



Progetti per il Futuro: approccio alla progettazione di impianti di protezione catodica (parte II)

Marco Cattalini

L'AUTORE

Marco Cattalini è Cathodic Protection Specialist presso CorE.

APCE

APCE - Associazione per la Protezione dalle Corrosioni Elettrolitiche - è un'Associazione a carattere culturale - scientifico, senza finalità di lucro, fondata nel 1981 per coordinare tutte le azioni necessarie a proteggere le infrastrutture soggette a corrosione.

APCE è stata riconosciuta dall'Autorità per l'Energia Elettrica il Gas ed il sistema idrico come organismo tecnico competente per la definizione delle linee guida nel campo della protezione catodica di condotte metalliche adibite alla distribuzione (Deliberazione 574/2013/R/gas), al trasporto del gas naturale (Deliberazione 602/2013/R/gas), e alle flow line di collegamento degli impianti di stoccaggio del gas naturale (Deliberazione 596/2014/R/gas).

Tutte le immagini e le fotografie presenti in questo Focus sono state regolarmente acquistate su banche dati. Nel caso in cui l'autore ritenga che siano state violate le regole di copyright, è pregato di segnalarlo al seguente indirizzo: comunicazione@energiamedia.it

Progetto editoriale: Energia Media srl - Milano
www.energiamedia.it
Coordinamento editoriale: Emanuele Martinelli
Redazione: Martina Ginasi
Realizzazione grafica: Alice Ceccherini

©APCE - dicembre 2021
©Energia Media Editore - dicembre 2021

PROGETTI PER IL FUTURO: APPROCCIO ALLA PROGETTAZIONE DI IMPIANTI DI PROTEZIONE CATODICA (PARTE II).

di Marco Cattalini

Sarebbe bello avere tutte le informazioni che ci servono prima di prendere una decisione. Poterle analizzare, ipotizzare le conseguenze delle nostre scelte e su quelle basi creare il progetto che ci sta a cuore, ma non sempre è possibile e non sempre è una cosa facile ed immediata.

Spesso, prima ancora che un progetto abbia inizio, la raccolta di informazioni diventa un passo fondamentale per la gestione di quanto andremo a mettere in opera ed è basilare quando si tratti di pianificare delle contromisure per il contrasto di eventuali interferenze elettriche presenti nel sistema in oggetto.

Non esistono, purtroppo, metodi standard o soluzioni che possano essere adottate in scala generale; in presenza di fenomeni di interferenza l'acquisizione dei dati relativi a tipologia, intensità, localizzazione, frequenza dei fenomeni diviene imprescindibile per la progettazione dei sistemi di mitigazione e controllo. Inoltre le indicazioni su eventuali interferenze divengono fondamentali per la corretta distribuzione dei punti di misura e degli elementi di monitoraggio dei sistemi di protezione catodica.

Vediamo quindi come muoverci...



Terzo passo: gestione delle interferenze

La definizione della variabilità di campo elettrico nella zona che comprende il sistema in oggetto è la base di partenza di ogni valutazione relativa a correnti disperse.

In relazione alle interferenze da corrente continua, distinguiamo genericamente le interferenze in stazionarie e non stazionarie a seconda che la loro intensità e direzione siano costanti nel tempo o variabili quando siano dipendenti, ad esempio, da sistemi di trazione elettrica.

Per le condotte esistenti si può procedere alla misura del potenziale di libera corrosione in corrispondenza di ogni punto di misura disponibile.

Con l'ausilio di dispositivi di acquisizione specifici, il riscontro di valori relativamente stabili sulle 24 ore permettono di escludere la presenza di interferenze non stazionarie. La valutazione della variabilità di campo elettrico in aree dove le tubazioni debbano ancora essere posate, ma per le quali si voglia già identificare l'eventuale necessità di contromisure mirate alla gestione di interferenze, può essere invece valutata attraverso la misura del gradiente di campo elettrico.

