

CONVEGNO AIM “GIORNATE NAZIONALI SULLA CORROSIONE E PROTEZIONE”

Napoli 10 – 11 – 12 luglio 2013

Effetti della sovraprotezione su tubazione in acciaio API 5L X100 rivestita in polietilene triplo strato e FBE

dual coat Ufficio Corrosioni Elettrolitiche (MI)

Sommario

Nella memoria è descritta la realizzazione di un sistema di protezione catodica, per un tratto di tubazione di limitata estensione realizzata in acciaio API 5L X100, rispetto all'usuale API 5L X65.

Gli aspetti tecnici riportati fanno parte di un progetto a più ampio spettro, destinato a trasporto gas internazionale, nella fattispecie l'impianto di protezione catodica è stato progettato per simulare gli effetti della sovraprotezione sull'acciaio grado API 5L X100 posato in terreni ad alta resistività.

Si sottolinea come le norme internazionali di prossima emissione relative alla protezione catodica di tubazioni metalliche interrate destinate al trattamento e al trasporto di gas e acqua, tengono in maggiore considerazione gli aspetti legati alla sovraprotezione, quindi alla qualità della progettazione e della gestione ordinaria dei sistemi di protezione catodica.

Caratteristiche e filosofia costruttiva dell'impianto di protezione catodica da realizzare

Il tratto sperimentale di metanodotto costituito da acciaio API 5L X100 è costituito da n° due tratti di condotta denominati Tubo A e Tubo B entrambi aventi diametro 48”

Il tubo A ha una lunghezza di circa 500 m, è realizzato al meglio evitando presenza di difetti sul rivestimento isolante ed è mantenuto in protezione secondo i parametri previsti dalla norma UNI EN 12954, assicurando il potenziale di protezione compreso tra $-0,85\text{ V} \div -0,95\text{ V}$ (CuCuS04).

Il tubo B è suddiviso in tre sezioni mediante l'inserimento di n° 2 giunti isolanti e lungo la superficie sono stati realizzati difetti con determinate caratteristiche (Gouge - Dent&Gouge – weld non rivestita).

Le tre sezioni del Tubo B dovranno essere mantenute a diversi livelli di protezione catodica secondo il seguente criterio:

- Sezione n° 1 Livello di protezione alto $-1,3\text{ V} \div -1,5\text{ V}$
- Sezione n° 2 Livello di protezione $-1\text{ V} \div -1,15$
- Sezione n° 3 Protezione catodica assente

Le tubazioni sono esercite in pressione idraulica per una durata di circa 18 mesi simulando la condizione di esercizio standard pari a 15 MPa con fluttuazioni giornaliere di pressione secondo i canoni standard di gestione dei metanodotti. Nel corso dei 18 mesi sono previsti tre cicli di pressione più ampi simulanti condizioni “straordinarie” nell'esercizio della linea; l'ultimo ciclo è utilizzato per la prova di tenuta limite della condotta.

Le condotte sono costituite da tratti di condotta aventi diversi spessori:

min T = 16.6 mm (80% usage factor)
mid T = 18.4 mm (72% usage factor)
max T = 22.2 mm (60% usage factor)

Le tubazioni sono costituite da barre rivestite in stabilimento con:

- polietilene alta densità HDPE costituito da primer epossidico liquido, e da uno strato di adesivo polietilenico aggraffato che, insieme al primer, conferisce elevate caratteristiche di resistenza alla corrosione
- FBE DUAL COAT costituito da due strati di polvere epossidica, il secondo strato conferisce elevata resistenza all'abrasione piuttosto che all'urto

La selezione di questi rivestimenti è il risultato di prove di laboratorio mirate a verificare i parametri meccanici e di resistenza al distacco catodico nelle varie condizioni di esercizio.

