

a cura di: **ING. R. SANTULLI**
visto da: **ING. A. SALES, ING. A. FUSCHIOTTO**
Commissione **MOBILITÀ ELETTRICA**

I FURTI DEI CAVI IN RAME E LE TECNOLOGIE DIFENSIVE

a cura di: **ING. R. SANTULLI**
visto da: **ING. A. SALES, ING. A. FUSCHIOTTO**
Commissione **MOBILITÀ ELETTRICA**

I FURTI DEI CAVI IN RAME E LE TECNOLOGIE DIFENSIVE



Cause e dimensioni del fenomeno

Il rame è un elemento chimico di essenziale importanza nell'economia attuale. Il motivo di questo successo è legato alle proprie caratteristiche tecniche; il rame è dotato di un'ottima conducibilità, sia termica che elettrica che lo rende uno dei metalli più considerevoli nel settore dell'elettricità.

Il rame è un metallo quotato sui mercati finanziari, che "usato" si rivende facilmente a un prezzo che è poco meno di quello nuovo. Il suo valore aveva subito un duro calo tra gli ultimi mesi del 2008 e i primi mesi del 2009 quando 1 kg di rame valeva solo 4,65 €/kg. Successivamente il prezzo è cresciuto rapidamente ed ha raggiunto il valore massimo di circa 7,75 €/kg nel 2011 (+67% in soli 3 anni), per attestarsi successivamente a circa 6,3 €/kg.

Guardando la storia del rame nell'ultimo secolo, si ripercorrono la trasformazione e i grandi sviluppi della nostra società, gli analisti convergono nel sostenere che nei prossimi 25 anni la domanda mondiale complessiva di rame è sicuramente destinata a crescere. Grazie alle economie di scala ed ai progressi delle tecnologie di estrazione e di lavorazione l'industria estrattiva sfrutterà i depositi di qualità inferiore per soddisfare la crescente domanda mondiale.

Il fenomeno criminale dei furti di rame colpisce i Comuni e le Aziende industriali, le Società che in forme diverse posseggono questo materiale: trasporti, energia, telecomunicazioni, acquedotti, fotovoltaico, edilizia, etc.

I furti di oro rosso si ripercuotono sulla collettività provocando l'interruzione di pubblici servizi essenziali con risvolti di natura economica e sociale di particolare rilievo e possono avere conseguenze anche per quanto riguarda la sicurezza e l'ordine pubblico.

Monitoraggio, valutazione e analisi del fenomeno, ivi compresa l'esplorazione degli eventuali collegamenti tra i furti di rame e le attività delle organizzazioni criminali nazionali ed internazionali, sono affidati all'Osservatorio nazionale sui furti di rame istituito presso il dipartimento della Pubblica sicurezza, direzione centrale della Polizia criminale che si propone di favorire le migliori sinergie tra Forze dell'Ordine, Agenzia delle dogane e le società e aziende maggiormente esposte al fenomeno dei furti (Ferrovie dello Stato Italiane,

Telecom Italia, Enel e Federazione delle imprese elettriche ed elettroniche).

Qualche numero per capire la gravità del fenomeno:

- Nel triennio 2010-2012 Ferrovie dello Stato ha stimato un danno pari a 30 milioni di euro, di cui 12 milioni per gli interventi di ripristino;
- Nel 2013 9.386 treni hanno rallentato la circolazione per il furto dei cavi in rame;
- Nel 2012 i furti stimati da Telecom Italia sono stati 2.601, in diminuzione del 26% rispetto al 2011;
- Da gennaio 2016 sono stati 634 i treni coinvolti, accumulando un ritardo complessivo pari a 8,5 giorni;
- Da gennaio 2016 la regione più colpita dai tentati furti di rame è stata la Puglia con 90 treni coinvolti e un ritardo complessivo di 1.203 minuti;
- A febbraio 2016 i furti di materiale in rame ammontano a 45 avvenuti in linea e uno avvenuto in deposito;
- Nel 2016 sono stati trafugati 34.323 kg di materiale in rame per un danno diretto e manutentivo di oltre 397mila euro.

