati alla composizione chimica del terreno e alle modificazioni che si producono nelle vicinanze dei difetti stessi, dovute sia alla corrente alternata che alla corrente di protezione catodica.

Secondo gli ultimi accordi normativi, la corrosione non si verifica per densità di corrente alternata inferiori a 30 A/m².

La sovraprotezione catodica tende ad aumentare il rischio di corrosione da corrente alternata.

Norme Nazionali

Vista l'emissione della futura ISO CEN 15589-1 si sta valutando la trasformazione delle linee guida APCE in norma tecnica UNI.

A termine del progetto le attuali linee guida APCE, la norma UNI 11094 e la norma UNI 10950 potrebbero quindi essere ritirate e le nuove norme UNI potrebbero essere emesse ad integrazione della ISO CEN 15589-1 per gli aspetti in essa non coperti.

Ovviamente, l'obiettivo principale di questa trasformazione è conservare gli aspetti tecnici delle attuali linee guida APCE, utilizzati da molteplici anni dal mondo industriale.

Riferimenti

- [1] D.M. 16 aprile 2008 e D.M. 17 aprile 2008 “Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e dei sistemi di distribuzione e degli impianti di trasporto di gas naturale con densità non superiore a 0,8”
- [2] prEN 12496 “Anodi galvanici per la protezione catodica”
- [3] UNI CEI 8 “Alimentatore di protezione catodica per impianti di protezione catodica a corrente impressa”
- [4] UNI 10835 “Anodi e dispersori per impianti di protezione catodica a corrente impressa”
- [5] UNI EN 14505 “Protezione catodica di strutture complesse”
- [6] UNI EN 15257 “Protezione catodica - Livelli di competenza e certificazione del personale”
- [7] UNI EN 12954 “Protezione catodica di strutture metalliche interrato o immerse – Principi generali e applicazione per condotte”
- [8] UNI 11094 “Supplemento alla norma UNI EN 12954 – manutenzione in presenza di correnti vaganti”
- [9] EN 50162 “Protezione contro la corrosione da correnti vaganti causate dai sistemi elettrici a corrente continua”
- [10] CEI 304-1 “Interferenza elettromagnetica prodotta da linee elettriche su tubazioni metalliche – identificazione dei rischi e limiti di interferenza”
- [11] CEN TS 15280 “valutazione del rischio di corrosione da corrente alternata”.
- [12] UNI EN 13509 “Tecniche di misura per la PC”
- [13] ARG/gas 120/08, n. ARG/gas 141/09, n° ARG/gas 204/10 “delibere AEEG per distribuzione trasporto e stoccaggio del gas naturale”
- [14] UNI 10950 “Protezione catodica di strutture metalliche interrato. Telecontrollo dei sistemi di protezione catodica”.