Ogni sezione è realizzata con tratti alternati rivestiti in PE e FBE [fig.1]



[fig.1] posa condotta B1

Le fasi di interro della condotta sono state effettuate simulando tratti di condotta con ambiente più aggressivo abbassando quindi la resistività media offerta dal terreno nativo pari a 750 ohm metro (valore medio) e simulando la presenza di batteri solfato riduttori (aree monitorate durante tutta la fase di progetto attraverso appositi tombini)

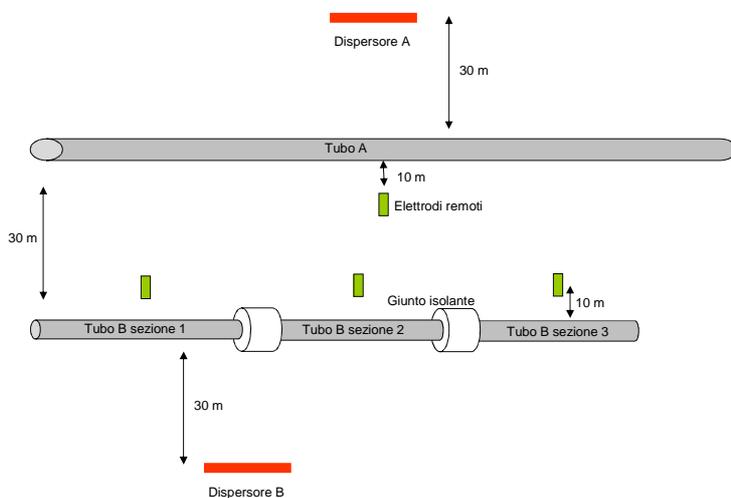
Per evitare interferenze elettriche tra i diversi sistemi di protezione catodica del Tubo B, i giunti isolanti sono provvisti di verniciatura interna isolante; la verniciatura è applicata solo su uno dei due tronchetti fino a metà del giunto isolante nella sezione avente livello di protezione catodica più negativo (lato catodico del giunto isolante).

Disposizione delle tubazioni

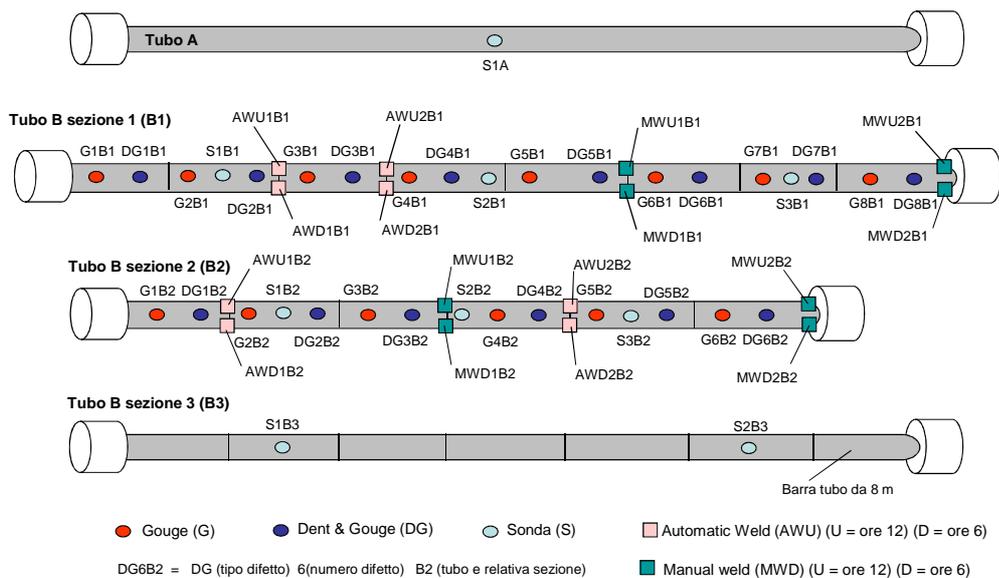
In [fig. 2] è riportata la disposizione delle condotte e lo schema topografico del sistema di protezione catodica, nella [fig. 3] è riportata la disposizione dei difetti, dei coupon e degli elettrodi di riferimento utilizzati per il monitoraggio del potenziale di protezione catodica.