I problemi delle infrastrutture di trasporto

Contrastare i furti dei cavi rame non è facile, il metallo infatti può essere completamente riciclato e, una volta fuso, risulta impossibile risalire alla sua origine, gli elettrodotti da proteggere sono distribuiti su vasta scala, hanno moltissimi punti di accesso in luoghi lontani dai centri abitati.

Gli strumenti di rilevazione di cui bisogna dotarsi per difendersi dai furti sono:

- una centrale operativa di vigilanza automatica, possibilmente presenziata dall'uomo, attiva h 24 365/365;
- un sistema di rilevazione automatica che invii informazioni tempestive alla centrale di vigilanza nel caso di apertura dei pozzetti, sconnessione, taglio e asportazione dei cavi.

In questo modo è possibile consentire l'intervento delle forze dell'ordine sul posto proprio nel momento in cui sta avvenendo l'evento.

Un sistema altamente affidabile deve essere in grado di:

- capire esattamente dove viene interrotta la linea;
- lanciare automaticamente un segnale di allarme, via sms, attraverso una chiamata vocale o

via mail, direttamente verso il servizio di vigilanza e/o verso le forze dell'ordine;

- attraverso un software di tele-gestione, offrire i vantaggi del mondo internet per visualizzare gli eventi ed archiviare la registrazione dettagliata dei tagli.

Il settore ferroviario è uno di quelli più a rischio per:

- l'estensione territoriale delle reti elettriche;
- il posizionamento dei cavi in luoghi che non è difficile raggiungere;
- le diverse tipologie di tensione (MT e BT) e corrente (AC e DC, monofase e trifase);
- i diversi cicli di utilizzo di ciascuna tipologia di cavo (riserva, normale, diurno, notturno, etc..).

Ciò rende oltremodo difficile lo sviluppo di una soluzione tecnica economica ed efficace per il monitoraggio e la rilevazione automatica del taglio dei cavi negli elettrodotti.

I cavi che più facilmente vengono recisi e asportati sono quelli di emergenza, quindi non energizzati nel funzionamento normale dei sistemi di trasporto, situati nei punti meno in vista della li-

nea. L' esercente si accorge del furto solo in caso di guasto elettrico in quanto i cavi asportati sono quelli che dovrebbero garantire il superamento del guasto stesso.

Sono anche molto appetibili i cavi di ritorno trazione, di grossa sezione, che nel periodo di intervallo notturno in cui non sono energizzati, non sono in servizio in quanto le linee di contatto è disalimentata.

Le tecniche di furto consistono nello scoperciare le canaline che corrono accanto ai binari, tagliare i cavi, prelevandoli anche in un secondo momento. In un luogo più appartato poi si tolgono le guaine isolanti prima di mandare il rame dai ricettatori.

Negli ultimi anni sono comparsi sul mercato i primi sistemi tecnologici innovativi che provvedono alla rilevazione e segnalazione automatica del taglio cavi e del furto.

I costruttori, per ovvi motivi di privativa industriale, mantengono ancora un forte riserbo e una certa "gelosia" sui loro principi tecnici di funzionamento e li proteggono con brevetti.



INGEGNERIA CIVILE ED AMBIENTALE

La protezione dei diritti esclusivi, il costo delle licenze associate a ciascun sistema, non consentono l'apertura del mercato a un vero confronto concorrenziale e alla diffusione di soluzioni "aperte" e standardizzate.

Le notevoli risorse finanziarie necessarie agli investimenti non garantiscono il loro ritorno in breve tempo.

Per questo motivo oggi nei nuovi impianti e nei lavori di ripristino successivo ai furti di cavi in rame, quando le condizioni di posa lo consentono, si allarmano pozzetti e vie di accesso, si utilizzano cavi in alluminio che ha minore valore commerciale (1,7 €/kg, più del 70% in meno del rame), ed è quindi meno appetibile ai ladri e al mercato clandestino dei ricettatori, si installano impianti di video sorveglianza e, in casi estremi, si ricorre alla cementazione dei cavedi.

La soluzione di cementazione è drastica, ma oggi è ancora l'unica che dà alta probabilità di dissuadere i ladri, anche se impedisce qualsiasi manutenzione futura dei cavi stessi.