La legge di Ohm descrive con semplicità la relazione tra corrente elettrica, forza elettromotrice (o potenziale) e resistenza.

$$I = V/R$$

Dalla formula risulta intuitivo che la presenza di una eventuale corrente dispersa circolante nel terreno deve essere obbligatoriamente associata ad una differenza di

potenziale che sarà possibile misurare. Con l'ausilio di due elettrodi di riferimento posti ad una distanza nota l'uno dall'altro, sarà quindi possibile identificare direzione e intensità di un eventuale campo elettrico presente nel terreno.

Dividendo la differenza di potenziale misurata per la distanza tra gli elettrodi si otterrà l'intensità del gradiente di campo elettrico, che permetterà di identificare preventivamente possibili situazioni di interferenza per le quali debbano essere previste delle misure di contenimento; possono essere considerati trascurabili gradienti con intensità inferiore a 1mv/m. Le misure andranno comunque registrate per un periodo minimo di 24 ore.

Una volta identificate le possibili fonti di interferenza su cui intervenire sarà necessario adottare la corretta strategia per la gestione delle stesse. Partiamo dalla semplice asserzione: *"Dove la corrente entra protegge! Dove la corrente esce corrode!"*; le zone della tubazione interrata potranno essere soggette ad interferenze catodiche, dove la corrente interferente entra nella struttura e ad interferenze anodiche dove invece la corrente esce causando fenomeni corrosivi.

Anche se le situazioni più critiche sono evidentemente quelle in corrispondenza di un'interferenza anodica, non è detto che tutte le contromisure debbano per forza essere prese in quella posizione.

Spesso l'utilizzo di specifici rivestimenti protettivi, o il corretto posizionamento di giunti isolanti nelle zone di interferenza catodica possono abbattere in misura significativa l'entità della corrente interferente fino al punto da renderla trascurabile. Interventi sulle zone anodiche prevedono invece l'installazione di sistemi di drenaggio dotati, se necessario, di dispositivi di misura e regolazione.





Isolamento elettrico e ricerca contatti

Altra fonte di interferenza che potrebbe mettere a rischio l'efficacia dell'intero sistema di protezione catodica della linea è la presenza di contatti elettrici indesiderati.

L'impianto di protezione catodica è progettato e dimensionato sulla base della specifica richiesta di corrente legata alle dimensioni della linea stessa e ai danneggiamenti e al degrado del suo rivestimento. Un contatto elettrico con una struttura terza offrirebbe alla corrente di protezione catodica un percorso alternativo per l'ingresso della corrente nella linea, mettendo in "comunicazione elettrica" la linea stessa con gli eventuali sistemi di messa a terra normalmente associati a strutture o apparecchiature elettriche.

Tali sistemi di messa a terra sono specificamente progettati per offrire bassissime resistenze elettriche e sono costituiti da strutture metalliche (normalmente in rame o ferro zincato) prive di rivestimento e a diretto contatto con il terreno. In caso di contatto elettrico involontario, la maggior parte della corrente di protezione erogata dall'alimentatore sarà assorbita dalla rete di terra rendendo impossibile la protezione efficace della condotta stessa.

Sarà quindi necessario prevedere sempre la presenza di giunti isolanti su ogni possibile collegamento a strutture terze, come ad esempio ad ogni stacco di utenza, e in corrispondenza di collegamenti a componenti muniti di sistemi di messa a terra come valvole motorizzate o gruppi di riduzione e misura. Le normative di riferimento prevedono infatti la verifica dell'isolamento elettrico della struttura che si vuole collaudare.