Nella [fig.4] è riportato la simulazione di una bennata con asportazione del rivestimento per attrito “dent and gouge” e l’installazione nelle immediate vicinanze di un elettrodo sinterizzato adatto a posa in terreni ad alta resistività.

Come sonde (coupon) sono state utilizzate diversi modelli presenti sul mercato.



[fig.2] Topografico protezione catodica



[fig.3] Disposizione elementi di protezione catodica



[fig.4] difetto nel rivestimento e posa elettrodo di riferimento fisso

Progetto della protezione catodica

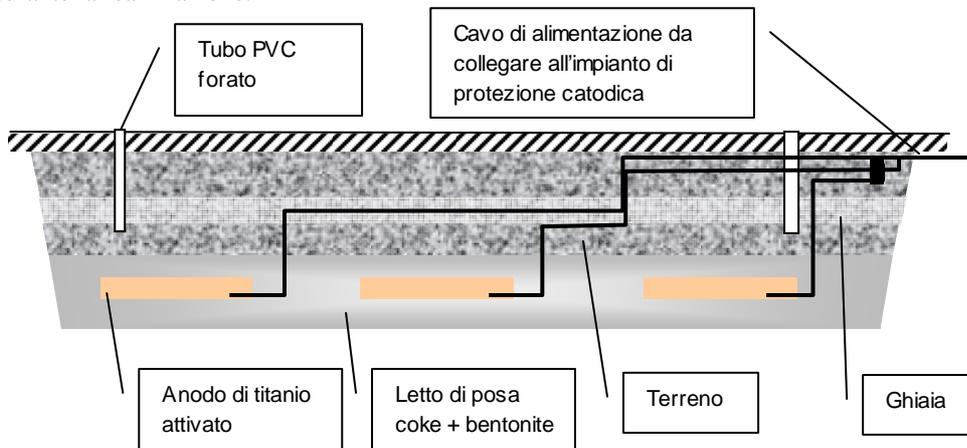
Per ciascuna sessione del tubo B è stato effettuato il calcolo del fabbisogno di corrente di protezione catodica tenendo in considerazione i m² di superficie da proteggere, la resistenza di isolamento della condotta e la resistività media del terreno.

Il metodo di calcolo utilizzato corrisponde alle indicazioni tecniche armonizzate che saranno inserite nella futura norma internazionale sulla protezione catodica che andrà a sostituire l'attuale norma europea EN 12954, recepita in Italia come UNI EN 12954.

Il dispersore orizzontale realizzato in un ambiente ad alta resistività

Di seguito si descrive come è stato progettato il dispersore superficiale realizzato in un terreno con resistività media elevata pari a 750 Ωm, progettato con i criteri della norma UNI 10835, per ottenere una resistenza finale di 16 Ω, sufficiente a erogare il fabbisogno di corrente di PC di progetto in particolar modo per la tubazione B che richiede una corrente di protezione catodica complessiva prossima ai 2 A.

Gli anodi sono stati collegati in parallelo tra di loro direttamente nello scavo ricavando due cavi di alimentazione in corrispondenza degli anodi esterni. Il letto di posa che circonda gli anodi è costituito da 30% bentonite e 70% coke di petrolio calcinato. Lo scavo ha una lunghezza complessiva di 60 m e i 16 anodi sono costituiti da ghisa Fe-Si pre-impaccato posati nello scavo con una spaziatura di 1 m. Alle estremità dello scavo sono stati posizionati i localizzatori di servizi per identificare gli estremi del dispersore. Sono stati previsti due tubi di sviato per l'eventuale apporto di acqua o per l'eventuale sfogo dei gas provocati dalla reazione anodica. Di seguito si riportano alcune foto scattate durante la realizzazione.