Sistemi realizzati con tecnologia GPS/GSM

Proteggere i cavi in rame depositati nei magazzini è da tempo relativamente facile: mediante sistemi TVCC e antintrusione, che sono efficaci come deterrente per il controllo su piccola scala, si possono proteggere oggetti pregiati all'interno di depositi chiusi e confinati. In ogni caso i sistemi di anti intrusione e video sorveglianza devono costantemente essere tenuti sotto controllo da una centrale operativa dove risiede personale di vigilanza.

Sono oggi disponibili nuovi sistemi che si integrano con i precedenti e sono adatti a rilevare lo spostamento provocato dal furto dei materiali depositati nei magazzini, ad esempio di intere bobine di cavo, ed effettuare la loro localizzazione: a tal fine si nasconde opportunamente un apposito dispositivo GPS/GSM all'interno della bobina, in analogia a quanto già avviene per gli antifurti satellitari delle automobili.

Tale dispositivo è in grado di controllare sia un modulo GPS per la localizzazione che un modulo GSM per la comunicazione, dando la possibilità alla centrale operativa di vigilanza di monitorare, attraverso un software specifico, i movimenti della bobina stessa, sia quelli autorizzati, spostamenti per attività da svolgere nel rag-





gio del perimetro configurato dall'utente, sia quei movimenti non permessi e di allarme che si attivano quando la posizione GPS è fuori dai limiti configurati.

In questo caso il dispositivo invia messaggi di allarme mentre rileva i movimenti e di conseguenza la sua localizzazione. La batteria ha una durata di 3 o 4 anni, dipendente dall'uso.

Sistemi realizzati con tecnologia ad onde convogliate (Power Line Communication) per la protezione di cavi singoli

In *telecomunicazione*, il Power Line (onde convogliate) è una *tecnologia* per la *trasmissione* di voce o dati che utilizza la stessa rete di *alimentazione elettrica* da proteggere come *mezzo trasmissivo*, senza quindi dover utilizzare un canale di comunicazione separato.

Si realizza sovrapponendo al trasporto di *corrente elettrica* nei cavi da proteggere un segnale a *frequenza* più elevata che è *modulato* dall'*informazione* da trasmettere.

La separazione dei due tipi di correnti si effettua grazie al filtraggio e separazione degli intervalli di frequenze utilizzate.

La tecnica è utilizzata da decenni, prima dell'introduzione della *telefonia mobile*, per trasmissioni con *treni* in marcia, per controllare apparati elettrici tramite la propria rete di alimentazione, per leggere *contatori elettrici* remotamente, per *sistemi interfonici casalinghi* ecc. Lo stesso gestore Terna usa (ed ha usato nei decenni precedenti) la rete per trasmettere telecontrolli e fonia. Più recentemente è utilizzata per dare accesso dati (per esempio *Internet*) alle case tramite la *rete elettrica* senza necessità di accessi specifici per *cavo coassiale* o *radio*.

Posizionando apparecchi di trasmissione e ricezione del segnale su ogni singolo cavo in rame da proteggere, è possibile comunicare attraverso il cavo da proteggere, sfruttando anche protocolli a bassa velocità e di costo limitato.

Il principale limite di questa soluzione per reti molto estese è rappresentato da:

- scarsa precisione nell'individuare il punto esatto in cui vengono asportati i cavi;
- necessità di installazione di centraline che emettono i segnali di controllo e ne memorizzano i valori in fase di calibrazione, sensori di trasmissione e ricezione per ciascuna coppia e

INGEGNERIA CIVILE ED AMBIENTALE

per ciascuna tratta di cavi in rame da proteggere, con conseguente incremento di tempi e costi;

- privativa industriale e presenza di brevetti esclusivi.

