

Incapsulamento privo di vuoti



La chiave per prevenire l'ingresso di acqua e le scariche parziali nei giunti per cavi di media tensione

Introduzione

Negli ambienti umidi e soggetti ad allagamenti, l'affidabilità dei giunti per cavi di media tensione è raramente determinata dall'isolamento del cavo stesso. Al contrario, i guasti si concentrano nei giunti per cavi, dove le interfacce, le zone di tenuta e la qualità dell'installazione determinano le prestazioni a lungo termine.

Un fattore di installazione si distingue costantemente: la presenza di un incapsulamento privo di vuoti.

I vuoti e gli spazi non riempiti non sono semplici difetti estetici. Sotto pressione idrostatica, diventano punti di innesco per l'ingresso di acqua e possono attivare meccanismi di degrado elettrico, come le scariche parziali.

Questo documento spiega perché un incapsulamento privo di vuoti rappresenta un requisito fondamentale di progettazione e installazione per i giunti per cavi di media tensione nelle aree soggette a ristagno d'acqua e perché è ancora più importante in presenza di cicli termici.

Perché il riempimento privo di vuoti è importante in condizioni di allagamento

In presenza di pressione idrostatica dell'acqua, l'umidità tende a seguire il percorso di minore resistenza. Nei giunti per cavi MT, questo percorso generalmente non attraversa il materiale solido, ma le discontinuità: microspazi nelle interfacce, sacche d'aria e porosità collegate tra loro.

Quando queste discontinuità sono presenti, l'acqua può penetrare progressivamente più in profondità all'interno del giunto per cavi, innescando processi di degrado che possono manifestarsi solo mesi dopo sotto forma di un'interruzione del servizio ritardata.

Per questo motivo, l'incapsulamento privo di vuoti dovrebbe essere considerato un requisito di affidabilità e non semplicemente una caratteristica desiderabile.

La catena di guasto: dai vuoti all'interruzione del servizio

Un vuoto è raramente un problema isolato. Può innescare una sequenza di eventi che si intensifica in condizioni di esercizio in presenza di umidità.

Il documento di riferimento descrive come l'ingresso di acqua in un giunto per cavi possa avviare una riduzione della resistenza di isolamento, un aumento delle perdite dielettriche ($\tan \delta$), scariche parziali e fenomeni di water treeing, nonché un'accelerazione dell'invecchiamento termo-elettrico alle interfacce tra i materiali.

I vuoti intensificano questi fenomeni in due modi:

- creano spazi localizzati in cui l'umidità può accumularsi e persistere
- concentrano le sollecitazioni del campo elettrico, aumentando la probabilità di innesco delle scariche parziali

In altre parole, un'incapsulazione priva di vuoti contribuisce a prevenire sia l'ingresso dell'acqua sia le condizioni elettriche che portano al progressivo degrado dell'isolamento.

Da dove provengono i vuoti (e perché sono comuni)

I vuoti e gli spazi non riempiti derivano in genere dal comportamento durante l'installazione e il processo di lavorazione. Due caratteristiche della resina influenzano in modo significativo la capacità di riempire completamente una cavità: la viscosità e il tempo di lavorabilità (pot life).

Se la viscosità è troppo elevata, la resina potrebbe non bagnare correttamente geometrie complesse o zone di interfaccia ristrette, lasciando microvuoti. Se il tempo di lavorabilità è troppo breve, gli installatori potrebbero essere costretti a completare il processo prima che siano raggiunti il completo bagnamento e il corretto livellamento, aumentando il rischio di intrappolare aria e di ottenere un riempimento incompleto.

Il documento evidenzia che una viscosità controllata e un tempo di lavorabilità sufficiente favoriscono il completo bagnamento e il riempimento accurato delle geometrie complesse dei giunti per cavi, contribuendo a eliminare i vuoti e gli spazi alle interfacce.

Assenza di vuoti significa anche polimerizzazione priva di bolle

Anche se una cavità viene inizialmente riempita, il comportamento durante la polimerizzazione può comunque generare discontinuità interne. Se la polimerizzazione produce bolle o porosità connesse, la pressione idrostatica può utilizzare tali strutture come percorsi capillari per la migrazione dell'acqua.

Il testo di riferimento sottolinea che l'assenza di porosità connesse contribuisce a prevenire la migrazione dell'acqua nel lungo periodo dovuta alla pressione.

Per le applicazioni in ambienti umidi, l'obiettivo è ottenere una struttura polimerica densa e continua dopo la polimerizzazione, non un materiale che appare solido all'esterno ma che contiene percorsi interni.

Perché la qualità priva di vuoti è fondamentale in presenza di elevati cicli termici

I cicli termici provocano la ripetuta espansione e contrazione dei materiali all'interno e attorno al giunto per cavi. Nel tempo, il ciclo termico può aumentare le sollecitazioni meccaniche alle interfacce e accelerare i fenomeni di invecchiamento.

Quando sono presenti dei vuoti, le variazioni di temperatura possono compromettere ulteriormente l'affidabilità perché:

- le sollecitazioni meccaniche si concentrano attorno alle discontinuità
- l'umidità presente all'interno dei vuoti può modificare la conducibilità locale al variare della temperatura
- il rischio di scariche parziali aumenta quando si verifica un'intensificazione del campo elettrico attorno ai bordi dei vuoti

Il documento di riferimento collega le prestazioni in condizioni di umidità all'interazione tra tenuta meccanica e affidabilità elettrica: un riempimento privo di vuoti sopprime l'innescio delle scariche parziali e favorisce un comportamento dielettrico stabile per tutta la vita utile del servizio.

Risultati pratici di qualità da perseguire

L'incapsulamento privo di vuoti non è un semplice requisito da spuntare, ma il risultato di un controllo costante del processo. Sulla base dei meccanismi descritti nel documento di riferimento, i risultati di alta qualità includono generalmente:

- riempimento completo della cavità, senza sacche d'aria intrappolate
- bagnamento completo dei substrati e delle zone di interfaccia
- una struttura polimerica polimerizzata priva di percorsi di porosità connessa
- continuità della tenuta che rimane stabile durante l'invecchiamento e sotto le sollecitazioni operative

Questi risultati riducono sia il rischio immediato di ingresso dell'acqua sia il degrado elettrico ritardato.

Conclusione

L'incapsulamento privo di vuoti è uno dei fattori più determinanti per l'affidabilità dei giunti per cavi di media tensione in ambienti umidi e soggetti ad allagamento. I vuoti e le zone non completamente riempite agiscono come punti di innesco per l'ingresso dell'acqua sotto pressione e per le scariche parziali, accelerando la catena di degrado che porta a interruzioni del servizio ritardate.

Un giunto per cavi che si riempie completamente e che, dopo la polimerizzazione, forma una struttura densa e continua è intrinsecamente in una posizione migliore per mantenere la tenuta meccanica e la stabilità elettrica per tutta la sua vita utile.

Continua l'esplorazione

Nella pagina principale puoi approfondire i principi pratici di progettazione per la resistenza alla pressione idrostatica, insieme a una guida compatta alla selezione delle resine che aiuta i team di specifica a scegliere le soluzioni di giunzione dei cavi più adatte per aree soggette a ristagno d'acqua e a condizioni caratterizzate da cicli termici.