[fig.5] – Schema di dispersore orizzontale



[fig.6] – Vista dello scavo e degli anodi pre-impaccati



[fig.7] – La fase di rinterro degli anodi del dispersore

La realizzazione della connessione del cavo all'anodo ed il suo isolamento verso l'ambiente rappresentano le operazioni più delicate nell'assemblaggio e nella posa dei dispersori. Le connessioni elettriche tra i vari cavi e le zone di saldatura del cavo all'anodo devono essere assolutamente ermetiche in modo da evitare qualsiasi permeabilità all'umidità; viceversa la parte attiva del conduttore o la giunzione cavo-anodo sono soggette a una veloce corrosione (dissoluzione anodica), vanificando l'efficacia del dispersore. Le stesse precauzioni devono essere poste durante il varo di un dispersore verticale profondo quando i collegamenti equipotenziali degli anodi e i cavi di alimentazione vengono trascinati all'interno del pozzo di posa.

Monitoraggio

Il monitoraggio della protezione catodica è stato effettuato attraverso monitoraggio in continuo con sistema di telesorveglianza installato sugli alimentatori di protezione catodica e su molteplici punti di misura abbinati agli elettrodi fissi ubicati in corrispondenza dei difetti.

I sistemi di protezione non essendo interferiti da correnti vaganti sono stati monitorati ad impianti di protezione catodica accesi, valutando la caduta di tensione nel terreno a valle del collaudo di stato elettrico iniziale e ripetuto sistematicamente a frequenza mensile.

Per ciascun punto di misura è stato possibile ricavare la misura di polarizzazione V_{off} sia attraverso l'elettrodo fisso in prossimità del difetto sia attraverso l'elettrodo ubicato in posizione remota, ed è stato possibile quindi mantenere costante il potenziale di protezione catodica per tutto il periodo della sperimentazione nei range di potenziale previsti in progetto.

Prova di scoppio delle condotte

Al termine del periodo di sperimentazione le condotte sono state sottoposte alla prova di scoppio elevando la pressione di esercizio che ha fatto cedere solo il tratto B1 alla pressione di 17,5 MPI (spessore condotta 22,2 mm).

Tutte le condotte sono state scavate per verificare:

- l'efficacia della protezione catodica,
- gli effetti della sovraprotezione
- lo stato di conservazione dei rivestimenti isolanti.

Lo stato di corrosione non è stato riscontrato in nessun punto della condotta, neanche in quello privo di protezione.

Non sono stati riscontrati fenomeni di disbonding catodico

La rottura della condotta B1 si è propagata da cricche presenti in corrispondenza di difetti monitorati con il valore più negativo di protezione catodica pari a -1,47 V (esclusa la caduta di tensione nel terreno [fig. 8 -9])



[fig.8] cricca in corrispondenza del difetto G2B1



[fig.9] Propagazione della cricca

Cricche si sono presentate anche nella sessione B2 in corrispondenza dei difetti con potenziale prossimo a -1,36V esclusa la caduta di tensione nel terreno



[fig.10] cricca in corrispondenza del difetto DG4B2

CONCLUSIONI

Tubazioni dotate di rivestimento di ottima qualità possono essere agevolmente protette catodicamente ma sulle stesse possono incorrere nel rischio di sovraprotezione dovuto alla corrente impressa.

Le nuove norme internazionali tengono in elevata considerazione questo aspetto considerando che tale condizione incrementa anche il rischio di corrosione da corrente alternata indotta da elettrodotti aerei eserciti in corrente alternata.

Gli strumenti che concorrono nell'evitare questo fenomeno sono una corretta progettazione con adeguata distribuzione degli alimentatori di protezione catodica e la fase di collaudo elettrico del sistema di protezione catodica, che permette di attribuire la corretta erogazione della corrente di protezione catodica in funzione del corretto valore del potenziale di protezione catodica.

Di seguito si riporta un esempio di disbonding catodico riscontrato su una tubazione rivestita in polietilene la quale è stata protetta con un potenziale prossimo a -1,2 V depurato dalle cadute di tensione nel terreno [fig.11]



[fig.11] difetto nel polietilene causato da una bennata con area di 100 cm² con disbonding catodica

Il disbonding catodico rischia di provocare in alcuni casi il fenomeno di corrosione batterica sotto rivestimento che diventa incontrollabile attraverso l'applicazione della protezione catodica a causa della schermatura isolante provocata dal rivestimento stesso.