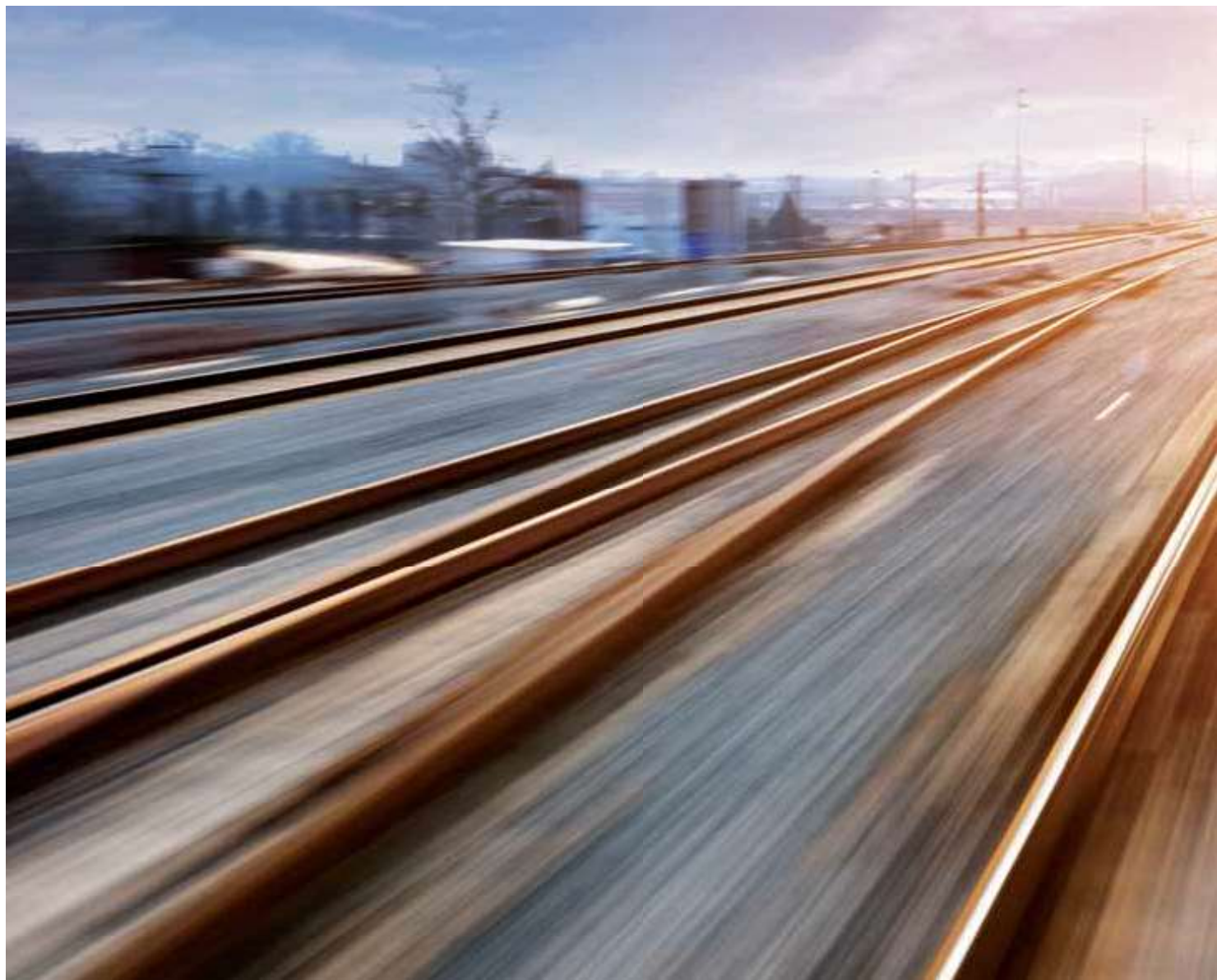
Quando i cavi vengono tagliati dai ladri, il sistema fornisce informazioni sulla tratta in cui è avvenuto il taglio, ma non sul punto esatto all'interno della tratta stessa.

L'individuazione della posizione esatta in cui si è verificato il fenomeno dipende dalla capillarità dei sistemi di ricezione. La capillarità fa lievitare il numero dei sensori da installare ed il relativo costo di impianto.

In fase di progettazione è necessario mediare tra le esigenze di accuratezza nell'individuazione del punto in cui sta avvenendo il furto e gli investimenti necessari per la protezione.