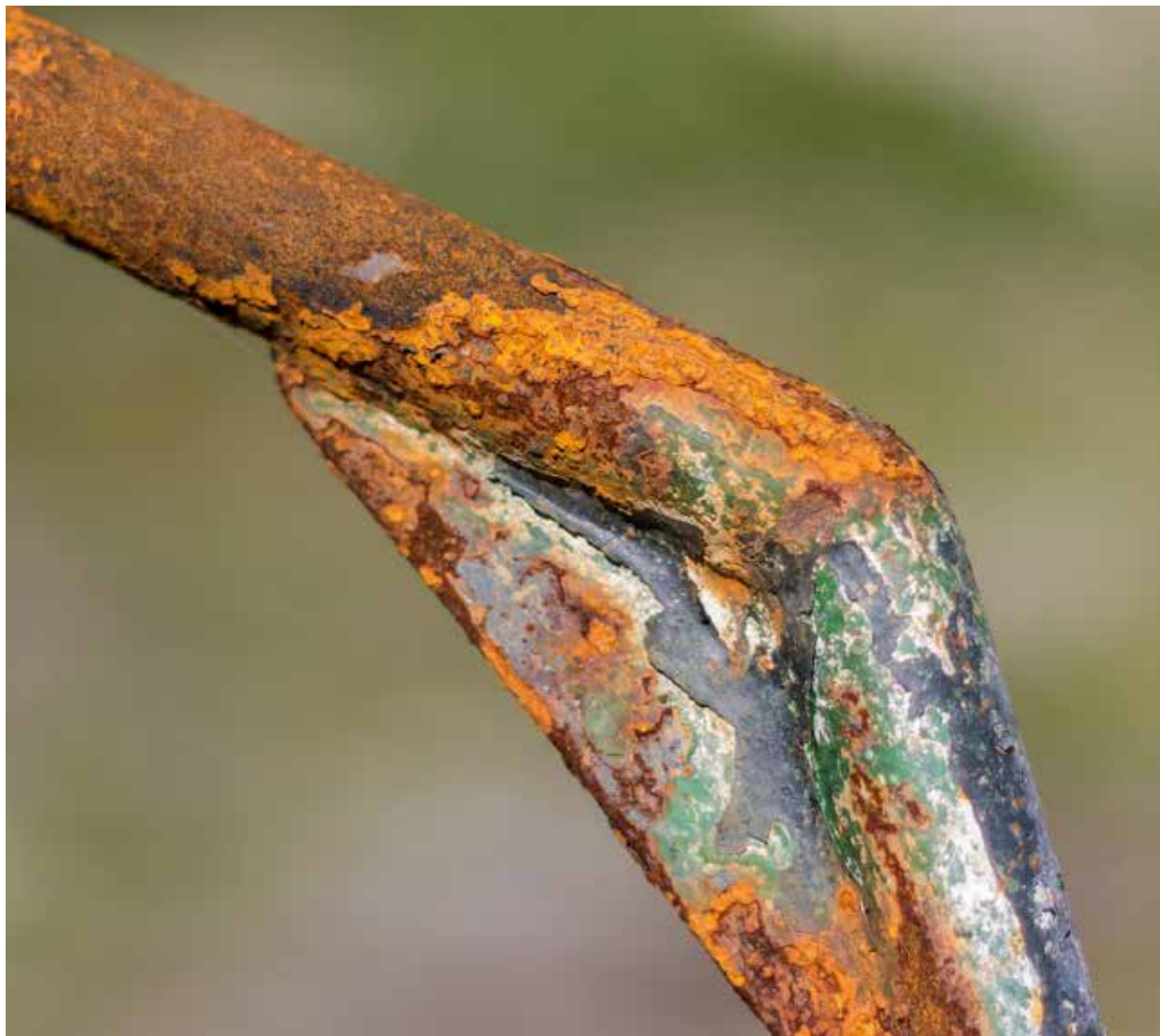
Un discorso a parte va fatto per le interferenze da corrente alternata. La vicinanza con tralicci o eventuali parallelismi della tubazione con le linee di trasmissione elettrica in alta tensione possono portare a diverse forme di interferenza sia in condizioni di esercizio regolare che in condizioni di guasto. Le interferenze da corrente alternata non alterano visibilmente il potenziale elettrochimico della linea, ma possono portare a fenomeni corrosivi se non correttamente gestite. Per le linee esistenti sarà necessario procedere alla valutazione di eventuali potenziali Vac in corrispondenza di tutti i punti di misura. Sia per le linee esistenti che per quelle in fase di progetto sarà inoltre necessario effettuare valutazioni ed eventualmente sviluppare modelli matematici specifici in caso di condotte che corrano parallele a linee dell'alta tensione.