Sistemi realizzati con la posa di "cavi civetta" di tipo coassiale in parallelo al fascio di cavi da proteggere

Questa tecnologia consiste in un cavo "civetta" di tipo coassiale per comunicazioni ad alta velocità (ad esempio RG59 o cavi Antenna TV/SAT come RG6 o 17VATC, o un cavo ethernet UTP CAT5) che viene steso in parallelo al fascio di cavi da proteggere. Il tentativo di furto dei cavi nella canalina comporta il taglio del cavo coassiale civetta che è collegato alla centralina di monitoraggio ed effettua misure continue della sua lunghezza (la centralina misura se la lunghezza del cavo si discosta da quella memorizzata in fase di installazione oltre la percentuale programmata). Ovviamente se il ladro è talmente "bravo" da asportare i cavi senza danneggiare il cavo civetta, il sistema non si accorge del furto.



Nel caso in cui ci sia un tentativo di furto, con conseguente taglio del conduttore, la centralina di monitoraggio fornirà il dato sulla distanza in cui è avvenuto il sezionamento con una precisione che potrà variare da +/- 1mt. a +/- 5mt.

Questa tecnologia si può utilizzare per la protezione di qualsiasi tipo di conduttore elettrico, ad esempio:

1. Cavi di alimentazione AC/DC con qualsiasi tipo di tensione e corrente, es. 220/380Vac – 1500Vcc;
2. Cavi di comunicazione;
3. Cavi di segnalamento.

La tecnica principale utilizzata è la TDR (Time Domain Reflectometry), è la più precisa e stabile nel determinare la lunghezza del cavo collegato o l'eventuale punto di taglio, di base si dovrebbe raggiungere una risoluzione di +/- 5m ma con

tecniche di sovra campionamento molto probabilmente si può raggiungere una precisione di +/- 1m.

La TDR è virtualmente insensibile ai cambiamenti climatici ma difficilmente può raggiungere distanze superiori a qualche km in quanto risente molto delle perdite del cavo e delle attenuazioni causate dai punti di giuntura delle matasse di cavo. L'impiego di cavi con basse perdite aumenta la portata massima raggiungibile, ma per contro si hanno costi del cavo più elevati, ad esempio a 10Mhz un cavo RG6 ha una attenuazione di 2,72dB ogni 100m mentre un RG179 ne ha ben 17,4 dB.

La TDR può effettuare la misura di lunghezza sia se la fine del cavo è cortocircuitata sia se è aperta. Per raggiungere distanze maggiori di quelle consentite dalla tecnologia TDR, si ricorre alla tecnica di misurazione resistiva/capacitiva. Questo siste-



ma di misurazione è meno preciso, la precisione diminuisce con l'aumentare della distanza da misurare, poiché aumenta il valore di fondo scala, inoltre è sensibile ai cambi climatici come temperatura e umidità per questo infatti necessità di un aggiustamento lento e continuo per evitare falsi allarmi.

Sistemi realizzati mediante la posa di "cavi civetta" di fibra ottica in parallelo al fascio di cavi da proteggere

Il sistema è basato sulla tecnologia della fibra ottica di vetro che, posata a loop, viene distesa insieme ai cavi in rame da proteggere in modo che ogni tentativo di rimozione dei cavi stessi generi l'attivazione del sistema di allarme.

Anche in questo caso bisogna posizionare il cavo civetta in modo da rendere difficile ai ladri l'asportazione dei cavi contenuti all'interno del fascio senza danneggiarlo altrimenti il sistema non si accorge del furto.

La fibra ottica di vetro è resistente, non invecchia, non arrugginisce e non è possibile bypassarne il segnale per eludere il sistema. Un diametro di soli 2,8 mm (o di 4.5 mm per la fibra armata in acciaio) ed un'alta flessibilità la rendono estremamente malleabile, seppur resistente, grazie al rivestimento interno in kevlar e può essere utilizzata nelle stesse condutture dove alloggiavano i cavi elettrici.

Il funzionamento è estremamente semplice: il sistema è auto tarante e, una volta terminata l'installazione ed attivato, il dispositivo genera ed analizza la luce che viene inviata all'interno dell'anello di fibra ottica per tutta la lunghezza che protegge i cavi in rame, rileva la variazione della frequenza del treno di impulsi luminosi (inviati dal trasmettitore al ricevitore) dovuta al taglio, allo strappo o alla piega del cavo e segnala immediatamente l'allarme.

Ogni scheda o unità può gestire fino a 1 Km di fibra ottica: questa importante caratteristica ci permette di proteggere centinaia di metri di cavi.