In presenza di eventuali situazioni di rischio di corrosione dovranno essere implementate contromisure specifiche che offrano alle eventuali correnti alternate percorsi a bassa resistenza per scaricarsi nel terreno senza che venga alterata la distribuzione della corrente di protezione catodica. La gestione delle interferenze da correnti alternate richiede competenze specifiche, sia in fase di progettazione che di implementazione e necessita spesso del supporto di sistemi di calcolo.

Il passo finale: controllo e monitoraggio

Sapere se la corrente di protezione erogata è sufficiente, se è correttamente distribuita e riesce ad arrivare ovunque serve; avere la conferma di essere al sicuro da eventuali interferenze o da dispersioni indesiderate; tutto questo è fattibile solamente attraverso la progettazione ed installazione di un corretto sistema di monitoraggio.





L'effetto della protezione catodica è verificabile attraverso la misura del potenziale elettrochimico della struttura che si vuole proteggere e per la misura di questo potenziale è necessario l'utilizzo di elettrodi di riferimento che ci permettano di valutare come l'azione della corrente circolante nel circuito di protezione abbia modificato l'intorno chimico della superficie da proteggere (protezione catodica efficace); nel terreno si usa normalmente l'elettrodo in rame/solfato di rame (Cu/CuSO_4 o CSE). Limitare il monitoraggio alla raccolta di valori di potenziale sarebbe riduttivo, infatti integrare le informazioni con la misura delle correnti in corrispondenza di eventuali sistemi di drenaggio di interferenze e alimentatori di protezione catodica, costituisce un patrimonio di informazioni fondamentale per la corretta gestione dell'intero sistema.

Potenziali di protezione catodica

L'elettrodo di riferimento principale è sempre posizionato in corrispondenza dell'alimentatore dell'impianto, o, più precisamente, in corrispondenza del collegamento negativo di potenza dell'alimentatore.

Si tratta nella stragrande maggioranza dei casi di un elettrodo fisso interrato alla stessa profondità della tubazione e posto alla minor distanza possibile dalla tubazione stessa al fine di limitare, per quanto possibile, i contributi di caduta ohmica nelle letture di potenziale.

Lo scopo principale di questo elettrodo primario è di permettere la corretta regolazione dell'alimentatore in modo da poter modulare la quantità di corrente erogata

così da mantenere il potenziale di protezione catodica all'interno dei limiti indicati dalla normativa e che identificano due soglie: una di *"potenziale negativo minimo"* E_c e una di *"potenziale limite critico"* E_l legato ai fenomeni di sovra protezione. Sia che si tratti di un alimentatore a regolazione manuale, che di un impianto automatico a potenziale controllato, è da questo elettrodo che proverranno le informazioni necessarie alla regolazione della corrente di protezione.

I potenziali misurati potranno essere valori EON raccolti ad impianto acceso e valori ECOUPON (o ESONDA) raccolti sempre a impianto acceso ma fortemente depurati dal contributo di caduta ohmica grazie alla presenza di sonde di potenziale o in corrispondenza di piastrine di polarizzazione. Qualora sia necessario e consentito, è possibile misurare anche valori EOFF, raccolti allo spegnimento dell'impianto con l'ausilio di interruttori ciclici dedicati.

I dati relativi alla distribuzione della corrente e gli effetti di polarizzazione lungo la linea saranno poi raccolti con l'ausilio di una serie di *"posti di misura"* che garantiscano un collegamento elettrico alla struttura protetta che permetta di effettuare la misurazione del potenziale. Tali posti di misura possono variare dai più semplici, dotati solamente di un cavo di collegamento alla condotta, a sistemi dotati di elettrodi fissi interrati fino a stazioni di ultima generazione dotate di sonde di potenziale e sistemi di monitoraggio remoto. I posti di misura dovranno essere distribuiti con una spaziatura minima tra due consecutivi che viene indicata nelle linee guida APCE come inferiore ai 3.000 m per le zone extra urbane e minore di 1.000 m in aree urbanizzate. Dovranno essere poi previsti posti di misura in tutte quelle posizioni che possano essere rappresentative di una eventuale situazione anomala





come ad esempio:

- giunti isolanti
- gruppi di regolazione e misura
- eventuali collegamenti a sistemi di messa a terra
- tubi camicia e foderi di rinforzo
- collegamenti con altre condotte o strutture
- impianti di drenaggio
- attraversamenti con strade, ferrovie, linee elettriche
- variazioni significative della tipologia di terreno
- attraversamenti aerei

la lista non è assolutamente esaustiva, ma vuole dare delle indicazioni di massima sulle possibili situazioni specifiche che richiedono l'installazione di punti di misura dedicati.

Tra tutti questi posti di misura sarà necessario identificarne alcuni, che saranno poi definiti come *"caratteristici"*, tali da poterci dare, anche a fronte di una singola misura o di una singola registrazione un'idea più o meno precisa della condizione di protezione dell'intera sezione di condotta. L'identificazione dei punti caratteristici è una delle fasi fondamentali delle operazioni di collaudo, che permette di porre le basi per una corretta valutazione dell'efficacia del sistema nel tempo.

Solo attraverso il confronto con valori accurati raccolti in fase di collaudo sarà infatti possibile dare il corretto significato alla lettura di valori di potenziale rilevati applicando la manutenzione ordinaria.

Correnti

Alla raccolta dei valori di polarizzazione della struttura protetta dovrà essere affiancata un'accurata misura dei valori di corrente. La misura della corrente non necessita dell'ausilio di elettrodi di riferimento, ma viene effettuata direttamente inserendo un amperometro in serie al circuito di misura o tramite misure indirette attraverso la lettura del potenziale alle estremità di una resistenza calibrata (shunt) posta in serie nel circuito elettrico.

In corrispondenza di anodi galvanici, giunti dielettrici, drenaggi, piastrine o drenaggi, la misura delle correnti di passaggio permetterà di definire correttamente i parametri necessari all'ottimizzazione dei parametri di funzionamento dell'impianto e dei sistemi di gestione delle interferenze.

Una corretta misura della corrente di passaggio non si limiterà a valutare l'intensità della stessa, ma permetterà di indicarne anche il verso identificando correnti entranti e uscenti, con effetti di protezione o di interferenza anodica. Note che siano le dimensioni delle piastrine di polarizzazione, dalla misura della corrente passante sarà possibile valutare il livello di densità di corrente di protezione disponibile nell'area, mentre la corrente misurata ai drenaggi ci darà le indicazioni necessarie alla calibrazione di eventuali resistenze da inserire nel circuito.

Misure di corrente indirette permetteranno di verificare le correnti erogate dagli alimentatori e di valutare eventuali "affaticamenti" dei dispersori anodici.

Anche per le correnti, in caso di interferenze non stazionarie, sarà necessario procedere a misure registrate sulle 24 ore.





Telecontrollo

Ai posti di misura potranno essere associati sistemi di monitoraggio remoto che permetteranno l'acquisizione in continuo di misure di potenziale e corrente ove necessario. Oltre all'intuitivo vantaggio di permettere la valutazione dell'efficacia dei sistemi di protezione catodica senza la necessità di inviare fisicamente del personale in campo, tali sistemi, grazie alla enorme quantità di dati che sono in grado di acquisire, stanno iniziando a mettere a disposizione degli operatori nuovi strumenti, associati a piattaforme informatiche dedicate, che permetteranno in un futuro ormai vicino di mettere a frutto meccanismi di manutenzione predittiva allo scopo di prevedere gli interventi di manutenzione necessari permettendo una pianificazione ottimale delle operazioni di gestione e manutenzione degli impianti.

CONCLUSIONI

Quanto espresso in queste pagine è solamente una panoramica generale degli aspetti legati alle fasi di progettazione di un impianto di protezione catodica. Sarebbe impossibile raccogliere in due soli articoli tutte le informazioni necessarie alla definizione di una corretta progettazione nel suo complesso. Gli aspetti da valutare sono molteplici e ognuno di essi necessiterebbe di un approfondimento dedicato.

A questo scopo APCE ha realizzato, nell'ambito dello schema di certificazione UNI EN 15257, con il prezioso contributo del Politecnico di Milano, il nuovo corso di formazione di quarto livello che tratta delle varie tipologie e dei disparati aspetti legati alla progettazione di impianti di protezione catodica.



ENERGIAMEDIA EDITORE