L'installazione non richiede strumenti particolari: è sufficiente fissare la fibra ai cavi, sulle canaline o sotto al coperchio dei pozzetti di ispezione, tramite colla, resina, ganci in plastica o appositi bulloni metallici. La manutenzione dell'impianto è, di conseguenza, molto comoda e rapida. È impor-

tante posare correttamente il cavo in fibra ottica: il fissaggio deve essere effettuato attentamente utilizzando colla, resine, ganci in plastica o appositi bulloni metallici, in modo da prevenirne il distacco accidentale.

La fibra ottica è disponibile anche in una versione armata con calza di acciaio (diametro 4.5 mm) che garantisce maggiore resistenza alla trazione ed ai roditori, pur mantenendo un'elevata flessibilità.

La scheda di rilevazione viene fornita in involucro di metallo con possibilità di applicazione in quadri elettrici tramite fissaggio a barra DIN, è alimentata da 12 a 24 Vdc; LED multicolore forniscono indicazioni visive sul funzionamento del sistema di rilevazione e sullo stato della fibra ottica. La segnalazione di allarme viene generata tramite un contatto relè pulito in scambio (C, NO, NC): in questo modo il sistema è compatibile con qualsiasi centrale di allarme.

Conclusioni

I sistemi GPS/GSM si integrano sempre meglio con i tradizionali sistemi di Videosorveglianza e Anti-intrusione e potranno avere una sempre maggiore diffusione per la protezione dei cavi ed oggetti di valore immagazzinati in spazi ristretti.

I nuovi elettrodotti tendono a nascere già protetti, per essi il progettista ha più libertà e facilità di azione e può introdurre soluzioni personalizzate per l'ottimizzazione di materiali, tempi e costi di installazione, mantenendo tempi di realizzazione relativamente contenuti.

Per la protezione di chiusini e cavi singoli posti in opera in tratte di limitata estensione la soluzione migliore appare oggi quella dei sistemi con tecnologia ad onde convogliate (Power Line Communication).

Per la protezione di chiusini e fasci di cavi posati su vasta scala in elettrodotti già in esercizio, la soluzione migliore appare oggi quella dei sistemi con tecnologia che prevede fibra ottica "civetta" posata in parallelo al fascio di cavi da proteggere.

Negli elettrodotti già esistenti, che non sono nati predisposti per la protezione, a causa degli elevati costi unitari di progettazione, realizzazione ed installazione sono stati avviati solo progetti pilota che non hanno ancora avuto ampia diffusione.

Back-up.

Un esempio di soluzione commerciale attualmente presenti sul mercato.

Il sistema offre una protezione totale sui cavi elettrici in rame e alluminio, sull'apertura di pozzetti dei cavidotti e sull'effrazione dei locali tecnici.

Sfruttando sistemi brevettati, la loro centralina segnala prima il tentativo di apertura dei pozzetti e poi, nel caso in cui uno dei cavi venga sconnesso o troncato, il sistema darà allarme alla centrale operativa.

Ogni centralina è in grado di proteggere in genere fino a 4 dorsali, per un totale di 8 cavi e due linee dedicate ad allarmare i pozzetti dei cavidotti e gli accessi ai locali tecnici.

La centralina segnala eventuali tentativi di apertura dei pozzetti o di altri accessi ai cavidotti e contemporaneamente controlla in due modi la presenza dei cavi: di giorno misura il passaggio

di corrente generata dai carichi di linea; di notte genera una serie di impulsi sui cavi mediante il dispositivo di trasmissione. L'energia viene trasferita per induzione elettromagnetica al cavo arrivando alla cassetta di campo dove è presente il dispositivo che chiude il circuito, l'impulso ripercorre il cavo di ritorno fino a raggiungere il dispositivo di ricezione. Qui, sempre per induzione elettromagnetica, viene trasformato in impulso di corrente e rilevato dalla centralina, la quale lo misura e ne confronta i valori con quelli memorizzati in fase di installazione.

Nel caso i dispositivi vengano rimossi o cortocircuitati, oppure venga tagliato anche solo uno dei due cavi della dorsale, o se ne modifichi la lunghezza mediante un ponte, la centralina rileva una differenza tra il segnale di controllo e il valore memorizzato in fase di calibrazione e viene generato l'allarme.

